



Ministerstvo životního prostředí  
České republiky

[www.mzp.cz](http://www.mzp.cz)



VÝZKUMNÝ ÚSTAV  
VODOHOSPODÁŘSKÝ  
T.G. MASARYKA

veřejná výzkumná instituce

# Metodika hodnocení ekologického stavu útvárů povrchových vod tekoucích (kategorie řeka) pomocí biologické složky ryby

Mgr. Michal Janáč, Ph.D. a kol.

Zadavatel: Ministerstvo životního prostředí ČR

Praha, listopad 2019

# **Metodika hodnocení ekologického stavu útvarů povrchových vod tekoucích (kategorie řeka) pomocí biologické složky ryby**

**Mgr. Michal Janáč, Ph.D.**

**Ing. Pavel Jurajda, Ph.D.**

**Mgr. Marek Polášek, Ph.D.**

**RNDr. Denisa Němejcová**

Aktualizace metodiky Horký a Slavík (2011)

Zadavatel:

Ministerstvo životního prostředí ČR

Brno, listopad 2019

Zhotovitel: Ústav biologie obratlovců AV ČR, v.v.i.

Výzkumný ústav vodohospodářský T. G. Masaryka, v.v.i.

Zahájení a ukončení projektu:

červen 2018 – prosinec 2019

## Obsah

1. Úvod .....	3
2. Typologie vodních toků .....	3
3. Český multimetrický index .....	7
4. Klasifikace výsledků .....	15
5. Spolehlivost hodnocení .....	15
6. Použitá literatura .....	16



## 1. Úvod

Tento dokument v návaznosti na Vyhlášku č. 98/2011 Sb., o způsobu hodnocení stavu útvarů povrchových vod, způsobu hodnocení ekologického potenciálu silně ovlivněných a umělých útvarů povrchových vod a náležitostech programů zjišťování a hodnocení stavu povrchových vod v platném znění a v návaznosti na požadavky Vyhlášky č. 24/2011 Sb., o plánech povodí a plánech pro zvládnutí povodňových rizik nahrazuje stávající metodický postup hodnocení ekologického stavu útvarů povrchových vod tekoucích pomocí biologické složky ryby (Horký a Slavík 2011) a upravuje metodiku pro stanovení referenčních podmínek pro jednotlivé složky biologické kvality ekologického stavu útvarů povrchových vod tekoucích (Opatřilová a kol. 2014), a to část týkající se rybích společenstev, kterou nahrazuje. Typově specifické podmínky a princip hodnocení pro účely hodnocení ekologického stavu útvarů povrchových vod jsou stanoveny v souladu s požadavky Směrnice 2000/60/ES Evropského parlamentu a Rady z 23. října 2000 ustavující rámec pro činnost Společenství v oblasti vodní politiky a s příslušnými metodickými dokumenty.

Tato metodika přímo navazuje na metodiku odlovu a zpracování vzorku plůdkových společenstev tekoucích vod (Jurajda a kol. 2006), aktualizace 2019.

Od roku 2006 byla v ČR implementována Rámcová směrnice o vodách (2000/60/ES). Jednou z hodnocených biologických složek jsou i ryby. Jelikož je v České republice většina toků předmětem rybářského hospodaření, které kromě jiného zahrnuje i ze zákona povinné zarybňování, bylo metodikou odlovu a zpracování vzorků plůdkových společenstev ryb tekoucích vod (Jurajda a kol. 2006, aktualizace 2019) určeno hodnocení ekologického stavu toků v ČR pouze na základě přirozené reprodukce, jejímž odrazem je plůdkové společenstvo. Monitoring tak nehodnotí celé rybí společenstvo, které je z velké části ovlivněno vysazováním násad, ale pouze nejmladší věkovou kategorií, která tak odráží stav celého rybího společenstva.

Předkládaná metodika je aktualizací metodiky hodnocení ekologického stavu útvarů povrchových vod tekoucích (kategorie řeka) pomocí biologické složky ryby z roku 2010 (Horký a Slavík 2011), která vytvořila tzv. Český multimetrický index (CZI). Po několika etapách hodnocení ekologického stavu tekoucích vod podle původní metodiky se ukázalo, že by bylo vhodné na základě dat ze dvanáctiletého monitorování metodiku upravit a aktualizovat.

Tato aktualizovaná metodika je založená na datech z 828 odběrů získaných od roku 2006 do roku 2017 na 502 profilech monitorovací sítě toků v celé ČR, které byly vloženy do IS ARROW (<http://hydro.chmi.cz/isarrow/>). V průběhu tvorby metodiky se počet použitých odběrů i profilů snižoval z důvodu vyloučení nedůvěryhodných vzorků a profilů. Konečná verze souboru, na základě kterého byl testován upravený multimetrický index, obsahovala data ze 711 vzorků odebraných na 420 profilech tekoucích vod.

## 2. Typologie vodních toků

Typologie vodních toků České republiky pro účely implementace Rámcové směrnice byla vypracována na základě geografických a geologických parametrů (Langhammer a kol. 2009). Je založena na



kombinaci čtyř parametrů: úmoří, nadmořské výšky, geologického podloží a řádu toku podle Strahlera, jednotlivé parametry jsou dále členěny do kategorií. Toto členění však plně neodráží složení rybích společenstev a bylo třeba hledat vhodnější členění těchto parametrů, které umožní rozdělit naše toky na typy, které referenčnímu druhovému složení společenstev ryb odpovídá lépe.

