

**Využitie bioindikačných vlastností bentických rozsievok
(BACILLARIOPHYCEAE) pre účely hodnotenia ekologického potenciálu
vybraných vodných nádrží Slovenska**

Dana Fidlerová

Výskumný ústav vodného hospodárstva, Nábřežie arm. gen. L. Svobodu 5, 812 49 Bratislava
fidlerova@vuvh.sk

Abstract

The object of this study were 23 water reservoirs in Slovakia. These reservoirs are classified as heavily modified water bodies (HMWB), therefore it is necessary to assess their ecological potential according to the requirements of the Water Framework Directive (WFD). Benthic diatoms are one of the bioindicators' groups, which should be potentially used in this assessment. The most common tools for evaluation of the water quality with using diatoms are indices based on their bioindicative properties. The main objective of the presented research was to select the most appropriate diatom-based index or indices respectively for the assessment of ecological potential of water reservoirs in Slovakia. For the assessment of ecological potential of reservoirs can be used diatom indices developed for running or standing waters respectively. Twenty-two diatom indices from above mentioned groups together with environmental variables obtained during the period of 2011-2014 in the routine biomonitoring of water reservoirs were explored in this study. The following criteria were assessed: i) correlations of tested indices with environmental variables; ii) the total variance of indices; iii) the ability of indices to distinguish undisturbed conditions from those disturbed and iv) the ability of indices to distinguish the differences between the 2 biotypes in the multipurpose reservoirs and between 3 biotypes in drinking water-supply reservoirs as well. The most suitable diatom-based indices for the assessment of ecological potential of the studied reservoirs were IPS and LTDI.

Anotácia

Táto štúdia je zameraná na testovanie indexov založených na bentických rozsievkach. Cieľom je vybrať najvhodnejší index, resp. indexy na hodnotenie ekologického potenciálu vodných nádrží na Slovensku, ktoré patria medzi výrazne zmenené vodné útvary.

Kľúčové slová

bentické rozsievky, rozsievkové indexy, vodné nádrže, rámcová smernica o vode, ekologický potenciál

Annotation

The present study focuses on the testing of diatom-based indices. The aim is to select the most appropriate index or indices respectively for the assessment of ecological potential of water reservoirs in Slovakia, which belong to heavily modified water bodies.

Keywords

benthic diatoms, diatom indices, water reservoirs, Water Framework Directive, ecological potential

ÚVOD

Hlavným cieľom rámcovej smernice o vode (RSV, Smernica 2000/60/ES, The European Parliament & European Council 2000) je realizácia opatrení pre dosiahnutie dobrého stavu vôd všetkých prirodzených vodných útvarov. V prípade povrchových vôd sú špecifickou skupinou „výrazne zmenené vodné útvary“ (Heavily Modified Water Bodies, HMWB), ktoré majú v dôsledku fyzikálnych zmien, spôsobených ľudskou činnosťou, zmenený charakter, a preto nemôžu dosiahnuť dobrý ekologický stav. V takýchto vodných útvaroch je hlavným cieľom RSV dosiahnutie dobrého ekologického potenciálu (CIS WG 2A Ecological Status 2003). Na Slovensku sú HMWB klasifikované do dvoch kategórií, a to „rieky“ a „rieky so zmenenou kategóriou“ (MŽP SR 2009). Druhá skupina zahŕňa 23 vodných nádrží (VN) určených podľa CIS WG 2.2 HMWB (2003). Na určenie ekologického potenciálu musia všetky členské štáty Európskej únie na národnej úrovni vypracovať hodnotiace systémy pre všetky relevantné prvky kvality. Jednou z kľúčových indikátorových skupín organizmov, ktoré by mali byť zahrnuté do hodnotenia ekologického potenciálu, sú bentické rozsievky.

Biologické prvky kvality, používané v hodnotení ekologického potenciálu, by mali byť schopné, okrem iného, odzrkadliť aj vplyv hydromorfologických zmien. Vo všeobecnosti sa od bentických rozsievok neočakáva priama odpoveď na hydromorfologické zmeny vo vodných ekosystémoch (Bavarian Environment Agency 2008). Avšak, hydromorfologické zmeny ovplyvňujú celú škálu ekologických podmienok (Moss 2008), ktoré sú spoločenstvá bentických rozsievok schopné v sledovaných vodných nádržiach odzrkadliť, a preto sú schopné sekundárne odzrkadliť vplyv hydromorfologických zmien. Analýzy taxonomického zloženia spoločenstiev a environmentálnych údajov potvrdili, že bentické rozsievky sú dostatočne citlivé voči

pôsobiacim environmentálnym parametrom a ku konkrétnym stresorom v sledovaných VN. Rovnako bolo zistené, že spoločenstvá bentických rozsievok nereflektujú preddefinované kategórie typologických deskriptorov zahrnutých do typológie vodných útvarov na Slovensku podľa Vyhl. MPŽPRR SR č. 418/2010 Z. z. a následne bolo definovaných 5 „biotypov“ VN s charakteristickým taxonomickým zložením a špecifickými ekologickými podmienkami, ktoré by mali slúžiť ako podklad pre rozdelenie VN pri hodnotení ekologického potenciálu (Fidlerová & Hlúbiková 2016).

