

**Česká zemědělská univerzita v Praze**

**Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů**

**Katedra zoologie a rybářství**



**Účinnost rybiho přechodu ve Štětí**

**Bakalářská práce**

**Autor práce: Martin Jakš**

**Obor studia: Veřejná správa v zemědělství a krajině**

**Vedoucí práce: Ing. Pavel Horký Ph.D.**

© 2017 ČZU v Praze

### **Čestné prohlášení**

Prohlašuji, že svou bakalářskou práci "Účinnost rybího přechodu ve Štětí" jsem vypracoval(a) samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce. Jako autor(ka) uvedené bakalářské práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušil autorská práva třetích osob.

V Praze dne 21.4.2017 \_\_\_\_\_

### **Poděkování**

Rád(a) bych touto cestou poděkoval(a) Ing. Pavlu Horkému Ph.D. za cenné rady a věcné připomínky při zpracování bakalářské práce.

# Účinnost rybího přechodu ve Štětí

## Souhrn

Migrace ryb je nedílnou součástí přírodních cyklů, při kterých se jedinci nebo celá společenstva přesouvají do vhodnějších míst. Motivací takovýchto přesunů mohou být reprodukční nároky, nedostatek potravy nebo mohou sloužit k vyhledání vhodného úkrytu. Vlivem antropogenní činnosti vznikly na řadě toků migrační bariéry, které těmto přirozeným procesům zamezují. Rozdělení říční sítě příčnými bariérami, neboli fragmentace, má mnoho nepříznivých dopadů na vodní ekosystémy. Mezi ně patří snížení druhové diverzity, omezení přirozeného toku živin a další. Příčné překážky je možné zprůchodnit pomocí rybích přechodů. Díky těmto vodním dílům je rybám umožněn pohyb přes příčnou překážku.

Tato bakalářská práce je zaměřená na vyhodnocení účinnosti rybích přechodů na Labi ve Štětí. Sledování účinnosti zde bylo realizováno v letech 2015 – 2016 pomocí kamerových systémů a pasivních integrátorů. V průměru za celou dobu sledování migrovalo oběma rybími přechody 155 ryb denně, z toho 108 ryb proti proudu. V období vrcholících jarních reprodukčních migrací (duben/květen) rybími přechody migrovalo denně až 500 ryb. Účinnost přechodů byla odhadnutá na 69 % a byla vyhodnocena jako dostatečná. Rybí přechody plní svou základní funkci a jejich vybudování zlepšilo migrační prostupnost Labe.

**Klíčová slova:** migrace, rybí přechod, Labe, účinnost rybího přechodu, kaprovití

# Efficiency of fish pass in Štětí

## Summary

Fish migration is an integral part of the natural cycle in which individuals or entire communities move to fulfil their requirements. The motivation of such transfers could be reproduction, lack of food, or it can be used to find suitable shelter. Due to anthropogenic activities, migration barriers like weirs or dams were built on many rivers.. , having adverse impacts on aquatic ecosystems. These impacts include decrease of species diversity, natural flow restriction and many others. Nevertheless, migration obstacles can be passable through fish ladders.

This thesis is focused on evaluating the effectiveness of fish passes on the Elbe River near Štětí. The monitoring of the effectiveness was realized in years 2015 – 2016, using camera systems and passive integrated transponders. On average , 155 fish migrated daily of which 108 fish upstream. During the peak of the spring migration (April/May) migrated through fish ladders up to 500 fish a day. Fish pass efficiency of 69% was evaluated as sufficient, improving the overall migration passability of the Elbe River.

**Keywords:** migration, fish pass, Elbe River, migration obstacle, cyprinids

# 1 Obsah

1	Cíl práce.....	4
2	Úvod.....	5
3	Migrace ryb.....	6
3.1	Rozdělení migrace .....	6
3.2	Rozdělení migrace podle biologických potřeb ryb .....	7
3.2.1	Reprodukční migrace .....	7
3.2.2	Potravní migrace .....	8
3.2.3	Úkrytová migrace.....	9
3.2.4	Sociální migrace .....	9
3.3	Abiotické faktory ovlivňující migraci .....	10
3.3.1	Světlo .....	10
3.3.2	Teplota .....	10
3.3.3	Průtok.....	11
4	Rybí přechody.....	12
4.1	Historie rybích přechodů .....	12
4.2	Typy rybích přechodů .....	12
4.2.1	Technické rybí přechody.....	13
4.2.2	Rybí přechody přírodě blízké .....	17
4.2.3	Kombinované rybí přechody.....	20
4.2.4	Speciální rybí přechody.....	20
4.3	Legislativa rybích přechodů .....	21
4.3.1	Zákony a vyhlášky udávané Českou republikou .....	21
4.4	Navrhování rybích přechodů.....	23
4.5	Předprojektová příprava.....	23
4.6	Hydraulické podmínky pro rybí přechod .....	24
4.7	Umístění rybiho přechodu .....	25
4.8	Monitoring a vyhodnocování rybiho přechodu.....	26
4.9	Rybí spektrum vyskytující se v rybím přechodu .....	28
4.10	Účinnost rybích přechodů .....	29
4.11	Délka období sledování .....	29
5	Materiál a metody .....	31
5.1	Popis lokality.....	31
5.2	Sběr dat .....	32
5.3	Odlov ryb .....	33
5.4	Kamerové systémy .....	33
5.5	PIT.....	33

5.6	Parametry prostředí .....	35
5.7	Statistická analýza .....	35
6	Výsledky .....	36
6.1	Charakteristika společenstva ryb .....	36
6.2	Kamerové systémy .....	37
6.3	PIT.....	40
6.4	Velikostní selektivita .....	41
6.5	Změny migrační aktivity během dne a noci .....	42
6.6	Umístění přechodů v příčném profilu jezu.....	43
6.7	Účinnost hlavního a štěrbínového RP.....	43
7	Diskuze .....	44
8	Závěr .....	46
9	Literatura.....	46

# 1 Cíl práce

Cílem této bakalářské práce je zjistit účinnost rybího přechodu ve Štětí, který se nachází na řece Labi, jeho vliv na migrující organismy. Rozdíly v migrační aktivitě během celého roku. Kdy byl velký důraz kladen na období reprodukčních migrací. Zjistit druhovou a velikostní diverzitu ryb, které využily přechod během celého roku, na základě zjištěných údajů vyhodnotit funkčnost rybího přechodu, migrační propustnost panující na daném území a dále tyto skutečnosti analyzovat.



## 2 Úvod

Již od samého vzniku lidstva se vodní prostředí využívá jako zdroj obživy a energie. Historické důkazy dokládají, že i člověk v období mezolitu vyráběl proutěné vrše a ploty, kterými následně hradil koryta řek a lovil tak plující ryby. Tyto tzv. rybí pasti neměly na tekoucí vody a život v nich žádný vliv. S postupným rozvojem civilizace byly tyto drobné pasti nahrazeny různými vodními elektrárnami, přehradami a jezy. Tím vznikly trvalé příčné překážky, které zamezují migraci ryb říčními ekosystémy. Často docházelo k izolování unikátních úseků řek, důležitých pro různé části životního cyklu ryb, zejména reprodukci. Důsledkem bylo rapidní snížení početnosti rybích populací a vymizení ryb z úseků řek, kde se předtím přirozeně vyskytovaly. Mezi druhy, které ve vodách ČR vyhynuly, patří losos *Salmo salar* Linnaeus, mořské formy pstruha obecného *Salmo trutta*, jesetera velkého *Acipenser sturio*, síha severního *Coregonus lavaretus*, platýze *Pleuronectes platessa* a dvou druhů mihulí *Cephalaspidomorphi*. (Slavík a kol, 2012). Navzdory rozvoji znalostí biologie tento trend pokračuje.

V současnosti, i přes veškeré snahy společnosti, tlak vyvíjený lidskou činností na rybí populace pokračuje. Díky tomu je ohrožena životaschopnost i jiných druhů žijících na území ČR a hrozí jejich vyhynutí. Mezi takové druhy řadíme úhoře říčního *Anguilla anguilla*. Náprava vzniklých škod je velice náročná nejen z finančního hlediska. Z tohoto důvodu je nutné vytvářet a realizovat projekty, které škody na vodním ekosystému omezí. Mezi kroky vedoucí k nápravě a zprůchodnění vodního koridoru patří výstavba rybích přechodů. Díky správně umístěnému a funkčnímu rybímu přechodu (dále jen RP), mohou ryby opět volně migrovat říční sítí za účelem naplnění svého životního cyklu. Zájem o zprůchodnění říční sítě lze považovat jako jeden z důležitých projevů moderní společnosti zajímající se o nápravu dopadů lidských aktivit na životní prostředí.

### 3 Migrace ryb

Na této planetě se vyvinuli rozmanití živočichové s různými životními cykly, nároky a procesy. Za jeden z nejdůležitějších procesů spoluvytvářejících biodiverzitu lze považovat migraci (Lusk a kol., 2011a ). Definovat tento pojem se snažila řada vědců. Jednu z nejužitečnějších klasických definic stvořil Northcote (1984), podle kterého jsou migrace pravidelně se opakující přesuny většiny populace mezi dvěma nebo více prostředími. Důvodem přesunů je vyhledat vhodné stanoviště vzhledem k potřebám daného druhu v určitém biologickém cyklu. Pravidelnost migrací je nezbytné chápat v teoretické rovině. Tento jev je obvykle ovlivňován mnoha faktory a může se v něm vyskytovat řada výjimek.

#### 3.1 Rozdělení migrace

Vzhledem na požadavky prostředí, ve kterém migrace probíhají, můžeme tyto cykly rozdělit na oceánodromní, diadromní a potamodromní.

- **Oceánodromní:** migrace pouze v mořském prostředí.
- **Diadromní:** migrace mezi mořským a sladkovodním prostředím. Tato skupina se dále rozděluje na katadromní, anadromní a amfidromní.
- *-Katadromní migrace:* v této podskupině dochází k přesunům ze sladkých do mořských vod za účelem rozmnožování. Katadromní migrace vykazuje například úhoř říční (*Anguilla anguilla*). Do sladkých vod se z mořského prostředí stahují zejména samice, které zde pohlavně dospívají. Dospělost nastává ve věku 10-13 let a dosažením velikosti od 60-110 cm (Tesch, 2003). Samci většinou zůstávají po celou dobu svého životního cyklu v moři a v brakické vodě. Reprodukční migrace se v různých částech světa liší. Pro středoevropské podmínky jsou známy dvě migrační vlny - období od března do května a od srpna do října (Tesch, 2003). Z ČR úhoři migrují za účelem reprodukce do Sargasového moře. Během migrace se úhoři potýkají s řadou problémů, které jim způsobují značné populační ztráty. Za jeden z největších problémů jsou považovány vodní elektrárny, které svými turbínami usmrtnou převážnou část migrujících jedinců.
- *Anadromní migrace:* v této podskupině dochází k reprodukční migraci z mořských do sladkých vod. Typickým zástupcem je losos. Migrace lososů začíná obvykle v létě,

přičemž délka migrační vlny je velice proměnlivá. Může trvat jen několik dnů až mnoho měsíců podle vzdálenosti rozmnožovací plochy od ústí řeky do moře (Klemetsen a kol., 2003). Protiproudová migrace lososů je velice energicky náročná, přesto v průběhu migrace nepřijímají potravu (Klemetsen a kol., 2003).

- Amfidromní migrace: migrace mezi sladkovodním a mořským prostředím, nikoliv za účelem rozmnožování.
- **Potamodromní:** jde o migraci vázanou výhradně na sladkovodní prostředí. Potamodromní migrace v říční síti ČR realizují v podstatě všechny druhy ryb v rozsahu od stovek metrů do několika desítek až set kilometrů (Slavík a kol. 2012). Jedny z nejdelších migrací v říční síti ČR byly popsány u jelce jesena *Leuciscus idus* (Kulíšková a kol., 2009).

Délka migrace se však liší nejen mezidruhově, ale je v ní i značná vnitrodruhová variabilita. Jedinci stejného druhu, mnohdy i ze stejné populace, často zůstávají na malém území po dobu mnoha měsíců, jiní zase ve stejném období urazí stovky kilometrů (Kulíšková a kol., 2009).

#### Pasivní migrace

Většinou se o migraci uvažuje jako o aktivním pohybu. Ryby a jejich vývojová stádia jsou však vzhledem k proudění vody schopné migrovat i pasivně, tzv. driftovat (Reichard a kol., 2002a, b). Většina ryb, které jako juvenilní stádia driftují po proudu, se po vyklubání snaží navrátit zpět do svého původního prostředí. Například v Jižní Americe jsou dokladovány migrace tropických sumců, kteří takto překonávají vzdálenost až 6000km (Barthem a kol., 1991).

## 3.2 Rozdělení migrace podle biologických potřeb ryb

### 3.2.1 Reprodukční migrace

Za nejznámější projev migračních cyklů ryb se považuje putování do vhodného prostředí za účelem rozmnožování. Reprodukční migrace většinou probíhají na delší vzdálenost a mohou trvat i několik měsíců. Od ostatních migrací (potravní, úkrytové, sociální) jsou dobře rozeznatelné na první pohled. Migranti se vyznačují dobrou tělesnou kondicí, vyšší vahou a v některých případech i odlišným zbarvením (Slavík a kol. 2012) Tyto migrace jsou obvykle

načasované do dnů s prodlouženým a zkráceným intervalem denního světla (Baras a Lucas, 2001). Jedná se zejména o začátek jara a podzimu. U některých druhů začíná migrace koncem zimy. Tato časná migrace byla zaznamenána např. u jelce jesena na řece Labi (Kulíšková a kol., 2009). Ryby se stahují do reprodukčních stanovišť od několika málo stovek metrů, až po tisíce kilometrů. Důležitý parametr pro vhodnou rozmnožovací oblast je charakter prostředí a dnový substrát.

### 3.2.2 Potravní migrace

Jedním z velkých migračních a během roku opakovaných přesunů je putování za potravou. Tyto cykly probíhají velice nenápadně a při pozorování se potravní migrace těžko rozpoznává (Slavík a kol., 2012). Často se tyto přesuny týkají jen některých druhů nebo dokonce vybraných jedinců. U dravých ryb, jako je candát obecný *Stizostedion lucioperca*, může být tato migrace způsobena následováním potravy v podobě drobných ryb (Horký a kol., 2008). Druhem s nejlépe pozorovatelnou potravní migrací je pstruh obecný *Samo trutta* vyskytující se v horských tocích. Ve vysoce položených oblastech jsou po většinu roku nepříznivé podmínky pro život ryb, a proto jsou tyto oblasti na rybí populaci chudé. Toho využívají právě pstruzi, kteří se do těchto částí řek v letních obdobích stahují a využívají tak volného prostoru s bohatou potravní nabídkou (Carlsson a kol., 2004; Wysujack a kol., 2009). U migrací takového charakteru, kde jsou potravní oblasti vzdálenější než samotné reprodukční, může docházet k ne příliš častému jevu, kdy potravní migrace trvají delší dobu než migrace reprodukční (Clappa kol., 1990). U kaprovitých ryb byla pozorována opakovaná migrace během jednoho dne, kdy se ryby přesouvaly do potravních oblastí zejména ráno a večer a po nasycení pluly zpět (Kubečka a Duncan, 1998). Podobné chování probíhá u sumců *silurusgranis* (Slavík a kol., 2007), kteří jsou za potravou schopni uplavat i 5km a ráno se opět vrátit do úkrytu. Z tohoto zjištění vyplývá, že potravní migrace nemusí být jen jev dlouhého a hromadného přesunu ryb, ale mohou se ho účastnit jen určití jedinci daného druhu, kteří ho během 24 hodin opakují.

