

PRÍPADOVÁ ŠTÚDIA HODNOTENIA BIOLOGICKÝCH RIZÍK VYBRANEJ ÚPRAVNE VODY

RNDr. Lívia Tóthová, PhD., RNDr. Miloslava Prokšová, CSc.

Výskumný ústav vodného hospodárstva, arm gen. Svobodu 5, 812 49 Bratislava,
e-mail: tothova@vuvh.sk, proksova@vuvh.sk

Úvod

Kvalita dodávanej pitnej vody sa riadi nariadením vlády SR 496 z 8. decembra 2010, ktorým sa mení a dopĺňa nariadenie vlády Slovenskej republiky č. 354/2006 Z. z., ktorým sa ustanovujú požiadavky na vodu určenú na ľudskú spotrebu a kontrolu kvality vody určenej na ľudskú spotrebu.

Výroba kvalitnej pitnej vody najmä v súvislosti s výskytom patogénnych mikroorganizmov s vysokou odolnosťou voči používanej úprave, je v súčasnosti jednou z najdôležitejších úloh vyspelej spoločnosti, nakoľko mnohé organizmy predstavujú biologické riziká pre ľudskú populáciu. Z tohto dôvodu je kontrola nielen technologického postupu, ale aj priestorov pre výrobu vody mimoriadne aktuálna. Okrem technologického auditu predstavuje hodnotenie rizík účinný nástroj nielen pre nápravu, ale aj ako efektívnu prevenciu. Hodnotenie biologických rizík používa ako základný nástroj biologický audit a v rámci hodnotenia môže navrhnúť preventívne opatrenia, pomocou ktorých môže účinne predchádzať veľkým a finančne náročným znehodnoteniam upravovanej vody v dôsledku narušenia technologickej linky úpravne vody alebo zabrániť zhoršeniu kvality upravenej vody, predovšetkým vzdušnou kontamináciou.

Voda vhodná pre ľudskú spotrebu sa môže vyrábať jednak z podzemných zdrojov a jednak zo zdrojov povrchových. Podzemné zdroje bývajú obyčajne jednoduchšie upraviteľné v porovnaní so zdrojmi povrchovej vody. Aj v takýchto zdrojoch sa však môžu nachádzať rôzne organizmy ako dôsledok znečistenia životného prostredia alebo v dôsledku exploatácie zdroja. Z mikrobiologických a biologických parametrov sú z hľadiska upraviteľnosti vody zohľadňované napr tieto ukazovatele: koliformné baktérie, termotolerantné koliformné baktérie, črevné enterokoky, rod *Salmonella* a kultivovateľné mikroorganizmy pri 36 °C a 22°C, klostrídie, živé a mŕtve organizmy, bezfarebné bičíkovce, mikromycéty a vláknité baktérie.

Vzhľadom na to, že výroba a distribúcia pitnej vody patrí k sieťovým odvetviam, akékoľvek narušenie má vplyv na všetky nasledujúce procesy, pričom sa zvyšuje riziko úniku mikroorganizmov alebo ich metabolitov po celej trase distribučnej siete až ku spotrebiteľovi. S tým súvisí zhoršovanie biologickej stability ako aj senzorických a organoleptických vlastností vody počas jej distribúcie.

Prítomnosť mikroorganizmov v pitnej vode môže predstavovať zdravotné riziko a to v závislosti od prítomných druhov, preto posúdenie celého systému alebo len jeho časti je mimoriadne dôležité a efektívne. Podľa WHO [1] [2] [3] choroby prenášané sa vodou alebo choroby, ktoré majú svoj pôvod v samotnej vode sú stále jedným z hlavných zdravotných problémov súčasného sveta. Vo svetovom meradle sú

hnačkové ochorenia na šiestom mieste v zozname príčin úmrtnosti a na treťom mieste v chorobnosti. Je však potrebné skonštatovať, že toto zdravotné bremeno nesú hlavne obyvatelia rozvojových krajín.

V našich zemepisných šírkach aj meniaci sa kvalita podzemnej vody vhodnej pre úpravu na pitné účely zapríčiňuje, že pôvodné technologické linky už v niektorých prípadoch nie sú schopné sa vyrovnat' s výraznejšou zmenou kvality vody a často potom dochádza k prekročovaniu hygienických limitov alebo odstávke linky (napríklad prítomnosť améb v podzemnej vode). Pôvodnými technologickými linkami totiž môžu potom prechádzať ťažšie odstrániteľné mikroorganizmy, prípadne organizmy, ktoré potrebujú pre svoju inaktiváciu vyššie koncentrácie dezinfekčných činidiel ako sa bežne používa. Toto môže mať za následok výpadky výroby, ktoré môžu viesť k úplnému odstaveniu celej úpravne vody. Preto pred rozhodovaním o rekonštrukcii je potrebné zohľadňovať kvalitu surovej vody a je vhodné zabezpečovať technologické linky, ktoré aj do budúcnosti budú schopné tlmiť prípadné zhoršenie kvality surovej vody, ktorá sa očakáva aj vzhľadom na klimatickú zmenu.

