



# Vplyv derivačných malých vodných elektrární na parametre kvality vody v kontexte klimatickej zmeny

Branislav Endel<sup>1,2</sup>, Igor Kokavec<sup>1</sup>, Tomáš Navara<sup>1</sup>, Tomáš Lánczos<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Ústav zoológie SAV, Bratislava, SR

<sup>2</sup>Katedra environmentálnej ekológie a manažmentu krajiny, Univerzita Komenského, Bratislava, SR

<sup>3</sup>Katedra geochémie, Univerzita Komenského, Bratislava, SR

## Úvod

Analogický model pre štúdium dopadov klimatickej zmeny na ekosystémy tečúcich vôd môžu predstavovať derivačné malé vodné elektrárne (MVE). V súvislosti so zmenou klímy sú vodné ekosystémy ohrozené predovšetkým poklesom prietoku a zmenou fyzikálno-chemických ukazovateľov vody. Takéto podmienky sú simulované v derivovanom koryte MVE. Prehradené vodné toky v podhorskej zóne sú pomerne chránené od ďalších negatívnych vplyvov človeka, a preto poskytujú vhodné prostredie pre experimentálne štúdium dôsledkov klimatickej zmeny na spoločenstvách makrozoobentosu in situ.

## Cieľ

vyhodnotiť a zovšeobecniť zmenu vybraných fyzikálno-chemických parametrov v úsekoch vodných tokov s fungujúcou MVE derivačného typu.

## Materiál a metódy

Odborné miesta

- 1 – nad zdžrou MVE v dostatočnej vzdialenosti od možného vplyvu samotnej zdžre
- 2 – v pôvodnom koryte, kde dochádza k derivácii vody
- 3 – pod sútokom pôvodného koryta a derivačného kanála
- umelo vytvorené koryto privádzajúce vodu a zdžra MVE neboli zahrnuté do výskumu
- merania na jar, v lete a na jeseň na 18 MVE
- zohľadnených 10 kvalitatívnych ukazovateľov – teplota vody (Temp), merná vodivosť (EC), merný odpor (Res), reakcia vody (pH), chemická spotreba kyslíka (COD), množstvo rozpustených pevných látok (TDS), oxidačno-redukčný potenciál (ORP), koncentrácia dusičnanov (Nit), fosforečnanov (Pho) a amoniaku (Amm)

Štatistické vyhodnotenie

- zovšeobecnovaný lineárny zmiešaný model GLMER – rozdiely medzi odbornými miestami 1, 2 a 3
- hierarchická klastrova analýza a PCA ordinácia – podobnosť skúmaných lokalít s identifikáciou ukazovateľov, ktoré vysvetľujú podstatnú časť variability

## Výsledky a diskusia

Štatisticky významný rozdiel bol zaznamenaný v prípade mernej vodivosti, merného odporu a celkového množstva rozpustených pevných látok, čo sú navzájom úzko korelované parametre, a to len medzi odborným miestom 1 a 2. Na odbornom mieste 2, teda v pôvodnom derivovanom koryte nadobúdajú uvedené ukazovatele významne vyššie hodnoty ako na odbornom mieste 1 (Tab. 1).

Tab. 1. Výsledky modelov GLMER testujúcich rozdiely medzi odbornými miestami v meraných fyzikálno-chemických ukazovateľoch na 5 % hladine významnosti

