

Detailní měření Vazoveckého potoka za účelem identifikace ztrátových úseků

Doc. RNDr. Jiří Bruthans Ph.D., Vojtěch Bruthans

Ústav hydrogeologie, inženýrské geologie a užití geofyziky, Přírodovědecká fakulta, Univerzita Karlova, Albertov 6, Praha 2 CZ 12843



**PŘÍRODOVĚDECKÁ
FAKULTA**
Univerzita Karlova

Prosinec 2025

Obsah

Úvod	3
Metodika	3
Výsledky.....	4
Závěr	8
Použitá literatura.....	9

Objednatel:

SEVEROČESKÉ VODOVODY A
KANALIZACE, A.S.
Přítkovská 1689/14
415 01 Teplice
IČ: 49099451
DIČ: CZ49099451

Zpracovatelé:

Doc. RNDr. Jiří Bruthans Ph.D., Vojtěch Bruthans
Ústav hydrogeologie, inženýrské geologie a užité geofyziky, Přírodovědecká fakulta, Univerzita
Karlova Albertov 6, Praha 2 CZ12800
Tel: 605 322 340
Email: bruthans@natur.cuni.cz

V Praze dne 5. 12. 2025

Úvod

Objednatel požádal o detailní proměření průtoků Vazoveckého potoka za účelem identifikace ztrátových úseků, a to včetně již těsněného ponoru pod rybníčkem před Bartošovou Pecí.

Účelem těchto měření bylo určit, do jaké míry a v jakých úsecích se voda Vazoveckého potoka ztrácí do podzemí a do jaké míry dochází ke ztrátám v zatěsněném úseku, kde v minulosti stopovací zkoušky prokázaly proudění do jímacího území (JÚ) Dolánky. Jde o zásadní podklad pro rozhodnutí, kam směřovat stopovací zkoušky v 2026 pro určení z jakých míst soustředěně proniká voda do JÚ Dolánky.

Metodika

Ve Vazoveckém potoce a jeho přítocích protéká poměrně malé množství vody, které lze běžně používanými metodami jen obtížně a nepříliš přesně měřit. Tyto metody většinou spočívají v určení rychlosti proudění v několika bodech průtočného profilu kolmého na směr toku, následném modelovém dopočtu rychlostního pole v celém profilu a jeho integraci na celkový průtok (např. měření hydrologickou vrtulí, pomocí dopplerova efektu, magnetické indukce apod.). Jejich zásadní slabinou je, že neumožňují přesné měření v mělkých a rozměrově malých profilech, navíc tam, kde se průtočný profil podél osy toku prudce mění. To znamená, že se prudce mění i rychlostní pole vody, což je v přímém rozporu s principem uvedených metod, které předpokládají souosé proudění.

Proto byla zvolena standardní, byť v ČR méně používaná metoda stopovačů (též známá jako metoda ředění nebo chemická metoda; Kilpatrick a Cobb 1985; ISO 9555-1 1994), která pracuje na radikálně jiném principu než metody zaměřené na integraci rychlosti proudu přes průtočný profil. V tomto případě je rychlost proudění irelevantní. Jedná se o injektáž známého (naváženého) množství stopovače do toku, který je po určité dráze proudění sledován, a to v takové vzdálenosti od místa injektáže, aby došlo k dokonalému promíšení v celém průtočném profilu. Dokonalé promíšení se projevuje tak, že každou proudnicí proteče stejné množství stopovače. To ale neznamená, že k tomu dojde ve stejném čase, nebo že nárůst koncentrace a jeho pokles zpět na pozadí musí mít v jednotlivých částech profilu stejný průběh. Metoda stopovačů je rutinně používána i ČHMÚ na malých tocích za velmi nízkých vodních stavů nebo naopak za extrémních povodní, kdy je použití ostatní techniky znemožněno (Bruthans et al. 2020). Metoda je založena na principu dokonalého promíšení známého množství konzervativního stopovače a lze ji s NaCl stopovačem použít na tocích s průtokem do cca 1000 l/s (Bruthans et al. 2020), ale s využitím jiných stopovačů (tritium) lze touto metodou měřit průtok i velkých řek vč. Amazonky.

Koncentrace malého množství rozpuštěného NaCl (20-100 g) byla sledována v kroku 5 sekund konduktometry Cond 3310 s automatickým záznamem (WTW, Německo). Vztah mezi konduktivitou a koncentrací injektovaného NaCl byl získán kalibrací přístroje pomocí kalibračního roztoku s koncentrací 10 g/l NaCl, míseným v různém poměru s vodou z toku. Navážený stopovač, rozpuštěný ve vodě, byl vždy injektován ve vhodném profilu na začátku měřeného úseku tak, aby množství stopovače bylo úměrné k množství vody v každé proudnici (Kopáč 2007). Měření konduktivity probíhalo od okamžiku injektáže až po pokles konduktivity na původní požadovou hodnotu v toku (Kopáč 2007).