Rozsievky môžu byť v hodnotení kvality vody využívané viacerými spôsobmi, napr. na základe stanovenia biomasy alebo produktivity, jednoznačne najčastejším spôsobom na hodnotenie kvality vody prostredníctvom rozsievok je však použitie indexov založených na ich bioindikačných vlastnostiach (De Nicola & Kelly 2014). Pre podmienky tečúcich vôd boli vytvorené mnohé hodnotiace indexy, z ktorých väčšina je zahrnutá v programe OMNIDIA (Lecointe et al. 1993) a sú rutinne používané na hodnotenie kvality tečúcich vôd v rôznych oblastiach Európy (Kelly 2013). Použitelnosť týchto indexov, pôvodne vyvinutých pre tečúce vody, bola potvrdená aj v jazerách a vodných nádržiach v rôznych geografických oblastiach (napr. Kitner & Poulíčková 2003, Blanco et al. 2004, Bolla et al. 2010, Jüttner et al. 2010, Novais et al. 2012, Kahlert & Gottschalk 2014). Vyvinuté však boli aj niektoré indexy pre podmienky stojatých vôd (napr. Hofmann 1994, Stenger-Kovács et al. 2007, Bennion et al. 2014), ale ich používanie v monitorovaní je menej časté.

Z vyššie uvedených dôvodov bol hlavným cieľom predkladanej práce výber najvhodnejšieho hodnotiaceho indexu, resp. indexov založených na bentických rozsievkach. Zistené výsledky by mali slúžiť na spresnenie hodnotiaceho systému ekologického potenciálu VN na Slovensku.

MATERIÁL A METÓDY

Odbery vzoriek, ich laboratórne spracovanie a analýzy

Objektom výskumu bolo 23 VN na Slovensku, a to 16 viacúčelových (Orava, Liptovská Mara, Palcianska Maša, Ružín, Veľká Domaša, Kunov, Budmerice, Nitrianske Rudno, Môťová, Ružiná, Ľuboreč, Teplý Vrch, Petrovce, Zemplínska Šírava, Sĺňava, Kráľová) a 7 vodárenských (Hriňová, Málinec, Klenovec, Bukovec, Nová Bystrica, Starina, Turček).

Odbery vzoriek prebiehali v rokoch 2011 až 2014 v rámci riešenia projektov 24110110001 Monitorovanie a hodnotenie stavu vôd a 24110110158 Monitorovanie a

hodnotenie stavu vôd - II. etapa v súlade s príslušnými ročnými programami monitorovania stavu vôd Slovenska, <http://www.vuvh.sk/rsv2/?lang=SK>. Vzorky bentických rozsievok boli odoberané dvakrát, resp. trikrát ročne, a to v jarnom, jesennom a v niektorých rokoch aj v letnom období z litorálnej zóny podľa požiadaviek STN EN 13946 (2004) a King et al. (2006). Ako odberový substrát boli používané kamene, vo vodárenských nádržiach boli na odber vzoriek používané aj umelé substráty. Vzorky rozsievok boli odoberané z minimálne 5 kameňov z eufotickej zóny a ihneď po odbere boli konzervované formaldehydom do výslednej, približnej 4 %. V laboratóriu boli zo vzoriek pripravené trvalé mikroskopické preparáty s použitím metódy horúceho peroxidu vodíka a ako zalievacie médium bol použitý Naphrax.

Rozsievky boli determinované s použitím svetelného mikroskopu Zeiss Axio Scope.A1 s diferenciálnym interferenčným kontrastom pri 1000-násobnom zväčšení do najnižšej možnej taxonomickej úrovne podľa pokynov STN EN 14407 (2005). V každom preparáte bolo determinovaných približne 400 misiek rozsievok a kvantifikácia bola vyjadrená relatívnou početnosťou.