Rozdělení toků do jednotlivých typů a stanovení hraničních hodnot jednotlivých metrik bylo založeno na posouzení vzorku celkem 66 referenčních a tzv. „nejlepších dostupných“ („best available“) lokalit z výše zmíněné databáze IS ARROW. Oproti předchozí metodice bylo použito jemnější členění nadmořské výšky (z důvodu zachycení přesnějších odpovědí rybích společenstev na danou metriku; namísto původních kategorií <200, 200-500, 500-800 a >800 m n. m. byly použity kategorie <200, 200-250, 250-400, 400-500, 500-800 a >800 m n. m.). Pro toky 1.-3. řádu dle Strahlera nebylo hodnocení stanoveno, protože na těchto malých tocích není vhodné používat rybí společenstvo jako bioindikátor (Jurajda a kol. 2006, 2019). Takto vzniklo celkem  $6 \times 6 \times 3 = 108$  kombinací, tj. teoretických typů toků (z nichž však část reálně v podmínkách ČR nemůže vůbec existovat). Slučováním toků na základě podobnosti společenstev jednotlivých teoretických typů (přímým srovnáním v případě, že pro daný teoretický typ byla k dispozici referenční lokalita, či expertním odhadem v případě, že nebyla) bylo vytvořeno celkem 7 konečných typů toků s jejich charakteristickým společenstvem (Tabulka 1, Tabulka 2). Vícerozměrná analýza složení rybích společenstev (neparametrické vícerozměrné škálování založené na maticích vzdáleností používajících Bray-Curtisovy vzdálenosti) na vzorku 66 referenčních a „nejlepších dostupných“ lokalit potvrdila rozdílnost rybích společenstev na jednotlivých typech toků (Obr. 1). Za pomoci tohoto upraveného datasetu bylo také zkonstruováno očekávané složení typických společenstev ryb pro každý typ toku. Pouze v jednom typu toku, pro nějž nebyla k dispozici referenční či „nejlepší dostupná“ lokalita (typ D), byl použit expertní odhad. Každý z 502 vzorkovaných profilů může být zařazen právě do jednoho výsledného typu toků (Tabulka 2).



Tabulka 1. Abiotická typologie toků pro účely hodnocení stavu dle ryb založená na úmoří, nadmořské výšce (h) a řádu toku dle Strahlera, hraniční hodnoty pro tyto parametry a typové společenstvo toku.

typ	kategorie	úmoří	h (m n. m.)	řád toku	typické taxony
A	horské potoky	Baltské Černé Severní	$h \geq 500$ $h \geq 500$ $h \geq 500$	4-7 4-8 4-9	<i>Salmo trutta</i> <i>Cottus</i> sp. <i>Lampetra</i> sp.
B	podhorské potoky a říčky	Baltské Baltské Černé Severní	$250 \leq h < 500$ $h < 250$ $250 \leq h < 500$ $h < 500$	4-7 4 4-5 4	<i>Phoxinus phoxinus</i> <i>Barbatula barbatula</i> <i>Thymalus thymalus</i> <i>Lampetra</i> sp. <i>Cottus</i> sp. <i>Salmo trutta</i>
C	podhorské říčky labské	Severní Severní	$h < 500$ $400 \leq h < 500$	5 6	<i>Phoxinus phoxinus</i> <i>Barbatula barbatula</i> <i>Thymalus thymalus</i> <i>Lampetra</i> sp. <i>Cottus</i> sp. <i>Salmo trutta</i> <i>Leuciscus leuciscus</i> <i>Squalius cephalus</i> <i>Gobio</i> sp.
D	nížinné říčky	Černé	$h \leq 250$	4-5	<i>Phoxinus phoxinus</i> <i>Barbatula barbatula</i> <i>Squalius cephalus</i> <i>Leuciscus leuciscus</i> <i>Gobio</i> sp. <i>Cobitis</i> sp. <i>Rhodeus amarus</i>
E	parmové řeky (vyšší)	Baltské Černé	$h < 250$ $250 \leq h < 500$	5-6 6	<i>Phoxinus phoxinus</i> <i>Barbatula barbatula</i> <i>Alburnoides bipunctatus</i> <i>Barbus barbus</i> <i>Chondrostoma nasus</i> <i>Leuciscus leuciscus</i> <i>Gobio</i> sp. <i>Squalius cephalus</i>
F	parmové řeky (nižší)	Baltské Černé Černé Severní Severní	$h < 250$ $h < 250$ $h < 500$ $h < 400$ $h < 500$	7 6 7 6 7	<i>Alburnoides bipunctatus</i> <i>Barbus barbus</i> <i>Chondrostoma nasus</i> <i>Vimba vimba</i> <i>Leuciscus leuciscus</i> <i>Leuciscus idus</i> <i>Aspius aspius</i> <i>Squalius cephalus</i>