Aby byla stanovena nejistota měření průtoků, bylo měření metodou stopovačů na daném profilu 4 až 6krát opakováno, a to za různé konfigurace měřících sond. Pokud na stejném profilu s různě umístěnými sondami a při každé injektáži s různě injektovaným stopovačem vyjdou stejné výsledky, pak je zjevné, že při každém z měření došlo k stejnému, a tedy úplnému promíšení v rámci celého toku. Z těchto měření byla spočítána průměrná hodnota a směrodatná odchylka.

Tam, kde to dno koryta umožňovalo, byl průtok pro srovnání měřen pomocí nádoby o známém objemu a stopek.

Výsledky

Dne 8. 11. 2025 bylo za poměrně nízkých a ustálených vodních stavů provedeno měření průtoků na vybraných úsecích Vazoveckého potoka. Na základě získaných výsledků byla dne 23. 11. 2025 za obdobně nízkých a vyrovnaných průtoků a za teplot výrazně pod bodem mrazu provedena jednak detailní termometrie a konduktometrie celého protékaného úseku Vazoveckého potoka od ústí do Jizery po dosažení suchého koryta pod Jenišovicemi, a dále byly detailně též proměřeny v celém úseku průtoky metodou podélného profilování průtoků (PPP).

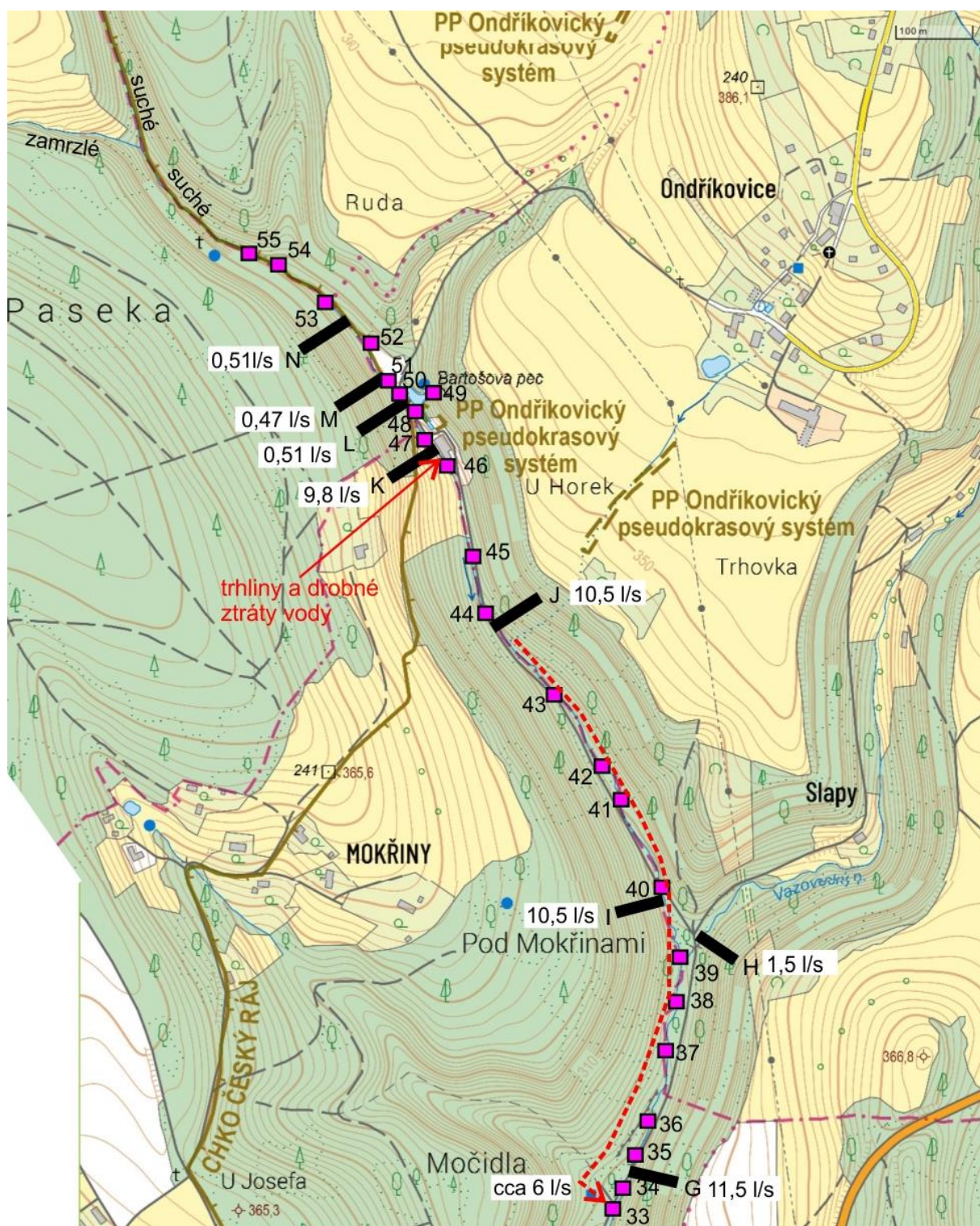
Celkem bylo změřeno 17 průtoků na 14 profilech (na 3 profilech se měření opakovaly v obou měřicích dnech). Teplota a vodivost vody při termo/konduktometrii byla změřena na 55 profilech.

