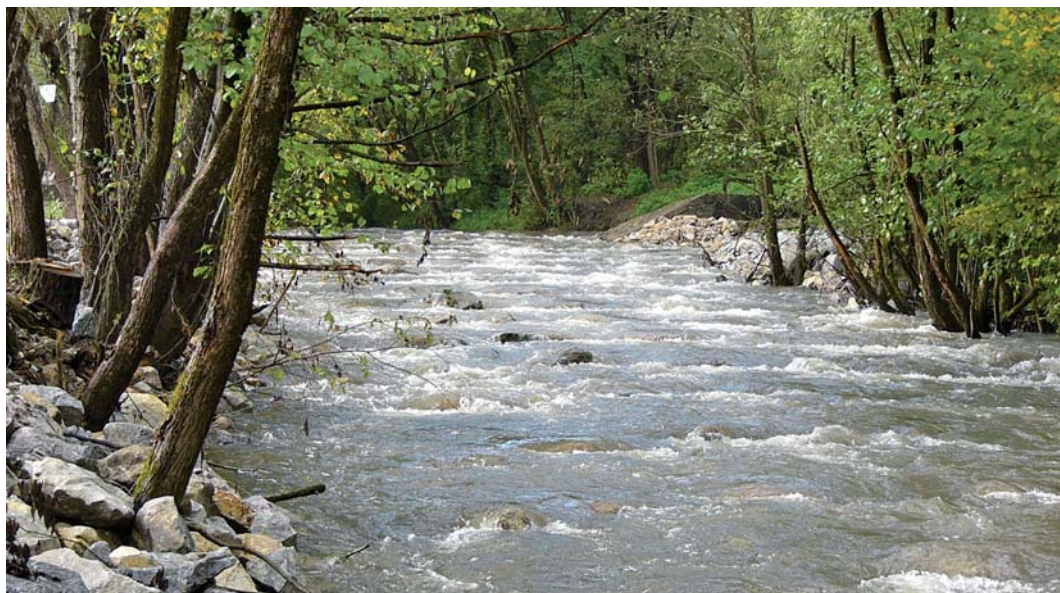




Štátna ochrana prírody Slovenskej republiky



SPRIECHODŇOVANIE BARIÉR NA TOKOCH



Metodická príručka pre posudzovanie,
navrhovanie a monitorovanie rybovodov

RNDr. Vladimír Druga

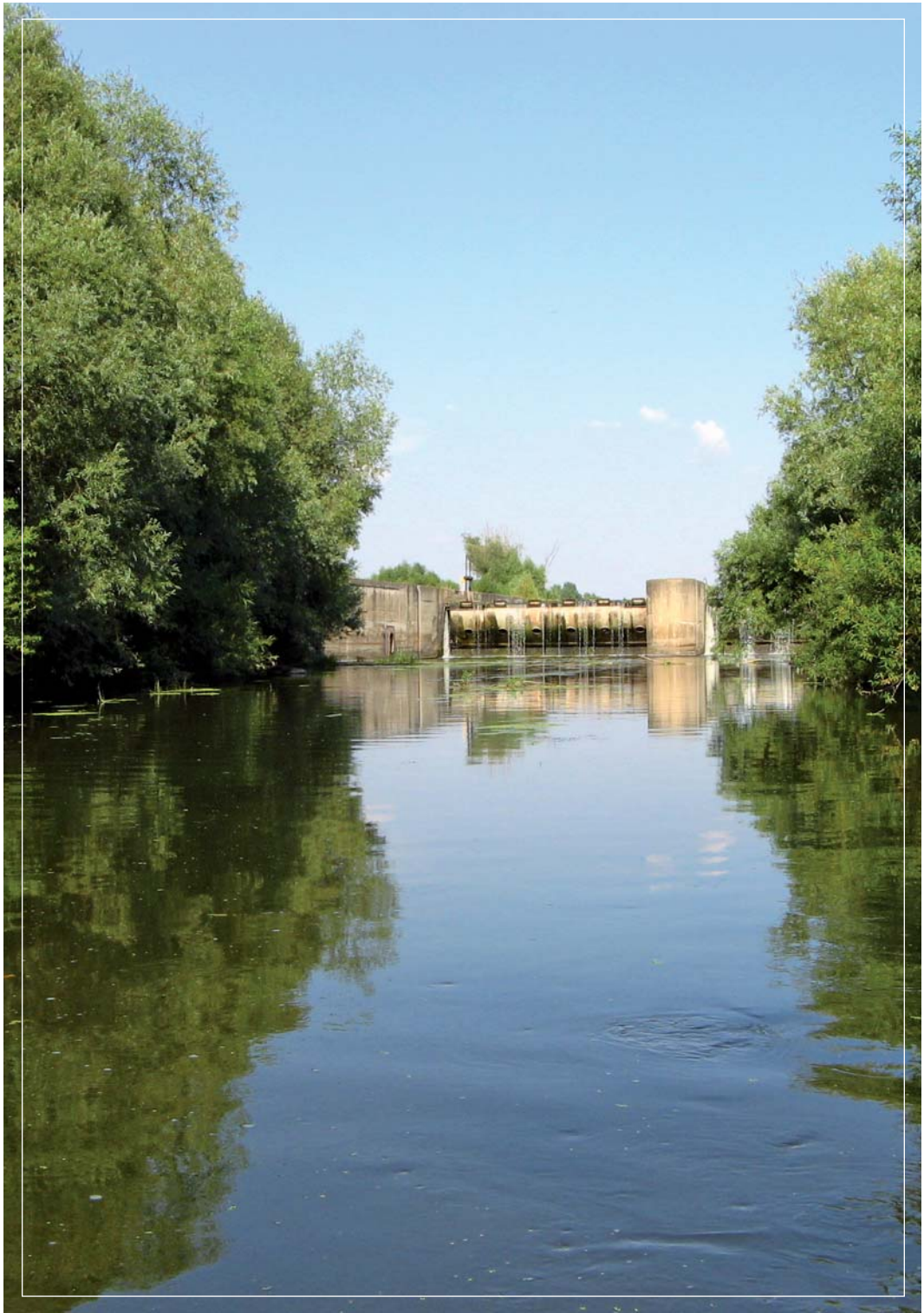


EURÓPSKA ÚNIA



Investícia do Vašej budúcnosti







Štátna ochrana prírody Slovenskej republiky

SPRIECHODŇOVANIE BARIÉR NA TOKOCH

Metodická príručka pre posudzovanie,
navrhovanie a monitorovanie rybovodov

RNDr. Vladimír Druga

január 2014

SPRIECHODŇOVANIE BARIÉR NA TOKOCH

metodická príručka pre posudzovanie, navrhovanie a monitorovanie rybovodov

Vydala: Štátna ochrana prírody Slovenskej republiky 2014 v rámci projektu Zabezpečenie starostlivosti o mokrade SR, zvyšovanie environmentálneho povedomia o mokradiach a budovanie kapacít v rámci OPŽP.

Autor: RNDr. Vladimír Druga

Odborní garanti: RNDr. Ján Kadlečík, Ing. Zuzana Lichá

Manažér projektu: Ing. Alena Grešková

Odborný konzultant: Ing. Ervín Hapl

Oponenti: Rada Slovenského rybárskeho zväzu: Ing. Peter Beleš, PhD., Ing. Martin Farský,
Ing. Richard Štencl

Výskumný ústav vodného hospodárstva: Ing. Vladimír Polák

Slovenský vodohospodársky podnik: Ing. Ivana Láslová, Ing. Martin Rybár

Foto obálka: predná obálka – V. Druga, M. Mrázová, J. Šíbl, E. Hapl

vnútorná obálka – archív SRZ, L. Ulrych

zadná obálka – archív SRZ, M. Mrázová

Kresby: J. Brašeň



Obsah

1. ÚVOD

- 1.1. Čo o spriechodňovaní migračných bariér hovorí Rámcová smernica o vode 5
- 1.2. Priority spriechodňovania existujúcich migračných bariér..... 5
- 1.3. Odporúčania pre spriechodňovanie nových migračných bariér (najmä MVE) 5

2. RYBOVODY

- 2.1. Účel rybovodu (Čomu má slúžiť) 7
- 2.2. Typy rybovodov (Podľa čoho charakterizovať rybovod)..... 7
 - 2.2.1. Typy rybovodov podľa prúdenia a veľkosti vodného prostredia rýb 7
 - 2.2.2. Typy rybovodov podľa polohy voči toku 9
 - 2.2.3. Typy rybovodov podľa materiálu v koryte 10
 - 2.2.4. Typy rybovodov podľa celkového vzhľadu 10
 - 2.2.5. Výsledné typy biologicky vhodných rybovodov 13
- 2.3. Všeobecné podmienky pre funkčný rybovod (Čo musí spĺňať) 14
- 2.4. Potreba ponechania biologicky dostatočného minimálneho zostatkového prietoku (MQ) pri odbere vody z toku 15

3. NAVRHOVANIE RYBOVODOV

- 3.1. Návrhové druhy rýb (rôznorodá potreba rýb migrovať) 18
- 3.2. Návrhové vodné prostredie (rôznorodá schopnosť rýb prekonávať prekážky – limity neskákania, rýchlosti prúdenia a priestrannosti v rybovode)..... 18
- 3.3. Návrh navedenia rýb do priechodu (Limit umiestnenia dolného vstupu a navádzacích prietokov) 22
 - 3.3.1. Umiestnenie výtoku do zhromažďovacieho miesta rýb pod migračnou bariérou. 23
 - 3.3.2. Sila a dosah koncentrovaného prúdu vytekajúceho z rybovodu do rieky 23
- 3.4. Výber umiestnenia a typu rybovodu (Aký typ rybovodu vybrať) 26
 - 3.4.1. Výber umiestnenia rybovodu 26
 - 3.4.2. Výber typu rybovodu..... 27
 - 3.4.3. Pomôcka pre výber typu rybovodu podľa miestnych podmienok..... 30
- 3.5. Vnútro koryta bezprepážkových bystrinných rybovodov (Ako majú vyzerieť).....31
 - 3.5.1. Textové odporúčania31
 - 3.5.2. Nákrasy a obrázkové odporúčania a varovania pre bezprepážkové bystrinné rybovody 33
 - 3.5.2.1. Celokorytové bystrinné sklzy 33
 - 3.5.2.2. Bystrinné rampy 38
 - 3.5.2.3. Obtokové bystriny (bezprepážkové) 38
- 3.6. Vnútro koryta prepážkových bazénových (veľkokomorových) rybovodov 40
 - 3.6.1. Textové odporúčania 40
 - 3.6.2. Nákrasy a obrázkové odporúčania a varovania pre prepážkové bazénové rybovody 44
 - 3.6.2.1. Celokorytové bazény 44
 - 3.6.2.2. Bazénové rampy 45
 - 3.6.2.3. Bazénové obtoky 48
 - 3.6.2.4. Vodopádové bazénové rybovody len pre pstruhy 51

3.7.	Vnútro koryta kombinovaných prepážkovo-bystrinných rybovodov	52
3.7.1.	Balvanitý rybovod s medzernatými prepážkami	52
3.7.2.	Priestranný štetinový rybovod so širokou štrbinou	54
3.7.2.1.	Textové odporúčania	54
3.7.2.2.	Obrázkové odporúčania pre štetinové rybovody	55
3.7.3.	Rybovod s priechodovými otvormi tvaru V – nevhodný typ	56
3.8.	Sezónna optimalizácia prietoku a zaistenie požadovaného množstva vody v koryte RP (Riešenie horného konca – vtoku do rybovodu)	58
3.8.1.	Sezónna optimalizácia prietoku	58
3.8.2.	Zaistenie požadovaného množstva vody v koryte rybovodu	58
3.8.3.	Bezpečné pokračovanie migrácie rýb z rybovodu do zdrže	60
3.9.	Garancia správneho vybudovania rybovodu a jeho monitorovanie	61
3.9.1.	Bioekologický dozor projekčnej prípravy a výstavby rybovodu	61
3.9.2.	Monitoring priechodnosti sprevádzkovaného rybovodu	62
4.	ZÁVER	66
5.	PODKLADY A VYBRANÁ ODPORÚČANÁ LITERATÚRA	66
6.	Príloha: SÚHRNNÁ TABUĽKA: ODPORÚČANÉ CHARAKTERISTIKY RYBOVODOV PRE JEDNOTLIVÉ RYBIE PÁSMA (syntéza V. Druga, 2014)	67

Zoznam skratiek:

OPŽP	operačný program životného prostredia
ŠOP SR	Štátna ochrana prírody Slovenskej republiky
RSV	Rámcová smernica o vode
SRZ	Slovenský rybársky zväz
MVE	malá vodná elektráreň
VD	vodné dielo

Tip na zrýchlený postup pri opakovanom použití príručky:

1. Začať časťou 3.4. Výber umiestnenia a typu rybovodu (Aký typ vybrať) s ohľadom na návrhové druhy, vodné prostredie a navedenie rýb (3.1., 3.2., 3.3.).
2. Vybranému najvhodnejšiemu typu rybovodu priradiť najvhodnejšie priestorové a hydraulické parametre vnútra koryta podľa častí 3.5, 3.6 alebo 3.7 Ako má vyzerieť vnútro koryta bezprepážkového, prepážkového alebo kombinovaného rybovodu.
3. Určiť manažmentové opatrenia pre prevádzku rybovodu podľa častí 3.8. a 3.9.

TIP NA NAJRÝCHLEJŠIE PREDBEŽNÉ ZHODNOTENIE RYBOVODU:

Porovnať ho s požiadavkami časti 6. súhrnná tabuľka – odporúčané charakteristiky rybovodov pre jednotlivé pásma.

1. ÚVOD

Novela č. 506/2013 zákona č. 543/2002 Z. z. o ochrane prírody a krajiny vyžaduje v § 4 ods. 6 zachovanie migračnej priechodnosti pri každej novej stavbe a v odseku 7 to umožňuje požadovať aj pre existujúce stavby.

Príručka bola vypracovaná podľa požiadavky ŠOP SR v Banskej Bystrici. Je určená pre tých záujemcov o problematiku spriechodňovania tokov, ktorí chcú:

- posudzovať priechodnosť existujúcich migračných bariér, priechodnosť existujúcich rybovodov, monitorovať účinnosť nových rybovodov,
- navrhovať nové priechody pre ryby alebo navrhovať rekonštrukciu existujúcich.

Uvedené odporúčania sú zjednodušenou syntézou nemnohých slovenských skúseností a ne-preberného množstva rôznorodých (aj protirečivých) odporúčaní, uvádzaných v zahraničných metodikách.

1.1. Čo o spriechodňovaní migračných bariér hovorí Rámcová smernica o vode

Na zlepšenie hydromorfologických pomerov na tokoch navrhuje Rámcová smernica o vode (RSV) tieto opatrenia, súvisiace z touto príručkou:

- 1. spriechodňovanie riek výstavbou rybovodov v samotných vodných stavbách, budovanie obtokov, resp. prispôbenie, prestavbu zastaraných stupňov na ochranu pred povodňami na ekologicky vhodnejšie (vrátane priorit pre citlivé a ohrozené druhy rýb a časového zohľadnenia migrácie rýb proti prúdu),**
- 2. dodržanie minimálnych ekologických prietokov pod miestami odberov vody a pod vodnými nádržami.**

Podrobnejšie informácie o Rámцovej smernici o vode sú na <http://www.vuvh.sk>

1.2. Priority spriechodňovania existujúcich migračných bariér

- Pri spriechodňovaní existujúcich migračných bariér je prioritou zabezpečiť priechodnosť (ichtyologickú) na tokoch Slovenska.
- V rámci každého dôležitého povodia treba prioritne spriechodňovať strategicky položené dolné bariéry, až potom bariéry na hornom toku a prítokoch (to isté platí v každom výrazne odizolovanom čiastkovom povodí nad neprekonateľnými veľkými bariérami – napr. horný Váh nad nádržou Liptovská Mara).
- Spriechodniť úplne nepriechodné bariéry má väčšiu prioritu ako spriechodniť čiastočne priechodné bariéry.

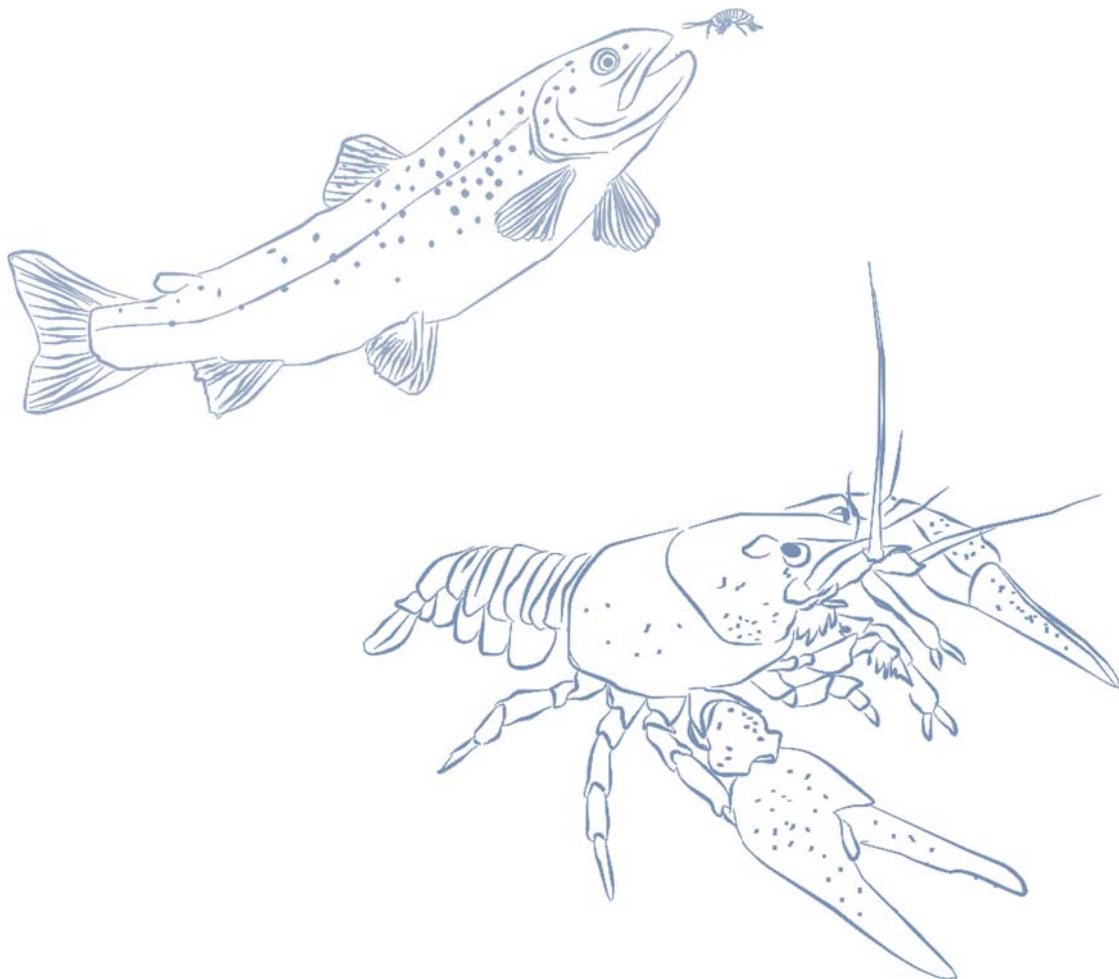
Aby bolo možné spriechodňovať zmapované staré bariéry, mali by sa pre všetky prioritné bariéry vypracovať biologicko-technické projekty rybovodov.

1.3. Odporúčania pre spriechodňovanie nových migračných bariér (najmä MVE)

- Pri povoľovaní výstavby nových migračných bariér musí orgán štátnej správy ochrany prírody v každom prípade požadovať výstavbu rybovodu, a to aj v dnes izolovaných úsekoch fragmentovaných tokov, pretože do budúcnosti sa predpokladá postupné spriechodnenie dnešných umelých bariér.
- Každá navrhovaná stavba, spôsobujúca migračnú bariéru, by mala mať osobitný projekt rybovodu, navrhnutý podľa charakteru miestneho rybieho pásma a znalosti ekologických potrieb jednotlivých druhov miestnej rybiej osádky. Priechod pre ryby (a mihule) má byť predovšetkým biologickým dielom (nie len vodohospodárskym a už vôbec nie hydroenergetickým), a teda

má byť postavený podľa osobitného projektu, odsúhlaseného ichtyológom alebo inou odborne spôsobilou osobou, poverenou Radou SRZ alebo ŠOP SR (samozrejme v spolupráci s vodohospodárskym projektantom vodného diela). Kolaudáciu treba podmieniť jeho súhlasom so skúšobným predvedením rybovodu (podľa kapitoly 3.9.).

- Pri posudzovaní prípustnosti novej bariéry treba zhodnotiť a eliminovať jej regionálny synergický (kumulatívny) vplyv s už existujúcimi bariérami na ichtyocenózu toku. V prípade hrozacej veľkej hustoty bariér MVE na rieke (kumulatívny negatívny vplyv na ryby) orgán ochrany prírody zamietne výstavbu ďalšej novej bariéry alebo odporučí navrhovateľovi novej bariéry, aby okrem správneho spriechodnenia svojej novej bariéry zabezpečil ako kompenzáciu aj spriechodnenie niektorej susednej starej migračnej bariéry. V opačnom prípade výstavbu zamietne.



2. RYBOVODY

2.1. ÚČEL RYBOVODU (Čomu má slúžiť)

Priechod pre ryby, mihule a ďalšie vodné živočíchy (ďalej rybovod) je stavba náhradného vodného prúdu, umožňujúca rybám a ďalším vodným živočíchom bezpečne prekonať migračnú bariéru proti prúdu aj po prúde.

Nemá byť stavaný za vodohospodárskym účelom prevedenia vody, ale za ichtyologickým účelom preplávania rýb, a to predovšetkým proti prúdu toku.

Ako biologická stavba musí umožniť:

- každoročnú protiprúdovú neresovú migráciu sťahovavých rýb na neresiská vo vyšších úsekoch toku, odkiaľ sa po rozmnožení opäť posúvajú späť dole tokom,
- neustálu celoročnú migráciu za lepšími potravnými možnosťami alebo biotopmi,
- návrat rýb na pôvodné stanovište v prípade strhnutia povodňovými vodami pod hať alebo znovu osídlenie areálu po znečistení toku (repatriačné a kompenzačné migrácie),
- rozširovanie výskytu druhov vodných živočíchov (okupačná migrácia).

Poznámka: Ak sa ryby nemôžu kvôli bariére neresiť vo vyšších polohách, buď sa nerozmnožia vôbec, alebo nakladené ikry či rybia mlad' zahynú kvôli nevhodným životným podmienkam. Pod prehradením toku dochádza k prehusteniu rýb ťahnutých k neresiskám, k stratám z neplnohodnotného neresu a rozmnožovania. Nepriechodná bariéra spôsobuje rozpad rybej populácie na dve menšie, čím sa znižuje možnosť výmeny genetického materiálu, znižuje sa reprodukčná schopnosť populácie a deformuje druhová diverzita a populačná hustota. Zamedzenie migrácií spôsobuje tiež zníženie hustoty populácií tých druhov, ktoré majú neresiská povyššie hatí, znižuje prirodzenú produkciu rýb pod a nad haťami a v dôsledku toho aj znižuje početnosť rýb pod a nad haťami.

Negatívny dopad realizácie priečných bariér na spoločenstvá rýb však možno zmierniť výstavbou účinných rybovodov, ktoré umožnia ako reprodukčnú, tak genetickú komunikáciu populácií v pozdĺžnom profile toku. Pri spriechnutí každej bariéry ide teda o veľký prínos nielen z hľadiska ochrany prírody, ale aj rybárstva a trvalo udržateľného využívania vodných tokov.

Kvôli nefunkčnosti, resp. veľmi slabej účinnosti neraz formálne postavených rybovodov vznikla nedôvera aj k riešeniam navrhovaným pri projektovaní nových vodných elektrární. Plne funkčné rybovody (priechodné pre všetky miestne druhy migrujúcich rýb počas celého migračného obdobia) podľa tvrdenia mnohých našich ichtyológov na Slovensku takmer neexistujú. Treba si totiž uvedomiť, že pre väčšinu druhov našich rýb môže byť nepriechodnou bariérou už 30-centimetrový „vodopádový“ prepád vody a tiež takmer každý klasický strmší riečny sklz!

2.2. TYPY RYBOVODOV (Podľa čoho charakterizovať rybovod)

Podľa:

- prúdenia vodného prostredia: bystrinný, bazénový/komorový, vodopádový,
- veľkosti vodného prostredia: stiesnený, priestranný,
- polohy voči toku: celokorytový, rampový, obtokový,
- materiálu v koryte: nespevnený kamenno-štrkový, betónovo-kamenno-štrkový (modifikácie so štetinovými alebo brzdiacimi drevenými prepážkami), betónový,
- celkového vzhľadu – prírodne pôsobiaci, technicky pôsobiaci.

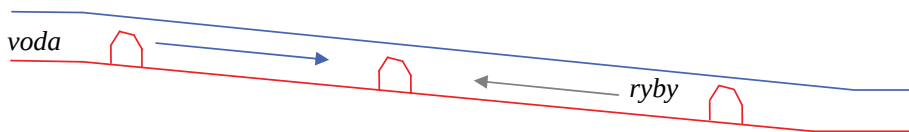
2.2.1. Typy rybovodov podľa prúdenia a veľkosti vodného prostredia rýb

Podľa prúdenia vodného prostredia

Bezprepážkový bystrinný – relatívne rýchly, ale ťahly bezbariérový kontinuálny prúd (ako priro-

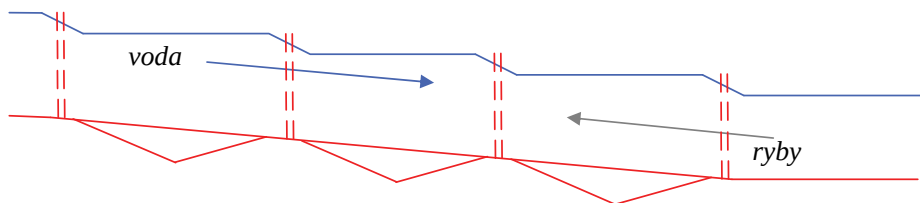
dzený potok alebo riečka), väčšinou plytší, ale širší, menej objemné vodné prostredie, na naplnenie potrebuje väčší prietok.

Pozdĺžny rez



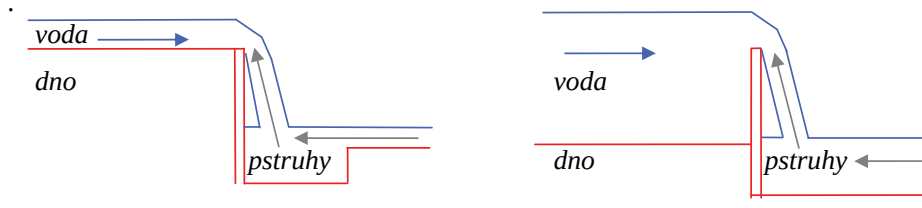
Prepážkový bazénový (komorový) – pomalší kontinuálny prúd väčšinou hlbší a užší, objemnejšie vodné prostredie, na naplnenie postačuje menší prietok. Podmienka: kontinuálny prúd je priškr-covaný a spomaľovaný medzistienkami – prepážkami, prerušenými od dna po hladinu najmenej jedným veľkým štrbinovým priechodovým otvorom. Nevhodné sú prepážkové rybovody s úzkymi alebo nízkymi priechodovými otvormi (tie sú nevhodné pre veľké a často aj pre stredne veľké ryby), ani prepážkové rybovody bez priechodových otvorov, prelievané zhora (vodopádové priechody, vhodné len pre pstruhy).

Pozdĺžny rez prepážkovým bazénovým rybovodom



Vodopádový pstruhový – dostatočne hrubý valec vody prepadajúcej z preliáčenej prepádovej hrany do hlbkej vody – vhodný len pre pstruhy na horných úsekoch tokov!

Pozdĺžny rez vodopádovým rybovodom len pre pstruhy



Podľa veľkosti vodného prostredia

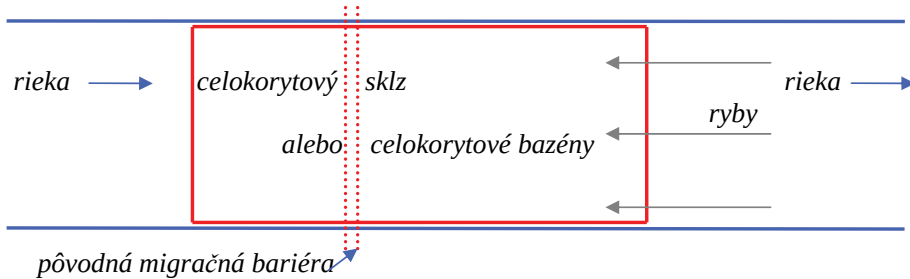
Stiesnený rybovod nesplňa niektorý z priestorových limitov súhrnnej tabuľky – šírku, hĺbku, rozstup prepážok, objem vodného bazéna.

Priestranný splňa všetky priestorové limity zo súhrnnej tabuľky (kap. 6). Pri bystrinnom rybovode hĺbku vody a zavodnenú šírku bystriny, pri bazénovom veľkokomarovom rybovode hĺbku vody, zavodnenú šírku bazéna, dĺžku bazénov (rozstup prepážok), odporúčaný vodný objem bazéna, veľkosti priechodového otvoru.

2.2.2. Typy rybovodov podľa polohy voči toku

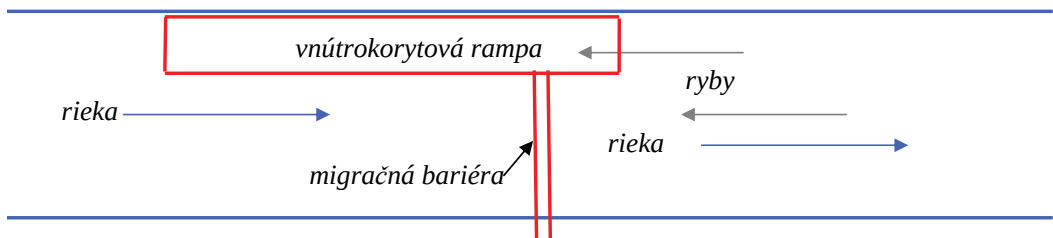
Celokorytový priechod spod bariéry nad ňu je urobený na celú šírku koryta – bývalá bariéra sa zatopí, resp. zasype.

