

Vplyv vodných elektrární na trendy kvality vody vo vybraných vodných tokoch SR z dlhodobého hľadiska

The Influence of Hydropower Plants on the Development of Water Quality of Selected Streams in the Slovak Republic in a Long-Term Perspective

Igor KOKAVEC¹ & Ivan BARTÍK²

¹ Ústav zoológie, Slovenská akadémia vied, Dúbravská cesta 9, SK-84506 Bratislava, SR; email: igor.kokavec@savba.sk

² Slovenský hydrometeorologický ústav, Jeséniova 17, SK-83315 Bratislava 37, SR

Abstract

The analysis of environmental changes in stream ecosystems from a temporal perspective is important for the assessment of anthropogenic influences on them and it also has consequences for future management. The aim of this study is to demonstrate the long-term trends of selected physical and chemical characteristics of water in order to assess the impacts of different types of hydropower plants. The trends in the reference category (without upstream discontinuity) show a continuous increase in water reaction while biochemical oxygen demand has decreased over the last 50 years. In the category of streams influenced by small hydropower plants, water reaction and dissolved oxygen concentration increased, while electrical conductivity has decreased over time. It is also evident that the development of the trend line in water reaction and conductivity was influenced by small hydropower plants. The trend lines of the category of streams influenced by large hydropower plants showed a steeper increase over time for water reaction, conductivity and dissolved oxygen. For each category, the trend lines representing the development of nutrient concentrations (ammonium-nitrogen, nitrate-nitrogen) have a parabolic shape, as their concentrations peaked in the 1990s and started to decrease thereafter. However, statistical analyses are needed to assess the significance of the trends. As the long-term increase in water reaction is frequently observed in streams in Slovakia, more attention should be paid to this phenomenon in view of climate change and biodiversity protection.

Úvod

Čistá voda je dôležitou podmienkou pre život, a to aj pre život ľudskej spoločnosti. V minulosti sa však vodné toky používali aj ako odpadové kanály, čo nevyhnutne viedlo k zvýšeniu zaťaženia vodných ekosystémov znečisťujúcimi látkami. Kontaminácia znižuje dostupnosť vody pre spotrebu a zvyšuje náklady na jej úpravu (Carpenter et al. 1998), čo prehľbuje už i tak rastúce problémy s celkovým nedostatkom vody pre človeka aj pre ekosystémy. Ekologický a chemický stav vnútrozemských vôd pritiahol v posledných desaťročiach veľkú pozornosť (napr. Ahearn et al. 2005). Na hodnotenie stavu sladkovodných ekosystémov, ako aj vplyvu opatrení zameraných na jeho

zlepšenie, boli vo väčšine európskych povodií implementované monitorovacie siete, ktoré poskytujú pomerne rozsiahly súbor údajov o kvalitatívnych parametroch vody (Benfenati et al. 2003).

Na základe analýz dlhodobých dát je možné pomerne presne identifikovať trendy určitých environmentálnych parametrov. Z dlhodobého hľadiska dnes pozorujeme celosvetovo pokles koncentrácií fosforu a dusíka (najmä vo forme ortofosforečnanov, dusičnanov a amoniaku) v povrchových tokoch (Smith et al. 2018). Avšak v intenzívne poľnohospodársky využívanej krajine pozorujeme vo vodách skôr vzostup koncentrácie dusičnanov (Lassaletta et al. 2009), zatiaľ čo v urbánnych oblastiach stúpa koncentrácia amoniaku (Ferrier et al. 2001). Okrem toho sa v týchto územiach stretávame so zvyšovaním biochemickej spotreby kyslíka (Diamantini et al. 2018). Uvedené zmeny môžu byť zosilnené aj dlhodobým trendom poklesu prietoku v riekach v dôsledku nárastu sucha, čo sa prejavuje aj vzrastom koncentrácie chloridov a elektrickej vodivosti a celkovo zhoršením kvality povrchových vôd predovšetkým v urbanizovanej krajine (Puchlik et al. 2022). V mnohých európskych riekach sa kvalita vody zlepšila najmä za posledné dve desaťročia po implementácii Rámcovej smernice o vode (2000/60/EC), ktorá urýchlila zotavovacie procesy spojené so zmenou v manažmente vôd a hospodárenia v jej blízkosti (Romero et al. 2016). Napriek tomu však v tom istom období pozorujeme aj vzrast teploty vody a pokles koncentrácie kyslíka, ktorý súvisí s prebiehajúcou klimatickou zmenou a v konečnom dôsledku môže viesť k homogenizácii naprieč prirodzeným gradientom riek (Tudesque et al. 2008; Diamantini et al. 2018). V miernom pásme strednej Európy je klimatickou zmenou ohrozený najmä karpatský ekoregión (Schneider et al. 2013). Ani v ňom však zmeny klímy nepôsobia unifikovane – aj v rámci rovnakého povodia môžu byť značné rozdiely v odozve fyzikálno-chemických faktorov (Benítez-Gilabert et al. 2010).