Měřicí body vč naměřených průtoků uvádí obr. 1. Výsledky měření průtoků uvádí tab. 1.

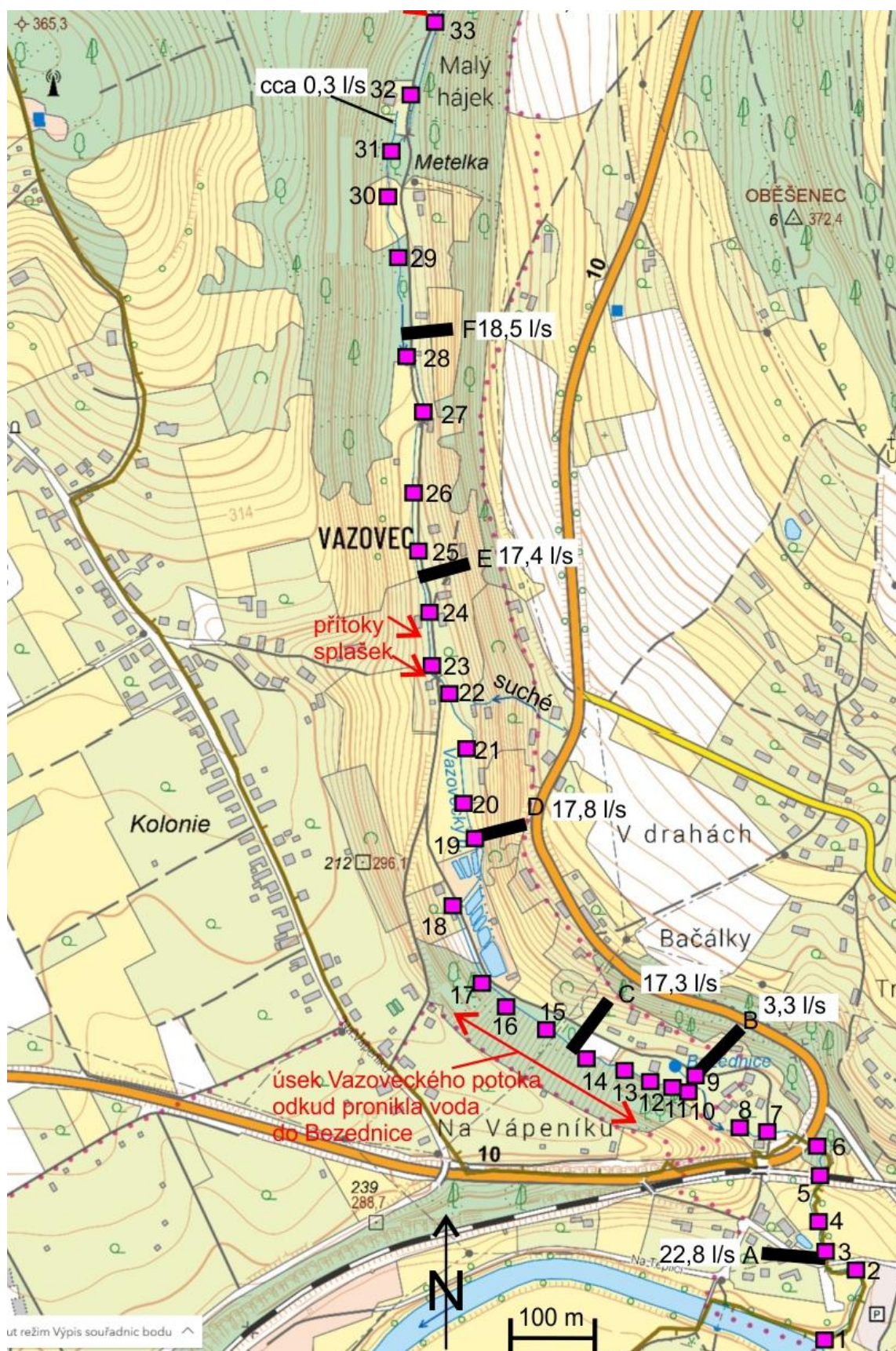
Podélné profilování průtoků spojené s termo/konduktometrií ukázalo, že na Vazoveckém potoce nejsou úseky s významnějšími ztrátami vodnosti, které by v průtoku potoka přesahovaly nejistotu měření průtoku.

