Lokalizace a kvantifikace přítoků podzemních vod v kaňonu Kamenice mezi Srbskou Kamenicí a soutokem Kamenice s Labem na základě podélného profilování konduktivity vody a teploty

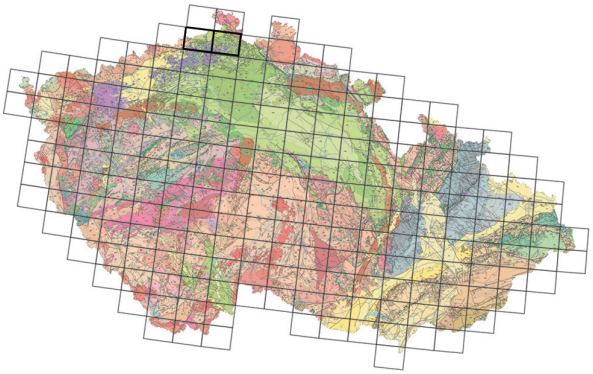
Localization and quantification of groundwater inflows in the Kamenice Canyon between Srbská Kamenice and the Kamenice and Elbe rivers confluence based on longitudinal profiling of water conductivity and temperature

Jiří Bruthans[1, 2] – Kateřina Šabatová[1, 2]

[1] Ústav hydrogeologie, inženýrské geologie a užité geofyziky, Přírodovědecká fakulta, Univerzita Karlova, Albertov 6, 128 49 Praha 2; bruthans@natur.cuni.cz
[2] Česká geologická služba, Klárov 3, 118 00 Praha 1

Please cite this article as: Bruthans, J. – Šabatová, K. (2025): Localization and quantification of groundwater inflows in the Kamenice Canyon between Srbská Kamenice and the Kamenice and Elbe rivers confluence based on longitudinal profiling of water conductivity and temperature. – Geoscience Research Reports, 58, 1, 58–64. (in Czech)