### **3.2.3 Úkrytová migrace**

Dalším z důvodů migrace je potřeba ryb vyhledávat vhodná místa k úkrytu. Největším podnětem jsou periodicky se opakující změny počasí. Například pstruzi z horských oblastí se po snížení teploty na začátku zimy stahují do níže položených zimovišť, kde přečkávají chladné a energicky náročné období (Clapp a kol., 1990; Meyers a kol., 1992).

Kromě sezonních změn teploty reagují ryby úkrytovou migrací například na snižování průtoku v letních a podzimních měsících. Se snížením průtoku se sníží i výška hladiny a tím se pro ryby omezuje využitelnost určitých částí řek související s vynucenou migrací do jiných úseků (Montgomery a kol., 1983; Hesthagen, 1988). Dalším důvodem úkrytové migrace mohou být případy, kdy jsou ryby vlivem nějaké události, například povodně, odplaveny z preferovaného prostředí. Snahou těchto ryb je posléze návrat zpět do původního stanoviště. Reakcí ryb na povodňové průtoky je často snaha přesunout se mimo hlavní proudnici do záplavových zón, kde nebezpečné a energicky velice náročné období přečkají (Harvey a Nakamoto, 1999).

### **3.2.4 Sociální migrace**

Mezi rybami žijícími v různém úseku toku panují sociální vazby, které jsou dalším důležitým faktorem ovlivňujícím migraci (Grant, 1997). Tu může vyvolat početnost v dané lokalitě, různá rychlost růstu nebo chování samotných jedinců. Větší a dominantnější ryby si nárokují místa s lepší dostupností potravy nebo úkrytu. Z toho důvodu jsou slabší a submisivní jedinci nuceni k častějšímu pohybu tokem, aby vyhledávali kvalitnější oblasti s potravou nebo úkrytem a tím kompenzovali stanoviště obsazená dominantními rybami (Nakamoto, 1995). Kromě samotných sociálních faktorů můžeme do této kategorie zařadit i migraci spojenou s lidskou činností. Jako dobrý příklad lze uvést sportovní rybolov, kdy rybář ulovenou rybu přenese do jiného prostředí. Přesazení následně vyvolá potřebu návratu do prostředí původního (Slavík a kol. 2012).

### **3.3 Abiotické faktory ovlivňující migraci**

#### **3.3.1 Světlo**

Abiotické podněty mají na migrační cykly velký vliv. Z hlediska světla je důležité střídání světelné a tmavé fáze dne. Světlo vystavuje ryby většímu riziku predace, dravé ryby vyhledávají svou kořist zejména pomocí zraku a za světelné části dne jsou v lovu úspěšnější. Některé ryby z tohoto důvodu minimalizují riziko ulovení a více se pohybují v noci nebo za snížené viditelnosti způsobené zakalením po dešti a zvýšených průtocích (Lucas a Baras, 2001). Život ryb v přirozeném prostředí je z velké části ovlivněn právě světlem a viditelností pod hladinou. Některé druhy ryb jako jsou ouklej nebo tlušť se pohybují více ve světelné části dne a využívají k migraci lepší viditelnost. Naopak sumci, mníci nebo úhoři se pohybují převážně v noci a za snížené viditelnosti (Slavík a kol, 2012).

#### **3.3.2 Teplota**

Ryby jsou studenokrevné organismy a teplota tak při jejich aktivitě hraje důležitou roli. Pokles teploty pod prahovou hodnotu má za následek utlumení svalové činnosti ryba pohyb v takto chladných vodách je neefektivní. Naopak s oteplováním se zvyšuje aktivita ryb a u některých druhů jako jsou např. kaprovití je při nárůstu teploty na prahovou hodnotu odstartována reprodukční migrace (Slavík a kol. 2012)

Kaprovité ryby jsou většinou aktivní při teplotách nad 8°C. Společně s teplotou ale na zahájení migrace působí i další faktory jako je průtok. Při příliš vysokých průtocích je u kaprovitých ryb migrace vyvolána později i za předpokladu, že teplota dosahuje požadovaných hodnot. To dokládá mnoho studií. Např. na řece Sázavě byla v roce 2008 zahájena migrace kaprovitých ryb při 9 °C (Musil a kol., 2008) a o dva roky později při 10 °C (Horký a kol., 2010).

Teplota nemá na zahájení reprodukční migrace pstruhů vliv, ale hraje velmi důležitou roli při jejím ukončení. Migrační cyklus pstruhů bývá ovlivněn při teplotách 10°C. Při těchto hodnotách však není migrace ukončena. Pstruzi začínají být pouze více aktivní v noci (Fraser a kol., 1993; Heggenes a kol., 1993). Díky tomu vzniká kompenzace za zhoršenou pohyblivost a s tím související snížená schopnost úniku před predátory. Další fáze migrace pstruhů nastává při poklesu na 8°C. Při této teplotě dochází u pstruhů k omezení pohyblivosti a s ní

spojenou schopnost překonávat překážky skokem (Jensen a Aass, 1995). Při 6°C je migrace pstruhů ukončena.

### 3.3.3 Průtok

Příliš vysoká rychlost proudění může migraci negativně ovlivnit a na nějaký čas ji úplně zastavit. Proudění ovlivňuje energetickou náročnost migrace, ale je spolu s břehovou linií jedním z nástrojů sloužících k orientaci ryb. Vyšší průtokové hodnoty ukazují rybám hlavní proudnici a tedy možnou cestu po i proti proudu řeky (Slavík a kol., 2012). Tato tvrzení ověřuje mnoho studií, které uvádí pozitivní vztah vysokého proudění na migraci (Svendsen a kol., 2004). To platí zejména pro lososovité ryby, kterým silný proud dává lepší možnosti orientace v prostoru a také umožňuje snáze překonávat příčné překážky (Jensen a Aass, 1995). Vliv průtoku ale může druhově a místně specifický. Například na řece Ohři byla pozorována migrace pstruhů v období rozmnožování při nízkých hodnotách proudu, zatímco mimo období reprodukce byla migrace ryb zvýšena v období silného proudění (Slavík a kol., 2009a).

Kaprovité ryby nemají oproti lososovitým takový energický potenciál. Z tohoto důvodu se migraci za vysokých průtoků vyhýbají (Lucas a kol., 1999; 2000). Preferují spíše průměrné hodnoty proudění. Např. plotice obecná a cejnek malý *Bliccabjoerkna* se v RP nacházeli při průměrných průtocích během celého jara (Slavík a kol., 2012). To potvrdila i jiná pozorování (Prchalová a kol., 2011). Naopak ouklej obecná se v měsíci dubnu v přechodech vyskytovala pouze při velice nízkých hodnotách průtoků, zatímco koncem jara migrovali především za vysokých průtoků (Slavík a kol., 2009b)

## **4 Rybí přechody**

Vlivem antropogenní činnosti vznikla na řekách řada staveb jako vodní elektrárny, přehrady, jezy a nádrže. Tím vznikly příčné překážky, které rybám znemožňují volný pohyb říční sítí. Za účelem překonání příčných překážek a obnovy přerušovaných migračních koridorů se začaly budovat rybí přechody.

### **4.1 Historie rybích přechodů**

První zmínka o rybích přechodech sahá do 17. století, i když v této době sloužily rybí přechody k jiným účelům než dnes. Výstavba těchto přechodů sloužila k získání lepšího úlovku ryb. Za velký mezník ve výstavbě přechodů se považuje konec 19. a začátek 20. století. Z velké části k tomu přispěla výstavba přehrad a jezů, které znemožňovaly rybám migrovat. Díky takto silně ovlivněnému ekosystému docházelo na určitých místech k vymření některých druhů ryb a ke snížení celkové početnosti rybích společenstev. První technický přechod, který splňoval jak technické požadavky, tak biologickou funkčnost, byl přechod komůrkový. V ČR byl tento rybí přechod poprvé použitý na Ohři u Terezína v 19. století. Jeho různé variace jsou požívány dodnes. (Vostradovský, J. 2005)

O nápravu se lidé začali snažit v polovině 20. století, kdy se problematika s nedostatečnou migrací ryb začíná dostávat do popředí zájmů veřejnosti. V současnosti jsou rybí přechody povinné vybudovat u všech nových příčných vodních staveb. Celkový počet všech stupňů na tocích 4. a vyšší třídy je v současné době kolem 6600. Jejich úprava a zprůchodnění pro migraci ryb potrvá ještě mnoho desítek let, za nejlepší způsob zprůchodnění příčné překážky je její odstranění. To ovšem není u hospodářsky významných staveb možné.

### **4.2 Typy rybích přechodů**

Rybí přechody jsou člověkem vytvořené stavby na vodních tocích, které zajišťují pohyb ryb nebo jiných vodních organismů přes vodohospodářské stavby. Podle hydraulického řešení řadíme rybí přechody do dvou skupin. U prvního typu dochází k tlumení energie za pomoci různých tůní a bazénků. U druhé skupiny dochází k tlumení energie za pomoci zdrsnění dna a boků přechodu. (TNV 75 2321, 2011)



Rybí přechody můžeme dále rozdělit do tří základních skupin. Na technické, přírodě blízké a kombinované. Rybí přechody mohou být i mobilní. Ty lze použít jen na určitou dobu během migračního cyklu a následně je zase složit. (HANEL, L. a LUSK, 2005)

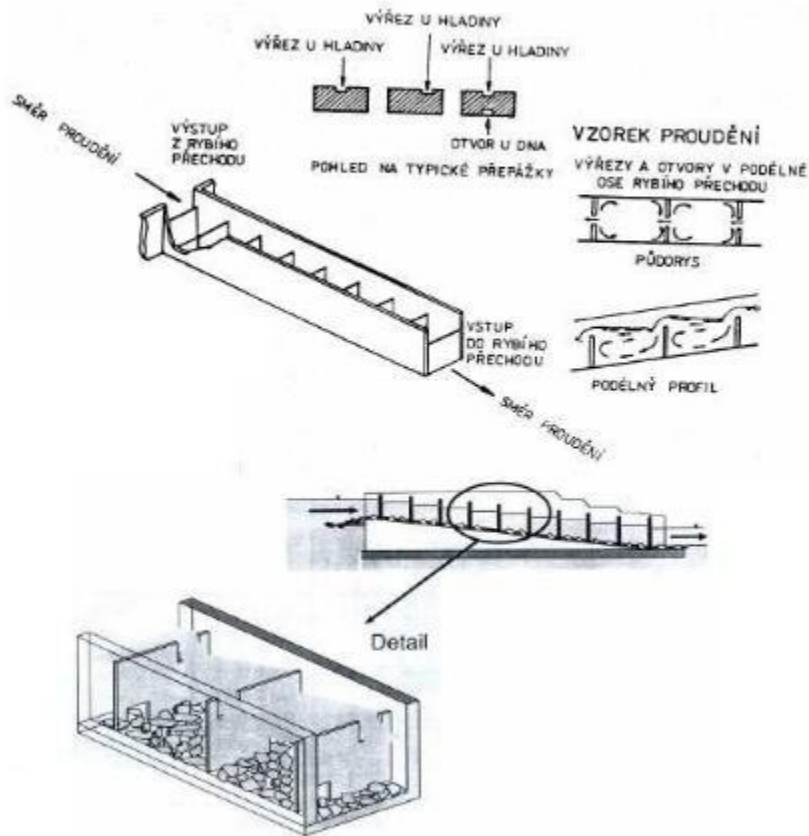
#### **4.2.1 Technické rybí přechody**

Přechody tohoto typu se budují zejména na větších tocích a u vysokých překážek. Tento druh přechodů bývá součástí příčných překážek (jsou budovány přímo na nich). Aby byl zachován hydraulický poměr a ryby mohly překonat překážku, nesmí sklon přesahovat poměr 1:15. Mezi další důležité faktory řadíme i možnost regulace průtoku na vtoku a ústí. Vodní proudění musí být upraveno tak, aby nedocházelo k opětovnému splavování ryb. Rozdíl vodní hladiny nesmí převyšovat 0,2m. U tohoto typu přechodu by měl být zajištěn přídavný manipulovatelný proud, a to z důvodu ztraktivnění vstupu ryb do přechodu.

Mezi nejčastěji používané stavební materiály patří kámen, beton, železobeton a železo. Při stavbě se také může použít dřevo. Neměly by být využívány porézní materiály, jako jsou cihly a tvárnice.

##### **4.2.1.1 Komůrkový rybí přechod**

Komůrkový přechod je tvořen nejčastěji betonovým korytem, které je po celé své šíři přehrazeno přepážkami. Tím vznikají komůrky. Každá přepážka má v sobě vytvořené dva otvory, kde jeden je umístěný u dna a druhý u hladiny. Tím vzniká, dnové a hladinové proudění. Tento typ se díky svému křížovému postavení děr někdy označuje jako „cik – cak“. (VOSTRADOVSKÝ. J. 2006) Vzdálenost mezi komůrkami by neměla být větší než 0.2m. Délka komory by neměla přesahovat 3m, šíře jsou nejčastěji v rozmezí 1,2-1,8m. V některých případech mohou být širší. Velikost otvoru by měla být nejméně 0,15m(TNV 75 2321,2011). Mezi výhody patří standardizované rozměry, které ulehčují jeho výstavbu. Mezi nedostatky můžeme zařadit časté zanesení spodních otvorů a tím zapříčiněné změny v říčním proudění. V ČR se nejčastěji využívá na Labi, Vltavě a Moravě. (VOSTRADOVSKÝ. J. 2006)



Obr č.1: Komůrkový rybí přechod (VOSTRADOVSKÝ. J. 2006)

#### 4.2.1.2 Komůrkový rybí přechod s přepážkami z kamenů

V tomto typu jsou přepážky tvořené kameny, které jsou poskládány napříč korytem a pevně uchyceny v betonovém korytu. Mezi kameny jsou malé štěrby v rozmezí od 0,1-0,3m, kterými mohou živočichové volně proplouvat. Velikost kamenů je úměrná velikosti koryta. Vzdálenost kamenů by měla být kolem 2m, pro toky s výskytem lososovitých ryb nejvýše 3m. U tohoto typu můžeme korigovat proud toku přidáním nebo naopak ubráním kamenů.

#### 4.2.1.3 Komůrkový rybí přechod s kartáči

Technologie využívání kartáčů pro rybí přechody se datuje do roku 2000. Podle různých studií vykazuje tato nová německá technologie řadu úspěchů, které jsou spojeny s adekvátní biologickou účinností a různými konstrukčními přednostmi (Hassinger R, 2002). Pro tlumení a usměrňování proudu se využívají umělohmotné elastické pruty. Při výstavbě rybích přechodů nemusíme využít jen tuto technologii, lze ji použít i jako doplněk pro zlepšení

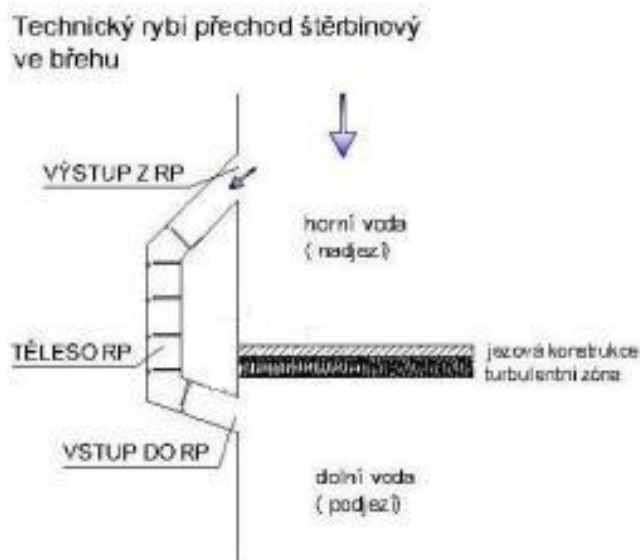
funkčnosti již vybudovaných přechodů nebo jí zkombinovat s jiným typem přechodu (Horký a kol, 2013). Mezi výhody této technologie patří vhodné hydraulické parametry trati rybích přechodů, které dává šanci překonat příčnou překážku širokému druhovému a velikostnímu spektru ryb. Nízká investice, rychlá a snadná výstavba je další nesporná výhoda. Mezi nevýhody patří krátká životnost kartáčů, které je po nějakém čase nutné měnit. Dochází k častějšímu zanášení a je tedy nutná pravidelná údržba (Horký a kol., 2013).