Pôdorys:



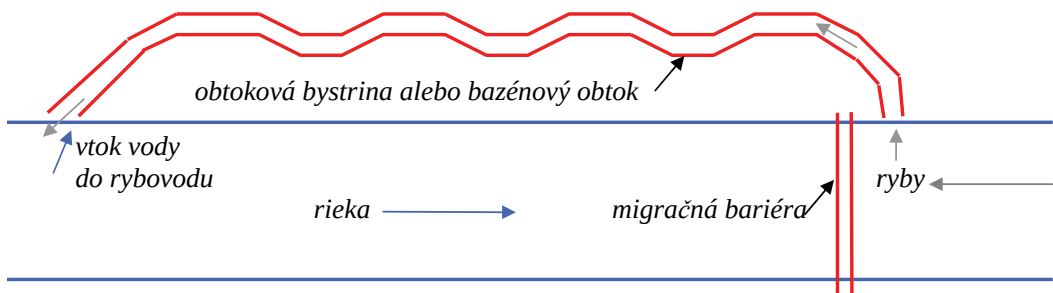
Rampový priechod spod bariéry nad ňu vedie len časťou koryta – stredom, popri brehu, popri budove MVE alebo v priečnom pilieri hate.

Pôdorys:



Obtokový priechod spod bariéry nad ňu vedie mimo hlavného koryta toku – po brehu alebo cez riečne rameno. Veľmi vhodné je dosiahnuť výrazné meandrovanie obtokového koryta.

Pôdorys:



2.2.3. Typy rybovodov podľa materiálu v koryte

Nespevnený (sypaný) kamenno-štrkový – prírode najvhodnejšie dno. Optimálny je len ako dlhý bezprepážkový obtokový biokoridor. Pri sypaných prepážkach je vysoké riziko ich deštrukcie. Potreba utesniť podložie nepriepustnou vrstvou hlinitého materiálu (pričný rez v 3.5.2.1.), geotextíliou (foto v kap. 3.7.1.), prípadne aj fixovať kľúčové balvany oceľovými tyčami proti odneseniu vodou. Potreba veľkosti prietokových otvorov v balvanitých prehrádzkach je nevypočítateľná.

Kamenno-štrkový s betónovým podkladom – prírodné kamenno-štrkové dno „prilepené“ na betónový podklad, vzniká malé riziko deštrukcie, vypočítateľný a regulovateľný vodný prúd, typ optimálny v stiesnených alebo rizikových podmienkach.

Pri bazénových rybovodoch vznikajú modifikácie vyplývajúce z rôzneho materiálového riešenia spomaľovacích bočných prepážok, ktoré môžu byť:

- betónové prepážky (biologicky plne funkčné, ale z krajinnno-estetických dôvodov sa odporúča ich obloženie kameňom alebo aspoň vymývaný betón),
- drevené prepážky (biologicky plne funkčné, ale rizikovejšie z hľadiska trvácnosti, príp. ich poškodenia či rozkradnutia),
- kamenné prepážky (krajinnno-esteticky najlepšie, avšak bez spevnenia a „upchatia“ medzier betónom sú o niečo nestabilnejšie, na naplnenie potrebujú relatívne väčší prietok, v prípade vytvorenia viacerých medzier vytvárajú v porovnaní s predošlými oveľa menšie rýchlostné tieňe v koryte rybovodu),
- štetinové prepážky (môžu byť biologicky funkčné v prípade dodržania ostatných limitov rybovodu; podľa meraní dokážu mimoriadne účinne spomaľovať vodu, avšak na úkor výrazných rýchlostných tieňov, ktoré absentujú, spravidla aj na úkor priestrannosti vodného prostredia – pre stredne veľké a malé druhy rýb prijateľné; bezproblémovo splavné aj pre vodných turistov; ťažko vypočítateľná rýchlosť vody),
- kombinované prepážky (kamenno-betónové sú najlepšou kombináciou pevnosti, účinnosti na vodu, vypočítateľnosti a krajinnárskeho vzhľadu, betónovo-drevené uľahčujú doladovanie prietokových otvorov, betónovo-štetinové umožňujú vytvoriť hlbšie bazény aj pomocou bežných kratších štetinových prefabrikátov a pod.).

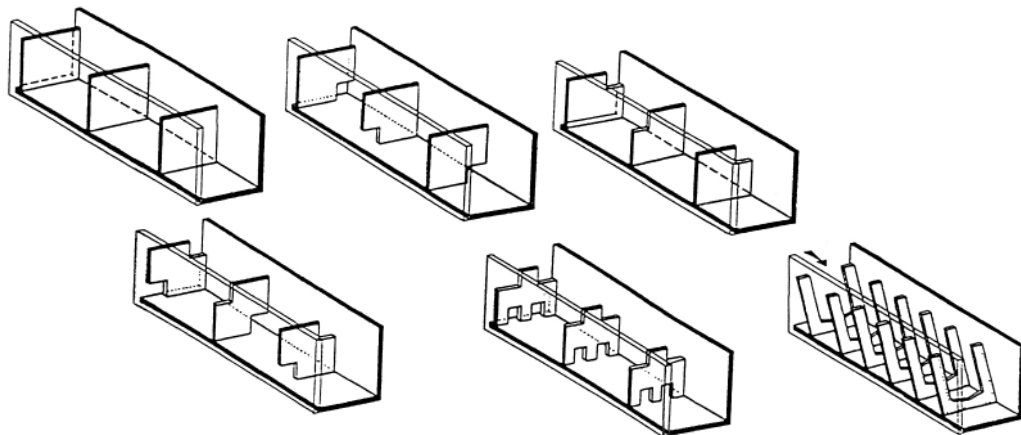
Celobetónový rybovod s betónovým povrchom dna – prírode najmenej vhodný, neodporúča sa. Betónové dno treba vždy pokryť kameňom a štrkom.

2.2.4. Typy rybovodov podľa celkového vzhľadu

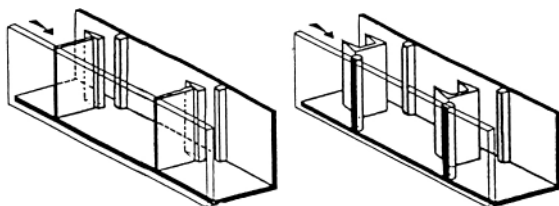
Prírodné pôsobiace rybovody: sem patrí celé spektrum rybovodov od bezprepážkového celokorytového sypaného veľmi mierneho bystrinného sklzu (ktorý je po rokoch na nerozoznanie od pôvodného koryta), až po priestranný prepážkový kamenno-štrkový meandrujúci obtokový rybovod s prírodným kamenno-štrkovým dnom „prilepeným“ na betónový podklad, s kamenno-betónovými prepážkami, zatrávenými brehmi s krovinami prevyšujúcimi nad hladinu (ktorý vytvára pre ryby a mihule prirodzené prostredie s výnimkou častejších zúžení pri prechode cez kamenné prepážky – o skrytom betónovom skelete ryby ani nevedia). Prírodné pôsobiace rybovody sú pre ryby aj ľudí najprijateľnejšie riešenia (pokiaľ splňajú priestorové a hydraulické limity súhrnnej tabuľky, kap. 6).

Technicky pôsobiace rybovody: sem patria všetky betónové, betónovo-drevené, betónovo-štetinové aj betónovo-kamenné rybovody, ktoré nemajú prirodzené štrkovo-kamenité dno, majú veľmi

stiesnené, veľmi turbulentné alebo rýchle vodné prostredie, v tmavom koryte, vo výťahu, a pod., vzbudzujúce nedôveru rýb. Takéto priechody sú oveľa menej vhodné, ale sú priechodné hlavne pre mnohé menej náročné ryby – aj pri týchto je však podstatné snažiť sa čo najviac splniť priestorové a hydraulické limity súhrnnej tabuľky (kap. 6).



Schémy biologicky selektívnych, a teda z hľadiska ochrany prírody **neželaných** technických typov rybovodov (búrľivé stiesnené vodné prostredie a malé priechody): vľavo varianty drobnokomôrkových rybovodov, vpravo Denillov žľab pre lososy, čo je najhoršie riešenie pre naše druhy rýb



Štrbinové rybovody (hore) vytvárajú z technických typov najpokojnnejšie a najpriestranejšie prostredie pre migráciu rýb - po zväčšení a „sprírodnení“ dna sú pre ryby a mihule **vhodné** (najmä pri rekonštrukciách starých stiesnených rybovodov alebo spriechodňovaní stiesnených starých bariér).

Aj pri dostatočne zväčšených rozmeroch koryta zostávajú klasické prepážky s drobnými priechodovými otvormi len selektívne priechodné: neprejdú nimi veľké ryby, často sa zapchávajú (najmä dolné otvory).
Foto: autor



Pri veľkých prietokoch je v okolí malých priechodov spenená voda, všade hladké betónové dno a brehy, slabšie ryby nenájdu v bazéne pokojnejšie miesta na oddych, lebo voda priteká a krúti sa z ľavej aj z pravej strany. Foto: autor



Drobné komôrky s bezotvorovými prepážkami neumožňujú vznik odpenenej „hustej“ vody ani v malej časti bazéna, takže nie sú priechodné ani pre pstruhy. Foto: autor



Žľaby zdrsnené rôznymi lamelami brzdia vodu, ale pre kontinuálne plávanie rýb sú úplne nevhodné
Foto: autor

2.2.5. Výsledné typy biologicky vhodných rybovodov

Bezprepážkové bystrinné priechody (vhodné sú len priestranne prírodne pôsobiace typy):

- celokorytový bystrinný sklz – sypaný kamenno-štrkový, kamenno-štrkový s betónovým podkladom (celobetónový je nevhodný), bližšie v kapitolách 3.5.1, 3.5.2.1,
- bystrinná rampa – sypaná kamenno-štrková, kamenno-štrková s betónovým podkladom (celobetónová je nevhodná), bližšie v kapitolách 3.5.1, 3.5.2.2,
- obtoková bystrina (bezprepážková) – sypaná kamenno-štrková, kamenno-štrková s betónovým podkladom (celobetónová je nevhodná), bližšie v kapitolách 3.5.1, 3.5.2.3.

Prepážkové bazénové (veľkokomorové) priechody (vhodné sú najmä priestranne prírodne pôsobiace typy):

- celokorytové bazény – kamenno-štrkové celokorytové bazény s betónovým podkladom (s prepážkami kombinovanými, kamennými, štetinovými, betónovými alebo drevenými, so širokou štrbinou), bližšie v kapitolách 3.6.1, 3.6.2.1,
- bazénová rampa – kamenno-štrková bazénová rampa s betónovým podkladom (so všetkými typmi prepážok so širokou štrbinou), sypaná kamenno-štrková bazénová rampa (so všetkými typmi prepážok so širokou štrbinou), bližšie v kapitolách 3.6.1, 3.6.2.2,
- bazénový obtok (prepážkový) – kamenno-štrkový bazénový obtok s betónovým podkladom (s prepážkami kombinovanými, kamennými, štetinovými, betónovými alebo drevenými, ale so širokou štrbinou), sypaný bazénový obtok (tiež sú vhodné všetky typy prepážok so širokou štrbinou), bližšie v kapitolách 3.6.1, 3.6.2.3,
- vodopádový priechod len pre pstruhy – betónovo-kamenný, betónový, bližšie v kapitole 3.6.2.4.

Kombinované prepážkovo-bystrinné rybovody (vhodné sú najmä hlbšie, priestrannejšie, prírodne pôsobiace typy):

- balvanitý rybovod s medzernatými prepážkami, bližšie v kapitole 3.7.1,
- priestranný štetinový rybovod so širokou štrbinou, bližšie v kapitole 3.7.2,
- rybovod s priechodovými otvormi tvaru V, nevhodný typ, bližšie v kapitole 3.7.3).

Podrobnejšie textové, obrázkové a grafické charakteristiky týchto základných typov biologicky vhodných rybovodov vrátane ich silných a slabých stránok sú v kapitolách 3.5., 3.6., 3.7.

Ostatnými biologicky nevhodnými technickými typmi sa podrobne nezaobráame. Tie bežnejšie boli znázornené v predchádzajúcej časti 2.2.4 a v praxi ich treba nahradiť biologicky vhodnými typmi. Menej bežné typy ako rybie výťahy, vzdúvadlá a špeciálne riešenia pre úhory alebo lososy sú pre slovenské pomery nevyužiteľné.



2.3. VŠEOBECNÉ PODMIENKY PRE FUNKČNÝ RYBOVOD

(Čo musí spĺňať)

Kvalitatívna funkčnosť

Aby sa mohol rybovod pokladať za funkčný, musí ho v prvom rade nájsť podstatná časť migrujúcich rýb a zároveň musí po celej trase svojho koryta plne vyhovovať všetkým tu žijúcim migrujúcim druhom rýb, tzv. cieľovým druhom, ktoré určí ichtyológ. To často znamená riešiť aj najmenej zdatné malé druhy alebo naopak rozmerovo najväčšie cieľové druhy a jedince.

Kvantitatívna funkčnosť

Podľa českej ochranárskej metodiky (Slavík a kol. 2012) sa za funkčný priechod pokladá taký, ktorým prejde pri monitoringu nad prekážku aspoň 70 % zo všetkých rýb označených pod prekážkou (podrobnejšie v kapitole 3.9.3.). Žiaden cieľový druh zároveň nesmie mať priechodnosť pod 50 %.

Nároky rýb na parametre rybovodu sú v závislosti od druhov rôzne (podrobne v kapitolách 3.1, 3.2). Čiastkových riešení jednotlivých častí rybovodu je teda zákonite tiež veľa.

Riešenie výtoku

Pre privábenie čo najväčšieho množstva (percenta) migrujúcich rýb k rybovodu treba dobre navrhnuť:

- lokalizáciu výtoku (vstupu rýb) tesne pod migračnou bariérou alebo do najbližšieho oddychového miesta rýb,
- veľkosť hlavného vábiaceho signálu – jeho prietokovú silu, výškovú polohu,
- pomocné vábiace prvky (vábiaci vodopádik na prilákanie rýb, sezónne zvýšenie vábiaceho prietoku počas neresu).

Riešenie koryta

Aby všetky ryby, ktoré nájdu rybovod, dokázali preplávať jeho korytom, treba správne navrhnuť:

- minimalizáciu turbulencie vody (dosiahnuť „hladký“ nespenený prúd),
- rýchlostné tieňe s oddychovými rýchlosťami prúdenia v každom úseku rybovodu,
- maximálnu rýchlosť vody v zúžených miestach, priechodnú pre miestne ryby a mihule,
- pre miestne ryby dostatočnú hĺbku vodného koridoru po celej trase rybovodu,
- pre miestne ryby etologicky (pocitovo) dostatočnú šírku koryta aj priechodových otvorov v spoľahlivých prvkoch (v priečných prepážkach, medzi balvanmi...),
- rozloženie oddychových zátočín alebo bazénov,
- prírodne pôsobiacu povrchovú úpravu koryta vrátane balvanitých úkrytov,
- dostatočnú svetlosť koryta,
- možnosť údržby,
- na niektorých „rekreačných“ riekach aj možnosť splavenia turistických člnov atď.

Riešenie vtoku

Pre zaistenie stáleho množstva vody v rybovode treba správne navrhnuť:

- dostatočné rozmery vtokového otvoru do rybovodu,
- vertikálnu polohu vtokového otvoru do rybovodu voči rôznym prevádzkovým hladinám v zdrži (aby bol rybovod neustále plný),
- ochranu vtokového otvoru aj rybovodu pred prelievaním veľkými vodami (hradenie otvoru zhora) a pred veľkými plaveninami ohrozujúcimi prepážky (dostatočne vzdialené predsadené hrubé hrablice, hradenia alebo norné steny).

2.4. POTREBA PONECHANIA BIOLOGICKY DOSTATOČNÉHO MINIMÁLNEHO ZOSTATKOVÉHO PRIETOKU (MQ) PRI ODBERE VODY Z TOKU

Pri derivačných MVE, ktoré odoberajú väčšinu vody z toku na jeho dlhom úseku, je vhodné prepúšťať cez koryto rybovodu celý biologicky potrebný zostatkový prietok, ktorý by mal stanoviť orgán ochrany prírody.

Do koryta rieky alebo zarybneného potoka nestačí prepúšťať len niekoľko centimetrov vody, ktorá by zabezpečila prežívanie len drobných vodných organizmov. Cieľom je zachovanie podmienok pre život všetkých vodných organizmov, teda aj rýb!

Podľa technickej normy „minimálny prietok pod nádržou (MQ) zaisťuje podmienky pre normálny biologický život vo vodnom toku a umožňuje obecné užívanie vody. Volí sa hodnotou Q_{355} , ak nie je ústredným vodohospodárskym orgánom stanovená iná hodnota.“ (Q_{355} je štatistická priemerná hodnota, laicky predstaviteľná ako v poradí 355-ty prietok z 365 denných prietokov, zoradených zostupne).

Z hľadiska rýb alebo iného vodného živočíšstva je to taký malý a problémový prietok, ktorý zažívajú priemerne (štatisticky) len v „desiaty najhorší“ deň v roku.

Z praktických pozorovaní prietokov v rybárskych revíroch SRZ, ale aj z niektorých ichtyologických sledovaní menších tokov, jednoznačne vyplývajú negatíva nízkych sanačných prietokov Q_{355} až Q_{364} na ichtyofaunu v dobre zarybnených tokoch (pokles biomasy rýb na 40 – 60 %, produkcie na 45 – 55 %). Z mnohých terénnych pozorovaní pstruhových tokov sa javí Q_{300} až Q_{330} ako spravidla ešte prijateľný, pretože zvyčajne zachováva v toku nadpolovičnú členitosť dna, najmä v oblasti brehových úkrytov pre ryby. Aj z dlhodobého výskumu drobných vodných organizmov, ktoré sú potravnou bázou rýb, vyplynulo, že ak prietoky v ochudobnenom hlavnom koryte malého toku klesnú dlhodobo na Q_{330} , dochádza k neželanému, ale ešte prijateľnému poklesu počtu druhov a k poklesu celkovej početnosti drobných vodných organizmov. Pri dlhodobom Q_{355} je tento pokles na malom toku výrazne horší a je prípustný len výnimočne a krátkodobo.

Metodická požiadavka na zabezpečenie biologického prietoku pre prežitie rýb pod odbermi do derivačných vodných elektrární alebo nových vodných nádrží

V snahe dospieť ku kompromisu medzi existujúcimi požiadavkami na maximálne hydroenergetické využitie prietokov (prepúšťať do starého koryta len $\frac{1}{2} Q_{364}$ až Q_{355}) a ochranárskymi, rybárskymi či ichtyologickými požiadavkami (prepúšťať Q_{330} až Q_{270}), ako aj v snahe zohľadniť rôznorodosť tokov navrhujeme stanoviť rôzne východiskové hodnoty MQ, ako aj prípady možného zvýšenia či zníženia východiskovej hodnoty, na základe dohovoru hydrológov, hydromorfológov a ichtyológov.

a) Východiskové hodnoty MQ

- Q_{300}^* – východisková hodnota MQ pre prietokovo rozkolísané toky (s pomerom $Q_{355}:Q_a < 1:8$, najmä flyšový tok)**** (Q_a = priemerný ročný prietok)
- Q_{330}^* – východisková hodnota pre všetky ostatné toky
- Q_{355}^{**} – východisková hodnota pre veľké toky s priestrannými vodnými biotopmi (ktorých Q_{355} je väčšie ako $10 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ ****) a pre koncové (horné) úseky tokov, ktoré sú rybami už neobývané, slabo obývané, resp. len sezónne obývané.

* Prevzaté od českých ichtyológov: Lusk & Halačka (1994), navrhli Q_{330} pre väčšie toky, pričom navrhujú aj Q_{300} – podľa kontextu asi pre menšie toky. Rovnako aj Hartvich, Lusk & Vostradovský (1998) navrhujú Q_{330} pre väčšie toky a Q_{300} najmä pre menšie toky.

** Slovenskí hydrológovia (nie biológovia!) umožňovali okrem momentálne platného $MQ < Q_{364}$ (ichtyologicky neprijateľné) orientovať sa na výpočet tzv. zostatkových prietokov, používaných v Českej republi-

ke, ktoré boli ovplyvnené už aj ekologickými poznatkami. Tam navrhovali:

- | | |
|---|--|
| – pre najväčšie toky (t. j. s Q_{355} väčším ako $5 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$) | zostatkový prietok $(Q_{355} + Q_{364}) : 2$ |
| – pre väčšie toky (t. j. s Q_{355} medzi $0,5 - 5 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$) | zostatkový prietok Q_{355} |
| – pre menšie toky (t. j. s Q_{355} medzi $0,05 - 0,5 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$) | zostatkový prietok $(Q_{330} + Q_{355}) : 2$ |
| – pre najmenšie toky (t. j. s Q_{355} menším ako $0,05 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$) | zostatkový prietok Q_{330} |

*** celý Dunaj, Morava, Váh pod Hubovou, Hron pod Hronskou Dúbravou, Bodrog. (Q_{355} väčšie ako $5 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ by bolo aj na Váhu pod L. Mikulášom, na Hrone pod Medzibrodcom, na Orave pod Zázrivkou, na Poprade pod Plavčom, na Hornáde pod Košicami, na Latorici pod Laborcom).

**** napr. Kysuca, Ipel', Bodva majú 1 : 10, stredná Ondava 1 : 8, ale horný Laborec už 1 : 13 a horná Ondava alebo Torysa až 1 : 20. Povodňové prietoky v nich vytvorili široké koryto, v ktorom však väčšinu roka tečie neúmerne málo vody, čo vytvára neúmerne stiesnené prostredie pre ryby.

b) Prípady nutného zvýšenia východiskovej hodnoty MQ

Zvýšiť MQ z Q_{330} na Q_{300} , z Q_{355} na Q_{330} , resp. z Q_{300} na Q_{270} je nutné v prípade, ak ochudobnenie prietoku zasahuje úsek toku zaradeného do chráneného územia s tretím a vyšším stupňom ochrany. Samotné MVE sa však v 3. a 4. stupni ochrany môžu stavať len v prípade, ak sú nevyhnutné pre starostlivosť o chránené územie (napr. spriechodnenie existujúcej úplne nepriechodnej alebo veľmi komplikovanej čiastočne priechodnej bariéry).

Zvýšiť MQ sa umožňuje aj v prípadoch:

- potreby ochrany prežitia kriticky ohrozeného, ohrozeného alebo zraniteľného druhu vodného makroorganizmu (kategórie CR, EN, VU v červenom zozname druhov SR),
- alebo viacročného, resp. opakovaného silného znečistenia ochudobneného úseku na V. kategóriu čistoty (kvôli zmenšeniu rizika úhynu vodných organizmov).

c) Prípady možného zníženia východiskovej hodnoty MQ

Po špeciálnom ichtyologickom alebo hydrobiologickom posúdení sa umožňuje znížiť MQ (z Q_{270} na Q_{300} , z Q_{300} na Q_{330} , z Q_{330} na Q_{355} , resp. na veľkej rieke aj z Q_{355} na Q_{364}):

- ak je ochudobnený krátky úsek toku do 300 m,
- alebo ak ochudobnený úsek toku bude mať heterogénne (pestro členené) koryto, v ktorom budú dostatočné hĺbočiny (refúgiá – úkryty umožňujúce vodným organizmom prečkanie nepriaznivých období), čo musí individuálne určiť ichtyológ.

Túto požiadavku na dostatočné hĺbočiny možno splniť aj novými úpravami ochudobneného toku, napr. v prípade lokálneho umiestnenia balvanov doňho alebo vybudovania skalných prehrádzok, ktoré vytvoria v ochudobnenom koryte sústavu hlbších vzdutí alebo iných ichtyologicky dostatočných hĺbočín (podľa ichtyologických spresnení zohľadňujúcich miestny vodný biotop). Každý takýto priečný vzdúvací objekt musí byť v časti koryta priechodný pre ryby (podľa pravidiel z časti 3. Navrhovanie rybovodov).

V prípade, že má byť ochudobnená evidentne nevhodná prizmatická alebo „dláždená“ úprava koryta v napriamennom úseku toku, kde sa nepredpokladá možnosť postupného vývinu hĺbočín, je vytvorenie sústavy kaskádovitých vzdutí nutné vždy, ak ichtyologický prietok bude menší ako Q_{330} .

Ichtyologicky vyhovujúci minimálny zostatkový prietok MQ by mal byť stanovený orgánom štátnej vodnej správy v spolupráci s orgánom ochrany prírody a mal by zohľadňovať aj potreby zachovania podmienok pre udržanie populácií pôvodných druhov rýb a potreby rybárskeho hospodárenia.

Vo vodoprávnom rozhodnutí treba vždy uviesť zostatkový prietok MQ, a to nielen ako relatívnu, ale aj ako pevnú číselnú hodnotu trvalého prietoku. V rámci MQ treba stanoviť aj pevnú číselnú hodnotu trvalého prietoku pre budúci rybovod, spriechodňujúci bariéru rozdeľovacieho objektu

vody. Biologicky najlepším riešením je prepúšťať celý zostatkový prietok MQ do ochudobneného koryta toku pod MVE cez koryto adekvátne rozšíreného veľkorozmerného rybovodu.

MQ (vrátane Q_{rybovodu}) musí mať pri rozdeľovaní prietokov prioritu pred odberom do derivačnej MVE. Preto treba na jej rozdeľovacom objekte požadovať také riešenie, aby prietok rieky gravitačne prepadal prioritne do nižšie položeného otvoru pre predpísaný zostatkový ichtyologický prietok, až pri jeho zaplnení by sa začal gravitačne prelievať aj k turbínam MVE.

Do vodoprávneho rozhodnutia treba požadovať aj zapracovanie sankcie pre prípad nedodržania ichtyologických limitov na odber vody.

Vzhľadom na postupnú zastaranosť v minulosti stanovených minimálnych zostatkových prietokov (meniace sa hydrologické pomery, a tým aj absolútne hodnoty minimálnych zostatkových prietokov, ako aj meniace sa spoločenské kritériá na ochranu prírody či na energetický a environmentálny význam MVE) bude vhodné požadovať aktualizáciu stanovených MQ (resp. tej časti prirodzených nízkych prietokov, z ktorých by už MVE nemala odoberať vodu) aspoň pri významných hydrologických zmenách na toku alebo pri vydávaní nového povolenia na odber.



3. NAVRHOVANIE RYBOVODOV

3.1. NÁVRHOVÉ DRUHY RÝB (rôznorodá potreba rýb migrovať)

Priebeh pre ryby a mihule sa má navrhovať predovšetkým podľa potrieb typických miestnych migrantov, určených ichtológom. Typické migranty sú tie druhy rýb, ktoré pre úspešný priebeh rozmnožovania (neresu) a úspešné odraštenie novej generácie potrebujú absolvovať každý rok neresový migračný ťah. Tvoria ich húfy, ťahnuce na jar či na jeseň na neres (rozmnožovacie migrácie) do vyššie položených častí povodí. Prevažná väčšina druhov rýb migruje v rôzne početných húfch, a to veľakrát i ryby žijúce inak jednotlivo. Húfne chovanie umožňuje migrujúcim rybám lepšiu orientáciu pri ťahu, rýchlejšie nájdenie potravných zdrojov alebo miest na neresenie, ako i efektívnejšiu ochranu pred nepriateľmi. Typickým prejavom migrácií sú jarné koncentrácie podustiev, mrien alebo jalcov pozorovateľné v jarných mesiacoch pod migračnými prekážkami. Ako podstatný zdroj informácií pre priestorovú orientáciu a chovanie využívajú ryby zrak. Na základe tohto prispôbujú svoju aktivitu intenzite svetla, a tak možno rozlíšiť druhy s prevládajúcou dennou, nočnou alebo súmracnou aktivitou.

Ichtyológovia rozoznávajú migrácie nad 100 km (long distance – LD), pod 100 km (short distance – SD) a niektoré ryby sú nemigranti (NM). Rozlíšenie potreby migrácie jednotlivých druhov rýb je v tabuľke v nasledujúcej kapitole 3.2.

Okrem hlavných rozmnožovacích (neresových) migrácií existujú osídľovacie migrácie, potravné migrácie a migrácie spojené so zimovaním. Druhy trvale žijúce na jednom mieste prakticky neexistujú. Ak je pri navrhovaní rybovodu požiadavka na spriechnodenie bariéry pre všetky druhy rýb, teda aj pre nemigranty, treba dodržať alebo aj prekročiť všetky limity pre príslušné rybie pásma – teda priblížiť sa limitom pre nižšie ležiace rybie pásma (súhrnná tabuľka 6 Odporúčané charakteristiky rybovodov pre jednotlivé rybie pásma).

3.2. NÁVRHOVÉ VODNÉ PROSTREDIE (rôznorodá schopnosť rýb prekonávať prekážky – limity neskákania, rýchlosti prúdenia a priestrannosti v rybovode)

Technika prekonávania prekážok rybami – vodná cesta bez potreby skákania

Základný rozdiel v technike prekonávania prekážok je medzi pstruhmi a ostatnými druhmi rýb Slovenska.

Pstruh ako jediný náš druh normálne prekonáva prekážky nielen oboplávaním, ale aj preskočením. Pri navrhovaní prevýšenia hladín v rybovode pre pstruhy však nie je možné riadiť sa rekordmi. Hať vyššia ako 0,5 m už obmedzuje migrácie salmonidov (pstruh potočný, pstruh dúhový, sivoň, hlaváčka), ale aj dobrých plavcov z iných skupín reofilov (lipeň, mrena, jalce). Vodný stupeň s prevýšením 0,7 m je už neprekonateľný pre všetky samice a väčšinu samcov pstruhov. Len zdatnejšie jedince pstruha prekonajú prevýšenie vyše 1 m, čo však pre projekčnú prax nemôže byť smerodajné. Preto odporúčame prevýšenie vodných hladín v rybovode pre pstruhy najviac 50 cm.

Všetky ostatné druhy našich rýb však normálne prekonávajú prekážku len oboplávaním (aj keď sa stáva, že napr. silnejšie dospelé samce zdatných druhov pri neresovej migrácii preskakujú vodné stupne až do výšky cca 30 – 40 cm nad hladinou). Niektoré druhy vyložene nie sú schopné skoku. Súvislú prekážku vyššiu ako 20 cm už neprekonajú mladé vývojové štádiá rýb a tiež drobné rybky. Stupeň vyšší ako 0,3 m tvorí zväčša už neprekonateľnú prekážku pre vedľajšie a sprievodné kaprovité druhy rýb. Preto základnou podmienkou navrhovania všetkých našich rybovodov je možnosť každého rybieho jedinca preplávať bez skokov od vstupu do rybovodu až po výstup z neho popri dne proti priestrannému vodnému prúdu.

