

## MĚSTSKÉ VODNÍ PRVKY – RADOST I RIZIKO

**Dana Baudišová, Lenka Mayerová, Šárka Bobková, Petr Pumann, Tereza Pouzarová,  
Hana Jeligová, František Kožíšek**

*Státní zdravotní ústav, Šrobárova 48, 100 43 Praha 10, e-mail: dana.baudisova@szu.cz*

### Souhrn

Předmětem tohoto příspěvku je zhodnocení výsledků tříletého výzkumu (letní období v letech 2020–2022) městských vodních prvků, především fontán a podobných interaktivních objektů s důrazem na hlavní zdravotní rizika. Rizika mikrobiální kontaminace vodních prvků jsou úzce spojena s úrovní dezinfekce. U nedostatečně dezinfikovaných objektů byly zaznamenány vysoké počty indikátorů fekálního znečištění (*E. coli* a intestinálních enterokoků), které mohou být provázeny výskytem enterických patogenů. Pozitivní detekce *Pseudomonas aeruginosa* a *Staphylococcus aureus* může ukazovat na nebezpečí infekcí u imunokompromitovaných osob při přímém kontaktu s vodou. Z neinfekčních rizik je třeba upozornit na tvorbu kluzkých biofilmů u fontán s vodotrysky (nebezpečí uklouznutí) a na výskyt trihalogenmethanů a trichloraminu u nadměrně chlorovaných vodních prvků (karcinogenní účinek, dráždění sliznic a dýchacích cest).

**Klíčová slova:** recyklovaná voda; vodní prvky – městské fontány; znečištění; zdravotní rizika

### Summary

The aim of this study is to assess the results of three season's (summer season during the years of 2020–2022) examination of water from urban water elements, especially fountains and similar interactive water features with the focus to main health risks. The microbial contamination of features is closely related to disinfection. In insufficiently disinfected objects, high values of fecal pollution indicators (*E. coli* and intestinal enterococci) were recorded, which may be accompanied by the occurrence of enteric pathogens. Positive detections of *Pseudomonas aeruginosa* and *Staphylococcus aureus* can be reflected in the risk of infections in immunocompromised persons during direct contact with water. Among the non-infectious risks, attention should be drawn to the formation of slippery biofilms in fountains with water jets (danger of slipping) and the occurrence of trihalomethanes and trichloramines in excessively chlorinated water elements (irritation of mucous membranes and respiratory tract).

**Keywords:** reuse water; water attraction – city fountains; pollution; health risk

### Úvod

Městské vodní prvky (fontány, vodní chodníky, vodotrysky apod.) jsou velmi oblíbeným zpestřením městské zástavby, upravujícím okolní klima. Přestože nejsou určeny přímo ke koupání, řada z nich svým charakterem k přímému kontaktu s vodou vybízí, čehož využívají různé skupiny obyvatel, především děti. Zdravotním rizikem nemusí být jen vlastní kontakt s vodou, ale i případná expozice vznikajícím aerosolům. Zdrojem vody v těchto vodních prvcích bývá v naprosté většině pitná voda z vodovodního řadu, která recirkuluje přes spíše jednoduchou technologii úpravy vody, obvykle zahrnující i dezinfekci, a je doplňována pouze v případě potřeby. Kvalita takto používané vody není momentálně nijak regulována, jelikož legislativně dosud nejsou pro tento typ vody stanovena žádná pravidla, ukazatele kvality či jakékoliv limitní hodnoty. V loňském roce byl našim kolektivem připraven návrh metodického doporučení, které by mělo Ministerstvo zdravotnictví České republiky vydat v první polovině roku 2023. Toto metodické doporučení by hlavně mělo napomoci k tomu, aby se provozovatelé a pracovníci hygienické služby v dané problematice lépe orientovali, mohli lépe pochopit a zhodnotit zdravotní rizika těchto vodních prvků či atrakcí a zabezpečit jejich provoz tak, aby byla možná rizika s nimi spojená minimalizována. V zahraniční odborné literatuře byly zatím nalezeny pouze dílčí technické pokyny pro provozování interaktivních fontán [1,2], tam se však uvedené ukazatele kvality vody zaměřují výhradně na obsah volného chloru a případně hodnotu pH, čili provozní, nikoliv zdravotní ukazatele.

