

INFORMACE O VYDANÉM TECHNICKÉM DOPORUČENÍ PRO VODOJEMY BIOLOGICKÉ ASPEKTY A JEJICH VÝZNAM PRO KVALITU AKUMULOVANÉ VODY

Jana Říhová Ambrožová¹⁾, Jana Hubáčková²⁾, Iva Čiháková³⁾, Jaroslav Říha⁴⁾

¹⁾ VŠCHT Praha, e-mail: jana.ambrozova@vscht.cz

²⁾ Výzkumný ústav vodohospodářský T.G.M. v.v.i., Praha 6

³⁾ ČVUT Praha, Fakulta stavební, katedra zdravotního a ekologického inženýrství, Praha 6

⁴⁾ Severočeské vodovody a kanalizace, a.s., Teplice

ÚVOD

Dlouhodobé sledování vodárenských soustav (např. projekty „*Prevence a odstraňování biologických závad ve vodárenských provozech*“, EP 0960006655, NAZV QD 1003/2001 a QD 1004/2001), uskutečněné biologické audity v různých vodárenských společnostech (např. spoluúčast na projektu GENEREL) a sledování vodojemů za provozu, potvrdily ve vzorcích vody a ve stěrech ze smáčených stěn většinou závady biologického charakteru. Proto byl v období let 2006, 2007 a 2008 prováděn soustavný monitoring vybraných zemních a věžových vodojemů v rámci projektu 1G58052, jehož cílem bylo definování vnějších a vnitřních klíčových faktorů, které mají vliv na udržení jakosti vody v akumulacích nádrží (a dále pak v distribuční síti). Vliv vodojemů na jakost dopravované vody spotřebiteli byl hodnocen z hlediska **mikrobiologických, biologických a fyzikálně-chemických změn** při akumulaci vody, z hlediska **ovlivňování jakosti akumulované vody vzduchem** a z hlediska **vlivu stavebního uspořádání a hydraulických poměrů** na jakost akumulované vody. Aby byla jednotlivá doporučení smysluplná, byla zohledněna i fakta, která byla zjištěna v objektech za jejich provozu v průběhu minimálně jednoho roku (soustavné sledování tzv. komplexního biologického monitoringu či auditu). Byla propracována problematika negativního vlivu kontaminace vzduchem na jakost akumulované vody. Testováním filtračních materiálů byla sestrojena filtrační jednotka ECO-Aer (šestistupňová filtrace – geotextilie, uhlíkové filtry, filtr s aktivním uhlím, viz obr. 1), která byla osazena do větracích otvorů na několika objektech vodojemů (viz obr. 2). Podstatou zaměření se na eliminaci mikromycet z ovzduší v akumulacích prostorách byl jejich opakovaný výskyt v biofilmech a možný i předpoklad negativního působení ve smyslu produkce mykotoxinů a biologicky aktivních látek s alergenními a karcinogenními účinky.

ZÁVAŽNOST BIOLOGICKÝCH PARAMETRŮ VE SMYSLU JAKOSTI VODY

Z biologického hlediska bylo nutné vymezit závažnost jednotlivých dílčích příčin změn jakosti upravené, akumulované a dopravované pitné vody ve vztahu k tvorbě biofilmů a účinným způsobem minimalizovat jejich tvorbu a přítomné biologické oživení ve vodojemech. Vybrané lokality zemních (velké, střední a malé) a věžových (malé) vodojemů byly navštěvovány v době před jejich čištěním, což na jedné straně umožňovalo odběry vzorků stěrů z několika míst a na straně druhé bylo možné „shlédnout“ stav vnitřní stavby akumulací nádrže (pořízení fotodokumentace a porovnání skutečného stavu objektu s dokumentací a plány objektu).

Odběry se řídily zásadami uvedenými v normách ČSN EN ISO a TNV pro odběr vzorků. Vzorky stěrů se odebírali pomocí proužků pěnového polyurethanu (pro

hydrobiologický rozbor a mikroskopické zpracování vzorku) a pomocí pádlových testerů pro zjištění přítomnosti celkového počtu aerobních mikroorganismů se specifikací růstu při 22 °C a 36 °C, mikromycet, koliformních bakterií a indikátorů dezinfekce. Stěry, odebírané z akumulčních nádrží v době před jejich čištěním, byly odebrány ze dna objektu, z pravé stěny, z levé stěny, na odtoku a ze sloupu (podle dostupnosti byl volen jiný typ vzorku, např. stěr na přítoku, stěr z armatury žebříku či vzorek kalu, sedimentu, apod.). Z rozsáhlého sledování zemních a věžových vodojemů byly, na základě výsledků hydrobiologických a mikrobiologických rozborů, navrženy doporučené limity pro typ vzorku stěr (viz tabulka 1).

