

HAVLÍKOVÁ, P., PAVLÍKOVÁ, A., 2023. Vliv změn srážko-odtokového režimu na kvalitu vody vybraných toků v povodí řeky Sázavy. In: TOLASZ, R., POLCAROVÁ, E. (Eds.), 2023. Sborník příspěvků z První konference projektu PERUN (TA ČR, SS02030040). Praha: ČHMÚ, 247–260, ISBN 978-80-7653-063-8. <https://doi.org/10.59984/978-80-7653-063-8.31>

Vliv změn srážko-odtokového režimu na kvalitu vody vybraných toků v povodí řeky Sázavy

(Impact of rainfall-runoff regime on water quality of chosen streams in the Sázava River catchment)

Petra Havlíková, Přírodovědecká fakulta, Univerzita Karlova, petra.havlikova@natur.cuni.cz
Anna Pavlíková, Přírodovědecká fakulta, Univerzita Karlova

Abstrakt: Cílem příspěvku je vyhodnotit, jak se vlivem postupující klimatické změny mění hydroklimatické proměnné a zda se jejich změna odráží ve změně kvality vody povrchových toků. Pro vyhodnocení vlivu klimatické změny byly vybrány čtyři toky v povodí řeky Sázavy – Šlapanka, Sázavka, Jankovský potok a Chotýšanka. Jedná se o povodí typicky venkovského charakteru, kde dominantní zdroj znečištění představuje zemědělství. K dispozici byly datové řady hydroklimatických parametrů a parametrů kvality vody poskytnuté ČHMÚ a podnikem Povodí Vltavy s. p. Vybrány byly parametry: teplota vzduchu, úhrn srážek, výška sněhové pokrývky v povodí a teplota vody, konduktivita, amoniakální dusík, dusitanový dusík, dusičnanový dusík, fosforečnanový fosfor a celkový fosfor v tocích. Data byla analyzována pomocí regresní analýzy, korelačních koeficientů a Mann-Kendallovu testu trendů. Analýza dat ukázala, že hydroklimatické parametry se ve sledovaném období měnily. Teplota vzduchu rostla, její nárůst byl prokázán Mann-Kendallovým testem trendů (povodí Sázavky, Šlapanky). Dále rostl počet tropických dnů, poklesla výška a délka trvání sněhové pokrývky. V datech srážkových úhrnů nebyl nalezen žádný trend. Mírně narůstala teplota vody v tocích, ale její nárůst nebyl potvrzen Mann-Kendallovým testem trendů. Ve všech vybraných tocích byly vysoké koncentrace dusičnanů a jejich koncentrace stagnovaly nebo mírně klesaly. Rovněž koncentrace fosforečnanového fosforu klesaly. Závislostní analýzy ukázaly, že ve vybraných povodích pocházejí dusičnany z plošných zdrojů znečištění, zatímco fosforečnany spíše z rozptýlených bodových zdrojů znečištění. Tomu je třeba přizpůsobit i plánovaný management aktivit v povodí cílený na snížení koncentrací znečišťujících látek v tocích.

Klíčová slova: srážko-odtokový režim – kvalita vody – povodí Sázavy – venkovské oblasti

Abstract: The aim of the contribution is to evaluate how hydroclimatic variables change due to the influence of advancing climate change and whether their change is reflected in the change in the water quality of surface streams. To evaluate the impact of climate change, four streams in the Sázava River basin were selected – Šlapanka, Sázavka, Jankovský potok and Chotýšanka. This is a watershed of a typically rural character, where the dominant source of pollution is agriculture. Data series of hydroclimatic parameters and water quality parameters provided by the ČHMÚ and Povodí Vltava s.p. were available. The selected parameters were: air temperature, total precipitation, height of snow cover in the basin and water temperature, conductivity, ammonia nitrogen, nitrite nitrogen, nitrate nitrogen, phosphate phosphorus and total phosphorus in streams. Data were analysed using regression analysis, correlation coefficients, and the Mann-Kendall trend test. Data analysis showed that hydroclimatic parameters changed in the observed period. The air temperature increased, its increase was proven by the Mann-Kendall trend test (Sázavka and Šlapanka River basin). Furthermore, the

number of tropical days increased, the height and duration of the snow cover decreased. No trend was found in the rainfall totals data. There was a slight increase in stream water temperature, but this increase was not confirmed by the Mann-Kendall trend test. Nitrate concentrations were high in all selected streams and their concentrations stagnated or slightly decreased. Phosphate phosphorus concentrations also decreased. Dependency analyses showed that in selected river basins nitrates come from areal sources of pollution, while phosphates rather come from diffuse point sources of pollution. The planned management of activities in the river basin is therefore necessary to adapt to the character of pollution sources.

Keywords: rainfall-runoff regime – water quality – Sázava River – rural areas

1. Úvod

Klima Země není konstantní, ale neustále se proměňuje. Vlivem člověka postupuje klimatická změna v posledních desetiletích čím dál rychleji. Mění se klimatické veličiny jako zvyšující se teplota vzduchu a mění se intenzita a rozložení srážek ovlivňují jak hydrologický režim toků, tak teplotu vodních toků a nádrží (Bates et al. 2008; Diamantini et al. 2018; Orr et al. 2015). Tyto měnící se veličiny následně ovlivňují parametry chemismu vody v tocích (Hrdinka et al. 2012; Zwolsman a van Bokhoven 2007; Diamantini et al. 2018; Bouraoui et al. 2004). Podle dosavadních studií je však zatím těžké tyto změny generalizovat, a měly by být posuzovány případ od případu (Senhorst a Zwolsman 2005).

Cílem příspěvku je vyhodnotit změny hydroklimatických parametrů a vybraných parametrů kvality vody ve čtyřech povodích nacházejících se v povodí řeky Sázavy.

2. Studované území a použité metody

2.1 Studované území

Pro hodnocení vlivu klimatické změny na kvalitu vody byla vybrána čtyři povodí v povodí řeky Sázavy (tab. 1).

Tab. 1 Základní charakteristiky vybraných povodí.

Tab. 1 Basic characteristics of the selected river basins.

Tok	Plocha povodí (km ²)	Délka toku (km)	Průměrný průtok (m ³ .s ⁻¹) období 1981–2010
Chotýšanka	125,1	37,1	0,592
Jankovský potok	129,5	22,8	0,888
Sázavka	132,9	32,2	0,876
Šlapanka	265,3	34,0	1,280

Zdroj dat: ČHMÚ

Všechna povodí mají venkovský charakter. Orná půda v povodí tvoří více jak 55% podíl. Obyvatelstvo je soustředěno do menších obcí. Velké zdroje znečištění (města, průmyslové podniky) v povodích chybí.