Mikrobiální kontaminace vody, ač voda původně pochází z vodovodního řadu, může být značná. Do vody se splachuje mikrobiální společenstvo z povrchů bezprostředního okolí vodního prvku, ale výraznější podíl činí přímý vnos mikroorganismů lidmi (dětmi) a zvířaty. Kontaminace vody tak

významně závisí na počasí (horké počasí = velké množství „koupajících se“ = velký splach mikroorganismů z pokožky), srážkách (splachy z okolí) a dalších aktivitách (venčení zvířat, osobní hygiena a další aktivity specifických skupin obyvatel) apod. Konečná úroveň mikrobiální kontaminace vody ale nejvíce souvisí s chybějící nebo nedostatečnou dezinfekcí [3,4,5].

V městských vodních prvcích se mohou vyskytovat různé patogenní i podmíněně patogenní mikroorganismy. Jedná se především o fekální patogeny (noroviry, rotaviry, enteroviry, adenoviry, bakterie *Campylobacter* spp. či *Shigella* spp., parazitické prvoci aj.) představující riziko při přenosu fekálně orálním či patogeny, u nichž jsou potenciální rizika spojena se stykem s kůží a hlavně sliznicemi (*Pseudomonas aeruginosa*, *Staphylococcus aureus* – převážně meticilin rezistentní kmeny, případně mikromycety) nebo s inhalací aerosolů (klebsiely, legionely). Ve světové literatuře byly popsány epidemie z městských vodních prvků, způsobené například noroviry nebo parazitickými prvoky (*Giardia*, *Cryptosporidium*) [6,7]. Další práce [8] shrnuje v diskusním příspěvku všechna výše uvedená rizika a připomíná další epidemie (Florida 1999: *Shigella sonnei* a *Cryptosporidium parvum*; Minnesota 1997: *E. coli* O157:H7). Portugalská práce [9] přináší výsledky studia přítomnosti multirezistentních kmenů *E. coli*, enterokoků a salmonel v jezerech a fontánách (včetně několika interaktivních) v Portu. Salmonely však zaznamenali pouze v jezerní vodě. Legionely byly (překvapivě?) shledány jako méně rizikové [4,10].

## Metodika

Terénní práce probíhaly během letních sezón v letech 2020 až 2022. Celkem bylo analyzováno 192 vzorků z 37 vodních prvků. Kromě vodních prvků, které byly odebírány a analyzovány jednorázově (pilotně), bylo 10 prvků odebíráno opakovaně (minimálně čtyřikrát) v průběhu celé letní sezóny. Tyto vodní prvky byly vybrány tak, aby zahrnovaly všechny zaznamenané typy a velikosti (tabulka 1). Kromě vlastního pozorování, vzorkování a analyzování vodního prostředí byly prováděny konzultace s pracovníky hygienické služby a některými provozovateli (k objasnění použitých technologií, provozu a údržby).

**Tab. 1:** Charakteristika opakovaně zkoumaných vodních prvků

Lokalita	Charakteristika vodního prvku	Zdroj vody	Poznámky
<b>Rakovník</b>	Bazén s tryskami	Vodovodní řad	Opakovaně vysoká chlorace
<b>Dobřichovice</b>	Vodní schody	Vodovodní řad	
<b>Mladá Boleslav – St. nám. – trysky</b>	Soustava vodotrysků	Vodovodní řad	
<b>Mladá Boleslav – model řeky Jizery</b>	Model řeky Jizery s ozdobnými tryskami	Vodovodní řad	
<b>Mladá Boleslav – Modrá Hvězda</b>	Skrápěná stěna, bazének, přepad do umělého toku, který končí v jezírku	Vrt	
<b>Benátky nad Jizerou</b>	Soustava vodotrysků	Vodovodní řad	
<b>Poděbrady – lázeňský park</b>	Soustava dvou umělých potoků vytékajících z bazénu. Jedna větev končí též v bazénku, druhá končí soustavou trysek, které tvoří jemný aerosol	Vodovodní řad	V tropických dnech vysoká návštěvnost dětí
<b>Zahradní Město</b>	Vodní kaskáda s tryskami	Vodovodní řad	
<b>Gutovka</b>	Vodní park s atrakcemi pro děti	Vodovodní řad	V tropických dnech vysoká návštěvnost dětí
<b>Čakovice</b>	Bazén s tryskami	Vodovodní řad	

