



STÁTNÍ FOND
ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ
ČESKÉ REPUBLIKY

www.sfzp.cz



Ministerstvo životního prostředí
České republiky

www.mzp.cz

VÝZKUMNÝ ÚSTAV
VODOHOSPODÁŘSKÝ
T.G. MASARYKA

veřejná výzkumná instituce

Metodika hodnocení ekologického stavu útvárů povrchových vod tekoucích pomocí biologické složky makrozoobentos

Mgr. Libuše Opatřilová a kol.

ZÁVĚREČNÁ ZPRÁVA

Zadavatel: MŽP

Aktualizace platná od března 2018

Praha, červen 2011



Metodika hodnocení ekologického stavu útvarů povrchových vod tekoucích pomocí biologické složky makrozoobentos

Mgr. Libuše Opatřilová a kol.

Závěrečná zpráva

Název a sídlo organizace:

Výzkumný ústav vodohospodářský T. G. Masaryka, v.v.i.
Podbabská 30, 160 00 Praha 6

Ředitel:

Mgr. Mark Rieder

Zadavatel:

Ministerstvo životního prostředí
Vršovická 65, 100 10 Praha 10

Zástupce zadavatele:

Mgr. Alena Slavíková – oddělení ochrany vod OOV MŽP

Zahájení a ukončení projektu:

1.1.2011 – 30.6.2011

Místo uložení zprávy:

SVTI VÚV TGM, v.v.i.

Náměstek ředitele pro výzkumnou a odbornou činnost:

Ing. Petr Bouška, Ph.D.

Vedoucí odboru:

Mgr. Ondřej Slavík, Ph.D.

Autorský kolektiv:

Mgr. Libuše Opatřilová

RNDr. Jiří Kokeš

RNDr. Denisa Němejcová

Mgr. Vít Syrovátka, Ph.D.

RNDr. Světlana Zahrádková, Ph.D.

Ing. Pavel Horký, Ph.D.

Předmluva k aktualizované verzi metodiky

Metodika, která je předmětem tohoto dokumentu, byla sestavena a je používána pro hodnocení ekologického stavu tekoucích vod na území České republiky pro potřeby plánování v oblasti vod v návaznosti na plnění požadavků evropské Rámcové směrnice pro vodní politiku 2000/60/ES.

Rámcová směrnice pro vodní politiku vyžaduje jako nezbytnou součást klasifikace ekologického stavu zajištění porovnatelnosti výsledků biologického monitorování mezi členskými státy. Porovnání jednotlivých národních metod hodnocení se provádí v interkalibračním cvičení, které je organizačně zajištěno Evropskou komisí.

V rámci zeměpisných interkalibračních skupin je posouzen soulad postupů a výsledků klasifikace jednotlivých národních metod hodnocení z hlediska dodržení normativních definic stanovených Rámcovou směrnicí o vodách, jsou porovnány výsledky klasifikace ekologického stavu národních metodik v předem stanovených typech a provedena procedura zajišťující finální porovnání a harmonizaci národních klasifikačních systémů. Výsledkem interkalibračního cvičení je harmonizace číselné hodnoty pro hranici tříd mezi velmi dobrým a dobrým stavem a hodnoty pro hranici tříd mezi dobrým a středním stavem v rámci jednotlivých typů zeměpisných interkalibračních skupin, akceptované výsledky porovnání jsou uvedeny v Rozhodnutí komise (2018/229/EU).

Pracovní postup pro přizpůsobení nových nebo revidovaných národních klasifikačních metod harmonizované definici dobrého ekologického stavu stanoveného v dokončeném interkalibračním cvičení je uveden v dokumentu *CIS Guidance Document No. 30: Procedure to fit new or updated classification methods to the results of a completed intercalibration exercise* (2015).

Metodika hodnocení ekologického stavu útvarů povrchových vod tekoucích pomocí biologické složky makrozoobentos byla předmětem porovnání v rámci dvou zeměpisných interkalibračních skupin Centrální/baltské řeky (CB GIG – Central-Baltic rivers geographic intercalibration group) a Východokontinentální řeky (EC GIG - Eastern Continental rivers geographic intercalibration group). Výsledky porovnání hranic tříd ve skupinách ukázaly, že hranice tříd jsou nastaveny adekvátně a není třeba je měnit.

Obsah

1. Úvod.....	3
2. Východiska řešení	3
3. Typologie vod.....	3
4. Typově specifický multimetrický index	5
5. Popis hlavních metrik v multimetrických indexech	5
6. Postup výpočtu multimetrického indexu ve finálních typech	11
7. Klasifikace a znázorňování výsledků ekologického stavu	22
8. Spolehlivost hodnocení	22
9. Literatura.....	24

1. Úvod

Rámcová směrnice Evropské unie 2000/60/ES o vodách (dále jen Rámcová směrnice) požaduje, aby každý členský stát zhodnotil ekologický stav svých toků a vyjádřil jej pěti třídami (velmi dobrý, dobrý, střední, poškozený, zničený). Pro klasifikaci ekologického stavu definuje použití tzv. biologických složek kvality, jednou z nichž je i dnové společenstvo tekoucích vod – makrozoobentos. Velmi dobrý ekologický stav tohoto společenstva popisuje Rámcová směrnice takto:

- Taxonomické složení a četnost plně nebo téměř plně odpovídá nenarušeným podmínkám
- Poměr taxonů citlivých a necitlivých k narušení nevykazuje žádné známky odlišnosti od nenarušených podmínek
- Úroveň rozmanitosti taxonů bezobratlých nevykazuje žádné známky změn oproti nenarušeným podmínkám

Každá národní metoda hodnocení jednotlivých členských států by měla tyto požadavky respektovat. Shoda národních metod s Rámcovou směrnicí je analyzována v rámci mezinárodních mezikalibračních porovnání.

2. Východiska řešení

Pro nastavení a ověření metody byl vytvořen testovací datový soubor, který zahrnoval data vybraných odběrů makrozoobentosu získaných v rámci Situačního monitoringu povrchových vod 2006 a 2007, Monitoringu referenčních podmínek 2007, data získaná v rámci „projektu PERLA“ (projekty VaV 510/2/96 Výzkum vlivu prostředí vody na stabilitu vodních ekosystémů, DÚ 01 Predikční modely říčních ekosystémů, VaV 510/7/99 Predikční modely říčních ekosystémů a rozpočtový úkol Ministerstva zemědělství na ZVHS „Tvorba predikčního a klasifikačního systému povrchových tekoucích vod podle makrozoobentosu, část drobné vodní toky“ v letech 1996 - 2000) a data z Provozního monitoringu 2007.