Nejprve bude popsána situace po proudu od pramene Bartošova Pec po ústí Vazoveckého potoka do Jizery, poté situace nad Bartošovou Pecí, kde jsou průtoky mnohem nižší.

Vydatnost pramene Bartošova Pec, který je hlavní zdrojnicí Vazoveckého potoka byla 9,8 l/s. První zaznamenaný přítok o vydatnosti 0,7 l/s se nachází mezi body 45 a 46. Přítok se nepodařilo lokalizovat, ale jedná se pravděpodobně o pramen obdobný pivovarským pramenům. V úseku měřicích bodů 39 až 44 se nachází nejméně jeden drobný pramen s vydatností v prvních desetínách l/s, který ale měřitelně nemění konduktivitu ani teplotu vody potoka. Přepad ze spodní jímky pivovarských pramenů nad bodem 41 nebyl v činnosti a nijak se tedy na měřených hodnotách neprojevil. Mezi body 38 a 39 se tok od Bartošovy Pece stéká s vlastním Vazoveckým potokem, který má vydatnost jen 1,5 l/s a vzniká z řady pramenů v prostoru Slap. Dále je tok mezi body 34 až 38 zcela bez přítoků, jak ukazuje zcela stejná konduktivita a monotónně klesající teplota vody. Mezi body 40 a 41 přijímá Vazovecký potok zprava z otvoru v opěrné zídce největší přítok, kterým je ústí přepadu z vodojemu pivovarských pramenů (obr. 1). Voda pivovarských pramenů je zachycována jímacími drény mezi body 40 a 44 a poté je svedena do vodojemu a přebytečné množství vody je vypouštěno do Vazoveckého potoka u bodu 33. Pod soutokem tak průtok Vazoveckého potoka vzrůstá z 11,5 na 17 až 18 l/s. V úseku bodů 19 až 32 je z měření průtoku zřejmé, že Vazovecký potok nepřijímá výraznější přítoky, neboť jeho průtok měřitelně nevzrůstá. Nicméně drobné přítoky se vyskytují. Mezi body 31 a 32 zprava jde o přítok okolo 0,3 l/s s konduktivitou 570 uS/cm a teplotou 6,0 °C u bodů 23 a 24 zprava ústí drobné přítoky splaškových vod o vydatnosti okolo 0,3 l/s, konduktivitě 540 uS/cm a teplotě 4 °C. V topografické mapě vyznačený levostranný přítok u bodu 22 je suchý.



Obr. 1 Měřicí body na Vazoveckém potoce-severní část (termometrie/konduktometrie je čísly, místa měření průtoků jsou písmeny). Červenou přerušovanou čarou trasa potrubí od pivovarských pramenů s místy jejich zachycení mezi body 40 a 44 a dále jejich svedení do vodojemu a vypouštění přebytečného množství vody do potoka u bodu 33.



Obr. 2 Měřicí body na Vazoveckém potoce – jižní část (termometrie/konduktometrie je čísla, místa měření průtoků jsou písmeny).