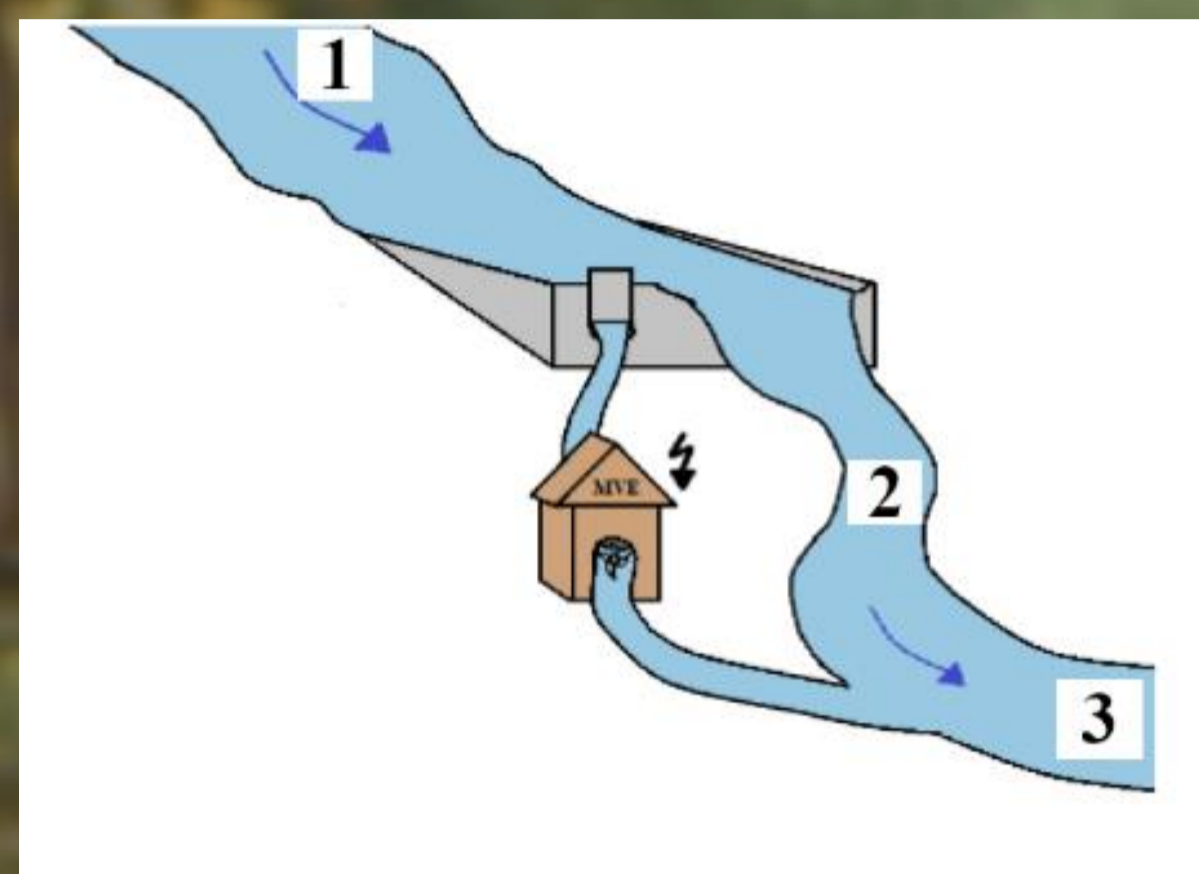
Ukazovateľ	Chisq	Df	Pr(>Chisq)
Teplota (Temp)	0.0907	2	0.9557
Merná vodivosť (EC)	<b>9.107</b>	2	<b>0.01053 *</b>
Merný odpor (Res)	<b>6.359</b>	2	<b>0.04161 *</b>
Reakcia vody (pH)	3.7114	2	0.1563
Chemická spotreba kyslíka (COD)	0.3631	2	0.834
Rozpustené pevné látky (TDS)	<b>6.7455</b>	2	<b>0.0343 *</b>
Oxidačno-redukčný potenciál (ORP)	1.1905	2	0.5514
Dusičnany (Nit)	0.0784	2	0.9616
Fosforečnany (Pho)	2.1498	2	0.3413
Amoniak (Amm)	0.2041	2	0.903