Všechny vzorky byly odebrány a zpracovány metodou PERLA, která byla schválena Ministerstvem životního prostředí jako metodika závazná pro monitorovací programy povrchových vod a současně proběhl proces normalizace metody jako české technické normy (ČSN 75 7701).

Nastavení metody hodnocení bylo ovlivněno těmito limitujícími podmínkami:

Testovací dataset nepokrýval všechny typy toků, některé typy toků neměly dostatečný počet vzorků pro statistické analýzy a v některých typech toků nebyly k dispozici referenční vzorky. V typech s nedostatkem referenčních lokalit nebyly k dispozici seznamy typických očekávaných taxonů - ty by měly být v budoucnu sestaveny. Finální typy 2-2 a 12-3 jsou značně heterogenní, adekvátně zpřesnit nastavené hodnocení by bylo možné jen s vhodným doplňující typologickým parametrem.

3. Typologie vod

Typologické členění vod v České republice (Langhammer et al., 2009, Vyhláška č. 49/2011 Sb., o vymezení útvarů povrchových vod) je založeno na čtyřech vstupních parametrech:

úmoří, nadmořské výšce, geologickém podloží a řádu toku podle Strahlera. Jednotlivé parametry jsou dále členěny do kategorií (Tab. 1).

Tab. 1 Kategorie vstupních parametrů typologie vod

Parametr	Kód	Kategorie
Úmoří	1	Severní moře
	2	Baltské moře
	3	Středozemní moře
Nadmořská výška	1	< 200 m n. m.
	2	200-500
	3	500-800
	4	800 a více
Geologické podloží	1	Krystalinikum a vulkanity
	2	Pískovce, jílovce, kvartér
Řád toku dle Strahlera	1	Potoky (řád 1-3)
	2	Říčky (řád 4-6)
	3	Řeky (řád 7-9)

Typologie vodních toků je dvoustupňová. První úroveň představuje zonální členění vycházející z parametrů úmoří, nadmořská výška a geologie. V této úrovni členění je říční síť rozčleněna na celkem 21 základních zonálních typů vodních toků. Druhou úroveň představuje jemné členění, do kterého je promítnut řád toku. Jemné členění typologie vodních toků zahrnuje celkem 47 typů.

V nastavovacím datovém souboru nebyly dostatečně zastoupeny všechny typy vod dle jemného členění výše uvedené typologie. Zcela nepokryty byly typy malých toků v nadmořských výškách do 200 m n.m. (typy 1-1-1-1, 1-1-2-1 a 3-1-2-1), dále malé toky nad 800 m n. m (typy 1-4-1-1, 2-4-1-1, 3-4-1-1, 1-4-2-1, 2-4-2-1 a 3-4-2-1) a typ řek 7.-9. řádu v nadmořských výškách nad 500 m n. m. (typ 1-3-1-3). Pro tyto typy nebylo prozatím hodnocení nastaveno. S ohledem na nedostatečné pokrytí daty nastavovacího souboru byly typy pro potřeby nastavení multimetrického hodnocení pospojovány do 6 finálních typů (Tab. 2).

Tab. 2 Charakteristika finálních typů pro hodnocení

Finální typ	Popis
2-1	toky v nadmořských výškách 200-500 m n.m. 1.-3. řádu
3-1	toky v nadmořských výškách 500-800 m n.m. 1.-3. řádu
1-2	řeky v nadmořských výškách do 200 m n.m. 4.-6. řádu
2-2	řeky v nadmořských výškách 200-500 m n.m. 4.-6. řádu
3-2	řeky v nadmořských výškách 500-800 m n.m. 4.-6. řádu
12-3	řeky v nadmořských výškách do 500 m n.m. 7.-9. řádu

První číslo v kódu finálního typu (či několik čísel dohromady, pokud se typy spojily) charakterizuje kategorii nadmořské výšky, druhé je kategorie řádu toku (viz také Tab. 1). Geologie nebyla brána v úvahu, protože bez dalších analýz není možno typy přesněji specifikovat a taktéž není dostatek dat pro nastavení hodnocení typů s odlišnou geologií, která je v České republice velmi heterogenní. Dále nebyla brána v úvahu příslušnost k úmoří (odlišný výběr metrik či odlišné meze pro různá úmoří nebyly v této fázi nastavování hodnocení dostatečně zdůvodnitelné a významné).

Klasifikační schémata pro hodnocení jarních a podzimních vzorků jsou tedy nastavena na šest finálních typů (viz kap. 6).

4. Typově specifický multimetrický index

Multimetrické indexy patří mezi nejpoužívanější nástroje pro klasifikaci stavu ekosystémů sladkých a brakických povrchových vod. Multimetrický index kombinuje tři a více jednotlivých metrik, jejichž výsledky jsou nakonec spojeny do multimetrického výsledku. Různé druhy metrik (např. druhové bohatosti, podílu citlivých a tolerantních taxonů, trofické struktury společenstva), které odráží různé podmínky prostředí, jsou kombinovány do jednoho multimetrického indexu.

V dubnu 2011 vydal Evropský výbor pro normalizaci (CEN) technickou zprávu CEN/TR 16151:2011 Water quality – Guidance on the design of Multimetric Indices, která je návodem pro navrhování multimetrických indexů. V České republice byl multimetrický index sestaven v souladu s touto normou.

Pro výběr metrik ze souboru potenciálně vhodných byla použita statistická metoda Structural Equation Modeling pro hledání a testování vztahů mezi soubory dat (Loehlin, 2004).

5. Popis hlavních metrik v multimetrických indexech

Ideální metrika by měla být smysluplně interpretovatelná a citlivá na stresor. Hodnoty potenciálně vhodné metriky musí vykazovat významný vztah ke gradientu stresoru. Tento vztah/korelace může být pozitivní nebo negativní, může být buď napříč celým gradientem stresoru nebo naměřený na jeho části (např. pouze od středního po velmi dobrý stav lokalit). Součástí multimetrického indexu by se neměly stát metriky, které spolu silně korelují, to znamená, že jsou tzv. redundantní.

Metriky, z nichž se skládají multimetrické indexy, jsou detailněji popsány v následujících kapitolách.

Pro výpočet metrik založených na abundancích jednotlivých taxonů (metriky kvantitativního zastoupení, metriky odvozené z ekologických charakteristik taxonů) byla použita logaritmovaná data - $\ln(x+1)$ - která jsou robustnější, nejsou citlivá na náhodné extrémní hodnoty a dávají větší váhu výskytu taxonů a naopak snižují váhu (často náhodně) dominantních taxonů.