Byly odebírány prosté vzorky, konkrétní vzorkovací místa byla zvolena podle možností odběru na jednotlivých vodních prvcích. Pokud to bylo možné, vždy jsme odebrali vodu jak z aktivních

(stříkajících) trysek, tak z „bazénu“. V případě vodních prvků sestávajících se pouze z trysek (vodotrysků) bez nadzemní vodní nádrže byly odebírány směsné vzorky. Odběr byl prováděn do sterilních vzorkovnic, vzorky pak za stálého chlazení transportovány do laboratoře a zpracovány max. do 18 hodin po odběru. Stanoveny byly základní mikrobiologické ukazatele (koliformní bakterie, *E. coli*, intestinální enterokoky), *P. aeruginosa*, *S. aureus* a vybrané fyzikální a chemické ukazatele (na místě teplota, volný a vázaný chlor) a v laboratoři zákal (nefelometricky), elektrická konduktivita a pH). Na konci sezóny byly testovány i legionely, termotolerantní améby se zaměřením na rod *Acanthamoeba* a mikroskopický obraz. Pilotně ve vybraných vodních prvcích byly testovány enterické viry (u významně fekálně znečištěných prvků) a vedlejší produkty dezinfekce (THM – u vodních prvků s obsahem volného chloru větším než 2 mg/l).

Pro orientační ověření mikrobiálního oživení vodního prvku bylo měřeno celkové ATP přímo ve vzorku vody (které představuje jak celkové ATP vázané v buňkách, tak extracelulární) a dále po jeho filtraci (membránové filtry o porozitě 0,23  $\mu\text{m}$ ), kdy se oddělí buňky a změří se ATP pouze ve filtrátu, tudíž extracelulární. Rozdíl mezi oběma hodnotami udává ATP vázané v buňkách. ATP bylo měřeno luminometricky pomocí testovací soupravy Aquasnap [11]. Počty organotrofních bakterií (stanovené jako počty kolonií při 22 °C) byly stanoveny metodou dle ČSN EN ISO 6222.

Ke stanovení koliformních bakterií a *E. coli* byla (z důvodu vysokého obsahu doprovodné mikroflóry) použita metoda dle ČSN EN ISO 9308-2 (Colilert Quanti/Tray). Intestinální enterokoky byly stanoveny metodou dle ČSN EN ISO 7899-2, *P. aeruginosa* metodou dle ČSN EN ISO 16266 a *S. aureus* metodou dle ČSN EN ISO 6888-1 s tím, že pro membránovou filtraci byl pro lepší výběr suspektních kolonií vykazujících aktivitu lecitinázy použit polykarbonátový průhledný membránový filtr. Presumptivní kolonie byly identifikovány metodou MALDI-TOF (Bruker Diagnostics). Legionely byly stanoveny metodou dle ČSN EN ISO 11731 (kultivace na GVPC médiu s kyselým promytím i bez něj).