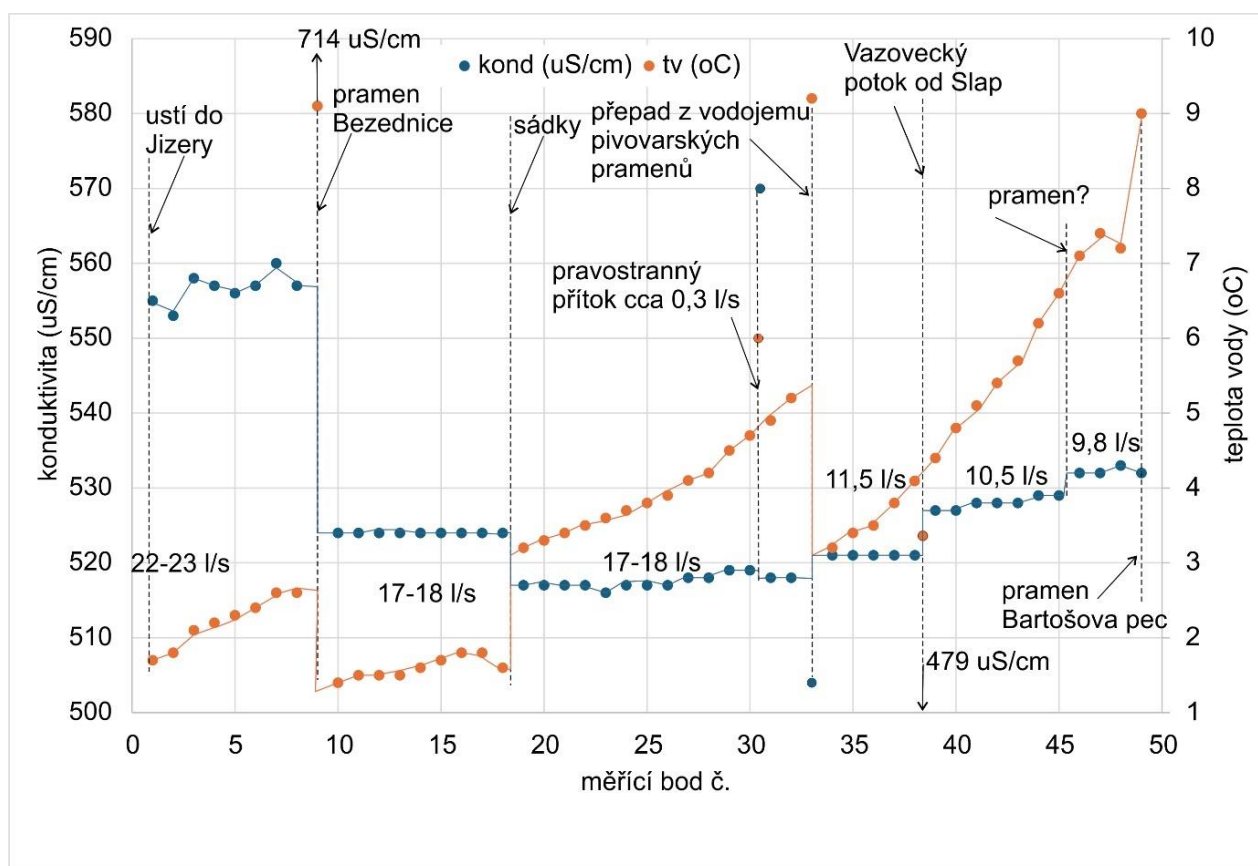
Tab. 1 Naměřené průtoky na Vazoveckém potoce

profil	datum	průměr z průtoků (l/s)	směrodatná odchylka (SO) (l/s)	SO/prům (%)	počet měření průtoků na profilu (l)	průtok nádobou (l/s)
A	23.11.2025	<u>22,8</u>	0,64	3%	6	
B	23.11.2025	<u>3,3</u>	0,03	1%	6	
C	23.11.2025	<u>17,3</u>	0,41	2%	6	
D	23.11.2025	<u>17,8</u>	0,22	1%	6	
E	23.11.2025	<u>17,4</u>	0,26	1%	6	
F	23.11.2025	<u>18,5</u>	0,14	1%	6	
G	23.11.2025	<u>11,5</u>	0,13	1%	6	
H	23.11.2025	<u>1,5</u>	0,11	8%	4	
I	23.11.2025	<u>10,5</u>	0,33	3%	6	
J	23.11.2025	<u>10,5</u>	0,23	2%	6	
K	23.11.2025	<u>9,8</u>	0,44	4%	6	<u>9,9</u>
D	08.11.2025	<u>19,1</u>	0,18	1%	4	
I	08.11.2025	<u>12,7</u>	0,26	2%	4	
K	08.11.2025	<u>9,7</u>	0,07	1%	4	
L	08.11.2025	<u>0,51</u>	0,01	3%	4	
M	08.11.2025	<u>0,47</u>	0,03	6%	4	
N	08.11.2025	<u>0,53</u>	0,02	5%	4	