5.1 Metriky kvantitativního zastoupení

Metriky kvantitativního zastoupení udávají relativní zastoupení taxonu nebo taxonomické skupiny ve společenstvu.

EPT Abu – procentuální zastoupení jedinců skupin Ephemeroptera, Plecoptera, Trichoptera (jepice, pošvatky, chrostíci).

$$\text{EPT Abu} = (n_{\text{jep}} + n_{\text{pos}} + n_{\text{chros}}) / n * 100$$

kde n_{jep} = součet logaritmovaných abundancí taxonů jepic ve vzorku, $n_{\text{poš}}$ = součet logaritmovaných abundancí taxonů pošvatek ve vzorku, n_{chros} = součet logaritmovaných abundancí taxonů chrostíků ve vzorku a n = součet logaritmovaných abundancí všech taxonů ve vzorku.

Jep Abu – procentuální zastoupení jedinců skupiny Ephemeroptera (jepice).

$$\text{Jep Abu} = n_{\text{jep}} / n * 100$$

kde n_{jep} = součet logaritmovaných abundancí jepic ve vzorku a n = součet logaritmovaných abundancí všech taxonů ve vzorku.

Pos Abu – procentuální zastoupení jedinců skupiny Plecoptera (pošvatky).

$$\text{Pos Abu} = n_{\text{pos}} / n * 100$$

kde n_{pos} = součet logaritmovaných abundancí pošvatek ve vzorku a n = součet logaritmovaných abundancí všech taxonů ve vzorku.

Abundance těchto významných zástupců společenstev makrozoobentosu jsou obvykle významně redukovány vlivem stresorových faktorů jako ztráta vhodných habitatů, nízká diverzita substrátu dna či absence stabilních substrátů (např. dřevní hmota v korytě, kameny pokryté mechem) či degradace kvality vody nebo zvýšení trofie.

5.2 Metriky druhové bohatosti a diverzity

Metriky druhové bohatosti a diverzity udávají počet druhů, rodů nebo vyšších taxonomických skupin v rámci určitého taxonomického celku, včetně celkového počtu taxonů a všech indexů diverzity.

Cel (počet čeledí) – celkový počet čeledí nacházejících se ve vzorku

EPT Tax – celkový počet taxonů skupin Ephemeroptera (jepice), Plecoptera (pošvatky) a Trichoptera (chrostíci)

Celkový počet čeledí a EPT taxonů popisuje celkovou rozmanitost společenstva makrozoobentosu. Klesající počet indikuje, že zastoupení různých nik, habitatů a potravních

zdrojů v toku je změněno, a že tento stav nedokáže podporovat dostatečné množství čeledí. Nízké hodnoty těchto metrik obvykle indikují změnu hydrologického režimu (snížení rychlosti proudění), změnu diverzifikace dnového substrátu, zvýšenou depozici organických substrátů a vymizení hrubších frakcí či degradaci kvality vody nebo zvýšení trofie. Oproti celkovému počtu taxonů a indexům diverzity je počet čeledí robustní a není tak citlivý na kvalitu zpracování materiálu (odběr, determinace).

DivMarg (diversita Margalef) – Margalefův index diverzity

$$D_{Mg} = \frac{(S-1)}{\ln N}$$

kde S = počet taxonů ve vzorku a N = celkový počet jedinců všech taxonů ve vzorku

Tento index diverzity v sobě kombinuje množství taxonů získaných na určitý počet nasbíraných jedinců. Diverzita obecně postihuje tři základní vlastnosti společenstva: počet, druhovou pestrost a vyrovnanost. Klesající diverzita indikuje, že zastoupení různých nik, habitatů a potravních zdrojů v toku je změněno a že tento stav nedokáže podporovat dostatečné množství druhů či degradaci kvality vody nebo zvýšení trofie.

PakTax (počet taxonů pakomárovitých) – počet taxonů čeledi Chironomidae (pakomárovití) ve vzorku

Počet taxonů pakomárovitých v řekách 7. - 9. řádu koresponduje s intenzitou stresoru. Ve velkých řekách, jež jsou chudší na ostatní čeledě (řády), má opodstatněný význam a doplňuje metriku Cel (počet čeledí).

5.3 Metriky založené na citlivosti vybraných druhů

Metriky založené na citlivosti vybraných druhů souvisejí s druhy, u kterých je známa odpověď (sensitivita či tolerance) vůči danému stresoru nebo jeho jednotlivým aspektům, využívající informace buď o přítomnosti/nepřítomnosti druhu nebo o jeho abundanci.

SapInd (saprobní index) – český saprobní index

$$S_i = \frac{\sum_{i=1}^S s_i \cdot h_i \cdot i_i}{\sum_{i=1}^S h_i \cdot i_i} \quad (\text{Marvan et al., 1975})$$

kde S_i = výsledný saprobní index, s_i = individuální saprobní index i -tého druhu, h_i = početnost i -tého druhu, i_i = individuální indikační váha i -tého druhu, S = počet druhů (ve vzorku)

Saprobní index je metrika založená na citlivosti vybraných taxonů vůči zatížení vod lehce rozložitelnou organickou hmotou. Vstupem jsou tzv. individuální saprobní indexy a jejich váhy stanovené odborným úsudkem pro vybrané taxony. Metrika primárně indikuje organické znečištění, ale pozitivně koreluje také s intenzitou eutrofizace, zemědělským využitím říční nivy i povodí a některými prvky hydromorfologické degradace.

5.4 Metriky odvozené z ekologických charakteristik druhů

Tyto metriky obecně souvisejí s ekologickými charakteristikami taxonů jako jsou potravní preference, habitatové a proudové preference, zónační preference či vlastnosti životního cyklu.

HLital (litál) - procentuální zastoupení jedinců druhů, které preferují štěrkovitý a kamenitý substrát (> 2 cm)

ZERhit (epiritrál) - procentuální zastoupení jedinců druhů, které preferují toky s velkým spádem, velmi hrubým substrátem dna a výrazně převažujícím turbulentním prouděním (zóna epiritrál)

ZMRhit (metaritrál) - procentuální zastoupení jedinců druhů, které preferují mělké toky, v jejichž proudnici hloubka nepřekračuje 1m a kde převládají peřejnaté úseky (zóna metaritrál)

ZHRhit (hyporitrál) - procentuální zastoupení jedinců druhů, které preferují hlubší podhorské toky (zóna hyporitrál)

U každého typu ekologické charakteristiky (např. potravní preference) je u každého taxonu rozděleno 10 bodů mezi kategorie daného typu ekologické charakteristiky podle skutečných (odhadnutých) preferencí taxonu (0 = vlastnost u taxonu není; 10 = vlastnost je pro daný taxon zcela typická). Součet těchto bodů (skóre) je tedy u každého taxonu pro jednotlivé typy ekologických charakteristik roven deseti. Metrika založená na ekologické charakteristice je vypočítána jako průměr skóre jednotlivých taxonů v dané kategorii ekologické charakteristiky vážených abundancemi taxonů.

$$\text{Metrika} = \frac{\sum (n_i \cdot \text{body}_i)}{10 \sum n_i}$$

kde n_i = přirozený logaritmus počtu jedinců druhu i , body_i = počet bodů, které má druh i pro danou ekologickou charakteristiku.