Keywords: conductometry, thermometry, groundwater inflows, Bohemian Switzerland

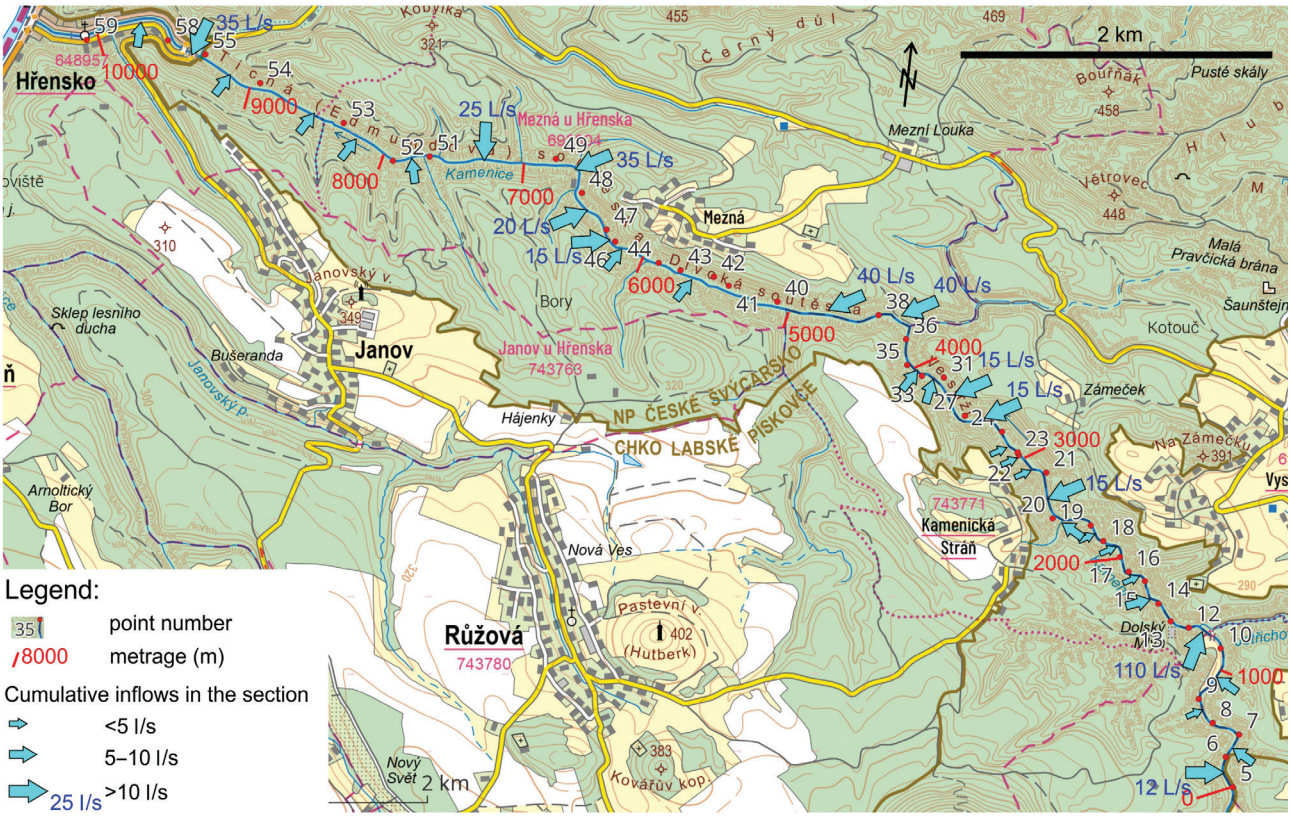


(02-23 Děčín, 02-24 Nový Bor)

Summary: The aim of this study was to quantify groundwater inflows into Kamenice River in its part flowing through the Bohemian Switzerland National Park using thermometry. In particular, the 10-kilometer section from the confluence of Chřibská Kamenice with Kamenice to the confluence of the Kamenice and Elbe rivers was measured. Temperature and electric conductivity were measured on 11.–12. 12. 2022 during low water levels along 41 profiles in total. Conductivity measurements were used for evaluation of the groundwater inflows, as the contrast between the Kamenice River (240 µS/cm upstream, 193 µS/cm downstream) and the groundwater inflows (about 80 µS/cm) was higher than that between the temperature (Kamenice River about 4 °C, tributaries about 8 °C). The yield of groundwater inflows was calculated using mixing equations. For the Kamenice River and surface tributaries and visible springs, the measured value of conductivity was used, and for hidden subaqueous inflows, approximate conductivity value of 80 µS/cm was considered. The river discharge of 1060 l/s was determined from the limnigraph at the beginning of the measured section below the Chřibská Kamenice and Kamenice rivers confluence. Discharge of 1580 l/s was calculated by cumulative adding of inflows for the end of the measured section. This value is rather close to the discharge of 1650 l/s, measured by the Czech Hydrometeorological Institute in Hřensko on 12. 12. 2022. Total inflow in the measured section was estimated at about 500 l/s. Out of this, about 100 l/s are contributed by the Jetřichovická Bělá Stream (and possibly springs around its mouth), about 35 l/s come from the Suchá Bělá Stream, and the remaining about 380 l/s are from smaller subsurface and surface tributaries. The highest inflows were noted in sections 6200–6900 m (70 l/s), 3400–4200 m (50 l/s), and in the inaccessible section 4200–5100 m (80 l/s). Since the surface tributaries (springs and small streams) had typically a low discharge (first l/s), the most of the inflow into the Kamenice River appears to be represented by hidden inflows from pores and small fractures in sandstone. This study demonstrated that thermometry is a rapid and effective tool for both locating and characterizing groundwater inflows in the Bohemian Cretaceous Basin.

Jak je dobře známo, pod zemský povrch není „vidět“ ani se tam nedá snadno dostat. I v 21. století, kdy dokážeme určit složení atmosféry nepředstavitelně vzdálených exoplanet, kdy studujeme nejhlubší dna oceánů, máme stále jen nejasnou představu, kudy proudí voda pár desítek metrů pod našima nohama. Stále neexistuje žádná převratná geofyzikální metoda, která by z povrchu detekovala dráhy proudění podzemní vody. Zbývá tedy odvozovat proudění vody z limitovaného počtu hydrogeologických vrtů, z určení spádu hladiny podzemní vody mezi nimi. Ale podzemní voda musí dříve či později z horninového prostředí uniknout zpět na zemský povrch, kde je již velmi snadné ji měřit v korytech povrchových toků. Jednou z velmi efektivních metod pro kvantifikaci přítoků podzemní vody

DOI 10.3140/zpravy.geol.2025.08



Obr. 1. Lokalizace trasy kondukto-termometrie a kvantifikace přítoků. Přítoky jsou udávány včetně vydatnosti přítoků z pramenných toků. Čísla v obrázku odkazují k tabulkám 1 a 2.
Fig. 1. Location of the thermometry route and quantification of inflows. Inflows are given in terms of the discharge of the inflows including surface streams. Numbers in figure are related to Tables 1 and 2.

do povrchových toků je podélné profilování teploty a elektrické vodivosti vody (konduktivity), dále zjednodušeně kondukto-termometrie.