Obr. č.2: použití kartáčové technologie ( Dr. Ing. R Hassinger)

#### 4.2.1.4 Štěrbínový rybí přechod

Jedná se o obdobnou konstrukci jako u komůrkového přechodu s rozdílem, že přepážky nejsou po celé šířce koryta. V přepážkách se nachází jedna nebo dvě svislé štěrby. Jejich šíře se odvíjí od velikosti migrujících ryb. Většinou se jedná o rozmezí 0,15-0,6m. Vzdálenost mezi přepážkami se pohybuje mezi 2 až 3m (TNV 75 2321.,2011). Ve výjimečných případech je vzdálenost větší. Tento typ se v současné době upřednostňuje před komůrkovým přechodem a to z několika důvodů. Při změně průtoku se zde nemění hydraulický poměr, dále u něho dochází v menším množství k zanesení a ucpání. Zároveň se lépe čistí, čímž je usnadněn jeho provoz a údržba. S tímto typem přechodu se můžeme setkat na většině významných českých řek jako Labi a Ohři.



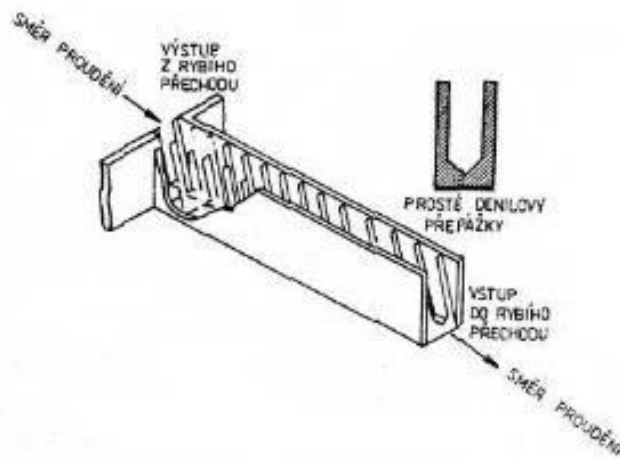
Obr č.3 štěrbinový rybí přechod(TNV 75 2321.,2011)

#### 4.2.1.5 Denilův rybí přechod

Jedná se o přechod, kdy jsou do vybetonovaného žlabu vloženy příčné přepážky. Ty jsou umístěné po celé šířce koryta a vysoké zhruba do dvou třetin výšky žlabu v lehkém sklonu proti říčnímu proudění. Voda protéká přepážkami uspořádaných do tvaru V, na které navazují jiné, tentokrát obdélníkového tvaru. (VOSTRADOVSKÝ. J. 2006)

Tento přechod se často využívá u středně vysokých, až vysokých jezů s velkým spádem a současně malým prostorem pod hrází. Přechod není vhodný pro malé nebo středně velké ryby. Je využíván zejména velkými rybami, které jsou schopné proplout nejsilnějšími hodnotami proudění.

Mezi přední výhody patří jeho snadné vybudování, které umožňuje jeho výstavbu i ve stísněných prostorech. Je však velice náročný na údržbu. Často se zanáší. Je proto vyžadována každodenní údržba. Denilův přechod se nehodí do vod ČR. Není zde tedy využíván. Můžeme se s ním setkat v USA, Francii a Německu.



Obr. Č.4 Denilův rybí přechod (VOSTRADOVSKÝ. J. 2006)

#### 4.2.2 Rybí přechody přírodě blízké

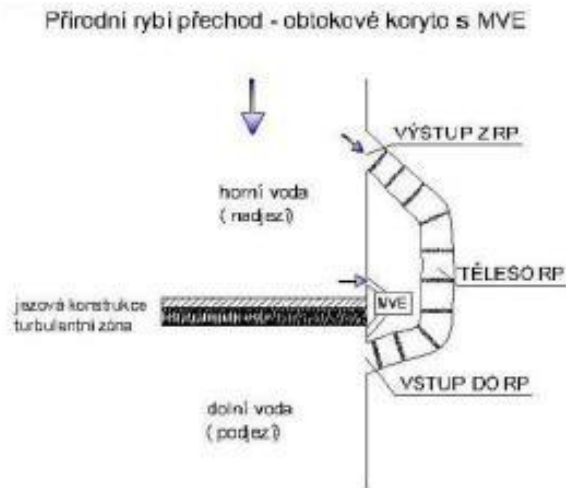
Samotný název těchto přechodů udává, že se jedná o stavby blízké se přirozeným podmínkám v tocích. Tedy přirozeným hydraulickým podmínkám nebo peřejím. Tyto přechody se stavějí s ohledem na krajinný ráz. Na výstavbu jsou využívány zejména přírodní materiály nebo blízké napodobeniny říčního koryta, které poskytuje střídání klidových zón a proudových částí. Z těchto důvodů bývají často velmi dobře průchodné a využívané vodní faunou, která jej mimo jiné i trvale osidluje.

Mezi důležité faktory zvyšující oblíbenost při využívání přechodu je kladen důraz na proměnlivé říční proudění jak v podélném, tak i v příčném směru se střední rychlostí proudění okolo 0,5 m/s a u dna nepřesahující rychlost 0,2 m/s. A s nízkým sklonem toku v poměru 1:20. Dno by mělo být vysypáno hrubým substrátem a s členitým povrchem. (TNV 75 2321, 2011)

##### 4.2.2.1 Obtokové koryto

Obtokovému korytu se často říká obchvat nebo bypass. Podjezí a nadjezí je spojováno korytem, které obchází překážku. Pro výstavbu se často využívá prvotního říčního koryta. S různorodou členitostí dna se odlišují poměry proudů, které zajišťují rybám plynulý pohyb mezi nadjezím a podjezím. Stabilní dno se zajišťuje pomocí kamenů, uložených na separační geotextilii. Koryto se vytváří za pomoci tůní a bazének, oddělovaných kamenitými přepážkami. Rozdíl mezi hladinou tůní je od 0,15 m do 0,2 m (TNV 75 2321, 2011). Přepážky jsou vytvářeny velkými kameny, které jsou pevně usazeny do dna v třetině své výšky. Mezery mezi kameny jsou umístěny ve vzdálenosti 0,2 – 0,4 m. Hloubka v rybím přechodu by měla být minimálně 0,2 m. Na řekách s výskytem pstruhů 0,5 m. (VOSTRADOVSKÝ. J.

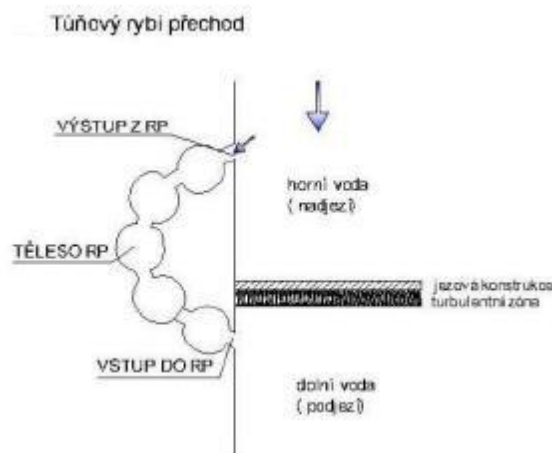
2005). Pro výstavbu těchto přechodů je nutné rozsáhlé území, to je spolu s finanční náročností považováno za největší nevýhodu. Obtokové koryto umožňuje migraci i malým rybám, jako jsou střevle a mřenky.



Obr. Č.5 obtokové koryto.( TNV 75 2321,2011)

#### 4.2.2.2 Tůňový rybí přechod

Tůňový rybí přechod je veden kolem příčné překážky mimo koryto toku. Je tvořen systémem různých tůň, které jsou společně propojeny kanálky. Rozdíl mezi tůňemi je tvořen kamennými přepážkami, které jsou umístěny do spojovacího kanálu nebo vytvořením přejezdného prahu. Hloubka v tůňích by neměla být nižší než 0,7m. V kanálcích by výška hladiny neměla klesnout pod 0,3m( TNV 75 2321,2011). Aby byl přechod využíván, je potřeba zajistit, přídatný proud nebo upravit členitost dna.

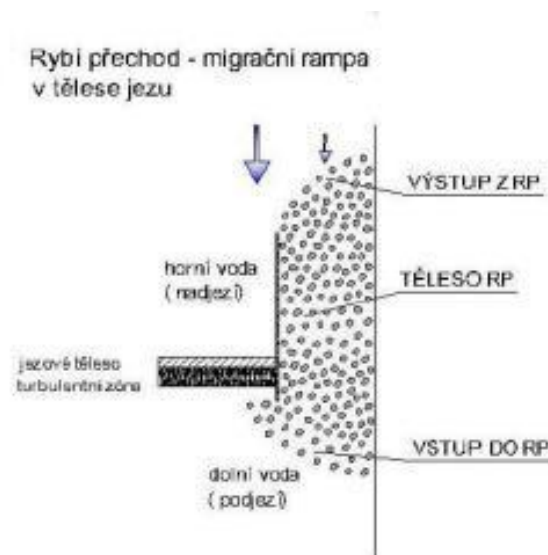


Obr. Č.6:Tůňový rybí přechod (TNV 75 2321,2011)

#### 4.2.2.3 Migrační rampa

Migrační rampa je většinou tvořena betonovou konstrukcí, do které se umísťují větší kameny. Existují dva typy těchto ramp. V prvním případě rampa protíná kolmo těleso jezu betonovým žlabem a její výstup je umístěn nad jezové těleso v horní hladině vody. V tomto typu tvoří přepážky balvany o velikosti 0,6m až 1 m, mezi kterými jsou mezery v rozpětí 0,1 m až 0,5m. Minimální hloubka se pohybuje mezi 0,3m až 0,4m, může být i větší rychlost průtoku je minimálně 0,1m/s. Ve druhém případě je rampa přímo součástí jezu a betonová konstrukce tvoří základ rybiho přechodu. Šířka rampy by měla být větší než 3,5 m se sklonem 1:20. Přepážky, které jsou součástí přechodu, jsou tvořené balvany nebo betonovými prvky, které jsou pevně uchyceny. Ty nám vytvářejí množství tůní zajišťující vhodné hydraulické podmínky. Dno je dále zdrsňeno menšími kameny nebo různými fragmenty. Rychlost výstupu by neměla přesahovat 0,4m/s. Je nutné zamezit pomocí vhodné konstrukce nátok vody do přechodu. (TNV 75 232, 2011)

Migrační rampa se nepoužívá u přechodů, které převyšují 2 m. Důvodem je příliš dlouhá rampa, to ale není to vždy pravidlem. Např. v Břeclavi byl tento typ přechodu vybudován na jezu vysokém 3,4m. (Hánová K. a kol, 2011). Za obrovskou výhodu se považuje snadná využitelnost pro veškerou vodní faunu a tím spojené celoroční osidlování. Nevyžaduje trvalou údržbu. Musí být však zajištěna po celý rok stejná výška vodní hladiny na horní vodě.



Obr. 7: Migrační rampa (TNV 75 2321,2011)

### 4.2.3 Kombinované rybí přechody

Principem kombinovaných přechodů je sloučení přírodních a technických typů. Budují se převážně tam, kde je vysoká rychlost říčního proudění nebo nedostatečné množství místa. To se řeší právě kombinací typů, kdy je například jedna část tvořena obtokovým korytem a druhá část šterbinovým RP. Při budování musí být kladen vysoký důraz na rovnoměrný sklon.

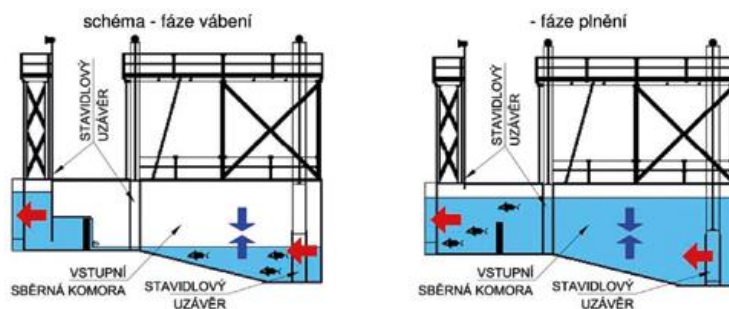
### 4.2.4 Speciální rybí přechody

Tento typ přechodů se používá u vysokých vodních překážek, jako jsou vodní přehrady. Z důvodu vysokých rozměrů a složitosti staveb není často možné stavět klasické přechody přírodního nebo kombinovaného typu. Proto jsou zde navrhované různé systémy upraveného uzavřeného potrubí. (SLAVIK, O., VANCURA, 2012)

#### 4.2.4.1 Rybí zdviže

Jedná se o zařízení, které pracuje na základě oddělených cyklů, které funguje jako plavební komory lodí. Při výstavbě těchto přechodů je potřebné zajistit atraktivní proudění v dolní hladině vody a zamezit turbulentnímu a provzdušněnému proudu. Délka jednoho cyklu je v rozmezí 1 až 4 hodin (Larinier a kol., 2002). Za velké výhody se považují malé rozměry a krátké doby výstupu. Nevýhodou je automatizace s řadou technických prvků. Zdviže nejsou využívány celoročně. Většinou jsou používány v době migračních cyklů. U nás se tento typ nepoužívá.

Alternativou vrží mohou být rybí výtahy tvořené mechanickým zařízením s pohyblivou vrší, do které jsou ryby lákány vhodným proudem vody a následně vytaženy nad horní hladinu do zdrže (Slavík a kol., 2012). Toto řešení je považováno za vhodné pro velké ryby.



Obr.č.8: Rybí komora (Baumgartnera, 2003)



### **4.3 Legislativa rybích přechodů**

Stavbou rybích přechodů, které umožňují rybám překonávat příčné překážky protiproudové migrace, jsou silně ovlivňovány hydraulické poměry toku a celkově se snižuje jeho hospodářská využitelnost. Ta spočívá ve splavnosti pro lodní dopravu, využití pro závlahy, odběru vody do rybníků a jiné. Proto byla výstavba rybích přechodů ošetřena legislativou, která udává, za jakých okolností je možné přechod stavět a tím ovlivnit podmínky na toku. Také určuje, co musí výstavbě přechodů předcházet a jaké parametry musí splňovat.

#### **4.3.1 Zákony a vyhlášky udávané Českou republikou**

Zákon 254/2001SB.o vodách je hlavní legislativou dotýkající se vodních toků. Byl vydán v plném znění vládou České republiky ve sbírce zákonů č. 273/2010 Sb. v roce 2010. Obsahuje některé nařízení ze Směrnice Evropského parlamentu a rady s označením 2000/60/ES, která byla vydána 23.října 2000. Tato směrnice ustanovuje rámec činnosti společenství zemí EU v oblasti vodní politiky. Hlavním cílem této Směrnice je zajistit celkovou ochranu vod vedoucí k zlepšení kvality toků a s nimi spojených ekosystémů. K dosažení těchto cílů byla stanovena doba 15 let s možným prodloužením až na 27let (MŽP 2000).