Štrnásť fyzikálno-chemických parametrov bolo meraných mesačne v každej vodnej nádrži počas vegetačnej sezóny od apríla do septembra, a to: pH, rozpustený kyslík, teplota vody, merná vodivosť, biologická a chemická spotreba kyslíka, amoniakálny, dusičnanový a celkový dusík, celkový a fosforečnanový fosfor, alkalita, chlorofyl-a a priehľadnosť vody. Analýzy boli vykonané v laboratóriách jednotlivých odštepných závodov Slovenského vodohospodárskeho podniku.

Analýzy indexov založených na rozsievkach

Údaje o taxonomickom zložení a početnosti rozsievok boli použité na výpočet 22 rozsievkových indexov, a to 17 indexov v programe OMNIDIA ver. 5.5 (Lecoite et al. 1993 - IDAP, EPI-D, IBD, SHE, DI-CH, WAT, IPS, SLA, DES, L&M, IDG, CEE, TDI, IDP, SID, TID a LOBO), 4 indexov v programe DILSTORE 1.1 (Hajnal et al. 2009 - TI, TDIL, S, SCIL) a indexu LTDI v programe DARLEQ ver. 2.0 (Kelly et al. 2014). Hodnoty všetkých indexov boli prepočítané na interval hodnôt od 0 do 20.

Pri výbere najvhodnejšieho indexu, resp. indexov boli posudzované viaceré stanovené kritériá, a to i) vzťahy medzi indexami a environmentálnymi parametrami; ii) celková variácia všetkých testovaných indexov; iii) schopnosť indexov odlíšiť nenarušené podmienky od narušených a iv) schopnosť indexov odlíšiť rozdiely medzi 2 biotypmi vo viacúčelových nádržiach, a tiež medzi 3 biotypmi vo vodárenských

nádržiach. Biotypy predstavujú typy vodných nádrží, ktoré boli definované na základe biologických spoločenstiev bentických rozsievok v práci Fidlerová & Hlúbiková (2016) nasledovne:

Dva biotypy vo viacúčelových nádržiach:

1. plytké viacúčelové nádrže (Kunov, Budmerice, Nitrianske Rudno, Môťová, Ružiná, Luboreč, Teplý Vrch, Petrovce, Zemplínska Šírava, Sĺňava, Kráľová),
2. hlboké viacúčelové nádrže (Orava, Liptovská Mara, Palcmanská Maša, Ružín, Veľká Domaša).

Tri biotypy vo vodárenských nádržiach:

1. vodárenské nádrže lokalizované v nižších a stredných nadmorských výškach s nízkymi hodnotami mernej vodivosti a alkality (Hriňová, Málinec, Klenovec, Bukovec),
2. vodárenské nádrže lokalizované v nižších a stredných nadmorských výškach s vyššími hodnotami mernej vodivosti a alkality (Nová Bystrica, Starina),
3. vodárenské nádrže lokalizované vo vyšších nadmorských výškach s nízkymi hodnotami mernej vodivosti a alkality (Turček).

Na opísanie vzťahov medzi hodnotami indexov a pôsobiacimi environmentálnymi parametrami boli použité Spearmanove korelácie. Do analýz bolo zahrnutých 14 meraných fyzikálno-chemických ukazovateľov, a tiež geografické a hydromorfologické údaje a údaje o využívaní krajiny (nadmorská výška, priemerná hĺbka, plocha, maximálny objem, priemerný ročný prietok, retenčný čas, percentuálny podiel zalesnenia, urbanizácie a poľnohospodárstva). Na zobrazenie variancie indexov boli použité krabicové grafy (box-plots). Na testovanie štatistickej významnosti rozdielov v priemerných hodnotách indexov medzi viacúčelovými a vodárenskými nádržami bol použitý Studentov t-test. Na testovanie štatistickej významnosti rozdielov v mediánových hodnotách indexov medzi jednotlivými biotypmi vo viacúčelových a vodárenských nádržiach bol použitý Kruskal-Wallisov H-test. Uvedené štatistické analýzy boli vykonané v programe STATISTICA ver. 6.0 (StatSoft Inc. 2001), krabicové grafy boli vytvorené v programoch STATISTICA ver. 6.0 (StatSoft Inc. 2001) a PC ORD ver. 6 (McCune & Mefford 2011).