Individuálne plávacie rýchlosti (migračná výkonnosť)

Schopnosť prekonať prekážky majú rôzne druhy rýb odlišnú. Existujú výkonnejšie aj málo výkonné druhy, v rámci jedného druhu sú výkonnejšie jedince (napr. vyspelé samce) aj menej výkonné jedince (napr. mladé ryby, samice-ikernačky).

Migračná výkonnosť rastie s veľkosťou jedinca, klesá s turbulenciou a spenením vody, ale mení sa aj podľa aktuálnej motivácie ryby (najsilnejšia je pri neresovej migrácii). Podľa momentálnej teploty vody sa môže až zdvojnásobiť alebo aj poklesnúť a napr. u pstruhov pri preskoku bariéry sa mení aj podľa hĺbky vody.

Pri navrhovaní vodného prúdu v rybovode si treba uvedomiť, či chceme vytvoriť priechod len pre typické druhy – migranty (silnú migračnú potrebu majú napr. pstruh potočný, lipieň, čerebľa, mrena, podustva, nosál, jalec, zubáč), alebo treba priechod aj pre netypické migranty alebo non-migranty. A tiež to, že nestačí uľahčiť migráciu len najsilnejším jedincom druhu (spravidla samcom), ale aj slabším jedincom (najmä samiciam-ikernačkám, bez ktorých by rozmnožovací neresový ťah rýb nemal zmysel). Limitná projektovaná rýchlosť vody v rybovode sa teda musí navrhnuť aj s ohľadom na individuálne rýchlosti tých druhov a jedincov rýb a mihúľ, ktoré majú mať podľa prírodných podmienok v tomto úseku prirodzený výskyt. Upozorňujeme, že určenie cieľových druhov rýb len podľa aktuálneho druhového zloženia alebo aktuálneho ichtyologického prieskumu nie staršieho než 3 roky môže byť v antropicky dočasne ochudobnených úsekoch tokov zavádzajúce, preto nie je z hľadiska ochrany prírody smerodajné. Aj podľa metodiky ICPDR (Schmutz a kol. 2013) má byť priechodnosť riešená pre potenciálne, nie momentálne druhové zloženie. Relevantným podkladom pre posúdenie druhového zloženia ichtyofauny je teda kombinácia starších ichtyologických a rybárskych údajov s aktuálnymi.

Tak ako v zahraničí, aj u nás je často namieste miernejšia požiadavka na spriechodnenie len pre všetky migranty alebo (najmä v prípade priestorových problémov v už existujúcich alebo rozostavaných stavbách) len pre väčšinu rybích druhov a väčšinu jedincov (v takom prípade sa zjednodušia problémy so spomaľovaním a rôznymi úpravami vodného prostredia rybovodu, napr. pre málo zdatné non-migranty alebo rybiu mlad'). V prípade navrhovania rybieho priechodu v chránenom území alebo v toku s výskytom chránených alebo ohrozených druhov rýb treba priechod umožniť všetkým druhom rýb a vodných organizmov.

Ryba pláva bežnou „cestovnou rýchlosťou“ aj celé hodiny pomocou „vytrvalostného“ červeného svalstva. Pri plávaní cez zložité úseky používa každá ryba zvýšenú (udržateľnú, kritickú) rýchlosť, ktorú udrží do 200 minút (čo by malo stačiť na prekonanie dĺžky bežného rybovodu). Potom musí oddychovať. Len pri úteku alebo love použije na niekoľko sekúnd (cca 7,5 s) prudký pohyb (šprint, skoková rýchlosť), po ktorom potrebuje až 2 hodiny na zotavenie (kým sa neodbúra kyselina mliečna z bieleho svalstva, používaného na šprint).

Preto za každým výrazne zrýchleným miestom v bazénovom (komorovom) rybovode s prepážkami musia všetky ryby nájsť dosť pokojného vodného priestoru na dlhodobejší oddych. Aj v bezprepážkových bystrinných rybovodoch treba vytvoriť rýchlostné tiene za úkrytovými balvanmi v dostatočnej hustote cca každé 2 – 3 m.

Porovnanie maximálnych* rýchlostí niektorých druhov rýb

(syntéza viacerých slovenských, českých, nemeckých, rakúskych aj ruských podkladov)

maximálna rýchlosť (v m.s ⁻¹)	druh ryby	spresnenie podľa niektorých zdrojov (v m.s ⁻¹)	potreba neresovej migrácie: N = nemá (NM) K = kratšie – do desiatok km (SD) D = dlhé – aj nad 100 km (LD)
nad 2	Pstruh 30cm	3,1 – 4,4	K

	Hlavátka		K
	Jeseter		D
1,5 – 2,5	Lipeň	1,66	K
	Podustva	1,6 – 3,1	D
	Mrena	1,8 – 2,7	K
	Jalec	1,5 – 2,4 (j. hlavatý až 2,7)	K
	Nosáľ	1,8 – 2,2	D
	Pstruh 15cm	1,65	K
	Mrenica		
	Štuka	1,5 – 2,9	K
1,2 – 1,5	Plotica	1,0 – 1,6	K
	Ostriež	1,2 – 1,65	K
	Úhor	1,1 – 1,5	D
	Pleskáč	0,6 – 1,6	K(D)
	Červenica	1,3	
	Zubáč	1,2 – 1,9 (len veľký – 40 cm)	K
	Karas	1,0 – 1,5	N(K)
	Mieň	1,3	K
	Kolok		N(K)
	Ploska		N(K)
	Čerebľa	1,1	N(K)
	Šablľa		
pod 1,2	Sumec	0,8 – 1,2	K
	Hrúz	0,8 – 1,2	N
	Belička	0,6 – 1,2	N(K)
	Hlaváč	0,9 – 1,12	N
	Mihuľa	0,9 – 1,0	K
	Lieň	0,5 – 0,6	N
	Hrebenačka		N(K)
	Kapor	0,3 – 0,6	N(K)
	Píž		N
	Slíž		N
	Lopatka		
	Blatniak		

* Jej určovanie je u rôznych autorov veľmi odlišné. „Maximálna rýchlosť“ bola zväčša udávaná ako rýchlosť, ktorú ryba dokáže vyvinúť len počas niekoľko sekúnd (tol'ko trvá aj prekonanie zrýchlenia vody v priechodovom otvore rybovodu). Niektorí autori však udávajú „maximálnu rýchlosť“ až počas 20 sekúnd – to sú ale nižšie rýchlosti, ktoré nemajú najlepšiu výpovednú hodnotu pre prekonanie priechodového otvoru v bazénovom rybovode.

Rýchlostné limity rybovodov podľa prirodzeného prostredia rýb

Schopnosť prekonávať prekážky zodpovedá prostrediu, v ktorom ryby žijú a ktorému sa prispôbili. Preto pre ryby, zvyknuté žiť v pomalých nížinných tokoch pleskáčového pásma, odporúčame najprísnejšie znížiť prierezovú rýchlosť vody v bystrinnom priechode na 1,0 m.s⁻¹.

Ryby v mrenovom pásme sú už zvyknuté plávať aj v čerivých a perejných úsekoch – pripúšťame mierne zvýšenie prierezovej rýchlosti vody v bystrinnom priechode na 1,2 m.s⁻¹, čo je zároveň približne dolná hranica tretej „výkonnostnej skupiny“ rýb v tabuľke individuálnych plávacích rýchlostí (migračnej výkonnosti).

Pre ryby a mihule v lipňovom pásme už tvoria rýchle perejanté úseky významnú plochu životného prostredia, preto pripúšťame aj zvýšenie prierezovej rýchlosti v rybovode na $1,5 \text{ m.s}^{-1}$, čo je dolná hranica druhej skupiny rýb v tabuľke individuálnych plávacích rýchlostí (migračnej výkonnosti). Zároveň si treba uvedomiť, že pri požadovanom kamenno-štrkovom a balvanitom dne rybovodu bude skutočná rýchlosť pre ryby a mihule plávajúce pri dne o niekoľko desiatín nižšia.

V pstruhovom pásme už rýchle bystrinné prúdenie s perejami prevažuje a je pre tunajšie ryby úplne prirodzené, čomu prispôbujeme aj limit v bystrinnom rybovode na $1,8 \text{ m.s}^{-1}$. Upozorňujeme ale, že ak žijú v pstruhovom pásme toku okrem pstruha, hlavátky a neproblémového hlaváča aj iné cieľové migranty (napr. mihule), treba sa riadiť pravidlami lipňového pásma.

Poznámka: Aj nemecká metodika DWA-M509 (2010) odporúča znižovanie rýchlostí vody, pozdĺžneho spádu (či prevýšenia medzi bazénmi) analogicky tak, ako dochádza k poklesu pozdĺžneho sklonu medzi pstruhovými, lipňovými, mrenovými a pleskáčovými úsekmi vodných tokov. V tejto postupnosti odporúča maximálne prierezové rýchlosti $1,4 - 1,2 - 1,1 - 1,0 \text{ m.s}^{-1}$ (hoci na druhej strane pripúšťa výrazne strmšie spády kamenných sklzov, čo je protirečivé). Na obtokových kanáloch s prevýšením menším ako 10 m už pripúšťa podľa pásiem od $1,3$ až do 2 m.s^{-1} .

Zvýšené rýchlostné limity vo veľkokomorových rybovodoch

Vďaka účinnejšiemu upokojeniu vody priečnymi prepážkami vo „veľkokomorových“ (prepážkových bazénových) rybovodoch bolo v týchto typoch možné dovoliť v širokých štrbinových prietokových otvoroch medzi bazénmi komôr väčšie rýchlosti v porovnaní s bystrinnými rybovodmi. Zrýchlený úsek v každom štrbinovom otvore tu má dĺžku do cca 0,5 m, čo ryby dokážu prekonať rýchlym vymrštením, po ktorom sa vo veľkom bazéne zaručene dostanú do relatívne pokojného vodného prostredia, kde si doplnia sily a okysličia svaly. Preto musí zvýšenú „skokovú“ rýchlosť v každom prietokovom otvore vyvážiť väčší objem vodného prostredia v každom bazéne (najmä jeho hĺbka, potom šírka, prípadne aj dĺžka), a to kvôli dostatku upokojenej vody pre oddychovejšie prostredie postupujúcich rýb. To znižuje energetický výdaj rýb (kapitola 3.6.1). Podmienkou pripustenia zvýšených rýchlostí v priechodoch prepážkového bazénového rybovodu je vznik rýchlostných (prúdových) tieňov s takmer stojatou vodou v každej komore.

V bazénových rybovodoch preto odporúčame neprekročiť maximálnu prierezovú rýchlosť prúdenia v širokých prietokových štrbinách: $1,2 \text{ m.s}^{-1}$ v pleskáčovom pásme, $1,5 \text{ m.s}^{-1}$ v mrenovom pásme, $1,8 \text{ m.s}^{-1}$ v lipňovom pásme a $2,2 \text{ m.s}^{-1}$ v pstruhovom pásme.

Poznámka: anglická metodika (Armstrong a kol. 2010) odporúča o niečo vyššie limity pre sladkovodné ryby s výnimkou lososovitých: od $1,4 \text{ m.s}^{-1}$ do $2,0 \text{ m.s}^{-1}$. Pre pstruha od $1,7$ do $2,4 \text{ m.s}^{-1}$. Iné metodiky (napr. Seifert 2012) odporúčajú $0,8 - 1,4 \text{ m.s}^{-1}$ pre mrenové a pleskáčové pásmo a $1,5 - 2,2 \text{ m.s}^{-1}$ pre pstruhové a lipňové pásmo.

Priestrannosť rybieho priechodu

Schopnosť prekonávať priestorovo stiesnené miesta v koryte rybovodu zodpovedá veľkosti druhu ryby (pri starých jedincoch prichádza do úvahy aj ich zvýšená ostražitosť). Preto návrh parametrov rybovodov musí vychádzať aj z týchto rozmerov. Podľa najväčších druhov sa určuje hĺbka vody, šírka priechodových otvorov aj vhodný objem bazénov. Najmä najväčšie jedince sumcov, hlavátok, šfúk, zubáčov, resp. jeseterov nevyužívajú rybie priechody s malou hĺbkou vody.

Pre dostatočnú priestrannosť rybieho priechodu odporúčame dodržať rozmery podľa súhrnnej tabuľky v kapitole 6. Pre riešenie podľa cieľových druhov rýb je potrebná aj tabuľka orientačných rozmerov vybraných dospelých rýb (podľa DWA 2010/alternatívne údaje zo Schmutz & Mielach 2013 – ICPDR).

Orientačné rozmery tela dospelých rýb pre návrh rybovodu (v cm)			
Druh	Dĺžka	Šírka	Výška
pstruh potočný	25-50 / 30-50	3-5	4-9 / 6-10
lípeň thymiánový	35-50 / 40-50	4-6 / 5-6	6-11 / 9-11
mieň sladkovodný	35-70 / 50-70	5-10 / 7-8	6-13 / 7-8
nosáľ	/ 50		
jalec hlavatý	30-60 / 40-60	3-7 / 5-6	6-12 / 8-11
lieň	/ 60		
boleň dravý	50-80 / 80	5-7	12-18
ostriež	/ 40		
mrena severná	40-80 / 60-80	4-9 / 7	6-13 / 11
podustva	60		
pleskáč vysoký	35-70 / 50-70	4-7 / 5	11-21 / 15
karas	/ 45		
plotica	/ 70	/ 7	/ 13
jeseter malý	/ 90		
zubáč	/ 100		
šfuka severná	50-100 / 60-100	4-8 / 6-8	9-17 / 8-12
sumec veľký	80-160 / 90-160	11-22 / 13-30	18-35 / 14-31
hlavátka	80-120 / 80-100	8-14 / 10-14*	14-19 / 13-19

* Podľa slovenských ichtológov v našich tokoch žijú aj väčšie hlavátky, preto šírku priechodového otvoru odporúčajú pri hlavátke nie 30 – 40 cm, ale min. 50 cm, hĺbku priechodového otvoru min. 45 cm.

Okrem toho prehĺbené, rozšírené alebo predĺžené komory rybovodu znižujú energetický výdaj rýb (kapitola 3.6.1).

3.3. NÁVRH NAVEDENIA RÝB DO PRIECHODU

Limit umiestnenia dolného vstupu a navádzacích prietokov

Len pri celokorytových priechodoch (bezprepážkovom bystrinnom balvanitom sklze alebo prepážkovom bazénovom priechode) je navedenie rýb 100 %. Sú realizovateľné len pri malom prevýšení bariéry do 2 m (pri derivačných MVE).

Pri veľkom prevýšení bariéry (napr. pri všetkých prihaťových elektrárňach prehradzujúcich a zavzdúvajúcich rieku) sú možné len rampové a obtokové typy priechodov. Práve pri nich je mimoriadne dôležité navedenie (prilákanie) migrujúcich rýb do rybovodu. Pri dosiaľ postavených rybovodoch tento faktor najčastejšie a najviac znižuje percento rýb, ktoré prekonajú migračnú bariéru.

3.3.1. Umiestnenie výtoku do zhromažďovacieho miesta rýb pod migračnou bariérou

Výtok vody z rybovodu (vstup pre ryby) by mal byť vždy zaústený do najvýraznejšieho, ryby vodiaceho prúdu, tesne pod migračnú bariéru – najlepšie do 10 m, prípadne pri väčších riekach až do 30 m pod bariéru či búrlivú zónu.

Pri MVE by mal výtok z rybovodu ústiť do odtokového kanála hneď pod výtokom z turbín (mimo zóny spenenej vody, vodných valcov a búrlivého prúdenia). Väčšinu roka (priemerne až 270 z 365 dní v roku) totiž vyteká z migračnej bariéry MVE len jediný prúd, a to z výtoku strojovne MVE.

Odtiaľto by vodná cesta rýb mala stúpať rybovodom popri jednej alebo druhej strane strojovne MVE na hornú hladinu.

V prípade MVE je podľa českej (Slavík a kol. 2012) aj britskej (Clay 1995) metodiky najefektívnejším umiestnením vstupu do rybovodu pre lososovité aj kaprovité ryby tzv. zberná galéria, čo je dolný úsek koryta rybovodu, priečne umiestnený priamo nad výtokom zo saviiek turbín, pričom z každej komory galérie je výtokový otvor (vstup pre ryby), hradidlami otváraný podľa aktuálnej úrovne hladiny dolnej vody pod MVE.

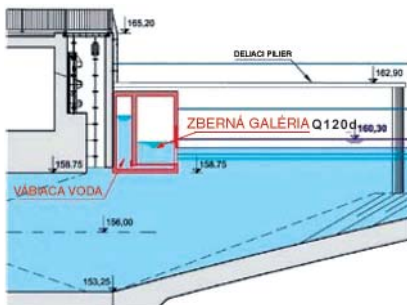
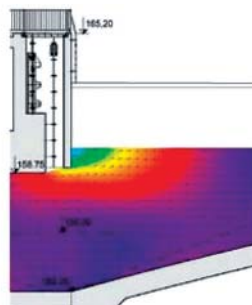


Schéma výtoku z turbín, nad ktorým je potrubie privádzajúce „vábiaci“ prietok, nad ním je komora zbernej galérie (spodný úsek rybovodu s jedným zo vstupov)



Rýchlostné pole vo výtoku z turbín; najpokojnejšia voda je hneď nad výtokom, kde je optimálne umiestnenie vstupu do rybovodu (Slavík a kol. 2012).

Poznámka: Len počas väčších prietokov rieky prepadá menší prúd vody aj cez hať. Vtedy sa môže časť rýb zhromažďovať aj v spodnej pokojnejšej časti vývaru pod haťou – pod zónou spenenej vody. Ďalšie vypozerované alebo dedukované podružné zóny zhromažďovania sa tiahnucich rýb môžu byť aj v rýchlostných tieňoch po oboch okrajoch hlavného prúdu vytekajúceho do rieky.

Zdôvodnenie: ryby tlačí počas neresu migračný pud jednoznačne len hore prúdom. Okrem cca 90 najvodnatejších dní v roku bude celý prietok rieky vytekať jedine od turbín MVE – teda do stojatej vody pod haťou bude vytekať z bočného kanála (len približne 90 najvodnatejších dní v roku bude malá časť prietoku rieky prepadať a odtekať aj od haťových polí, čo vtedy bude časť rýb lákať aj tam.) Počas väčšiny jesenného neresového ťahu pstruhov, ako aj počas väčšiny jarného neresového ťahu ostatných migrantov bude teda migračný pud tlačiť ryby jednoznačne hore jediným prúdom – z rieky do výtoku z turbín MVE, kde im búrlivá voda nedovolí pokračovať ďalej. Ryby budú hľadať ľahšiu cestu v tesnom okolí výtoku zo sacích potrubí turbín. Po opakovaných pokusoch budú z odtokového koryta pod MVE vyplavované naspäť do koryta rieky, kde budú vyčerpané oddychovať pri brehu nad aj pod výtokom alebo blúdiť v ešte pokojnejšej vode pod bariérou hate (zhromažďovacie miesto) a hľadať inú pomalšiu prúdnicu („priechodnejšie rameno“ rieky) pre pokračovanie svojej migrácie.

Ďalej sú možnosti výberu umiestnenia rybovodu popísané v kapitole 3.4.1.

3.3.2. Sila a dosah koncentrovaného prúdu vytekajúceho z rybovodu do rieky

Určenie obvyklého prietoku v rybovode (nutné na každom rybovode):

Z rybovodu musí až do hlavného toku rieky vytekať čo najvýraznejší prúd vody, ktorý má pre ryby zhromaždené pod bariérou pripomínať prietochné rameno rieky – väčšinou sa preto žiada čo najväčší prietok v rybovode, ktorý sa nestratí ani v hlavnom koryte rieky popri hlavnom prietoku z turbín alebo z hate, a to ani počas jarnej migrácie, kedy sú nadpriemerné prietoky. Prúd vytekajúci z rybovodu musí byť citeľný ešte 1 – 2 m po vtečení do hlavného prúdu rieky (pri Q_{180}), aby ho okolo plávajúce ryby zacitili.

Preto pri rieke s $Q_a > 5 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ musí z rybovodu vytekať nad $0,25 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$, s $Q_a > 10 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ nad $0,5 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$, s $Q_a > 20 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ nad $0,8 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$, s $Q_a > 50 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ nad $1 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$, s $Q_a > 100 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ nad $1,5 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$, s $Q_a > 200 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ nad $2 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$.

Pri malých tokoch s $Q_a < 5 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ musí z RP vytekať prinajmenšom 5 % – 10 % z Q_a , pričom čím menší potok, tým vyššie percento. Pri extrémne rozkolísaných a menej vodnatých potokoch je vhodné požadovať $Q_{\text{rybovodu}} = Q_{355}$. Prietok musí vždy naplniť koryto rybovodu na hĺbku vody požadovanú pre tu žijúce druhy.

Alternatívne stanovenie Q_{rybovodu} : 1 % – 5 % z konkurenčného prietoku rieky v čase migrácie, čiže 1 % pri veľkej rieke s $Q_a > 50 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$, 1 – 2 % pri strednej rieke s $Q_a = 25\text{--}50 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$, pri menších riekach vyššie percento – napr. pri malých potokoch až do 5 % z konkurenčného Q_{potoka} v čase migrácie.

Zväčšenie prietoku počas neresových migrácií – prídavný vábiaci prietok

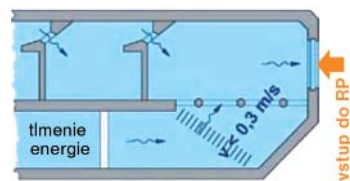
Počas neresových migrácií treba zosilniť vábenie a navedenie rýb sezónnym zväčšením obvyklého prúdu vody vytekajúceho z rybovodu v mesiacoch hlavného (jarného, pri pstruhoch jesenného) ťahu rýb (apríl, máj, jún, resp. október, november), aby ho ryby plávajúce proti hlavnému prúdu od turbín ľahšie zacitili.

Ešte výraznejšie treba zosilniť vábenie pri menej účinnom umiestnení rybovodu na opačnom brehu, ako je výtok z MVE. Z časového pohľadu je najviac potrebné zosilniť vábenie počas súbehu neresových ťahov a nadpriemerných prietokov od cca Q_{180} do Q_{30} (čo spravidla býva po kulminácii jarných vôd, niekedy aj počas „medardovských“ veľkých vôd).

Preto pri väčších riekach s $Q_a > 40 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$, a tiež pri každom rybovode so vstupom na opačnom brehu má pritekať do ústia rybovodu jeho korytom (alebo krátkou deriváciou – bypassom – žľabom alebo rúrou) sezónny prídavný vábiaci prietok rovný 50 % – 100 % z bežného prietoku rybovodu.

Možnosti dovedenia zväčšeného prietoku k vstupu do rybovodu:

- Vybudovať žľab popri rybovode (obrázok, Slavík a kol. 2012) na privádzanie prídavného prietoku sponad hate do predstavenej výrazne zväčšenej dolnej komory rybovodu (ktorá už musí byť trvalo zavzduťá vodou z rieky, aby vo výtokovom otvore nevznikali veľké prevýšenia hladín a nadlimitné rýchlosti). Rýchlosť prídavanej vody treba pred sútokom utlmiť na požadovanú hodnotu pomocou prepadu. Neželanému vniknutiu rýb do žľabu treba zabrániť hustými hrablicami.
- Namiesto žľabu vybudovať potrubie popri rybovode – ostatné riešenie bude analogické, výtokový otvor potrubia treba „ponoriť“ pod výškovú úroveň priemerného migračného prietoku v rieke (aby sa veľká rýchlosť vody utlmila pred vtečením do širokej štrbiny výtokového otvoru). Na energetické zhodnotenie prídavného prietoku je vhodné osadiť do potrubia turbínu.
- V mesiacoch ťahu nárazovo zväčšiť prietok celým širokým korytom rybovodu. V takomto prípade treba vybudovať každý prvok koryta adekvátne spevnený voči zväčšenému prietoku. Pri užších korytách alebo korytách s užšími štrbinami v prepážkach, kde by to vyvolávalo zvýšenie rýchlosti vody nad rýchlostný limit priechodný pre ryby nie je možné toto riešenie použiť (iba ak pri opti-



malizácii už postavených úzkych rybovodov – tu je vhodné uprednostniť menšie zlo a nariadiť krátkodobé zväčšenie až znásobenie prietoku, napr. na 1/2 až 1 hodinu denne, aby ho ryby zaregistrovali a priplávali k nemu, potom ho vrátiť na nižší prietok s rýchlosťou vody priechodnou pre ryby).

Predĺženie dosahu koncentrovaného prúdu vytekajúceho z rybovodu do rieky pomocou zúženia prietochného profilu rybovodu (nutné na každom rybovode)

Ak je v dolnom ústí rybovodu posledná prepážka ďaleko od hlavného koryta rieky (a teda ďaleko je aj posledné zúženie a zrýchlenie prúdenia v širokej štrbine), tak aj pomerne veľký prietok bazénového (komorového) rybovodu sa spravidla po pretečení cez poslednú prepážku „roztečie“ a nežiaduco upokojí už niekoľko metrov až niekoľko desiatok metrov pred vtokom do rieky. Do rieky tak priteká veľmi nevýrazný prúd, spätne zavzdutý vodou z rieky, ktorý ryby len ťažko zaciťtia. Preto sa odporúča priamo vo vtoku do rieky skoncentrovať prúd vytekajúci z rybovodu – vytvoriť tu prepážku prerušenú širokým štrbinovým otvorom od hladiny až po dno, dostatočne širokým a hlbokým pre tunajšie ryby, ktorý zúžením prietochného profilu rybovodu skoncentruje a zrýchli prúdnicu vytekajúcu z rybovodu do hlavného prúdu rieky. Dôraz sa kladie na požiadavku, aby prúd vody z rybovodu bol rybami rozpoznateľný aj po vyústení do rieky! V snahe o predĺženie dosahu koncentrovaného prúdu vytekajúceho z rybovodu sa stanovila najmenšia rýchlosť vodného prúdu opúšťajúceho rybovod. Armstrong a kol. (2010) ju stanovil na minimálne $1 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$, návrh medzinárodného štandardu ISO/DIS 26906 ju pre sladkovodné ryby stanovil na $0,75 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$. Odporúča sa aj nízky uhol (do 30°) medzi výtokom a prúdom rieky.

Akustický a optický navádzací signál – vodopádik na prilákanie rýb z väčšej diaľky (odporúčané na každom rybovode)

Ďalšou možnosťou, ako pomôcť pritiahnuť zhromaždené ryby tesne ku vchodu do rybovodu, je umelé zosilnenie navádzacieho signálu – akustickej a optickej stopy – vodopádikom. Keďže prúd vytekajúci z rybovodu je relatívne malý a pokojný, je vhodné nad výtok z rybovodu zaústiť potrubie navádzacieho prietoku (priemer aspoň 10 cm – podľa veľkosti rieky), z ktorého bude pred vchod do rybovodu so značným hlukom a následnými vibráciami dopadať z primeranej výšky (napr. 1 – 2 m nad hladinou priemerného prietoku) vodopádik niekoľko desiatok sekundových litrov vody (min. $10 \text{ l}\cdot\text{s}^{-1}$, pri väčšej rieke alebo pri veľkej vzdialenosti ústia rybovodu od zhromažďovacieho miesta aj $50 \text{ l}\cdot\text{s}^{-1}$).

Zdôvodnenie: Mala by to byť imitácia akustického (vibračného) signálu prietochného ramena rieky alebo jej väčšieho prítoku pre tie ryby, ktoré budú oddychovať alebo blúdiť vo väčšej vzdialenosti od výtoku rybovodu. Preto by mal výtok z potrubia navádzacieho prietoku koncentrovane dopadať (strieľať priamo do vody, nie kropiť oblúkom) z výšky cca 1 až 2 m nad priemernou hladinou Qa formou „vodopádu“. Ten vytvorí vo vode aj spenený bublinkový útvar s výrazne viditeľným optickým efektom. Po priplávaní k vodopádiku by ryby už mali na svojom tele zaciťtiť vytekajúci prúd vody z rybovodu, ktorý by preto pri prudkých alebo veľkých riekach mal byť adekvátne výrazný. Silný prúd vody z potrubia treba nasmerovať priamo do stredu prúdu vytekajúceho z rybovodu, ale až do koryta rieky cca 1 m od jej brehu – t. j. do miesta, kde sa budú môcť vibrácie čo najviac nerušene šíriť do vodného priestoru rieky pod migračnou bariérou.

Pri veľkých vodných tokoch širších ako 100 m sa odporúča vybudovať viac ako jeden rybovod – okrem hlavného so vstupom pod turbínami aj obtokový alebo rampový rybovod pri opačnom brehu alebo napr. rampový v strede koryta (v pilieri hate). Ako alternatíva sa na týchto najväčších riekach pripúšťa jeden rybovod, avšak s výrazným zväčšením prietoku počas neresových migrácií (spomínané vyššie).

Naopak na najviac zamrzajúcich horských tokoch, kde hrozí nepriechodné zamrzanie rybovo-

du, treba vopred zvážiť odstavenie všetkých prietokov rybovodu v kritických zimných mesiacoch január, február (v studených horských tokoch aj december a marec), kedy je najväčší nedostatok vody v toku a zároveň najmenšia potreba migrácie rýb v ľadovej vode.

Veľkosť trvalého alebo sezónneho prietoku rybovodu (rovnako ako aj ďalšie prípadné ichtyologicky potrebné prietoky) musí určiť ichtyológ alebo príslušný orgán ochrany prírody po konzultácii s projektantom vodnej stavby.

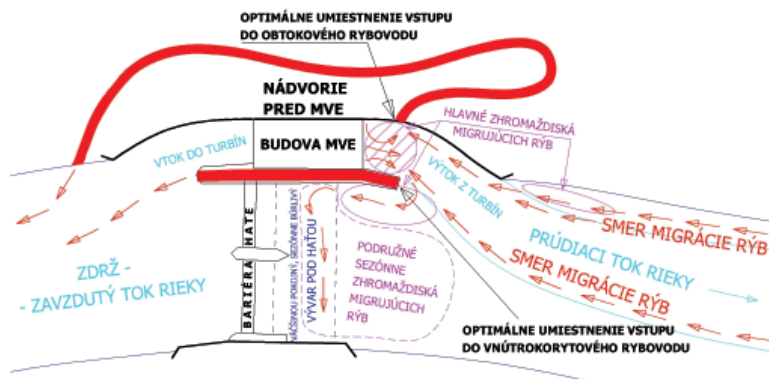
3.4. VÝBER UMIESTNENIA A TYPU RYBOVODU (Aký typ rybovodu vybrať)

3.4.1. Výber umiestnenia rybovodu

Rybovod musí byť umiestnený tak, aby bolo dodržané čo najefektívnejšie navedenie rýb do vstupu pomocou vodného prúdu a doplnkových navádzacích impulzov. Podrobne sa táto problematika rozoberá v predchádzajúcej kapitole 3.3.