Migrací ryb se zabývá první paragraf vodního zákona § 15 odstavec 6, který určuje pro výstavbu vodních staveb a případnou změnu jejich využití. U těchto vodních překážek nesmí docházet k omezení migrace ryb v obou směrech toku. Výjimka těchto nařízení je povolena pro stavby, u kterých je z technických důvodů zprůchodnění neproveditelné, nebo je proveditelné za cenu příliš vysokých finančních nákladů. V tomto znění je podpora migrace ryb vyjádřena nepřímou jako nezbytná součást ochrany ekosystému a zajištění lepší ekologické stability. Z nařízení můžeme usoudit, že se jedná o problematiku rybích přechodů, jelikož jen za pomoci těchto staveb lze zajistit průchodnost toku pro organismy (Lusk a kol, 2011a). Aniž bychom danou překážku museli odstranit.

Řešení ke zprůchodnění říčních koryt a zajištění plynulé rybí migrace slouží několik legislativních norem, předpisů a koncepčních dokumentů. Dodržení prostupnosti toků vyplývají z § 15 odst. 6 zákona č 254/2011 Sb., o vodách, který v plném znění udává, za jakých podmínek je možné povolit výstavbu vodních děl a jejich následných změn užívání. Při jejich výstavbě musí být zohledněna zejména ochrana vodních ekosystémů nebo

ekosystémů na vodu vázaných. Vodní stavby nesmějí zamezovat pohybu ryb a vodních organismů v obou směrech toku.

Plynulost říčních sítí může být obnovena odstranění nevyužívaných nebo nefunkčních staveb, zamezujících pohybu organismů napříč vodním tokem, nebo v případě využívaných a funkčních staveb se může tok zprůchodnit pomocí rybích přechodů. Tento způsob je jedním ze strategie ochrany vodní fauny a její rozmanitosti v České republice. Tato obnova a zprůchodňování je ošetřeno schválením vlády ČR č.620/2005. Zprůchodňování migračních bariér se zejména podporuje druhová rozmanitost a rovnoměrné rozšíření populací ryb po celé délce toku. Mezi další rámcové cíle je brána obnova úkrytových a rozmnožovacích biotopů, které slouží k ochraně vod a vodních organismů. Tento cíl si vytyčily hlavní povodí České republiky schválením usnesení vlády č. 562/2007. Slouží zejména k zajištění dostatečných hydromorfologických podmínek vodních útvarů zajišťujících dobrý ekologický stav a ekologický potenciál.

Samotná zmínka o rybím přechodu se ve vodním zákonu nevyskytuje. Tento termín se objevuje až ve vyhlášce 590/2002 sb. o technických požadavcích pro vodní díla. Kde je v § 19 uveden odstavec 1 jiné stavby vyžadující povolení k nakládání s vodami. V druhém odstavci je zahrnuta manipulace s rybím přechodem, při které má být zamezeno nežádoucí manipulaci a nelegálnímu lovu ryb. Před samotným návrhem rybího přechodu musí být proveden ichtyologický průzkum, zjištěn hydrologický režim toku a možnost řízení průtoku. Vyhláška č. 7/2003 sb. o vodách nařizuje u nově vzniklých vodních staveb nebo jejich změnách v stavebním povolení zmínit informace o přítomnosti rybího přechodu. Rybí přechody a jejich výstavba musí podléhat technickým normám, které jsou zavedeny v TNV 73 2321, zde jsou zapsány parametry pro zprůchodnění bariér rybími přechody a také se zabývá jejich navrhováním, při kterém je kladen velký důraz na migrační potřeby ryb s přihlédnutím na revitalizaci různorodosti rybí osádky v říčních sítích. Norma TNV 73 2321 se zabývá přechody na větších tocích. Obdobné předpisy, které jsou shrnuty pro menší řeky, jsou zahrnuty v normě TNV 75 2322.

Zákon 99/2004 Sb. o rybářství udává předpisy o výkonu rybářského práva, rybářské strážní, ochraně mořských rybolovných zdrojů a o změně některých zákonů (Zákon o rybářství). V tomto legislativním předpisu je dále zakázáno lovit ryby v rybím přechodu a ve vzdálenosti

50 m nad ním a pod ním. Také není povoleno zabraňovat obousměrné migraci v rybářských revírech, toto nařízení je uvedeno v § 13 odstavci 3d.

Další legislativní opatření, které slouží k obnově populace úhoře říčního *Anguilla anguilla*, je směrnice plynoucí z nařízení rady ES č. 1100/2007, která se vztahuje zejména pro mezinárodní povodí, jako je Labe a Odry. Tato nařízení se závazkem zprůchodnění říční sítě ČR byla předložena Ministerstvem zemědělství ke schválení Evropské komisi.

#### **4.4 Navrhování rybích přechodů**

Rybí přechody jsou vodní díla, která slouží k překonávání příčných překážek převážně rybám, ale i jiným vodním organismům. Tyto stavby nemohou být izolovány od toku a voda musí přechodem protékat i za minimálního průtoku (Land Salzburg 2005). Průchodnost se posuzuje na základě dvou kritérií.

- Kvalitativní- díky kterému zajistíme průchod co největšímu druhovému spektru v co nejširším velikostním rozhraní (SLAVIK, O., VANCURA , 2012).
- Kvantitativní- na základě tohoto měřítka se umožní migrace co největší množství ryb, bez ohledu na jejich velikost nebo druh (SLAVIK, O., VANCURA , 2012).

Aby byla kritéria splněna v co největším rozsahu, je velice důležitá předprojektová a projektová příprava rybího přechodu. Komise AOPK pro rybí přechody, složená z biologů, techniků a rybářů, bezplatně tyto návrhy posuzuje a navrhuje případná vylepšení (Birklen a kol, 2009). Nicméně jejich mandát má pouze poradní funkci.

#### **4.5 Předprojektová příprava**

Před samotným vytvořením plánu přechodu je nutná předprojektová příprava, kde zjišťujeme ekologické faktory na daném území. Pro vhodné vytvoření přechodu je důležité stanovit optimální hodnoty z ichtyologického průzkumu, krajinně přírodních funkcích toku, lokalit pro výstavbu RP a na základě dalších informací.

V ichtyologickém průzkumu zjišťujeme informace o stavu a druhovém zastoupení rybí populace na dané části toku. Bere se v úvahu rybářské obhospodařování, jako je vyhlášení

rybářských revírů, chráněných rybích oblastí a případného umělého vysazování ryb. Dále mohou dobře posloužit informace z databáze AOPK.

Krajina a funkce vodního toku se posuzují na základě umístění říční sítě závisí na hodnotě daného území. To znamená, jestli se nachází v NPR, CHKO, NP, EVL, nebo na území jiného zvláštního určení. V neposlední řadě zjišťujeme kvalitu vody, míru znečištění dané části toku a jiné informace o toku jako jsou zmínky o upravování koryta řeky, nebo jestli se jedná o přirozené koryto toku. Následně se nepřímo určuje, jakým způsobem je možno zlepšit kvalitu nebo míru znečištění podle norem Evropského parlamentu a Rady 2000/60/ES.

Lokalita pro výstavbu RP záleží na pozemcích, které se nacházejí na březích plánovaného místa stavby, jejich zastavěnosti, pozemních komunikacích, inženýrských sítí, apod. Zohledňujeme průtok a odběr vody, jak současný, tak výhledový. Ostatní informace získáváme převážně ze zdrojů nálezové databáze AOPK ČR a z koncepce zprůchodňování říční sítě ČR. (TNV 75 2321. 2011)

#### **4.6 Hydraulické podmínky pro rybí přechod**

Základním parametrem pro orientaci ryb jsou hloubka toku a linie jeho břehů. Jako vedlejší parametr slouží rychlost proudění. Pro správnou atraktivitu pro migrující ryby musí přechod splňovat vhodné hydraulické vlastnosti, které umožní jeho využití v plného potenciálu. Pro dosažení funkčnosti rybího přechodu je důležitá jeho velikost a dostatečný průtok, ten musí být v dobrém poměru k průtoku toku. Jeho průtok však nesmí ovlivňovat proudění v řece a vymílat dno přechodu. Z toho důvodu se musí v prvních fázích přechodu zjistit minimální průtoková hodnota, podle které se určuje provozní a vábíci průtoky v přechodu.

Velikost průtoku a celého rybího přechodu závisí zejména na skladbě ryb migrujících na daném toku. Přechod by měl být konstruován tak, aby vycházející proud pronikal co nejvíce do spodní vody. Jestli je průnik do spodní vody nedostatečný, je ho možné podpořit přidávanými proudy. K tomu nám mohou pomoci difuzory. Aby ryby byly správně navedeny do rybího přechodu, rychlost proudění by měla být větší než rychlost toku. Pro orientaci se uvádí, že rychlost proudění by měla být vyšší než 0,75 m/s. U lososovitých ryb by měla být výstupní rychlost vyšší jak 1,5 m/s. (TNV 75 2321, 2011). Za optimální průtoky pro vstup do

většího rybího přechodu považujeme -1% až 5% z celkového průtoku v řece. U menších se udává -5% až 10% z průměrného průtoku v řece.( TNV 75 2321,2011)

Při určování provozních hodnot průtoku je důležité brát v úvahu denní rychlost proudění, při kterých byl přechod nejvíce funkční. Jeho provoz by měl být plánován v co nejvyšším možném rozsahu denních průtoků. Těleso rybích přechodů by mělo být vybudováno v pozvolném sklonu. Každý rybí druh má na sklon své specifické požadavky. Pro ryby kaprovité se udává sklon v poměru 1:15 a nižší. Pro lososovité ryby uvádíme sklon 1:20.

Rozdílné hladiny v místech přechodu jako jsou bazénky, tůň a jiné by neměly přesahovat 0,15-0,20m. Pro rozrůznění proudění u dna je dno osázeno vhodným materiálem, štěrk, kameny (TNV 75 2321, 2011). Díky tomuto kroku zajistíme kvalitní úkryt malým rybám.

Výstupová rychlost proudění u přechodu by neměla překročit dopravní rychlost ryb. Ta se pohybuje mezi 0,45-1,15m/s. Optimální hodnota proudění u výstupu je považována do 0,4m/s.(TNV 75 2321, 2011). Pro výstup ryby z přechodu je důležité vyrovnaní kolísajících hladin při různých průtocích. Jedná-li se o kolísání hladin v řádech decimetrů, je tento problém většinou vyřešen konstrukcí přechodů. Jde-li o kolísání týkající se řádů metrů, musíme přemýšlet o hrazených výstupech nebo jiných technologických zařízeních.

#### **4.7 Umístění rybího přechodu**

Pro správné umístění rybího přechodu je důležité znát šířku a umístění příčné bariéry. Nejčastěji se setkáváme s bariérou, která je v toku umístěna kolmo. Přechod by měl být umístěn v místě nejhlubšího a nejsilnějšího proudění. A kolmo na bariéru. Jedná-li se o koryto, kde vzdálenost břehu je vyšší než 100 m, rybí přechod je zpravidla budován na obou stranách překážky. Jedná-li se o vodní elektrárnu, přechod by měl mít vstup v co nejtěsnější blízkosti k výstupu stavby.

V případě, kde je příčná překážka vystavěna v jiném než kolmém úhlu k ose toku, je rybí přechod budován v ostřejším úhlu k překážce( VOSTRADOVSKÝ. J. 2006).

Dalším parametrem pro umístění rybího přechodu je síla proudění. Ta se určuje pomocí měření nebo laboratorních zkoušek. Síla proudění u vstupu do přechodu nesmí vytvářet vysoce turbulentní proudění, to znemožňuje rybám správnou orientaci a snižuje se tím

účinnost přechodu. Měla by být tedy zachována atraktivita vstupu (SLAVIK, O., VANCURA, 2012).

Vstupy přechodů by měli vycházet z přirozenosti ryb. Jelikož víme, že se orientují pomocí břehů, umístíme vstupy co nejtěsněji k překážkám a co nejbližší břehu. (SLAVIK, O., VANCURA, 2012). Pro překonání výškových rozdílů musí být přechod opatřen pozvolným náběhem ve sklonu 1:15 až 1:2 (TNV 75 2321. 2011)

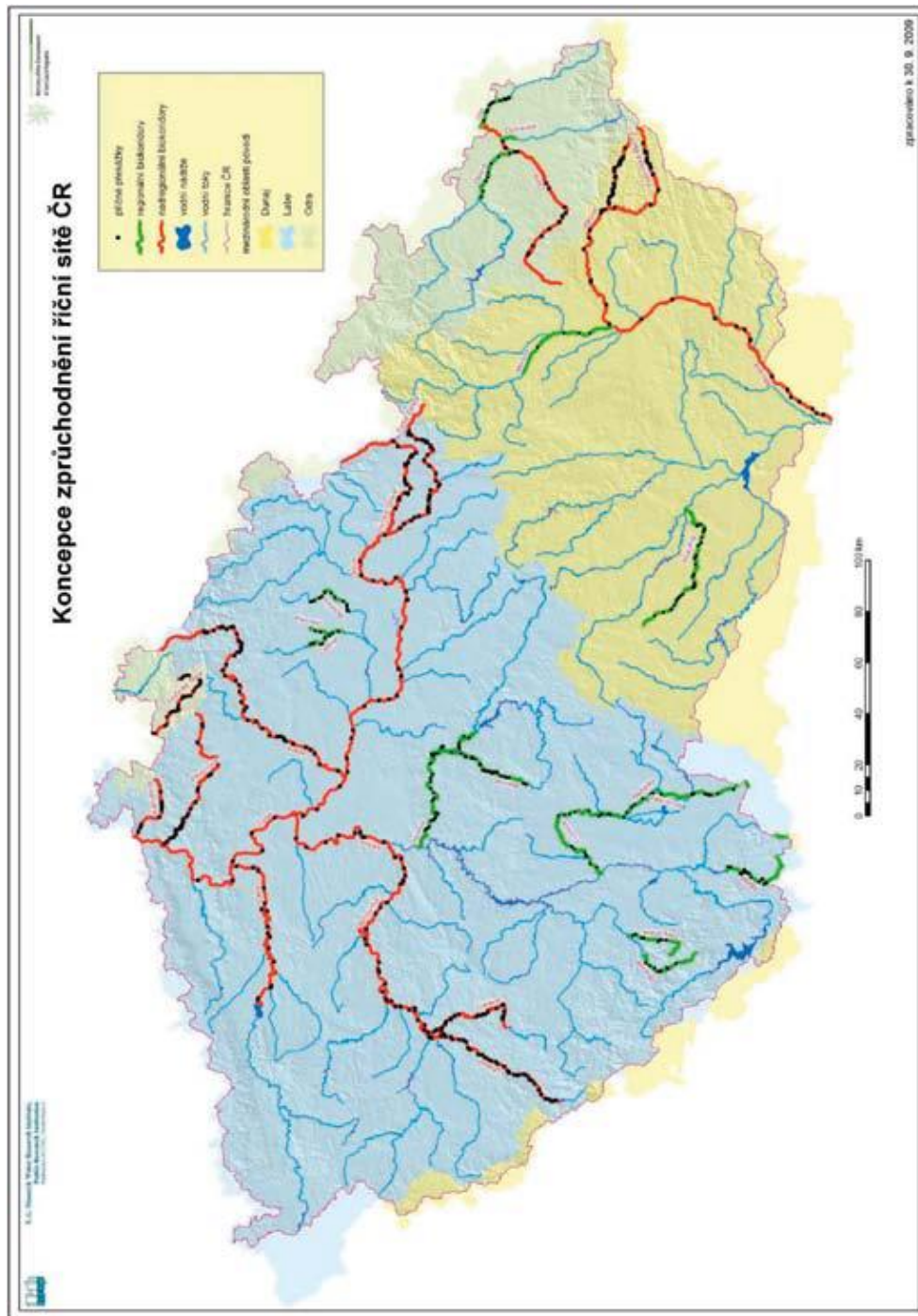
Umístění výstupu z přechodu by mělo být na takovém místě, aby nedocházelo ke strhávání ryb proudem pod jezem. Další důležitým znakem je zajištění splavených těles. Tato tělesa by mohla znemožňovat rybám výstup z přechodu. U výstupu se snažíme zajistit co nejnižší rychlost přítokové vody, a tak zabránit i nadměrnému víření vody. Výstup se snažíme situovat pod úhlem 45°; a nižším. Směřujeme ho proti proudu se zvážením prostorových a rychlostních možností proudu ( TNV 75 2321, 2011).