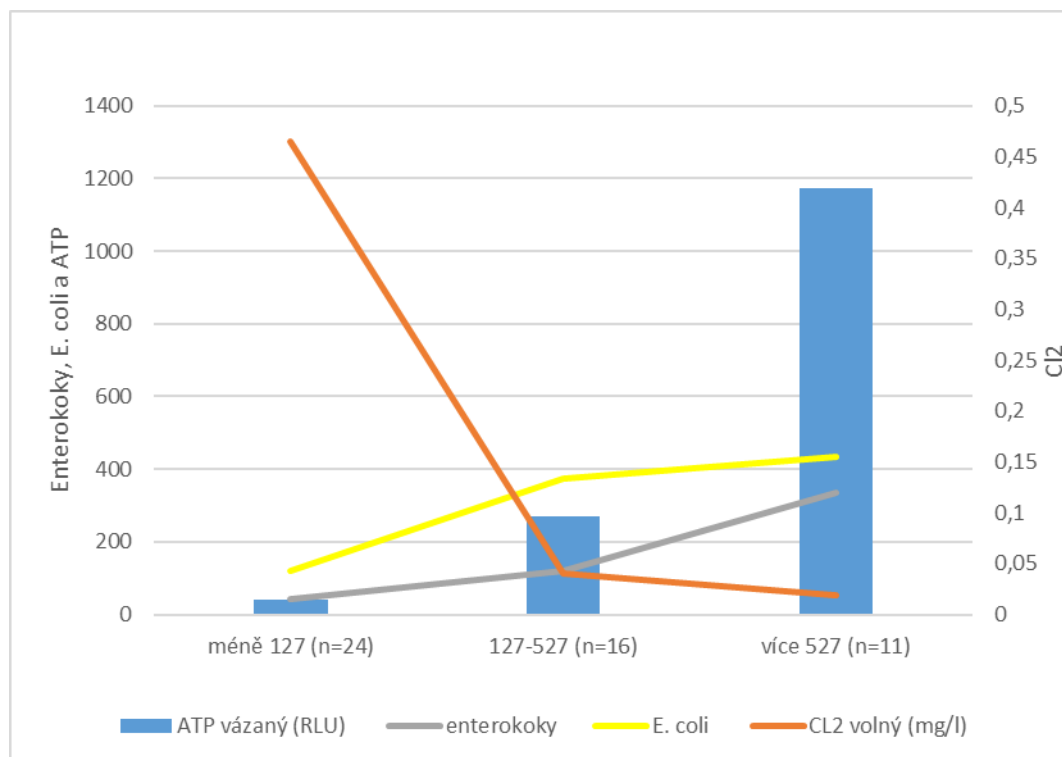
Trihalogenmethany (THM) byly stanoveny metodou Purge Trap GC/FID/ECD (Purge Trap plynová chromatografie s plamenoionizačním detektorem a detektorem elektronového záchytu): byly izolovány pomocí přístroje Tekmar z vody extrakcí dusíkem, zachyceny na pevném sorbentu Carboxen B/Carboxen 1000 & 1001 a poté tepelně desorbovány přímo na kapilární kolonu plynového chromatografu s detekcí FID + ECD.

## Výsledky a diskuse

### Mikrobiální a biologické oživení vody

Voda v městských vodních prvcích není a nemůže být sterilní, a i když je dezinfikována, obsahuje určité množství mikroorganismů, včetně organotrofních (kultivovatelných). Celkové počty bakterií stanovené mikroskopicky (barvení DAPI) velmi kolísaly a pohybovaly se od  $2,3 \cdot 10^4$  do  $1 \cdot 10^6/\text{ml}$ . Tato metoda bohužel neodliší živé a mrtvé buňky, proto byly zachycovány i relativně vysoké počty bakterií v nadměrně dezinfikovaných lokalitách (např. Rakovník). Počty kolonií při 22 °C se u více (až nadměrně) dezinfikovaných vodních prvků pohybovaly v jednotkách až desítkách KTJ/ml, u méně dezinfikovaných až nedezinfikovaných v řádech  $10^2 - 10^4$  KTJ/ml, což je v souladu s další odbornou literaturou [12]. Pro rutinní kontrolu kvality vody však tento ukazatel nemá valný význam. Jako jedna z dalších možností průběžné kontroly mikrobiálního oživení vody se jeví fluorimetrické stanovení adenosintrifosfátu (ATP), které by mohlo být prováděno i v terénu jako provozní ukazatel kvality vody. Některé odkazy, hodnotící čistotu úklidu/prostředí [13], uvádějí limitní hodnotu pro čisté prostředí 50 RLU (relativní světelné jednotky). My jsme se však zabývali spíše otázkou, kdy lze očekávat vyšší fekální znečištění. Z výsledků našeho výzkumu městských vodních prvků vyplývá, že hraniční hodnota 200 RLU by mohla signalizovat nižší fekální znečištění vody (pod 100 MPN/100 ml *E. coli*, resp. 50 KTJ/100 ml intestinálních enterokoků) se spolehlivostí cca 80 %. Podle rozřazení výsledků pomocí histogramu nám vyšly tyto kategorie ATP vázaného v buňkách: 1. méně než 127 RLU, 2. 127–527 RLU, 3. více než 527 RLU. Na obr. 1 jsou uvedeny výsledky stanovení *E. coli*, intestinálních enterokoků a volného chloru, které jsou rozřazeny právě podle těchto kategorií. S rostoucím množstvím ATP roste i počet indikátorů fekálního znečištění a klesá obsah volného chloru. Námi navrhovaná

„operační“ hodnota ATP 200 RLU vychází z hodnoty kategorie 1 (ATP menší než 127 RLU), ale je navýšena o nejistotu stanovení (40 %) a zaokrouhlena.