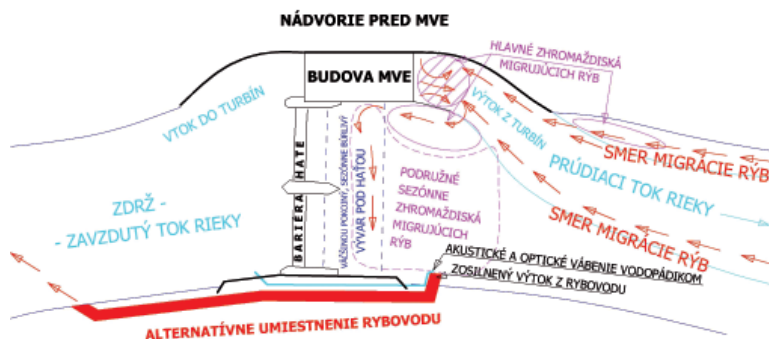
1. Optimálne umiestnenie na strane MVE

Vstup preťahnuce ryby, čiže výtok z obtokového aj z rampového rybovodu, musí pri širšej rieke (nad cca 30 – 40 m) vždy ústiť do spodnej upokojenej časti výtoku pod turbinami MVE (najlepšie do 10 m pod bariérou). Tam púťujú najviac rýb migrujúcich proti hlavnému prúdu rieky (ktorý väčšinu roka vyteká len z MVE). Dôležité je, aby vstup nebol schovaný v spenenej víriacej vode, ale aby bol pre ryby dobre viditeľný a citeľný, teda v mieste, kde býva v čase všetkých hlavných neresových ťahov upokojená voda bez silného spenenia a turbulencií.



2. Menej vhodné riešenie na opačnom brehu – prípustné len na užších tokoch

Ak takéto umiestnenie na strane elektrárne nie je možné z vážnych priestorových (napr. pozemkových) alebo technických dôvodov, núdzovým riešením je umiestnenie vstupu rybovodu na opačný breh, ale čo najbližšie k výtoku z MVE, do podružného zhromažďovacieho miesta oddychujúcich rýb, ktoré býva obvyčajne v najbližšom pokojnej-



šom mieste rieky vedľa hlavného prúdu pritekajúceho do koryta rieky od MVE alebo pri brehoch. Podmienkou je však **zosilnenie akustického lákania a navádzania zväčšeným alebo znásobeným prietokom z rybovodu** a malým akusticky aj opticky výrazným vodopádkom podľa pravidiel predchádzajúcej kapitoly 3.3. Toto „opačné“ riešenie je ale menej účinné.

Takéto menej vhodné riešenie môže byť funkčné len na užších tokoch (do 30 – 40 m), **nesmie sa používať na širokých riekach**, kde ryby nemajú veľkú šancu natrafiť na vstup do rybovodu alebo zachytiť jeho akustický signál.

3. Umiestnenie rybovodu na veľkých nádržiach

Pri rybovodoch na veľkých, teda stovky metrov širokých, niekoľko kilometrov dlhých a niekoľko metrov hlbokých nádržiach by malo byť v mieste výstupu rýb do nádrže relatívne citelné prúdenie, aby ryby našli jednoznačný smer ďalšej migrácie. Ak toto nie je zabezpečené, ryby budú blúdiť vo veľkej nádrži a k neresu nedôjde. Vtedy treba rybovod predĺžiť popri brehu nádrže proti toku až do zúženej časti nádrže, kde už slabá prúdica pod vodou existuje (alebo aspoň presmerovať rybovod do zatopenej nevýraznej prúdnice, ktorá pretrváva v bývalom koryte rieky nad priehradným múrom). Minimálna rýchlosť prúdu nabádajúceho k migrácii je $0,2 \text{ m.s}^{-1}$ (len hlavátka potrebuje viac ako $0,3 \text{ m.s}^{-1}$).



3.4.2. Výber typu rybovodu

Keď máme ujasnené najlepšie varianty umiestnenia vstupu do rybovodu, môžeme sa rozhodovať medzi rôznymi typmi priechodov. Z hľadiska výhodnosti pre migráciu rýb hore tokom je možná nasledujúca postupnosť pri výbere typu rybovodu:

Stopercentne priechodný typ

1a. Celokorytový bystrinný sklz bezprepážkový – (podrobne v kapitole 3.5.2.1.): **môžu byť len na potokoch alebo na ochudobnených úsekoch riek pri derivačných vodných elektrárnach.**

1b. Celokorytové bazény s prepážkami – (podrobne v kapitole 3.6.2.1.).

Výhody: Stopercentná účinnosť navádzania (ryby nemajú inú možnosť za žiadnych prietokových podmienok), pri bezprepážkovom sklze možnosť dosiahnuť úplne prírodne pôsobiaci a fungujúci úsek rieky. Pri dodržaní priečneho preliačenia v osi rybovodu je bezproblémový aj pre splavovanie člnmi.

Nevýhody: Zriedkakedy možný – len pri nízkom prevýšení bariéry cca do 2 m, napr. pri spriechodňovaní starého riečneho vyrovnávacieho stupňa (vodopádu) alebo na odbernom prahu do kanála derivačnej elektrárne. Problémovým limitom býva pozdĺžny sklon, ktorý v pleskáčovom a mrenovom pásme môže natiahnuť dĺžku sklzu rádo vo stovky metrov (finančná neúnosnosť), v lipňovom a najmä pstruhovom pásme je to menej problémová dĺžka niekoľko desiatok metrov. Celokorytový bystrinný sklz potrebuje na svoje naplnenie veľký prietok – ak sa pri výstavbe bezprepážkového sklzu nedodrží preliačenie v osi sklzu (miskovitý alebo trojuholníkový priečný profil), hrozí sezónna nepriechodnosť (kvôli veľmi nízkemu, inokedy veľmi vysokému vodnému stĺpcu). To isté hrozí, ak sa výrazne zväčšia alebo zmenšia rozmery priechodových otvorov v prepážkach nedostatočne spevnených celokorytových bazénov. Ak sa pri výstavbe akéhokoľvek materiálového

typu celokorytových bazénov nedosiahne potrebná pevnosť, hrozí zlyhanie alebo aj deštrukcia počas povodní. Ak sa pri sypanom celokorytovom sklze zanedbá nasypenie tesniacej vrstvy pod kamenné dno, môže dôjsť v hornej časti sklzu ku vsiaknutiu vody pod povrch rybovodu a následnú nepriechodnosť pre ryby.

Bezprepážkové typy

Ak nie je možný celokorytový sklz, resp. celokorytové bazény, prichádzajú na rad rampové a obtokové typy bezprepážkové:

2. Bystrinná rampa – bezprepážková (podrobne v kapitole 3.5.2.2.)

Výhody: Možnosť dosiahnutia úplne prírodne pôsobiaceho a fungujúceho zúženého toku v okrajovej časti koryta. Možnosť relatívne lepšieho (centrálnejšieho) umiestnenia vstupu do rybovodu ako pri obtokových rybovodoch. Pri dodržaní šírkových limitov pre ryby je bezproblémový aj pre splavovanie člnmi.

Nevýhody: Ako pri všetkých nasledujúcich typoch sa tu už vynára problém navedenia, lebo ryby môže sezónne zlákať aj prepád vody ponad nepriechodný riečny stupeň. Vstup do rampy musí byť hneď pod migračnou bariérou, preto rampa musí zachádzať ďaleko do vzdutia (technicky riešiteľné ale trochu problematické počas veľkých vôd). Rovnako ako pri bezprepážkovom sklze je bezprepážková rampa možná len pri nízkom prevýšení bariéry cca do 2 m, napr. pri spriechodňovaní starého riečneho vyrovnávacieho stupňa (vodopádu) alebo na odbernom prahu do kanála derivačnej elektrárne. Rovnako sa nesmie pokaziť priečny profil bezprepážkovej rampy. Spravidla je tu plytšia voda, menej vhodná pre veľké jedince rýb.

3. Obtoková bystrina – bezprepážková (podrobne v kapitole 3.5.2.3.)

Výhody: Pri veľkom prevýšení migračnej bariéry, čiže takmer pri všetkých priateľových malých vodných elektrárňach aj veľkých priehradách, je obtok najvhodnejším riešením, lebo umožňuje vybudovať aj stovky metrov dlhý úplne prírodne pôsobiaci a fungujúci zúžený tok, obchádzajúci bariéru po okolitých pozemkoch, dokonca aj s výsadbou drevinového pobrežného biokoridoru. Pri dodržaní šírkových limitov pre ryby a pri ustriehnutí zakrivenia meandrujúceho rybovodu je bezproblémový aj pre splavovanie člnmi.

Nevýhody: Relatívne mierne horšie umiestnenie vstupu do rybovodu oproti vnútrokorytovej rampe. Spravidla plytšia voda menej vhodná pre veľké jedince rýb. Rovnako ako pri bezprepážkovom sklze alebo rampe sa nesmie pokaziť priečny profil bezprepážkového obtoku. Problémom sú mimoriadne pozemkové nároky na rybovod najmä v jeho dolnom úseku, ktorý býva zahĺbený pod úroveň terénu aj 3 – 5 m, čo pri šírke koryta napr. 4 m a prírodných sypaných svahoch vyžaduje šírku aj 15 – 20 m, aj pri pripustení zvislých múrov (len lokálne) treba koridor šírky aspoň 10 m. Na to často nemyslia majitelia, ani ich projektanti pri kúpe pozemkov pre výstavbu MVE. V kombinácii s požiadavkou na umiestnenie vstupu rybovodu tesne pod strojovňu MVE tu následne pravidelne vzniká nutnosť viesť najviac zahĺbené koryto rybovodu popri budove a navyše popod spevnené nádvorie pred budovou, čo je finančne a niekedy už aj funkčne problematické (kvôli dlhému tmavému úseku rybovodu).

Prepážkové typy

Ak nie sú možné bezprepážkové bystrinné rampy a obtoky (napr. kvôli krátkej trase na disponibilných riečnych a pobrežných pozemkoch), prichádzajú na rad prepážkové rampové a obtokové typy, ktoré môžu byť kratšie, hlbšie a pokojnejšie, pričom stačí na ich naplnenie aj malý prietok. Na druhej strane ale sú pre niektoré ryby (a rybárov) trochu menej „dôveryhodné“ kvôli mnohým priečnym prepážkam, obtekaným relatívne rýchlejšou vodou cez otvory, ktoré sú zraniteľné v prípade zlého navrhnutia, realizácie alebo upchatia počas prevádzky:

4. Bazénová rampa (4a) alebo bazénový obtok (4b) s prepážkami so širokými štrbinami. Je to optimalizovaná – zväčšená a sprírodnená – modifikácia štrbinového rybovodu (podrobne v kapitole: rampa 3.6.2.2. – druhý až štvrtý príklad, obtok v kapitole 3.6.2.3.).

Výhody: Najuniverzálnejšie riešenia z hľadiska všetkých druhov rýb aj stavebných problémov. Oproti bezprepážkovým typom majú celý migračný aj oddychový vodný priestor hlbší a objemnejší (čo je najvhodnejšie pre veľké jedince rýb) a oveľa pokojnejší – v každej priestrannej komore (bazéne) nájde aj slabšia ryba výrazné rýchlostné tienie s takmer stojatou vodou. Pritom na svoje naplnenie potrebujú prepážkové rybovody menší prietok ako bezprepážkové. Oproti všetkým predchádzajúcim bezprepážkovým rybovodom môže byť kratší, čo v prípade rampy znižuje technicko-prevádzkové problémy v koryte rieky alebo v prípade obtoku znižuje potrebu pobrežných pozemkov. V prípade správnej realizácie priechodových otvorov v prepážkach, správneho vyloženia prírodne vyzerajúceho koryta a ozelenenia svahov sa dá dosiahnuť krajinnno-esteticky aj funkčne takmer prirodzený tok s úplne priechodným hydrickým a terestrickým biokoridorom.

Nevýhody: Pre niektoré ryby sú trochu menej „dôveryhodné“ kvôli mnohým priečnym prepážkam obtekaným relatívne rýchlejšou vodou cez otvory, ktoré sú zraniteľné v prípade zlého navrhnutia, realizácie alebo upchatia počas prevádzky. Kvôli pevným (betónovo-kamenným alebo dreveným) prepážkam je problémový pre splavovanie člmi (technicky riešiteľné zošíkmenou nadstavbou prepážok a samoobslužným spúšťaním zvýšeného prietoku pre splavenie sa cez rybovod – 3. príklad z kapitoly 3.6.2.3.).

Kombinované typy rybovodov (pri tradičnom riešení majú vnútro koryta selektívne priechodné – nemusia prepúšťať niektoré veľké, slabé alebo opatrné ryby)

5. Balvanitý rybovod s medzernatými prepážkami – bližšie v kapitole 3.7.1. Priechod vhodný pre všetky typické migranty, ale oproti prepážkovým typom je plytší; kvôli mnohým úzkym medzerám potrebuje na rovnaké naplnenie väčší prietok. Oproti bezprepážkovej bystrine býva len o málo hlbší, ale spravidla tu nie je preliacené koryto s centrálnou hĺbočinou, preto v prípade priškrtenia vtoku tu hrozí vznik celoplošne plytkého prostredia, nevýhodného pre veľké migranty, ako napr. hlaváčka. Pre najslabšie ryby je tu celoplošné bystrinné prúdenie bez plošne väčších oddychových zón, sú tu len bodové rýchlostné tienie za skalami, preto vyžaduje navrhnuť menšie maximálne rýchlosti vody.

6. Priestranný štetinový rybovod so širokou štrbinou (podrobne v kapitole 3.7.2.1., 3.7.2.2.). Môže byť ako rampa (6a) v okrajovej časti koryta alebo ako obtok (6b) po brehu.

Výhody: Oproti bezprepážkovej bystrine ho naplní aj menší prietok, je kratší, zároveň dosahuje nízke rýchlosti vody. Medzi plytšími nezavzdutými úsekmi má hlbšie a pokojnejšie zavzduté úseky, čo je oproti bezprepážkovým typom vhodnejšie pre väčšie jedince rýb. Vďaka ohybným štetinovým, resp. betónovo-štetinovým prepážkam je bezproblémový aj pre splavovanie člmi (pokiaľ sa nenavrhnú prudké zákruty). Technicky aj finančne úsporné riešenie.

Nevýhody: Štetiny treba po rokoch vymeniť. Na svoje naplnenie potrebuje väčší prietok ako rovnako priestorné prepážkové typy. Oproti prepážkovým typom je aj plytší, rýchlejší, nemá výrazné rýchlostné tienie s takmer stojatou vodou, štetinové prepážky pod hladinou pôsobia menej prirodzene ako kameň, čo sú riziká pre migráciu veľmi veľkých, veľmi malých alebo veľmi ostrážitých jedincov rýb. Pri optimalizácii tohto typu treba čo najviac prispôbiť riešenie parametrom bazénových (veľkokomorových) rybovodov so širokými štrbinami.

Biologicky málo vhodné typy rybovodov (prijateľné len v krajnom prípade, napr. pri priestorových problémoch pri rekonštrukcii existujúcich bariér)

7. Rybovod s priechodovými otvormi tvaru V



Pri tomto type rybovodu ide o zhora prelievané prepážky, úplne vhodné len pre pstruhy a pre splavovanie vodného koridoru člnmi. Ak preličená časť prepážok nie je výrazne zatopená vzduťm z nižšej komory, pre ostatné druhy rýb je to veľmi namáhavý výstup, vyžadujúci skákanie alebo „sprint“ proti vodopádovým prepacom. Ak je ale **výrazne zatopená aspoň 30-timi cm vody z nižšej sekcie**, môže byť priechodná aspoň pre typické migranty (podrobne v kapitole 3.7.3.).

8. Optimalizovaný drobnokomôrkový rybovod (či už je ako rampa, alebo ako obtok). Tradičný je nevhodný pre všetky druhy rýb kvôli stiesnenosti úzkej trasy v neprirodzenom betónovom prostredí, častému upchávaniu malých otvorov, kvôli nedostatku vody alebo naopak silným turbulenciám a speneniu v prípade dostatku vody (sťažená vizuálna orientácia aj schopnosť plávania rýb), absenciou pokojných miest so stojatou vodou, nedostatku rýchlostných tieňov, často aj kvôli nutnosti prekonávania prepážky len preskokom (podrobne v kapitole 2.2.4.).

Pri optimalizácii tohto typu (napr. na už existujúcich bariérach alebo pri zle naprojektovaných rybovodoch pri stavebnom konaní, keď sa už s územným riešením nedá veľa robiť) sa odporúča čo najviac **prispôbiť riešenie parametrom veľkokomôrového rybovodu** (typ 4). Optimalizovaný sa dá použiť najmä pre malé a stredne veľké typické migranty pod podmienkou výrazného zväčšenia hĺbky alebo objemu komôrok (napr. aj za cenu vybúrania niektorých prepážok) a zmeny priechodových otvorov na jednu širokú štrbinu (podrobne v kapitole 3.6.2.2. – prvý príklad); spravidla ostáva nevhodný najmä pre veľké druhy rýb.

9. Vodopádový rybovod len pre pstruhy je biologicky vhodný len pri spriechodnení existujúcich bariér, a to v takom úseku pstruhového pásma, v ktorom žijú len pstruhy (prípadne non-migranty hlaváče, pre ktoré ale ichtyológ ani ŠOP nepožaduje spriechodnenie). Pre existujúce kaskády 0,5 – 1 metrových stupňov (na všetkých pstruhových potokoch SR sú ich stovky) je to možno jediná reálna a pritom pre pstruhy účelná možnosť ich spriechodnenia. Pre iné druhy sú vodopádové priechody úplne nevhodné! (obrázky v kapitole 3.6.2.4.)

3.4.3. Pomôcka pre výber typu rybovodu podľa miestnych podmienok

Pri nízkom prevýšení bariéry: jednoznačne typ 1a – celokorytový bystrinný sklz – aj rýchlosti pri zväčšených prietokoch budú vedieť najslabšie druhy prekonať po úplne plytkých okrajoch preličeného – miskovitého sklzu. Ak nepovolí dlhý sklz v koryte, na menšom toku je vhodné preveriť **1b** kratší strmší rybovod s celokorytovými kamennými alebo kamenno-betónovými prepážkami fixovanými proti veľkým vodám. Aj na ochudobnených úsekoch riek pri derivačných vodných elektrárnach sa týmto princípom postupného zavzdutia hladiny môže zavodniť a spriechodniť bývalé hlavné koryto rieky.

Pri nízkom prevýšení bariéry sú možné, avšak biologicky o niečo menej účinné aj ďalšie typy: **2** – bystrinná rampa bezprepážková, **3** – obtoková bystrina bezprepážková, **4** – bazénový obtok s prepážkami so širokými štrbinami. Len pod podmienkou optimalizácie parametrov sú možné typy **5** – balvanitý rybovod s medzernatými prepážkami, **6** – priestranný štetinový rybovod so širokou štrbinou.

Pri výskyte migrácie veľkých rýb: len typy **1a**, **1b**, **4**. Typy **5**, **6** len v prípade dostatočnej hĺbky prúdnice a dostatočnej šírky priechodu cez prepážky.

Rybovod ako dráha na splavovanie člnov: jednoznačne typ **1a**, ale možné je aj pri typoch **2**, **3**, **6**. Dá sa vyriešiť aj pri type **4**. Typ **7** – rybovod s priechodovými otvormi tvaru V, len v prípade dostatočnej hĺbky prúdnice pre ryby a výrazného ponorenia a zatopenia najnižšej časti prepážky o 20 cm (kvôli rybám).

Pri absencii veľkých rýb sú vhodné typy **1**, **2**, **3**, **4**. Len po úpravách (zväčšeníach vodného prostredia) aj typy **5**, **6**.

Na hornom toku s výskytom len pstruhov a hlaváčov: strmšie varianty typov **1a**, **1b**, **2**, **3**,

5, prípadne aj 4, 6. Len ak v takomto úseku ichthyológ ani ŠOP SR nepožaduje spriechodnenie pre non-migranta hlaváča, je vhodný aj typ 7.

Pri spriechodnení existujúcej bariéry je len vo výnimočných prípadoch stiesneného priestoru vhodný aj typ 8 – optimalizovaný drobnokomôrkový rybovod, ale len po optimalizácii – zväčšení vodného prostredia a upokojenia prúdenia a typ 9 – vodopádový rybovod len pre pstruhy (ten len v prípade, že ichthyológ ani ŠOP SR nebude požadovať spriechodnenie pre žiaden iný druh ryby). Inak sú vodopádové a drobnokomôrkové priechody úplne nevhodné.

3.5. VNÚTRO KORYTA BEZPREPÁŽKOVÝCH BYSTRINNÝCH RYBOVODOV

3.5.1. Textové odporúčania (zhrnuté aj v súhrnnej tabuľke v kapitole 6)

Celokorytové sklzy – z bystrinných priechodov je pre ryby a mihule ekologicky najúčinnnejším extrémne mierny, zdrsnený balvanitý sklz na celú šírku koryta s kamenno-štrkovým dnom a s preliačením do „trojuholníkového“ priečného profilu. Jeho veľkou výhodou oproti rampovým alebo obtokovým rybovodom je, že do priechodu musí trafiť 100 % migrujúcich rýb, prichádzajúcich k bariére. Priechod na celú šírku koryta však môže byť len v prípade relatívne nízkeho riečneho prahu (cca do prevýšenia hladín 2 m). Je vhodný aj na spriechodnenie odberného prahu derivačnej MVE. Neúnosný je na prihaťovej MVE, kde je prevýšenie bariéry viac metrov a pri ichthyologicky prijateľnom spáde sklzu by sme došli k nerealizovateľnému riešeniu s nenávratnými finančnými investíciami a problematickým prevedením povodní.

Rampové sklzy a obtokové bystriny – v prípade veľkého prevýšenia hladín nad a pod migračnou bariérou už nemôže byť preliačený balvanitý sklz v celom koryte, ale zúžený na kraji alebo v strede koryta ako bystrinná rampa alebo zúžený a predĺžený môže byť mimo koryta ako najprirodzenejšia obtoková bystrina s charakterom prirodzeného potoka. Do nich už trafi o niečo menšie percento rýb, tiahnucich proti prúdu.

Konkrétne odporúčania pre všetky polohové typy bystrinných rybovodo

Každý typ bezprepážkového bystrinného rybovodu má mať z ekologického hľadiska charakter strmšieho (teda perejnatejšieho) úseku príslušného toku s analogickými vlastnosťami koryta a vodného prostredia.

- **Preliačený, výrazne miskovitý až trojuholníkový priečný profil koryta rybovodu** je dôležitý pre všetky typy bystrinného rybovodu (pre celokorytový sklz, pre bystrinnú rampu aj pre obtokovú bystrinu). Musí zabezpečiť dostatočne veľké, zároveň ale aj relatívne pokojné vodné prostredie (podľa nasledujúcich bodov):
- **Prirodzený charakter dna** treba zabezpečiť jeho celoplošným vyložením riečnymi okruhlíkmi s priemerom min. 25 – 35 cm a následným presypaním riečnym štrkom v hrúbke aspoň 10 cm.
- **Dostatočná hĺbka vody v prúdnici** aj počas zmenšeného prietoku (problémové najmä v celokorytovom sklze, najmä v kombinácii s obdobím neresových migrácií) musí byť v pstruhovom pásme aspoň 30 cm, v lipňovom aspoň 40 cm, v mrenovom aspoň 40 – 50 cm, v pleskáčovom aspoň 50 – 60 cm. Pre hlavátku vždy min. 50 cm, pre sumca min. 70 cm. Požadovaná hĺbka je najväčšou hydroenergetickou nevýhodou bystrinných priechodov, lebo sa dá dosiahnuť len pomocou prepúšťania veľmi veľkého prietoku do rybovodu (čo by často znemožnilo ekonomickú návratnosť pripravovanej vodnej elektrárne). Alternatívou by bolo vytvorenie priehlbni v dne alebo bazénový prepážkový typ rybovodu.
- **Dostatočné plytčiny** – na okrajoch má byť naopak plytká a oveľa pomalšia voda, čo je najdôležitejším uľahčením pre všetky slabšie ryby a ostatné vodné živočichy.
- **Maximálne rýchlosti** – najväčšou anomáliou pre ryby, resp. mihule, bude teda väčšia rých-

losť vody, prislúchajúca až horskému (nie podhorskému ani nížinnému) úseku. Rýchlosť vody nesmie byť neprekonateľnou bariérou pre tu migrujúce druhy rýb. Ikrami obťažkané samice s čiastočne oslabnutým telom nie sú fyziologicky schopné prekonať také prekážky, ako ľahšie a silnejšie samce. Preto musíme bariérové a rýchlostné pomery v rybovode prispôbiť ikernačkám, ktorých prítomnosť a početnosť pri rozmnožovacom akte je rozhodujúca pre úspešný neres a nakladenie ikier. Podrobne sú maximálne rýchlosti riešené v kap. 3.2., kde odporúčame prierezovú rýchlosť vody v bystrinnom rybovode 1 m.s^{-1} v pleskáčovom pásme, $1,2 \text{ m.s}^{-1}$ v mrenovom pásme, $1,5 \text{ m.s}^{-1}$ v lipňovom pásme, $1,8 \text{ m.s}^{-1}$ v pstruhovom pásme (nemecká metodika DWA-M509 odporúča v analogických rybích pásmach nižšie maximálne prierezové rýchlosti $1,0 \text{ m.s}^{-1}$, $1,1 \text{ m.s}^{-1}$, $1,2 \text{ m.s}^{-1}$, resp. $1,4 \text{ m.s}^{-1}$, pričom ale pripúšťa napr. výrazne strmšie spády kamenných sklzov; na obtokových rybovodoch s prevýšením $<10 \text{ m}$ už pripúšťa podľa pásiem od $1,3 \text{ m.s}^{-1}$ do 2 m.s^{-1}). Podmienkou takýchto rýchlostí je ale výrazne drsné kamennno-štrkové dno, početné veľké spomaľovacie balvany a trojuholníkový priečny profil koryta.

- **Pozdĺžny sklon** by mal projektant výpočtom spresniť tak, aby splnil požiadavky na limitnú rýchlosť, hĺbku a šírku. Predbežne v závislosti od rybích pásiem odporúčame pozdĺžny sklon priechodu len $1 : 20$ v pásme pstruha (pri technických obmedzeniach až $1 : 15$, čo je limit pre „horné“ pstruhové pásmo), $1 : 30 - 1 : 50$ v pásme lipňa, $1 : 50 - 1 : 100$ v pásme mreny a cca $1 : 70 - 1 : 150$ v pásme pleskáča (pri tradičných vodohospodárskych riečnych sklzoch sú bežnejšie niekoľkonásobne prudšie sklony, napr. $1 : 5$ alebo $1 : 10$). Z biologického hľadiska si treba uvedomiť, že predkladané nezvykle mierne navrhované sklony rybovodov v mrenovom a pleskáčovom pásme sa vlastnosťami blížila prirodzeným horským perejnatým úsekom toku (spád toku $1 : 100$ má napr. horný Hron alebo horný Váh, pritom my ho odporúčame pre dolný Hron alebo dolný Váh) – prechod cez takýto rybovod nie je teda pre slabšie druhy a jedince „prehnane bezproblémový“ (tabuľka rýchlostí rýb v kap. 3.2).
- **Zvýšenie drsnosti koryta a úkryty** – rýchlosť prúdenia vody pri dne výrazne stlmí už vyššie spomínané vyloženie dna okruhliakmi s priemerom 25 cm a ich presypanie 10 cm vrstvou štrku. Pretože pri bystrinných priechodoch nerátame s výraznými (spojitými) priečnymi prepážkami na spomalenie „rozbiehajúcej sa“ vody a na vznik rýchlostných tieňov, pre oddych rýb v celokorytovom sklze treba osadiť priečne medzernaté línie veľkých skál (napríklad po každých 4 metroch) a na polcestu medzi ne aj ďalšiu skupinku $1 - 2$ výčnievajúcich skál (tiež v pomalšej plytšej vode). Do bystrinnej rampy alebo obtokovej bystriny osadiť každé 2 m do plytčiny skupinku $1 - 2$ výčnievajúcich skál. Úkrytové a brzdiace skaly by mali vystupovať aspoň 30 cm nad okruhliakové dno a siahť až po bežnú hladinu vody v rybovode. V celokorytovom sklze vystavenom povodniam by teda na dostatočné ukotvenie v hlbších miestach boli potrebné úkrytové balvany veľké až $0,6 - 1 \text{ m}$.
- **Medzery v balvanitých líniiach** – v celokorytovom sklze aj v širšom balvanitom rybovode s priečnymi medzernatými líniami balvanov by tieto mali mať v najhlbšej prúdnici aj na plytkovodnom okraji výrazné medzery medzi balvanmi v týchto výstupových prúdoch. Šírky týchto dvoch medzier by mali spĺňať požiadavky na šírku štrbinových otvorov zo súhrnnej tabuľky pre komorové rybovody, čiže šírka priechodu na plytkovodnom okraji by mala byť $30 - 40 \text{ cm}$ medzi brehom a brzdiacim balvanom (súvislá alebo hustá línia by totiž mohla byť bariérou pre slabšie druhy rýb). Šírka priechodu medzi brzdiacimi balvanmi v hlbšom prúde pre najväčšie ryby by mala byť aspoň $50 - 60 \text{ cm}$ (podľa najväčšieho migrujúceho druhu).
- **Šírka** – bystrinná rampa aj obtoková bystrina by mala mať pri hladine min. 2 m v pstruhovom pásme, min. 3 m v lipňovom pásme, min. 3 až 5 m v mrenovom pásme, min. 3 až 7 m v pleskáčovom pásme (podľa šírky koryta prehradeného toku). Pri veľkých riekach (širokých napr. nad 80 m) by sa mala šírka rybovodu (najmä prírodného typu) pohybovať medzi $5 - 10 \%$ šírky koryta

rieky. Ak pri stanovenom prietoku veľmi preženieme požiadavku na šírku rybovodu (kvôli „psychike“ rýb), budeme musieť spravidla rátať s neželaným zmenšením hĺbky vody až do tej miery, že môžu hroziť „fyzické“ problémy veľkých rýb s plávaním.