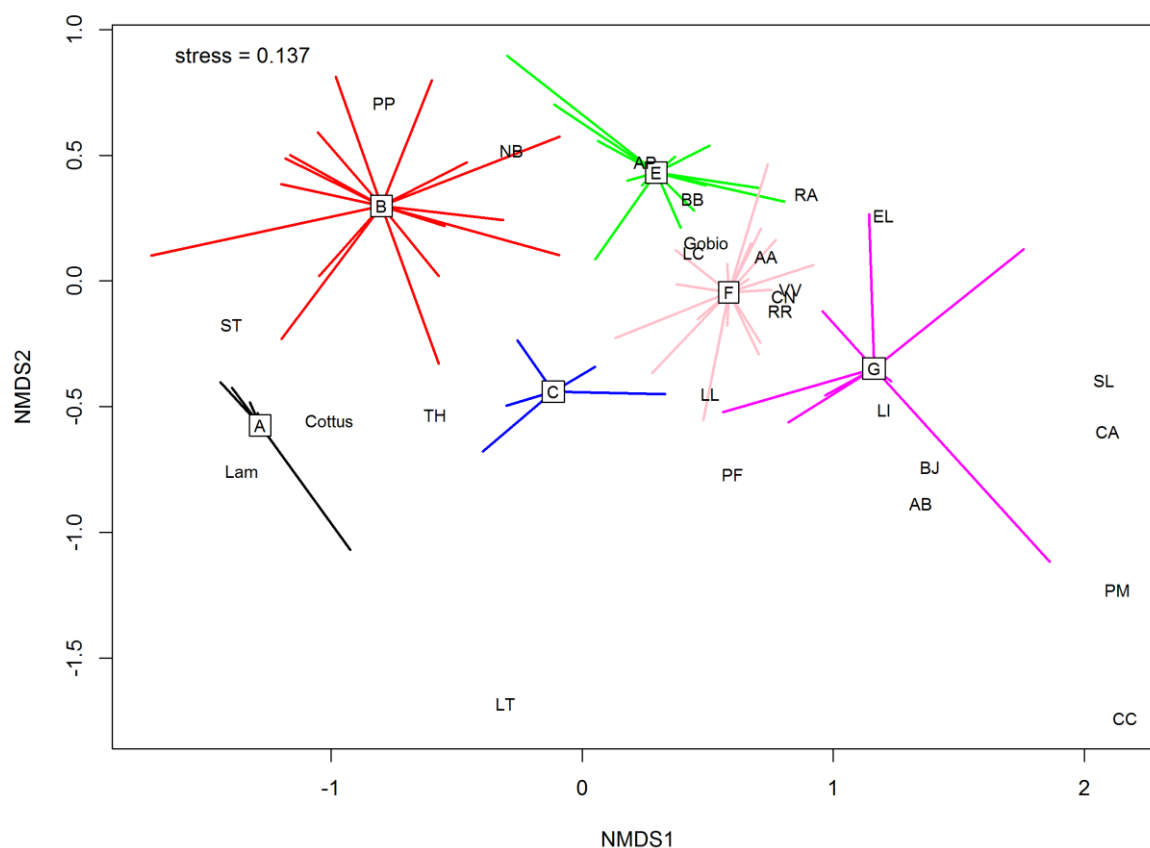
Metodika hodnocení ekologického stavu útvarů povrchových vod tekoucích (kategorie řeka)  
pomocí biologické složky ryby

					<i>Gobio sp.</i> <i>Alburnus alburnus</i>
G	nížinné řeky	Černé Severní	h < 500 h < 500	8 8-9	<i>Barbus barbus</i> <i>Chondrostoma nasus</i> <i>Vimba vimba</i> <i>Leuciscus leuciscus</i> <i>Leuciscus idus</i> <i>Squalius cephalus</i> <i>Gobio sp.</i> <i>Rhodeus amarus</i> <i>Alburnus alburnus</i> <i>Rutilus rutilus</i> <i>Aspius aspius</i> <i>Perca fluviatilis</i> <i>Sander lucioperca</i> <i>Silurus glanis</i> <i>Esox lucius</i>

Tabulka 2. Klíč pro zařazení hodnoceného profilu do jednoho ze sedmi typů toků dle ryb.

úmoří	řád toku	nadmořská výška (m n. m)			
Baltské		h ≥ 500	400 ≤ h < 500	250 ≤ h < 400	<250
	4.řád	A	B	B	B
	5.řád	A	B	B	E
	6.řád	A	B	B	E
	7.řád	A	B	B	F
Černé		>500	400 ≤ h < 500	250 ≤ h < 400	<250
	4.řád	A	B	B	D
	5.řád	A	B	B	D
	6.řád	A	E	E	F
	7.řád	A	F	F	F
	8.řád	A	G	G	G
Severní		>500	400 ≤ h < 500	250 ≤ h < 400	<250
	4.řád	A	B	B	B
	5.řád	A	C	C	C
	6.řád	A	C	F	F
	7.řád	A	F	F	F
	8.řád	A	G	G	G
	9.řád	A	G	G	G





Obr. 1. Vizualizace rozdílů ve složení rybích společenstev na referenčních a „nejlepších dostupných“ lokalitách náležejících k typům A-G (Tabulka 1) pomocí vícerozměrného škálování. Kódy pro jednotlivé taxony: Lam – *Lampetra* spp., Cottus – *Cottus* spp., ST – *Salmo trutta*, TH – *Thymallus thymallus*, PP – *Phoxinus phoxinus*, NB – *Barbatula barbatula*, AP – *Alburnoides bipunctatus*, BB – *Barbus barbus*, Gobio – *Gobio* spp., LC – *Squalius cephalus*, LL – *Leuciscus leuciscus*, AA – *Alburnus alburnus*, RA – *Rhodeus amarus*, VV – *Vimba vimba*, CN – *Chondrostoma nasus*, RR – *Rutilus rutilus*, PF – *Perca fluviatilis*, EL – *Esox lucius*, LI – *Leuciscus idus*, BJ – *Blicca bjoerkna*, AB – *Abramis brama*, SL – *Sander lucioperca*, CA – *Carassius gibelio*, PM – *Proterorhinus semilunaris*, CC – *Carassius carassius*, LT – *Lota lota*

### 3. Český multimetrický index

Český multimetrický index (CZI) je index, který kombinuje několik jednotlivých metrik, jejichž výsledky jsou nakonec spojeny do multimetrického výsledku a tím tedy integrují několik atributů společenstva („metriky“), jimiž popisují a hodnotí podmínky prostředí. CZI byl sestaven v souladu s požadavky normy TNI CEN/TR 16151. Při hodnocení multimetrickými indexy obecně se vypočtou





jednotlivé metriky. Výsledky metrik jsou porovnávány s očekávanými hodnotami metrik za referenčních podmínek. Z tohoto porovnání je určeno EQR skóre pro každou metriku a tato EQR skóre jsou nakonec kombinována do multimetrického indexu.