**Obř. 1:** Výsledky *E. coli* a enterokoků a obsahu volného chloru v jednotlivých kategoriích podle vázaného ATP. V závorce (n) je uveden počet vzorků spadající do konkrétní kategorie

Vzhledem k tomu, že městské vodní prvky jsou exponovány světlu, můžeme kromě případů, kdy se používají vysoké dávky dezinfekce, očekávat výskyt sinic a řas. Lze je najít především v nárostech (biofilmech), v menší míře jsou unášené cirkulující vodou. V nárostech zkoumaných vodních prvců dominovaly sinice (vláknité i kokální), rozsivky (penátní) a zelené řasy, které však neměly zásadní hygienický význam. Pokud jsou součástí vodních prvců nádrže a voda není dostatečně dezinfikována, může docházet k rozvoji planktonních řas (především zelené kokální řasy), jejichž význam je především ve snížené estetické hodnotě vodního prvku. Voda může mít v některých případech i silný zákal, který je obvykle způsoben zelenými řasami, což se týká především fontán se stojatou vodou s nízkou nebo žádnou dezinfekcí. Zákal může být způsoben také zviřením sedimentů (hrající si děti) u nádrží s nepevným dnem. V takovém případě může být doprovázen silnou mikrobiální kontaminací.

#### Indikátory fekálního znečištění a střevní patogeny

Vzhledem k tomu, že existuje velké množství druhů střevních (enterických) patogenů, nestanovují se tyto přímo, ale pomocí tzv. indikátorů fekálního znečištění, jejichž přítomnost signalizuje fekální kontaminaci. Mezi hlavní indikátory fekálního znečištění patří *E. coli* a intestinální enterokoky, jejichž výsledky v opakovaně vzorkovaných vodních prvcích jsou uvedeny (společně s obsahem volného chloru) v tabulce 2. Souvislost fekálního znečištění s obsahem volného chloru, prezentovaná již dříve [3], je i nadále zřejmá. Za vhodnou koncentraci je považována hodnota 0,3 mg volného  $Cl_2/l$ , což je v souladu i s další literaturou [1,2,4]. V tabulce 3 je uveden obsah ATP (% ATP vázaného v buňkách oproti celkovému ATP), volného chloru, počet *E. coli* a enterokoků v jednotlivých odběrech ve vodním prvku Dobřichovice, a je zde patrné, jak obsah volného chloru ovlivňuje mikrobiální oživení vody.

Přítomnost indikátorů fekálního znečištění ve vodě nemusí ještě nutně znamenat přítomnost patogenů, protože zdaleka ne každý člověk či teplokrevný živočich je jejich nositelem. Nález fekálních indikátorů ale říká, že patogeny mohou být přítomny. Ve vybraných vodních prvcích s prokázaným fekálním

znečištěním (Mladá Boleslav – Staroměstské náměstí – trysky, Mladá Boleslav – Modrá Hvězda, Poděbrady – lázeňský park, Zahradní Město a Gutovka – viz tabulka 2) byly ve vrcholné sezóně (následně po sérii tropických dnů) odebrány vzorky na stanovení enterických virů. Ve vodním prvku Gutovka bylo detekováno  $8,31 \cdot 10^7$  GE/10 l humánních adenovirů (indikátorů fekálního znečištění), patogenní typy adenovirů 40/41 zjištěny nebyly. Vysoký počet humánních adenovirů odpovídá i zjištěnému vysokému počtu *E. coli* – 1 553 MPN/100 ml). Ve vodním prvku Zahradní Město bylo detekováno  $7,18 \cdot 10^4$  GE/10 l humánních norovirů, což je však velmi nízký počet – pod mezí stanovitelnosti (a při tomto odběru byl stanoven i nízký počet *E. coli* 13 MPN/100 ml).

**Tab. 2:** Výsledky stanovení indikátorů fekálního znečištění ve vybraných (opakovaně vzorkovaných) vodních prvcích

lokality	počet odběrů	počet vzorků	volný chlor (mg/l)		<i>E. coli</i> (MPN/100 ml)		Enterokoky (KTJ/100 ml)	
			min	max	min	max	min	max
Rakovník	3	3	> 2,2	7,4	0	0	0	0
Dobřichovice	5	10	0,01	0,27	0	2,55	0	28,5
Mladá Boleslav – St. nám. – trysky	5	7	0,01	0,04	1	80	17	112
Mladá Boleslav – model řeky Jizery	5	9	0,02	0,27	0	0	0	28
Mladá Boleslav – Modrá Hvězda	5	9	0	0,15	49,5	980,4	15	150
Benátky nad Jizerou	5	6	0,03	0,09	0	49,5	37	83
Poděbrady – lázeňský park	5	21	0	0,19	0	1 986	0	208
Zahradní Město	10	20	0	0,31	<2	980	0	368
Gutovka	6	12	0,01	0,16	2	1 733	1	2 300
Čakovice	10	17	0	4,1	0	178	0	320