Vysoké hodnoty těchto čtyř metrik jsou charakteristické pro přirozené toky daného typu a velikosti. Nízké hodnoty mohou být znakem „potamalizace“, kdy se podmínky habitatů podobají velkým, pomalu tekoucím řekám.

Reti (RETI) - poměrné zastoupení potravních strategií (vázaných na přirozené prostředí) ve společenstvu makrozoobentosu (Schweder, 1992):

fgs	potravní strategie: spásací a seškrabávači	Druhy získávající rostlinnou potravu z minerálních a organických povrchů
fmi	potravní strategie: druhy minující	Druhy vyhryzávající či vrtající chodbičky v živých rostlinných tkáních
fxv	potravní strategie: druhy živící se dřevem	Druhy živící se odumřelou dřevní hmotou
fsh	potravní strategie: drtiči - kouskovači	Druhy drtící či drobcí hrubou organickou hmotu
fgc	potravní strategie: sběrači	Druhy živící se sběrem nebo shrnováním detritu, sedimentů nebo biofilmu
faf	potravní strategie: aktivní filtrátoři	Druhy živící se jemnou organickou hmotou, kterou filtrují z volné vody, přičemž proud vody vyvolávají aktivním pohybem
fpf	potravní strategie: pasivní filtrátoři	Druhy živící se jemnou organickou hmotou, kterou filtrují z volné vody pasivně využívaje jejího proudění
fot	potravní strategie: druhy živící se jiným způsobem	

$$RETI = \frac{\sum_i n_{gs} + \sum_i n_{xy} + \sum_i n_{sh}}{\sum_i n_{gs} + \sum_i n_{xy} + \sum_i n_{sh} + \sum_i n_{mi} + \sum_i n_{gc} + \sum_i n_{af} + \sum_i n_{pf} + \sum_i n_{ot}}$$

Do rovnice jsou dosazovány součty logaritmovaných abundancí připadajících na jednotlivé potravní strategie. Protože jeden taxon může mít více takových strategií, násobíme logaritmovaný počet jedinců taxonu valenčním skóre potravní strategie.

např.

$$n_{gsi} = (n_i \cdot fgs_i) / 10,$$

kde n_{gsi} je bodový přínos druhu i k celkovému počtu bodů strategie fgs, n_i je přirozený logaritmus počtu jedinců druhu i a fgs_i je valenční skóre druhu i pro strategii fgs.

cVSpas (Spásací) - poměrné zastoupení potravní strategie spásáčů a seškrabávačů ve společenstvu makrozoobentosu.

$$cVSpas = \frac{\sum (n_i \cdot body_i)}{10 \sum n_i}$$

kde n_i = přirozený logaritmus počtu jedinců druhu i , $body_i$ = počet bodů, které má druh i pro potravní strategii spásáčů a seškrabávačů.

Na neovlivněných lokalitách převyšují počty jedinců seškrabávačů počty filtrátorů a sběračů. Se zhoršující se kvalitou ekosystému dochází ke změnám v proporcionalním zastoupení těchto funkčních skupin.

5.5 Index B z predikčního modelu (nespecifický index)

Index B je počítán predikčním modelem. Predikční model umožňuje predikci skladby společenstev makrozoobentosu na konkrétních lokalitách na základě několika proměnných prostředí. Index B je pak získán následným srovnáním společenstva predikovaného a na hodnocené lokalitě zjištěného. Aplikace tohoto modelu v ČR (Kokeš et al., 2006) si vyžádala vytvoření srovnávacího souboru dat z nezatížených lokalit v rámci celé České republiky.

Vlastní hodnocení probíhá tak, že výpočetní program za použití diskriminační analýzy zařazuje na základě 7 hodnot proměnných prostředí (vzdálenost od pramene, nadmořská výška, zeměpisná šířka, zeměpisná délka, spád toku, plocha povodí, řád toku Strahler 1:10 000) hodnocený vzorek do skupin podkladové databáze. Hodnocený vzorek je zařazen do všech skupin s různou pravděpodobností. Do několika (velmi často pouze do jedné) je vzorek zařazen s vysokou pravděpodobností, do zbývajících s nepatrnou. S použitím pravděpodobností příslušnosti hodnoceného vzorku z dané lokality do skupin podkladové databáze a pravděpodobností výskytu taxonů ve skupinách jsou pak vypočítány pravděpodobnosti očekávaného výskytu taxonů v hodnoceném vzorku na určité lokalitě. Z těchto pravděpodobností je pak vypočítán očekávaný počet taxonů v hodnoceném vzorku na lokalitě.

Index B je číslo, které představuje shodu druhového složení hodnoceného vzorku z určité lokality se standardem.

$$B_L = \frac{Z}{O} \quad , \text{ kde}$$

B = vyjadřuje shodu druhového složení hodnoceného vzorku z určité lokality se standardem

Z = zjištěný počet taxonů ve vzorku

O = očekávaný počet taxonů ve vzorku

L = zvolený limit pravděpodobnosti očekávaného výskytu taxonů ve vzorku

Očekávaný počet taxonů se počítá jako součet pravděpodobností výskytu taxonů podkladové databáze ve skupinách.

$$O = \sum_{i=1}^S P \quad , \text{ kde}$$

O = očekávaný počet taxonů v hodnoceném vzorku

P = pravděpodobnost, se kterou je výskyt taxonu očekáván v hodnoceném vzorku

Přitom pro každou skupinu je pravděpodobnost výskytu taxonu v ní vážena pravděpodobností, se kterou hodnocený vzorek do skupiny patří.

$$P = \sum_{i=1}^S (pt_i * pl_i) \quad , \text{ kde}$$

P = pravděpodobnost, se kterou je výskyt taxonu očekáván v hodnoceném vzorku na lokalitě

pt_i = pravděpodobnost výskytu taxonu v i-té skupině

pl_i = pravděpodobnost, s jakou je hodnocený vzorek zařazen do skupiny i

S = počet skupin

Do výpočtu B nejsou zahrnuty všechny taxony, ale pouze ty, jejichž očekávaná pravděpodobnost výskytu na hodnocené lokalitě (P) je větší než zvolený limit (L). Je-li výpočet proveden s limitem (pro hodnotící systém byl použit limit 50%), má číslo B charakter indexu podobnosti.