V regulovaných vodných tokoch sa ku klimatickým stresorom a znečisteniu pridávajú aj hydromorfologické zmeny, pričom býva ťažké vplyv uvedených faktorov vzájomne odlišiť. Napríklad vodné elektrárne narúšajú prirodzenú kontinuitu vodných ekosystémov a spôsobujú aj celý rad nežiadúcich zmien v kvalitatívnych parametroch vody, transporte hmoty a hydromorfológii (Ward & Stanford 1995). Ich vplyv všeobecne súvisí s prítomnosťou zdrže a jej veľkosťou, ale aj počtom elektrární na toku (Kuriqi et al. 2021). V prípade malých vodných elektrární nebol častokrát zaznamenaný žiadny štatisticky významný vplyv na vybrané fyzikálno-chemické parametre vody (Álvarez et al. 2020; Česonienė et al. 2021; Shiji et al. 2021) s niekoľkými výnimkami (Svitok & Novikmec 2014; Tomczyk & Wiatkowski 2021). Čo sa týka veľkých vodných elektrární je ich vplyv na ekosystém toku pod elektrárnou zásadný, nakoľko v nádržiach už dochádza k termálnej stratifikácii, sedimentácii organickej hmoty, čo ovplyvňuje viacero parametrov ako reakciu vody, elektrickú vodivosť a koncentrácie amoniaku, dusičnanov a fosforečnanov (Pozo et al. 1997). Vplyv vodných elektrární závisí aj od hydrologickej situácie v danom roku. Najmä v období hydrologického sucha môže byť vplyv vodnej elektrárne intenzívnejší a prejavovať sa vo významnom zvýšení teploty vody, jej reakcie a koncentrácie kyslíka (Szarek-Gwiazda & Gwiazda 2022).

Vzhľadom na to, že v súčasnosti existuje len veľmi málo informácií o dlhodobých trendoch kvalitatívnych parametrov vody v ekosystémoch tečúcich vôd, a o vplyve priečných stavieb, je cieľom tohto článku demonštrovať trendy zmien vybraných fyzikálno-chemických parametrov za ostatných 50 rokov v troch kategóriách vodných tokov s vplyvom rôznych typov vodných elektrární.

Materiál a metódy

Lokality pre zistenie trendov vývoja fyzikálno-chemických parametrov kvality vody boli zvolené tak, aby časový rad bol čo najkompletnejší, aby začínal najneskôr v roku 1971, a aby reflektoval rôzny spôsob narušenia kontinuity vodných tokov. Preto sme zvolili 3 kategórie lokalít: 1. neprehradené vodné toky, 2. vodné toky s malou vodnou elektrárnou (MVE) postavenou v priebehu monitoringu, 3. vodné toky s veľkými vodnými elektrárnami (VVE), pričom ako modelový tok bola zvolená rieka Váh.

Na základe týchto kritérií bolo do 1. kategórie vybraných 5 lokalít situovaných v podhorskom pásme s nenarušenou kontinuitou od miesta monitoringu proti prúdu: Bystrica – Banská Bystrica (rkm 2,1) (Vodohospodárska mapa 1:50 000, 3. vydanie), Biely Váh – Važec (rkm 15), Čierny Hron – ústie (rkm 0,05), Nitra – nad Kľačnom (rkm 165), Varínka – Varín (rkm 0,5).

Do 2. kategórie lokalít bolo vybraných rovnako 5 lokalít, kde počas monitoringu došlo k výstavbe (MVE a existuje k nim časový rad aspoň 20 rokov pred a 20 rokov po uvedení do prevádzky: Bebrava – Krušovce (rkm 3,4), Belá – Liptovský Hrádok (rkm 0,4), Hornád – Krásna nad Hornádom (rkm 27), Revúca – Ružomberok (rkm 0,3), Turiec – Martin-Vrútky (rkm 3,5). V prípade lokalít s MVE boli elektrárne uvedené do prevádzky od roku 1989 až po rok 1999, čiže takmer všetky v období 90. rokov 20. stor. Bod 0 na osi x obrázka 3 (šestica dole) preto zodpovedá roku uvedenia do prevádzky.

Do súboru lokalít 3. kategórie boli pre porovnanie dlhodobého vplyvu veľkých vodných elektrární vybrané 3 objekty na rieke Váh: VN Liptovská Mara (Okoličné (rkm 351,2) – Lisková (rkm 324,9)), VN Krpeľany (Hubová (rkm 308,8) – pod Krpeľanmi (rkm 294,2)) a VN Hričov (Dubná skala (rkm 270,3) – pod VN Hričov (rkm 247)). Vo všetkých troch prípadoch sa monitorovacie stanice nachádzajú nad aj pod nádržou.