**Tab. 3:** Počty *E. coli*, enterokoků, obsahu volného chloru a % vázaného ATP v jednotlivých odběrech ve vodním prvku Dobřichovice

datum	volný chlor (mg/l)	% vázaného ATP	<i>E. coli</i> (MPN/100 ml)	Enterokoky (KTJ/100 ml)
14. 06. 2021	0,27	0%	0	0
19. 07. 2021	0,18	61%	0	0
16. 08. 2021	0,01	89%	0,5	28,5
06. 09. 2021	0,01	100%	2,55	6,5

Pro srovnání – v Krakově [5] bylo během jara a léta dvou sezón testováno pět fontán různého typu a maximální počty *E. coli* se pohybovaly od 0 do 7 000 KTJ/100 ml (průměrné hodnoty ze 6 odběrů od 0 do 2 875 KTJ/100 ml). Kromě *E. coli* bylo též detekováno *Clostridium perfringens* (průměrné hodnoty od 1 do 73 KTJ/100 ml) s tím, že získané hodnoty byly sice výrazně nižší než u *E. coli*, ale byly zaznamenány pozitivní záchyty i u fontán, kde byla *E. coli* vždy negativní. My jsme tento ukazatel nestanovovali. Stejní autoři též zaznamenali souvislost s vyšší mikrobiální kontaminací fontán s nedostatečnou dezinfekcí (i když ji blíže nespecifikují). Nižší hodnoty *E. coli* u fontán různého typu (směs interaktivních a dekorativních) byly zaznamenány v Portu [9] (průměrná hodnota *E. coli* činila 252 KTJ/100 ml, průměrná hodnota počtu intestinálních enterokoků v tomto souboru byla 410 KTJ/100 ml). Ani tyto hodnoty však nevybočují z rozmezí našich výsledků (viz tabulka 2).

### Podmíněně patogenní mikroorganismy

Podmíněně patogenní mikroorganismy relevantní pro tento typ matrice jsou především *P. aeruginosa* a *S. aureus*, které mohou u imunokompromitovaných osob při přímém kontaktu s vodou způsobovat infekce. Tyto organismy byly u více zatížených vodních prvků detekovány opakovaně, při jejich stanovení je opět nutné počítat s vysokým obsahem doprovodné mikroflóry. *P. aeruginosa* byla opakovaně zjištěna ve vodních prvcích Zahradní Město a Mladá Boleslav – Staroměstské náměstí – trysky (jednotky až desítky KTJ/100 ml), jednorázově v Poděbradech, Čakovicích a na Gutovce. Byly zachyceny a identifikovány i další kmeny pseudomonád ze skupin *P. putida* a *P. fluorescens*, které však mají přírodní původ a nepatří mezi potenciální patogeny. *S. aureus* byl opakovaně zachycen na Zahradním Městě a v Gutovce, jednorázově v Dobřichovicích, Poděbradech a Mladé Boleslavi – vodní prvek Modrá Hvězda. 25 kmenů *S. aureus* byl testován na citlivost k meticilinu, u všech byla zjištěna rezistence, jednalo se tedy o 100% MRSA kmeny.

Legionely nebyly v námi sledovaných vodních prvcích zjištěny, ale ani tak je nelze při hodnocení rizik zcela opominout, a to zejména u prvků produkujících velké množství aerosolů (fontány s tryskami) a v případě, kdy teplota vody opakovaně přesahuje 25 °C. V těchto vzorcích nebyly nalezeny ani termotolerantní améby (*Acanthamoeba* spp.). Ve vzorcích z Mladé Boleslavi – model řeky Jizery a z fontán v Rakovníku nebyly améby nalezeny vůbec.