Výsledky termometrie i s doplněnými průtoky uvádí obr. 3

K výrazné změně konduktivity a poklesu teploty vody dochází mezi body 19 a 20, tedy v prostoru Pstruhárny (sádek). Důvodem je značná doba zdržení vody v nádržích sádek, kdy došlo k jejímu ochlazení. Průtok Vazoveckého potoka zůstává v rámci chyby měření stejný. Zcela bez přítoků je i úsek bodů 10 až 18 tedy mezi sádkami a pramenem Bezednice, jak ukazuje zcela stálá konduktivita a monotónně klesající teplota vody. Posledním významným přítokem Vazoveckého potoka je pramen Bezednice s aktuální vydatností v době měření 3,3 l/s, který výrazně mění teplotu i konduktivitu Vazoveckého potoka. Nicméně další pramenná voda evidentně vniká do Vazoveckého potoka skrytě, protože průtok Vazoveckého potoka se pod soutokem s pramenem Bezednice před ústím potoka do Jizery zvedá na 22-23 l/s, tedy o 4-6 l/s. Pod pramenem Bezednice jsou tak zřejmě další drobné přítoky, a to z drenáží z pod domů.

Na ústím pramene Bartošova Pec jsou průtoky jen v řádu desetin l/s. Mezi profily M a L se nachází zatěsněný ponor kterým rychle pronikala vody do JÚ v Dolánkách. Měření průtoků (obr. 1 a tab. 1) ukázalo, že ponor je zatěsněný dobře a k žádné ztrátě vody zde v současnosti nedochází (průtok nad 0,47 l/s, průtok pod 0,51 l/s). Podobný průtok byl naměřen i na profilu N. Voda tohoto drobného toku se sbírá z pramenů u bodů 54 a 55, výše již bylo dno údolí suché.



Obr. 3 Výsledky termometrie. Oranžově průběh teploty vody, modře průběh konduktivity. Vertikální přerušované černé čáry ukazují místa, kde došlo k změnám teploty vody nebo konduktivity v důsledku přítoků podzemní vody a dalších jevů. Nad Bartošovou pecí byl řádově nižší průtok a jen několik měřených bodů, protože výše bylo koryto suché, pro tato data viz tab. 2.

Měření průtoků tak žádné ztráty vodnosti Vazoveckého potoka neodhalilo. Nicméně při terénním průzkumu bylo zjištěno že těsně pod rybníčkem Bartošovy Pece protéká potok po skalních výchozech a v pravé straně potoka byly pozorovány suché trhliny pod hladinou toku. Jejich hltnost sice byla minimální, ale i tak bude vhodné ověřit stopovačem, zda tudy neproniká voda do JÚ Dolánky. Místo se nachází asi 20 m pod zatěsněným ponorem. Na tomto úseku bude možné převést Vazovecký potok na vzdálenost prvních desítek metrů po plastové folii a stopovač injektovat kontrolovaně do ztrácející se vody.

Druhým místem je úsek Vazoveckého potoka pod sádkami, kde stopovací zkouška prováděná v minulosti v rámci terénních kurzů ukázala, že voda Vazoveckého potoka proniká do pramene Bezednice a nelze tak vyloučit i její průnik do JÚ Dolánky.

Závěr

Bylo provedeno detailní proměření průtoků Vazoveckého potoka ve dvou termínech a detailní termometrie a konduktometrie. Měření vyloučilo přítomnost výraznějších ztrát průtoků Vazoveckého potoka a ukázalo, že k zvýšení vodnosti potoka dochází jen v několika málo bodech podle jeho toku.

Měření průtoků nad a pod zatěsněným ponorem u Bartošovy pece, z kterého v minulosti pronikala velmi rychle povrchová voda do JÚ Dolánky ukázalo, že těsnění má dobrou funkci a nedochází k měřitelným ztrátám povrchového toku do podzemí.

Při detailním průzkumu Vazoveckého potoka byla lokalizovány dvě místa, kde dochází k ztrátám vody do podzemí. Sice v malé míře, která se neprojevuje na vodnosti potoka, ale i malé množství vody v řádu desetin l/s může mít vliv na kvalitu jímané vody, a proto by mělo být stopovacími zkouškami prověřeno, zda odtud voda proniká do JÚ Dolánky. Prvním místem je úsek toku se zejícími trhlinami do skalních výchozů desítky metrů pod zatěsněným ponorem. Druhým místem je úsek Vazoveckého potoka mezi sádkami a Bezednicí, z kterého pronikl stopovač do pramene Bezednice a nelze tak vyloučit ani průnik do JÚ Dolánky. Z obou míst by měly být provedeny stopovací zkoušky pro ověření zda a případně kolik vody proniká do JÚ Dolánky.