Kondukto-termometrie umožnuje proměřit 5–15km úsek vodního toku denně a určit, kde a kolik podzemní vody vyvěrá, a tím rozeznat, zda voda proudí podzemím v rozptýlené formě (postupné přírony do povrchového toku), nebo naopak v soustředěné formě v silně propustných kanálech (soustředěné bodové prameny; Bruthans et al. 2012, Kůrková et al. 2019, Kůrková 2023, Starý et al. 2025). Její výhodou je, že umožnuje mnohem přesnější určení průtoku přítoků než z prostého rozdílu průtoku vodního toku nad a pod přítokem (Bruthans – Zeman 2001).

Tok Kamenice v Českém Švýcarsku má i za nízkých stavů jedny z nejintenzivnějších příronů podzemní vody v České republice s vydatností okolo 500 l/s (Burda et al 2021). Kde a kolik podzemní vody do Kamenice vyvěrá a v jaké formě, je důležitou hydrogeologickou otázkou v této oblasti. Termometrie a opakované profilování dalšího z větších toků v této oblasti, Křinice, ukázalo, že horní úsek Křinice mezi Kyjovem a místem, kde se u Vysokého kamene tok přibližuje ke státní hranici, je ztrátový, resp. že zde za nízkých stavů její průtok nenarůstá přes četné pravostranné přítoky. Naopak mezi Vysokým kamenem a místem, kde Křinice opouští území ČR, dochází k nárůstu průtoku za nízkých stavů mezi 80 a 200 l/s (Lencsesová 2008, Nol et al. 2010).

Cílem této práce je na základě kondukto-termometrie kvantifikovat přírony podzemní vody do Kamenice v úseku, kde řeka protéká národním parkem (NP) České Švýcarsko.

Metodika

Ve dnech 11.–12. 12. 2022 byla za teplot pod bodem mrazu a relativně nízkých (40. percentil z průtoků z let 1980–2024) a v čase stálých průtoků provedena kondukto-termometrie Kamenice v kaňonu v NP České Švýcarsko (obr. 1). Bylo postupováno po proudu od soutoku Chřibské Kamenice a Kamenice. První den byl proměřen úsek po začátek horní plavby (úseku, kde jsou turisté převáženi na lodích), druhý den pak úsek mezi plavbami a spodní úsek od spodní plavby po Hřensko. Měření bylo ukončeno v Hřensku 400 m nad soutokem s Labem, poté co se setmělo.

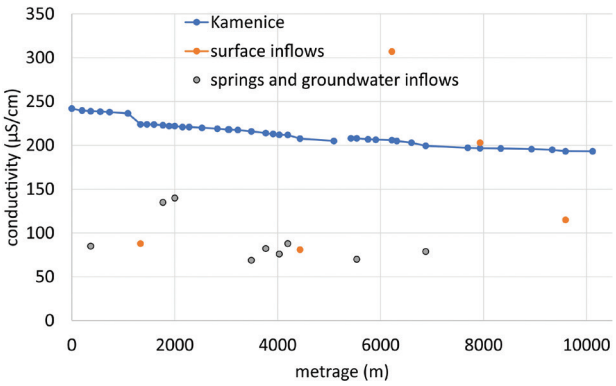
Ke kondukto-termometrii byly použity rybářské holiny, ruční termokamera pro dálkové vyhledávání výronů ze skal a břehů (Flir C2) a konduktometr 3310 WTW, který má relativní chybu měření konduktivity ± 0,5 µS/cm (myšleno chybu při opakovaném měření stejné vody v různých časech) a teploty ± 0,1 °C. Absolutní přesnost měření konduktivity je irelevantní, protože na všechna měření je používán stále stejný přístroj a zásadní je tedy pouze odchylka mezi měřením jednoho přístroje na různých místech a v různých

časech (tok, přítoky), nikoli odchylka od nějaké absolutní hodnoty elektrické konduktivity. Přístroj má automatickou kompenzaci na teplotu, čili změna teploty vody nehraje při měření konduktivity žádnou roli. Veškeré hodnoty konduktivity jsou uváděny pro jednotnou srovnávací teplotu 25 °C. Při daném průtoku byl celý úsek Kamenice s výjimkou plaveb průchodný, největší problém představoval úsek skalního kaňonu cca 500 m pod soutokem Chřibské Kamenice a Kamenice, kde bylo kvůli hluboce vymletým tůním brodění na hranici možností.