### Další rizika (neinfekční)

Kromě patogenních a podmíněně patogenních mikroorganismů je nutné v souvislosti s vodními prvky zmínit i další rizika. Jak již bylo uvedeno, riziko mikrobiální kontaminace přímo souvisí s aplikací a účinností dezinfekce vody, resp. s obsahem volného chloru, který byl ve většině případů poměrně nízký. Nicméně některé z námi sledovaných vodních prvků byly dezinfikovány až příliš (hodnoty volného chloru výrazně převyšovaly 2 mg/l) a v těchto případech může představovat chemické riziko obsah vedlejších produktů dezinfekce – sliznice a dýchací cesty dráždící trichloramin či z karcinogenního účinku podezřelé trihalogenmethany, nejčastěji pak chloroform. Ten může přesáhnout i hodnotu 100 µg/l, což je limitní hodnota (NMH) pro součet čtyř THM ve vyhlášce č. 252/2004 Sb. Na pitnou vodu (pro vlastní chloroform činí limitní hodnota 30 µg/l). Pro bazény nebyly limitní hodnoty dosud stanoveny. Příklady našich výsledků jsou uvedeny v tabulce 4. Z nich je zřejmé, že nejen nedostatečná, ale i nadměrná chlorace může být v městských vodních prvcích riziková.

**Tab. 4:** Příklady výsledků stanovení trihalogenmethanů (THM) ve vybraných vodních prvcích v roce 2022

Lokalita	Volný chlor	Vázaný chlor	Chloroform	Brom dichlormethan	Dibrom chlormethan	Bromoform	Suma THM
	mg/l	mg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l
Kladno 12. 7.	0,34	1,86	20,29	0,47	0,05	0,04	20,84
Rakovník 12. 7.	3,00	0,70	22,56	0,14	0,11	0,02	22,83
Pankrác 12. 7.	0,03	0,10	5,04	0,58	0,71	0,02	6,34
Eden 12. 7.	2,00	0,20	12,14	0,07	0,01	0,01	12,23
Petrovice 12. 7.	>8,80	?	103,51	0,05	0,02	0,05	103,63
Kladno 3. 8.	1,30	0,30	7,30	0,52	0,22	0,10	8,10
Eden 2. 8.	1,08	0,35	13,53	0,09	0,03	0,01	13,60
Petrovice 1. 8.	7,30	?*	73,11	0,05	0,01	0,02	73,20

\* hodnota celkového chloru byla >8,8 mg/l

Dalším rizikovým faktorem jsou již výše zmiňované biofilmy v okolí trysek (obr. 2), kdy na kluzkém povrchu může dojít k úrazům (odřeniny, zlomeniny, úrazy hlavy aj.). Někdy bývá kluzké i dno vlastního vodního prvku (bazén, chodník, kaskáda), např. když jsou kameny na dně porostlé biofilmy nebo je použita barva způsobující kluzký povrch.



**Obr. 2:** Kluzké biofilmy v lokalitě Mladá Boleslav – Staroměstské náměstí – trysky (zleva celkový pohled, detail biofilmu, mikrofotografie dominantních tenkých vláknitých sinic)

## Závěry

Přestože městské vodní prvky (fontány, vodní chodníky apod.) nejsou primárně určeny ke koupání, jsou v teplých dnech využívány k osvěžení, čímž dochází k přímému kontaktu lidí s vodou, což může představovat zdravotní riziko. Do kontaktu s vodou se ovšem nedostávají pouze lidé, ale také domácí a divoká zvířata (psi, holubi ad.). Mikrobiální kontaminace vody, ačkoliv voda pochází původně z vodovodního řádu, může být značná, protože recirkulací se do vody splachuje mikrobiální oživení povrchů – úroveň kontaminace zřejmě nejvíce souvisí s nedostatečnou dezinfekcí (tedy s nízkým obsahem volného chloru). Jak bylo námi zjištěno, v městských vodních prvcích se mohou vyskytovat nejen indikátory fekálního znečištění (a tedy i fekální patogeny), ale také (potenciálně) patogenní bakterie *P. aeruginosa* a *S. aureus*. Zatím sice neevidujeme žádné prokazatelné případy nákazy z interaktivních vodních prvků, rozhodně se však nejedná o čistě teoretické riziko. Z neinfekčních rizik je třeba upozornit na tvorbu kluzkých biofilmů u fontán s vodotrysky (nebezpečí uklouznutí) a na výskyt trihalogenmethanů a pravděpodobně i trichloraminu (který jsme nestanovovali, ale běžně se tvoří v chlorovaných bazénech) u nadměrně chlorovaných vodních prvků. Expozice trichloraminu může vést k dráždění sliznic a dýchacích cest, expozice trihalogenmethanům, popř. dalším látkám, které je ve směsi vedlejších produktů dezinfekce doprovázejí, pak zvyšuje riziko vzniku nádorového onemocnění, i když vzhledem ke krátké době expozice je pravděpodobnost vzniku takového onemocnění velice nízká.