Index B se pohybuje od 0 nad 1, přičemž hodnoty vyšší než 1 lze považovat za 1. 0 znamená žádnou shodu, 1 znamená plnou shodu očekávaného a zjištěného počtu taxonů.

6. Postup výpočtu multimetrického indexu ve finálních typech

Výsledné hodnoty jednotlivých metrik jsou vyjádřeny stupněm ekologické kvality (ecological quality ratio EQR). EQR reprezentuje poměr mezi hodnotami biologických parametrů pozorovaných pro danou lokalitu/vodní útvar povrchových vod a hodnotami, kterých by tyto parametry nabývaly za referenčních podmínek vztahujících se k danému vodnímu útvaru. EQR je vyjádřen jako číselná hodnota od 0 do 1: velmi dobrý ekologický stav je vyjádřen hodnotami blízko jedné a špatný ekologický stav hodnotami blízkými nule.

Hodnoty EQR se získají použitím následujících vzorců:

$$\text{EQR} = \frac{\text{výsledek metriky} - \text{dolní mez}}{\text{horní mez} - \text{dolní mez}}$$

pro metriky klesající se zvyšujícím se zatížením (např. počet čeledí) a:

$$\text{EQR} = 1 - \frac{\text{výsledek metriky} - \text{dolní mez}}{\text{horní mez} - \text{dolní mez}}$$

pro metriky stoupající se zvyšujícím se zatížením (např. saprobní index). Všechny hodnoty větší než 1 jsou zaokrouhleny na 1.

Horní mez (Tab. 3 a Tab. 4) koresponduje s horním limitem hodnoty metriky v souladu s referenčními podmínkami (u metrik, jejichž hodnota klesá se zvyšujícím se zatížením, tj. u všech vybraných metrik kromě saprobního indexu).

Dolní mez (Tab. 3 a Tab. 4) odpovídá hodnotě metriky v nejhorším stavu pro metriky, jejichž hodnota klesá se zvyšujícím se zatížením (v případě saprobního indexu je dolní mez tím nejlepším dosažitelným stavem).

EQR skóre vybraných metrik jsou vážena váhami odvozenými z modelu SEM, sečtena a dělena součtem vah do výsledného multimetrického indexu. Navržené kombinace metrik a jejich vah pro jednotlivé typy tekoucích vod jsou uvedeny v Tab. 5 a Tab.6.

Tab. 3 Horní a dolní meze metrik vybraných pro kombinaci do multimetrických indexů v jednotlivých typech vod a jejich hraniční hodnoty tříd stavů (VD – velmi dobrý, D – dobrý, S – střední, P – poškozený, Z – zničený) pro hodnocení vzorků odebraných v jarní sezóně.

Toky v nadmořských výškách 200 – 500 m n.m. 1.-3. řádu

2_1	řád toku	horní mez	VD/D	D/S	S/P	P/Z	dolní mez
Saprobní index	1-3	3.2	1.2	1.7	2.2	2.7	0.65
Litál	1-3	58	46	35	23	12	0
RETI	1-3	0.81	0.65	0.5	0.34	0.19	0.03
EPT Abu	1-3	70	56	42	28	14	0
Diversita Margalef	1-3	7.7	6.24	4.78	3.32	1.86	0.4
Metaritrál	1-3	41	32.8	24.6	16.4	8.2	0
B index	1-3	1	0.8	0.6	0.4	0.2	0

Toky v nadmořských výškách 500 – 800 m n.m 1.-3. řádu

3_1	řád toku	horní mez	VD/D	D/S	S/P	P/Z	dolní mez
Saprobní index	1-3	3.2	1.1	1.6	2.1	2.7	0.55
Jep Abu	1-3	25	20	15	10	5	0
RETI	1-3	0.86	0.7	0.53	0.36	0.2	0.03
Diversita Margalef	1-3	8.4	6.8	5.2	3.6	2	0.4
Litál	1-3	58	46	35	23	12	0
Epiritrál	1-3	38	30	23	15	8	0
B index	1-3	1	0.8	0.6	0.4	0.2	0

Toky v nadmořských výškách do 200 m n.m 4.-6. řádu

1_2	řád toku	horní mez	VD/D	D/S	S/P	P/Z	dolní mez
Počet čeledí	4-6	32	26	20	14	8	2
Saprobní index	4	3.2	1.4	1.8	2.3	2.7	0.9
	5	3.2	1.5	1.9	2.35	2.8	1.1
	6	3.2	1.7	2.1	2.45	2.8	1.3
EPT Abu	4	75	60	45	30	15	0
	5	68	54	41	27	14	0
	6	60	48	36	24	12	0
Hyporitrál	4	23	18	14	9	5	0
	5	29	23	17	12	6	0
	6	35	28	21	14	7	0
RETI	4	0.83	0.67	0.51	0.35	0.19	0.03
	5	0.78	0.63	0.48	0.33	0.18	0.03
	6	0.73	0.59	0.45	0.31	0.17	0.03
Litál	4-6	52	42	31	21	10	0
B index	4-6	1	0.8	0.6	0.4	0.2	0

Toky v nadmořských výškách 200 – 500 m n.m. 4.-6. řádu

2_2	řád toku	horní mez	VD/D	D/S	S/P	P/Z	dolní mez
Saprobní index	4	3.2	1.2	1.7	2.2	2.7	0.75
	5	3.2	1.4	1.9	2.3	2.75	0.95
	6	3.2	1.6	2	2.4	2.8	1.2
Litál	4-6	57	46	34	23	11	0
RETI	4	0.85	0.69	0.52	0.36	0.2	0.03
	5	0.81	0.65	0.5	0.34	0.19	0.03
	6	0.76	0.61	0.47	0.32	0.18	0.03
EPT Abu	4	75	60	45	30	15	0
	5	68	54	41	27	14	0
	6	60	49	36	24	12	0
Diversita Margalef	4-6	8.9	7.2	5.5	3.8	2.1	0.4
Metaritrál	4	45	36	27	18	9	0
	5	40	32	24	16	8	0
	6	33	26	20	13	7	0
B index	4-6	1	0.8	0.6	0.4	0.2	0