Použitá literatura

- Bruthans J., Kadlecová R., Slavík M., Králová M., Fryč T., Čurda J. (2020). Příčina prudkého snížení průtoků některých menších toků ve středních Čechách v létě 2019 a extrémně nízkých specifických odtoků: vliv evapotranspirace z příbřežní zóny toku a ploch s mělkou hladinou podzemní vody. *Geoscience Research Reports*, 53(1), 47–54. ISSN 2336-5757.
- Fetter, C.W., 1992. *Contaminant hydrogeology*. McMillan, New York, 458 p.
- Field, M.S., 2002. The QTRACER2 Program for Tracer Breakthrough Curve Analysis for Tracer Tests in Karstic Aquifers and Other Hydrologic Systems, Washington, D.C., U.S. Environmental Protection Agency, EPA/600/R-02/001, <http://cfpub.epa.gov/ncea/cfm/recordisplay.cfm?deid554930>.
- Gaspar, E., 1987. *Modern Trends in Tracer Hydrology*. vol. I. CRC Press, Boca Raton, 145 p.
- ISO 9555-1 (1994): *Measurement of liquid flow in open channels -Tracer dilution methods for the measurement of steady flow – Part 1: general*. Geneva 44 p.
- Kilpatrick F. A., Cobb E.D. (1985): *Measurement of seepage using tracers: U.S. geological Survey Techniques of Water-Resources Investigations*, Book 3, Chapter A16. Government Printing Office, Washington, 52 p.
- Kopáč J. (2007). *Měření průtoku pomocí stopovačů: NaCl a měření konduktivity*. Diplomová práce. Univerzita Karlova, Přírodovědecká fakulta, Ústav hydrogeologie, inž. geologie a užité geofyziky.

Tab. 2 Termometrie a konduktometrie na Vazoveckém potoce, naměřené hodnoty.

čas	bod č.	kond (uS/cm)	tv (oC)	pozn
9:34	1	555	1,7	
9:44	2	553	1,8	
9:50	3	558	2,1	
9:57	4	557	2,2	
10:03	5	556	2,3	
10:07	6	557	2,4	
10:12	7	560	2,6	
10:17	8	557	2,6	
10:25	9	714	9,1	Bezednice ústí do Vazoveckého p., těsně pod ní drén z domu
10:29	10	524	1,4	
10:35	11	524	1,5	
10:33	12	524	1,5	
10:50	13	524	1,5	
11:00	14	524	1,6	
11:05	15	524	1,7	
11:09	16	524	1,8	

11:14	17	524	1,8	nad tím výtok ze sádek 524 a 2oC z 3 trubek
11:22	18	524	1,6	
11:39	19	517	3,2	
11:35	20	517	3,3	
11:45	21	517	3,4	
11:49	22	517	3,5	z leva v mapě potok, ten ale suchý
12:00	23	516	3,6	pod tímto místem vytékají z prava splašky 4oC 540 uS/cm, 0,3 l/s
12:01	24	517	3,7	pod tímto místem z prava další splašky
12:06	25	517	3,8	
12:10	26	517	3,9	
12:18	27	518	4,1	
12:20	28	518	4,2	
12:30	29	519	4,5	
12:39	30	519	4,7	
12:52	31	518	4,9	přítok 0,3 l/s z prava 570uS 6,0oC
13:00	32	518	5,2	
	33	504	9,2	přítok z trubky ze zdi pod vodojemem pivovarských
13:20	34	521	3,2	
13:30	35	521	3,4	
13:40	36	521	3,5	
13:50	37	521	3,8	
14:06	38	521	4,1	
14:10	39	527	4,4	přítok z leva vlastní Vazovecký p. 479 uS 3,3oC
14:16	40	527	4,8	
14:25	41	528	5,1	těsně pod ústím přepadu z pivovarských, neteče
14:34	42	528	5,4	
14:43	43	528	5,7	
14:50	44	529	6,2	
15:00	45	529	6,6	
15:20	46	532	7,1	
15:23	47	532	7,4	
15:30	48	533	7,2	
	49	532	9	ústí jeskyně a pramene Bartošova Pec
15:45	50	526	0	
15:50	51	529	0,6	
15:55	52	530	2,7	
	53	545	5,1	pod přítokem, přítok, skoro neteče 517 uS 0,9oC
	54	498	2,4	nad přítokem má voda teplotu 0,5oC je to zamrzlý 524uS
	55	535	1,7	



Obr 4. Měření průtoků na profilu B.



Obr 5. Ústí drenáže z domů pod profilem B.



Obr 6. Měření průtoků na profilu C.