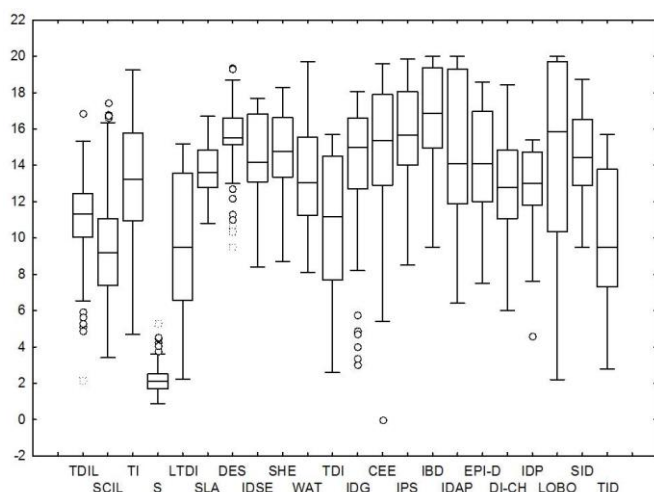
VÝSLEDKY

Korelácie medzi environmentálnymi ukazovateľmi a rozsievkovými indexami

V celom súbore environmentálnych údajov boli najvýznamnejšie korelácie zaznamenané pri indexoch LTDI, TDI, CEE, IPS, EPI-D a TID. Uvedené indexy významne korelovali s hydromorfologickými ukazovateľmi (najmä s priemernou hĺbkou, nadmorskou výškou a retenčným časom), s fyzikálno-chemickými ukazovateľmi (predovšetkým s koncentráciou celkového fosforu, mernou vodivosťou, priehľadnosťou vody a biochemickou spotrebou kyslíka), a tiež s ukazovateľmi využívania krajiny. Na druhej strane ako úplne nevhodné sa ukázali indexy SCIL a DES, a ani pri indexoch TDIL, TI, S a WAT sa vzhľadom na nízke korelácie nepotvrdila ich použiteľnosť.

Porovnanie variácie testovaných indexov

Najvyššia variácia hodnôt indexov bola zistená pri indexoch LTDI, TDI, IDAP, LOBO, TID a uspokojivé výsledky dosiahli tiež indexy TI, WAT, CEE, IPS, IBD, EPI-D a DI-CH (obr. 1).



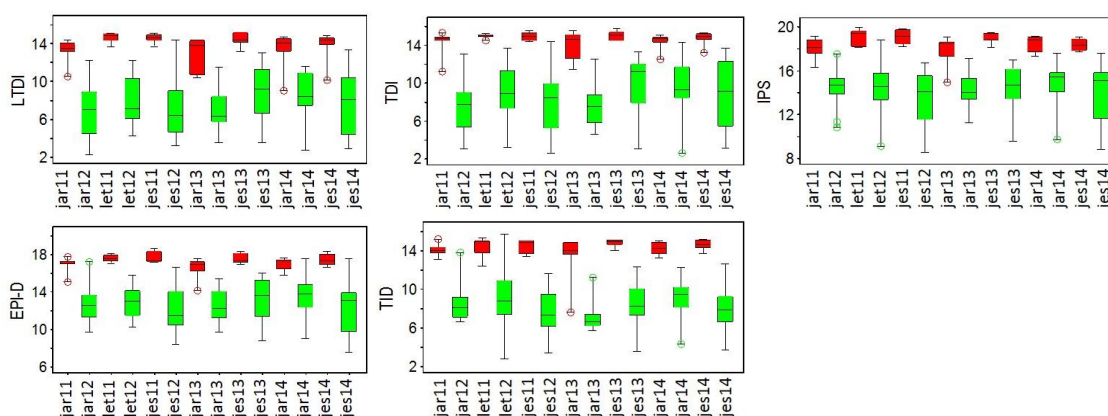
Obr. 1 Variácia hodnôt indexov v sledovaných nádržiach v období rokov 2011-2014 (n = 156)

Vzhľadom na výsledky korelácií, a tiež porovnanie variácie hodnôt indexov, bolo z pôvodných 22 indexov do ďalšieho testovania zahrnutých iba 6 indexov, a to LTDI, TDI, CEE, IPS, EPI-D a TID.

Porovnanie hodnôt indexov medzi vodárenskými a viacúčelovými nádržami

Keďže vo vodárenských nádržiach sú, vzhľadom na účel využívania, oveľa nižšie hodnoty znečistenia v porovnaní s viacúčelovými nádržami, pri výbere najvhodnejšieho indexu sa vychádzalo z predpokladu, že vhodný hodnotiaci index musí byť schopný odlíšiť vodárenské nádrže od viacúčelových v zmysle odlíšenia neznečistených