2.2 Použité metody

K dispozici byly datové řady hydroklimatických parametrů a parametrů kvality vody poskytnuté ČHMÚ a podnikem Povodí Vltavy s. p. Přehled meteorologických stanic, vodoměrných stanic a stanic pro sledování kvality vody je zobrazen v tab. 2.

Vybrány byly parametry: teplota vzduchu, počet tropických dnů, úhrn srážek, výška sněhové pokrývky a počet dnů se sněhem v povodí a teplota vody, konduktivita, amoniakální dusík,

dusitanový dusík, dusičnanový dusík, fosforečnanový fosfor a celkový fosfor v tocích. Data byla analyzována pomocí korelačních koeficientů a Mann-Kendallového testu trendů.

Tab. 2 Seznam měrných stanic.

Tab. 2 List of measuring stations.

Něřená veličina	Stanice	ID	Správa	Souřadnice	Povodí/tok
průměrná denní teplota, maximální teplota, minimální teplota	Havlíčkův Brod	P3HAVL01	ČHMÚ	49.6119N, 15.5797E	Šlapanka, Sázavka
	Nový Rychnov	P3NRYC01	ČHMÚ	49.3859N, 15.3650E	Jankovský p.
	Ondřejov	P3ONDR01	ČHMÚ	49.9067N 14.7849E	Chotýšanka
průměrný denní úhrn srážek, výška sněhové pokrývky	Polná	P3POLN01	ČHMÚ	49.4864N, 15.7061E	Šlapanka
	Světlá n. Sázavou	P3SVET01	ČHMÚ	49.6728N, 15.4075E	Sázavka
	Nový Rychnov	P3NRYC01	ČHMÚ	49.3859N, 15.3650E	Jankovský p.
	Ondřejov	P3ONDR01	ČHMÚ	49.9067N 14.7849E	Chotýšanka
průtok	Mírovka	156000	ČHMÚ	49.5810N, 15.6174E	Šlapanka
	Josefodol	158500	ČHMÚ	49.6831N, 15.4194E	Sázavka
	Milotice	161900	ČHMÚ	49.5001N, 15.2793E	Jankovský p.
	Slověnice	165800	ČHMÚ	49.7515N, 14.8886E	Chotýšanka
chemismus	Havlíčkův Brod	PVL_3329	Povodí Vltavy s.p.	49.6003N, 15.5943E	Šlapanka
	Světlá n. Sázavou	PVL_5018	Povodí Vltavy s.p.	49.6712N, 15.4113E	Sázavka
	Kletečná Milotice	PVL_5600	Povodí Vltavy s.p.	49.4998N, 15.2819E	Jankovský potok
	Libež	PVL_5021	Povodí Vltavy s.p.	49.7585N, 14.9132E	Chotýšanka

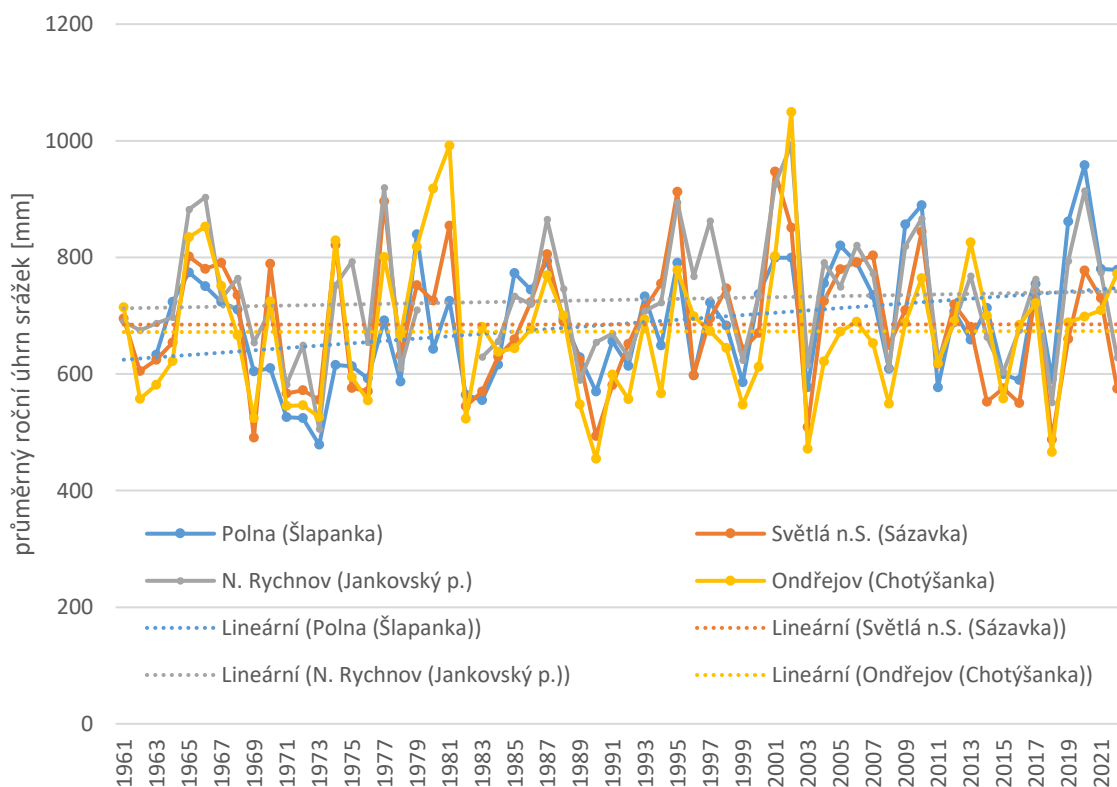
3. Výsledky a diskuze

3.1 Základní klimatické parametry

Analýza dat ukázala, že hydroklimatické parametry se postupně mění. Průměrná teplota vzduchu ve vybraných povodích narůstala. Tento nárůst byl v povodí Šlapanky a Sázavky (obr. 1) potvrzen i Mann-Kendallovým testem trendů. Ve všech povodích byl zaznamenán nárůst počtu tropických dnů (obr. 2). Mezi lety 1960–1990 se počet tropických dnů pohyboval kolem 5 max 10 dnů za rok, mezi lety 1990 až 2020 se počty tropických dnů zvyšovaly na 10 a více.

Největšího počtu tropických dnů bylo na všech vybraných stanicích dosaženo v roce 2015 (na stanici Havlíčkův Brod 34 tropických dnů). V tropických dnech se významně zvyšuje evapotranspirace.

Celkový úhrn srážek se v povodích příliš nemění. Z grafu nelze vyčíst jednoznačný směr vývoje, což potvrzuje i nesignifikantní Mann-Kendallův test. Pouhé proložení lineární spojnice trendu ukazuje, že na stanici Polná (Šlapanka) a Nový Rychnov (Jankovský p.) úhrn srážek ve sledovaném období mírně vzrůstá a na zbylých stanicích stagnuje. Nejnížší úhrn srážek na všech stanicích byl zaznamenán v roce 2018 (obr. 3). Nejvyšší úhrn srážek byl na většině stanic zaznamenán v povodňovém roce 2002. Na stanici Ondřejov byl změřen roční úhrn srážek 1049 mm. V zimním období poklesá výška sněhové pokrývky a počet dnů se sněhovou pokrývkou.