Biologický audit ako prostriedok pre hodnotenie rizík vyplývajúcich z prítomnosti rôznych organizmov je zameraný na hodnotenie nebezpečenstiev, ktoré predstavujú rôzne druhy mikroorganizmov vo vodnom prostredí ako sú:

- baktérie,
- vírusy,
- prvoky,
- hlístovce
- patogénne huby

V rámci hodnotenia je však potrebné vziať do úvahy aj iné nepatogénne organizmy ako sú napr. riasy, ktoré ovplyvňujú senzorické vlastnosti pitnej vody. Aj keď nie je potrebné úplné vylúčenie mikroorganizmov zo systému pre zásobovanie pitnou vodou, je žiadúce, aby sa počty patogénnych mikroorganizmov udržiavali pod prijateľnými limitmi rizika. Vo všeobecnosti patogénne mikroorganizmy v systémoch zásobovania pitnou vodou pochádzajú z ľudských alebo zvieracích exkrementov, ktoré znečistili surovú vodu priamo, alebo si našli cestu do systému zásobovania. Bežným zdrojom fekálií je divá zver (napr. vtáky), pasúci sa dobytok, drobné organizmy v nádržiach a v ich okolí, spätné nasávanie vody z nechránených prípojok, kríženia vodovodných potrubí s kanalizáciou [4].

Metodický postup

Hodnotenie biologických rizík a biologický audit ako prostriedok vychádza z plánov bezpečnosti pitnej vody, pričom analýza a manažment rizík pri výrobe pitnej vody je nosným pilierom [5]. Pri príprave biologického auditu sa spracovateľ auditu musí dokonale oboznámiť s daným vodárenským systémom, v spolupráci s riadiacimi i prevádzkovými pracovníkmi navrhnúť rozsah a časový plán terénnych prác tak, aby sa zamedzilo zbytočnej duplicite prác. Audit by mal byť zameraný skôr na doplnenie a prehĺbenie bežne uskutočňovaných kontrolných rozborov. Vzhľadom na rozsiahlosť biologického auditu a to aj v súvislosti s počtom vzoriek rôzneho druhu je možné biologický audit vykonávať na celom systéme zásobovania, alebo len na jeho časti s ohľadom na ciele a účely [3] [6].

Postupy pri biologickom audite využívajú princípy HACCP (Hazard Assessment Critical Control Point) a WSP (Water safety plans – plány bezpečnosti dodávky pitnej vody).

Pri biologickom audite je možné postupovať podľa procesov prípravy, hodnotenia a riadenia tak ako uvádzajú Tóthová a Prokšová [7].

Hodnotenie biologických rizík úpravne vody využívajúcej podzemné zdroje pitnej vody

V rámci hodnotenia biologických rizík sa vykonal biologický audit v úpravni vody, ktorá využíva 3 zdroje podzemnej vody.

Odbery vzoriek sa vykonali v zmysle plánu odberu vzoriek a to zo všetkých častí technologickej linky: Surová voda – flokulácia – sedimentácia – filtrácia - akumulácia - upravená voda a pracia voda z filtrov, pričom sa odoberali vzorky vody, nárastov a stery. Odbery sa vykonávali podľa príslušných STN, EN a ISO. Analýzy pre biologické stanovenia sa vykonávali podľa NV 496/2010, ktorým sa mení a dopĺňa nariadenie vlády Slovenskej republiky č. 354/2006 Z. z., ktorým sa ustanovujú požiadavky na vodu určenú na ľudskú spotrebu.

Stanovovali sa nasledovné ukazovatele: kultivovateľné mikroorganizmy pri 22°C a 36°C, koliformné baktérie, *Escherichia coli*, enterokoky, bezfarebné bičkovce, živé organizmy (okrem bezfarebných bičkovcov), vláknité baktérie (okrem železitých a mangánových baktérií), mikromycéty stanoviteľné mikroskopicky, mŕtve organizmy, železité a mangánové baktérie, abiosestón. V rámci prieskumných prác sa využívali aj nasledovné špeciálne analýzy: Kvalitatívna a kvantitatívna analýza nárastov.