Teplota a konduktivita byla měřena vždy v celém profilu Kamenice mezi levým a pravým břehem, aby naměřená hodnota odpovídala míšení přítoku s celým říčním tokem, a ne jen s jeho částí. V drtivé většině případů byla hodnota konduktivity a teploty v celém příčném profilu stejná a naměřené hodnoty tedy představují reakci celé řeky na přítoky podzemní vody. Proměřených příčných profilů Kamenice bylo 41 na celkem 10 km dlouhém úseku (složeném z přímých úseků mezi navazujícími GPS body). Příčné profily byly od sebe vzdáleny průměrně 250 m, nejkratší vzdálenosti byly okolo 100 m, nejdelší okolo 500 m. Výjimku představují obě plavby, kde měření neproběhlo (400 a 820 m), a úsek nad horní plavbou, který nebyl detailně proměřován v délce 660 m. Profily byly vybrány tak, aby v celém příčném profilu měla řeka jednotnou konduktivitu a teplotu, a tedy tak daleko pod přítoky, aby došlo k promíšení a zároveň aby byly dostatečně časté pro lokalizaci úseků s intenzivnějšími a méně intenzivními přítoky podzemní vody. V úsecích plaveb nebylo měření provedeno, protože nebyly průchodné ani v „celotělových“ rybářských holinách, rovněž úsek nad horní plavbou nebyl proměřen, neboť zde kvůli strmému skalnímu břehu nelze k vodnímu toku sestoupit. Průchod k horní plavbě komplikovaly místy prohořelé podlážky zavěšených lávek, navíc maskované napadaným sněhem (měření proběhlo po letním velkém požáru).

Pro vyhodnocení kondukto-termometrie je klíčový předpoklad, že veškeré změny konduktivity a nárůsty teploty jsou dány pouze vlivem přítoků podzemní vody nebo povrchových toků. Je proto vždy nutné prověřit, do jaké míry jsou hodnoty konduktivity toku stálé v čase, tj. zda měřené změny konduktivity nejsou jen odrazem např. rozdílného množství vypouštěné odpadní vody (někde výše na toku) v čase, která se pak šíří ve směru proudu toku, což vede k naměření falešných změn vodivosti v místech, kam v době měření tato vlna zvýšené vodivosti kvůli zvýšenému množství odpadní vody právě dorazila. Proto byly v oba dny proměřeny 1–4 profily opakovaně s časovým odstupem až mnoha hodin pro ověření, že hodnoty konduktivity na daných místech jsou v čase stálé. Konduktivita se ukázala mimořádně stálá, změny v čase nepřesáhly první µS/cm.

K vyhodnocení kondukto-termometrie byla využita pouze měření konduktivity, protože existoval velký kontrast mezi konduktivitou skrytých přítoků podzemní vody (okolo 80 µS/cm) a konduktivitou Kamenice (nahoře 240 µS/cm, dole 193 µS/cm) a relativní přesnost, se kterou konduktometr spolehlivě měří, je ± 0,5 µS/cm. Mezi hodnotou přítoků a Kamenice je 113–160 měřitelných hodnot.



Obr. 2. Naměřené hodnoty konduktivity Kamenice a přítoků.
Fig. 2. Measured conductivity values of Kamenice River and tributaries.

Naproti tomu teplota přítoků se pohybovala okolo 8 °C, teplota Kamenice okolo 4 °C a při relativní přesnosti měření 0,1 °C je mezi tokem a přítoky jen 40 měřitelných hodnot. Teplota navíc není konzervativní, ale u toku postupně klesá, tím rychleji, čím níže je teplota vzduchu pod 0 °C.

Konduktometrie byla vyhodnocena na základě směšovací rovnice. Protože všechny přítoky podzemní vody mají hodnoty konduktivity blízké 80 µS/cm, byla u všech podzemních přítoků uvažována tato hodnota konduktivity. U povrchových přítoků byly uvažovány naměřené hodnoty konduktivity. Výpočet byl proveden tak, že veškeré změny konduktivity Kamenice byly připsány přítokům. Vydatnost přítoků byla ve směšovací rovnici měněna tak dlouho, až modelová hodnota konduktivity Kamenice dosáhla stejných hodnot jako naměřená. Předpokládá se konzervativní chování konduktivity (a tedy rozpuštěných kationů a aniontů, jejichž souhrnné množství konduktivita odráží).