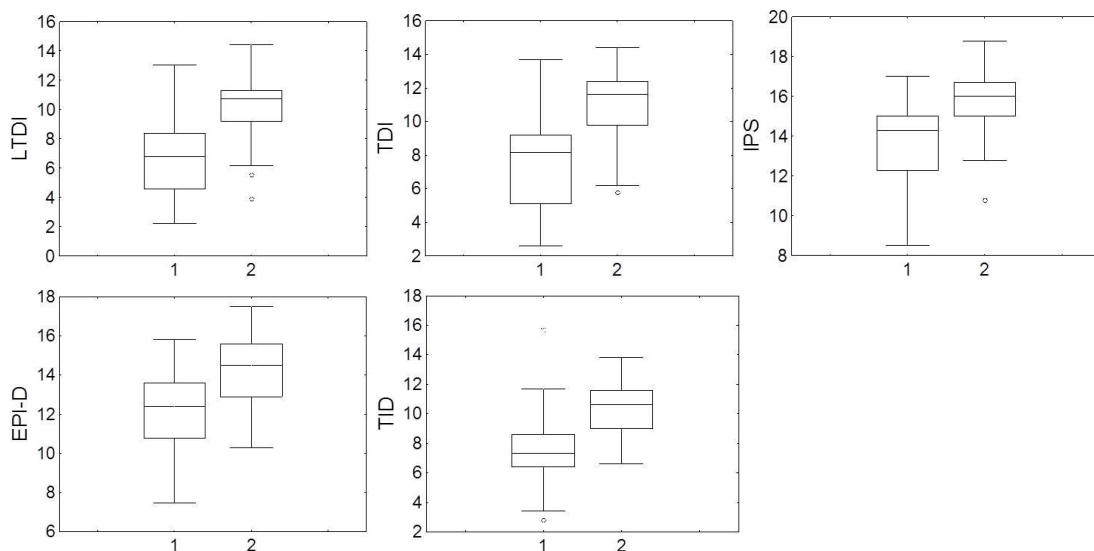
podmienok od znečistených, a to vo všetkých sledovaných obdobiach. Z tohto dôvodu boli porovnávané hodnoty indexov medzi vodárenskými a viacúčelovými nádržami v každej odberovej sezóne osobitne. Výsledky Studentovho t-testu potvrdili, že všetkých 6 indexov je schopných odlišiť viacúčelové nádrže od vodárenských, a to vo všetkých odberových sezónach, pričom najpreukázateľnejšie bolo možné odlišiť vodárenské nádrže od viacúčelových počas všetkých odberových sezón pomocou 5 indexov, a to LTDI, TDI, IPS, EPI-D a TID (obr. 2), a preto bol index CEE z ďalšieho testovania tiež vylúčený.



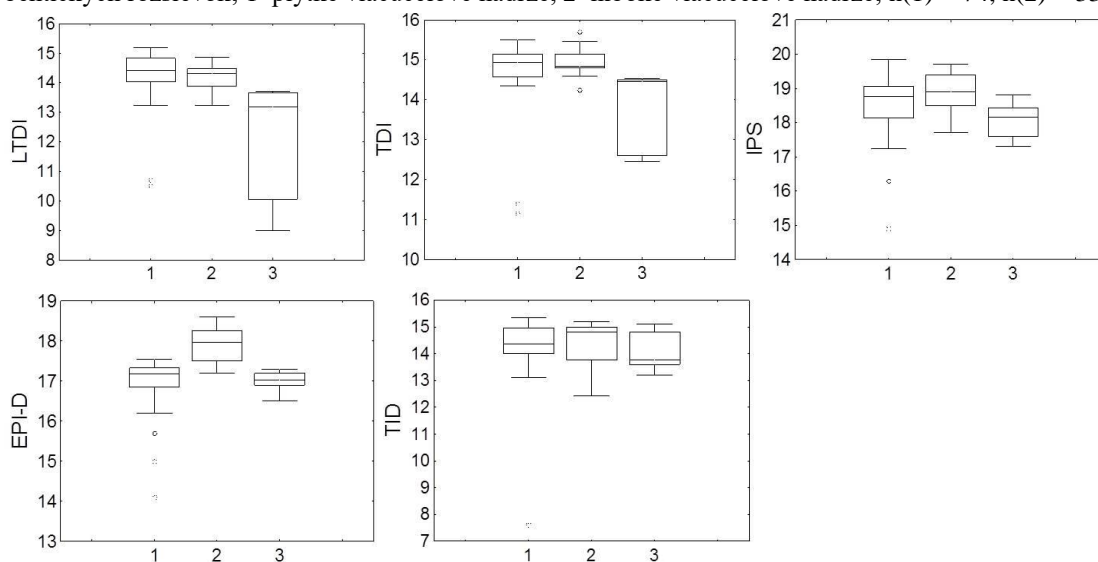
Obr. 2 Variancia hodnôt indexov vo vodárenských a viacúčelových nádržiach osobitne za jednotlivé odberové sezóny za roky 2011-2014; červená farba - vodárenské nádrže, zelená farba - viacúčelové nádrže, jar - jarne vzorky, let - letné vzorky, jes - jesenné vzorky; vodárenské nádrže: n = 7; viacúčelové nádrže: n = 16; okrem viacúčelových jar 2013, kde n = 11