Toky v nadmořských výškách 500 – 800 m n.m. 4.-6. řádu

3_2	řád toku	horní mez	VD/D	D/S	S/P	P/Z	dolní mez
Saprobní index	4	3.2	1.1	1.6	2.15	2.7	0.6
	5	3.2	1.2	1.7	2.2	2.7	0.7
	6	3.2	1.4	1.9	2.3	2.8	0.95
RETI	4-6	0.9	0.73	0.55	0.38	0.2	0.03
Litál	4-6	60	48	36	24	12	0
Jep Abu	4-6	24	19	14	10	5	0
Diversita Margalef	4-6	8.4	6.8	5.2	3.6	2	0.4
Epiritrál	4	40	32	24	16	8	0
	5	33	26	20	13	7	0
	6	27	22	16	11	5	0
B index	4-6	1	0.8	0.6	0.4	0.2	0

Toky v nadmořských výškách do 500 m n.m. 7.-9. řádu

12_3	řád toku	horní mez	VD/D	D/S	S/P	P/Z	dolní mez
Počet taxonů pakomárovitých	7	28	23	18	12	7	2
	8 a 9	24	20	15	11	6	2
Počet čeledí	7	37	30	23	16	9	2
	8 a 9	33	26	20	13	7	2
Saprobní index	7	3.2	1.8	2.1	2.5	2.8	1.4
	8 a 9	3.2	2	2.3	2.6	2.9	1.7
Hyporitrál	7	38	30	23	15	8	0
	8 a 9	nepoužije se					
RETI	7	0.69	0.56	0.42	0.3	0.16	0.03
	8 a 9	0.56	0.45	0.35	0.24	0.14	0.03
Litál	7	55	44	33	22	11	0
	8 a 9	45	36	27	18	9	0
EPT Abu	7	58	46	35	23	12	0
	8 a 9	43	34	26	17	9	0
B index	7-9	1	0.8	0.6	0.4	0.2	0

Tab. 4 Horní a dolní meze metrik vybraných pro kombinaci do multimetrických indexů v jednotlivých typech vod a jejich hraniční hodnoty tříd stavů pro hodnocení vzorků odebraných v podzimní sezóně

Toky v nadmořských výškách 200 – 500 m n.m. 1.-3. řádu

2_1	řád toku	horní mez	VD/D	D/S	S/P	P/Z	dolní mez
Saprobni index	1-3	3.6	1.4	2.0	2.5	3.1	0.9
EPT Tax	1-3	28	22	17	11	6	0
Jep Abu	1-3	49	39	29	20	10	0
Spásači	1-3	42	34	25	17	8	0
Metaritrál	1-3	35	28	21	14	7	0
Litál	1-3	56	45	34	22	11	0
B index	1-3	1	0.8	0.6	0.4	0.2	0

Toky v nadmořských výškách 500 – 800 m n.m 1.-3. řádu

3_1	řád toku	horní mez	VD/D	D/S	S/P	P/Z	dolní mez
Saprobni index	1-3	3.6	1.4	1.9	2.5	3.0	0.8
EPT Tax	1-3	30	24	18	12	6	0
Jep Abu	1-3	48	38	29	19	10	0
Spásači	1-3	44	35	26	18	9	0
Epiritrál	1-3	31	25	19	12	6	0
Litál	1-3	50	40	30	20	10	0
B index	1-3	1	0.8	0.6	0.4	0.2	0

Toky v nadmořských výškách do 200 m n.m 4.-6. řádu

1_2	řád toku	horní mez	VD/D	D/S	S/P	P/Z	dolní mez
Saprobni index	4	3.6	1.6	2.1	2.6	3.1	1.1
	5	3.6	1.8	2.2	2.7	3.1	1.3
	6	3.6	1.9	2.3	2.8	3.2	1.5
EPT Tax	4-6	23	18	14	9	5	0
EPT Abu	4	65	52	39	26	13	0
	5	58	46	35	23	12	0
	6	50	40	30	20	10	0
Spásači	4	47	38	28	19	9	0
	5	44	35	26	18	9	0
	6	41	33	25	16	8	0
Hyporitrál	4-6	25	20	15	10	5	0
Litál	4-6	41	33	25	16	8	0
B index	4-6	1	0.8	0.6	0.4	0.2	0

Toky v nadmořských výškách 200 – 500 m n.m. 4.-6. řádu

2_2	řád toku	horní mez	VD/D	D/S	S/P	P/Z	dolní mez
Saprobní index	4	3.6	1.6	2.1	2.6	3.1	1.1
	5	3.6	1.7	2.2	2.6	3.1	1.2
	6	3.6	1.8	2.2	2.7	3.1	1.3
EPT Tax	4	29	23	17	12	6	0
	5	32	26	19	13	6	0
	6	35	28	21	14	7	0
Pos Abu	4	18	14	11	7	4	0
	5	15	12	9	6	3	0
	6	12	10	7	5	2	0
Spásači	4	47	38	28	19	9	0
	5	42	34	25	17	8	0
	6	37	30	22	15	7	0
Metaritrál	4	40	32	24	16	8	0
	5	35	28	21	14	7	0
	6	30	24	18	12	6	0
Litál	4	55	44	33	22	11	
	5	50	40	30	20	10	
	6	45	36	27	18	9	0
B index	4-6	1	0.8	0.6	0.4	0.2	0

Toky v nadmořských výškách 500 – 800 m n.m. 4.-6. řádu

3_2	řád toku	horní mez	VD/D	D/S	S/P	P/Z	dolní mez
Saprobní index	4	3.6	1.4	2.0	2.5	3.1	0.9
	5	3.6	1.6	2.1	2.6	3.1	1.1
	6	3.6	1.8	2.2	2.7	3.1	1.3
EPT Tax	4	31	25	19	12	6	0
	5	34	27	20	14	7	0
	6	37	30	22	15	7	0
Pos Abu	4	30	24	18	12	6	0
	5	28	22	17	11	6	0
	6	26	21	16	10	5	0
Spásači	4	44	35	26	18	9	0
	5	41	33	25	16	8	0
	6	38	30	23	15	8	0
Epiritrál	4	30	24	18	12	6	0
	5	28	22	17	11	6	0
	6	26	21	16	10	5	0
Litál	4	50	40	30	20	10	
	5	48	38	29	19	10	
	6	46	37	28	18	9	0
B index	4-6	1	0.8	0.6	0.4	0.2	0