- **Odolnosť** celokorytového sklzu voči veľkým vodám sa dá zabezpečiť pevným zaklivením vyčnievajúcich skalných línií do podkladu, t. j. medzier kamennej rovnaniny, najlepšie však do betónového základu. Do bystrinnej rampy alebo obtokovej bystriny by sa veľké vody vôbec nemali dostať. Treba to stavebne zabezpečiť, napríklad aj horným zahradením vtokového otvoru. Proti obvyklému podomletiu je vhodné vytvoriť pod sklzom, rampou alebo pod obtokom stabilizačný priečny prah z lomových kameňov zapustených do dna toku, licujúci s tvarom koryta, a postupne rednúcu kamennú dlažbu.
- **Oddychová zátočina** – na každé 2 m celkového prevýšenia rybovodu treba vytvoriť oddychovú bočnú zátoku s nulovou rýchlosťou vody, aspoň 2 m širokú a 5 m dlhú. Má mať vodorovné dno, zvýšený počet úkrytových balvanov a majú nad ňu prevísať vysadené kroviny kvôli upokojeniu rýb, ochranou pred slnkom a pred vyrušovaním a predátormi.
Kvôli dotvoreniu perejnato-hlbočiného biotopu v rieke pod bystrinným rybovodom (ale aj z hydraulických dôvodov) je vhodné pod sklzom či pod vnútrokorytovou rampou vytvoriť v dne novú prúdivú hĺbočinu („prírodný vývar“) plynulým prehĺbením dna v centrálnej prúdnici pod sklzom či rampou aspoň o 0,5 – 1 m.

3.5.2. Nákrasy a obrázkové odporúčania a varovania pre bezprepážkové bystrinné rybovody

3.5.2.1. Celokorytové bystrinné sklzy

1. príklad – priechodný na 100 % pri všetkých prietokoch a pre všetky druhy: kamennoštrkový celokorytový bystrinný sklz preliačený s betónovým dnom (Muránka I) (spád 1 : 40, preliačenie stredu koryta 0,4 m, šírka 8 – 10 m, dĺžka 50 m).



Pri malom prietoku ostáva dostatočne hlboká prúdnica v strede, po krajoch pokojné plytčiny s vyčnievajúcimi brzdiacimi balvanmi, za sucha aj štrkové lavice. Foto: autor



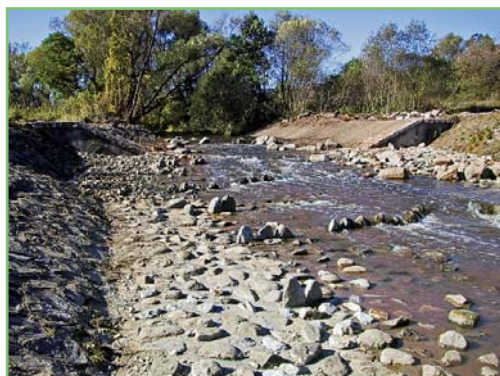
Aj počas búrlivých prietokov majú ryby a mihule na okrajoch preliačeného sklzu dostatočne pokojné plytčiny. Foto: autor



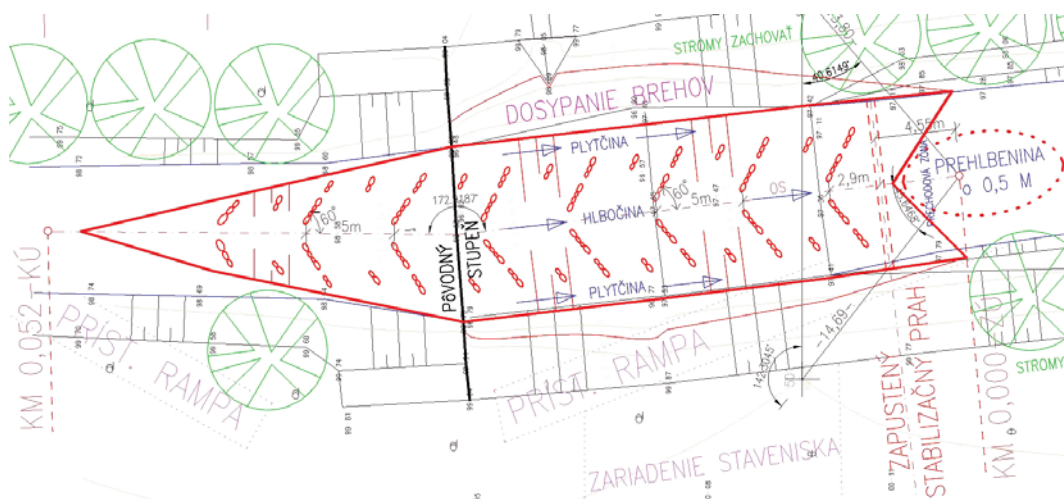
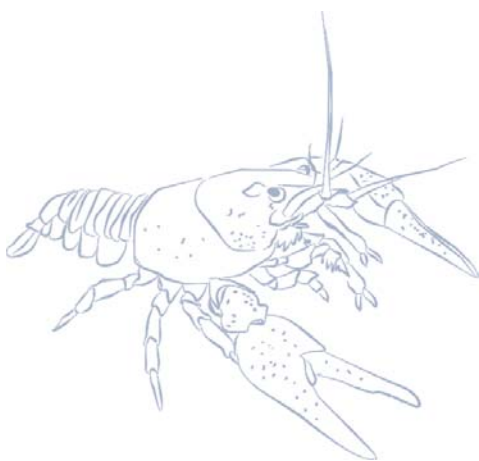
Pri veľkom prietoku majú ryby a mihule rýchlostné tieňe za zatopenými balvanmi, na okrajoch dostatočne pokojné plytčiny. Foto: autor



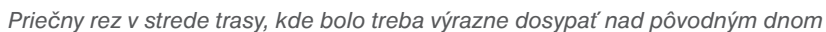
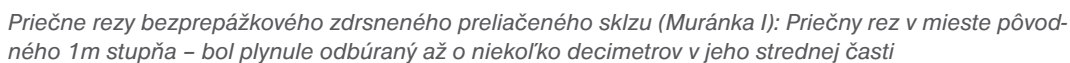
Nepriechodná migračná bariéra Muránka I pred spriechodnením – vodopádový riečny stupeň s prevýšením hladín 1 m. Foto: autor



Dôležité detaily vnútra koryta bezprepážkového zdrsneného preliačeného skľu. Podstatou priechodnosti širokých skľov pri extrémne malých prietokoch je trojuholníkový priečny profil, ktorý stavbári dosiahli pomocou drevenej šablóny (bez zásahu biologického dozoru stavby by atypické preliačenie stredovej prúdnice nebolo). Foto: autor



Pôdorys bezprepážkového zdrsneného preliačeného skľu (Muránka I – tok zľava doprava)



2. príklad (prevažne pozitívny)

Kamenno-štrkový celokorytový bystrinný sklz nepreliačený s betónovým dnom (Muránka II – projekt analogický ako Muránka I., realizácia mierne odlišná)



Ukázková realizácia účinných rýchlostných tieňov z mimoriadne veľkých balvanov. Pri spáde 1 : 40 účinnejšie brzdia vodu, dodávajú rybovodu charakter vysokohorskej bystriny. Pri veľkom prietoku majú ryby aj mihule množstvo výrazných rýchlostných tieňov za veľkorozmernými balvanmi, na okrajoch však nemajú dostatočne pokojné plytčiny pre migráciu slabších druhov a jedincov počas vysokých prietokov, lebo napriek projektu tu dodávateľ nezrealizoval trojuholníkový priečny profil – takúto zmenu projektu musí včas zastaviť biologický dozor stavby (kap. 3.9.1). Projektované preliačenie je nepozorovateľné, preto chýba aj centrálna hĺbočinová trasa pre veľmi nízke prietoky. Vzadu vidieť okraj pôvodného riečneho stupňa. Foto: autor



Bývalý nepriechodný vodopád s prevýšením hladín 1,7 m, nahradený miernym celokorytovým sklzom. Foto: autor



Detail vodného prostredia. Foto: autor

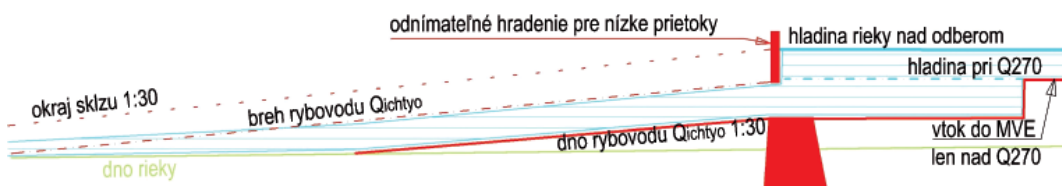
3. príklad (prevažne pozitívny)

Sypaný kamenno-štrkový celokorytový bystrinný sklz na vrchu lipňového pásma (spád 1 : 30) na odbernom prahu k derivačnému kanálu (MVE Heľpa)

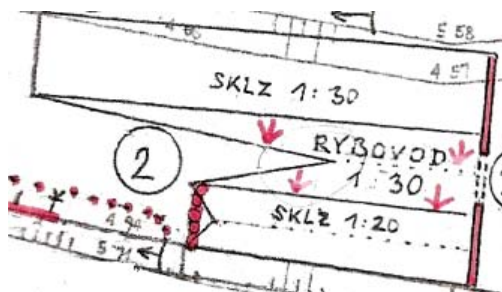




Aj zmenšené prietoky horného Hrona (min. Q_{270}), ochudobnené odberom do MVE, vytvárajú vo výrazne preliačenom sklze dostatočnú centrálnu hĺbočinu a pokojné široké okrajové plytčiny, ktoré sa pri veľkých prietokoch len presúvajú k okrajom sklzu. Lokálne bariérové defekty, vzniknuté nedodržaním ekologického projektu, môžu ryby a mihule našťastie obísť viacerými spôsobmi, čo je ďalšia výhoda širokého prírode podobného celokorytového sklzu. Foto: autor



Pozdĺžny rez riekou a sklzom – vyšrafovaný je vodný koridor pri nízkych prietokoch



Pôdorys celokorytového sklzu so sklonom 1 : 30. Centrálna hĺbočina pre malé prietoky prechádza do hĺbočiny v koryte. Strmší sklz pri ľavom brehu bol skrátený kvôli cenným biotopom mihúľ.



Dôležité plus: Až keď sa naplní vtokový otvor do rieky pre MQ, začne sa voda prelievať ponad zadný prah do MVE. Chyby: 1. Oproti projektu použitý drobnejší kameň voda odniesla a vznikli vodopádky. 2. Natrvalo zhora zahradený vtokový otvor MQ sa počas veľkých vôd zapchá. Podľa projektu sa nad vtokový V otvor malo len počas nízkych prietokov vkladať oceľové horné hradenie. To malo vyčnievať 20 cm nad prah, aby voda neprepadala zhora do rybovodu – dodatočne nahradené hranolmi. Foto: autor

3.5.2.2. Bystrinné rampy

1. príklad – rybovod priechodný pre všetky miestne druhy:

Sypaná kamenno-štrková bystrinná rampa (v lipňovom pásme na toku Revúca)



Strmšia balvanitá rampa (spád cca 1 : 20 hore, 1 : 30 dole): Hore – aj pri veľkom prietoku láka ryby spod nepriechodnej bariéry a vodopádov silný výtok z rybovodu. Foto: autor



Ryby majú dve plynulé výstupové trasy – vpravo rýchlejšiu hlbokočinu pre pstruhy a lipne, vľavo pomalší plytký prúd pre čereble a hlaváče. Celý prietok tečie prioritne cez rybovod. Foto: autor

3.5.2.3. Obtokové bystriny (bezprepážkové)

1. príklad (predovšetkým výstražný, len čiastočne pozitívny):

Sypaná kamenno-štrková obtoková bystrina (okolo VD Žilina na Váhu)



susednej rieky. Šikmé zemné svahy umožňujú vytvorenie nových vysokobylinných, krovinných aj stromových biotopov, čím v krajine vzniká komplexný náhradný biokoridor.

Pre ryby najkomfortnejšie bystrinné obtokové koryto okolo celej veľkej vodnej nádrže na veľkej rieke (najväčšie a zároveň najdrahšie v SR). Toto meandrujúce kamenno-štrkové koryto s takmer prirodzeným pozdĺžnym sklonom (extrémne nízkym, len 1 : 400), šírkou vyše 5 m a niekoľkodesimetrovou hĺbkou vody je priechodné pre všetky druhy rýb, a to aj pri veľkých prietokoch, nevzpriečili by sa tu ani veľké plaveniny. Vďaka meandrovaniu vytvára všade hĺbočiny aj plytčiny, teda nový biotop (vrátane neresísk), trvalo osídlený všetkými druhmi rýb

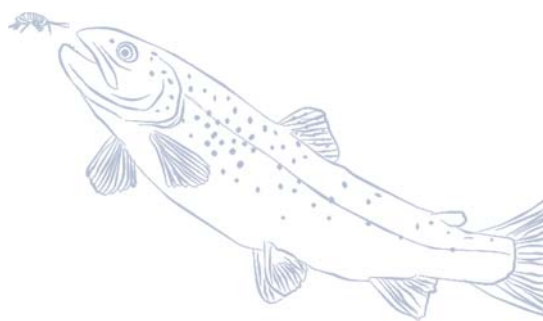
Priechod cez bariéru VD Žilina je však nefunkčný, lebo sa chýbne zrealizovalo:

- zaústenie výtoku z rybovodu do rieky veľmi ďaleko od migračnej bariéry priehrady – mnoho sto-viek metrov poniže, kde ešte migrujúce ryby nemajú dôvod hľadať priechodnejší prúd (pomohlo by vykopanie nového dolného úseku koryta od bagroviska ku priehradnému múru),
- vedenie biokoridoru cez vodnú plochu bagroviska so stojatou vodou, čo komplikuje mnohým rybám nájsť pokračovanie prúdu v obtoku (pomohlo by dosypanie „chýbajúceho“ pravého brehu rybovodu na južnom okraji vodnej plochy, ktorý by nedovolil rozptýlenie prúdnice),
- vtokový objekt – o jeho zapchávaní a strmosti aj o možnosti ich riešenia bližšie v časti 3.8.2.

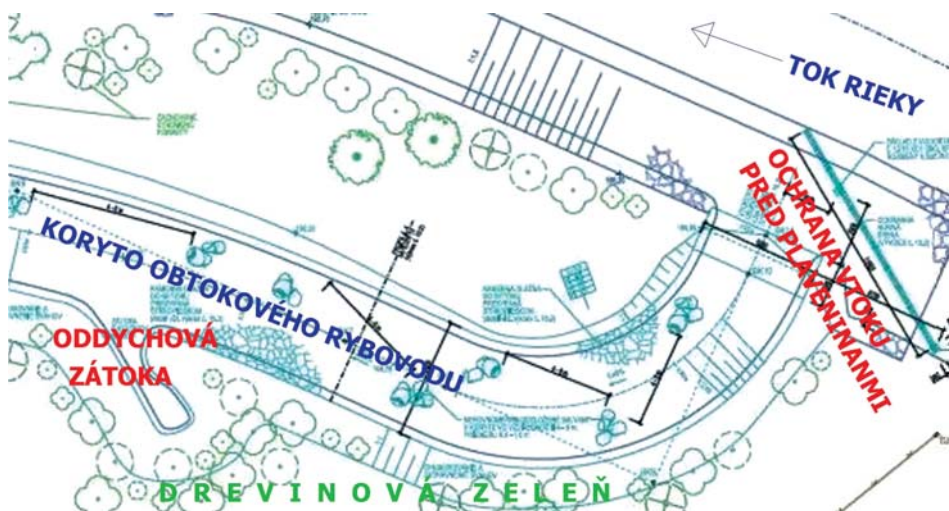
Neprekonateľné bariéry na vtoku
do rybovodu. Foto: autor

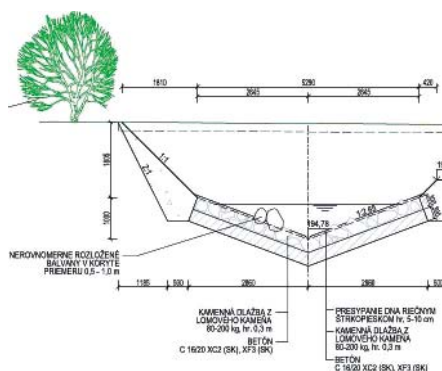


Zlý nevábivý výpusť (vstup). Foto: autor



2. príklad (vzorové riešenie spriechodnenia nadštandardným obtokom)
Kamenno-štrková obtoková bystrina s betónovým dnom v mrenovom pásme malej rieky





Priečný rez toku

Vstup rýb priamo od vodného prúdu, padajúceho z netradičnej kolesovej MVE, mimoriadne veľký prietok až $1,9 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$, konštrukcia pevného, ale prirodzene pôsobiaceho dna (podbetónovanie riečnych kameňov, presypanie štŕtkom), 4,5 m široký vodný priestor s centrálnou hĺbočinou až 85 cm a okrajovými plytkami, úkrytové balvany v plytkovodnom koridore každých 4 – 6 m (lepšie by bolo každé 2 – 3 m), napriek prevýšeniu len 2 m a dĺžke trasy len 100 m až dve oddychové zátoky clonené vysadenými drevinami, výrazne ozelenené brehy komplexného biokoridoru, vtok chránený proti upchaniu normou stenou, oploteenie sťažujúce pŕtlačenie.

3.6. VNÚTRO KORYTA PREPÁŽKOVÝCH BAZÉNOVÝCH (VEĽKOKOMOROVÝCH) RYBOVODOV

3.6.1. Textové odporúčania (zhrnuté aj v súhrnnej tabuľke v kapitole 6)

Celokorytové bazény – čiže bazénový priechod na celú šírku koryta potoka, v ktorom sa ponechá prirodzené dno a voda sa kaskádovito zavzdúje priečnymi prepážkami z kameňa s vystuženým nepriepustným jadrom každej prepážky. Sú vhodné len na relatívne nízkom odbornom prahu derivačnej MVE na potoku, ak napríklad nie je možné vybudovať v koryte pod bariérou dlhý bezprepážkový sklz (napr. kvôli blízkeму premosteniu). Výhodou oproti rampovému alebo obtokovému rybovodu je, že do priechodu musia trafiť všetky migrujúce ryby, plávajúce k bariére. Nevýhodou môže byť riziko deštrukcie pri veľkých prietokoch a finančná náročnosť pri veľkom prevýšení bariéry alebo pri veľkej šírke toku.

Bazénové rampy a obtoky – v prípade veľkého prevýšenia hladín nad a pod migračnou bariérou alebo na toku s veľkou šírkou, alebo s výraznými veľkými vodami už nemôže byť priechod v celej šírke koryta, ale len zúžený na kraji alebo v strede koryta ako bazénová rampa, ako zúžený a predĺžený môže byť mimo koryta ako bazénový obtok. Oproti celokorytovým bazénom trafi do rampy aj do obtoku menšie percento rýb, tiahnucich proti prúdu.

Bazénová rampa aj bazénový obtok majú kvôli rybám spĺňať nasledujúce požiadavky zo súhrnnej tabuľky v záverečnej kapitole 6:

- **Koryto rybovodu** by malo byť prírode podobné, ale odolné voči deštrukcii, vyložené riečnym kameňom s priemerom cca 25 – 35 cm, ukladaným na dotyk do hustého betónu, aby sa kamene v betóne nepotopili a dosiahla sa čo najväčšia drsnosť („hrboľatosť“) dna. Špáry medzi dnovými aj brehovými kameňmi v kamennej dlažbe nevyplňať betónom, ale na záver presypať 10 cm vrstvou štŕkopiesku (sypané alebo vykladané prírodné dno bez podbetónovania má spravidla kratšiu životnosť). Aj prepážky je najlepšie urobiť murované z riečneho kameňa na betónovom základe alebo betónové obložené kameňom.
- **Dno** – nové kamenné dno má byť na čo najväčšej časti plochy pokryté prirodzeným substrátom. V horských a podhorských tokoch kamenito-štŕkovitým, v nížinných tokoch štŕkovo-piesčito-hlinitým substrátom. Celú plochu dna treba presypať aspoň 10 cm vrstvou štŕkopiesku – pretekajúca voda si ho počas prevádzky prirodzene rozmiestni kam treba. Pri projektovaní podhatia je dôležité dodržať plynulý prechod dna rybovodu do dna rieky a tiež rovnakú hĺbku rieky v podhatí

a rybovodu (ak má rybovod hĺbku 60 cm, nemôže ústiť do rieky upravenej na hĺbku 40 cm, lebo by sa znehodnotili hĺbky, prevýšenia hladín aj rýchlosti vody v rybovode).

- **Brehy** – na brehoch je vhodné pri vode lokálne vysadiť skupinky krikov, poskytujúcich úkryt aj rybám. Brehy možno spevniť podľa potreby kameňom, lokálne v kombinácii s výsadbou vrbových odrezkov.
- **Dostatočný objem vodného prostredia** v každom bazéne (komore) je podstatný pre vznik oddychových rýchlostí v dostatočne veľkej časti bazéna (komory). Takže pri problémoch napríklad s hĺbkou alebo dĺžkou bazénov (komôr) odporúčame zvoliť radšej väčšie šírky z odporúčaných intervalov z tabuľky – aj preto sú v tabuľke odporúčania v intervaloch. Odporúčaný minimálny objem „veľkej“ komory by mal byť v horskom pstruhovom toku aspoň 2 m³ (napr. 2 x 2 x 0,5 m), v lipňovom pásme nad 4 m³ (napr. 3 x 3 x 0,55 m), v mrenovom nad 8 m³ (napr. 4 x 3,5 x 0,65 m alebo 5 x 3 x 0,65 m) a v pleskáčovom pásme nad 10 až 12 m³ (napr. 5 x 4 x 0,75 m alebo 4 x 4 x 0,75 m). V rybovodoch na potokoch, samozrejme, stačí menší objem vody.

V klasickom drobnokomôrkovom rybovode – s rozmermi komôrky napr. 1 x 1 m – spravidla nemajú ryby ani mihule úplne upokojenú „oddychovú“ vodu, vznikajú tam neprijateľné turbulencie a spevnenie, preto drobnokomôrkové rybovody ichtyológovia vôbec neodporúčajú. Ak by bolo napriek tomu nevyhnutné napr. kvôli nedostatku priestoru (ale jedine v krajnom prípade rekonštrukcie existujúcej migračnej bariéry!) zvoliť drobnokomôrkový rybovod, musia byť rýchlostné pomery korigované: treba naprojektovať nízke maximálne prierezové rýchlosti ako pri bystrinných rybovodoch - v lipňovom pásme 1,5 m.s⁻¹, v mrenovom pásme 1,2 m.s⁻¹, v pleskáčovom pásme 1,0 m.s⁻¹, vytvoriť jeden súvislý priechodový otvor od hladiny až po dno – v žiadnom prípade nepripustiť tvorbu vodopádikov, prelievanie zhora alebo z horného malého otvoru.

Pri obave z malého objemu možno skontrolovať rozptyl energie vo vodnej komore:

$E_k = (p \cdot g \cdot d_h \cdot Q) : V$ (kde p = hustota vody 1 000 kg/m³, g = gravitačná konštanta 9,81, d_h = rozdiel hladín susedných komôr, Q = prietok v m³.s⁻¹ a V = objem komory). Pre pstruhové rybie pásmo je prípustná najvyššia limitná hodnota rozptylu energie 225 – 250 W/m³, pre lipňové pásmo menej – cca 200 W/m³, pre mrenové pásmo cca 150 W/m³, pre pleskáčové rybie pásmo má byť limitná hodnota rozptylu energie najnižšia len cca 100 – 125 W/m³ (podľa DWA, 2010).

- **Hĺbka vody v komorách** bazénového rybovodu je väčšia než pri bystrinnom. Bazénový je totiž strmší než bystrinný, sťažené rýchlosti v priechodových otvoroch musia byť kompenzované väčším upokojeným prostredím pod a nad každou prepážkou, čo sa dosiahne pri dostatočne veľkom objeme vodného prostredia v každom bazéne. Možnosť vytvorenia hlbokého a pritom pokojného vodného prúdu na relatívne kratšej trase je najväčšou výhodou prepážkových bazénových (veľkokomorových) rybovodov. V pstruhovom pásme musí byť minimálna hĺbka v každom bazéne rybovodu aspoň 40 cm a najväčšia hĺbka aspoň 50 cm. V lipňovom pásme by tieto hĺbky mali byť najmenej 50 cm a 60 cm, v mrenovom najmenej 60 cm a 70 cm, v pleskáčovom najmenej 70 cm a 80 cm. Pre hlavátku odporúčame vytvoriť najväčšiu hĺbku každého vodného bazéna v akejkoľvek pásme aspoň 70 cm, pri sumcovi aspoň 90 cm. Toto možno dosiahnuť aj vytvorením preliačeného dna v každom bazéne (obr. v 2.2.1).

Pre porovnanie: česká norma uvádza všeobecne hĺbku každého bazéna tiež min. 50 cm, optimálne 80 cm. Nemecká DWA odporúča menej (43 cm pri hlavátke a 88 cm pri sumcovi), ICPDR viac (pre hlavátku 100 – 110 cm, pre sumca 120 cm), ale uvádza aj 2,5-násobok výšky najväčšej ryby. Orientačné rozmery vybraných druhov rýb sú v tabuľke na konci kapitoly 3.2.

- **Šírka vodného prostredia v rybovode** by mala byť prinajmenšom od 2,5 do 5 m na riekach v mrenovom a pleskáčovom pásme (pri širokých riekach, napr. nad 100 m, sa odporúča šírka rybovodu 5 – 10 % šírky koryta rieky), minimálne 1,7 – 3 m v lipňovom pásme a minimálne 1,4 m v pstruhovom pásme. Zahraničné metodiky (DWA, ICPDR, BMLFUW) uvádzajú aj menšiu šírku

rybovodu: dvojnásobok dĺžky najväčšej ryby.

- **Dĺžka vodného bazéna (komory)**, teda minimálny rozstup priečných brzdiacich prepážok v rybovode, je od 1,5 m do 2 m v pstruhovom pásme, od 2 m do 3 m v lipňovom pásme, od 2,5 do 5 m v mrenovom pásme, od 3 do 5 m v pleskáčovom pásme. Dĺžka musí byť dostatočná na to, aby sa prepadajúca voda stihla „odpeniť“ a ukludniť už v hornej časti bazéna, aby „kľudnejšie“ druhy rýb nemali stresové prostredie v celom úseku rybovodu. Takže dôležité pri navrhovaní rozmerov bazénov je zachovať dostatočne veľký objem vodného prostredia v každom bazéne. Metodika DWA odporúča dĺžku bazéna ako trojnásobok dĺžky najväčšej ryby.
- **Prepážky** (všetky vrátane vtokovej a výtokovej) musia byť obtekané ako pri hladine, tak aj pri dne, takže prietokové široké štrbiny musia siahať súvisle od dna až po hladinu, aby umožnili migráciu aj rybám migrujúcim výhradne pri dne. Vhodné je dosiahnuť meandrovanie prúdnice rybovodu striedavým umiestnením výhonov alebo otvorov v spomaľovacích prepážkach k ľavému a pravému brehu. Zároveň treba, aby priečna prepážka zaberala viac ako polovicu šírky koryta – čiže v priečnom reze má byť priechodový otvor užší ako rozdelená prepážka. Toto všetko má za cieľ okrem utlmenia energie vody aj vytvorenie lokálnych tíšín v jednotlivých bazénoch. Ak vzniknú protiprúdy, nemá vzniknúť silný vír ani spenenie vody.
- **Prietokové otvory** – ich dostatočná šírka a hĺbka je dôležitá, lebo nesmú byť fyziologickým ani etologickým problémom pre ryby, ale zároveň musia zabezpečiť dostatočný objem vody vo všetkých bazénoch (komorách) aj počas mierneho kolísania hladiny v koryte rybovodu.
- **Šírka vody v priechodových otvoroch** medzi bazénmi – fyziologický problém šírky priechodu je jednoduchší, problematickejší je etologický problém – nedôverčivé správanie sa najmä skúsených starých jedincov rýb pri vplávaní do neprirodzene zúženého, tmavého či neprirodzene pôsobiaceho priestoru. Ak je priestor stresujúci pre ryby, nemusia do otvoru vôbec vplávať, aj keď sa doň zmestia. Preto je potrebné, aby prietokové otvory siahali neprerušene od dna až po hladinu a aby boli čo najširšie. Minimálna šírka prietokového otvoru v každej prepážke rybovodu musí byť v pstruhovom pásme aspoň 20 cm, v lipňovom a mrenovom aspoň 30 cm a v pleskáčovom nad 40 cm, ale pri výskyte veľkých rýb musí byť väčšia šírka štrbín; odporúča sa trojnásobok šírky ryby. Napr. pri výskyte mreny musí byť šírka priechodu 40 cm, pri hlavátke min. 50 cm, pri sumcovi min. 60 cm.
- **Hĺbka vody v priechodových otvoroch** medzi bazénmi nemôže byť pri stanovených prietokoch až taká veľká, ako v samotných bazénoch. Preto analogicky so zahraničnými metodikami odporúčame priechodové hĺbky 20 cm v pstruhovom, 30 cm v lipňovom, 45 cm v mrenovom a 50 cm v pleskáčovom pásme. Pri hlavátke treba hĺbku vody v každom priechodovom otvore min. 45 a pri sumcovi min. 70 cm.
- **Priepust vody** z jedného bazéna (komory) rybovodu do druhého musí byť čiastočne (na väčšinu výšky) zatopený hladinou z nižšej komory, aby ho všetky ryby mohli preplávať bez skákania. Odhad prevýšenia hladín susedných bazénov je v pstruhovom toku 18 – 22 cm, lipňovom 15 – 17 cm, mrenovom 10 – 13 cm a pleskáčovom 8 – 10 cm (v tab. 6 sú alternatívne odporúčania aj podľa DWA a ICPDR).

Správne nadimenzované rozmery prietokových otvorov zabezpečia aj maximálnu rýchlosť vody a požadovaný prietok v rybovode. Preto pri dimenzovaní otvorov treba vychádzať aj z hydraulických výpočtov. Šírku otvoru a prevýšenie hladín nad a pod ním treba vypočítať podľa ichtyologických požiadaviek na maximálnu prierezovú rýchlosť v otvore, na prietok rybovodu a na výšku vody v „štrbinovom“ otvore.