Porovnanie hodnôt indexov v piatich biotypoch vodných nádrží

Cieľom ďalších analýz bolo zistiť či sa rozdiely v taxonomickom zložení medzi 5 biotypmi vodných nádrží, definovanými na základe priamych ordinačných analýz taxonomického zloženia spoločenstiev bentických rozsievok a environmentálnych údajov (Fidlerová & Hlúbiková 2016) odzrkadlia aj na hodnotách rozsievkových indexov. Výsledky Kruskal-Wallisovho H-testu ukázali, že rozdiely medzi 2 biotypmi vymedzenými vo viacúčelových nádržiach bolo možné odlišiť pomocou všetkých 5 indexov, pričom najpreukázateľnejšie pomocou indexov LTDI, TDI, IPS a TID (obr. 3). Rozdiely medzi 3 biotypmi, vymedzenými vo vodárenských nádržiach, bolo možné odlišiť pomocou 4 indexov, a to LTDI, TDI, IPS a EPI-D, pričom najpreukázateľnejšie pomocou indexov LTDI a IPS (obr. 4).



Obr. 3 Variancia hodnôt indexov v dvoch typoch viacúčelových nádrží definovaných pomocou bentických rozsievok; 1–plytké viacúčelové nádrže, 2–hlboké viacúčelové nádrže; $n(1) = 74$, $n(2) = 33$



Obr. 4 Variancia hodnôt indexov v troch typoch vodárenských nádrží definovaných pomocou bentických rozsievok; 1–vodárenské nádrže lokalizované v nižších a stredných nadmorských výškach s nízkymi hodnotami mernej vodivosti a alkality, 2–vodárenské nádrže lokalizované v nižších a stredných nadmorských výškach s vyššími hodnotami mernej vodivosti a alkality, 3–vodárenské nádrže lokalizované vo vyšších nadmorských výškach s nízkymi hodnotami mernej vodivosti a alkality; $n(1) = 28$, $n(2) = 14$, $n(3) = 7$

Na základe vykonaných analýz a štatistických testov, do ktorých bolo zahrnutých 22 dostupných rozsievkových indexov možno povedať, že viaceré indexy, napriek tomu, že boli vytvorené pre podmienky tečúcich vôd, dokázali svoju použiteľnosť vo vodných nádržiach na Slovensku, pričom najlepšie výsledky v testovaní dosiahli indexy IPS, TDI, TID a EPI-D. Veľmi dobré výsledky v testovaní rovnako dosiahol aj index LTDI vytvorený pre podmienky stojatých vôd. Z uvedených 5 indexov boli na hodnotenie ekologického potenciálu VN na Slovensku navrhnuté dva indexy, a to IPS a LTDI.

DISKUSIA

Väčšina testovaných indexov dosiahla vysoké korelácie s väčšinou environmentálnych parametrov, čo dokazuje, že rozsievkové indexy odzrkadľujú integrovaný dopad fyzikálno-chemických a hydromorfologických parametrov, a tiež parametrov využívania krajiny v sledovaných vodných nádržiach na Slovensku. Vysoké korelácie väčšiny indexov s týmito parametrami potvrdzujú, že tieto parametre významne ovplyvňujú štruktúru spoločenstiev bentických rozsievok vo viacúčelových a vodárenských nádržiach, čo ukázali aj vykonané ordinačné analýzy spoločenstiev (Fidlerová & Hlúbiková 2016). Schopnosť indexov indikovať odlišné ekologické podmienky súvisiace s účelom a intenzitou využívania a hydromorfologickými charakteristikami VN dokázali iba niektoré z testovaných indexov, a to v rozličnej miere. Viaceré indexy, napriek tomu, že boli vytvorené pre podmienky tečúcich vôd, dokázali svoju použiteľnosť vo VN na Slovensku. Veľmi dobré výsledky v testovaní rovnako dosiahol aj index LTDI vytvorený pre podmienky stojatých vôd. Na hodnotenie ekologického potenciálu VN na Slovensku boli navrhnuté dva indexy, a to IPS a LTDI na základe expertného posúdenia a v snahe vyhnúť sa redundancii.