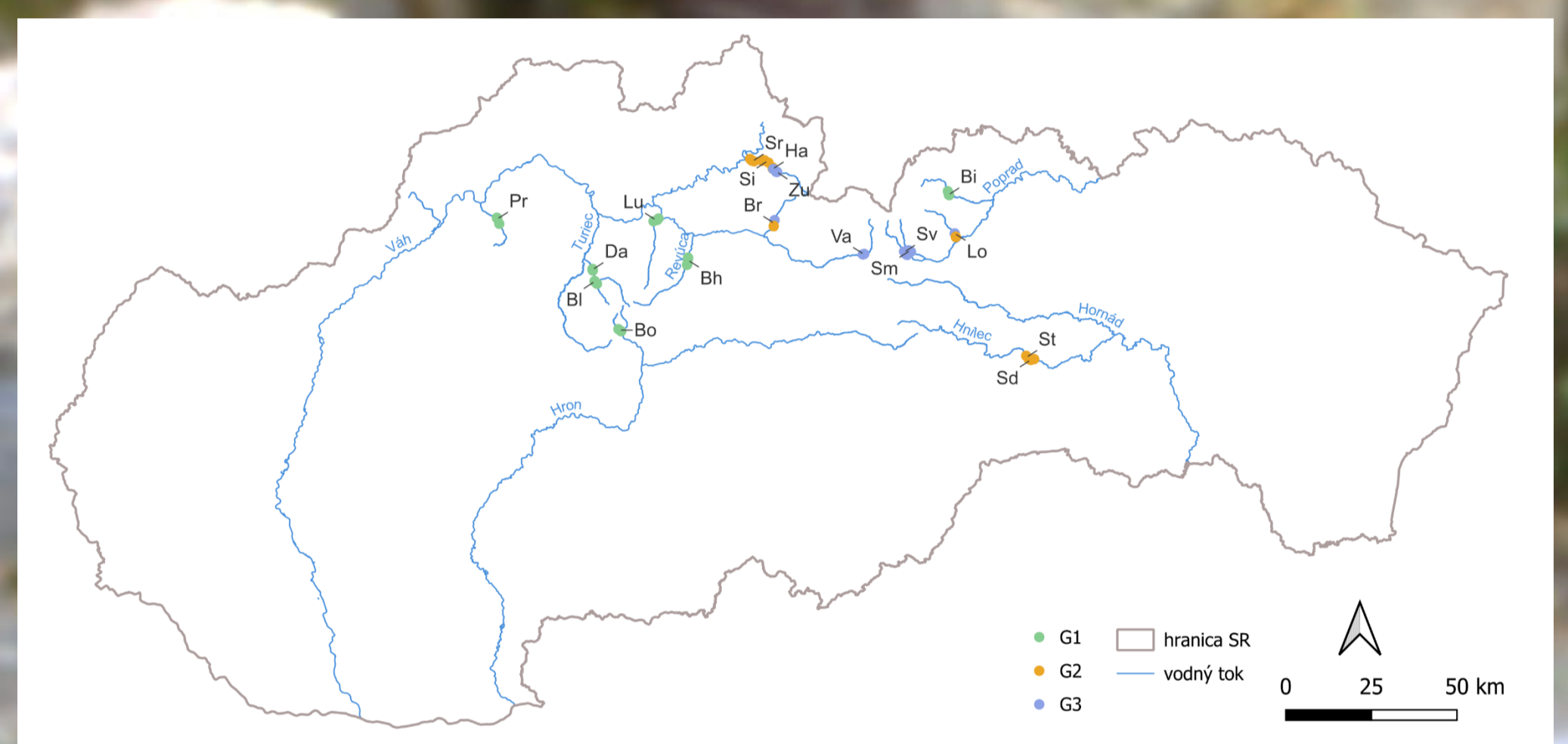
Obr. 3. Ordinačný diagram PCA zobrazuje vzájomnú podobnosť všetkých 10 kvantitatívnych ukazovateľov znázorňuje vzájomnú podobnosť odborných miest (1-3) v rámci jednotlivých lokalít (Bi – Biela, Bh – Bohunka, Bl – Blatnica, Bo – Dolný Harmanec - Boboty, Br – Bobrovec, Da – Ďanová, Ha – Habovka, Lo – Veľká Lomnica, Lu – Lubochňa, Pr – Prečín, St – Stará Voda, Sd – Švedlár, Si – Široká, Sm – Batizovce - Starý mlyn, Sr – Svrčková, Sv – Svit I, Va – Važec, Zu – Zuberec-plavišsko) zlúčených do troch klastrov (G1, G2, G3). Diagram znázorňuje gradient ukazovateľov, ktoré vysvetľujú viac ako 50 % variability

## Podakovanie

Tento príspevok vznikol s podporou projektov VEGA 2/0041/24 a 2/0087/25.



Obr. 1. Schematické znázornenie odborných miest (1-3) pri derivačných MVE (PEKÁROVÁ 2023). Zo zdžre je časť vody odoberaná derivačným kanálom k turbínam MVE, zatiaľčo pôvodné koryto toku pod zdžrou je ochudobňované o časť vody, ktorá sa späť do toku vracia pod výstupom z MVE



Obr. 2. Vyobrazenie lokalít v rámci Slovenska farebne odlišených podľa príslušnosti k jednotlivým klastrom (G1, G2, G3) na základe výsledkov