Dáta analyzované v článku pochádzajú z databázy Súhrnná evidencia o vodách (SEoV) spravovanej Slovenským hydrometeorologickým ústavom a boli získané v rámci štátneho monitorovania kvality povrchových vôd SR. Pre porovnanie bolo vybraných 6 fyzikálno-chemických parametrov, ktoré vykazujú preukazné rozdiely pri hodnotení dlhodobých zmien vo vodných ekosystémoch a zároveň patria medzi faktory, ktoré reflektujú aj zmeny spôsobené prehradením: reakcia vody (pH), elektrická vodivosť (EV), biochemická spotreba kyslíka (BSK), koncentrácia rozpusteného kyslíka (O₂), dusičnanový dusík (N-NO₃) a amoniakálny dusík (N-NH₄). Všetky parametre boli v jednotlivých rokoch na každej lokalite merané vo väčšine prípadov 12-krát za rok podľa Rámcového programu monitorovania vôd Slovenska (MŽP

SR 2015). Pre zistenie všeobecných trendov boli dáta analyzované po jednotlivých kategóriách vynesением regresnej krivky pre každý parameter.

Výsledky a diskusia

1. Neprehradené vodné toky (Obr. 1)

V tejto kategórii pozorujeme dlhodobý postupný vzrast pH na lokalitách, ktorý sa však postupne spomaľuje (Tab. 1). Moniewski (2015) vysvetľuje fenomén vzrastu pH intenzifikáciou procesu asimilácie v dôsledku vyššej teploty vody, kedy oxid uhličitý z vody vychytávajú fotosyntetické riasy. To súvisí aj so zvýšením koncentrácie O_2 vo vode (Wetzel 2001), čo sme však v našom prípade nezaznamenali, keďže hodnoty O_2 sú v sledovaných tokoch už 40 rokov relatívne stabilné. Klesajúci trend vykazuje BSK a približne od začiatku 21. storočia aj koncentrácia dusičnanového a amoniakálneho dusíka (DAD), zatiaľ čo EV od tohto obdobia stúpa. V profile Liptovský Hrádok, kde možno rieku Váh ešte považovať za relatívne nenarušenú, bol vyhodnotený trend rastu pH a poklesu BSK a koncentrácií $N-NH_4$ a rozpustných látok v období 1967–2002 (Pekárová & Szolgay 2005). Krivka $N-NO_3$ však v tomto období mierne stúpala až do obdobia 90. rokov 20. stor., kedy začala klesať. Trend uvedených kvalitatívnych parametrov vody v relatívne nenarušených tokoch naznačuje pozitívny vývoj v zmysle zlepšovania kvality vody podobne, ako tomu je v iných európskych krajinách (Romero et al. 2016; Puchlik et al. 2022).

2. Vodné toky s MVE (Obr. 2)

V rámci tejto kategórie sa monitorovacie miesta nachádzajú už v urbanizovanej krajine, preto neprekvapuje, že sú tu merané hodnoty BSK, $N-NH_4$ a $N-NO_3$ rádovo vyššie, najmä v prvej polovici sledovaného obdobia, než v prípade neprehradených vodných tokov. V Tabuľke 1 pozorujeme kontinuálny vzrast priemernej hodnoty pH pri porovnaní jednotlivých dekád, spolu s rastom hodnôt O_2 , zatiaľ čo EV vykazuje klesajúci trend s miernou odchýlkou približne v roku 2010. Z údajov v Tabuľke 1, ako aj Obr. 2, možno vyčítať strmší pokles hodnôt najmä BSK a $N-NH_4$, keďže v 70. rokoch 20. storočia nadobúdali niekoľkonásobne vyššie hodnoty v porovnaní s neprehradenými tokmi, ale v posledných 10 rokoch sú ich hodnoty relatívne podobné ako v prípade neprehradených vodných tokov. Koncentrácia $N-NO_3$ výraznejšie klesla až v ostatnom desaťročí.

Pri grafickom porovnaní však môžeme pozorovať, že po uvedení MVE do prevádzky sa rast pH viacmenej zastavil a ďalej je pomerne stabilizovaný a stúpa oveľa miernejšie. Presne naopak je to v prípade EV, kde je vidieť klesajúci trend od začiatku sledovaného obdobia po uvedenie MVE do prevádzky, kedy začala EV prudšie stúpať, a po zhruba 11 rokoch od uvedenia do prevádzky opäť klesať. Zmiernenie rastu pH a pokles EV v tejto súvislosti bude potrebné ešte overiť štatistickou analýzou, dá sa však predpokladať, že vzhľadom na relatívne dlhšiu vzdialenosť lokalít od MVE (od 1 do 5 km) je tento efekt MVE nezanedbateľný. Uvedené efekty však nie je možné diskutovať, nakoľko štúdie vplyvu MVE na dlhodobých dátach neboli realizované.