Vodopádik, prepadajúci z komory do komory ponad priečne prepážky, ktorý je nevyhnutné prekonávať skokom, je až na jednu výnimku neprípustný. Biologicky vhodný je len pri spriechodnení existujúcich bariér, a to v takom úseku pstruhového pásma, v ktorom žijú len pstruhy (prípadne

non-migranty hlaváče pásoplutvé). Dôležitejším parametrom než rýchlosť padajúcej vody je tu prevýšenie hladín susedných komôr max. 50 cm a najmä dostatočná hrúbka prepádového lúča min. 10 cm, čo odporúčame zvýrazniť vybudovaním prepážok s trojuholníkovou preliačenou prepádovou hranou v priečnom profile. Hĺbka vody pod prepádom musí byť aspoň 0,5 m, aby sa pstruhy mali kde „rozbehnúť“ na skok.

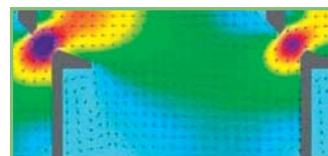
- **Rýchlosť vody** nesmie byť neprekonateľnou bariérou pre tu migrujúce druhy rýb. Aj pri prepážkových rybovodoch si treba uvedomiť, že ikrami obťažkané samice s čiastočne oslabnutým telom nie sú fyziologicky schopné prekonať také prekážky, ako ľahšie a silnejšie samce. Preto musíme bariérové a rýchlostné pomery v rybovode prispôbiť ikernačkám, ktorých prítomnosť a početnosť pri rozmnožovacom akte je rozhodujúca pre úspešný neres a nakladenie ikier. Pre dobré riešenie je preto dôležité jednak neprekročiť odporúčanú maximálnu rýchlosť v prietokovom otvore, no najmä zabezpečiť pre slabšie druhy alebo jedince rýb viaceré oddychové miesta pod aj nad každým zrýchleným miestom (priechodovým otvorom).

Na väčšine trasy bazénového (komorového) rybovodu má byť rýchlosť prúdu menšia než je dlhodobá (tzv. cestovná) rýchlosť rýb, vhodné sú rýchlosti pod 1 m.s^{-1} . Ešte dôležitejšie je, aby aspoň v okrajovej alebo rohovej časti každého bazéna (komory) slabšie ryby a mihule našli pokojné zóny s rýchlosťou pod $0,5 \text{ m.s}^{-1}$ (najlepšie až takmer stojatú vodu s rýchlosťou pod $0,2 \text{ m.s}^{-1}$).

Na rozdiel od bystrinných rybovodov (kde vyslovene pomalé miesta tvoria len malú časť koryta v okrajových plytčinách) je vďaka účinnejšiemu upokojeniu vody priečnymi prepážkami v bazénových „veľkokomorových“ rybovodoch s obtekanými prepážkami možné dovoliť na plynulých priechodoch medzi bazénmi (komorami) väčšie rýchlosti (rybami sú zvládnuteľné len na krátkych úsekoch), ale žiadať pokojnejší a väčší objem (= hĺbku x šírku x dĺžku) oddychového vodného priestoru v bazéne (komore) kvôli upokojeniu vody a oddychovejšiemu postupu rýb.

V biologicky prijateľnom bazénovom rybovode teda vzniká maximálna rýchlosť vody pri obtekaní brzdiacich prepážok (prepádávanie ponad prepážky je nevhodné), a je priamo závislá od prevýšenia hladín susedných sekcií (súhrnná tabuľka). Potrebné prevýšenie hladín nastane len pri určitej súhre rozmerových parametrov prepádového otvoru, ktoré sa dá stanoviť hydraulickým výpočtom (zohľadňujúcim okrem iného najmä požadovaný prietok Q_{rybovodu} , požadovanú maximálnu rýchlosť, hĺbku a šírku prietokového otvoru pri prepážke).

- **Maximálna prierezová rýchlosť vody v prietokových otvoroch** bazénového veľkokomorového rybovodu by nemala prekročiť vo výhradne pstruhovom úseku toku $2,2 \text{ m.s}^{-1}$, v lipňovom pásme $1,8 \text{ m.s}^{-1}$, v mrenovom pásme $1,5 \text{ m.s}^{-1}$, v pleskáčovom pásme $1,2 \text{ m.s}^{-1}$ (aj metodika DWA pripúšťa $1,3 - 2,2 \text{ m.s}^{-1}$). Ak sa neprekročia tieto maximálne rýchlosti v prietokových otvoroch, je pravdepodobné, že mimo nich vzniknú dostatočne nízke „oddychové“ rýchlosti (nižšie než sú cestovné rýchlosti rýb) v každom bazéne rybovodu, avšak len v prípade veľkorozmerných bazénov – čím väčší objem vody v bazéne, tým väčší priestor s upokojenou vodou.



Obrázok rýchlostného poľa v bazénovom rybovode (klasický štrbinový). Hlavný prúd tečie sprava doľava, svetlomodré sú tíšiny, bodové maximum rýchlosti vody je červené až fialové (Slavík a kol. 2012):

Spôsoby zníženia rýchlosti vody pri rôznych typoch prepážok

Najväčší účinok na vznik pokojnejších miest vo vode majú kamienno-betónové obojstranné bočné prepážky obtekané len zboku – cez širokú štrbinu siahajúcu od hladiny až po dno. Balvan umiestnený pod vtokom do každého bazéna pohlcuje energiu pretekajúceho prúdu.

Menší účinok na vznik rozsiahlejších pokojnejších miest vo vode majú mnohomedzernaté priečne línie balvanov, ktoré len trochu zavzdúvajú a pribrzdžujú prúd vody v rybovode, za každým balvanom vzniká len veľmi malý priestor rýchlostného tieňa. Ani pod štetinovými prepážkami nevznikajú zátišia s nulovou rýchlosťou vody, lebo voda preteká súvisle cez celú prepážku, avšak rýchlosť pretekajúcej vody je pod štetinovou prepážkou podľa údajov projektantov veľmi malá, teda pre oddych rýb postačujúca.

Z hľadiska rýchlosti vody a oddychových miest pod prepážkami problematické sú šikmo ponorené prepážky, vytvárajúce trojuholníkový prepád vody tvaru „širokého V“ (podľa Schmutz a Mielach (2013) prietokové otvory nemajú mať tvar V). Prahy sú prelievané zhora, preto tu takmer nie sú rýchlostné tieňe. Sú selektívne, úplne vhodné prakticky len pre pstruhy. Pokiaľ je prah v strede ponorený aspoň 20 cm pod hladinu rybovodu, môže byť priechodný aj pre ďalšie zdatné ryby – mreny, podustvy, jalce, nosále, menšie hlavátky, lipne a pod.

Zhora prelievané medzistienky – vodopády – nevytvárajú žiadne rýchlostné tieňe a sú prípustné len v núdzových prípadoch v úseku toku s jediným migrantom pstruhom.

- **Rýchlostné tieňe** – 0,5 m pod a nad každým prietokovým otvorom je vhodné do najrýchlejšej prúdnice umiestniť aspoň 1 – 2 veľké balvany (min. 0,5 m) ako najbližšie rýchlostné tieňe, spoza ktorých môžu aj slabšie jedince po oddychu veľmi rýchlo prekonať zvýšenú rýchlosť v prietokovom otvore. Balvany tiež pohltia energiu vody.
- **Oddychová komora** – v prípade väčších rybovodov treba na každé dva metre celkového prevýšenia rybovodu vytvoriť aspoň jednu väčšiu oddychovú komoru, t. j. bočnú zátoku s nulovou rýchlosťou vody veľkú aspoň ako jedna komora rybovodu alebo aspoň výrazne (dvojnásobne) predĺženú komoru. Má mať vodorovné dno, zvýšený počet úkrytových balvanov a majú nad ňu previsať vysadené kroviny kvôli upokojeniu rýb a ochrane pred vyrušovaním a predátormi.

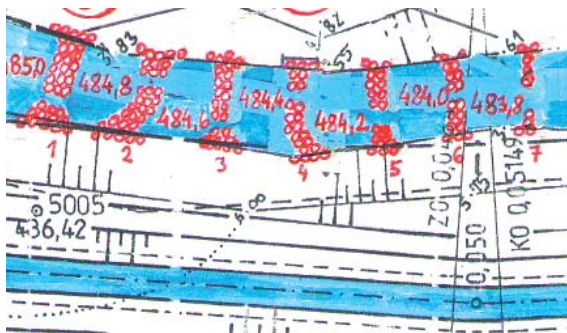
3.6.2. Nákrasy a obrázkové odporúčania a varovania pre prepážkové bazénové rybovody – na Slovensku zatiaľ len zriedkavo nájdeme príklady funkčných bazénových rybovodov

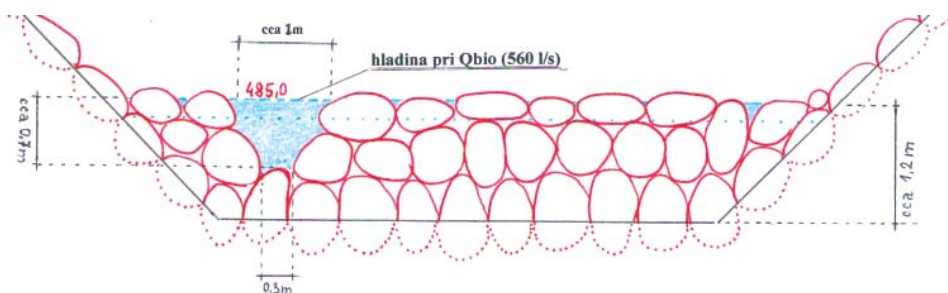
3.6.2.1. Celokorytové bazény

Lacnejšia alternatíva celokorytového bystrinného sklzu – vďaka prepážkam sa dá vytvoriť pomalšie a pokojnejšie vodné prostredie pre výstup rýb na kratšom úseku koryta. Dôležité je zabezpečiť ich stabilitu. Ako čisto sypané sú vhodné len na potoky, kde nie sú časté deštruktívne prietoky. Aj na pokojnejších potokoch je vhodnejšie spevniť kamenno-štrkové prehrádzky pevným jadrom, aby odolali povodňovým prietokom. Čisto betónové návrhy prepážok v celokorytových bazénoch odporúčame kvôli prirodzenejšiemu prostrediu rýb a krajinnému vzhľadu obsypať veľkými kameňmi. Sú vhodné na zavzdutie ochudobneného koryta derivačných MVE.

Nákres kamenno-štrkových celokorytových bazénov s betónovým základom prepážok

„Vodotesné“ prepážky (červeným), zvnútra vystužené kvôli stabilite aj kvôli nepriepustnosti, napr. betónom alebo ocelovými štetovnicami, plnia funkciu priechodu pre ryby, ktoré môžu plávať medzerami v prepážkach z jedného bazéna do druhého, ale aj funkciu zavodnenia celého koryta ochudobneného o väčšinu prietokov. Vytvárajú tak celoročne hlbší biotop, než bol pôvodný bystrinný. Hĺbka aj hladina vody stúpa od dolnej komory po 20 cm, až kým nezatopí migračnú bariéru.





Derivačný kanál k MVE, ktorým tečie väčšina prietoku potoka

Prírodne pôsobiace balvanité prehrádzky majú zavzdúvať vodu nad nimi až po vrch, hladina pod nimi (modrá bodkovaná čiara) zatápa väčšinu priechodového otvoru tak, aby ryby mohli cez otvor priamo preplávať proti lokálne zrýchlenému prúdu, ale nemuseli pritom skákať. Musí byť zdola zatopený prepád vody – bez vodopádikov. Priechodové otvory by sa mali približovať rozmermi limitom pre ryby podľa príslušného rybieho pásma, ale kvôli prirodzenému stabilnejšiemu zošíkmenému osadzovaniu veľkých balvanov v prípade nízkeho zostatkového prietoku MQ treba zmenšiť výšku priechodového otvoru (rez).

3.6.2.2. Bazénové rampy

Skrátená a lacnejšia alternatíva bystrinnej rampy – vďaka prepážkam sa dá vytvoriť pomalšie, pokojnejšie a priestrannejšie (hlbšie) vodné prostredie pre výstup rýb, a to na kratšom úseku koryta, pričom stačí na ich naplnenie aj malý prietok. Otvory v prepážkach sú veľmi zraniteľné v prípade zlého navrhnutia, realizácie alebo upchatia počas prevádzky, najmä pri úzkych rampách (vtedy je lepšie zvoliť bezprepážkovú – miernejšiu a dlhšiu rampu).

Čisto betónové bazénové rampy sú krajinnno-esteticky nevhodné, odporúčame ich upraviť na prírode podobný vzhľad (obložiť alebo obsypať kameňom, vymývaný betón). Čisto sypané prepážky sú hydraulicky nevypočítateľné a nestabilné.



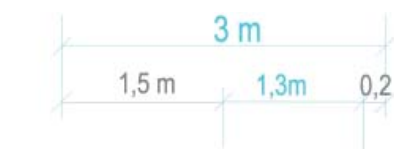
1. príklad (pozitívny) Optimalizácia pôvodne nepriechodnej betónovo-kamennej drobno-komôrkovej rampy v strede koryta pstruhovo-lipňového potoka Revúca vo Veľkej Fatre. Pôvodná kratšia a strmšia rampa s horným výrezom (pre vodopádikový prepád vody) mala pre ryby nepriechodné silno turbulentné a spenené vodné prostredie. Počas veľkých prietokov bola riava nepriechodná aj pre pstruhy. Pri nariadenej rekonštrukcii sa horné otvory v prepážkach presekali až po dno, nadstavali sa všetky prepážky aj brehy tak, aby sa zväčšila hĺbka a zmenšili prevýšenia medzi hladinami, dobudovali sa spodné komory, vtok bol zhora ochránený proti prepadaniu vody za väčších prietokov betónovým horným hradením. Na obrázku vidno upokojenie vody počas väčšiny prietokov počas roka. Tok povyššie bariéry do roka natrvalo osídlili aj lipne. Foto: autor



2. príklad (varovný): Bazénová veľkokomorová betónovo-kamenná rampa na okraji koryta Váhu (MVE Okoličné) je príkladná rozmermi a ozelenením. Kvôli vodopádikovým prepadam medzi komorami je však prechodná len pre pstruhy (po dorobení štrbinových otvorov a oprave toku a vstupu by bola prechodná aj pre zdatné migranty). Veľmi nevhodné je umiestnenie na opačnom brehu oproti výtoku z MVE, odľakajúceho ryby. Nutnosť dôsledného spevnenia rybovodu betónom dokazuje spodok rybovodu „rozlámaný“ pri povodni (obrázok hore vpravo). Foto: autor



3. príklad: Vhodné riešenie predĺženia dostatočne priestrannej veľkokomorovej rampy v strede rieky – z rozšíreného piliera hate ponad výtok z MVE až na breh

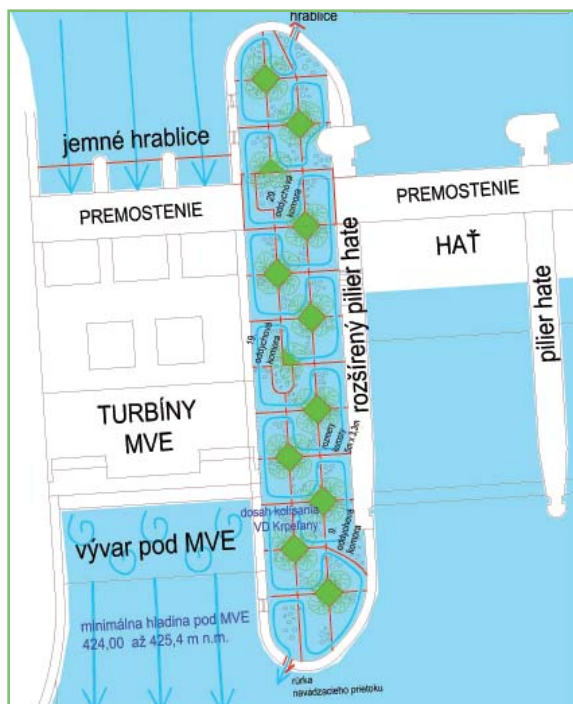


PARAMETRE RYBOVODU V PILIERI HATE:

Požadovaný prietok rybovodu : 1 m³/s
Doplnková šírka zavodneného koryta : 3 m
Pričný profil koryta pod hladinou : obdĺžnikový
Navrhovaná hĺbka vody : 60 až 72 cm
Rozostup brzdících prepážok : 3 m
Navrhovaná šírka a hĺbka vody v prepážke : cca 130 x 70 cm

Požadovaná maximálna rýchlosť v otvore prepážky : 1,5 m/s
Rýchlosť vody mimo hlavnej prúdnice : pod 1 m/s
V rýchlostných šíroch pod prepážkou a pri okrajoch : pod 0,5 m/s

Celkové prevýšenie koryta rybovodu : cca 4,5 m
Pokles hladiny medzi dvoma komorami : 12cm
Dĺžka rybovodu : cca 122 m
Podĺžny spád rybovodu : cca 1:27=3,7‰
Požadovaný povrch dna rybovodu : riečny kameň presypený štrkom
Odľahčovací komora žvlm : jedna v strede trasy



4. príklad: Vhodné riešenie „predĺženia“ bazénovej rampy s prevýšením až 7m v strede veľkej 100 m širokej rieky – v rozšírenom pilieri hate, pri výtok z vodnej elektrárne: Pilier hate je predĺžený a rozšírený na cca 11 m – do takéhoto „umelého ostrova“ sa dá umiestniť 13x3=39 veľkoobjemových komôr s rozmermi 5x3,3x0,7m! Priechody medzi komorami sú navrhnuté tak, aby sa silno meandrujúca prúdnic (modrá čiara) čo najviac predĺžila a spomalila. Oddychové komory sú zväčšené na úkor susedných. V každej komore sú v zátiší pod priechodom oddychové balvany (šedé krúžky). Každú komoru tienia kroviny z ozelenených ostrovčekov. Rampa v pilieri hate pri MVE je o niečo vhodnejšia ako pri brehu – vstup je blízko aj k rybám zo stredy koryta.

Príklady veľ'korozmerných bazénových rybovodov so širokými štrbinami zo zahraničia



Príklad prúdenia vo veľkokomorovom štrbinovom rybovode (pozri aj obrázok v 3.6.1.). Pod každou nepriepustnou pre-pážkou vznikajú dostatočne rozsiahle zóny s upokojenou vodou pre oddych rýb (Slavík a kol. 2012).



V prípade zväčšenia objemu bazénov a rozšírenia priechodových štrbín sa dá z pôvodne problematického typu klasického technického štrbinového rybovodu vytvoriť komfortná vodná cesta s úplne upokojeným až stojatým a veľmi priestraným vodným prostredím, vhodným pre akékoľvek ryby. Pre tak veľkú šírku vodného koridoru je vhodné vytvoriť priechodový otvor na oboch stranách každej pre-pážky. Rybovod VD Geesthacht na Labe v Nemecku (Slavík a kol. 2012).

3.6.2.3. Bazénové obtoky

Asi najpoužívanejší typ priechodu pre ryby. Vďaka prepážkam sa dá vytvoriť pomalšie, pokojnejšie a priestrannejšie (hlbšie) vodné prostredie pre výstup rýb, a to na kratšej trase, pričom na naplnenie výstupovej trasy stačí aj malý prietok. Otvory v prepážkach sú však veľmi zraniteľné v prípade zlého navrhnutia, realizácie alebo upchatia počas prevádzky, najmä pri úzkych obtokových korytách (vtedy je lepšie zvoliť bezprepážkový obtok, ktorý musí byť miernejší a dlhší).

Aj tu platí, že čisto betónové veľkokomorové obtoky sú nevhodné a treba ich obložiť kameňom, čisto sypané prepážky sú nevypočítateľné a nestabilné!

1. príklad: Dobre urobené koryto bazénového (veľkokomorového) kamenno-štrkového obtoku s betónovými prepážkami pri mrenovom úseku dol. Hrona (derivačná MVE Turá)



Vhodné migračné prostredie vo veľkorozmernom koryte bazénového obtokového rybovodu s výrazne rozostúpenými prepážkami, pohltené náletovými brehovými porastmi. Foto: autor



Problém: celokorytové bazény, ktoré zavodňujú ochudobnené koryto rieky pri derivačnej MVE, sú tvorené selektívne priechodnými kamenno-betónovými prepážkami. Foto: autor



Pri brehu nasypaná kamenno-štrková bystrinná rampa je kvôli vodopádiku len selektívne priechodná. Foto: autor

2. príklad (pozitívny aj negatívny): Bazénový kamenno-štrkový obtok s kamenno-betónovými prepážkami pri lipňovo-pstruhovom úseku horného Váhu (MVE Trnovec)



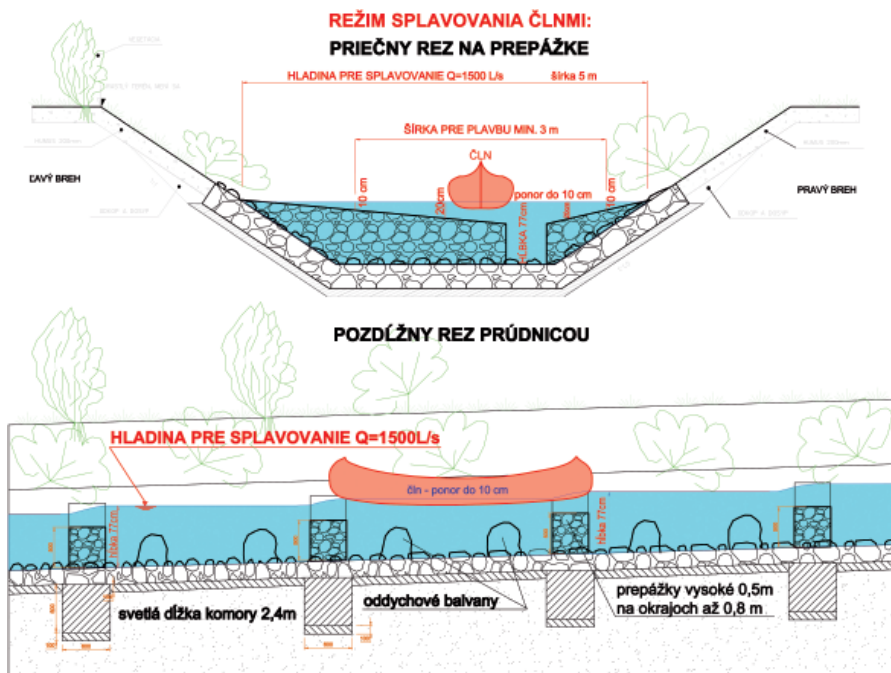
Plocha hladiny viac ako 3 x 3 m, hĺbka okolo 0,5 m, prevýšenie hladín cca 15 cm a striedanie otvorov zabezpečovali v každom bazéne pokojné vodné prostredie po stranách hlavnej prúdnice, ktorá sa pribzdí aj narazením do spodnejšej prepážky. Miskovité, riečnym kameňom vykladané dno a prirodzene porastené brehy vytvorili rybám prirodzené prostredie. Foto: autor



Chyby. Vľavo: Kvôli chybnému zaústeniu obtoku do neďalekého potoka doň vážske ryby netrafili – zhromažďovali sa pod výtokom z MVE. Náprava: Preto bol dolný koniec rybovodu výrazne predĺžený popri potoku až k jeho ústi, potom do protismeru a zaústený cez betónový múr do odpozorovaného miesta koncentrácie migrujúcich rýb tesne pod výtokom z MVE (foto počas odstávky diela). Vpravo: Rozlámané prepážky murované z kameňa – následok vpustenia veľkého prietoku do rybovodu (v inundačnom území chýbalo zvýšenie hrádze na brehoch rybovodu, aj horné hradenie nad vtokovým otvorom), chýbalo kompaktné betónové jadro medzi kameňmi v prepážkach aj hlbšie základy. Rybovod sa stal opäť nefunkčným. Foto: autor

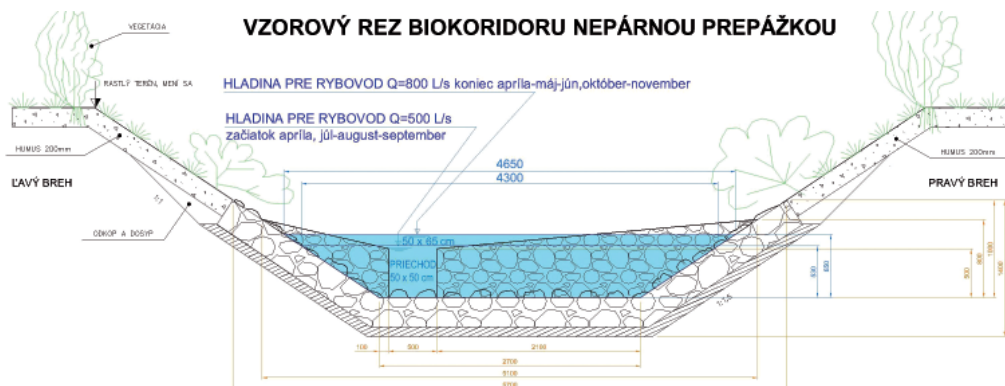
3. príklad: vhodné riešenie splavného bazénového kamenno-štrkového obtoku s betónovým podkladom v lipňovo-pstruhovom úseku horného Váhu.

Problém splavovania člnmi je technicky riešiteľný zošikmenou nadstavbou klasických prepážok a samoobslužným spúšťaním zvýšeného prietoku (až $1,5 \text{ m.s}^{-1}$) pre splavenie sa rekreačných člnov ponad prepážky rybovodu.



Na pozdĺžnom reze vidieť, že vždy pol metra pod aj nad každou prietokovou štrbinou so zrýchleným vodným prúdom nájde ryba rýchlostný tieň za oddychovým balvanom.

V priečnom reze je pre bezproblémovú migráciu veľkých rýb (napr. hlavátok) dôležitá dostatočná hĺbka a šírka priechodu cez prepážku rybovodu (tu je šírka 50 cm a hĺbka vyše 0,5 m). Šírka výstupovej vodnej cesty je 4,5 m pri hladine a 2,6 m pri dne, hĺbka počas neresu 65 cm nad a 60 cm pod každou prepážkou (mimo neresu o 12 cm menej), úkrytové balvany v koryte a kroviny tesne nad hladinou – priestranne a pokojné prostredie pre ryby a mihule.



3.6.2.4. Vodopádové bazénové rybovody len pre pstruhy

Vodopádový pstruhový rybovod je úplne biologicky vhodný len pri spriechodnení existujúcich bariér, a to v takom úseku pstruhového pásma, kde žije len pstruh (nanajvýš aj non-migrant hlaváč, ale ichthyológ ani ŠOP SR nepožaduje spriechodnenie pre hlaváča). Inak sú vodopádové priechody úplne nevhodné.

Príklad dobrého riešenia na historickej bariére – vodopádový hlbokovodný betónový obtok na okraji pstruhového pásma – požiadavka ŠOP SR na migráciu len pstruhov (Harmanecký p.)



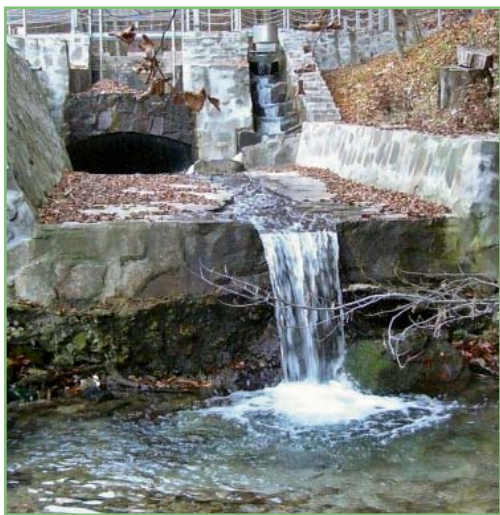
Stabilne veľký vtok vody do rybovodu automaticky reguluje veľký oválny plavák. Vpredu plávajúce hradenie proti vniknutiu plavenín. Foto: autor



Podmienkou priechodnosti pre pstruhy je prevýšenie hladín, neprekračujúce 0,5 m (tu 0,45 m), a koncentrovaný hrubý vodný lúč (tu 15 cm), vznikajúci vďaka výraznému preliačeniu v strede prepážky. Foto: autor



Vodopádový pstruhový rybovod dokáže prekonať veľký výškový rozdiel 4 m na trase len 13 m. Hĺbka vody v každej komore je až 75 – 80 cm nad prepážkou. Šírka komory je 80 cm, dĺžka 130 cm, takže väčšina vodného bazénu je bez turbulencií a spenenia. Dolná komora (vstup pre ryby) je na úrovni dna potoka, ktoré malo ostať prirodzené. Foto: autor



Príklad znefunkčnenia dobrého riešenia. Neplánované a absurdne urobené vydláždenie potoka pod rybovodom s extrémne plytkým nepriechodným jarkom v strede, vytvorilo aj kvôli zmenenému spádu nepriechodný vodopád väčší ako 1 m, ktorý celý priechod znovu znefunkčnil. Takéto realizácie nesmú byť skolaudované. Foto: autor

3.7. VNÚTRO KORYTA KOMBINOVANÝCH PREPÁŽKOVO-BYSTRINNÝCH RYBOVODOV

Sú to všetko korytá s bystrinným prúdením vody, teda neprevláda v nich stojatá, ale výrazne tečúca voda, spravidla plytká, ktorá je len lokálne mierne spomaľovaná a mierne zavzdúvaná (mierne hlbšia a pokojnejšia) pomocou silno priepustných prepážok – medzernatých, štetinových alebo neúplných (malých, bočných, zošíkmených, dnových).

3.7.1. Balvanitý rybovod s medzernatými prepážkami

Tento typ spĺňa požiadavky pre najslabšie druhy rýb, ale v porovnaní s jedno-medzerovými prepážkami je nutné navrhnuť nižšie rýchlosti (Schmutz a Mielach 2013). Ťažko v ňom ale dosiahneme hĺbky vody pre veľké ryby (50 – 90 cm).