Byla snaha metriky aktualizovaného Českého multimetrického indexu příliš neměnit od toho původního (Horký a Slavík 2011), proto jsou v aktualizované verzi použity podobné metriky, které se osvědčily, a naopak vyřazeny některé, které hodnocení dle CZI zkreslovaly. Princip ale zůstává stejný. Pro výběr metrik a jejich vah posloužily příklady z okolních zemí a konsorcia FAME (FAME 2004). Při výběru byl kladen důraz především na to, aby společenstvo ve vzorku co nejvíce odpovídalo očekávanému složení na daném typu toku a na robustnost indexu (tj. minimalizace změny hodnoty indexu způsobené změnou poměru zastoupení jednotlivých taxonů vzniklé např. zachycením početného hejna jednoho z taxonů přítomných na lokalitě). Dalším kritériem pro výběr metrik bylo to, aby byly v daných metrikách eliminovány nejednoznačnosti (použita byla pouze mezinárodně používaná kritéria klasifikace ryb podle ekologických nároků (Schiemer a Waidbacher 1992) a aby byly co nejvíce zohledněny interakce antropogenních vlivů s rybím společenstvem.

Jelikož společenstva ryb se v podélném profilu toků postupně mění, byly některé metriky modifikovány pro jednotlivé typy toků tak, aby lépe odrážely ekologický stav toků. Například některé druhy ryb jsou v tocích typu A-C indikátory degradace, ale naopak v typech D-G jsou běžnou součástí rybího společenstva. Stejně tak přirozeně druhově chudé společenstvo horských potoků je nutné hodnotit jinak než druhově bohaté nížinné řeky.

Pro každý typ toku tak byly v souladu s legislativními požadavky vytvořeny typově-specifické kombinace dílčích metrik, nastaveny horní a dolní hranice a hodnoty vah ( $w_i$ ) jednotlivých metrik. Hodnoty hranic a vah byly nastaveny na základě kombinace expertních odhadů a modelování tak, aby maximalizovaly předpokládanou odpověď výsledného indexu na stresory prostředí. Pro každý z typů toků bylo vytvořeno několik modelových společenstev reprezentujících celou škálu stavů toku od zničeného až velmi dobrý a expertním odhadem byl u nich stanoven předpokládaný výsledný stav (1-5). Poté byly expertním odhadem stanoveny rozsahy, ve kterých se mohou pohybovat váhy jednotlivých metrik a několik hodnot hranic pro každou z metrik. Výsledná kombinace vah a hranic byla vybrána tak, aby maximalizovala shodu výsledného hodnocení stavu s předpokládaným výsledným stavem reprezentovaným modelovými společenstvy.

Pro každý z výše definovaných typů dle ryb byl vytvořen seznam tzv. typických taxonů, které by měly za referenčních podmínek být v jednotlivých typech toku přítomny (Tabulka 1, Tabulka 4). Typové taxony vycházely z dlouholetých zkušeností s monitoringem plůdku, z databáze dvanáctiletého celostátního monitoringu a z výsledků vícerozměrné analýzy použité k ověření rozdílů ve společenstvech podle abiotické typologie (Obr. 1). Mezi typické taxony nebyly zařazeny například dunajské druhy, které se na našem území vyskytovaly sporadicky i v dřívějších dobách a jejich přirozená reprodukce u nás není běžná. Stejně tak nebyly do seznamu typických taxonů zařazeny limnofilní druhy, které preferují stojaté vody v aluviu (piskoř, perlín, slunka apod.). Při samotném výpočtu CZI není k dosažení maximálního skóre metriky „typické taxony“ nutné, aby byly na lokalitě



zastoupeny všechny taxony obsažené v seznamu typických taxonů (viz níže - horní referenční meze metrik, Tabulka 3).

Pro každý z typů toku byly do výpočtu CZI zahrnuty EQR čtyř metrik:

**TD = počet typických taxonů.** Nejdůležitější složka aktualizovaného CZI – ve všech typech toků dostává nejvyšší váhu. Snahou při vytváření nového indexu totiž bylo co nejvíce reflektovat očekávané složení společenstva na lokalitě. Pro toky typu A je tato metrika převedena na škálu (tj. transformována jako)  $\ln(5 \cdot TD + 1)$  tak, aby reflektovala snižující se hodnotu s množstvím přibývajících typických taxonů. Jinými slovy: rozdíl mezi žádným a jedním typickým taxonem na lokalitě je výrazně větší než rozdíl mezi jedním a dvěma typickými taxony.

**AR = abundance reofilů (ks/100 m).** Druhá nejdůležitější složka aktualizovaného CZI. Pro **toky typu A** se tato metrika vypočítává jako **abundance typických taxonů** (vranka, pstruh, mihule), neboť přítomnost jiných reofilních taxonů v toku typu A může indikovat nižší kvalitu toku. Pro **toky typu B-G** se vypočítává jako **abundance všech reofilních taxonů**. Metrika nahrazuje dvě metriky použité v předchozí verzi indexu (procentuální zastoupení reofilních ryb a celkovou abundanci). Při vytváření nového indexu byla upřednostněna tato metrika především kvůli zvýšení robustnosti indexu (oproti metrice procentuální zastoupení reofilních ryb, jež může být v některých případech vysoce variabilní v závislosti „náhodným“ odlovu hejna „ne-reofilních ryb“) a pro větší vypovídající hodnotu o ekologickém stavu toku (oproti metrice celková početnost, která dosahovala vysokých hodnot i pokud byla celková abundance tvořena pouze nežádoucími, např. eurytopními taxony).