#### **4.8 Monitoring a vyhodnocování rybího přechodu**

Po výstavbě rybích přechodů je v první řadě důležité zjistit jejich účinnost, a zda splňují svou primární funkci. Při špatné prostupnosti je důležité zjistit, z jakého důvodu jsou přechody nepropustné, na základě těchto zjištění se následně provádějí úpravy, kterými se případné chyby napraví. V případě, že se neprovede následná zkouška RP a přechod nesplňuje potřebné parametry, stávají se na daném toku trvalou migrační překážkou. V ČR nejsou pro migraci ryb otevřené řeky Ohře, Berounka, Lužnice a Vltava. I přestože se do výstavby přechodů v posledních 15 letech investovalo mnoho finančních prostředků.

Před zahájením monitoringu v dané oblasti je potřeba znát informace o charakteru druhového zastoupení ryb a porovnat je i z historických záznamů, pokud je to možné. Abychom mohli správně vyhodnotit funkci rybího přechodu, potřebujeme znát vzorek ryb táhnoucí přechodem a rybího společenstva pod překážkou. Vyhodnocování je prováděno na základě druhového spektra, počtu jedinců a jejich délkové frekvence. Z těchto získaných dat lze odvodit selektivní vlastnosti rybího přechodu na migrující ryby. Není dostatečné vyhodnocovat rybí přechody pouze na základě hydraulických vlastností a konstrukčních prvků. Velice důležité je umístění ústí přechodu v příčném profilu toku, vzdálenost od hlavní proudnice, výška vodního sloupce u vstupního otvoru, poměr průtoků v rybím přechodu a hlavním korytě atd. (Slavík a

kol, 2012). Přechod není považován za účinný ani v případě špatně zvoleného typu přechodu k druhové struktuře společenstva. V konečné fázi je dobré vzít v potaz, zda se tok nachází v nadnárodním migračním koridoru a zda přechod obsahuje parametry vyhovující diadromním druhům. Aktuální členění migračních koridorů je uvedeno v Konceptci zprůchodnění říční sítě ČR (Slavíkováa kol., 2010) zobrazené v obr.8



**Obr.8** Koncepce zprůchodnění říční sítě v nadnárodních a národních migračních koridorech (Slavík a kol., 2012)

## 4.9 Rybí spektrum vyskytující se v rybím přechodu

Před samotným plánováním výstavby rybího přechodu by se měl uskutečnit ichtyologický průzkum. Na základě získaných informací se určuje typ a parametry rybího přechodu. Průzkum druhového zastoupení ryb se provádí na úrovni několikaletého pozorování společenstev a migrace ryb (Slavík a kol., 2005; 2006), sledování mohou probíhat během roku opakovaně (Horký a kol., 2010). Cílem je zjištění variability společenstva, díky které zjistíme následnou různorodost z vzorku rybího přechodu. Například vyhodnocení variability průtoku, teploty a migračních schopností ryb v řece Vecht v Nizozemsku prokázalo, že pouze 10 z 32 vyskytujících se druhů bylo schopno překonat jezy v 5–30 %ročního cyklu (Winter a Van Densen, 2001). Rybí přechody se musí budovat primárně s ohledem na druhy, které mají při překonávání přechodu největší potíže. Zejména se jedná o ryby velkých velikostí, jako jsou sumci a lososi nebo naopak malé druhy. Příkladem mohou být hrouzci, střevle. Do této rizikové skupiny patří i ryby, vyhýbající se mělkým a přejezdným úsekům. Získané informace můžeme odhadnout i na základě velikosti nebo řádu toku. V pramenných částech lze očekávat pouze 2 až 5 druhů ryb, zatímco v dolních částech toku se může vyskytovat spektrum od 30 do 50 druhů ryb.

Z finančních důvodů není většinou možné sledovat celé druhové spektrum při testování rybích přechodů. A proto určujeme tzv. deštníkové druhy. Jedná se ryby, které svými charakteristickými vlastnostmi zobecňují chování více druhů ryb v sledovaném prostředí. V každé studii by měly být zvoleny dva morfologicky odlišné druhy ryb. Za dobrou kombinaci se považuje zvolit ryby žijící v povrchové a střední části vodního sloupce s tzv. bentickými plavci. Spektrum zastoupených druhů ryb lze doplnit i o ryby nevstupující z důvodu malé výšky vodního sloupce vysokým spádem nebo velkou turbulencí do přechodu. Přítomnost těchto druhů, značí vynikající vlastnosti rybího přechodu.

Závěrem můžeme říci, že monitoring RP by měl v optimálním případě vycházet z existujících údajů průzkumu provedeného před realizací projektu. Vzorek ryb z RP by měl zahrnovat druhy v počtu, který je v podobném poměru ke společenstvu v úseku toku pod přechodem.



## 4.10 Účinnost rybích přechodů

Funkčnost rybích přechodů je určena množstvím ryb, které jsou za pomoci této stavby schopny překonat příčnou překážku. Úspěšnost využitelnosti se uvádí v procentech. V ideálním případě by měla být migrace umožněna všem druhům a různému velikostnímu rozhraní ryb ve stoprocentech. Musíme si ale přiznat, že dosáhnout takových hodnot je pouhý ideál, ani samotný tok bez umělých příčných překážek neumožňuje všem vyskytujícím se rybám překonat veškeré části řeky.

Žádný rybí přechod se nemůže přizpůsobit rozdílné migrační výkonnosti druhů. Přechod by měl být zejména přizpůsoben druhovému společenstvu ryb vyskytujícího se v přítomnosti rybího přechodu, které bylo zjištěno na základě ichtyologického výzkumu. Kromě těchto poznatků se musí do celkového hodnocení zahrnout místo, kde se rybí přechod nachází a zohlednit teplotu, rychlost průtoku atd. Souhrnem těchto parametrů vzniká různá efektivita rybích přechodů. Těchto příkladů je možné uvést řádově stovky (Bunt a kol., 2011), včetně různé účinnosti odlišných typů přechodů. Např. monitoring provedený na anglických řekách uvádí účinnost přechodu jako nedostatečnou při 12–16% úspěšnosti migrantů (Lucas, 2000) nebo 28% účinnosti pro jelce proudníka a 38% účinnosti pro plotici (Lucas a Mercer, 1996). Podobná práce z Dánska vyhodnocuje přechod jako neúčinný i při 50% úspěšnosti (Aarestrup, 2003). Účinnost přechodu na řece Vydře u Čeňkovy pily byla hodnocena jako dostatečná při 75 %. V rybím přechodu na řece Vltavě mezi Lenorou a Kvildou pak účinnost kolísala mezi 75–100 % a rovněž byla hodnocena jako dostatečná (Slavík, 1998; 2000). V rybím přechodu na řece Sázavě byla efektivita migrujících ryb mezi 1–8 %, jež byla považována jako zcela nevyhovující (Horký a kol., 2010). Podle mezinárodních údajů můžeme přechod považovat za plně funkční za předpokladu, že 70% označených ryb překonalo příčnou překážku. V případě, že je účinnost RP nižší, je nutné se překážku dále analyzovat a zjistit, jaké ryby přechod nevyužily.

## 4.11 Délka období sledování

Rybí přechody jsou v provozu po celý rok, aby byla umožněna migrace širokého druhového spektra. V obecné rovině platí, že ryby migrují na základě potravní nabídky a vlivem přírodních změn neustále. V rybích přechodech jsou nejsilnější migrační vlny zaznamenávány

v době rozmnožování. Z tohoto důvodu se rybí přechody testují v tomto období. Hlavní migrační tahy pozorujeme koncem zimy (kaprovité druhy, štika), na jaře (juvenilní úhoři a kaprovité druhy s opakovaným výtěrem) a na podzim (vrchol migrace pstruha obecného). Zimní období je typické pro migraci mníka (Slavík a kol, 2012).

Nejvhodnější doba monitoringu rybích přechodů s výskytem pstruha je od konce srpna do konce prosince. S výskytem ostatních druhů ryb od března do června. Na středních a dolních úsecích velkých toků dochází k hlavní migrační vlně po poklesu povodňových průtoků a oteplení vody na přelomu dubna a května (Slavík a kol, 2012).

Pokud se rybí přechod nachází na toku, kde reprodukční migrace probíhá v jarním i podzimním období, je nutné provádět monitoring po celý kalendářní rok. Toto platí i pro rybí přechody se strategickým významem. Za takové považujeme přechody, které tvoří bránu do velkého povodí řek, jako jsou Labe, Vltava, Morava, Berounka. Celé pozorování se provádí nejlépe 2-3 roky. V některých případech i trvale.

Při splnění předpokladu počtu migrujících jedinců v návaznosti na parametry prostředí, testování RP může být ukončeno po uplynutí ročního cyklu. Pokud byl vstup migrantů do přechodu náhodný, nebo se zde nevyskytoval vůbec, je třeba dobu monitoringu prodloužit nebo navrhnout úpravy RP. Po realizaci úprav rybího přechodu by mělo být testování zopakováno.

### **Souhrn úvodní části**

Migrace ryb říční sítí je omezována příčnými stavbami, jako jsou jezy nebo přehrad. Snižovat důsledky fragmentace toků může výstavba rybích přechodů, které umožní rybám i jiným vodním organismům překážku v toku překonat. Po výstavbě přechodu je podstatné stanovení jeho účinnosti a celkové funkčnosti. Při testování účinnosti rybích přechodů na Labi ve Štětí byly stanoveny tyto základní hypotézy a předpoklady funkčnosti. Rybí přechody budou funkční, pokud:

1. Ryby budou signifikantně reagovat na faktory prostředí, o kterých je obecně známé, že migraci rybími přechody ovlivňují. Jako klíčové faktory lze jmenovat teplotu a průtok.
2. Rybí přechody budou vykazovat dostatečnou účinnost.
4. Přechody nebudou velikostně ani druhově selektivní.

## 5 Materiál a metody

### 5.1 Popis lokality

Řeka Labe pramení v Krkonoších ve výšce 1383 metrů nad mořem. Od pramene k ústí v Severním moři měří 1091,47 km s celkovou plochou povodí 148,268 km<sup>2</sup>. Česká část řeky je 367,95 km dlouhá s plochou povodí 51,394 km<sup>2</sup>. Odlov a značení ryb realizováno na dolním toku Labe v ČR v úseku od jezu ve Štětí až po jez v Roudnici nad Labem. Těžiště studie bylo



v bezprostředním okolí jezu ve Štětí, kde se nacházely testované rybí přechody (obr. 1-4).



*Obr. 1-4: různé pohledy na trať rybích přechodů. Na obr. 1-2 je vidět trať balvanité rampy hlavního RP; na obr. 3-4 je trať vedlejšího RP s přepážkami vytvořenými pomocí štěrbin. Na obrázcích je také vidět budova MVE a těleso jezu.*

Balvanité koryto hlavního rybího přechodu bylo vytvořené pomocí lomového kamene. Mezi kamennými bloky umístěnými v řadách jsou štěrbiny v rozmezí 15-60 cm. Samotný rybí přechod i jeho vstup jsou umístěné na stejné straně toku jako MVE v blízkosti odtoku vody z turbín. Bližší technickou specifikaci parametrů přechodu lze nalézt v technické dokumentaci, která je na vyžádání dostupná u zadavatele této studie. Vedlejší přechod vznikl

rekonstrukcí trati původního historického přechodu. Trať byla modernizována vyrovnáním spádu a realizací štěrbinových překážek, které rozdělují trať přechodu v celém vertikálním profilu (obr. 5).



*Obr. 5: trať vedlejšího rybiho přechodu. Patrné jsou železobetonové příčky se štěrbinami.*

## 5.2 Sběr dat

Technická příprava pro samotné sledování probíhala v období květen – červen 2015. V této době byly na přechodu nainstalované čtečky pasivních integrátorů (PIT) a kamerové systémy. Senzory obou technologií byly umístěné na výstupu z obou přechodů tak, aby bylo možné detekovat úspěšný průchod ryb celou trasou přechodu. Pro uložení systémů do obou RP byl navržen a zhotoven hradičí plot, který naváděl migrující ryby do otvorů, kde byla instalována čidla obou systémů (obr. 6). Samotné sledování začalo v červnu 2015 a skončilo v polovině listopadu, kdy již na přístrojích nebyla zaznamenána žádná pohybová aktivita ryb. Následně byly systémy v zimním období podrobeny technické údržbě a kalibraci. Zařízení byla opět zapojena do obou RP v březnu 2016 a provozována do 21. 5. 2016.



### **5.3 Odlov ryb**

Odlov ryb proběhl z lodi pomocí hlubinného elektrického agregátu (obr. 7). Z důvodu nízké početnosti společenstva ve sledovaném úseku byl odlov opakován v několika termínech. Označení ryb v několika vzorcích navíc lépe zohledňovalo pohyb společenstva v průběhu roku. Odlovy byly provedeny v termínech červen 2015, červenec 2015 (2x), září 2015 a duben 2016. Úsek řeky Labe pod jezem byl proloven do té míry, že některé již ulovené a označené exempláře byly loveny opakovaně.



*Obr. 7: odlov ryb elektrickým agregátem*

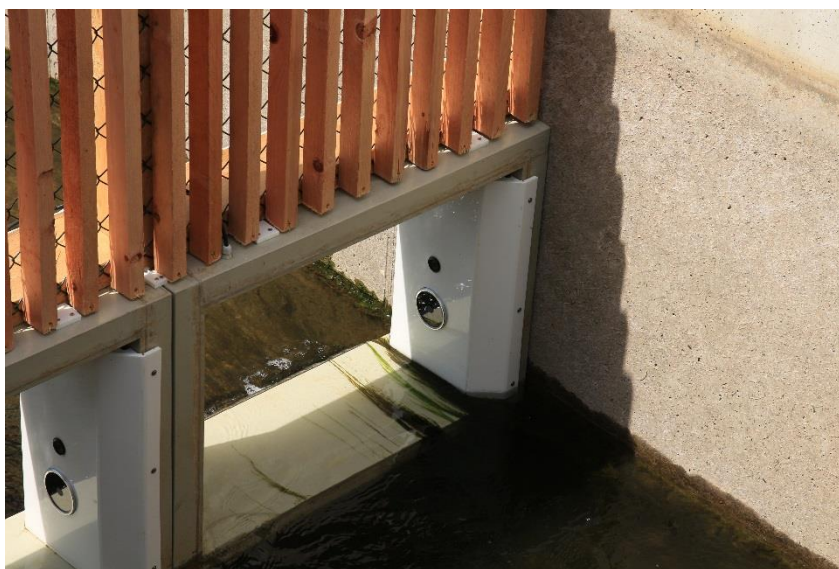
### **5.4 Kamerové systémy**

Do výstupních prostorů obou RP byly instalovány kamerové systémy s infračerveným osvětlením, které snímaly pohyb migrujících ryb (Obr. 8). Od kamer byl veden kabel, který záznam přenášel do přijímače a ukládal na paměťovou kartu. Data byla stahována v pravidelných intervalech. V hlavním RP byly instalovány dvě kamery, v menším šterbinovém RP byla instalována jedna kamera.