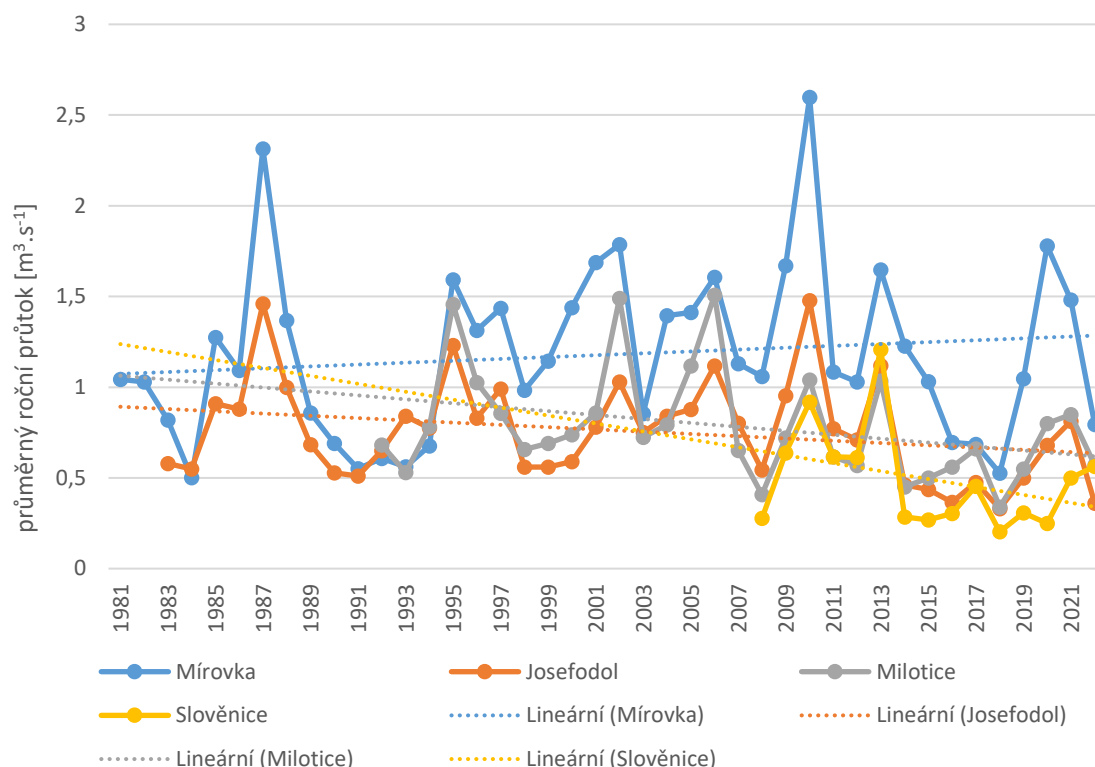
Zdroj dat (Source of date): ČHMÚ

Obr. 3 Roční úhrny srážek na vybraných stanicích mezi lety 1961 až 2022.

Fig. 3 Annual precipitation at chosen stations between 1961 and 2022.

3.2 Průtoky vody

Vývoj průměrných ročních průtoků pro všechny závěrové měrné profily je zachycen na obr. 4. Na třech ze čtyř sledovaných profilů průtoky mírně poklesají, tento trend však nebyl potvrzen Mann-Kendallovým testem. Nejnížší průtoky se v tocích objevily shodně v letech 2015 až 2018, jako reakce na poměrně nízké srážkové úhrny mezi roky 2011 až 2018 (obr. 3) a vysoké letní teploty v posledním období (obr. 2). Nejvyšší průměrný roční průtok byl na Šlapance a Sázavce zaznamenán v roce 2009, což koresponduje s vysokým úhrnem srážek v tomtéž roce (obr. 3).



Zdroj dat (Source of date): ČHMÚ

Obr. 4 Průměrné roční průtoky na závěrových profilech vybraných toků mezi lety 1981 až 2022.

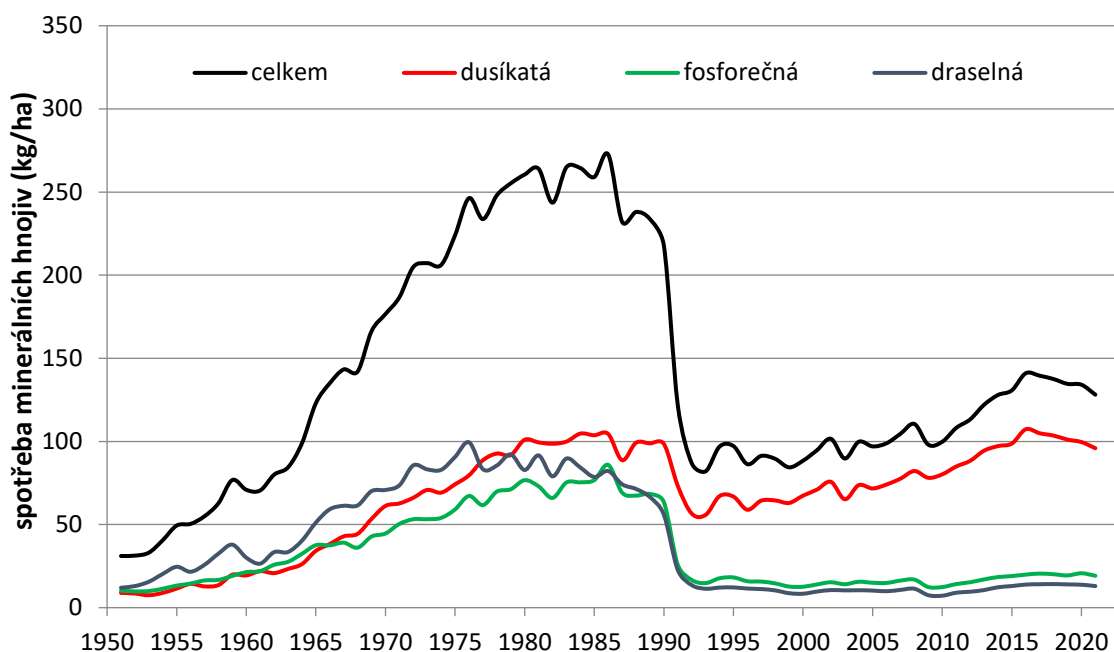
Fig. 4 Average annual discharges at closing profiles between 1981 and 2022.