**ND1 = přítomnost/početnost nežádoucích taxonů.** „Penalizující“ metrika, jež stoupá se stoupajícím poškozením (reflektováno při výpočtu EQR, viz níže). Pro **toky typu A-C** je metrika vyjádřena jako **počet eurytopních a limnofilních taxonů**, pro **toky typu D-G** vyjádřena jako **přítomnost invazních taxonů**. Použití rozdílných skupin v tocích typu A-C a D-G je dáno strukturou očekávaného společenstva. Zatímco v tocích A-C (horské a podhorské potoky a říčky) je přítomnost jakýchkoliv jiných než reofilních taxonů znakem degradace (většinou potamalizace, přítomnosti přehradní nádrže či rybníků), v tocích typu D-G se už tyto taxony mohou vyskytovat přirozeně a nelze je tedy hodnotit negativně. Přítomnost plůdku invazních taxonů (střevlička východní, karas stříbřitý, sumeček americký, sumeček černý, slunečnice pestrá, hlaváč černoústý) tak zůstala jediným „spolehlivým“ znakem degradace těchto toků, ať už značícím přítomnost rybníků (především střevlička, karas, sumeček) či úpravu koryta (hlaváč, slunečnice). Na rozdíl od počtu nežádoucích (eurytopních a limnofilních) taxonů v tocích typu A-C (horní mez metriky nastavena na 4 taxony, Tabulka 3), nekoreloval počet nežádoucích (invazních) taxonů v tocích D-G s mírou zatížení lokality, do výpočtu indexu tedy vstupuje jako prostá přítomnost/absence (tj. může nabývat pouze hodnoty 1 nebo 0, neboť horní mez metriky je nastavena na 1 taxon, Tabulka 3). Počet nežádoucích taxonů v tocích typu A-C je pro výpočet transformován jako  $\ln(10 \cdot ND1 + 1)$  tak, aby reflektoval snižující se důležitost s množstvím přibývajících nežádoucích taxonů (i jeden nežádoucí taxon tedy způsobí relativně silné snížení výsledného CZI).



**ND2 = relativní zastoupení nežádoucích taxonů.** Druhá „penalizující“ metrika, vypočtena jako poměr množství jedinců nežádoucích taxonů k celkovému množství jedinců ve vzorku, tj.

$$ND2 = NX/N$$

kde NX = abundance nežádoucích taxonů (v ks/100m) a N = celková abundance (v ks/100m), poměr dosahuje hodnot 0-1.

Pro **toky typu A-C** se opět jedná o **eurytopní a limnofilní taxony** (ND2= relativní abundance (%) eurytopních+limnofilních taxonů), pro **toky typu D-G** o **invazní taxony** (relativní abundance (%) invazních taxonů). Metrika doplňuje metriku ND1 o kvantitativní rozměr z hlediska abundance, vyjadřuje míru zastoupení jedinců nežádoucích taxonů ve vzorku. Horní mez (tj. maximální zatížení) pro toky typu A-C byla nastavena na hodnotu 0,5 (tj. eurytopní a limnofilní ryby tvoří 50% abundance vzorku), pro toky typu D-G na hodnotu 0,33 (tj. invazní ryby tvoří 1/3 abundance vzorku). Ve všech typech toků je pro výpočet metrika transformována jako  $\ln(100 \cdot ND2 + 1)$  tak, aby reflektovala snižující se důležitost se stoupajícím zastoupením nežádoucích taxonů ryb.

Horní a dolní meze hodnot metrik slouží k výpočtu Ecological Quality Ratio (EQR), tj. poměru mezi zjištěnými a očekávanými (referenčními) hodnotami. EQR je obecně pro metriky **klesající se stoupajícím poškozením** (v našem případě pro metriky **TD** a **AR**) vypočítán dle vzorce:

$$EQR = \frac{X - \min}{\max - \min}$$

kde X = zjištěná hodnota dané metriky, min = stanovená dolní mez dané metriky a max = stanovená horní mez dané metriky.

V případě, že metrika **stoupá se stoupajícím poškozením** („penalizující“ metriky **ND1** a **ND2**), je EQR vypočítán dle vzorce

$$EQR = 1 - \frac{X - \min}{\max - \min}$$

Jelikož **dolní mez byla nastavena u všech metrik a všech typech toků na hodnotu 0**, bylo možno pro tyto účely zjednodušit vzorec pomocí prostého poměru zjištěné hodnoty k nastavené horní mezi metriky, odpovídající v případě metrik klesajících se stoupajícím poškozením (**TD**, **AR**):

$$EQR = \frac{X}{\max}$$

a v případě metrik stoupajících se stoupajícím poškozením (**ND1**, **ND2**):

$$EQR = 1 - \frac{X}{\max}$$



**Pokud zjištěná hodnota metriky (X) přesahuje horní mez (max), je hodnota X snížena na hodnotu max.** Jinými slovy, pokud by EQR mělo nabývat hodnoty vyšší než 1, nabude hodnoty 1. Pro každý typ toku *i* pak lze vypočítat aktualizovaný CZI jako:

$$CZI = \frac{w_{i1} * EQR^{TD} + w_{i2} * EQR^{AR} + w_{i3} * EQR^{ND1} + w_{i4} * EQR^{ND2}}{4}$$

V případě, že vzorek neobsahuje žádné ryby, CZI není možno matematicky vypočítat (dělení nulou v případě metriky ND2) a index automaticky nabývá hodnoty 0 (zařazení do 5. třídy).