Do směšovací rovnice byl zadán průtok Kamenice na limnigrafu pod soutokem Chřibské Kamenice a Kamenice. Zde se průtok ve dnech 11. a 12. 12. 2022 pohyboval mezi 1020 a 1090 l/s, byla vybrána střední hodnota 1060 l/s. Postupným načítáním přítoků byla pro Kamenici v Hřensku získána modelová hodnota průtoku 1580 l/s, která celkem dobře odpovídá naměřenému údaji ČHMÚ pro 12. 12. 2022 v Hřensku 1650 l/s.

Výsledky konduktometrie

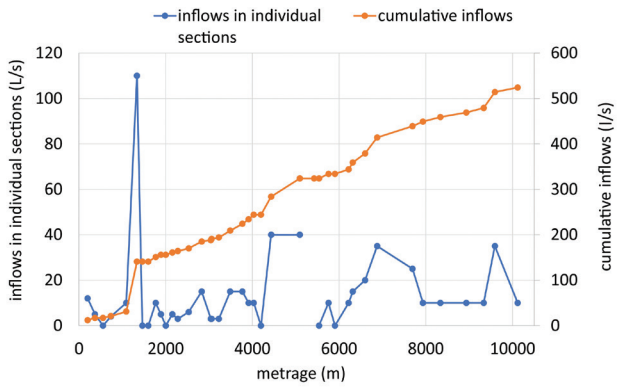
Naměřené hodnoty konduktivity Kamenice a přítoků udává obr. 2 a tabulka 1. Výrazný pokles na cca 1200 m signalizuje přítok Jetřichovické Bělé. Přerušení hodnot značí úsek horní plavby a zároveň přerušení měření v noci z 11. na 12. 12. 2022. Teplotu vody Kamenice a přítoků ukazuje tabulka 1. Je patrný výrazný pokles teploty v noci z 11. na 12. 12. 2022 kvůli výraznému snížení teploty vzduchu (časový chod teploty). Na základě konzervativního chování konduktivity a směšovací rovnice (změna konduktivity Kamenice je dána pouze přítoky) bylo určeno, kolik musí v kterém úseku přitékat povrchových přítoků (o změřené konduktivitě) nebo podzemních přítoků [o konduktivitě 80 µS/cm, viz tab. 1, ze které je zjevné, že veškeré nalezené prameny (teplota 6,5–8,7 °C) měly konduktivitu v rozmezí

Tabulka 1. GPS souřadnice bodů a naměřené konduktivity a teploty Kamenice. Říční kilometráž je uváděna od soutoku Kamenice s Labem
Table 1. GPS coordinates of the points and measured conductivity and temperature of Kamenice River. River kilometers are calculated from the confluence of the Kamenice and Elbe rivers

GPS point	River kilometer	N (°) latitude	E (°) longitude	Metrage (m)	Conductivity (µS/cm) Kamenice	Water temp. (°C) Kamenice	Conductivity (µS/cm) inflows	Water temp. (°C) inflows
5	11.02	50.83985	14.35515	0	242	4.0		
6	10.82	50.84153	14.35413	200	240	4.025		
7	10.65	50.84293	14.35506	369	239	4.1	85	7.2
8	10.45	50.84339	14.35251	555	239	4.1		
9	10.27	50.84466	14.35094	735	238	4.1		
10	9.90	50.84775	14.3523	1091	237	4.1		
12	9.60	50.84868	14.34914	1337	224	4.3	88	6.5
13	9.49	50.84891	14.34741	1461	224	4.3		
14	9.35	50.84982	14.34608	1599	224	4.3		
15	9.72	50.85102	14.34456	1770	223	4.3	135	4.2
16	9.03	50.85142	14.34297	1891	222	4.3		
17	8.93	50.85221	14.34199	2002	222	4.3	140	2.6
18	8.74	50.85299	14.34026	2152	221	4.3		
19	8.62	50.85379	14.33893	2281	221	4.3		
20	8.32	50.85389	14.33538	2531	220	4.3	210	4.5
21	8.06	50.85648	14.33422	2830	219	4.3	185	5
22	7.86	50.85727	14.33149	3041	218	4.3		
23	7.83	50.85741	14.33135	3059	218	4.3		
24	7.66	50.85848	14.32968	3227	218	4.3		
27	7.37	50.8591	14.3261	3488	216	4.4	69	8.05
31	7.09	50.86113	14.3237	3770	214	4.4	82	8.5
33	6.94	50.86105	14.32168	3912	213	4.4		
35	6.84	50.86156	14.3202	4031	212	4.5	76	7.8
36	6.69	50.86304	14.31977	4197	212	4.5	88	8.5
38	6.36	50.8642	14.31697	4433	208	4.533	81	7.5
40	5.68	50.86417	14.30759	5093	205	4.6		
41	5.34	50.8647	14.30296	5424	208	3.4		
42	5.22	50.86509	14.3015	5536	208	3.4	70	8.7
43	5.00	50.8652	14.29838	5755	207	3.4		
44	4.85	50.86545	14.2963	5905	207	3.5		
46	4.53	50.86633	14.29207	6219	206	3.5	307	2
47	4.43	50.86695	14.29113	6314	205	3.6		
48	4.13	50.86886	14.28842	6599	203	3.65		
49	3.80	50.87062	14.28563	6876	200	3.7	79	8.6
51	2.96	50.86974	14.2741	7693	197	3.6		
52	2.73	50.86919	14.27082	7932	197	3.6	203	2
53	2.33	50.87098	14.26586	8334	197	3.6		
54	1.74	50.8726	14.25775	8932	196	3.6		
55	1.32	50.87382	14.25239	9333	195	3.5		
58	1.07	50.87432	14.24881	9591	193	3.6	115	6
59	0.43	50.87369	14.2414	10117	193	3.6		