V rámci biologického auditu bolo odobratých:

- 24 vzoriek vody
- 13 vzoriek sterov
- 13 vzoriek nárastov
- 12 vzoriek z procesu prania filtrov

Výsledky

Výsledky sa vyhodnocovali samostatne v technologickej časti, v ktorej sa voda hygienicky neupravuje, samostatne v časti s hygienickým zabezpečením a treťou hodnotenou časťou technologickej linky bola pracia voda.

Zistené oživenie v nárastoch a steroch v časti aerácie – flokulácie – sedimentácie a filtrácie bolo pomerne rozmanité s výskytom druhov, ktoré sú potenciálne nebezpečné pre ľudskú populáciu. Sumárne je možné výsledky charakterizovať nasledovne (tab. 1).

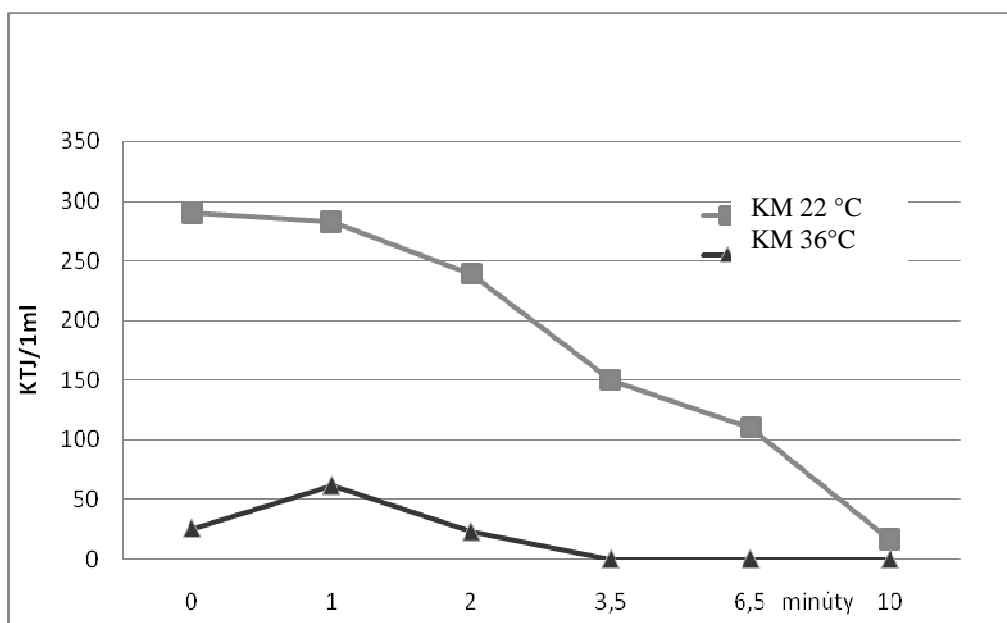
Tab. 1. Sumárne zhodnotenie zistených nálezov mikroorganizmov

Miesto odberu	Indikácia	Vysvetlenie
Nárasty aerácia – flokulácia – sedimentácia - filtrácia	Vláknité huby – vlákna, spóry	Možnosť prieniku spór do vzduchu a následná sekundárna kontaminácia
Nárasty aerácia – flokulácia – sedimentácia – filtrácia akumulácia	<i>Crenothrix polyspora</i> , <i>Gallionella ferruginea</i> , <i>Leptothrix ochracea</i>	V podstate fyziologický nález, hromadenie zlúčenín železa a mangánu, môžu tvoriť základ biofilmov, ktoré budú oživené inými organizmami
Nárasty aerácia – flokulácia – sedimentácia – filtrácia akumulácia	améby	Ojedinelé nálezy v nárastoch , možný prienik do upravenej vody

Výsledky mikrobiologických analýz z technologickej časti úpravy vody:

Úpravňa vody využíva ako zdroj vody podzemnú vodu vo vzorkách v tejto časti úpravy vody neboli zistené indikátory fekálneho znečistenia a boli zistená len jedna skupina ukazovateľov všeobecného znečistenia, a to kultivovateľné mikroorganizmy pri 22 °C v počtoch okolo 10 KTJ/ml. Pri kvalitatívnej analýze sterov nebola zistená prítomnosť indikátorov fekálneho znečistenia v žiadnej vzorke.

Oživenie pracej vody bolo tvorené charakteristickými organizmami, ktoré boli zistené v rámci celej technologickej linky. Účinnosť prania filtrov v definovanom cykle zodpovedá efektívnym požiadavkám na výsledok prania filtra (obr. 1).