Tabulka 3. Váhy a mezní hodnoty jednotlivých metrik pro výpočet CZI. min = dolní mez metriky, max = horní mez metriky,  $w_i$  = váha metriky při výpočtu CZI.

typ toku	kód	metrika	transformace	min	max	$w_i$
A	TD	počet typických taxonů	$\ln(5 * x + 1)$	0	2	1.6
	AR	abundance typických taxonů (ks/100 m)		0	50	1.2
	ND1	počet eurytopních+limnofilních taxonů	$\ln(10 * x + 1)$	0	4	0.8
	ND2	relativní abundance (%) eurytopních+limnofilních taxonů	$\ln(100 * x + 1)$	0	0.5	0.4
B	TD	počet typických taxonů		0	4	1.6
	AR	abundance reofilních taxonů (ks/100 m)		0	100	1.2
	ND1	počet eurytopních+limnofilních taxonů	$\ln(10 * x + 1)$	0	4	0.8
	ND2	relativní abundance (%) eurytopních+limnofilních taxonů	$\ln(100 * x + 1)$	0	0.5	0.4
C	TD	počet typických taxonů		0	5	1.6
	AR	abundance reofilních taxonů (ks/100 m)		0	100	1.2
	ND1	počet eurytopních+limnofilních taxonů	$\ln(10 * x + 1)$	0	4	0.8
	ND2	relativní abundance (%) eurytopních+limnofilních taxonů	$\ln(100 * x + 1)$	0	0.5	0.4
D	TD	počet typických taxonů		0	5	1.8
	AR	abundance reofilních taxonů (ks/100 m)		0	50	1.2
	ND1	přítomnost invazních taxonů		0	1	0.4
	ND2	relativní abundance (%) invazních taxonů	$\ln(100 * x + 1)$	0	1/3	0.6
E	TD	počet typických taxonů		0	6	2.2
	AR	abundance reofilních taxonů (ks/100 m)		0	200	1
	ND1	přítomnost invazních taxonů		0	1	0.4
	ND2	relativní abundance (%) invazních taxonů	$\ln(100 * x + 1)$	0	1/3	0.4
F	TD	počet typických taxonů		0	8	2.2
	AR	abundance reofilních taxonů (ks/100 m)		0	200	1
	ND1	přítomnost invazních taxonů		0	1	0.4
	ND2	relativní abundance (%) invazních taxonů	$\ln(100 * x + 1)$	0	1/3	0.4
G	TD	počet typických taxonů		0	12	2.6
	AR	abundance reofilních taxonů (ks/100 m)		0	150	0.8
	ND1	přítomnost invazních taxonů		0	1	0.2
	ND2	relativní abundance (%) invazních taxonů	$\ln(100 * x + 1)$	0	1/3	0.4



### Příklady výpočtu EQR jednotlivých metrik

1) TD: V toku typu A s jedním typickým taxonem (horní mez jsou dva taxony, Tabulka 3) nabude  $E_{QR}TD$  hodnoty:  $\ln(5 \cdot 1 + 1) / \ln(5 \cdot 2 + 1) = \ln(6) / \ln(11) = 0,74$ .

V toku typu E se třemi typickými taxony (horní mez je 6 taxonů, Tabulka 3) nabude  $E_{QR}TD$  hodnoty:  $3/6 = 0,50$ .

2) AR: V toku typu A (horní mez metriky je 50 ks/100 m, počítá se jen z typických druhů pro tok typu A, Tabulka 3), ve kterém společenstvo ve vzorku tvoří pstruh s abundancí 30 ks/100 m a hrouzek s abundancí 20 ks/100 m, nabude  $E_{QR}AR$  hodnoty:  $30/50 = 0,60$ .

V toku typu C (horní mez metriky je 100 ks/100 m, počítá se ze všech reofilních taxonů, Tabulka 3) s totožným společenstvem nabude  $E_{QR}AR$  hodnoty:  $50/100 = 0,50$ .

3) ND1: V toku typu B (horní mez metriky je 4; počítá se eurytopními a limnofilními taxony), ve kterém se vyskytují dva eurytopní taxony (plotice a okoun), nabude  $E_{QR}ND1$  hodnoty:  $1 - \ln(10 \cdot 2 + 1) / \ln(10 \cdot 4 + 1) = 1 - \ln(21) / \ln(41) = 1 - 0,82 = 0,18$ .

V toku typu F (horní mez metriky je 1 a metrika tedy může nabývat jen hodnot 1 nebo 0; počítá se s invazními taxony), ve kterém se nachází jeden invazní taxon (střevlička), nabude EQR minimální hodnoty:  $1 - 1/1 = 0$ .

4) ND2: V toku typu B (horní mez metriky je 0,5; počítá se eurytopními a limnofilními taxony), ve kterém společenstvo ve vzorku tvoří střevle s abundancí 80 ks/100 m, plotice (eurytopní) s abundancí 15 ks/100 m a střevlička (eurytopní, invazní) s abundancí 5 ks/100 m, je relativní zastoupení nežádoucích taxonů 0,2 (tj. 20%) a  $E_{QR}ND2$  tak nabude hodnoty:

$$1 - \ln(100 \cdot 0,20 + 1) / \ln(100 \cdot 0,5 + 1) = 1 - \ln(21) / \ln(51) = 1 - 0,774 = 0,226.$$

V toku typu E (horní mez metriky je 1/3; počítá se s invazními taxony) se stejným společenstvem bude zastoupení nežádoucích taxonů 0,05 (tj. 5 %) a  $E_{QR}ND2$  tak nabude hodnoty:

$$1 - \ln(100 \cdot 0,05 + 1) / \ln(100 \cdot 1/3 + 1) = 1 - \ln(6) / \ln(34,333) = 1 - 0,507 = 0,493.$$

Správnost výpočtu aktualizované verze CZI lze orientačně ověřit v souboru umístěném na adrese: <https://www.ivb.cz/verejnost-a-media/vzdelavaci-materialy/>



Tabulka 4. Seznam rybích taxonů ČR pro hodnocení ekologického stavu a jejich zařazení mezi ryby reofilní (R), eurytopní nebo limnofilní (EL), invazní (I) a typické pro toky typu A:G (A:G).