IPS je najpoužívanejší rozsievkový index v Európe v stojatých aj tečúcich vodách (Kelly 2013) a je používaný aj pri hodnotení ekologického stavu tečúcich vôd na Slovensku (Šporka et al. 2007). Veľká výhoda indexu spočíva v obrovskej databáze indikátorových taxónov, ktorá pokrýva viac ako 90 % taxónov bežne sa vyskytujúcich v sledovaných nádržiach. Databáza indikátorov indexu sa navyše pravidelne aktualizuje. Kahlert & Gottschalk (2014) odporúčajú na hodnotenie kvality stojatých vôd používanie indexu vytvoreného pre tečúce vody v rovnakej geografickej oblasti ako používanie indexu vytvoreného pre stojaté vody ale v inej geografickej oblasti. IPS je síce francúzsky index, ale jeho indikačný potenciál v tokoch Slovenska bol jednoznačne potvrdený, pričom zo všetkých testovaných indexov dosiahol najlepšie výsledky (Hlúbiková et al. 2007). Rutinne je používaný na hodnotenie ekologického stavu jazier vo Švédsku a Fínsku (Kelly 2013), ale jeho efektívnosť v hodnotení kvality stojatých vôd s rôznym trofickým stavom sa potvrdila v mnohých ďalších európskych oblastiach.

Druhým indexom, ktorý bol vybraný na hodnotenie ekologického potenciálu, je špecializovaný index LTDI, vytvorený na hodnotenie trofie stojatých vôd. Výsledky práce potvrdili jeho použiteľnosť aj mimo areálu jeho pôvodu, pričom spomedzi piatich testovaných indexov v tejto práci, vyvinutých na hodnotenie kvality stojatých vôd, bol

LTDI index jediný, ktorý dokázal svoju použiteľnosť vo VN na Slovensku. Tento index bol vytvorený rekalibráciou trofického indexu TDI, vytvoreného vo Veľkej Británii na hodnotenie trofického stavu tokov (Bennion et al. 2014) a používaného na hodnotenie trofického stavu tokov vo Veľkej Británii a v Írsku na národnej úrovni (Kelly 2013).

ZÁVERY

Hlavným cieľom predkladanej práce bol výber najvhodnejšieho indexu, resp. indexov založených na bentických rozsievkach, ktoré by mali slúžiť na hodnotenie ekologického potenciálu 23 vodných nádrží na Slovensku v súlade s požiadavkami RSV. Do testovania bolo zahrnutých celkovo 22 rozsievkových indexov vytvorených pre podmienky tečúcich aj stojatých vôd. Vykonané štatistické analýzy umožnili výber najvhodnejších indexov, a to IPS a LTDI.

LITERATÚRA

- Bavarian Environment Agency 2008. Action Guidelines. Classification of Heavily Modified Water bodies and Derivation of the Ecological Potential in Bavaria within the framework of the implementation of the European Water Framework Directive (WFD). Work version: 23.07.2008, 14 pp.
- Bennion H., Kelly M. G., Juggins S., Yallop M. L., Burgess A., Jamieson B. J. & Krokowski J. 2014. Assessment of ecological status in UK lakes using benthic diatoms. *Freshwater Science* 33: 639–654.
- Blanco S., Ector L. & Bécares E. 2004. Epiphytic diatoms as water quality indicators in Spanish shallow lakes. *Vie et Milieu* 54: 71–79.
- Bolla B., Borics G., Kiss K. T., Reskóné N. M., Várbíró G. & Ács É. 2010. Recommendations for ecological status assessment of lake Balaton (largest shallow lake of central Europe), based on benthic diatom communities. *Vie et Milieu* 60: 197–208.
- CIS WG 2A Ecological Status 2003. Guidance Document No. 13. Overall Approach to the Classification of Ecological Status and Ecological Potential. Common Implementation Strategy for the Water Framework Directive (2000/60/EC).
- CIS WG 2.2 HMWB 2003. Guidance Document No. 4. Identification and Designation of Heavily Modified and Artificial Water Bodies. Common Implementation Strategy for the Water Framework Directive (2000/60/EC).