Obr. 1. Účinnosť prania filtra č 1 v časovej závislosti

Pokles počtu vybraných skupín mikroorganizmov, počet kultivovateľných mikroorganizmov pri 36°C (KM 36 °C) a počet kultivovateľných mikroorganizmov pri 22°C (KM 22°C) nám poukazuje na dobrú účinnosť prania filtra.

Hodnotenie

Popis a hodnotenie rizíka pre zistenia sú uvedené v tab. 2.

Tab. 2. Zistenia a hodnotenie rizika

Zistenie	Nežiadúci stav	Popis	Pravdepodobnosť výskytu / neistota následku	Závažnosť následkov	Miera rizika
Rozbité okná, roztrhané siete proti hmyzu na oknách	Možnosť sekundárnej kontaminácie	Indikátorové organizmy boli zistené	S/1	M	M
V nárastoch filtrov sa nachádzajú nárasty vláknitých húb a ich spór	Možnosť ovplyvnenia senzorických vlastností vody	Indikátorové organizmy boli zistené ojedinele	Z/1	N	L
V nárastoch sa nachádzajú železité a mangánové baktérie vo významnom množstve	Možnosť sekundárnej kontaminácie sú podkladom pre rozvoj ďalších mikroorganizmov	Indikátorové organizmy boli zistené (améby)	S/1	M	M

Identifikácia preventívnych a nápravných opatrení

Vzhľadom na zistené riziká boli navrhnuté nasledovné:

- a. preventívne opatrenia:
 - pravidelná kontrola celistvosti okien a sietí
 - pravidelná kontrola oživenia nárastov na stenách filtrov
- b. Nápravné opatrenia
 - opraviť rozbité sklá v miestnosti technologickej linky
 - čistenie stien filtra v závislosti od charakteristiky nárastov

Záver

Biologický audit úpravne vody preukázal riziká vyplývajúce z prítomnosti nežiaducich mikroorganizmov a tiež poukázal na problémy súvisiace so stavom priestorov, kde

prebiehajú jednotlivé procesy úpravy vody. Na základe výsledkov boli navrhnuté preventívne a nápravné opatrenia.

Príspevok je súčasťou projektu Bezpečnosť dodávky pitnej vody (Safety of drinking water supply), SK0135

Literatúra

1. WHO, 1999. World Health Report 1999. World Health Organization, Geneva.
2. WHO, 2004. Guidelines for drinking-water quality. 3th ed. Volume 1 Recommendations. Geneva, World Health Organization.
3. WHO, 2005. Water Safety Plans. Managing drinking-water quality from catchment to consumer (WHO/SDE/WSH/05.06).
4. CLARK R. M., GOODRICH J. A. and WYMER L. J., 1993. Effect of the distribution system on drinkingwater quality. *Journal of Water Supply Research and Technology – Aqua*, 42(1), 30-38.
5. AMBROŽOVÁ J., PUMANN P., SLÁDEČKOVÁ A., 2004. Mikroskopické indikátory kvality pitnej vody. Zborník konferencie Vodárenská biologie. Praha, s..
6. TÓTHOVÁ. L., PROKŠOVÁ. M., 2011. Biologický audit vodárenských systémov. Metodická príručka. Účelová publikácia pripravená v rámci Projektu SK0135 Bezpečnosť dodávky pitnej vody spolufinancovaný z Finančného mechanizmu EHP a Nórskeho finančného mechanizmu a zo štátneho rozpočtu Slovenskej republiky, VÚVH Bratislava
7. TÓTHOVÁ L., PROKŠOVÁ M., 2011 Biologický audit v úpravni vody. In *Pitná voda*. Zborník prednášok z XIV. konferencie s medzinárodnou účasťou. Trenčianske Teplice, 4.-6. október 2011. Bratislava: Hydrotechnológia Bratislava s.r.o., s. 245-252.
8. EPA 910/9-92-029, 1992. Consensus method for determining groundwater under the direct influence of surface water using microscopic particulate analysis (MPA. U.S.Department of commerce national technical information service. Springfield, VA, 22161, p. 50,
9. Nariadenie vlády SR 496 z 8. decembra 2010, ktorým sa mení a dopĺňa nariadenie vlády Slovenskej republiky č. 354/2006 Z. z., ktorým sa ustanovujú požiadavky na vodu určenú na ľudskú spotrebu a kontrolu kvality vody určenej na ľudskú spotrebu
10. Vyhláška 636 Ministerstva životného prostredia Slovenskej republiky z 19. novembra 2004, ktorou sa ustanovujú požiadavky na kvalitu surovej vody a na sledovanie kvality vody vo verejných vodovodoch