český název	vědecký název	R	EL	I	A	B	C	D	E	F	G
Mihule	<i>Lampetra sp.</i>	X			A	B	C				
Jeseter malý	<i>Acipenser ruthenus</i>	X									
Pstruh obecný	<i>Salmo trutta</i>	X			A	B	C				
Pstruh duhový	<i>Oncorhynchus mykiss</i>	X		X							
Siven americký	<i>Salvelinus fontinalis</i>	X		X							
Hlavatka podunajská	<i>Hucho hucho</i>	X									
Síhové	<i>Coregonus sp.</i>		X	X							
Lipan podhorní	<i>Thymallus thymallus</i>	X				B	C				
Štika obecná	<i>Esox lucius</i>		X								G
Blatňák tmavý	<i>Umbra krameri</i>		X								
Plotice obecná	<i>Rutilus rutilus</i>		X								G
Bolen dravý	<i>Leuciscus aspius</i>	X								F	G
Jelec proudník	<i>Leuciscus leuciscus</i>	X					C	D	E	F	G
Jelec jesen	<i>Leuciscus idus</i>	X								F	G
Střevle potoční	<i>Phoxinus phoxinus</i>	X				B	C	D	E		
Perlín ostrobřichý	<i>Scardinius erythrophthalmus</i>		X								
Amur bílý	<i>Ctenopharyngodon idella</i>		X	X							
Slunka obecná	<i>Leucaspis delineatus</i>		X								
Lín obecný	<i>Tinca tinca</i>		X								
Ostroretka stěhovavá	<i>Chondrostoma nasus</i>	X							E	F	G
Cejnek malý	<i>Blicca bjoerkna</i>		X								
Cejn velký	<i>Abramis brama</i>		X								
Cejn perleťový	<i>Abramis sapa</i>	X									
Cejn siný	<i>Abramis ballerus</i>	X									
Ouklejška pruhovaná	<i>Alburnoides bipunctatus</i>	X							E	F	
Ouklejška obecná	<i>Alburnus alburnus</i>		X							F	G
Tolstolobik pestrý	<i>Aristichthys nobilis</i>		X	X							
Parma obecná	<i>Barbus barbus</i>	X							E	F	G
Karas obecný	<i>Carassius carassius</i>		X								
Karas stříbřitý	<i>Carassius gibelio</i>		X	X							
Kapr obecný	<i>Cyprinus carpio</i>		X								



Tabulka 4. pokračování

český název	vědecký název	R	EL	I	A	B	C	D	E	F	G
Tolstolobik bílý	<i>Hypophthalmichthys molitrix</i>		X	X							
Ostrucha křivočará	<i>Pelecus cultratus</i>	X									
Střevlička východní	<i>Pseudorasbora parva</i>		X	X							
Hořavka duhová	<i>Rhodeus amarus</i>		X					D			G
Hrouzci	<i>Gobio sp./Romanogobio sp.</i>	X					C	D	E	F	G
Podoustev říční	<i>Vimba vimba</i>	X								F	G
Jelec tloušť	<i>Squalius cephalus</i>	X					C	D	E	F	G
Kaprovci	<i>Ictiobus sp.</i>		X	X							
Mřenka mramorovaná	<i>Barbatula barbatula</i>	X				B	C	D	E		
Sekavci	<i>Cobitis sp.</i>	X						D			
Sekavčík horský	<i>Sabanejewia balcanica</i>	X									
Piskoř pruhovaný	<i>Misgurnus fossilis</i>		X								
Sumec velký	<i>Silurus glanis</i>		X								G
Sumečci	<i>Ictalurus sp.</i>		X	X							
Úhoř říční	<i>Anguilla anguilla</i>		X								
Mník jednovousý	<i>Lota lota</i>	X									
Koljuška tříostná	<i>Gasterosteus aculeatus</i>		X	X							
Okoun říční	<i>Perca fluviatilis</i>		X								G
Candát obecný	<i>Sander lucioperca</i>		X								G
Candát východní	<i>Stizostedion volgensis</i>		X								
Drsek větší	<i>Zingel zingel</i>	X									
Drsek menší	<i>Zingel streber</i>	X									
Ježdík obecný	<i>Gymnocephalus cernuus</i>		X								
Ježdík žlutý	<i>Gymnocephalus schraetser</i>	X									
Ježdík dunajský	<i>Gymnocephalus baloni</i>	X									
Slunečnice pestrá	<i>Lepomis gibbosus</i>		X	X							
Okounci	<i>Micropterus sp.</i>		X	X							
Hlavačka mramorovaná	<i>Proterorhinus semilunaris</i>		X								
Hlaváč černoústý	<i>Neogobius melanostomus</i>		X	X							
Vranky	<i>Cottus sp.</i>	X			A	B	C				



## 4. Klasifikace výsledků

Český multimetrický index (CZI) CZI dosahuje hodnot 0 až 1, stejně jako EQR jeho jednotlivých metrik. Hranice tříd ekologického stavu byly nastaveny proporcionálně (Tabulka 5). Výsledné hodnocení reprezentativního profilu vodního útvaru je dáno jednou hodnotou CZI v daném roce a na dané lokalitě. Podle hodnoty CZI se profil/vodní útvar zařadí do třídy ekologického stavu.