### **5.5 PIT**

Technologie pasivních integrátorů (PIT) je metoda, která umožňuje zachytit průchod označených jedinců čtecím zařízením (anténou). Princip fungování pasivních integrátorů je založený na bezkontaktním elektronickém informačním systému, který přenáší informace prostřednictvím rádiových vln. Pasivní transpondéry nemají baterii, místo které je v blízkosti

antény uvnitř čipu aktivován kondenzátor, který po nabití vyšle zpět informaci. Signál je zachycen anténou (obr. 8) a uložen do paměti přijímače. Pro ryby je nejvhodnější čip v podobě skleněné trubičky (tzv. glasstag) standardu ISO. Tyto čipy jsou rybami těžšími než 3 gramy bez problémů přijímány (Navarro et al., 2006). Čipy jsou aplikovány v jednorázových jehlách, které usnadňují manipulaci a minimalizují riziko infekce během značení. Mikročipy standardu ISO (rozměr 12 x 2 mm; váha 0,09 g) byly použité v předkládané studii.



*Obr. 8: elektronické rámy s instalovanými kamerami*

Celkem bylo pro účely testování účinnosti rybiho přechodu pomocí technologie PIT označeno 483 ryb. Poměr druhového zastoupení byl zvolený tak, aby reprezentoval rybí společenstvo na sledované lokalitě (obr. 9) s důrazem na schopnost jednotlivých druhů překonávat při migraci překážky a ochotu vstupovat do prostředí s vyššími rychlostmi proudění. Celkem tak bylo označeno 9druhů ryb. Konkrétně se jednalo o jelce tlouště, jesena a proudníka, bolena dravého, okouna říčního, parmu říční, plotici obecnou, štika obecnou, a ostroretku stěhovavou.



*Obr. 9: ryby odlovené elektrickým agregátem v podjezí. Vlevo nahoře a dole tloušť, vpravo nahoře parma, vpravo dole bolen.*

## **5.6 Parametry prostředí**

Parametry prostředí, které byly následně využité pro vyhodnocení migrací ryb přechodem, byly měřené průběžně v pravidelných intervalech. Teplota (0,9 – 24,4°C) byla měřena přímo v trati přechodu pomocí teplotní sondy. Údaje o průtoku (60 – 470 m<sup>3</sup>.s<sup>-1</sup>) byly pravidelně stahované z webu CHMU.

## **5.7 Statistická analýza**

Veškeré statistické analýzy, stejně jako nezbytná programátorská řešení a manipulace s daty, byly realizovány pomocí softwaru SAS (Statistical Analyses System, verze 9.2).

Ke každému jedinci, který byl zaznamenán kamerovou technologií nebo PIT, byly doplněné aktuální parametry prostředí v době jeho migrace. Zároveň byly vytvořené i denní průměry těchto parametrů, které byly použité pro dílčí analýzy. Jednotlivé modely a analýzy byly

realizovány na celém datovém souboru, ale i na jeho různě definovaných podmnožinách tak, aby byla zajištěná logika hodnocení a srovnatelnost jednotlivých výstupů.

Vzájemné vztahy mezi proměnnými byly testovány za využití zobecněných lineárních smíšených modelů (GLMM) a logistických regresí (GENMOD). Pro každou analýzu byl vytvořen separátní model. U smíšených modelů byly analýzy za účelem započítání náhodné chyby realizovány s datumem jako s náhodným faktorem (random factor) za využití procedury mixed. Významnost vlivu jednotlivých proměnných a jejich interakcí byla testována pomocí F testu. Hodnota parametrů tříd byla odhadnutá pomocí metody nejmenších čtverců (LS means) a jejich vzájemné rozdíly byly testovány pomocí t testu. Pro mnohonásobné porovnání byla použita metoda dle Tukeyho a Kramera. Stupně volnosti byly spočítané pomocí metody dle Kenwarda a Rogera.

## **6 Výsledky**

### **6.1 Charakteristika společenstva ryb**

V cílovém úseku toku Labe navazujícího na podjezí vodního díla Štětí byl dokumentovaný výskyt 9 druhů ryb. Mezi nejpočetnější náležely druhy kaprovité, zastoupené především jelcem tloušťem, který překvapivě představoval 82,5% počtu všech ulovených ryb (Tab1). Relativně významnější zastoupení vykazovala dále plotice a také ouklej, která však pro svoji citlivost k fyzickému poškození nebyla použita pro značkování a test funkce RP. Celkově lze sledovaný úsek hodnotit jako druhově velmi chudý s nízkou početností přítomných druhů. Např. stejné metody odchyty ryb prokázaly na Labi pod Střekovem přes dvě desítky druhů, z nichž také většina vstupovala do RP. Na srovnání druhové diversity a početnosti společenstva mezi úseky Hřensko – Střekov a Roudnice – Štětí je názorně vidět negativní vliv fragmentace toku a kanalizace koryta. Právě úsek pod jezem ve Štětí náleží k velmi významně ovlivněnému prostředí, kterému odpovídá degradovaná struktura kdysi bohatého společenstva. Zprůchodnění jezu Štětí oběma RP by proto v budoucnosti mohlo přinést zlepšení současné situace.

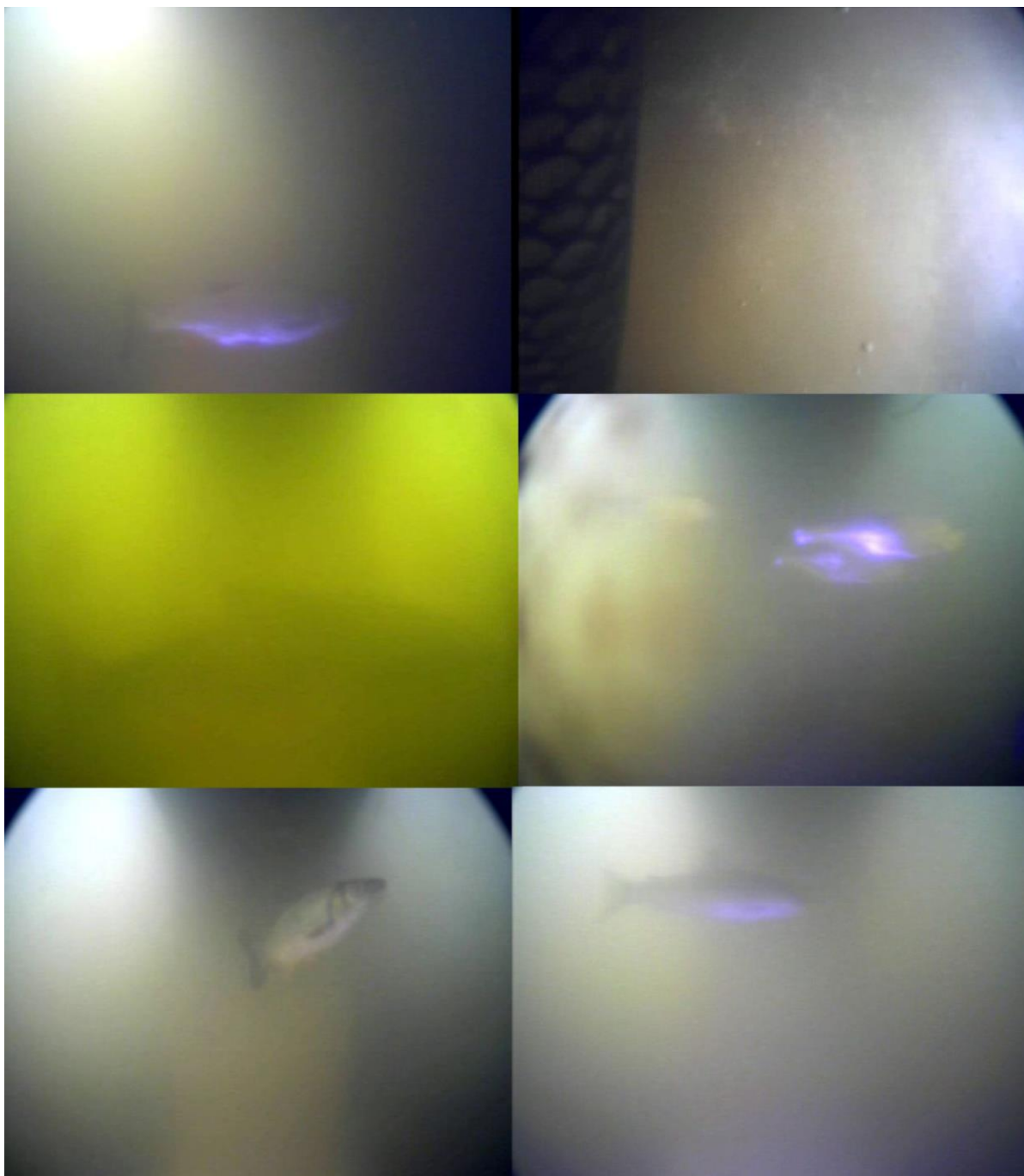


<i>Druh</i>	<i>Zastoupení ve vzorku</i>	<i>Délka</i>	<i>Váha</i>	<i>Výskyt v přechodu</i>
<b>Tloušť</b>	82,5	245 (102 – 560)	467 (25 – 2714)	Ano
<b>Okoun</b>	6	157 (131 – 252)	53 (35 – 83)	Ne
<b>Plotice</b>	4,5	177 (118 – 248)	78 (33 – 210)	Ano
<b>Parma</b>	2	310 (206 – 491)	356 (96 – 750)	Ne
<b>Jesen</b>	1,5	229 (160 – 301)	145 (52 – 238)	Ne
<b>Štika</b>	1,5	420 (329 – 520)	479 (237 – 686)	Ne
<b>Bolen</b>	1	511 (376 – 690)	1269 (420 – 1816)	Ne
<b>Proudník</b>	0,5	148 (145 – 152)	23 (20 – 26)	Ne
<b>Ostroretka</b>	0,5	416 (376 – 456)	822 (608 – 1036)	Ne

*Tab. 1: tabulka shrnující u označených druhů zastoupení ve společenstvu, jejich průměrnou délku a váhu s rozsahem hodnot a výskyt označených druhů v přechodu*

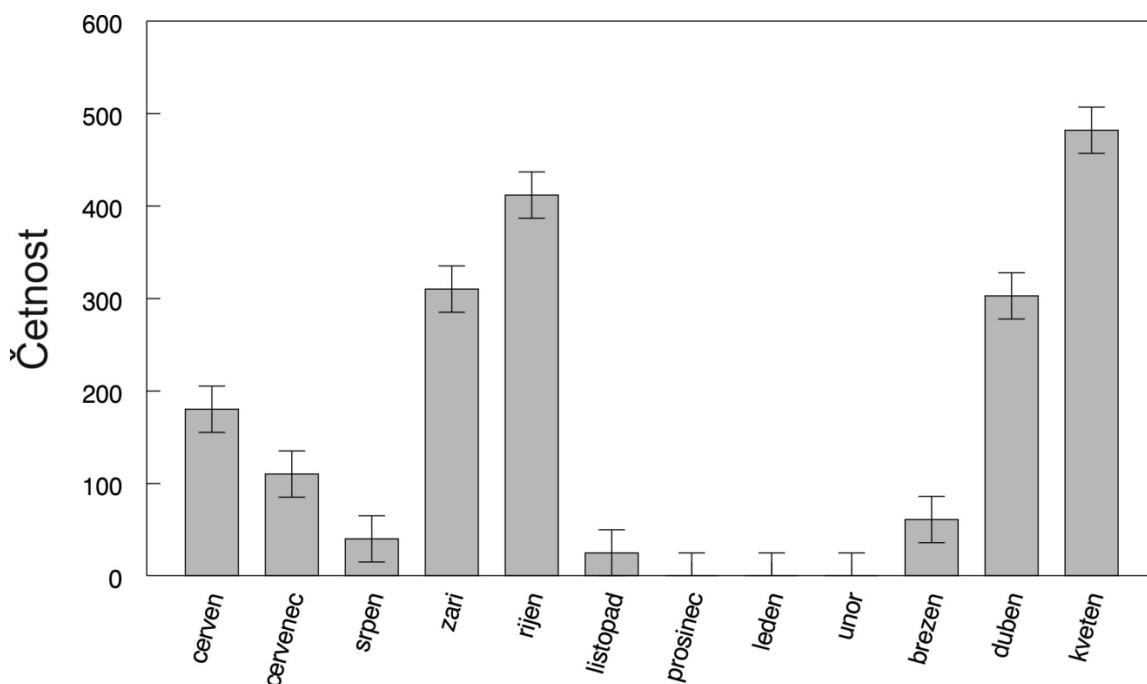
## 6.2 Kamerové systémy

U většiny záznamů z kamerových systémů bylo možné odhadnout velikost migrujících jedinců a u ca. 37 % z nich bylo možné s jistotou určit i druhovou příslušnost. Většina migrujících ryb (68%) byla zaznamenána v hlavním rybím přechodu. Dle kamerových záznamů oběma rybími přechody prokazatelně migroval jelec tloušť, ouklej obecná, plotice obecná a cejn velký (Obr. 10). Zastoupení jednotlivých druhů v přechodech odpovídalo složení společenstva pod jezem. Nejčastěji byl zaznamenán tloušť (73%), následovaný ouklejí (21%) a ploticí (6%). Jednou byl při migraci zaznamenán i zástupce lososovitých ryb (Obr. 10). Velikost lososovité ryby byla přibližně 60 cm a tak se pravděpodobně jednalo o vzrostlý exemplář pstruha obecného nebo naopak menší exemplář lososa obecného. Bohužel v době záznamu byla velmi nízká průhlednost a tak nebylo určení druhu možné. Nízká průhlednost byla po celou dobu sledování pro podmínky ve Štětí charakteristická.



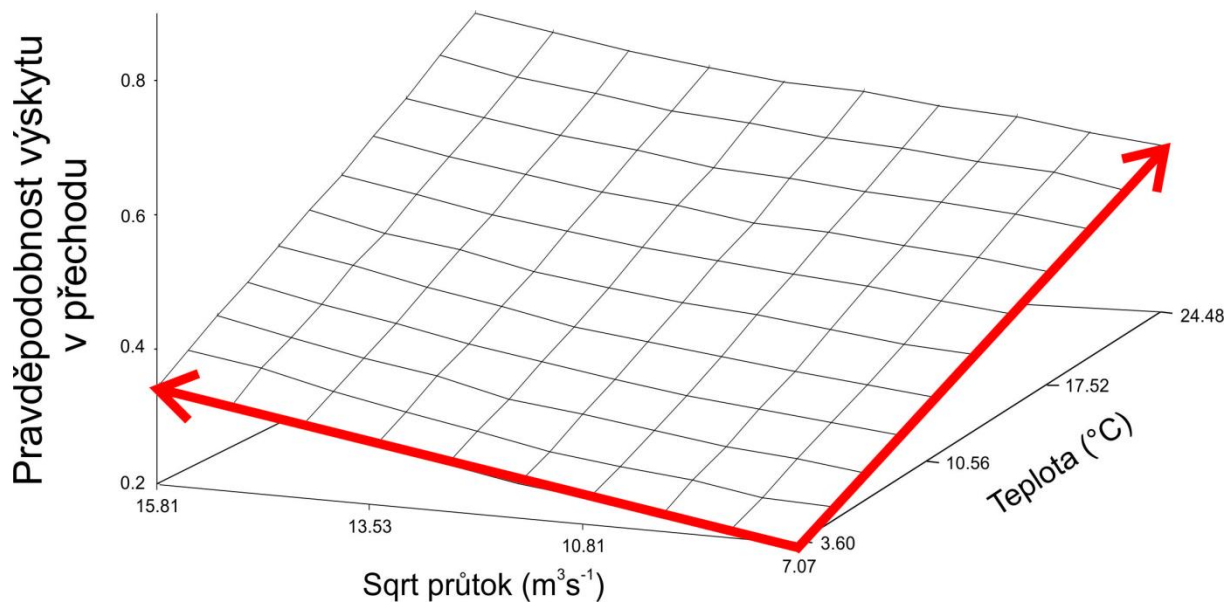
*Obr. 10: fotografie ryb z rybích přechodů. Vpravo dole lososovitá ryba.*

V průměru za celou dobu sledování migrovalo oběma rybími přechody 155 ryb denně, z toho 108 ryb proti proudu. V období vrcholících jarních reprodukčních migrací (duben/květen) rybími přechody migrovalo denně až 500 ryb, v období podzimních úkrytových migrací až 400 ryb (Obr. 11). Z kamerových záznamů vyplývá, že ryby často migrovaly v hejnech čítajících až několik desítek jedinců.