V rámci PCA ordinácie sa lokality rozdelili pozdĺž prvej osi (Dim1) reprezentujúcej stúpajúci gradient vodivosti, reakcie vody, množstva rozpustných látok a klesajúci gradient odporu. Všetky významné faktory sa nachádzajú na tejto osi, čo sa okrem variability medzi odbornými miestami prejavilo aj vo variabilite medzi klastromi (Obr. 3). Nižšiu variabilitu pozdĺž druhej osi (Dim2) vysvetľoval najlepšie stúpajúci gradient fosforečnanov a teploty vody. Lokality boli zlúčené do troch klastrov na základe variability v gradiente prvej aj druhej osi, pričom vo väčšine prípadov bola zachovaná príslušnosť všetkých troch odborných miest jednej MVE v rámci toho istého klastra. Predpokladáme, že to môže mať súvis hlavne s geológiou podložia, ktorá ovplyvňuje najmä vodivosť, pH a alkalitu. Väčšina lokalít príslúchajúca k rovnakému klastru je zároveň situované v tom istom geomorfologickom celku (Obr. 2), napr. v kotlinách pod Tatrami (Podtatranská kotlina, Podtatranská bráza). Vzdialenejšie lokality v rámci rovnakého klastra (Veľká Fatra a Belianske Tatry) sa vyznačujú podobnou geológiou.

Najvýraznejší odklon v parametroch pri odbornom mieste 2 bol zistený v prípade lokalít Sm a Va (G3), resp. Br a Lo, kde pozícia odborného miesta 1 zasahuje do rozdielneho klastra (G3), pričom ostatné odborné miesta tejto dvojice sa nachádzajú v klastri G2. Naopak, nízka variabilita medzi premennými bola zistená pri lokalitách Bh a Sd. Pri lokalitách Bi a Bl sa v ordinačnom diagrame odborné miesto 2 nachádza medzi 1 a 3, čo môže byť spôsobené prirodzeným gradientom fyzikálno-chemických veličín v toku (naznačuje to nízky vplyv danej MVE, Obr. 3).

Prezentované výsledky sú vo veľkej miere v súlade so zisteniami štúdie TOMCZYK & WIATKOWSKI (2021). Autori skúmali derivačnú MVE v Poľsku, kde merania na 5 profiloch opakovali na mesačnej báze 24 krát, pričom štatisticky významné fyzikálno-chemické parametre, ktorých hodnoty sa menili medzi jednotlivými odbornými miestami boli konduktivita, pH a koncentrácia kyslíka. Koncentráciu rozpustných pevných látok (TDS) vzhľadom k rôznej výške zdžre MVE analyzovali VAIKASAS et al. (2015) na toku v Litve prehradenom viacerými MVE. Priemerné hodnoty TDS boli vyššie pri oboch skúmaných výškach zdžre (<5 m a 5-15 m), v druhom prípade bola hodnota významná.

## Záver

1. MVE štatisticky významne zvyšujú TDS, EC a Res – ukazovatele, ktoré majú preukázateľný vplyv na štruktúru spoločenstiev makrozoobentosu (KOKAVEC et al. 2018);
2. MVE zvyšujú v toku parametre, ktoré súvisia s dlhodobým vplyvom zmeny klímy v ekosystémoch tečúcich vôd (MUJERE & MOYCE 2018);
3. pri hodnotení vplyvu MVE je potrebné brať do úvahy aj geológiu podložia, nakoľko existujú druhy makrozoobentosu viazané na špecifický chemizmus vody;
4. pre nízke percento vysvetlenej variability existujú ďalšie biologické (perifýton), fyzikálne (trasport a ukladanie sedimentov, rýchlosť prúdu) a morfológické parametre koryta (šírka, hĺbka) a MVE (veľkosť zdžre), ktoré bude potrebné v budúcom výskume vyhodnotiť.

## Literatúra

- KOKAVEC, I., NAVARA, T., BRACKO, P., ROGAŇSKÁ, A., LÁNCZOS, T. & ŠPORKA, F. (2018). Effect of a series of reservoirs on the environmental conditions and non-insect benthic communities in Slovakia's longest river. *Fundam. Appl. Limnol.* 191/2, 123-142.
- MUJERE, N., & MOYCE, W. (2018). Climate change impacts on surface water quality. In *Hydrology and water resource management: Breakthroughs in research and practice*, IGI Global, pp. 97-115.
- PEKÁROVÁ, S. (2023). Vplyv vybraných malých vodných elektrární na spoločenstvách benthických bezstavovcov v prostredí karpatkého ekoregiónu. Diplomová práca, 96 s.
- TOMCZYK, P. & WIATKOWSKI, M. (2021). Impact of a small hydropower plant on water quality dynamics in a diversion and natural river channel. *Technical reports. Surface Water Quality*, 50, 5: 1156-1170.
- VAIKASAS, S., BASTIENE, N. & PLURAITIS, 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.