Tabulka 5. Hranice tříd ekologického stavu podle aktualizované verze CZI

Třída ekologického stavu	Klasifikace ekologického stavu	CZI
1	velmi dobrý	$0,8 < CZI$
2	dobrý	$0,6 < CZI \leq 0,8$
3	střední	$0,4 < CZI \leq 0,6$
4	poškozený	$0,2 < CZI \leq 0,4$
5	zničený	$CZI \leq 0,2$

## 5. Spolehlivost hodnocení

Uvedené postupy hodnocení mohou být aplikovány pouze na ty vzorky, které byly odebrány postupy uvedenými v Metodice odlovu a zpracování vzorku plůdkových společenstev tekoucích vod (Jurajda a kol. 2019).

Hodnocená data je nutno před vlastním výpočtem jednotlivých metrik taxonomicky sjednotit: u většiny taxonů je požadovaná přesnost určení do druhu; pokud mají všechny české druhy daného rodu stejné ekologické nároky rozhodující pro výpočet CZI, je vyžadována přesnost určení do rodu (hrouzci, vranky). Požadovaná determinační úroveň je specifikována v Tabulce 4.

Výsledek hodnocení ekologického stavu vodního útvaru podle předložené metodiky nemusí být spolehlivý v případě, že existuje důvodná pochybnost, že vzorkované společenstvo neodpovídá ekologickému stavu toku: například, (i) pokud byl odlov proveden za hraničních podmínek stanovených v metodice odlovu a zpracování vzorku plůdkových společenstev tekoucích vod (Jurajda a kol. 2019), (ii) pokud vzorek neobsahuje žádné ryby (v takovém případě nabývá CZI hodnoty 0) nebo abundance dosahuje velmi nízkých abundancí ( $< 5 \text{ ks} / 100 \text{ m}$ ) bez zjevného vnějšího důvodu, či (iii) pokud charakter toku neodpovídá zařazení toku do typologie podle ryb.

Ve všech těchto případech je třeba vzorkování v dalším roce opakovat a výsledky ověřit. Pouze ověřené hodnocení je možné použít pro stanovení ekologického stavu. Pokud vzorek v následujících dvou letech





dosáhne zařazení do vyšší třídy, je možno špatný stav zaznamenaný v prvním roce vzorkování považovat za důsledek stochastických jevů a vzorek nahradit některým z nověji odebraných. Pokud vzorek dosáhne zařazení do třídy 4-5 ve dvou po sobě jdoucích letech, předpokládá se, že dosažená hodnota indexu není ovlivněna stochastickými jevy, ale je pravdivým odrazem stavu společenstva na lokalitě. Pokud přirozený charakter toku neodpovídá zařazení do typu toku dle metodiky (A-G, například tok typického lipanového pásma spadající do parmového-cejnového pásma podle typologie), je možné po konzultaci s autory metodiky typ toku na konkrétní lokalitě manuálně změnit (v systému IS ARROW ČHMÚ se typ toku přiřazuje automaticky na základě definovaných parametrů, viz Tabulka 1).

## 6. Použitá literatura

ARROW, 2019. ARROW (Assessment and references reports of water monitoring), Český hydrometeorologický ústav, Praha, <http://hydro.chmi.cz/isarrow/>.

FAME Consortium, 2004. Manual for the Application of the European Fish Index—EFI. A Fish-Based Method to Assess the Ecological Status of European Rivers in Support of the Water Framework Directive. Version 1.1.

Horký, P., Slavík, O., 2011. Metodika hodnocení ekologického stavu útvarů povrchových vod tekoucích pomocí biologické složky ryby. Certifikovaná metodika, MŽP.

Jurajda, P., Slavík, O., Adámek, Z., 2006. Metodika odlovu a zpracování vzorku plůdkových společenstev tekoucích vod. Schválená metodika. Zpracováno pro MŽP.

Jurajda, P., Slavík, O., Adámek, Z., Janáč, M., 2019. Metodika odlovu a zpracování vzorku plůdkových společenstev tekoucích vod. Aktualizace metodického postupu z r. 2006. Zpracováno pro MŽP.

Langhammer, J., Hartvich, F., Mattas, D., Zbořil, A., 2009. Vymezení typů vodních toků, PŘF UK Praha. Zpracováno pro MŽP, 29 str.

Langhammer, J., Hartvich, F., Zbořil, A., 2010. Metodika vymezení útvarů povrchových vod, PŘF UK Praha. Zpráva. Zpracováno pro MŽP, 47 str. [http://www.dibavod.cz/data/metodika\\_vymezeni\\_vu.pdf](http://www.dibavod.cz/data/metodika_vymezeni_vu.pdf)

Opatřilová, L., Němejcová, D., Zahrádková, S., Horký, P., Marvan, P., Desortová, B., Grulich, V., Tušil, P., Durčák, M., Maciak, M., 2014. Metodika pro stanovení referenčních podmínek pro jednotlivé složky biologické kvality. Certifikovaná metodika, MŽP.

Schiemer F. & Waidbacher H., 1992: Strategies for conservation of a Danubian fish fauna. In: Boon P.J. et al. (eds.), River conservation and management. John Wiley & Sons Ltd., UK: 363–382.

Směrnice 2000/60/ES Evropského parlamentu a Rady z 23. října 2000 ustavující rámec pro činnost Společenství v oblasti vodní politiky

TNI CEN/TR 16151 (757729) Jakost vod - Návod pro navrhování multimetrických indexů