Tabuľka 1. Priemerné hodnoty reakcie vody (pH), elektrickej vodivosti (EV), biochemickej spotreby kyslíka (BSK), koncentrácie rozpusteného kyslíka (O₂), dusičnanového dusíka (N-NO₃) a amoniakálneho dusíka (N-NH₄) pre jednotlivé dekády v rámci troch analyzovaných kategórií vodných tokov.

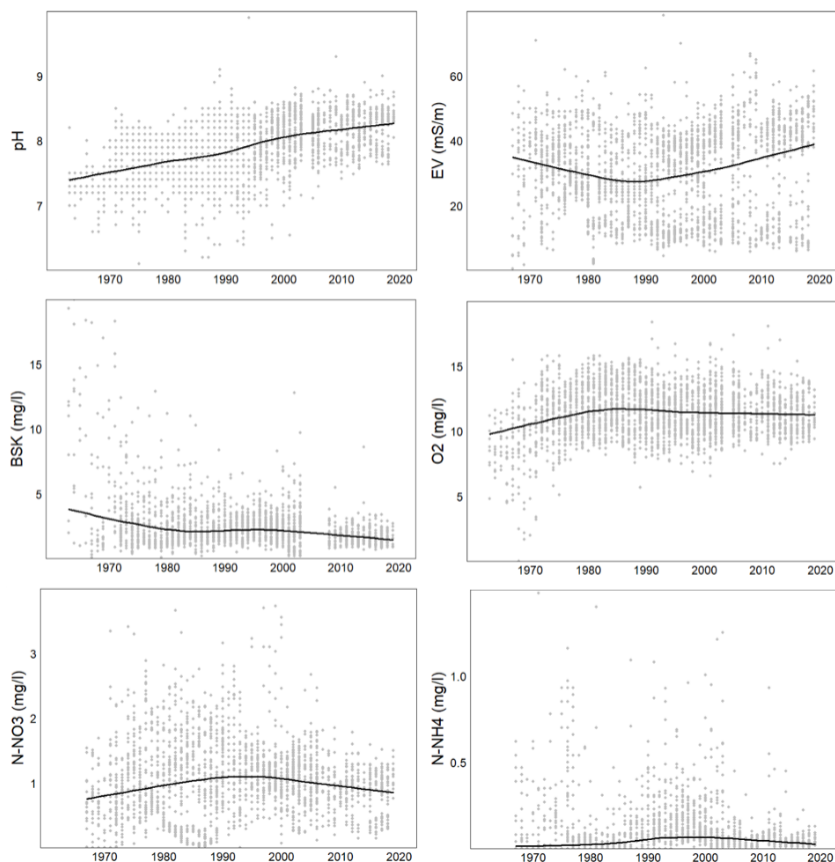
pH	< 1979	1980-1989	1990-1999	2000-2009	2010-2019
1. neprehradené toky	7,59	7,67	7,90	8,14	8,19
2. toky s MVE	7,66	7,71	7,96	8,12	8,16
3. Váh s VVE	7,39	7,50	7,91	8,10	8,25
EV (mS/m)					
1. neprehradené toky	33,09	25,82	28,44	31,73	34,36
2. toky s MVE	41,30	37,99	35,66	39,16	30,58
3. Váh s VVE	33,03	34,08	30,43	33,72	35,10
BSK (mg/l)					
1. neprehradené toky	10,58	2,19	2,48	6,53	1,67
2. toky s MVE	14,73	8,65	3,76	2,65	1,77
3. Váh s VVE	7,80	9,83	3,29	2,43	2,12
O ₂ (mg/l)					
1. neprehradené toky	10,64	12,04	11,40	11,48	11,41
2. toky s MVE	9,92	11,00	11,05	11,17	11,45
3. Váh s VVE	9,35	10,47	10,83	10,84	11,25
N-NO ₃ (mg/l)					
1. neprehradené toky	1,02	0,99	1,28	1,06	0,89
2. toky s MVE	1,75	1,82	2,07	1,62	1,1
3. Váh s VVE	4,63	1,09	1,57	1,12	0,88
N-NH ₄ (mg/l)					
1. neprehradené toky	0,16	0,04	0,17	0,09	0,05
2. toky s MVE	0,76	0,76	0,31	0,14	0,05
3. Váh s VVE	0,44	1,11	0,40	0,08	0,06

Z výsledkov porovnania vplyvu MVE na kvalitatívne parametre vody na lokalitách nad a pod haťou MVE vyplýva, že môžu významne zvyšovať pH, teplotu vody a koncentráciu O₂ a znižovať EV (Svitok & Novikmec 2014; Tomczyk & Wiatkowski 2021). Miera ich vplyvu však závisí od parametrov samotnej zdrže a prevádzky elektrárne ako aj jej situovania v krajine a jej využívania (Liu et al. 2014). Čo sa týka DAD a BSK, tu je efekt MVE skôr zanedbateľný (Vaikasas et al. 2015).