1. príklad: balvanitý sypaný kamennó-štrkový obtok s medzernatými balvanitými prepážkami (Bulhary na Dyji, ČR) – podľa monitoringu funkčný (foto: S. Lusk)



Ichtyologickým monitorovaním overený funkčný priechod pre všetky typické migranty rieky Dyje. Plošne je priestranný, oproti bazénovému (prepážkovému) rybovodu je ale plytší, kvôli mnohým medzerám potrebuje na dostatočnú hĺbku väčší prietok (nevýhody). Oproti bezprepážkovej bystrine je trochu hlbší, ale nie je tu preliacené koryto s centrálnou hlbčinou, preto v prípade priškrtienia vtoku tu hrozí vznik celoplošne plytkého prostredia, nevýhodného pre veľké ryby. Funguje ako prúdový aj neresový biotop pri nížinnej rieke. Foto: S. Lusk

Tabuľka minimálnych rozmerov prírodne pôsobiaceho balvanitého rybovodu s medzernatými prepážkami podľa nemeckej metodiky DWA-M509 (2010)***

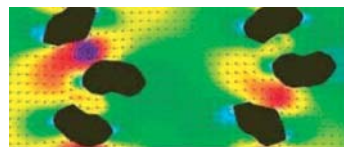
druh ryby	bazén (komora)			priechodová medzera	
	dĺžka	šírka	hĺbka	šírka*	hĺbka
pstruh	1,8	1,0	0,3	0,2-0,4	0,2
lipeň, jalec, plotica	2,0	1,4	0,4	0,4-0,6	0,3
mrena, hlavátka, zubáč, štika, losos	3,0	1,8	0,5	0,6	0,4
pleskáč, kapor**	3,0	1,8	0,6	0,6	0,5
jeseter veľký	9,0	5	1,5	1,1	1,0

* ak sú medzi balvanmi viaceré medzery, jedna z nich má dosiahnuť uvedenú vyššiu hodnotu

** napr. ale pre sumca požadujú v inej tabuľke rozmery 4,8-šírka neuvedená-0,88-0,67-0,7

*** odporúčame dosiahnuť priestorové limity zo súhrnnej tabuľky v kap. 6 tejto príručky

Rýchlostné pole v bystrinnom rybovode s mnohomedzernatými kamennými prepážkami. Hlavný prúd tečie sprava doľava, svetlo-modré sú tíšiny, bodové maximum rýchlosti vody je červené až fialové (Slavík a kol. 2012).



2. príklad: ukážka konštrukcie koryta sypaného kamenno-štrkového obtoku s medzernatými balvanitými prepážkami (MVE Beroun na Berounke, ČR)



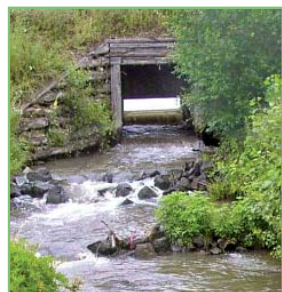
Hlavný priechod v kamennej prepážke – široká medzera, tvorená „zvaleným“ balvanom, je vytvorená striedavo na ľavej a pravej strane. Na okrajoch vidieť položenú nepriepustnú fóliu proti strate vody z koryta pod kamenným dnom. Nevýhoda: Ostatné štrbiny sú úzke pre migráciu väčších rýb, pričom prepúšťajú pomerne veľa vody, v dôsledku čoho tu nie sú pod prepážkami rozsiahlejšie oddychové plochy so stojatou vodou. Zároveň tým vzniká potreba väčšieho prietoku na dosiahnutie rovnako hlbkej vody, než pri výhodnejšej súvislej prepážke s jedinou širokou priechodovou medzerou. Foto: J. Kašpar

3. príklad: výstražný: plytký sypaný kamenno-štrkový obtok s priepustnými kamennými prepážkami pri mrenovom úseku dolného Hrona (MVE Kalnička)



Pre nížinné ryby neprimerane perejnatý a plytký strmý vstup do rybovodu. Vodné prostredie v pomerne plytkom a úzkom koryte sa v strednej časti zväčšuje a upokojuje, zďaleka však nie je priestorovo adekvátne plávaniu vo veľkej nížinnej rieke. Foto: autor

Príklad úplne nevyhovujúco riešeného vtoku do rybovodu, kde na záver výstupu by mali ryby z nížinnej rieky prekonať výškom cca 0,5-metrový vodopád prepádajúci ponad hornú hranu plnej „prepážky“ (hradený vtok do rybovodu), čo pre slabšie aj stredne zdatné ryby (ktorých je tu podstatné množstvo) znemožňuje prekonanie migračnej bariéry MVE. Každý takto riešený vtok by mal úrad zamietnuť už v projektovej fáze. Foto: autor



3.7.2. Priestranný štetinový rybovod so širokou štrbinou

3.7.2.1. Textové odporúčania

Vhodnosť – najnovší typ priechodu pre ryby je zatiaľ v experimentálnej fáze (Schmutz a Mielach 2013). V prípade doteraz aplikovaného stiesneného riešenia je vhodný najmä pre malé ryby a mihule. V prípade zväčšenia vodného prostredia, zväčšenia priechodových otvorov a dotvorenia prirodzeného kamenno-štrkového dna môže byť vhodný aj pre stredne veľké a veľké ryby.

Nevýhody – v pomerne stiesnenom štetinovom rybovode je riziko, že v mnohopočetných husto umiestnených štetinových prepážkach (obzvlášť pri šírke priechodových štrbín len 20 cm alebo v čisto betónovom koryte) nebudú mať veľké alebo ostrážité ryby snahu prechádzať cez úzke priechody. Rizikové je aj upchávanie splaveninami – je dôležité zachytiť ich pred vtokom do štetinového rybovodu. Vzhľadom k strate pružnosti a časovo obmedzenej trvanlivosti treba počítať s výmenou štetín po 5 až 10 rokoch.

Výhody oproti čisto bystrinným aj oproti prepážkovým typom rybovodov:

- skrátenie trasy, teda technicky aj finančne úspornejšie riešenie,
- mimoriadne účinné spomalenie vody po prechode sústavou hustých štetinových prepážok, zvyšujúcich drsnosť (čo bolo zistené meraniami rýchlosti na postavených pilotných štetinových rybovodoch),
- nízka turbulencia vody,
- podobne ako pri prepážkových rybovodoch stačí na naplnenie koryta aj pomerne malý prítok (na rozdiel od bezprepážkových rybovodov),
- v prípade vytvorenia napriamenej alebo mierne meandrujúcej trasy je bezproblémovo splavný aj pre člny (tak ako aj bezprepážkové rybovody).

Možnosti optimalizácie priechodnosti – etologickú (pocitovú, „skúsenostnú“) nedôveru by mohli odstrániť zväčšenie pozdĺžnych rozstupov medzi liniami štetinových prepážok, zväčšenie šírky aj hĺbky každej sekcie vodného koridoru (1 m rozstupy prepážok, tradičná šírka len do 2 m a hĺbka 40 cm vytvárajú stiesnené vodné prostredie, v ktorom prevažuje hlavná prúdica). Pre etologickú úspešnosť migrácie je dôležitá požiadavka na vytvorenie kamenno-štrkového dna a brehov, a najmä štetiny výšky 50 cm a rozšírenie každého priechodového otvoru z 20 cm na 30 až 60 cm podľa rybieho pásma a výskytu najväčších rýb – teda dosiahnuť rozmerové parametre bazénového (veľkokomorového) rybovodu. Len v takomto prípade sa potom dá uvažovať aj o zvýšených rýchlostných limitoch prípustných pre prepážkové rybovody. Nevýhodou pri projektovaní takto optimalizovaných variantov štetinových prepážok je ťažká vypočítateľnosť rýchlostí vody (buď analogický hrubý odhad podľa postavených a zmeraných rybovodov, alebo postavenie fyzikálneho modelu).

Ďalšie charakteristiky štetinového rybovodu

Prúdenie – bystrinné prúdenie v koryte rybovodu je brzdené priečnymi prepážkami zo štetín. Na rozdiel od nepriepustných betónovo-kamenných alebo drevených prepážok sa väčšina vody od prepážky neodrazí, ale preteká cez 20 cm široký pás tvorený veľkým množstvom zvislých elastických stebiel (štetín), opakovaným narážaním do množstva stebiel stráca energiu, a teda aj rýchlosť. Štetiny sú pevne ukotvené v základovej betónovej platni. Niekedy sú pod sebou radené aj viaceré štetinové pásy. Dôležité je, aby štetinové elementy boli zatopené, pretože pri ich nezatopení voda v koryte prúdi iba pomedzi elementy a dosahuje priveľké rýchlosti.

Priechodnosť pre ryby – samotné štetinové prepážky sú podobne ako pevné prepážky neprie-

chodné pre akékoľvek ryby. Preto musí byť každý pás štetín prerušený priechodovým otvorom. Otvory v nasledujúcich prepážkach by mali byť posunuté tak, aby bolo zabezpečené meandrovanie hlavnej prúdnice (kvôli efektu spomaľovania vody).

Rýchlosti vody – rýchlosť prúdenia závisí od rozdielu výšky hladiny medzi nasledujúcimi radmi štetín (od pozdĺžneho spádu). V doteraz prezentovaných rybovodoch dosahovala maximálna rýchlosť vody v priechodovom otvore každej štetinovej prepážky okolo $1,3 - 1,5 \text{ m.s}^{-1}$, čo je rýchlosť postačujúca pre pstruhové a lipňové pásmo, pri optimalizácii – vytvorení zväčšených oddychových zón pre ryby a mihule v každej komore by platili limity veľkokomorového rybovodu a rýchlosť by bola postačujúca aj pre mrenové pásmo. V kľudových úsekoch pod štetinami by údajne mali vznikať rýchlosti len do $0,25 - 0,3 \text{ m.s}^{-1}$ (pri prepážkových priechodoch tu vznikajú odpočinkové miesta s takmer stojatou vodou).

Hĺbka vody – je závislá od výšky vyrábaných štetín, čo je 40 cm (aj 50 cm podľa Schmutz a Mielach 2013). Je to dosť pre všetky toky, na ktorých nie je ichtyológom požadovaná potreba priechodnosti pre veľké ryby, napr. hlavátky, sumce. Pri výskyte týchto druhov najnáročnejších na hĺbku sa dá dosiahnuť požadovaná hĺbka, napr. 70 cm tak, že sa betónový základ každej štetinovej prepážky zvýši o 20 cm nad úroveň dna (a prisype štrkom), ďalších 50 cm už vytvoria štetiny. Ďalší spôsob je vytvoriť v každom bazéne prehĺbeninu.



Materiál dna a brehov – v každom variante štetinového rybovodu treba preferovať vytvorenie kamennno-štrkového dna a kamenných brehov, čo je etologicky oveľa prijateľnejšie prostredie pre ryby a mihule než betónový žľab.

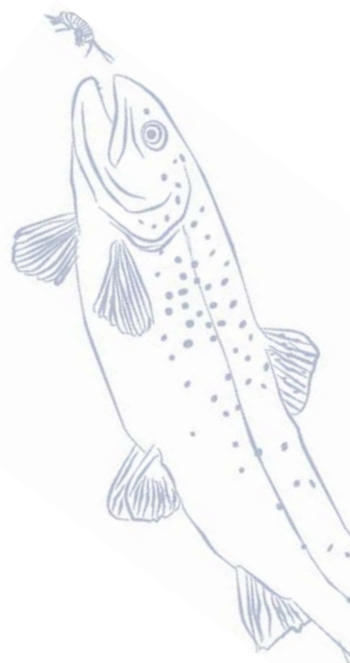
3.7.2.2. Obrázkové odporúčania pre štetinové rybovody



Takto husté umiestnenie štetinových prepážok mimoriadne účinne spomaľuje vodu, necháva však málo priestoru väčším migrujúcim rybám, pre ktoré ide o nevhodné riešenie. Splavovanie napriamenej štetinovej rybej rampy vodnými turistami je bezproblémové. Foto: P. Dušička, P. Glaus



Mimoriadne účinné spomaľovanie bystrinného toku štetinami umožňuje prekonanie veľkých prevýšení na malom priestore (vľavo nedostavaná Ružbašská Míľava na Poprade, vpravo Liebenau). Foto: P. Dušička, P. Glaus



VE Au-Schönenberg na rieke Thur s realizovaným štetinovým rybovodom. Poučné je „poschodové“ technické vyriešenie rybovodu – jeho dvojnásobné protismerné zalomenie kvôli tomu, aby výtok z neho (vstup pre ryby) nebol mnoho desiatok metrov ďaleko od bariéry, ale len niekoľko metrov pod migračnou bariérou v hlavnom navádzacom prietoku pod výtokom z turbín. Výhodnejšie umiestnenie vstupu pre ryby a miernejší spád rybovodu sú pre ryby dôležitejšie ako neprirodzené pôsobiace zvislé betónové brehy a technicky zložité riešenie, aj ako čiastočné lokálne prekrytie časti trasy (úsek s úplnou tmou by však bol nevhodný pre denné migrácie rýb). Foto: P. Dušička, P. Glaus

3.7.3. Rybovod s priechodovými otvormi tvaru V – nevhodný typ

MVE Hronská Dúbrava v mrenovom pásme Hrona

Úplne vhodné len pre pstruhy (aj pre splavovanie vodného koridoru člnmi). Pre ostatné druhy rýb neodporúčame. Je to na väčšine našich tokov nevhodný typ. Všetky prepážky tvoria vodopádové skoky – v strede je sice výška bariéry prepážky (aj vodopádu) najmenšia, avšak ryby tu čaká najrýchlejší protiprúd, nevhodný pre slabšie druhy.

Pre zlepšenie priechodnosti by pomohlo výraznejšie preliačenie stredu a také zvýšenie prepážok, aby stredový trojuholník každej prepážky bol zatopený aspoň 30 centimetrami spätne zavzdutej vody.

To by v strede odstránilo vodopádové priepady a uľahčilo preplávanie všetkým typickým migrantom. Rozmery bazénov sú príkladne veľké, čo vytvára priestor pre väčší počet oddychujúcich rýb.



Detail konštrukcie pred dokončením. Zhora hradený vtokový otvor, ktorý mal odstrániť nežiaduce zväčšenie prietoku, je nevhodný, pokiaľ nie je na plynulom dne, pri prevádzke nie je celý zatopený vodou z následnej sekcie rybovodu a tiež pokiaľ jeho výška je menšia ako 45 cm (mrenové pásmo s hlavátkou). Prirodzenosti migračného prostredia pre ryby by tiež pomohlo súvislé (nie symbolické) vyloženie riečnymi kameňmi presypanými štrkom. Foto: autor



Detaily problémov. Výstupová cesta popri pokojnejších plytkých okrajoch je prerušovaná bariérami dvíhajúcich sa okrajov prepážok. Tu je prevýšenie vodopádu najväčšie, z plytčiny ryby ani nevyskočia, musia sa presunúť k vodnatejšiemu stredovému priepadu vody, kde sa snažia vyplávať hore dostatočne hrubým, ale neprijateľne rýchlym vodopádovým priepadom, pričom na vyššie umiestnených skokoch sú mnohé už unavené a strhávané naspäť. Silnejšie jedince lipňov alebo hlavátok ich prekonávajú skokom. Na rozdiel od iných bazénových rybovodov tu ryby nemajú veľké oddychové tíšiny priamo pod prepážkami (tu je naopak turbulentná a spenená voda), ale len nad nimi a pri brehu. Foto: autor

Optimálne umiestnenie vstupu do rybovodu má byť tesne pod výtokom z turbín. Toto umiestnenie na opačnom brehu je nevhodné najmä na širších tokoch, nad cca 40 m. Pre prilákanie rýb blúdiacich pod bariérou hate ku vstupu do rybovodu tu mal slúžiť doplňujúci akusticko-vizuálny signál vodopádu vody, privádzanej potrubím. Koncentrovaný prúd vodopádu by však mal dopadať do prúdu z rybovodu, aby ho ryby prilákané vodopádikom zacítili na svojom tele. Foto: autor



3.8. SEZÓNNA OPTIMALIZÁCIA PRIETOKU A ZAISTENIE POŽADOVANÉHO MNOŽSTVA VODY V KORYTE RYBOVODU

(Riešenie horného konca – vtoku do rybovodu)

3.8.1. Sezónna optimalizácia prietoku

Prevádzka biokoridoru by mala byť stanovená optimálne podľa sezónnej intenzity a dôležitosti migrácie rýb a miestnych prietokových a zámrzových pomerov. Aj podľa rakúskych a nemeckých metodík (BMLFUW 2012, DWA 2010) je fungovanie 300 dní ročne dostatočné (najlepšie medzi Q_{30} a Q_{330}).

Bežný prietok rybovodu – mal by byť stanovený podľa veľkosti rieky alebo potoka, na ktorom je migračná bariéra a podľa viac či menej problémového riešenia prilákania rýb do vstupu rybovodu, teda podľa pravidiel z časti 3.3. Navedenie rýb do rybovodu (limit umiestnenia vstupu a navádzacích prietokov).

Zvýšený neresový prietok rybovodu – počas roka je pre všetky migranty najdôležitejšia ich rozmnožovacia migrácia – neresový ťah v jarom štvrťroku (apríl – máj – jún). Len v tokoch, kde má významné zastúpenie pstruh potočný, je rovnako dôležitá jeho jesenná neresová migrácia v októbri (prípadne aj v novembri), v úsekoch tokov s výskytom mieňa aj jeho novembrová a decembrová migrácia. Pre tieto najdôležitejšie obdobia by mal ichthyológ optimalizovať, zvýšiť prietok, vytekajúci z rybovodu (tiež podľa pravidiel z časti 3.3. Navedenie rýb do priechodu).

Zimný (zámrzový) režim rybovodu – naopak v zimnom období je najmenšia potreba zabezpečiť migráciu rýb medzi ichthyocenózou nad a ichthyocenózou pod bariérou, pričom vtedy hrozia objektívne najväčšie problémy so zamrzaním rybovodu. Najmä na pravidelne zamrzajúcich tokoch majú odborné organizácie a orgány zväžiť malú potrebu zabezpečenia migrácie v zimných mesiacoch a pripustiť zimné odstavenie aspoň počas trvalejšieho (viacdenného) zamrznutia hladiny toku, pod podmienkou nahlásiť odstavenie územne príslušnej organizácii ŠOP SR.

Prevádzkový (manipulačný) poriadok biologických prietokov na väčšine tokov Slovenska (okrem tokov s významným výskytom pstruhov) by mohol vyzeráť nasledovne:

Bežný prietok rybovodu: január, február, marec, júl, august, september, október, november, december

Zvýšený neresový prietok rybovodu: apríl, máj, jún

Zámrzový režim rybovodu: počas trvalejšieho zamrznutia hladiny toku

3.8.2. Zaistenie požadovaného množstva vody v koryte rybovodu

- Dostatočné množstvo vody v koryte rybovodu závisí predovšetkým od správne vypočítaného a zrealizovaného vtokového otvoru, ktorým má vtekať do rybovodu približne rovnaké množstvo vody aj počas veľkých vôd, aj počas poklesov hladiny nad rybovodom.
- Ak hrozí, že počas veľkých vôd v priebehu jarnej migrácie rýb vzniknú v umelom koryte rybovodu nepriechodné rýchlosti, turbulencie, spenenie aj deštrukcia, mal by byť rybovod trvalo chránený horným hradením vtokového otvoru.

- Vtokový otvor do rybovodu má mať kvôli trvalému prietoku hornú hranu 10 cm pod minimálnou prevádzkovou hladinou vody v zdrži.
- Predchádzajúce podmienky platia aj pre naplnenie požiadavky na sezónny navádzací prietok, ktorý musí mať osobitný vtokový otvor navádzacieho prietoku.
- Vtokový otvor musí začínať na plynulom dne rybovodu a musí splniť limity pre šírku a hĺbku vody v priechodovom otvore prepážky zo súhrnnej tabuľky v kapitole 6.
- Upchatie vtokových otvorov treba predísť inštaláciou predsunutého plávajúceho hradenia alebo nornej steny, alebo riedkych hrabľíc predstavovaných 0,3 – 0,5 m pred vtokový otvor tak, aby ani pri čiastočnom zanesení hrabľíc sa neupchal východ pre ryby a neznižoval sa prietok do rybovodu, to znamená, že aj pri upchatí hrabľíc konármi majú byť obtekané vodou z bokov aj zospodu (tadiaľ cez 0,3 – 0,5 m široký priestor budú mať možnosť preplávať aj ryby). Do prevádzkového poriadku treba uložiť povinnosť prevádzkovateľa kontrolovať a čistiť vtok do rybovodu.
- Na priehradách alebo zdržiach s veľkým rozkolísaním hornej hladiny (teda aj vtoku do rybovodu) môže byť riešením viacero pevných vtokových otvorov, osadených v rôznych miestach stúpajúceho rybovodu v rôznej výškovej úrovni a vpúšťajúcich na pokyn hladinovej automatiky vodu vždy do optimálneho úseku rybovodu.

Alternatívou môže byť jeden vtokový otvor s vtokovým mechanizmom podobným vtoku do rybovodu vodného diela (VD) Žilina – mal by byť sklápaťelný rampový kovový a na rozdiel od rybovodu Žilina aj komorový rybovod, ktorý by automaticky (plavákom) udržiaval vtokový otvor v rovnakej polohe voči kolísavej hladine nádrže. Pri vybratí tohto variantu by bolo treba doriešiť automatickú plavákovú reguláciu aj možnosť regulácie vtoku z veľina VD za pomoci kamier alebo inej signalizácie stavu vtokových otvorov. Oproti často nefunkčnému riešeniu vtokovej rampy rybovodu VD Žilina musí byť sklápaťelný rampový rybovod komorový (nie ako na prvom obrázku z VD Žilina), aby sa v ňom dosiahli požadované rýchlostné parametre vody. Tiež je potrebné „zriedenie“ a odsadenie hrubých hrabľíc aspoň na 50 cm pred vtokový otvor, pri väčších riekach a rybovodoch úplne pred prítokový kanál (teda do širokého vodného priestoru), aby sezónnu prekážku upchatých hrabľíc mohla vtekajúca voda obtekať a vystupujúce ryby oboplávať (nie ako na druhom obrázku z VD Žilina).



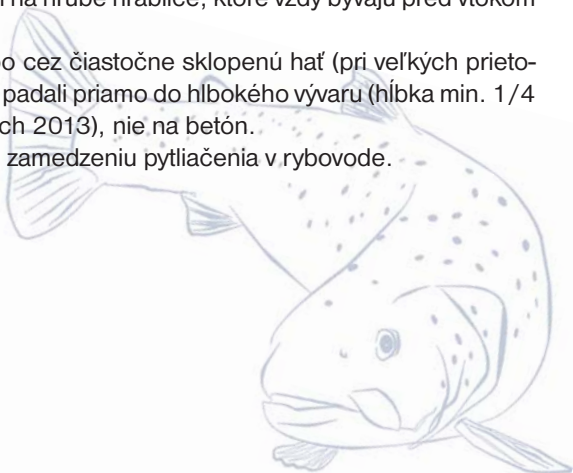
Vodné dielo (VD) Žilina – sklápaťelný rampový kovový rybovod. Foto: autor



Dva príklady hradenia dostatočne predsadeného pred vtokový otvor (Slavík a kol. 2012)

3.8.3. Bezpečné pokračovanie migrácie rýb z rybovodu do zdrže

- Vtokový otvor do rybovodu (miesto vyplávania rýb do zdrže nad migračnou bariérou) má ležať čo najďalej – desiatky metrov, min. 10 m – nad prepadom vody cez migračnú bariéru, aby ryby po vyplávaní do zdrže neboli strhávané späť cez hať dole. Rýchlosť vody v zdrži v mieste východu z rybovodu by nemala presahovať $0,4 \text{ m.s}^{-1}$.
- Pri tejto problematike treba znova pripomenúť pravidlo z časti 3.4. Výber umiestnenia a typu rybšieho priechodu. Pri rybovodoch na veľkých, teda stovky metrov širokých, niekoľko kilometrov dlhých a niekoľko metrov hlbokých nádržiach by malo byť v mieste výstupu rýb do nádrže relatívne citeľné prúdenie, aby ryby vedeli jednoznačný smer ďalšej migrácie. Ak toto nie je zabezpečené, ryby budú blúdiť v širokej nádrži a k neresu nedôjde. Vtedy treba rybovod predĺžiť popri brehu nádrže proti toku až do zúženej časti nádrže, kde už slabá prúdica pod vodou existuje alebo aspoň presmerovať rybovod do zatopenej nevýraznej prúdnice, ktorá pretrváva v bývalom koryte rieky nad priehradným múrom.
- Ochranu menej zdatných rýb pred strhávaním zo zdrže k turbínam (úhyn rýb) možno riešiť hustými hrablicami pred turbínami (odporúčaná svetlosť do $2 - 2,5 \text{ cm}$) a aj umiestnením elektrických plašičov v zdrži ešte v zóne s bezpečnou rýchlosťou vody, ktorá je ešte pre ryby úniková (pod 1 m.s^{-1}), napr. nainštalovaním na hrubé hrablice, ktoré vždy bývajú pred vtokom do MVE.
- Ochranu rýb pri prepadávaní cez hať alebo cez čiastočne sklopenú hať (pri veľkých prietokoch) by bolo ideálne vyriešiť tak, aby ryby padali priamo do hlbokého vývaru (hlbka min. $1/4$ výšky prepadu cez hať – Schmutz a Mielach 2013), nie na betón.
- Obtokové rybovody je vhodné oplotiť kvôli zamedzeniu pytláckeho vstupu do rybovodu.



3.9. GARANCIA SPRÁVNEHO VYBUDOVANIA RYBOVODU A JEHO MONITOROVANIE

Väčšina doterajších nefunkčných rybovodov zlyhala nielen na biologicky chybnom projekte, ale aj na neskoršej nedostatočnej alebo chybnej realizácii pri výstavbe alebo pri prevádzke rybovodu.

Pre zaistenie správnej realizácie a prevádzky rybovodu je nevyhnutné v zmysle §39 zákona o posudzovaní vplyvov na životné prostredie:

- biologické monitorovanie pred výstavbou – odborné zapracovanie biologických podmienok, ktoré určí ichtyológ alebo iná odborne spôsobilá osoba, do všetkých realizačných stavebných projektov rybovodu (podľa kap. 3.9.1.),
- biologický (environmentálny) dozor a monitoring výstavby (podľa kap. 3.9.1.),
- bioekologické monitorovanie a vyhodnocovanie priechodnosti migračnej bariéry počas začiatku prevádzky (podľa kap. 3.9.2.).

3.9.1. Bioekologický dozor projekčnej prípravy a výstavby rybovodu

Cieľ: bioekologický dozor výstavby rybieho priechodu by mal zabezpečiť, aby pri projekčnej príprave (počas ktorej vždy dochádza k zmenám riešenia) a najmä počas samotnej výstavby rybovodu nedošlo k takým „technickým zlepšeniam“ stavby, ktoré by znížili alebo zlikvidovali jeho biologickú funkčnosť vzhľadom na potreby rýb.

Vykonávateľ: ak na dohľad nad zapracovaním bioekologických požiadaviek do všetkých realizačných stavebných projektov nestačí príslušný orgán ochrany prírody, mal by tým poveriť príslušnú štátnu odbornú organizáciu alebo určiť pripravovateľovi diela inú odborne spôsobilú osobu, ktorá to vykoná na základe zmluvného vzťahu. Za bioekologický stavebný dozor by mal byť prednostne určený hlavný zadávateľ bioekologického riešenia rybovodu – ichtyológ alebo iná kompetentná odborne spôsobilá osoba pre ochranu prírody (bol by to zároveň autorský dozor).

Úlohy bioekologického stavebného dozoru

- Pri všetkých stupňoch projekčnej prípravy prehodnotiť zmeny riešenia rybovodu alebo s ním súvisiacich prvkov a zabezpečiť, aby nedošlo k spomínaným biologicky znehodnocujúcim zmenám. V prípade potreby navrhnúť zmierňujúce opatrenia.
- Počas výstavby rybovodu by mal na stavbe samostatne dohliadať na úplné splnenie úradmi stanovených environmentálnych požiadaviek. Mal by už v začiatku korigovať stavbármi nesprávne pochopené postupy. Osobne by mal skontrolovať začiatok výstavby podstatných prvkov rybovodu, napr. po ukážkovom dobudovaní prvého krátkeho úseku rybovodu s dvoma-troma prepážkami alebo brzdiacimi líniami balvanov, tiež na začiatku výstavby podstatných prvkov vtoku, výtoku, a tiež záverečných bioekologických úprav priechodu – presypania koryta štrkom, ozelenenia brehov a pod. Pri terénnych kontrolách a na kontrolných dňoch stavby by mal navrhovať riešenie nepredvídateľných situácií výstavby a požadovať odstraňovanie nedostatkov znižujúcich účinnosť priechodu pre migráciu rýb. Prostredníctvom písomných nariadení, posielaných zhotoviteľovi cez hlavného stavebného dozora, by mal upozorňovať na odchýlky od schváleného environmentálneho riešenia alebo na porušenia zákonov o ochrane prírody a o posudzovaní vplyvov na životné prostredie. Mal by vypracovávať čiastkové vyjadrenia ku kontrolám a hodnotiace správy, odovzdávané hlavnému stavebnému dozoru aj príslušnému orgánu ochrany prírody.
- Pri dokončení stavby rybovodu by mal vykonať jednorazovú kontrolu dodržania navrhnutých parametrov koryta a vodného prostredia, čiže aj okamžité odskúšanie prípadne nastavenie jeho hydrologických a substrátových pomerov, najmä schopnosť vytvorenia priestraného a pokojného vodného prostredia pre migráciu vrátane schopnosti naplnenia rybovodu

na požadovanú hĺbku pri požadovanom prietoku (musí vykonať v spolupráci s hydrotechnikom). V prípade zistenia funkčných nedostatkov by navrhol nápravné opatrenia, ktoré by mal dodávateľ stavby odstrániť do termínu „bio-ekologickej predkolaudácie“.

Napr. ak by došlo k nepostačujúcemu naplňaniu jednotlivých komôr rybovodu, bude treba v spolupráci s hydrotechnikom – vodohospodárskym projektantom a dodávateľom doriešiť zväčšenie hlavného vtokového otvoru, odstránenie jeho upchávania alebo zmenšenie problémových prietokových otvorov v prepážkach pomocou zdvihnutia dna v otvore a pod. Ak by došlo k prepĺňaniu jednotlivých sekcií, bude treba vykonať zmenšenie vtokového otvoru alebo zväčšenie – rozšírenie problémového prietokového otvoru v prepážke a pod. Ak by vznikali neprijateľné rýchlosti alebo turbulencie, riešiť alternatívne možnosti upokojujú vody, alebo aspoň posilnenie (zväčšenie, zahustenie) rýchlostných tieňov v silnom prúde.