3.3 Kvalita vody

Říční síť na Českomoravské vrchovině, kde se nachází povodí Šlapanky, Sázavky a Jankovského potoka, tvoří prameniště a drobné vodní toky, které jsou z velké části meliorované (Kulhavý et al. 2007). Praměniště a horní toky jsou často obklopené ornou půdou. Takové oblasti jsou velmi citlivé na znečištění (Weber et al. 2020; Goeller et al. 2019) a kvalita vody je již v horních částech toků velmi nízká. Hodnocení kvality vody v takto antropogenně ovlivněných oblastech je však poměrně komplikované. Není snadné odlišit vliv změny hydroklimatických parametrů a změny ve zdrojích znečištění. Venkovské oblasti mají kvůli převážně zemědělskému charakteru problémy především s živinami. Analyzovány tak byly prioritně vybrané formy dusíku a fosforu. Na řece Šlapance je vývoj kvality vody sledován od konce 70. let 20. století. Je zde tedy zaznamenán i rok 1989, kdy došlo k nejvýznamnějším změnám jak v sektoru zemědělství, tak v průmyslu. Na Sázavce a Jankovském potoce je kvalita vody sledována od poloviny 90. let 20. století, takže situace před ani těsně po restrukturalizaci zemědělství a průmyslu není v kvalitě vody zaznamenána. Chotýšanka se sleduje od roku 2006.

Na vývoj koncentrací forem anorganického dusíku má v zemědělské krajině velký vliv množství dávek dusíkatých minerálních hnojiv do orné půdy (obr. 5). Po roce 1989 se celková spotřeba hnojiv radikálně snížila (z 250 kg čistých živin·ha⁻¹ na 100 kg čistých živin·ha⁻¹). Spotřeba dusíkatých hnojiv se po roce 1989 snížila ze 100 kg čistých živin·ha⁻¹ na 55 kg čistých živin/ha a v posledních 10 letech dosahuje stejných hodnot jako v době před sametovou revolucí. Tyto změny se v tocích výrazně neprojevují. Koncentrace dusičnanů na všech vybraných tocích v dlouhodobém vývoji stagnují nebo mírně klesají (obr. 6). Na řece Šlapance byl pokles dusičnanů potvrzen Mann-Kendallovým testem. K nejvyššímu poklesu koncentrací dusičnanového dusíku došlo na Jankovském potoce. Nevyšší koncentrace se

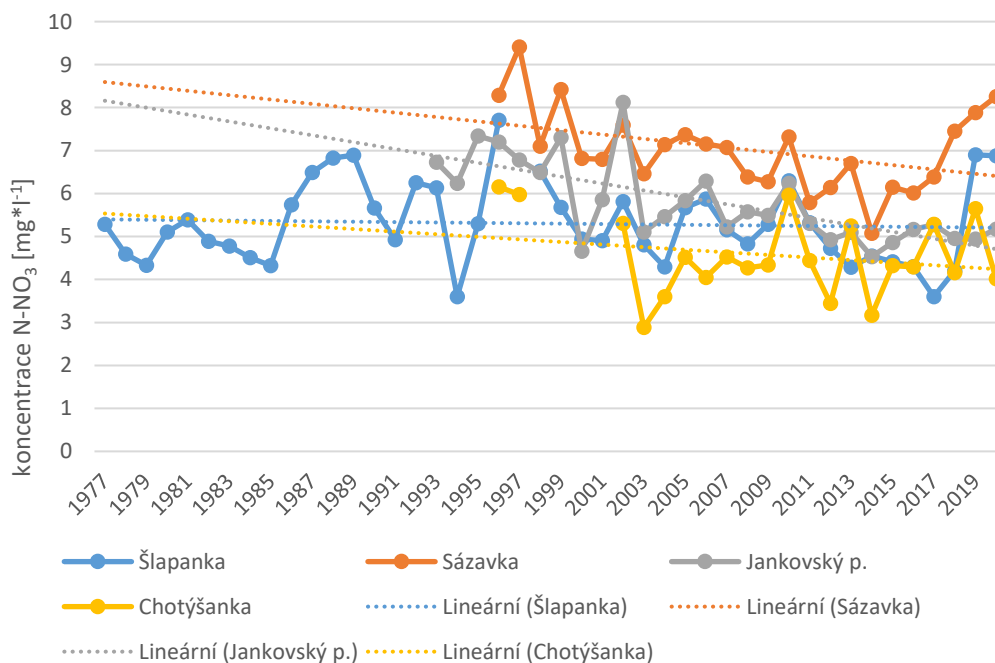
dlouhodobě drží v řece Sázavce. Zde byly v letech 2017 až 2020 naměřeny takové koncentrace, které po výpočtu charakteristické hodnoty řadí tok do V. jakostní třídy (velmi silně znečištěná voda) podle ČSN 75 7221 (Pavlíková 2023).



Zdroj dat (Source of date): Statistická ročenka ČR (2002–2022)

Obr. 5 Spotřeba minerálních hnojiv v ČR (v kg čistých živin $\cdot$ ha $^{-1}$) v letech 1950 až 2021.

Fig. 5 Consumption of mineral fertilizers in Czechia (in kg of pure nutrients) between years 1950 and 2021.



Zdroj dat (Source of date): ČHMÚ, Povodí Vltavy s.p.

Obr. 6 Dlouhodobý vývoj koncentrací N-NO $_3$ na vybraných profilech v letech 1977 až 2020.

Fig. 6 Long-term development of NO $_3$ -N concentrations on selected profiles between 1977 and 2020.