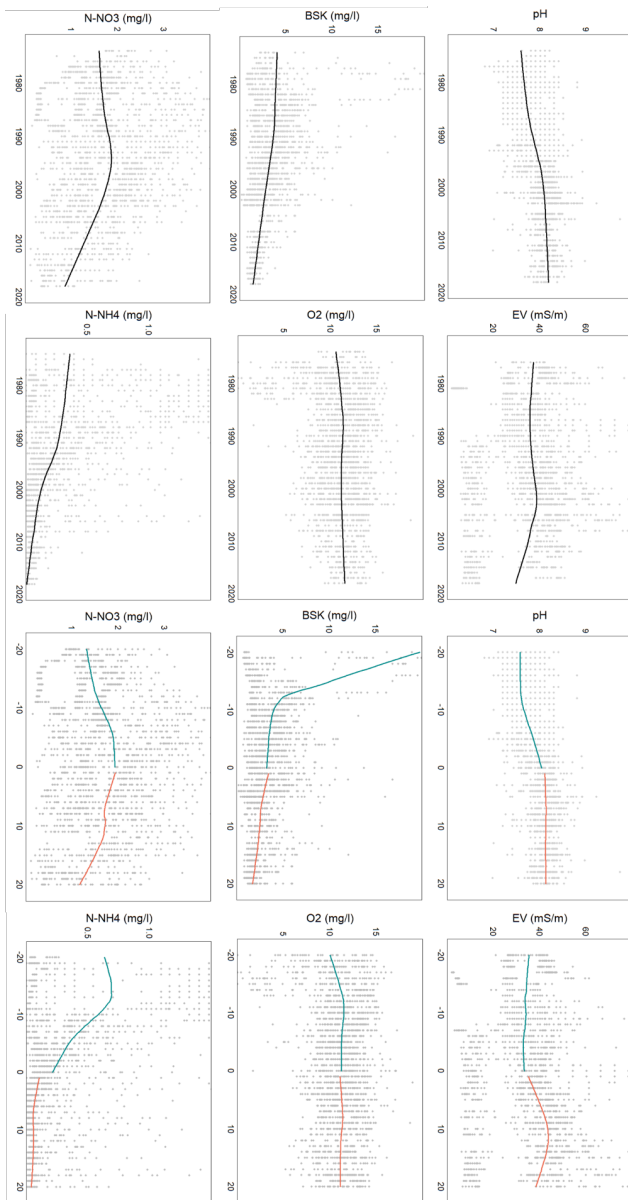
3. Váh s VVE (Obr. 3)

Dlhodobý rast hodnôt jednotlivých parametrov je v tejto kategórii najstrmší. V prípade pH došlo za posledných 40 rokov k nárastu hodnoty o takmer 0,9. O niečo pomalšie stúpa EV a O₂, zatiaľ čo BSK, N-NO₃ a N-NH₄ po kulminácii na prelome 80. a 90. rokov 20. storočia postupne klesajú. Z výsledkov viacerých štúdií hodnotiacich vplyv VVE na kvalitatívne parametre vody vyplýva,

že pod nádržami dochádza najmä k zvýšeniu koncentrácie dusičnanov, amoniaku, pH a poklesu EV (Byren & Davies 1989; O'Keeffe et al. 1990; Pozo et al. 1997). Rozdiely medzi lokalitami nad VVE a pod VVE sú však minimálne a až štatistické vyhodnotenie ukáže významnosť týchto rozdielov. Každopádne je na Obr. 3 vidieť mierne rozdiely vo vývoji EV a O_2 . Aj v prípade VVE je však potrebné zdôrazniť, že zovšeobecnenie ich vplyvov je kvôli jedinečnosti každej elektrárne obtiažne, keďže na ten istý parameter môžu pôsobiť odlišne (Ellis & Jones 2015), čo je v prípade našich výsledkov vidieť z distribúcie dát predovšetkým v prípade BSK a DAD.