Toky v nadmořských výškách do 500 m n.m. 7.-9. řádu

12_3	řád toku	horní mez	VD/D	D/S	S/P	P/Z	dolní mez
Saprobní index	7	3.6	2.0	2.4	2.8	3.2	1.55
	8 a 9	3.6	2.1	2.5	2.9	3.2	1.75
EPT Tax	7	30	24	18	12	6	0
	8 a 9	28	22	17	11	6	0
Počet taxonů pakomárovitých	7	23	19	15	10	6	2
	8 a 9	19	16	12	9	5	2
EPT Abu	7	58	46	35	23	12	0
	8 a 9	51	41	31	20	10	0
Spásači	7	37	30	22	15	7	0
	8 a 9	37	30	22	15	7	0
Hyporitrál	7	27	22	16	11	5	0
	8 a 9	Nepoužije se					
Litál	7	41	33	25	16	8	0
	8 a 9	36	29	22	14	7	0
B index	7-9	1	0.8	0.6	0.4	0.2	0

Tab. 5 Výběr metrik a vah jejich EQR pro kombinaci do multimetrických indexů v jednotlivých typech vod pro hodnocení jarních vzorků

Typ		Saprobni index	Počet čeledí	Diverzita Margalef	EPT Abu	Jep Abu	RETI	Litál	Epiritrál	Metaritrál	Hyporitrál	Počet taxonů pakomárovitých	B_index
toky 200-500 m n.m. 1.-3. řádu	2-1	1		0.9	0.7		0.5	0.7		0.7			1.1
toky 500-800 m n.m. 1.-3. řádu	3-1	1		1		1	0.7	1	0.6				1.3
toky do 200 m n.m. 4.-6. řádu	1-2	1	0.9		0.8		0.5	0.2			0.8		1
toky 200-500 m n.m. 4.-6. řádu	2-2	0.9		0.5	0.9		0.9	0.8		1			1.2
toky 500-800 m n.m. 4.-6. řádu	3-2	0.9		0.5		0.7	0.7	1	1				1.2
toky do 500 m n.m. 7.-9. řádu	12-3	0.8	0.7		0.6		0.9	1			1/0*	0.5	1.4/0**

* tato metrika bude použita pouze pro hodnocení toků 7.řádu

** 1.4 je váha při hodnocení toků 7. řádu, pro hodnocení toků 8. a 9. řádu není index B doporučen

Tab.6 Výběr metrik a vah jejich EQR pro kombinaci do multimetrických indexů v jednotlivých typech vod pro hodnocení podzimních vzorků

Typ		Saprobni index	EPT	Počet taxonů pakomárovitých	EPT Abu	Jep Abu	Pos Abu	Spásací	Litál	Epiritrál	Metaritrál	Hyporitrál	B_index
toky 200-500 m n.m. 1.-3. řádu	2-1	0.9	0.9			0.6		0.7	0.8		0.8		1.2
toky 500-800 m n.m. 1.-3. řádu	3-1	0.9	0.9			0.6		0.5	0.8	0.5			1.1
toky do 200 m n.m. 4.-6. řádu	1-2	1	1		0.4			0.6	0.4			0.8	1.1
toky 200-500 m n.m. 4.-6. řádu	2-2	1	1				0.8	0.8	0.7		1		1.3
toky 500-800 m n.m. 4.-6. řádu	3-2	0.8	0.9				0.6	0.7	0.7	0.7			1.1
toky do 500 m n.m. 7.-9. řádu	12-3	0.8	1.1	0.4	0.9			0.7	0.9			1/0*	1.5/0**

* tato metrika bude použita pouze pro hodnocení toků 7.řádu

** 1.5 je váha při hodnocení toků 7. řádu, při hodnocení toků 8. a 9. řádu nebude B index použit

Příklad výpočtu multimetrického indexu jarních vzorků pro finální typ 2-1:

$$\text{MMI}_{2-1 \text{ Jaro}} = (1 \cdot \text{EQR}_{\text{Saprobni index}} + 0,9 \cdot \text{EQR}_{\text{Diverzita Margalef}} + 0,7 \cdot \text{EQR}_{\text{EPT Abu}} + 0,5 \cdot \text{EQR}_{\text{RETI}} + 0,7 \cdot \text{EQR}_{\text{Litál}} + 0,7 \cdot \text{EQR}_{\text{Metaritrál}} + 1,1 \cdot \text{index B}) / (1+0,9+0,7+0,5+0,7+0,7+1,1)$$

7. Klasifikace a znázorňování výsledků ekologického stavu

Finální multimetrický index poskytuje skóre reprezentující celkový vztah mezi kombinovanou hodnotou biologických parametrů zjištěnou pro dané místo a předpokládanou hodnotou v referenčních podmínkách. Toto skóre je stejně jako pro jednotlivé metriky vyjádřeno jako číselná hodnota mezi 0 a 1. Toto rozmezí je rozděleno na pět kategorií se stejnými rozsahy (= třídy ekologického stavu). Ty poskytují pět ordinálních hodnotících kategorií pro hodnocení zatížení v souladu s požadavky Rámcové směrnice (Tab. 7).

Výsledné hodnocení reprezentativního profilu vodního útvaru se vypočítá jako průměr hodnot multimetrických indexů hodnocení jarního a podzimního vzorku odebraných v témže roce na dané lokalitě. Podle této průměrné hodnoty MMI se profil/vodní útvar zařadí do třídy ekologického stavu.

Tab. 7 Zařazení do třídy ekologického stavu podle hodnoty multimetrického indexu (MMI)

Třída ekologického stavu	Klasifikace ekologického stavu	MMI	Barevné označení
1	velmi dobrý	$0,8 < I$	modrá
2	dobrý	$0,6 < I \leq 0,8$	zelená
3	střední	$0,4 < I \leq 0,6$	žlutá
4	poškozený	$0,2 < I \leq 0,4$	oranžová
5	zničený	$I \leq 0,2$	červená

8. Spolehlivost hodnocení

Uvedené postupy hodnocení mohou být aplikovány pouze na vzorky, které byly odebrány a zpracovány metodou PERLA (ČSN 75 7701). Hodnocená data je nutno před vlastním výpočtem jednotlivých metrik taxonomicky sjednotit (adjustovat) na stanovenou determinační úroveň. Tato úroveň je stanovena pro jednotlivé postupy hodnocení a existuje ve čtyřech variantách: 1) pro hodnocení vzorků z jarní sezóny; 2) pro výpočet B indexu predikčním modelem vzorků z podzimní sezóny 3) pro hodnocení vzorků z podzimní sezóny - výpočet ostatních metrik multimetriky ve finálních typech 2-1, 3-1, 1-2, 2-2 a 3-2; a 4) pro hodnocení vzorků z podzimní sezóny - výpočet ostatních metrik multimetriky ve finálním typu 12-3.