Tabulka 2. Vypočtené přítoky vody do Kamenice ze směšovací rovnice
Table 2. Calculated groundwater inflows to Kamenice from the mixing equation

GPS point	River kilometer	Metrage (m)	Inflow in section (l/s)	Cumulative inflows (l/s)	Inflow intensity (l/s/km)
5	11.02	0			
6	10.82	200	12	12	60
7	10.65	369	5	17	30
8	10.45	555	0	17	0
9	10.27	735	4	21	22
10	9.90	1091	10	31	28
12	9.60	1337	110	141	448
13	9.49	1461	0	141	0
14	9.35	1599	0	141	0
15	9.72	1770	10	151	58
16	9.03	1891	5	156	42
17	8.93	2002	0	156	0
18	8.74	2152	5	161	33
19	8.62	2281	3	164	23
20	8.32	2531	6	170	24
21	8.06	2830	15	185	50
22	7.86	3041	3	188	14
23	7.83	3059	3	191	164
24	7.66	3227	3	194	18
27	7.37	3488	15	209	57
31	7.09	3770	15	224	53
33	6.94	3912	10	234	70
35	6.84	4031	10	244	84
36	6.69	4197	0	244	0
38	6.36	4433	40	284	170
40	5.68	5093	40	324	61
41	5.34	5424		324	0
42	5.22	5536	0	324	0
43	5.00	5755	10	334	46
44	4.85	5905	0	334	0
46	4.53	6219	10	344	32
47	4.43	6314	15	359	157
48	4.13	6599	20	379	70
49	3.80	6876	35	414	126
51	2.96	7693	25	439	31
52	2.73	7932	10	449	42
53	2.33	8334	10	459	25
54	1.74	8932	10	469	17
55	1.32	9333	10	479	25
58	1.07	9591	35	514	136
59	0.43	10117	10	524	19



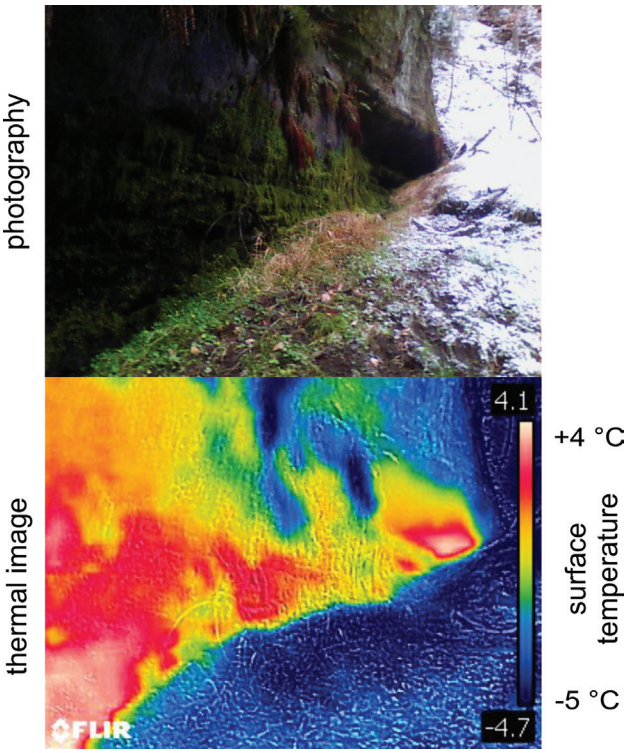
Obr. 3. Množství přitékající vody v jednotlivých úsecích vypočtené z hodnot konduktivity, jak pro jednotlivé úseky zvlášť (bodově), tak načítané ve směru proudu toku.
Fig. 3. Amount of inflowing water in each section calculated from the conductivity values, both in individual sections separately (pointwise) and cumulative.