## Poděkování

*Tento příspěvek vznikl v rámci projektu TAČR SS01010179 Stanovení hygienických požadavků na recyklovanou vodu využívanou v budovách a městských vodních prvcích. Při specializovaných analýzách (termotolerantní améby, noroviry a adenoviry a celkové počty bakterií) spolupracovaly Mgr. Lucia Chomová, Ph.D., Mgr. Petra Vašíčková, Ph.D. a RNDr. Kateřina Sovová, Ph.D., za což mnohokrát děkujeme.*

## Literatura

- [1] City of Portland, Oregon. Design Guidelines for interactive Fountains. 2022 <https://www.portland.gov/sites/default/files/2021/design-guidelines-for-interactive-fountains.pdf>
- [2] Indiana State Department of Health. Interactive water fountains, Environmental Public Health Division 100 N. Senate Ave., N855, Indianapolis, IN 46204. 2017. <https://www.in.gov/health/eph/files/Interactive-Water-Fountains.pdf>

- [3] BAUDIŠOVÁ D., BOBKOVÁ Š., JELIGOVÁ H., KOŽÍŠEK F., PUMANN P. (2021): Mikrobiální kontaminace vod v městských fontánách. In: Říhová Ambrožová J., Petráková Kánská K. (ed). Sborník konference Vodárenská biologie 2021, 10.-11.2.2021, Praha, str. 111–116. Vodní zdroje EKOMONITOR, Chrudim. ISBN 978-80-88238-19-5.
- [4] MUDRA M., FIEDOROVÁ M., HANSLÍKOVÁ D. (2019): Zdravotní rizika vody z městských fontán. Bazén a sauna 26 (1-2): 34–35.
- [5] WŁODYKA-BERGIER A., BERGIER T., STANKOWSKA E., GAJEWSKA D.: Evaluation of microbial quality of water in the fountains in Krakow. Infrastruktura and ekology of rural areas NoII/2019, Polish Academy of Sciences, Cracow Branch, pp. 107-118, Commision of Technical Rural Infrastructure. DOI: <https://doi.org/10.14597/INFRAECO.2019.2.1.009>
- [6] HOEBE CH.J.P.A, VENNEMA H., DE RODA HUSMAN A,M., VAN DUYNHOVEN Y.T.H.P. (2004): Norovirus outbreak among Primary Schoolchildren who Had Played in a Recreational Water Fountain. Infect Dis. Feb 15;189(4):699-705.
- [7] EISENSTEIN L., BODAGER D., GINZŮ D.: Outbreak of giardiasis and cryptosporidiosis associated with a neighborhood interactive water fountain – Florida 2006. J. Environ Health. 2008 Oct;71 (3):18–22; quiz 49–50.
- [8] KEBABJIAN R.S. (2003): Interactive water fountains: The potential for disaster. J Environ Health. 2003 Jul-Aug;66(1):29–30.
- [9] FLORES C.E., LOUREIRO L., BESSA L.J., MARTINS DA COSTA P. (2013): Presence of Multidrug-Resistant *E. coli*, *Enterococcus* spp. and *Salmonella* spp. in Lakes and Fountains of Porto, Portugal. Journal of Water Resource and Protection 5: 1117–1126.
- [10] PAPADAKIS A., CHOCHLAKIS D., VASSILIOS SANDALAKIS V., KERAMMAROU M., TSELENTIS Y., PSAROULAKI A. (2018): *Legionella* spp. Risk Assessment in Recreational and Garden Areas of Hotels, Int. J. Environ. Res. Public Health, 15: 598.
- [11] <https://www.hygiene.com/food-safety-solutions/atp-monitoring/aquasnap-total/>
- [12] BURKOWSKA-BUT A., SWIONTEK BRZEZINSKA M., WALCZAK M. (2013): Microbiological contamination of water fountains located in the city of Toruń, Poland. Annals of Agricultural and Environmental Medicine 2013, Vol 20, No 4, 645–648.
- [13] <https://www.dewolf.cz/blog/atp-test-luminometr-bioluminiscence/>