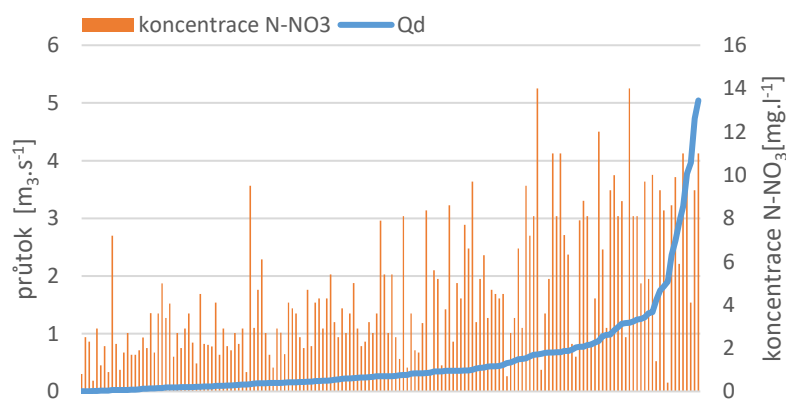
Na třech ze čtyř profilů byla Pearsonovým korelačním koeficientem potvrzena přímá závislost dusičnanového dusíku na velikosti průtoku (tab. 3). Tuto skutečnost ukazuje i graf na obr. 7, kde jsou koncentrace dusičnanů seřazeny podle průtoků (Bartůšek 2022). Vysoké koncentrace dusičnanů se podle grafu vyskytují při vyšších průtocích. Rovněž krabicový graf koncentrací N-NO₃ na Sázavce (obr. 9) ukazuje na vyšší koncentrace během vysokých průtoků. Podle přímé závislosti lze usuzovat, že původ dusičnanů je převážně v plošných zdrojích znečištění, v tomto případě splach z orné půdy. Nejvyšší koncentrace dusičnanů jsou dlouhodobě dosahovány v zimních a brzkých jarních měsících (obr. 8). Korespondují s výškou odtoku, která je v tomto období rovněž nejvyšší. Dochází k jarnímu tání a z půdy bez vegetačního krytu jsou dusičnany, velmi slabě navázané na sorpční komplex půdy, lehce vymývány do vodních toků (Scheffer a Schachtschabel 2002). Stejně jarní peaky koncentrací dusičnanů popisují i Kvítek et al. (2009), Kvítek and Doležal (2003), Dinnel a Bratkovich (1993) a Patel et al. (2020). Jako kritické podmínky pro koncentrace dusičnanů se tedy jeví orná půda bez vegetačního krytu v kombinaci s vysokými průtoky způsobenými táním či deštěm. Z toho vyplývají i návrhy, které by mohly koncentrace dusičnanů pomoci snížit: neponechávat půdu bez vegetačního krytu, na svazích s vyšším sklonem nepěstovat širokořádkové plodiny apod. V případě Jankovského potoka není závislost N-NO₃ na průtocích tak těsná, důvodem může být vyšší podíl bodových zdrojů znečištění.

Tab. 3 Pearsonův korelační koeficient popisující závislost vybraných parametrů kvality vody na průtoku.

Tab. 3 Pearson correlation coefficient describing the dependence of selected water quality parameters on flow rate.

	Šlapanka	Sázavka	Jankovský p.	Chotýšanka
N-NO₃	0,600	0,390	0,183	0,496
N-NH₄	0,130	0,204	0,196	0,042
P-PO₄	-0,200	-0,210	-0,131	-0,228

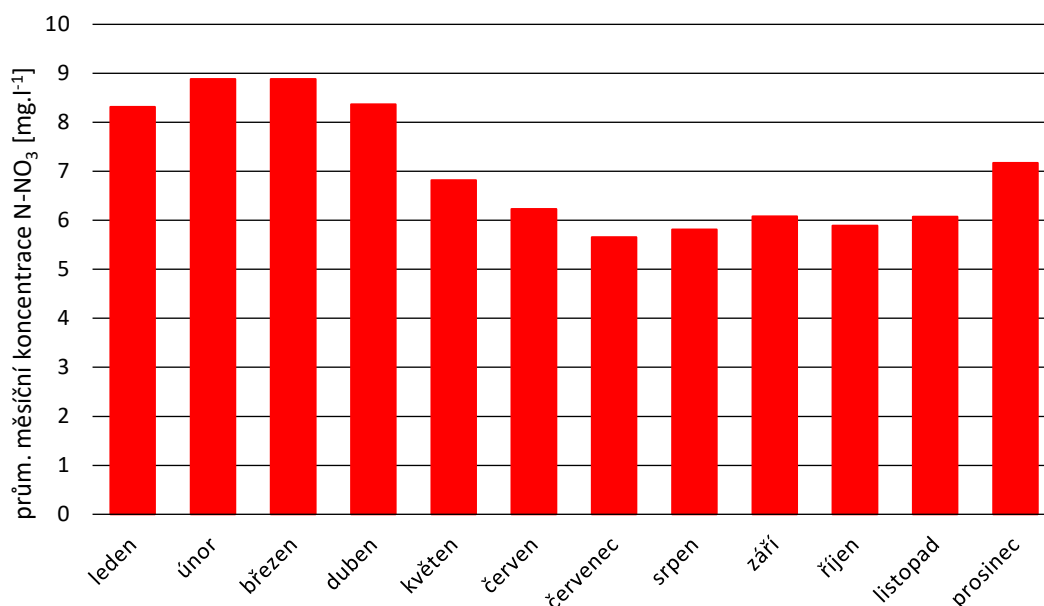
Zdroj dat (Source of date): ČHMÚ



Zdroj dat (Source of date): ČHMÚ, Povodí Vltavy s.p.

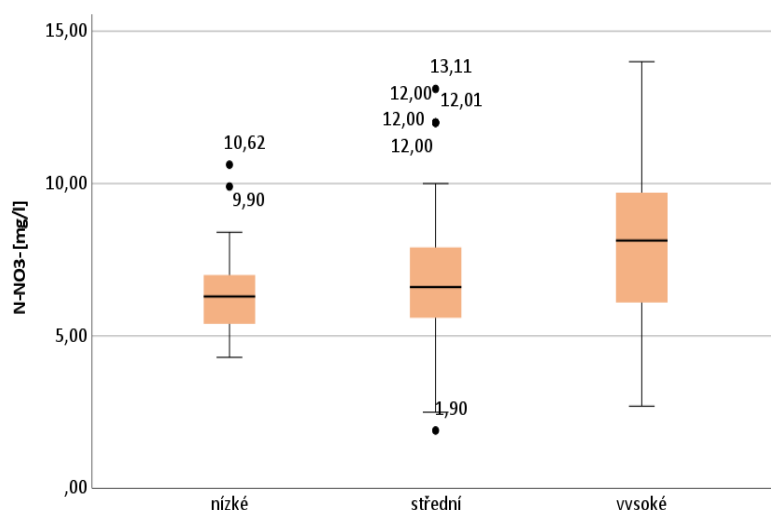
Obr. 7 Koncentrace N-NO₃ podle seřazených průtoků na profilu Libež (Chotýšanka).

Fig. 7 Concentration of NO₃-N according to ordered flows on the profile Libež (Chotýšanka).



Zdroj dat (Source of data): ČHMÚ, Povodí Vltavy, s. p.

Obr. 8 Průměrné měsíční koncentrace dusičnanů v řece Sázavce.
Fig. 8 Average monthly concentrations of NO₃-N in Sázavka River.