Zpracovatel by měl při zpracování vzorků minimálně dodržet závaznou determinační úroveň navrženou pro zpracování dat z monitoringu povrchových vod. Taxony, které nelze spolehlivě určit (např. nižší instary larev hmyzu), by měl zpracovatel uvést jako vyšší nejnižší determinovatelnou taxonomickou jednotku, případné rozpočítání mezi taxony determinované do nižší úrovně bude prováděno centrálně při společném vyhodnocení dat.

Spolehlivost hodnocení bude označena následovně:

A – hodnocení spolehlivé, shodné hodnocení podle MMI a podle indexu B v rámci jedné třídy

B – hodnocení mírně nespolehlivé, rozdíl v hodnocení dle MMI a indexu B je jedna třída anebo/a zároveň je hodnocení dle indexu B označeno jako nespolehlivé (toto označení je součástí výsledku predikčního modelu, u výsledku figurují dvě nebo tři hvězdičky)

C - hodnocení nespolehlivé, rozdíl v hodnocení dle MMI a indexu B jsou dvě a více tříd, nutné expertní posouzení

POZNÁMKA 1

Index B z predikčního modelu má indikováno nespolehlivé hodnocení, pokud má lokalita na niž byl vzorek odebrán parametry, které jsou mimo rozsah podkladové referenční databáze – jedná se tedy většinou o extrémní hodnoty proměnných prostředí, popř. jejich kombinace či opět nedostatečné pokrytí gradientů prostředí referenčními lokalitami. Typickým příkladem je jednak nedostatek lokalit v horských oblastech, kde nebyly v době budování sítě referenčních lokalit předpokládány problémy s ekologickým stavem tekoucích vod, jednak v nížinách, kde jsou toky většinou degradované a pro stanovení referenčních podmínek nepoužitelné.

POZNÁMKA 2

Obecně budou metodou nespolehlivě hodnoceny toky s charakterem horským, rašelinným nebo nížinným.

„Horský“ charakter mohou mít i toky v nižších polohách (tj. pod 800 m n.m.), záleží spíše na sklonu koryta - rychlosti proudění a teplotních poměrech. Tento typ toků, ať už skutečně horských nebo jejich analogií v nižších polohách, není typologií dostatečně postižen a není ani dostatečně pokryt referenčními lokalitami; hodnotící systém tento typ toků v současném nastavení nehodnotí správně (hodnotí je hůře, než jaké ve skutečnosti jsou).

Toky v oblastech s výskytem rašelinišť a toky z těchto oblastí vytékající mají specifický chemismus (dystrofní vody rašelinišť) a zejména kvůli nižšímu pH též specifickou faunu, typicky s nižší druhovou bohatostí u makrozoobentosu. Mozaikovitý výskyt tohoto typu toků je obtížné podchytit typologickými kritérii a opět není ani dostatek referenčních lokalit. Lokality jsou pak hodnoceny opět hůře, než by odpovídalo velikosti reálné odchylky od referenčního stavu.

Hodnocení lokalit ve finálním typu 12-3, podskupiny velkých nížinných řek 8. – 9. řádu lze považovat taktéž za nespolehlivé - jednak jsou ve většině případů nebroditelné, tzn. nelze odebrat reprezentativní multihabitatový vzorek srovnatelným způsobem jako v tocích broditelných (7. řádu), a také v nastavovacím datasetu chybí referenční lokality pro spolehlivé nastavení referenčních podmínek. V těchto typech řek je pro společenstva makrozoobentosu vedle organického zatížení nejvýznamnějším faktorem hydromorfologické ovlivnění, které ovšem při současném nastavování metody hodnocení nebylo na jednotlivých profilech dostatečně podrobně zdokumentováno, proto do výběru metrik nemohly být zahrnuty metriky dobře postihující tento typ degradace.

9. Literatura

European Union (2015): CIS Guidance Document No. 30: Procedure to fit new or updated classification methods to the results of the complete intercalibration exercise. ISBN 978-92-79-38434-9, doi: 10.2779/158259.

ČSN 75 7701 Jakost vod – Metodika odběru a zpracování vzorků makrozoobentosu tekoucích vod metodou PERLA. Český normalizační institut, 2008.

CEN/TR 16151:2011 Water quality – Guidance on the design of Multimetric Indices. European Committee for Standardization, 2011. (TNI CEN/TR 16151 (757729) Jakost vod - Návod pro navrhování multimetrických indexů)

Kokeš, J., Zahrádková, S., Němejcová, D., Hodovský, J., Jarkovský, J. & Soldán, T., 2006. The PERLA System in the Czech Republic: A Multivariate Approach for Assessing the Ecological Status of Running Waters. *Hydrobiologia*, 566 (1): 343–354.

Langhammer, J., et al., 2009. Vymezení typů útvarů povrchových vod, PřF UK Praha. Zpracováno pro MŽP.

Loehlin, J.C., 2004. *Latent Variable Models: An Introduction to Factor, Path, and Structural Equation Analysis* (4th ed.) Mahwah, NJ : Lawrence Erlbaum Associates.

Marvan, P., Rotschein, J. & Zelinka, M., 1975. Diagnostická hodnota saprobiologických metod. *Vodní Hospodářství B*, Praha, 25(4): 107-112.

Rozhodnutí Komise (EU) 2018/229 ze dne 12. února 2018, kterým se podle směrnice Evropského parlamentu a Rady 2000/60/ES stanoví hodnoty pro klasifikace monitorovacích systémů členských států vyplývající z mezikalibračního porovnání a kterým se ruší rozhodnutí Komise 2013/480/EU. – Úřední věstník, č. L 47, 20.2.2018.

Schweder, H. 1992. Neue indices für die Bewertung des ökologischen Zustandes von Fließgewässern, abgeleitet aus der Makroinvertebraten-Ernährungstypologie. *Limnologie Aktuell* 3, 353-377.

Sládeček V., Zelinka M., Rotschein J., Moravcová V., 1981. Komentář k ČSN 830532, část 6. Biologický rozbor povrchové vody – Stanovení saprobního indexu podle Pantleho a Bucka.

Směrnice 2000/60/ES Evropského parlamentu a Rady z 23. října 2000 ustavující rámec pro činnost Společenství v oblasti vodní politiky, 2005. Aktualizovaný pracovní překlad s anglickým originálem. Praha, MŽP, Odbor ochrany vod.

Vyhláška č. 49/2011 Sb., o vymezení útvarů povrchových vod.