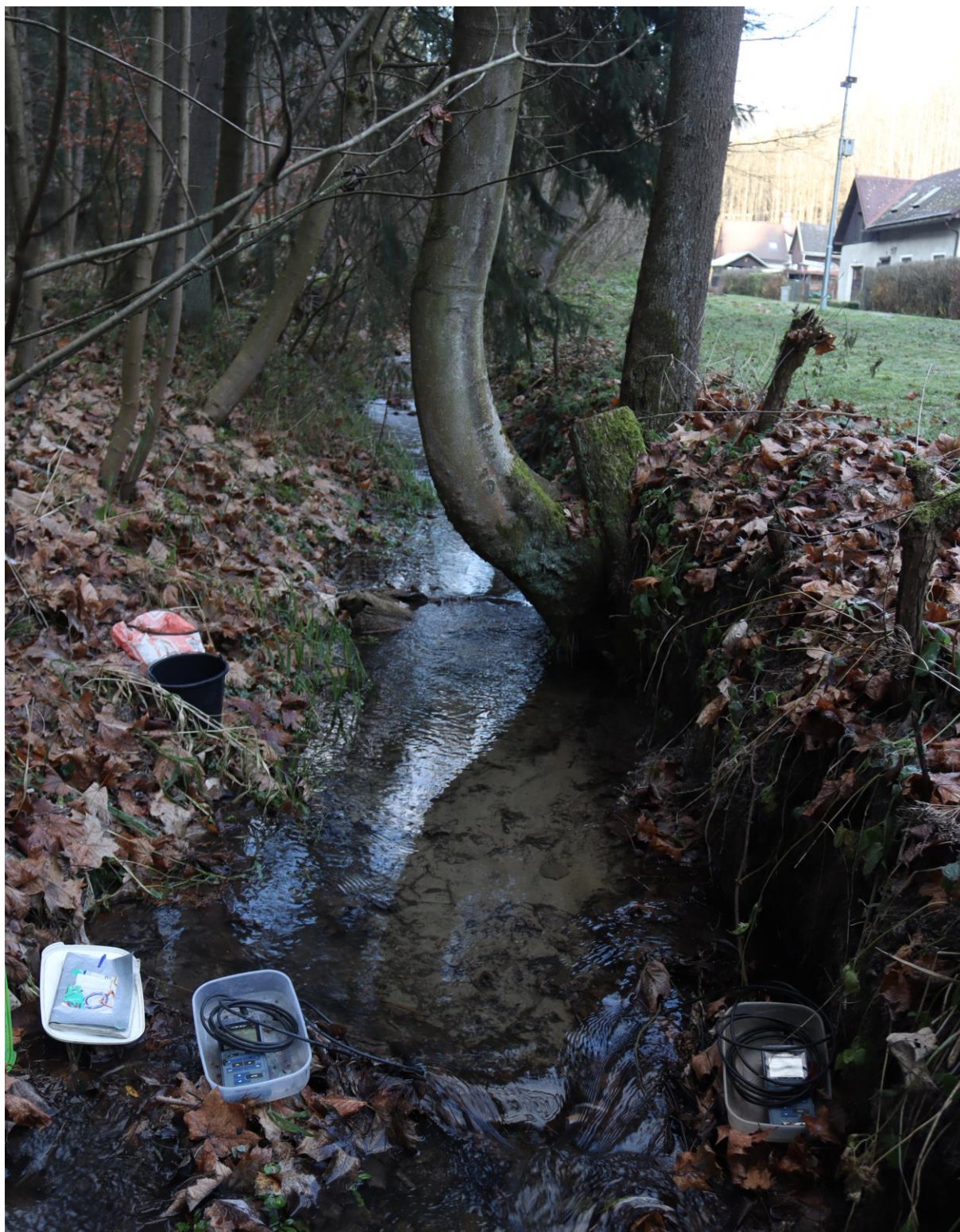
Obr 7. Měření průtoků na profilu D.



Obr 8. Přítok splaškových vod u bodu 23.



Obr 9. Měření průtoků na profilu E.



Obr 10. Měření průtoků na profilu F.



Obr 11. Ústí přepadu z vodárny pivovarských pramenů, bod 33.



Obr 12. Měření průtoků na profilu G.



Obr 13. Měření průtoků na profilu H.



Obr 14. Měření průtoků na profilu I.



Obr 15. Ústí přepadu z nejnižší jámky pivovarských pramenů, s nepatrným odtokem.



Obr 16. Měření průtoků na profilu J.



Obr 17. Místo těsně pod rybníčkem Bartošovy pece, kde jsou nepatrné ztráty průtoku do pravého břehu projevujícíse zaklesnutím hladiny pod dno koryta.



Obr 18. Zející trhlina v skalním výchozu těsně pod rybníčkem Bartošovy pece.



Obr 19. Drobné přítoky mezi body 54 a 55.



Obr. 20 Měření průtoku na profilu L.