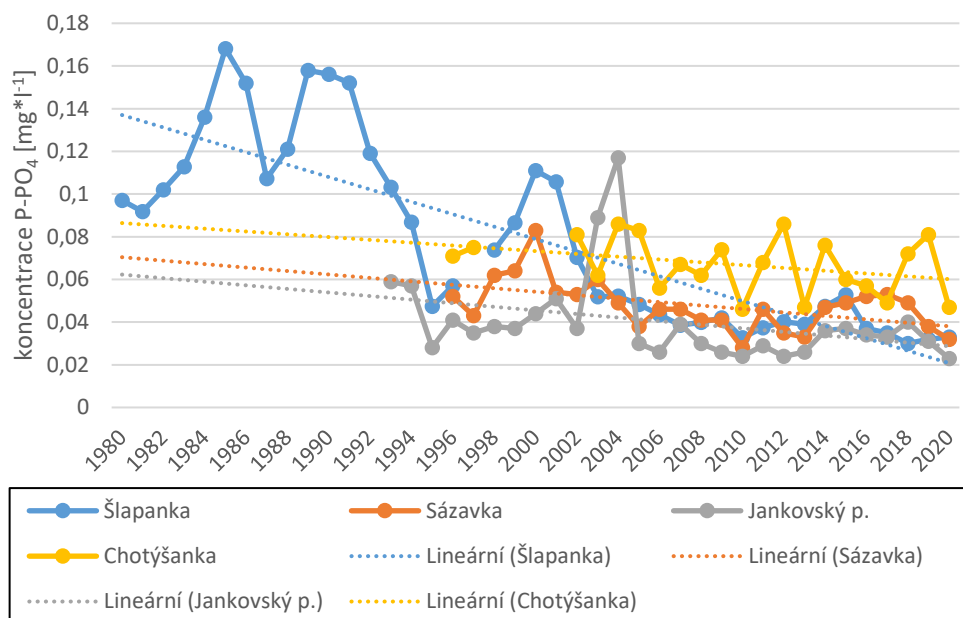


Zdroj dat (Source of data): ČHMÚ, Povodí Vltavy s.p.

Obr. 9 Krabicové diagramy koncentrací dusičnanů v řece Sázavce v případě nízkých, středních a vysokých průtoků.
Fig. 9 Boxplots of NO₃-N concentrations in Sázavka River for low, medium, and high discharges.

Zdrojem fosforečnanového fosforu ve venkovských povodích jsou jednak splachy z orné půdy, jednak komunální odpadní vody z malých obcí. Na horních tocích převažuje plošný zdroj fosforečnanů, směrem k ústí se k němu připojují rozptýlené bodové zdroje znečištění (Havlíková et al. 2023). Koncentrace fosforečnanového fosforu na všech vybraných tocích v dlouhodobém vývoji klesají (obr. 10). Na řece Šlapance se průměrné roční koncentrace v 80. letech 20. století pohybovaly mezi 0,12 až 0,16 mg·l⁻¹. Po roce 2000 se koncentrace ustálily mezi 0,03 a 0,05 mg·l⁻¹. Signifikantní klesající trend zde byl potvrzen Mann-Kendallovým

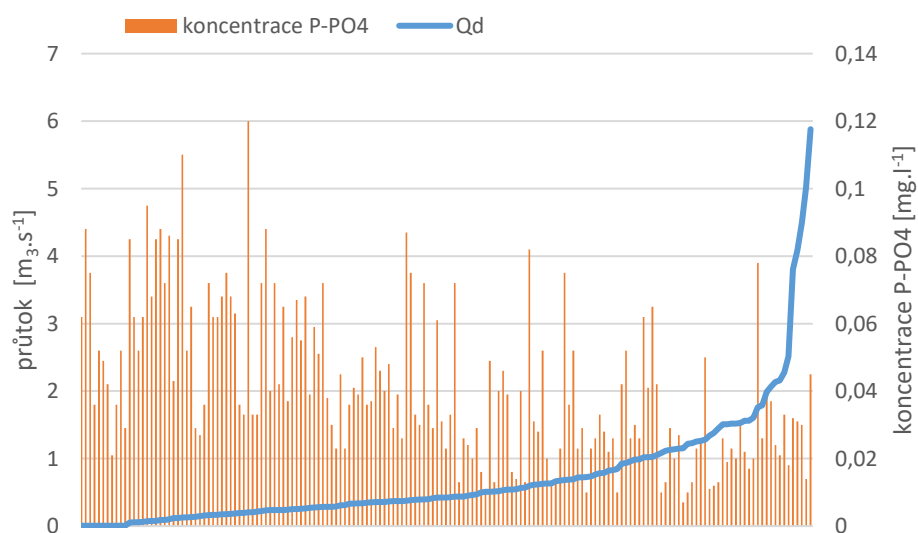
testem trendů. Vývoj koncentrací fosforečnanového fosforu kopíruje vývoj dávek fosforečnanových hnojiv do půdy (obr. 5). V 80. letech 20. století se do půdy aplikovalo 75 kg fosforu v čistých živinách na hektar, po roce 1989 hodnota radikálně poklesla na 15 kg·ha⁻¹ a posledních 10 let se pohybuje kolem 20 kg·ha⁻¹. Vyšší hodnoty fosforečnanů vykazuje v posledních 20 letech tok Chotýšanky (0,05 až 0,08 mg·l⁻¹). Koncentrace jsou zde rozkolísanější než na jiných tocích.



Zdroj dat (Source of data): ČHMÚ, Povodí Vltavy s.p.

Obr. 10 Dlouhodobý vývoj koncentrací P-PO₄ na vybraných profilech v letech 1980 až 2020.

Fig. 10 Long-term development of PO₄-P concentrations on selected profiles between 1980 and 2020.

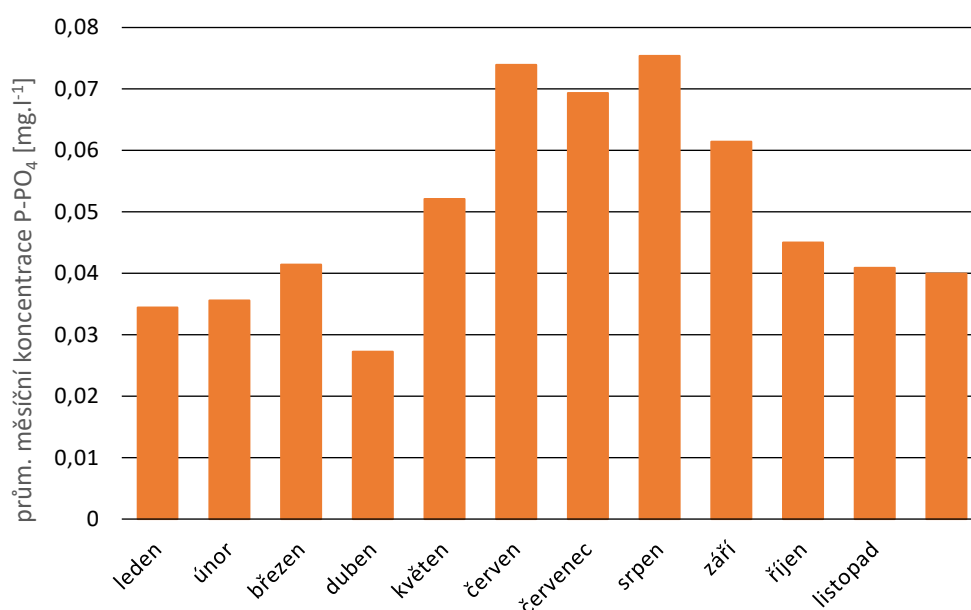


Zdroj dat (Source of data): ČHMÚ, Povodí Vltavy s.p.