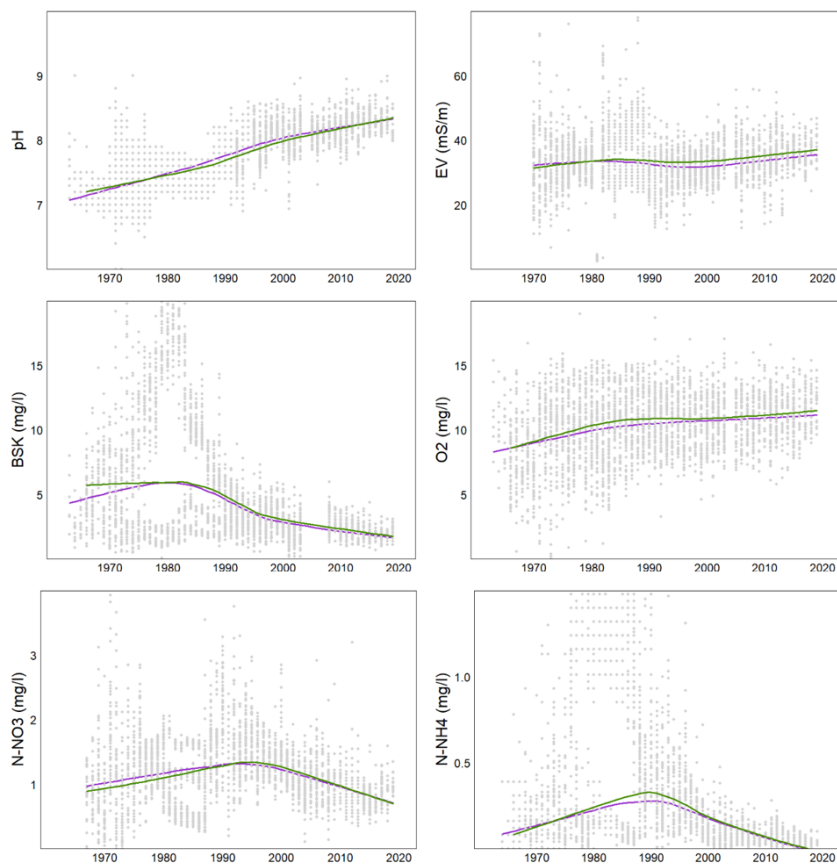


Obr. 1. Dlhodobý trend vývoja fyzikálno-chemických parametrov meraných v neprehradených vodných tokoch.



Obr. 2. Dlhodobý trend vývoja fyzikálno-chemických parametrov meraných vo vodných tokoch, na ktorých bola postavená malá vodná elektráreň (horná polovica obrázkov), porovnanie trendov jednotlivých parametrov pred a po spustení MVE do prevádzky (dolná polovica obrázkov); bod 0 zodpovedá roku uvedenia MVE do prevádzky (1989-1999), modrá krivka – pred uvedením v časovom horizonte 20 rokov, oranžová krivka – po uvedení do prevádzky v časovom horizonte 20 rokov.

Jednoznačne pozitívne stúpajúcim dlhodobým trendom je zo sledovaných parametrov pH vo všetkých troch kategóriách. V prípade väčších tokov vykazujú mierne rastúci trend O_2 a EV. Pekárová & Szolgya (2005) pozorovali dlhodobý rast pH, zatiaľ čo BSK a DAD začali klesať takmer vo všetkých profiloch hodnotených na monitorovacích miestach vo Váhu a Hrone najmä po roku 1990, teda približne v období, kedy začali klesať aj dávky aplikovaných hnojív v poľnohospodárstve. Klesajúci trend DAD a BSK v nami hodnotených vodných tokoch za ostatných 20 rokov taktiež zodpovedá trendu pozorovanom po celom svete (Diamantini et al. 2018), a to aj v prípade horného úseku rieky Váh, ktorá preteká už intenzívne využívanou krajinou s rozvinutým priemyslom.



Obr. 3. Dlhodobý trend vývoja fyzikálno-chemických parametrov meraných v rieke Váh na staniách nad (fialová) a pod (zelená) vodnými nádržami.

Pre jasnú identifikáciu významnosti trendov jednotlivých parametrov, ako aj vplyvu rôznych typov narušenia pozdĺžnej kontinuity vodnými elektrárňami na tieto trendy, je potrebná štatistická analýza uvedených zistení.

Rast pH je najmä v poslednom desaťročí spôsobený zotavením sa z acidifikácie, aj vplyvom klimatickej zmeny, a je pozorovaný v mnohých krajinách na území Európy a Severnej Ameriky (Ferrier et al. 2001; Evans et al. 2005). Otázkou príčiny rastu pH ako ju vysvetľuje Moniewski (2015) z dát, ktoré boli hodnotené v rámci tohto článku, nie sme schopní zodpovedať, pretože nedisponujeme údajmi o teplote vody použiteľnými pre tieto účely. Zo štúdií realizovaných na Slovensku bol pozorovaný dlhodobý trend rastu teploty vody, ktorý však nebol vyhodnotený ako významný, na rozdiel od teploty vzduchu (Pekárová et al. 2008, 2011). Rast teploty vody je však úzko spojený so zvyšovaním teploty vzduchu, čo je všeobecne akceptovaný dôkaz o prebiehajúcej klimatickej zmene vo svete (NCEI 2021). Zmena pH v súvislosti so zmenou klímy nebola zatiaľ hodnotená ako významná (Smith et al. 2018), avšak hovorí o celkovej zmene produkčno-respiračnej rovnováhy vo vodných ekosystémoch ako o esenciálnej podstate fungovania jednotlivých riečnych zón v pozdĺžnom gradiente (Vannote 1980) a môže tak byť skrytou hrozbou pre pôvodnú biodiverzitu.