- Pred kolaudáciou by mal zabezpečiť ekologický kontrolný deň („bioekologickú predkolaudáciu“) rybovodu s účasťou zástupcu orgánu štátnej ochrany prírody, ŠOP SR a SRZ, zhotoviteľa a investora, kde by vykonal odpočet splnenia úradmi stanovených environmentálnych požiadaviek. Pre zapísané chýbajúce alebo chybné zrealizované prvky rybovodu by navrhol ich správne dokončenie. To by bolo podkladom k úspešnej kolaudácii stavby zo strany orgánu ochrany prírody. Požiadavku na „bioekologickú predkolaudáciu“ rybovodu treba zakotviť už do stavebného povolenia. Tým by sa predišlo v minulosti bežným problémom s nedokončením podmieňujúcich ochranných opatrení.

Podmienka, aby to v praxi reálne fungovalo

- Požiadavky na výkon bioekologického (environmentálneho) dozoru výstavby rybovodu by mali byť zahrnuté do podmienok stavebného povolenia.
- V prípade, že bioekologický dozor nebude vykonávať príslušný orgán ani odborná organizácia, mal by byť riešený na základe zmluvného vzťahu pripravovateľa stavby s hlavným zadávateľom bioekologického riešenia rybovodu. Orgán ochrany prírody by zadanie bioekologického dozoru mal dať na vedomie príslušnej organizácii ŠOP SR.

3.9.2. Monitoring priechodnosti sprevádzkovaného rybovodu, spojený s odstraňovaním zistených nedostatkov

Podľa Slavíka a kol. (2012, kap. 12.4) vo viacerých „západných“ krajinách v súčasnosti používajú na overovanie účinnosti rybovodu už len bioskenery alebo telemetriu, čo sú často drahé metódy. Podľa ICPDR (Schmutz a Mielach 2013) je vhodné aplikovať kvalitatívne vyhodnotenie rýb zachytených v pasci po prejení rybovodu a kombinovať ho s kvantitatívnym vyhodnotením (napr. videomonitoring).

Cieľ: Mal by doladiť čo najväčšiu bioekologickú účinnosť prevádzky pre ryby.

Doba a realizátor monitoringu prevádzky: Podľa ICPDR (Schmutz a Mielach 2013) je najvhodnejšie skúmanie funkčnosti rybovodu počas roka alebo aj viac. My odporúčame počas prvých 2 rokov prevádzky, aby sa odstránilo čo najviac systémových zlyhaní bioekologického fungovania.

Aby nakoniec monitoring prevádzky neminul pôvodný cieľ, mali by ho vykonať hlavní zadávatelia bioekologického riešenia rybovodu, resp. autori ekologických opatrení pre rybovod (ichtyológ, poverená odborne spôsobilá osoba pre ochranu prírody) v súčinnosti s investorom, resp. hydrotechnikom – projektantom vodohospodárskeho riešenia rybovodu.

V opodstatnených prípadoch, to znamená pri dosiahnutí očakávaných dobrých výsledkov prie-

chodnosti počas celého jedného roka monitoringu, možno zvážiť predčasné úradné ukončenie monitoringu (na podnet investora a po odsúhlasení ichtyológom alebo poverenou odborne spôsobilou osobou).

Podmienka, aby to v praxi reálne fungovalo

- Monitoring prevádzky rybovodu by mal byť požadovaný v stavebnom povolení, resp. v kolaudačnom rozhodnutí, mal by začať pri začatí skúšobnej prevádzky.
- V prípade, že bioekologické monitorovanie nebude vykonávať príslušná odborná organizácia ochrany prírody, malo by sa riešiť na základe zmluvného vzťahu pripravovateľa stavby s hlavným zadávateľom biologického riešenia rybovodu.
- Bioekologický dozor v spolupráci s dotknutými odbornými organizáciami (SRZ, ŠOP SR) a investorom by mal vypracovať plán hydrologického a ichtyologického monitoringu prevádzky rybovodu. Orgán ochrany prírody by plán monitoringu mal dať na vedomie príslušnej organizačnej jednotke ŠOP SR.
- Odstránenie zistených vážnych poškodení alebo znefunkčnení priechodu pre ryby, uvedených v monitorovacích správach, by malo byť podmienkou ďalšej prevádzky vodného diela.

Obsah hydrologického a ichtyologického monitoringu rybovodu

Kvantitatívne monitorovanie rýb v rybovode počas prvých rokov prevádzky možno vykonávať automaticky nepretržite pomocou kamery umiestnenej pod hladinou vody pri východe z rybovodu (teda pri vtoku vody do rybovodu, pri poslednom hornom priechodovom otvore). Vyhodnocovanie záznamov kamery je možné počas prvých 2 rokov prevádzky vždy po jarom neresovom ťahu rýb (na tokoch s pstruhmi aj po jesennom ťahu). Treba rátať s nepoužiteľnosťou záznamov z obdobia mútnej vody. Pri vyhodnocovaní videozáznamu skúseným ichtyológom je pravdepodobné aj čiastočné zistenie kvalitatívnych informácií o rybách prekonávajúcich rybovod mimo neresových období (veľkosť, niekedy aj druh ryby). Výsledky kvantitatívneho monitoringu by mali byť doručené na príslušný odborný orgán, resp. organizáciu ochrany prírody formou správy, a to do 1 mesiaca po skončení jarného, aj po skončení jesenného monitoringu.

Pre kvalitatívne monitorovanie rýb v rybovode je vhodné objednať aspoň v prvom roku prevádzky hydrologicko-ichtyologické monitorovanie hlavného neresového ťahu rýb, napr. trikrát počas jarného ťahu (apríl – máj – jún) a napr. jedenkrát počas jesenného ťahu (október – november). Cieľom by malo byť zistenie, či správne naplneným rybovodom prejdú všetky druhy tunajších typických migrantov. Sledovať treba správanie sa rýb podľa druhov a vospelosti pri hľadaní rybovodu pod bariérou, pri jeho prekonávaní a vyplávaní z neho nad bariéru, zistiť miesta problémové pre ryby (vrátane zmerania hĺbky vody a jej rýchlosti v týchto miestach), prípadne následne navrhnuť a vykonať drobné stavebné alebo prevádzkové zmeny. Monitorovanie by mal vykonať autor ekologického riešenia rybovodu (s prípadnou pomocou ichtyológa či hydrotehnika), pričom výsledky kvalitatívneho monitoringu by mali byť doručené na príslušný odborný orgán, resp. organizáciu životného prostredia formou správy, a to do jedného mesiaca po skončení jarného, aj po skončení jesenného monitoringu.

Príklad zadania Programu monitoringu

1. Hlavné ciele pri monitorovaní lokality rybovodu:

- *Odsledovať, či nedochádza k zmenám prietoku kamennej alebo štrkovej nahádzky, upchávaniu vtokového otvoru alebo prietokových otvorov v prepážkach, k iným fyzickým bariéram, k nevhodným turbulenciám...*
- *Zistiť a rozanalyzovať, ktoré veľkostné, vekové aj druhové kategórie rýb a v akých množstvách sa dostanú až nad výstup z rybovodu a ktoré len do nižších sekcií a prečo.*



- Stanoviť čiastkovú priechodnosť samotného koryta rybovodu (odhadnúť koľko percent rýb vypláva korytom rybovodu od výtoku po vtokový otvor), odhadnúť čiastkovú priechodnosť vtokového otvoru, ktorý môže byť napr. pripchatý (koľko percent rýb ním preplávalo do hornej vody bez strhnutia prúdom späť pod prekážku).
- Pri rozšírenom prieskume (a v prípade prieskumu vody pod bariérou aj inokedy) sa pokúsiť odhadnúť čiastkovú percentuálnu úspešnosť prichádzajúcich rýb pri nájdení vstupu do rybovodu a výslednú priechodnosť celej migračnej bariéry.

2. Možný detailný návod na postup pri každom hydrologicko-ichtyologickom prieskume fungovania samotného rybovodu:

- Skontrolovať nehatený vtok a správne nastavenie hladiny (prípadne vykonať hydrometrické meranie lokálnych rýchlostí vody v najrýchlejších miestach rybovodu, na iných miestach hlavnej prúdnice aj v očakávaných rýchlostných tieňoch).
- V prípade čistej vody vizuálne odpozorovať (z vyvýšeného miesta s polarizačnými okuliarmi) pohyb, resp. zvýšené koncentrácie rýb v priestore okolo výtoku (vchodu do rybovodu) a pod celou migračnou bariérou (teda napr. aj okolo výtoku z MVE a pod haňou); odhadnúť, koľko percent videných rýb sa zdržuje ďaleko mimo vchodu do rybovodu (netreba, ak sa robí značkovanie rýb pod bariérou a ich percentuálna analýza po chytení do vrše na výstupe z rybovodu).
- Z brehu rybovodu vizuálne odsledovať, či navádzací vodopádik priťahuje ryby k výtoku z koryta rybovodu, či vytekajúci prúd z rybovodu navádza ryby do rybovodu, ako ryby prekonávajú problémové miesta na trase – správanie sa v komorách rybovodu, výber priechodných otvorov a spôsob ich prekonávania, čo spôsobuje prekážky alebo neprekonateľné bariéry.
- Umiestniť veľkú vršu alebo sieť v zdrži nad horným otvorom (nad vtokom) rybovodu tak, aby zachytila všetky ryby, ktoré ho prekonajú.
- Po dostatočnom časovom odstupe (určí ichtológ, napr. po 48 hodinách) umiestniť sito v dolnom otvore (výtoku) z rybovodu. Postupom v koryte rybovodu odspodu nahor, vykonať registráciu alebo aj odchyt tých rýb, ktoré sa nevládali dostať do vyššieho úseku rybovodu (označiť napr. číslo komory alebo prepážky, ktorú neprekonali alebo vzdialenosť od cieľa). U týchto odhadnúť aj pravdepodobnú príčinu neprekonania ďalšej trasy – ktorá fyzická, rýchlostná alebo etologická bariéra to je (prípadne pri každej problémovej rýchlostnej bariére zmerať lokálne vzniknutú rýchlosť vody).
- Po presune ku vtokovému otvoru a po jeho zahradení bude možné ohradené ryby nad rybovodom zinventarizovať s tým hodnotením, že prekonali celé koryto rybovodu. Pri ich vypustení sa odsleduje začiatok odplávania rýb hore zdržou (či napr. nehrozí strhnutie prúdom pod bariéru alebo či sa vyberú proti spomalenému prúdu).
- Na záver každého prieskumu samotného rybovodu sa odstráni všetky monitorovacie sítá a zapíše sa vyhodnotenie všetkých biologických, ale aj bariérových a hydrologických parametrov (aby sa nevytvorili nesprávne biologické dedukcie – ak napr. budú zmenené hydrologické alebo bariérové pomery v rybovode).

3. Možný detailný návod na postup pri kvalitatívnom monitoringu celkovej účinnosti spriechodnenia hate:

- navrhujeme ho vykonať len jednorazovo, počas jarného monitoringu v druhom roku, a to formou označenia chrbtových plutiev rýb pod bariérou obvyčajnými značkami a ich následnej identifikácie v pasci (vrši) po prekonaní rybovodu. Reprezentatívny počet rýb zo všetkých

cieľových druhov a ich veľkostných kategórií treba odloviť v rieke pod migračnou bariérou aspoň 50m pod úrovňou výtoku z MVE. Rybám však treba poskytnúť dostatočný čas najmenej niekoľko desiatok hodín na nájdenie a prekonanie rybovodu.

4. Vyhodnocovanie:

Podľa zistených výsledkov navrhnúť spôsob odstránenia prípadných problémov, tiež stanoviť, či v daných podmienkach je nutná celoročná prevádzka rybovodu.

Monitorovacie zariadenia:

Bioskenery zistia presný počet aj rozmery rýb, ktoré prekonal rybovod. Sú bežne používanou technikou s veľmi jednoduchou aplikáciou. Základom je rám, osadený tesne povrchovo vtokového otvoru rybovodu, po stranách vybavený dvoma radmi žiarivcov, produkujúcich infračervené lúče. Tie každú rybu oskenujú, čo vytvorí jej obraz na displeji pripojeného PC. Pohyb rýb je zaznamenaný aj podľa orientácie po alebo proti prúdu, podľa času a teploty. Každá ryba je zmeraná na výšku a dĺžka je matematicky dopyčovaná. Modernejšia verzia zariadenia je vybavená aj kamerovým systémom, ktorý je automaticky spustený pri výskyte ryby v oblasti rámu. Skener pracuje aj v noci. Údaje možno z prístroja sťahovať cez prepojenie s PC alebo cez mobilný telefón. Nevýhodou bioskenery je, že ním nezistíme pomer medzi počtom rýb, ktoré k prekážke priplávali a počtom tých, ktoré celý rybovod úspešne prekonal. To dokáže presne len metóda biotelemetrie.

Telemetria ako jediná umožňuje vyhodnotiť účinnosť rybšieho priechodu – ako pomer počtu rýb označených v toku pod priechodom a počtu rýb, ktoré ho úspešne prekonal. Najjednoduchšou je telemetria s pasívnymi značkami. Skúmaný počet rýb (zo všetkých cieľových druhov a ich veľkostných kategórií) treba odloviť v toku pod prekážkou a označiť špeciálnymi veľmi malými a ľahkými značkami (12 x 2 mm, hmotnosť 0,09 g). V mieste výstupu rýb z rybovodu tieto mikroznačky anténa z brehu aktivuje, prečíta a zapíše do pamäti prijímača. Antény treba umiestniť nad vtokový otvor rybovodu tak, aby sa každá ryba priblížila k anténe aspoň na 30 cm.

Lacnejšou verziou pre Slovensko je označenie rýb pod bariérou obyčajnými značkami a ich identifikácia v pasci (vrši, sieti) nad bariérou. Rybám však treba poskytnúť dostatočný čas najmenej niekoľko desiatok hodín na nájdenie a prekonanie rybovodu.

Rádiová verzia telemetrie dokáže na obrazovke pomocou antén sledovať naraz pohyb až 500 kusov rýb, predtým vystrojených ľahkou vysielačkou (od 0,25 do 500 g – podľa životnosti batérie) s individuálnym kódom. Sleduje aj pohyb rýb pri hľadaní priechodu pod prekážkou.

Kamery pre kvantitatívne monitorovanie rýb v rybovode počas prvých rokov prevádzky je potrebné nainštalovať kameru umiestnenú pod hladinou vody tesne nad vtokovým otvorom do rybovodu (teda vo výstupe rýb z rybovodu) tak, aby zo záznamu bolo zrejmé, ktoré ryby rybovod prekonal.



4. ZÁVER

Metodická príručka oboznamuje s ochranársky prijateľnými typmi rybovodov, s ich vlastnosťami, výhodami a nevýhodami, pravidlami umiestňovania a formovania vodného prostredia náhradného priechodu, navrhuje pravidlá bioekologického dozoru stavby a monitorovania počiatku prevádzky.

Jej odporúčania by mali byť základom pre vyjadrenia odborných organizácií a orgánov štátnej ochrany prírody, aby sa nestavali žiadne ďalšie bariéry bez funkčného rybovodu a aby sa zabezpečila priechodnosť existujúcich bariér.

5. PODKLADY A VYBRANÁ ODPORÚČANÁ LITERATÚRA

Pri zostavovaní príručky boli využité konzultácie, projekty a zahraničné materiály o rybovodoch od hydrotechnických projekčných firiem, najmä Hydroconsulting Bratislava, Vodotika Bratislava, Hydrotechnika STU Bratislava, Lahky Design Consulting Zvolen, Bursa Banská Bystrica, Pšenák Banská Bystrica, AgPOL Olomouc, Hydroka Praha a i. Ichtyologické konzultácie o problémoch tunajších druhov rýb v existujúcich slovenských rybovodoch a abstrakty zo starších zahraničných materiálov o rybovodoch poskytli najmä Ing. M. Zontág, RNDr. A. Mutkovič, Ing. S. Géci, RNDr. V. Mužik.

Použité zdroje

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.

BMLFUW 2012: Leitfaden zum Bau von Fischaufstiegshilfen. Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft. Wien.

Clay, C. H. 1995: Design of Fishways and other Fish Facilities. 2nd edition. Boca Raton.

DWK 1996: Fischaufstiegsanlagen – Bemessung, Gestaltung, Funktionskontrolle. Deutscher Verband für Wasserwirtschaft und Kulturbau e. V.

DWA-M509 2010: Fischaufstiegsanlagen und fischpassiertbare Bauwerke-Gestaltung, Bemessung, Qualitätsseicherung. Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall.

Hydroprojekt CZ Praha, 2010: Zprůchodňování migračních bariér rybími přechody – odvětvová technická norma vodního hospodářství TNV 75 2321.

Lusk, S. 2010: Rybí přechod Bulhary na řece Dyji – Zpráva o technickém stavu a funkčnosti rybího přechodu v roce 2008. Ústav biologie obratlovců AV ČR Brno.

Seifert, 2012: Praxihandbuch „Fischaufstiegsanlagen in Bayern“, Landesfischereiverband Bayern and the Bayerisches Landesamt für Umwelt.

Schmutz, S. & Mielach, C. 2013: Measures for ensuring fish migration at transversal structures, ICPDR-International Commission for the Protection of the Danube River.

Slavík, O. & Vančura, Z. 2012: Migrace ryb, rybí přechody a způsob jeho testování – Metodický postup pro návrh, realizaci a možnosti testování funkce rybích přechodů pro žadatele o OPŽP, Ministerstvo životního prostředí a Státní fond životního prostředí ČR.

VKÚ Harmanec 2009: Rybářská mapa Slovenská republika, mierka 1 : 250 000.

6. Súhrnná tabuľka: Odporúčané charakteristiky*1 rybovodov pre jednotlivé rybie pásma (syntéza V. Druga, 2014)

Navedenie rýb (kap. 3.3): **Vstup** pre ryby, čiže výtok vody z rybovodu by mal byť vždy zaústený do najvýraznejšieho, ryby vodiaceho prúdu, tesne pod migračnú bariéru (pri MVE do upokojenej časti výtok z turbín)*2. **Trvalý prietok** rybovodu musí pri požadovanej rýchlosti naplniť koryto na potrebnú hĺbku a šírku požadovanú pre tu žijúce druhy – rozmery treba vypočítať. Prúd musí prerážať aspoň 1 – 2 m do koryta rieky (posledná prepážka má byť až na brehu rieky). Najmenšia rýchlosť prúdu opúšťajúceho rybovod: $0,75 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$. Pri malých tokoch s $Q_a < 5 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ musí z RP vytekať prínajmenšom $5\% - 10\%$ z Q_a , pričom čím menší potok, tým vyššie percento. Pri extrémne rozkollisovaných a menej vodnatých potokoch je vhodné požadovať $Q_{\text{rybovodu}} = Q_{355}$. Pri rieke s $Q_a > 5 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ musí z RP vytekať nad $0,25 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$, s $Q_a > 10 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ nad $0,5 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$, s $Q_a > 20 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ nad $0,8 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$, s $Q_a > 50 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ musí z RP vytekať nad $1 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$, s $Q_a > 100 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ nad $1,5 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$, s $Q_a > 200 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ musí z RP vytekať nad $2 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ *3.

Pri riekach s $Q_a > 40 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$, a tiež pri každom rybovode so vstupom na opačnom brehu, má pritekať do ústia rybovodu jeho korytom (alebo krátkou deriváciou-bypassom-žlabom alebo rúrou) **sezónny prídavný vábiaci prietok** = $50\% - 100\%$ z bežného prietoku rybovodu. Do rieky pred výtokom z každého rybovodu má z výšky 1 – 2 m z rúrky dopadať **vodopádik** $10 - 50 \text{ l} \cdot \text{s}^{-1}$ (podľa problémovosti vstupu) na prilákanie rýb z väčšej diaľky.

Vysvetlivky:

*1 Väčšie rozmery treba voliť najmä pri väčších rybách (rozmery rýb sú v tabuľke v závere časti 3.2. na strane 19) a pri väčších tokoch.

*2 Výnimčne, len pri vážnych priestorových problémoch, len na užších tokoch (do 30 – 40 m) je možné menej vhodné riešenie na opačnom brehu, ale čo najbližšie k výtok z MVE s podmienkou výrazne zosilneného navádzania všetkými spôsobmi podľa kap. 3.3.

*3 Podľa BMLFUW (2012). Alternatívne stanovenie Q_{rybovodu} : $1\% - 5\%$ z konkurenčného prietoku rieky v čase migrácie, čiže 1% pri veľkej rieke s $Q_a > 50 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$, $1 - 2\%$ pri strednej rieke s $Q_a = 25 - 50 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$, pri menších riekach vyššie percento, napr. pri malých potokoch až do 5% z konkurenčného Q_{potoka} v čase migrácie (ICPDR 2013).

Rybie pásmo ^{*4}	Pstruhové	Lipňové	Mrenové	Pleskáčové
Bezprepážkový bystrinný rybí priechod (s celoplošným bystrinným prúdením – kap.3.5)				
Maximálna prierezová rýchlosť ^{*5} prúdiacej vody v bystrinnom (a „drobnokomórkovom“ ^(**6)) rybovode	max. 1,8 m/s	max.1,5 m/s	max.1,2 m/s	max.1,0 m/s
Odhad pozdĺž. spádu bystrinného rybovodu bez prepážok (treba vypočítať podľa prierezu, rýchlosti, Qryb)	cca 1:20 (=50‰) (prip.1:15=67‰)	1:30 (=33‰) až 1:50 (=20‰)	cca 1:50 (=20‰) až 1:100 (=10‰)	cca 1:70 (=14‰) až 1:150 (=7‰)
Hĺbka vody v bystrine (v celom úseku prúdnice) ^{*7}	min. 30 cm	min. 40 cm	min. 40 – 50 cm	min. 50 – 60 cm
Zavodnená šírka bystrinného rybovodu / min.šírka dna ^{*8}	min. 2 m / 1 m	min. 3 m / 1,5 m	min. 3 -5m / 2 m	min. 3 - 7 m / 2 m
Prepážkový bazénový veľkokomorový rybí priechod (s pokojnejším „nádržkovým-bazénovým“ prúdením - kap.3.6)				
Prierezová rýchlosť prúdiacej vody v priechodovej širokej štrbine každej komory ^{*9}	max.2,2m/s ^{*10}	max. 1,8 m/s	max. 1,5 m/s	max. 1,2 m/s
Hĺbka vody v bazéne ^{*11}	min. 40/50 cm	min.50/60 cm	min. 60/70 cm	min. 70/80cm
Šírka hladiny v bazénovom rybovode ^{*12}	min. 1,5 m	min. 2 – 3 m	min. 2,5 – 5 m	min. 3 – 5 m
Dĺžka vodných bazénov (rozstup prepážok) ^{*13}	min. 1,5 – 2 m	min. 2 – 3 m	min. 2,5 – 5 m	min. 3 – 5 m
Odporúčaná vodný objem „veľkého“ bazéna na rybovode pri rieke (pri potokoch stačí menej)	nad 2 m ³ (napr.2x2x0,5)	nad 4 m ³ (napr.3x3x0,55)	nad 8 m ³ (napr. 4x 3,5x0,65; 5x3x0,65)	nad 10 – 12 m ³ (napr.5x 4x0,75; 4x4x0,75)
Rozptyl energie v objeme komory (DWA 2010) – kap. 3.6.1	225 – 250 W/m ³	200 W/m ³	150 W/m ³	100 – 125 W/m ³
Prevýšenie hladín susedných bazénov ^{*14}	max. 18 – 22 cm ^{*10}	max. 15 – 20 cm ^{*15}	max. 10 – 15 cm ^{*15}	max.8 – 12 cm ^{*15}
Odhady prevýšenia podľa nemeckej/ICPDR metodiky	17-25 cm /18-20 cm	15-20 cm / 15 cm	13-17cm /10-13 cm	11-15 cm / 8-10 cm
Šírka prietokovej štrbiny v každej prepážke ^{*16}	min. 20 cm	min. 30 cm ^{*17}	min. 30 cm ^{*17}	min. 40 cm ^{*17}
Hĺbka prietokovej štrbiny v prepážke	min. 20 cm	min. 30 cm ^{*18}	min. 45 cm ^{*18}	min. 50 cm ^{*18}

^{*4} Príslušnosť lokality k rybiemu pásmu určí ichtyológ. Približne sa rybie pásma dajú odhadnúť podľa Rybárskej mapy SR, pričom podmienky pstruhového pásma platia aj na vyslovene horské prítoky v lipňových a mrenových revíroch. Avšak ak žijú v pstruhovom toku aj iné migranty ako pstruh, treba sa už riadiť pravidlami lipňového pásma. Ak medzi pstruhovým a mrenovým revírom nie je v mape lipňový, platia v širšej oblasti styku revírov podmienky lipňového pásma – určí ichtyológ. Mrenové pásmo v tabuľke je väčšinou vhodné s kaprovými revírmi v mape, avšak okrem celého toku Dunaja, Malého Dunaja, Bodrogu, Tisy, Latorice a dolných úsekov tokov: Moravy po Holíči, Váhu po Šalu, Nitry po Šurany, Hrona po Želiezovce, Ipľa po Šahy, a Laborca po ústie rieky Uh – tu všade platia podmienky pleskáčového pásma.

- *5 Tieto rýchlosti sú prípustné pod podmienkou, že zároveň bude v rybovode výrazne drsné kamenno-štrkové dno, početné solitérne „spomaľovacie“ balvany, trojuholníkový priečny profil koryta rybovodu (lebo pre slabšie ryby a mihule dôležitejšie ako prierezová rýchlosť je to, že nájdu v ktoromkoľvek úseku bystriny pomalšie oddychové miesto v príbrežnej plytčine). Seifert (2012) odporúča pre sklzy zhodne $1 - 1,2 \text{ m.s}^{-1}$ pre pleskáčové a mrenové pásma, $1,4 - 2 \text{ m.s}^{-1}$ pre lipňové a pstruhové pásma. DWA (2010) odporúča maximálne prierezové rýchlosti vody v sklzoch v týchto pásmach len $1 - 1,4 \text{ m.s}^{-1}$ (hoci paradoxne pripúšťajú strmšie spády). Na obtokových rybovodoch s prevýšením $<10 \text{ m}$ už pripúšťa podľa pásiem od $1,3 \text{ m.s}^{-1}$ do 2 m.s^{-1} .
- *6 V drobných komôrkach (s rozmermi bazény pod $1 \times 1,5 \text{ m}$ pre pstruhy, pod cca $2 \times 2 \text{ m}$ v ostatných pásmach), ani v plytších bazénach so štetinovými, medzematými alebo široko ponorenými prepážkami spravidla nemajú ryby úplne upokojenú „oddychovú“ vodu, preto v týchto typoch odporúčame znížené maximálne prierezové rýchlosti ako v bezprepážkovom.
- *7 Odvodené z DWA (2010). Vyššie hodnoty platia pri väčších riekach. Pri výskyt veľkých rýb treba v každom pásme hĺbku min. 50 cm pre hlavátku, 70 cm pre sumca...; pre ne sú výhodnejšie hlbokovodné veľkorozmerné prepážkové rybovody.
- *8 Odvodené z DWA (2010). Pre potoky odporúčame zavodnenú šírku hladiny rybovodu najmenej 1 m . Pri širokých riekach (napr. nad 80 m) prichádza do úvahy odporúčanie českej normy: šírka rybovodu (najmä prírodného typu) 5% až 10% šírky koryta rieky.
- *9 Podmienkou pripustenia zvýšených rýchlostí je vznik plošných rýchlostných tieňov s takmer stojatou vodou v každej vodnej komore rybovodu. Nemecká metódika DWA-M509 (2010) pripúšťa podľa rybích pásiem, typu rybovodu a prevýšenia od $1,3$ do $2,2 \text{ m.s}^{-1}$.
- *10 V prípade, že ichtyológ vylúči prítomnosť iných migrujúcich rýb a mihúľ, môže byť pre pstruhy aj zdola nezatopený prepádový otvor – vodopádik s prevýšením do 50 cm , ale s hrúbkou prepádového lúča vody min. 10 cm !
- *11 Česká norma uvádza min. 50 cm , optimálne 80 cm . Pre hlavátku odporúčame vytvoriť najväčšiu hĺbku každého vodného bazéna v akomkoľvek pásme aspoň 70 cm , pri sumcovi aspoň 90 cm (napr. preliačením dna každého bazéna). Nemecká DWA odporúča menej (43 cm pri hlavátke a 88 cm pri sumcovi), ICPDR viac (pre hlavátku $100 - 110 \text{ cm}$, pre sumca 120 cm), ale uvádza aj $2,5$ -násobok výšky najväčšej ryby. Orientačné rozmery vybraných druhov rýb sú v tabuľke na konci kapitoly 3.2.
- *12 Odvodené podľa DWA. Nemecká aj rakúske metódiky (DWA, BMLFUW, ICPDR) uvádzajú aj menšiu šírku vody: dvojnásobok dĺžky najväčšej ryby (záver kap. 3.2.).
- *13 Nemecká metódika DWA-M509 (2010) odporúča min. trojnásobok dĺžky najväčšej ryby. Pri veľkých rybách treba preto adekvátne zväčšiť požadované dĺžky bazénov.
- *14 Prevýšenie hladín a šírku prietokového otvoru je najistejšie presne vypočítať – podľa požiadaviek na max. prierezovú rýchlosť v prepádovom otvore, na prietok rybovodu a na výšku vody v štrbinovom otvore (štrbinový otvor = súvislý otvor od hladiny až po dno rybovodu – dno plynulé, môže byť aj preliačené, no nie schodíkové).
- *15 Nesmie byť vodopádik, len prietok štrbinou, teda zdola prevažne zatopený prietokový otvor.
- *16 Alternatívne odporúčanie nemeckej metódiky DWA (2010): šírka štrbiny v prepážke rybovodu je 3 -násobok šírky najväčšej ryby (tabuľka na konci kapitoly 3.2.).
- *17 Pri výskyt veľkých rýb väčšia šírka štrbiny, aspoň 3 -násobok šírky ryby. Napr. pri mrene 40 cm , pri hlavátke min. 50 cm , pri sumcovi min. 60 cm .
- *18 Odvodené od DWA (2010). ICPDR uvádza aj 2 - až $2,5$ -násobok výšky najväčšej ryby (tab. na konci kapitoly 3.2.) Pri hlavátke min. 45 cm , pri sumcovi min. 70 cm .





Financované z prostriedkov Európskeho fondu regionálneho rozvoja (ERDF) v rámci projektu: „Zabezpečenie starostlivosti o mokrade SR, zvyšovanie environmentálneho povedomia o mokradiach a budovanie kapacít“.



Investícia do Vašej budúcnosti

ISBN 978-80-89310-76-0