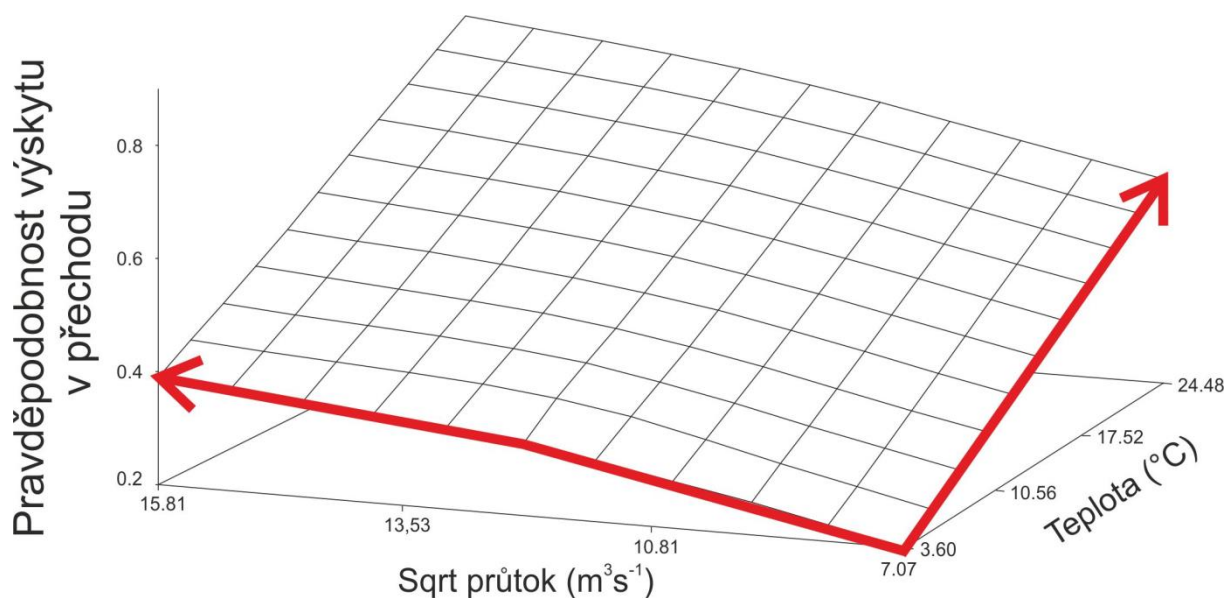


Obr. 11: počet migrujících ryb rybími přechody za den v jednotlivých měsících

Mezi nejdůležitější zjištění patří, že **migrující ryby přechody využívaly v závislosti na parametrech prostředí**. Konkrétně se pravděpodobnost výskytu ryb v hlavním ( $\chi^2 = 624.43$ ; d.f. = 1;  $P < 0.0001$ ; obr. 12) i štěrbinovém ( $\chi^2 = 419.56$ ; d.f. = 1;  $P < 0.0001$ ; obr. 13) přechodu zvyšovala se vzrůstající teplotou a průtokem. Potvrzení statistické významnosti tohoto vztahu je nejdůležitějším indikátorem **funkčnosti obou rybích přechodů**. Z hlediska obecného průběhu jarních reprodukčních migrací lze konstatovat, že první ryby se v přechodu objevily v druhé polovině března, když teplota přesáhla 6°C.



Obr. 12: pravděpodobnost výskytu ryb v hlavním přechodu v závislosti na průtoku a teplotě



Obr. 13: pravděpodobnost výskytu ryb ve štěrbinovém přechodu v závislosti na průtoku a teplotě

### 6.3 PIT

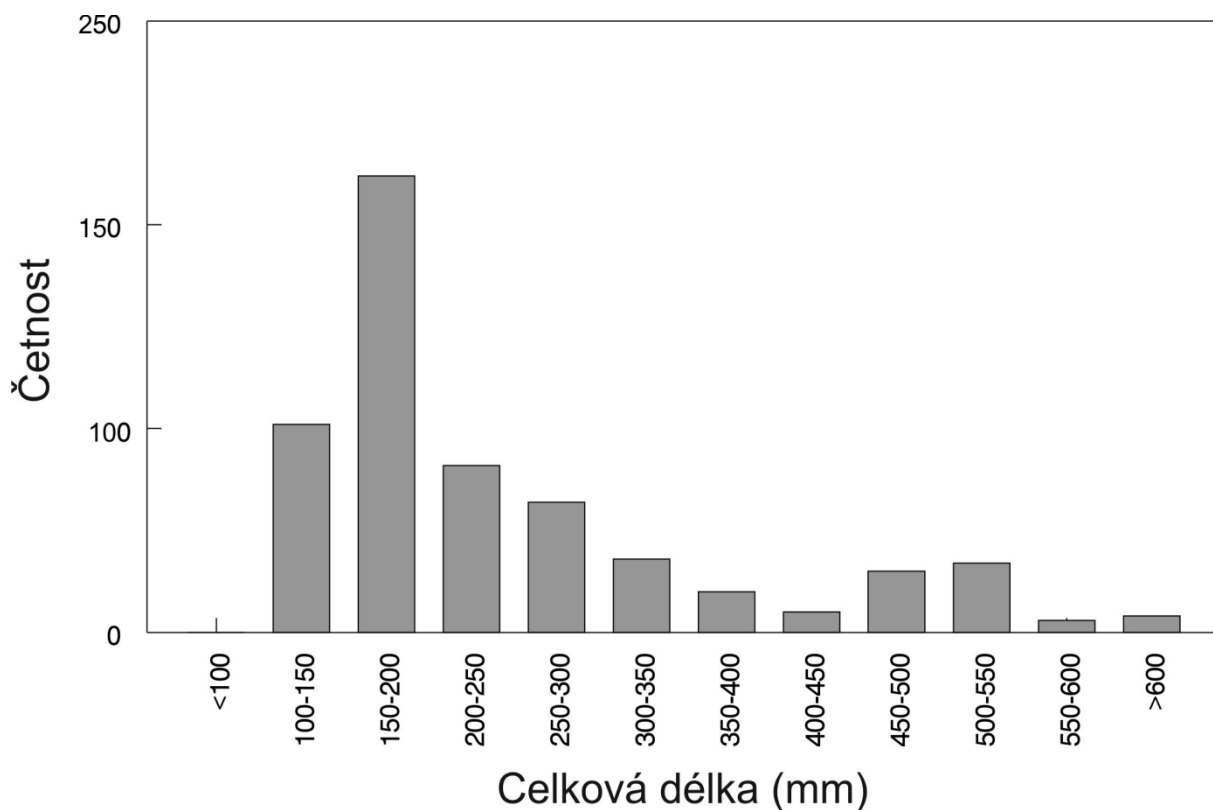
Za sledované období bylo potvrzené překonání jezu ve Štětí 332 ze 483 označených jedinců. Celková procentuální **účinnost obou hodnocených přechodů**, kterou lze považovat jako hlavní údaj stanovený pomocí technologie PIT, tak byla stanovena na **69 %**. Z celkového

počtu 332 označených ryb, které překonaly jez ve Štětí, prošlo 268 ryb (*tj. 81%*) hlavním rybím přechodem. Je tedy zřejmé, že migrující jedinci preferovali hlavní rybí přechod.

V obou rybích přechodech byl pomocí technologie PIT potvrzený *výskyt 2 druhů ryb*. Jmenovitě se jednalo o jelce tlouště a plotici obecnou. Ačkoliv je druhové spektrum velmi nízké, odpovídá vzorku označených ryb a složení společenstva ryb pod jezem (Tab. 1). Proto lze usuzovat, že testované RP *jsou druhově neselektivní*. Pro ověření tohoto tvrzení byla druhová selektivita exaktně testována a to obdobným způsobem, jako selektivita velikostní. Bylo tak srovnáno procentuální zastoupení označených druhů ryb vypuštěných pod rybími přechody a jejich následné zastoupení v jejich trati. Na základě těchto analýz lze konstatovat, že u rybích přechodů na jezu ve Štětí nebyl nalezený signifikantní rozdíl ve složení společenstva ryb označených a ryb zaznamenaných v přechodech. *Rybí přechody tak lze vyhodnotit jako druhově neselektivní.*

#### **6.4 Velikostní selektivita**

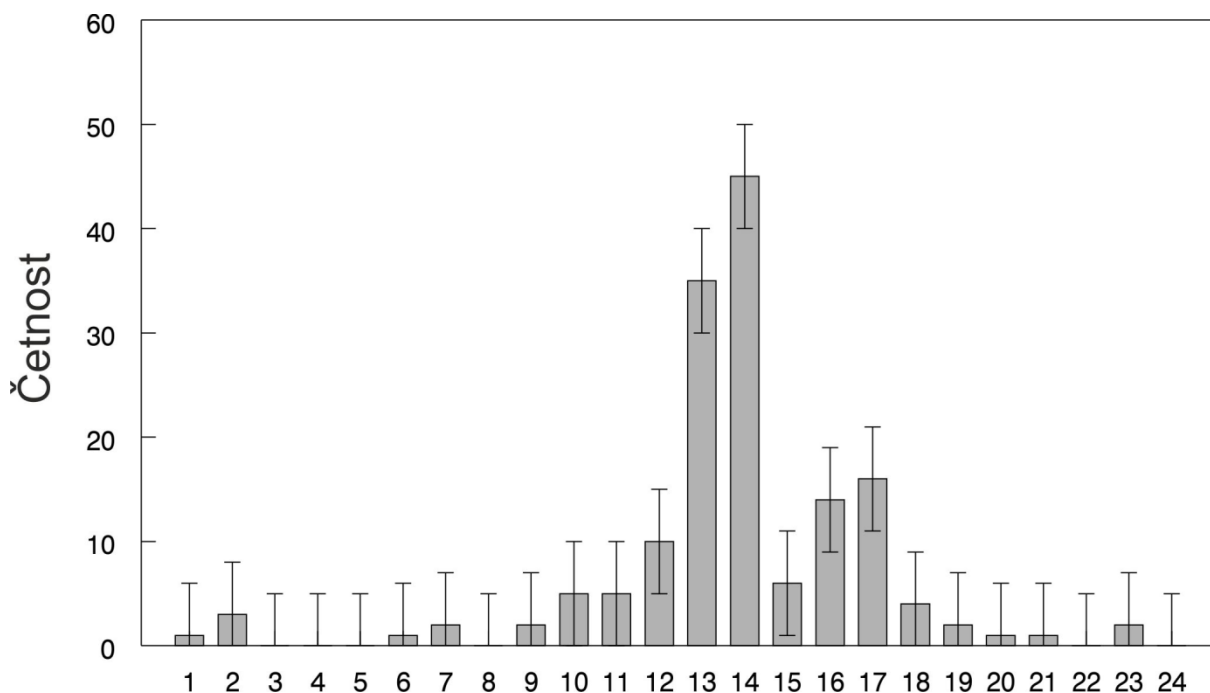
V rybích přechodech byly zaznamenány ryby v rozsahu celkové délky 11 - 60 cm, přičemž nejčastěji byla zastoupená velikostní skupina 15 – 20 cm (obr. 14). Uvedené velikostní rozpětí lze považovat za dostatečné a rybí přechod hodnotit jako *velikostně neselektivní*, odpovídající společenstvu ryb v úseku pod jezem. Velikostní selektivita trati přechodů byla testována i exaktně a to následujícím způsobem. Nejdříve byly zpracovány údaje o procentuálním zastoupení délkových skupin ryb ve vzorku označených technologií PIT a ty byly následně porovnány s procentuálním zastoupením jednotlivých druhů zaznamenaných v přechodech. Na základě těchto výsledků nebyl prokázán signifikantní rozdíl v délkovém složení společenstva označených ryb a ryb zaznamenaných v přechodech. Proto lze rybí přechody na jezu ve Štětí *celkově vyhodnotit jako velikostně neselektivní.*



*Obr. 14: histogram délek ryb migrujících rybími přechody*

## 6.5 Změny migrační aktivity během dne a noci

Na základě získaných dat lze konstatovat, že ryby migrovaly převážně ve světlé části dne, s vrcholem v brzkém odpoledni (obr. 15). Nízká, ale přesto nezanedbatelná migrační aktivita byla zaznamenána i v nočních hodinách. Rozdílné načasování migrace z hlediska denního cyklu lze přisuzovat variabilitě v mezidruhových, ale i vnitrodruhových preferencích při překonávání rybího přechodů.



Obr. 15: výskyt ryb v přechodech v průběhu diurnálního cyklu

## 6.6 Umístění přechodů v příčném profilu jezu

Při posuzování prostorového uspořádání je nejdůležitější lokalizace vstupu do rybího přechodu. Vstup hlavního RP je na jezu ve Štětí umístěn v těsné blízkosti odtoku vody z elektrárny a zároveň i proudnice. Lokalizace vstup u hlavního RP respektuje fakt, že se ryby při migraci orientují proudnicí. **Vstup do hlavního RP tak lze vyhodnotit jako vhodně umístěný**, protože je situovaný v prodloužení migračních cest ryb určovaných proudnicí a břehovými liniemi. Vstup do šterbinového RP je umístěn méně vhodně, avšak je zde nezbytné připomenout, že v tomto případě bylo využito rekonstrukce historické trati RP. Bylo by neekonomické a nelogické starou trať zaslepit a nevyužít. Vstup do RP je proto poněkud nevhodně situován dále od břehové linie a nízkého rychlostního pole. Situace je však částečně zlepšena vyústěním rybího přechodu pro úhoře, který poskytuje proud vody lákající ryby k ústí šterbinového RP. To je s největší pravděpodobností důvodem, proč šterbinový RP plní svojí funkci a ryby do něj vstupují.

## 6.7 Účinnost hlavního a šterbinového RP

Z výše uvedených údajů vyplývá, že migrace ryb ve sledovaných přechodech byla prokazatelně závislá na parametrech prostředí. Rybí přechody byly jako celek vyhodnocené jako druhově a velikostně neselektivní, s odhadovanou účinností 69 %. Na základě těchto

údajů lze konstatovat, že oba RP na jezu Štětí plní svou základní funkci, kterou je umožnění migrace ryb proti proudu. Účinnost hlavního RP je velmi dobrá a účinnost šterbinového RP vykazuje určitá omezení, která vyplývají z historického kontextu, ve které byla lokalizace RP navrhována.