- De Nicola D. M. & Kelly M. 2014. Role of periphyton in ecological assessment of lakes. *Freshwater Science* 33: 619–638.
- Fidlerová D. & Hlúbíková D. 2016. Relationships between benthic diatom assemblages' structure and selected environmental parameters in Slovak water reservoirs (Slovakia, Europe). *Knowledge and Management of Aquatic Ecosystems* 417, 27.
- Hajnal É., Stenger-Kovács Cs., Ács É. & Padišák J. 2009. DILSTORE software for ecological status assessment of lakes based on benthic diatoms. *Fottea* 9: 351–354.
- Hlúbíková D., Hindáková A., Haviar M. & Miettinen J. 2007. Application of diatom water quality indices in influenced and non-influenced sites of Slovak rivers (Central Europe). In: Ács É., Kiss K. T. & Padišák J. (ed.). *Use of Algae for Monitoring Rivers VI.*, Hungarian Algological Society, Göd, Hungary. *Archiv für Hydrobiologie, Supplements* 161: 443–464.
- Hofmann G. 1994. Aufwuchs-Diatomeen in Seen und ihre Eignung als Indikatoren der Trophie. *Bibliotheca Diatomologica* 30, Berlin: J. Cramer. 241 pp.
- Jüttner I., Chimonides P. J. & Ormerod S. J. 2010. Using diatoms as quality indicators for a newly-formed urban lake and its catchment. *Environmental Monitoring and Assessment* 162: 47–65.
- Kahlert M. & Gottschalk S. 2014. Differences in benthic diatom assemblages between streams and lakes in Sweden and implications for ecological assessment. *Freshwater Science* 33: 655–669.
- Kelly M. G. 2013. Data rich, information poor? Phytobenthos assessment and the Water Framework Directive. *European Journal of Phycology* 48: 437–450.
- Kelly M. G., Juggins S., Bennion H., Burgess A., Yallop M., Hirst H., Jamieson J., Guthrie R. & Rippey B. 2014. DARLEQ2: Diatom Assessment of River and Lake Ecological Quality Version 2.0.0 Software for Freshwater Status Classification using benthic diatoms.
- King L., Clarke G., Bennion H., Kelly M. & Yallop M. 2006. Recommendations for sampling littoral diatoms in lakes for ecological status assessments. *Journal of Applied Phycology* 18: 15–25.
- Kitner M. & Pouličková A. 2003. Littoral diatoms as indicators for the eutrophication of shallow lakes. *Hydrobiologia* 506-509: 519–524.
- Lecointe C., Coste M. & Prygiel J. 1993. OMNIDIA: software for taxonomy, calculation of diatom indices and inventories management. *Hydrobiologia* 269/270: 509–513.

- McCune B. & Mefford M. J. 2011. PC-ORD. Multivariate Analysis of Ecological Data. Version 6.0. MjM Software, Gleneden Beach, Oregon, U.S.A.
- Ministerstvo životného prostredia Slovenskej republiky 2009. Vodný Plán Slovenska. Implementácia smernice 2000/60/ES Európskeho parlamentu a Rady z 23. októbra 2000. November 2009.
- Moss B. 2008. The kingdom of the shore: achievement of good ecological potential in reservoirs. *Freshwater Reviews* 1: 29–42.
- Novais M. H., Blanco S., Delgado C., Morais M., Hoffmann L. & Ector L. 2012. Ecological assessment of Portuguese reservoirs based on littoral epilithic diatoms. *Hydrobiologia* 695: 265–279.
- StatSoft Inc. 2001. STATISTICA for Windows [Computer program manual]. Tulsa, OK: StatSoft Inc., 2300, Tulsa, <http://www.statsoft.com>.
- Stenger-Kovács C., Buczkó K., Hajnal É. & Padisák J. 2007. Epiphytic, littoral diatoms as bioindicators of shallow lake trophic status: Trophic Diatom Index for Lakes (TDIL) developed in Hungary. *Hydrobiologia* 589: 141–154.
- STN EN 13946. 2004. Kvalita vody. Pokyny na rutinný odber a predprípravu vzoriek bentických rozsievok z tečúcich vôd.
- STN EN 14407. 2005. Kvalita vody. Pokyny na identifikáciu, stanovenie a interpretáciu vzoriek bentických rozsievok z tečúcich vôd.
- Šporka F., Makovinská J., Hlúbiková D., Tóthová L., Mužík V., Magulová R., Kučárová K., Pekárová P. & Mrafková L. 2007. Metodika pre odvodenie referenčných podmienok a klasifikačných schém pre hodnotenie ekologického stavu vôd. VÚVH Bratislava, SHMÚ Bratislava, ÚZ SAV Bratislava, SAŽP Banská Bystrica. 288 pp.
- The European Parliament and European Council 2000. Directive 2000/60/EC of the European Parliament and of the Council establishing a framework for Community action in the field of water policy. *Official Journal of the European Union* L 327: 1–73.
- Vyhláška Ministerstva pôdohospodárstva, životného prostredia a regionálneho rozvoja Slovenskej republiky č. 418/2010 Z. z. o vykonaní niektorých ustanovení vodného zákona.