PodĎakovanie

Tento príspevok vznikol s podporou projektu VEGA 2/0063/19.

Literatúra

- AHEARN, D.S., SHEIBLEY, R.W., DAHLGREN, R.A., ANDERSON, M., JOHNSON, J. & TATE, K.W. 2005. Land use and land cover influence on water quality in the last free-flowing river draining the western Sierra Nevada, California. *Journal of hydrology* 313(3-4): 234-247.
- ÁLVAREZ, X., VALERO, E., TORRE-RODRÍGUEZ, N.D.L. & ACUÑA-ALONSO, C. 2020. Influence of small hydroelectric power stations on river water quality. *Water* 12(2): 312.
- BENFENATI, E., BARCELÒ, D., JOHNSON, I., GALASSI, S. & LEVSEN, K. 2003. Emerging organic contaminants in leachates from industrial waste landfills and industrial effluent. *TrAC Trends in Analytical Chemistry* 22(10): 757-765.
- BENÍTEZ-GILABERT, M., ALVAREZ-COBELAS, M. & ANGELER, D.G. 2010. Effects of climatic change on stream water quality in Spain. *Climatic change* 103(3): 339-352.
- BYREN, B.A. & DAVIES, B.R. 1989. The effect of stream regulation on the physico-chemical properties of the palmiet river, South Africa. *Regulated Rivers: Research & Management* 3(1): 107-121.
- CARPENTER, S.R., CARACO, N.F., CORRELL, D.L., HOWARTH, R.W., SHARPLEY, A.N. & SMITH, V.H. 1998. Nonpoint pollution of surface waters with phosphorus and nitrogen. *Ecological applications* 8(3): 559-568.
- ČESONIENĚ, L., DAPKIENĚ, M. & PUNYS, P. 2021. Assessment of the impact of small hydropower plants on the ecological status indicators of water bodies: A case study in Lithuania. *Water* 13(4): 433.
- DIAMANTINI, E., LUTZ, S.R., MALLUCCI, S., MAJONE, B., MERZ, R. & BELLIN, A. 2018. Driver detection of water quality trends in three large European river basins. *Science of the Total Environment* 612: 49-62.
- ELLIS, L.E. & JONES, N.E. 2013. Longitudinal trends in regulated rivers: a review and synthesis within the context of the serial discontinuity concept. *Environmental Reviews* 21(3): 136-148.

- EVANS, C.D., MONTEITH, D.T. & COOPER, D.M. 2005. Long-term increases in surface water dissolved organic carbon: observations, possible causes and environmental impacts. *Environmental pollution* 137(1): 55-71.
- FERRIER, R.C., JENKINS, A., WRIGHT, R.F., SCHÖPP, W. & BARTH, H. 2001. Assessment of recovery of European surface waters from acidification 1970-2000: An introduction to the Special Issue. *Hydrology and Earth System Sciences* 5(3): 274-282.
- KURIQI, A., PINHEIRO, A.N., SORDO-WARD, A., BEJARANO, M.D. & GARROTE, L. 2021. Ecological impacts of run-of-river hydropower plants – Current status and future prospects on the brink of energy transition. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 142: 110833.
- LASSALETTA, L., GARCÍA-GÓMEZ, H., GIMENO, B.S. & ROVIRA, J.V. 2009. Agriculture-induced increase in nitrate concentrations in stream waters of a large Mediterranean catchment over 25 years (1981–2005). *Science of the Total Environment* 407(23): 6034-6043.
- LIU, Y., YANG, W., YU, Z., LUNG, I., YAROTSKI, J., ELLIOTT, J. & TIESSEN, K. 2014. Assessing effects of small dams on stream flow and water quality in an agricultural watershed. *Journal of Hydrologic Engineering* 19(10): 05014015.
- MONIEWSKI, P. 2015. Physico-chemical features of surface waters and their seasonal variability on the example of Dzierżązna. *Acta Sci. Pol. Form. Circumiectus* 13: 93-106.
- NCEI – NATIONAL CENTERS FOR ENVIRONMENTAL INFORMATION. 2021. Annual 2021 global climate report. Dostupné na <https://www.ncdc.noaa.gov/sotc/global/202113>, (citované 18.11.2022).
- O'KEEFFE, J.H., PALMER, R.W., BYREN, B.A. & DAVIES, B.R. 1990. The effects of impoundment on the physicochemistry of two contrasting southern African river systems. *Regulated Rivers: Research & Management* 5(2): 97-110.
- PEKÁROVÁ, P., HALMOVÁ, D., MIKLÁNEK, P., ONDERKA, M., PEKÁR, J. & ŠKODA, P. 2008. Is the water temperature of the Danube River at Bratislava, Slovakia, rising?. *Journal of Hydrometeorology* 9(5): 1115-1122.
- PEKÁROVÁ, P., MIKLÁNEK, P., HALMOVÁ, D., ONDERKA, M., PEKÁR, J., KUČÁROVÁ, K., ... & ŠKODA, P. 2011. Long-term trend and multi-annual variability of water temperature in the pristine Belá River basin (Slovakia). *Journal of Hydrology* 400(3-4): 333-340.
- PEKÁROVÁ, P. & SZOLGAY, J. 2005. Scenáre zmien vybraných zložiek hydrosféry a biosféry v povodí Hrona a Váhu v dôsledku klimatickej zmeny. Bratislava. VEDA, 494 pp.
- POZO, J., ORIVE, E., FRAILE, H. & BASAGUREN, A. 1997. Effects of the Cernadilla – Valparaiso reservoir system on the River Tera. *Regulated Rivers: Research & Management: An International Journal Devoted to River Research and Management* 13(1): 57-73.
- PUCHLIK, M., PIEKUTIN, J. & DYCZEWSKA, K. 2021. Analysis of the impact of climate change on surface water quality in north-eastern Poland. *Energies* 15(1): 164.
- ROMERO, E., LE GENDRE, R., GARNIER, J., BILLEN, G., FISSON, C., SILVESTRE, M. & RIOU, P. 2016. Long-term water quality in the lower Seine: Lessons learned over 4 decades of monitoring. *Environmental Science & Policy* 58: 141-154.
- SHIJI, C., DHAKAL, S. & OU, C. 2021. Greening small hydropower: A brief review. *Energy Strategy Reviews* 36: 100676.
- SCHNEIDER, C., LAIZÉ, C.L.R., ACREMAN, M.C. & FLÖRKE, M. 2013. How will climate change modify river flow regimes in Europe?. *Hydrology and Earth System Sciences* 17(1): 325-339.