Obr. 11 Koncentrace P-PO₄ podle seřazených průtoků na profilu Světlá nad Sázavou (Sázavka).

Fig. 11 Concentration of P-PO₄ according to ordered flows on the profile Světlá nad Sázavou (Sázavka).

Záporné hodnoty Pearsonova korelačního koeficientu (tab. 3) ukazují spíše na nepřímou závislost koncentrací fosforečnanů na průtocích. Tu potvrzuje rovněž graf koncentrací fosforečnanů podle seřazených průtoků v závěrovém profilu Sázavky, kdy nejvyšších hodnot fosforečnanů je dosahováno při nejnižších průtocích (obr. 11) a krabicový graf (obr. 13). Hodnoty Pearsonova korelačního koeficientu jsou nízké, takže vazba mezi fosforečnany a průtokem je slabá. To může být důsledkem kombinace plošných a bodových zdrojů znečištění. Protože závěrové profily sledování kvality vody jsou na dolních tocích, tak zde mírně převažují zdroje bodové, v tomto případě odpadní vody z malých obcí. Z grafu průměrných měsíčních průtoků vyplývá, že nejvyšší koncentrace se vyskytují v letních měsících (obr. 12), kdy jsou v tocích nejnižší průtoky. Produkce odpadních vod je během roku poměrně stálá, proto koncentrace fosforečnanů výrazněji kolísají v závislosti na množství protékající vody (Hrdinka et al. 2015; Whitehead et al. 2009). Vzhledem k tomu, že zdroje fosforu jsou ve venkovských povodích jak plošné, tak bodové, přidává se k metodám správné zemědělské praxe ještě důsledné čištění odpadních vod ideálně s terciárním stupněm, tj. odstraňováním fosforu.

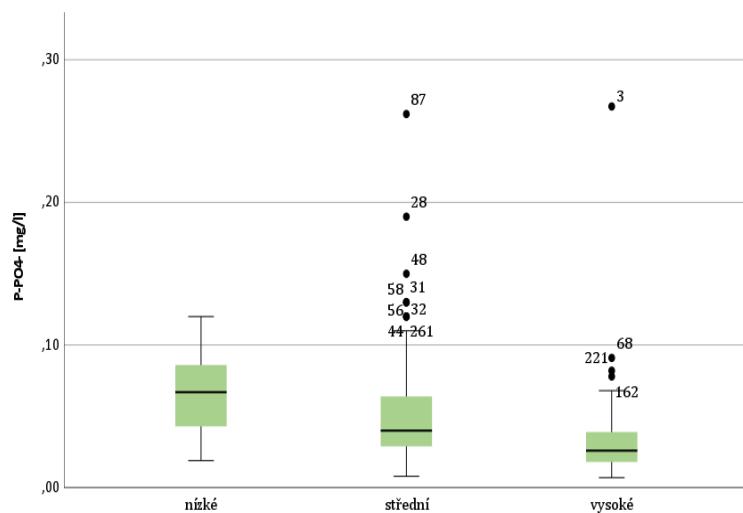


Zdroj dat (Source of date): ČHMÚ, Povodí Vltavy s.p.

Obr. 12 Průměrné měsíční koncentrace fosforečnanového fosforu v řece Sázavce.

Fig. 12 Average monthly concentrations of PO₄-P and total phosphorus in Sázavka River.

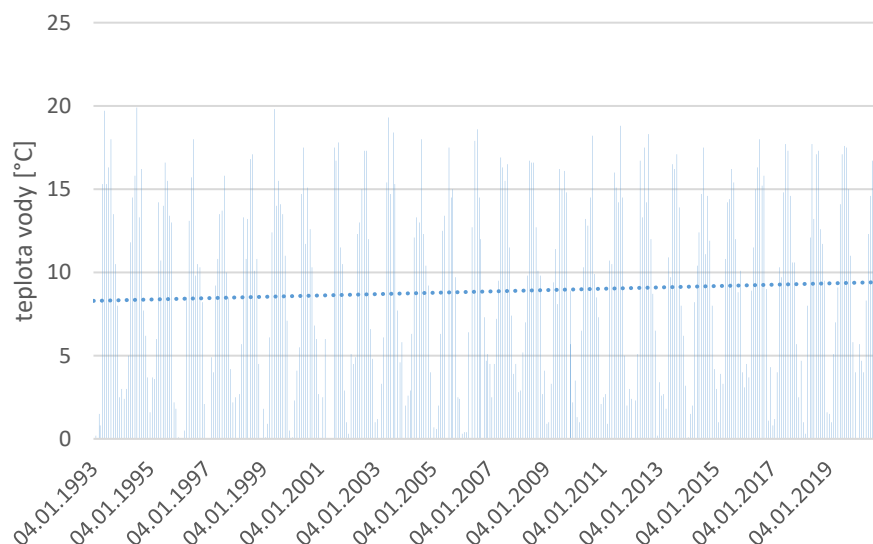
Teplota vody na všech sledovaných tocích mírně narůstala. Tento trend však nebyl potvrzen Mann-Kendallovým testem. Příkladem je Jankovský potok, kde na postupný nárůst teploty ukazuje daty proložený lineární trend (obr. 14).



Zdroj dat (Source of data): ČHMÚ, Povodí Vltavy s.p.

Obr. 13 Krabicové diagramy koncentrací fosforečnanového fosforu na Sázavce v případě nízkých, středních a vysokých průtoků.

Fig. 13 Boxplots of $PO_4\text{-P}$ concentrations in Sázavka River for low, medium, and high discharges.



Zdroj dat (Source of data): ČHMÚ, Povodí Vltavy s.p.

Obr. 14 Teplota vody na profilu Kletečná (Jankovský p.).

Fig. 14 Water temperature on profile Kletečná (Janovský p.).

4. Závěr

Cílem příspěvku bylo vyhodnotit změny hydroklimatických parametrů a vybraných parametrů kvality vody v povodích s venkovským charakterem, které se nacházejí v povodí řeky Sázavy.

Analýza dat ukázala, že hydroklimatické ukazatele se během sledovaného období změnily. Teplota vzduchu rostla, její nárůst byl prokázán Mann-Kendallovým testem trendů (povodí Sázavky, Šlapanky). Dále rostl počet tropických dnů, poklesla výška a délka trvání sněhové pokrývky. V datech srážkových úhrnů nebyl nalezen žádný trend. Mírně narůstala teplota vody v tocích, ale její nárůst nebyl potvrzen Mann-Kendallovým testem trendů.