69–88 µS/cm], aby konduktivita Kamenice dosahovala přesně naměřených hodnot. Tímto způsobem získané přítoky v l/s udává obr. 3 a tabulka 2, a to jak individuálně pro jednotlivé úseky (vždy připsáno staničení pod daným úsekem), tak i ve formě načítající se sumy.

Z výsledků stanovení přítoků je zřejmé, že největší přítok do toku je v místě ústí Jetřichovické Bělé, okolo 110 l/s (přítok tohoto toku, případě i skryté prameny do toku v těsném okolí ústí). Nad i pod ústím Jetřichovické Bělé jsou přítoky jen malé a dosahují hodnot mezi 0 a 15 l/s na úseku o délce v řádech prvních stovek m. Nad Jetřichovickou Bělou od limnigrafu jsou celkové přítoky jen okolo 30 l/s na 1100 m dlouhém úseku (staničení 0–1090 m). Pod přítokem Jetřichovické Bělé (staničení 1400–3300 m) jsou přítoky okolo 50 l/s na 1900 m dlouhém úseku. V úseku 0–3400 m nebyly při průchodu okolo toku zjištěny žádné soustředěné prameny, jen vzácné drobné přírony do toku. Výraznější prameny se vyskytují až v úseku 3400–4200 m, a to z pravého břehu s vydatností v prvních l/s. V tomto úseku se průtok Kamenice podle míšení zvyšuje o 50 l/s na 800 m dlouhém úseku. Výrazné zvýšení průtoku bylo ze směšovací rovnice indikováno v úseku 4200–5100 m, který nebyl kvůli nedostupnosti proměřován detailně. Z poklesu konduktivity toku je zde indikován přítok 80 l/s v 900 m dlouhém úseku. Horní část úseku mezi plavbami (5400–6200 m) má poměrně malé přítoky, okolo 20 l/s na 800 m dlouhém úseku. Naopak spodní úsek (6200–6900 m) má přítoky značné, okolo 70 l/s na 700 m dlouhém úseku. Spodní plavba a úsek pod ní až po přítok Suché Bělé (6900–9300 m) opět vykazuje spíše nižší přítoky, okolo 65 l/s na 2400 m dlouhém úseku. Suchá Bělá měla podle směšovací rovnice vydatnost okolo 35 l/s a pod ní v Hřensku docházelo jen k přítoku okolo 10 l/s. Celkově jsou ze směšovací rovnice indikovány přítoky Kamenice mezi limnigrafem na soutoku Chřibské Kamenice a Kamenice a ukončením konduktometrie 400 m nad soutokem s Labem 520 l/s včetně povrchových toků. Skutečné přítoky budou zřejmě vyšší, protože do Kamenice vstupují povrchové toky o vyšší konduktivitě, než jsou přítoky podzemní vody, a ne všechny tyto přítoky byly změřeny a zohledněny při míšení (vyšší vodivost znamená větší nutné množství mísící vody, aby se konduktivita Kamenice snížila na změřenou hodnotu). Ne ke všem přítokům povrchové vody bylo možné se v rybářských holinách brodit. Proto je modelový průtok Kamenice v Hřensku (1580 l/s) nižší než průtok Kamenice stanovený ČHMÚ pro Hřensko (1650 l/s). Nicméně rozdíl vypočteného a naměřeného průtoku je vzhledem k celkovým přítokům zanedbatelný. Velká většina podzemní vody míří evidentně do Kamenice skrytě, odhadovaná souhrnná vydatnost zaznamenaných soustředěných pramenů z břehů nedosahovala v součtu ani 20 l/s. Jak ukázaly masivní rozptýlené průsaky póry pískovce v jediném velkém převisu (obr. 4) okolo 1 l/s, místní kvádrové pískovce umožnují difuzní proudění vody o značné vydatnosti i bez puklin. V kaňonu Kamenice byly vzácně zjištěny prameny ze zejících vertikálních trhlin v pískovci i pramen z rozšíření mezivrstevní spáry (obr. 5).