## 7 Diskuze

Jedním ze základních parametrů pro splnění předpokladů funkčnosti přechodu je signifikantní reakce migrujících ryb na faktory prostředí, zejména teplotu, průtok a světlo. V této práci byl prokázán signifikantní vliv teploty a průtoku na počet migrujících ryb. Kromě toho ryby prokazatelně využívaly přechod více ve světelné části dne než v noci. Ryby jsou studenokrevné organismy, které se při teplotách pod 5°C obvykle vyhýbají příčným překážkám (Lucas, Baras, 2001). Obdobně se první ryby v přechodu ve Štětí objevily při dosažení teploty 6°C a rostoucí teplotou se počet ryb vyskytujících v přechodu nadále zvyšoval. Vztah mezi rostoucí teplotou a zvyšujícím se počtem jedinců aktivně překonávajících příčnou překážku za pomoci přechodu prokázal i Wardle (1975). Ve Štětí bylo jarním období zaznamenáno přes 500 ryb denně, zatímco mimo reprodukční migrační cyklus jen 155 jedinců za den. Většinu z pozorovaných jedinců přechodu tvořil jelec tloušť. V souladu s prací Slavíka (1996), bylo zjištěno, že jeho migrace výrazně narůstala při teplotě 10,4-13°C během dubna a května. Obdobná zjištění byla zaznamenána i na řece Meuse při teplotách 10 – 15°C (Slavík a kol. 1996). Důležitým parametrem funkčnosti přechodu je jeho celková účinnost. Z celkového počtu 332 označených ryb překonalo jez ve Štětí 268. Celková funkčnost přechodu se tedy odhaduje na 69%. Za dostatečnou účinnost se obecně považuje 90%, za předpokladu, že přechod rybu výrazně neomezuje, nevyčerpá ani nezpomalí (Lucas a Baras, 2001). Nicméně hodnota uváděná Lucasem nemusí být vždy přesná a v podmínkách ČR je za dostatečnou účinnost považováno 70% (Slavík a kol, 2012). Například účinnost přechodu na řece Vydře byla označena za dostatečnou při 75% úspěšnosti (Slavík, 1998; 2000). Za zcela nevyhovující je považována hodnota účinnosti přechodu pro 12-16% migrantů (Lucas, 2000). Lze konstatovat, že rybí přechody ve Štětí splňují svou funkci s dostatečnou účinností.

Dalším předpokladem funkčnosti přechodu je druhová a velikostní neselektivita. Při ichtyologickém výzkumu bylo zjištěno 9 druhů vyskytujících se pod příčnou překážkou. Zjištění označuje oblast kolem rybiho přechodu jako druhově chudou. Příčiny tohoto stavu lze



hledat ve znečištění toku, ale i jeho upravené morfologii nebo nevhodném rybářském hospodaření. Nejpočetnější druh byl jelec tloušť, který měl (82,5 % zastoupení ve společenstvu pod rybím přechodem. Hodnocený přechod byl na základě námi získaných výsledků vyhodnocen jako druhově neselektivní, i když vzhledem k obecně nízké druhové diverzitě je nutné tuto informaci brát spíše jako doplňkovou. Velikostní selektivita přechodu může působit negativním vlivem na reprodukci daného druhu a tím i na další generace. Je dokázané, že plodnost kaprovitých ryb roste s jejich velikostí (Baruš, Oliva et al., 1995). Zabránění migrace pro různé velikosti ryb potom nepřímo ovlivňuje plodnost populace (Wootton, 1992), proto je důležité, aby rybí přechody umožňovaly průchod všem velikostem ryb. V rybích přechodech ve Štětí byly zaznamenány ryby v rozsahu celkové délky 11 - 60 cm, přičemž nejvíce ho využívaly ryby o velikosti 20cm. Uvedené velikostní rozpětí lze považovat za dostatečné a rybí přechod považovat za velikostně neselektivní, odpovídající společenstvu ryb v úseku pod jezem. To potvrdily i následné statistické analýzy velikostního spektra ryb. Přechody ve Štětí lze tedy vyhodnotit jako velikostně neselektivní.

Za hlavní problém testovaných přechodů je umístění vstupního profilu ve vztahu k proudnici (Lauerman M. a kol., 2010). Ryby se orientují linií břehu a proudnicí. (Larinier, 1998 a 2002). Obecně se dá říci, že čím větší síla proudu, tím vyšší atraktivita přechodu (Jungwirth et al., 1998). Vstup hlavního RP je na jezu ve Štětí umístěný v těsné blízkosti odtoku vody z elektrárny a zároveň i proudnice. Lze tedy říci, že rybí přechod ve Štětí nad Labem je vhodně navržen a umístěn.

Vzhledem k parametrům a podmínkám, které panují na řece Labi, lze celkovou funkčnost a účinnost přechodů ve Štětí hodnotit jako vyhovující. Rybí přechody plní svou základní funkci a jejich vybudování zlepšilo migrační prostupnost Labe.

## 8 Závěr

Za účelem stanovení účinnosti nově zbudovaných rybích přechodů na jezu ve Štětí byl od května 2015 do května 2016 prováděn monitoring za pomoci kamerových záznamů a pasivních integrátorů. Před samotným zahájením pozorování byl proveden ichtyologický průzkum, při kterém byl zjištěn výskyt 9 druhů ryb, přičemž nejpočetnější byl jelec tloušť. Za další významné zástupce můžeme zmínit plotici a ouklej. Na základě zjištěných výsledků lze konstatovat, že rybí přechody jsou celkově funkční, velikostně i druhově neselektivní. Účinnost RP ve Štětí je 69%. Je tedy umožněna poproudová i protiproudová migrace široké skupině ryb, žijící v dané oblasti. Lze konstatovat, že rybí přechody plní svou základní funkci a jejich vybudování zlepšilo migrační propustnost Labe.

## 9 Literatura

**Baker, R. R.** 1978. The Evolutionary Ecology of Animal Migration. New York: Holmes and Meier, 1012 pp..

**Barthem, B. R., de Brito Riberio, L. C. M. and Petrere Jr., M.** 1991. Life strategies of some long/distance migratory catfish in relation to hydroelectric dams in the Amazon basin. *Biological Conservation* **55**, 339–345.

**Bunt, C. M.** 2003. Fish passage, critical habitat, and effects of barriers on movement of Northern pike in the Welland River West and Oswego Creek. Prepared for: Niagara Peninsula Conservation Authority and the Niagara Restoration. Ontario Kitchener: Biotactic, 79 pp.

**Carlsson, J., Aarestrup K., Nordwall F. et al.** 2004. Migration of landlocked brown trout in two Scandinavian streams as revealed from trap data. *Ecology of Freshwater Fish* **13**, 161–167.

**Clapp, D. F., Clark, R. D. and Diana, J. S.** 1990. Range, activity, and habitat of large, free-rising brown trout in a Michigan stream. *Transactions of the American Fisheries Society* **119**, 1022–1034.

**Cowx, I. G. and Welcomme, R. L.** 1998. Habitat requirements of fish. In: Cowx, I. G. and Welcomme, R. L. (eds.), *Rehabilitation of rivers for fish. Study of the European Inland Fisheries Advisory Commission*. Oxford: Fishing News Books, Blackwell science Ltd, 10–44.

**DUŠEK, M.** 1999. *Akční plán výstavby rybích přechodů pro významné tažné druhy ryb na vybraných vodních tocích*. Vimperk: Správa NP a CHKO Šumava.

**Fraser, N. H. C., Metcalfe, N. B. and Thorpe, J. E.** 1993. Temperature-dependent switch between diurnal and nocturnal foraging in salmon. *Proceedings of the Royal Society of London Series B—biological Sciences* **252**, 135–139.

**Gowan, C. and Fausch, K. D.** 1996. Mobile brook trout in two high-elevation Colorado streams: reevaluating the concept of restricted movement. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* **53**, 1370–1381.

**Grant, J. W. A.** 1997. Territoriality. In: Godin, J. G. J. (ed), *Behavioural Ecology of Teleost Fishes*. Oxford: Oxford University Press, 81–103.

- Hanel, L. a Lusk, S.** 2005. Ryby a mihule České republiky: Rozšíření a ochrana. *Vlašim: Český svaz ochránců přírody*, 447 pp.
- Harvey, B. C. and Nakamoto, J. R.** 1999. Diel and seasonal movements by adult Sacramento pikeminnow (*Ptylocheilus grandis*) in the Eel River, northwestern California. *Ecology of Freshwater Fishes* **8**, 209–215.
- Hassinger R.** 2002. Der Borstenfischpass – Fischaufstieg und Bootsabfahrt in einer Rinne. *Wasserwirtschaft* **4/5**, 38–42.
- Horký, P., Slavík, O. and Bartoš, L. a kol.** 2007b. Docksides as winter habitats of chub and pikeperch in the channelised Elbe River. *Fundamental and Applied Limnology* **168**, 281–287.
- Horký, P. Slavík, O. Vančura, Z. Bužek, D.,** 2013, Metodika využití kartáčové technologie pro zajištění a zlepšení migrační prostupnosti vodních toků, 1-26
- Jensen, A. J. and Aass, P.** 1995. Migration of a fast-growing population of brown trout (*Salmo trutta* L.) through a fish ladder in relation to water flow and temperature. *Regulated Rivers– Research and Management* **10**, 217–228.
- Jungwirth, M., Schmutz, S, Weiss, S.** 1998. Fish Migration and Fish Bypasses. Oxford: Fishing News Books, Blackwell science Ltd, 448 pp.
- Prchalová, M., Horký, P., Slavík, O., Vetešník, L. and Halačka. K.** 2011. Fish occurrence in the fishpass on the lowland section of the River Elbe, Czech Republic, with respect to water temperature, water flow and fish size. *Folia Zoologica* **60**, 104–114.
- Reichard, M., Jurajda, P. and Ondráčková, M.** 2002a. Interannual variability in seasonal dynamics and species composition drifting young-of-the-year fishes in two European lowland rivers. *Journal of Fish Biology* **60**, 87 – 101.
- Reichard, M., Jurajda, P. and Ondráčková, M.** 2002b. The effect of light intensity on the drift of young-of-the-year cyprinid fishes. *Journal of Fish Biology* **61**, 1063 – 1066.

**Klemetsen, A., Amundsen, P. A., Dempson et al.** 2003. Atlantic salmon *Salmo salar* L., brown trout *Salmo trutta* L. and Arctic charr *Salvelinus alpinus* (L.): a review of aspects of their life histories. *Ecology of Freshwater Fish* **12**, 1–59.

**Kubecka, J. and Duncan, A.** 1998. Diurnal changes of fish behaviour in a lowland river monitored by a dual-beam echosounder. *Fisheries Research* **35**, 55–63.

**Kulišková, P., Horký, P., Slavík, O. a kol.** 2009. Factors influencing movement behaviour and home range size in ide *Leuciscus idus*. *Journal of Fish Biology* **74**, 1269–1279.

**Larinier, M.** 2002. Location of fishways. *Bulletin Francais de La Peche et de la Pisciculture* **364**, 39–53.

**Larinier, M.** 1998. Upstream and downstream fish passage experience in France. In: Jungwirth, M., Schmutz, S. and Weiss, S. (eds.), *Fish Migration and Fish Bypasses*. Oxford: Fishing News Books, Blackwell science Ltd, 127–145.

**LIBÝ, J.** 2001: Zprůchodnění plavebního stupně Střekov na Labi pro protiproudňi migraci lososa. *Vodní hospodářství* 6: 4-6

**Lucas, M. C.** 2000. The influence of environmental factors on movements of lowland–river fish in the Yorkshire Ouse system. *The Science of the Total Environment* **251**, 223–232.

**Lucas, M. C. and Baras, E.** 2001. *Migration of Freshwater Fishes*. Blackwell Science Ltd, 420 pp.

**Lucas, M. C., and Mercer, T.** 1996. Success of dace (*Leuciscus leuciscus*) and roach (*Rutilus rutilus*) ascent of Skip Bridge flow gauging weir in Spring 1996, Unpublished Report to the Environment Agency, University of Durham.

**LUSK, S.** 2008: *Rybí přechod Bulhary na řece Dyji*. Zpráva o technickém stavu a funkčnosti rybího přechodu, ústav biologie obratlovců AV ČR Brno

**Slavík, O.** 1996. The migration of fish in the Elbe River below Strekov. *Živa* **4**, 179–180.

**SLAVIK, O., VANCURA, Z. a kol.** 2012. *Migrace ryb, rybí přechody a způsob jejich testování*. Metodický postup pro návrh, realizaci a možnosti testování funkce rybích

**Slavík, O., Horký, P., Randák, T., Balvín, P. and Bílý, M. a kol.** 2012. Brown trout spawning migration in fragmented Central European headwaters: effect of isolation by artificial obstacles and the moon phase. *Transactions of the American Fisheries Society* **141**, 673–680.

**Svendsen, J. C., Koed, A. and Aaestrup, K.** 2004. Factors influencing the spawning migration of female anadromous brown trout. *Journal of Fish Biology* **64**, 528–540.

**TNV 75 2321.** 2011. *Zprůchodňování migračních bariér rybími přechody*. Praha: HYDROPROJEKT CZ a.s.

**Montgomery, W. L., McCormick, S. D., Naiman, R. J. et al.** 1983. Spring migratory synchrony of salmonid, catostomid and cyprinid fishes in Rivière à la Truite, Quebec. *Canadian Journal of Zoology* **61**, 2495–2502.

**Larinier, M.** 2008. *Hydrobiologia*, Fish passage experience at small-scale hydro-electricpower, plants in France., 97-108

**Musil, J., Horký, P., Slavík, O., Zbořil, A., and Horká, P.** 2012. The response of the young of the year fish to river obstacles: functional and numerical linkages between dams, weirs, fish habitat guilds and biotic integrity across large spatial scale. *Ecological Indicators* **23**, 634–640.

**Nakano, S.** 1995. Individual differences in resource use, growth and emigration under influence of a dominance hierarchy in fluvial red/spotted masu salmon in a natural habitat. *Journal of Animal Ecology* **64**, 75–84.

**Northcote, T. G.** 1984. Mechanism of fish migration in rivers, 317–355. In: J. D. McCleave, J.J. Dodson, W. H. Neill (eds.), *Mechanism in migration of fishes*. New York: Plenum.

**VOSTRADOVSKÝ J.** 2005: Rybí přechody (1). *Rybářství 1*: 50

- VOSTRADOVSKÝ J.** 2005: Rybí přechody (2). *Rybářství* 2: 51
- VOSTRADOVSKÝ J.** 2005: Rybí přechody (3). *Rybářství* 3: 65
- VOSTRADOVSKÝ J.** 2005: Rybí přechody (4). *Rybářství* 4: 69
- VOSTRADOVSKÝ J.** 2005: Rybí přechody (5). *Rybářství* 5: 65
- VOSTRADOVSKÝ J.** 2005: Rybí přechody (6). *Rybářství* 6: 51
- VOSTRADOVSKÝ J.** 2005: Rybí přechody (7). *Rybářství* 7: 53
- VOSTRADOVSKÝ J.** 2005: Rybí přechody (8). *Rybářství* 8: 49
- VOSTRADOVSKÝ J.** 2005: Rybí přechody (9). *Rybářství* 9: 51
- VOSTRADOVSKÝ J.** 2005: Rybí přechody (10). *Rybářství* 10: 55
- VOSTRADOVSKÝ J.** 2005: Rybí přechody (11). *Rybářství* 11: 52-53
- VOSTRADOVSKÝ J.** 2005: Rybí přechody (12). *Rybářství* 12: 46-47
- VOSTRADOVSKÝ J.** 2006: Rybí přechody (13). *Rybářství* 1: 50-51
- VOSTRADOVSKÝ J.** 2006: Rybí přechody (14). *Rybářství* 2: 42-43
- VYHLÁŠKA č. 590/2002 Sb.** o technických požadavcích pro vodní díla.
- VYHLÁŠKA č. 7/2003 Sb.** o vodoprávní evidenci.
- Wardle, C. S.** 1975: Limit of fish swimming speed, *Nature*, 255, str. 725 – 727
- Wootton, J. R.** 1992: *The ecology of teleost fishes*, Chapman & Hall, London.
- Wysujack, K., Greenberg, L. A., Bergman E. et al.** 2009. The role of the environment in partial migration: food availability affects the adoption of a migratory tactic in brown trout *Salmo trutta*. *Ecology of Freshwater Fish* **18**, 52–59.
- ZÁKON č. 114/1992 Sb.** o ochraně přírody a krajiny.
- ZÁKON č. 254/2001 Sb.** o vodách a o změně některých zákonů (vodní zákon).
- ZÁKON č. 99/2004 Sb.** o rybníkářství, výkonu rybářského práva, rybářské strážní, ochraně mořských rybolovných zdrojů a o změně některých zákonů (zákon o rybářství).