- SMITH, A.J., DUFFY, B.T., ONION, A., HEITZMAN, D.L., LOJPERSBERGER, J.L., MOSHER, E.A. & NOVAK, M.A. 2018. Long-term trends in biological indicators and water quality in rivers and streams of New York State (1972–2012). *River Research and Applications* 34(5): 442-450.
- SVITOK, M. & NOVIKMEC, M. 2014. Vplyv malej vodnej elektrárne na ekosystém podhorského toku. *Technická univerzita vo Zvolene*, 97.
- SZAREK-GWIAZDA, E. & GWIAZDA, R. 2022. Impact of flow and damming on water quality of the mountain Raba River (southern Poland) – long-term studies. *Archives of Environmental Protection* 48(1): 31.
- TOMCZYK, P. & WIATKOWSKI, M. 2021. Impact of a small hydropower plant on water quality dynamics in a diversion and natural river channel. *Journal of Environmental Quality* 50(5): 1156-1170.
- TUDESQUE, L., GEVREY, M., GRENOUILLET, G. & LEK, S. 2008. Long-term changes in water physicochemistry in the Adour – Garonne hydrographic network during the last three decades. *Water research* 42(3): 732-742.
- VAIKASAS, S., BASTIENE, N. & PLIURAITĖ, V. 2015. Impact of small hydropower plants on physicochemical and biotic environments in flatland riverbeds of Lithuania. *Journal of Water Security* 1(1): 1-13.
- WARD, J.V. & STANFORD, J.A. 1995. The serial discontinuity concept: extending the model to floodplain rivers. *Regulated Rivers: Research & Management* 10(2-4): 159-168.
- WETZEL, R.G. 2001. *Limnology: Lake and river ecosystems*. Third edition. London, Academic Press.

AKTIVITA EFFE

Od roku 2010 je Slovenská limnologická spoločnosť členom asociácie európskych limnologických spoločností European Federation for Freshwater Sciences (EFFS). SLS v tejto federácii aktuálne zastupujú P. Beracko (reprezentant SLS), L. Hamerlík (pracovná skupina 1) a P. Macko (zástupca mladých limnológov), ktorí zosumarizovali aktivity EFFS z ostatného obdobia:

Valné zasadnutie zástupcov národných spoločností združených v EFFS

Dátum a čas: 14. novembra 2022, 9:00 - 11:30 (CEST)

Platforma: online meeting cez MS-Teams

Prítomní: Antonio Camacho Gonzalez, Elisabeth Meyer, Ute Risse-Buhl, Diego Copetii, Iwona Jasser, Mary Kelly-Quinn, Geta Risnoveanu, Veronika Sacherova, Nico Salmaso, Mirela Sertić Perić, Sergi Sabater, Daniel Morant Garrigues, Simon Johnson, Pavel Beracko, Miguel Cañedo-Argüelles, Fredric Windsor, Luigil Naselli Flores, Cristina Rachelly, Simon Johnson