Ve všech vybraných tocích byly vysoké koncentrace dusičnanů a jejich koncentrace stagnovaly nebo mírně klesaly. Rovněž koncentrace fosforečnanového fosforu klesaly. Závislostní analýzy ukázaly, že ve vybraných povodích pocházejí dusičnany z plošných zdrojů znečištění, zatímco fosforečnany spíše z rozptýlených bodových zdrojů znečištění nebo jsou kombinací obou zdrojů.

V antropogenně ovlivněných oblastech je složité určit, zda se jedná o vývoj kvality vody vyvolaný změnou zdrojů znečištění nebo změnou hydroklimatických parametrů. Pro návrh managementu v jednotlivých povodích je třeba podrobněji analyzovat veškeré zdroje znečištění a vyhodnotit kritická období zvýšených koncentrací pro jednotlivé parametry. Na základě těchto informací můžeme lépe navrhnout opatření, která by mohla kvalitu vody pozitivně ovlivnit.

Poděkování

Tento příspěvek vznikl s podporou TA ČR, projektu SS02030040 „Predikce, hodnocení a výzkum citlivosti vybraných systémů, vlivu sucha a změny klimatu v Česku (PERUN)“.

Literatura

BARTŮŠEK, A., 2022. Změny vybraných parametrů geochemismu povrchových vod ve vazbě na srážko-odtokový režim. Bakalářská práce. Katedra fyzické geografie a geoekologie. PŘF UK, Praha. 90 s.

BATES, B. C., KUNDZEWICZ, Z. W., WU, S., PALUTIKOF, J. P. (eds.), 2008. Climate Change and Water. Technical Paper of the Intergovernmental Panel on Climate Change. IPCC Secretariat, Geneva.

BOURAOUI, F., GRIZZETTI, B., GRANLUND, K., REKOLAINEN, S., BIDOGLIO, G., 2004. Impact of Climate Change on the Water Cycle and Nutrient Losses in a Finnish Catchment. *Clim Change*, **66**: 109–126. <https://doi.org/10.1023/B:CLIM.0000043147.09365.e3>

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. *Sci Total Environ*, **612**:49–62. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.08.172>

DINNEL, S. P., BRATKOVICH, A., 1993. [Water discharge, nitrate concentration and nitrate flux in the lower Mississippi River. J Mar Syst, 4\(4\):315–326. https://doi.org/10.1016/0924-7963\(93\)90027-J](https://doi.org/10.1016/0924-7963(93)90027-J)

GOELLER, B. C., FEBRIA, C. M., WARBURTON, H. J., HOGSDEN, K. L., COLLINS, K. E., DEVLIN, H. S., HARDING, J. S., MCINTOSH, A. R., 2019. [Springs drive downstream nitrate export from artificially-drained agricultural headwater catchments. Sci Tot Env, 671:119–128. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.03.308](https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.03.308)

HAVLÍKOVÁ, P., MRKVA, L., CHUMAN, T., JANSKÝ, B., 2023. Surface water quality in the rural catchment of the Šlapanka River, Czechia: change over time. *Environ Earth Sci*, **82**:379. <https://doi.org/10.1007/s12665-023-11067-y>

HRDINKA, T., NOVICKÝ, O., HANSLÍK, E., RIEDER, M., 2012. Possible impacts of floods and droughts on water quality. *J Hydro-environ Res*, **6**(2): 145–150. <https://doi.org/10.1016/j.jher.2012.01.008>

HRDINKA, T., VLASÁK, P., HAVEL, L., MLEJNSKÁ, E., 2015. Possible impacts of climate change on water quality in streams of the Czech Republic. *Hydrol Sci J*, **60**(2):192–201. <https://doi.org/10.1080/02626667.2014.889830>

KULHAVÝ, Z., DOLEŽAL, F., FUČÍK, P., KULHAVÝ, F., KVÍTEK, T., MUZIKÁŘ, R., SOUKUP, M., ŠVIHLA, V., 2007. Management of agricultural drainage systems in the Czech Republic. *Irrig Drain*, **56**:141–149. <https://doi.org/10.1002/ird.339>

KVÍTEK, T., DOLEŽAL, F., 2003. Water and nutrient regime of the Kopaniský tok catchment in the Bohemo-moravian highland. *Acta Hydrol Slovaca*, **4**(2):255–264.

KVÍTEK, T., ŽLÁBEK, P., BYSTRICKÝ, V., FUČÍK, P., LEXA, M., GERGEL, J., NOVÁK, P., ONDR, P., 2009. Changes of nitrate concentrations in surface waters influenced by land use in the crystalline complex of the Czech Republic. *Phys Chem Earth*, **34**:541–551. <https://doi.org/10.1016/j.pce.2008.07.003>

ORR, H. G., SIMPSON, G. L., DES CLERS, S., WATTS, G., HUGHES, M., HANNAFORD, J., DUNBAR, M. J., LAIZÉ, C. L. R., WILBY, R. L., BATTARBEE, R. B., EVANS, R., 2015. Detecting changing river temperatures in England and Wales. *Hydrol Process*, **29**:752–766. <https://doi.org/10.1002/hyp.10181>

PATEL, K. F., TATARIW, C., MACRAE, J. D., OHNO, T., NELSON, S. J., FERNANDE, I. J., 2020. Snowmelt periods as hot moments for soil N dynamics: a case study in Maine, USA. *Environ Monit Assess*, **192**:777. <https://doi.org/10.1007/s10661-020-08733-0>

PAVLÍKOVÁ, A., 2023. Vývoj koncentrací vybraných živin a pesticidů v řece Sázavce a jejich změny ve vazbě na srážko-odtokový režim. Bakalářská práce. Katedra fyzické geografie a geoekologie. PŘF UK, Praha. 87 s.

SCHEFFER, F., SCHACHTSCHABEL, P., 2002. Lehrbuch der Bodenkunde. Spektrum Akademischer Verlag, Heidelberg.

SENHORST, H. A. J., ZWOLSMAN, J. J. G., 2005. Climate change and effects on water quality: a first impression. *Water Sci Technol*, **51**(5):53–59. <https://doi.org/10.2166/wst.2005.0107>

WEBE, G., HONECKER, U., KUBINIOK, J., 2020. Nitrate dynamics in springs and headwater streams with agricultural catchments in southwestern Germany. *Sci Tot Env*, **722**:137858. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.137858>

WHITEHEAD, P. G., WILBY, R. L., BATTARBEE, R. W., KERNAN, M., WADE, A. J., 2009. A review of the potential impacts of climate change on surface water quality. *Hydrol Sci J*, **54**(1):101–123. <https://doi.org/10.1623/hysj.54.1.101>

ZWOLSMAN, J. J. G., van BOKHOVEN, A. J., 2007. Impact of summer droughts on water quality of the Rhine River – a preview of climate change? *Water Sci Technol*, **56**(4):45–55. <https://doi.org/10.2166/wst.2007.535>