Závěr

Kondukto-termometrie Kamenice mezi Srbskou Kamenicí a soutokem s Labem ukázala, že přítoky do toku jsou přítomné ve většině úseků, střídají se úseky s intenzivnějšími a méně intenzivními přítoky. Celkové přítoky za nižších vodních stavů, které za kondukto-termometrie panovaly, dosahovaly okolo 500 l/s. Z toho okolo 100 l/s je přítok Jetřichovické Bělé, případně snad i pramenů v prostoru



Obr. 4. Silný skap z pórů pískovce z velkého převisu (bod 26) o šířce 50 m, výšce 3 m, s celkovou vydatností asi 1 l/s.
Fig. 4. Intense drip from the pore space of a large sandstone overhang (point 26) 50 m wide, 3 m high with a total discharge of about 1 l/s.

Obr. 5. Pramen v bodě 32 z pravého břehu, nejzajímavější pramen vyvěrající z mezivrstevní spáry.
Fig. 5. A spring at point 32 from the right bank, the most interesting spring emerging from the bedding plane cleft.

jejího ústí, okolo 35 l/s přítok Suché Bělé a zbylých asi 380 l/s jsou převážně rozptýlené přítoky podzemní vody a drobné vodní toky. Největší zaznamenané soustředěné prameny z puklin a mezivrstevních ploch z kvádrů mají vydatnost jen první l/s, takže převážná většina podzemní vody přitéká do Kamenice zřejmě skrytě z drobných puklin a pórů pískovce. Jak ukazuje tato studie, konduktotermometrické měření je rychlým a efektivním nástrojem pro lokalizaci i charakterizaci přítokových úseků v české křídové pánvi.

Poděkování. Autoři děkují RNDr. O. Nolovi za poskytnutí dat z limnigrafu pod soutokem Chřibské Kamenice a Kamenice. Výzkum byl podpořen projektem SS02030040 PERUN – Predikce, hodnocení a výzkum citlivosti vybraných systémů, vlivu sucha a změny klimatu v Česku, spolufinancovaným se státní podporou Technologické agentury ČR v rámci programu Prostředí pro život. Poděkování patří též recenzentům, panu Ing. L. Vlčkovi a RNDr. J. V. Datlovi, Ph.D., za cenné kritické připomínky k rukopisu a doc. RNDr. J. Kotkové, CSc., za opravu angličtiny v manuskriptu.

Literatura

Bruthans, J. – Světlík, D. – Soukup, J. – Schweigstillová, J. – Válek, J. – Sedláčková, M. – Mayo, A. L. (2012): Fast evolving conduits in clay-bonded sandstone: Characterization, erosion processes and significance for origin of sandstone landforms. – Geomorphology 177–178, 178–193.

Bruthans, J. – Zeman, O. (2001): Regional permeable zones and stream thermometry in karst areas. 31st International-Association-of-Hydrogeologists Congress. New Approaches Characterizing Groundwater Flow, Vol. 1, 2, 697–700. – A. A. Balkema. Amsterdam.

Burda, J. – Bruthans, J. – Bůzek, F. – Herčík, F. – Kadlecová, R. – Kondrová, L. – Kůrková, I. – Mlčoch, B. – Nádaskay, R. – Skácelová, Z. – Valečka, J. (2021): Křída dolní Kamenice a Křinice, hydrogeologický rajon 4660. – 458 str. Čes. geol. služba. Praha.

Kůrková, I. – Bruthans, J. – Balák, F. – Slavík, M. – Schweigstillová, J. – Bruthansová, J. – Mikuš, P. – Grundloch, J. (2019): Factors controlling evolution of karst conduits in sandy limestone and calcareous sandstone (Turnov area, Czech Republic). – J. Hydrol. 574, 1062–1073.

Kůrková, I. (2023): Charakter proudění podzemní vody v silně propustných sedimentech v západní části České křídové pánve. – 205 str. Disert. práce. Přírodověd. fak. Univ. Karl. Praha.

Lencsesová, L. (2008): Interakce povrchové a podzemní vody v Národním parku České Švýcarsko. – Diplom. práce. Přírodověd. fak. Univ. Karl. Praha.

Nol, O. – Šupíková, I. – Lencsesová, L. – Pacl, A. – Nakládal, P. – Skořepa, J. (2009): Interakce podzemní a povrchové vody na toku Křinice v Národním parku České a Saské Švýcarsko. Sborník příspěvků. 10. česko-slovenský mezinárodní hydrogeologický kongres, 31. 8.–3. 9. 2009 Ostrava. – VŠB – Tech. univ. Ostrava.

Starý, J. – Bruthans, J. – Schweigstillová, J. – Mareš, J. – Procházka, M. (2024): Origin of Fracture-Controlled Conduits in Calcite-Rich Highly Productive Aquifers Impregnated with Diagenetic Silica. – Water 20124, 16, 687.