Jakost akumulované pitné vody je ošetřena monitorování základních hygienických biologických ukazatelů, uvedených ve vyhl. č. 252/2004 Sb. (v platném znění) nicméně i přes významnost tvorby biofilmů a jejich možného negativního vlivu na jakost akumulované vody dosud žádný legislativní předpis není k dispozici. Do budoucna by bylo vhodné neopomíjet významnost biofilmů na smáčených stěnách v objektech s akumulací pitné vody. Přítomné mikroorganismy se mohou uvolňovat z biofilmů do vody a mohou zhoršovat její jakost. V mnoha případech, námi prováděnými sledováními, mikrobiologické rozborů potvrdily snížený stupeň dezinfekce stěn a přítomnost indikátorů fekálního znečištění, dále pak přítomnost indikátorů organického znečištění a nezanedbatelný počet mikromycet. Hydrobiologické a mikrobiologické rozborů prokázaly zásadní vliv sekundární vzdušné kontaminace na tvorbu biofilmů na smáčených stěnách v přihladinové vrstvě nádrží. Limity, navržené v tabulce 1, jsou pouze **informativními hodnotami** mikrobiologických a hydrobiologických ukazatelů, které by měly provozovateli vodárenského objektu pomoci při rozhodování o nutnosti čištění vodojemu.

Tabulka 1. Návrh na doporučené limity pro typ vzorku stěr, popř. otisk (u pádlového testeru)

<i>Mikrobiologické ukazatele</i>					<i>Hydrobiologické ukazatele</i>		
TB 22°C Titr	TB 36°C Titr	DEZ Titr	COLI Titr	MI Titr	ŽMO org.ml ⁻¹	MMO org.ml ⁻¹	ABUN %
0-10 ³	0-10 ²	0-10 ²	0	0-10 ¹	0	Nemá smysl specifikovat	Nemá smysl specifikovat

Použité zkratky: TB 22°C ... celkové aerobní organismy stanovené při 22 °C, TB 36°C ... celkové aerobní organismy stanovené při 36 °C, DEZ ... kontrola dezinfekce, COLI ... koliformní bakterie, MI ... mikromycety (kvasinky, plísně), ŽMO ... živé mikroorganismy, MMO ... mrtvé mikroorganismy, ABUN ... abundance biosestonu nezahnutého do celkového počtu mikroorganismů.

Biologické rozborů v některých případech poukázaly na potřebu zvážení podstatně kratšího časového intervalu mezi čištěními vodojemu, než je období jednoho roku. Tento argument lze podložit mnoha výsledky z provedených auditů. Nicméně, ve finančních podmínkách současného vodárenství by bylo častější čištění vodojemů ekonomicky nákladné a pro některé provozy neúnosné. Nasnadě je pak spekulace, pokud bude mikrobiologický nálezk ukazatelů v doporučeném rozsahu, není potřeba vodojem čistit podle předběžně navrženého harmonogramu. Toto rozhodnutí je možné zvážit v případě menších vodojemů, které akumulují upravený podzemní zdroj vody a mají zajištěný objekt před sekundární kontaminací vzduchem.

PRAVIDELNÉ KONTROLY STAVU OBJEKTU – BIOLOGICKÝ AUDIT

V současné době probíhá mnoho investičních akcí, dotovaných z různých národních i evropských zdrojů. Důvodem těchto akcí a záměrů je většinou špatný technický stav zařízení nebo přísnější požadavky stávající legislativy. V mnoha případech je stavbou dotčen vodovod, který sice je ještě „vyhovující“ (běžná provozní kontrola jakosti vody

dle platné legislativy zatím neodhalila problém v jakosti distribuované vody), ale z důvodu budoucích investičních nákladů i širšího pohledu na bezpečnost kvality vyráběné a distribuované vody dle vyhl. MZd. č. 252/2004 Sb. (v platném znění) se jeví nutné přistoupit i k jeho rekonstrukci (výměně, sanaci). **Na tomto místě doporučujeme provedení biologického auditu**, který bude proveden komplexně tak, aby postihl nejen charakter stavu akumulované pitné vody a charakter smáčených stěn, ale současně i případný vliv sekundární kontaminace vzduchem, atd.

Cíleně zaměřený biologický audit postihne některé aspekty (akumulovaná voda přímo v nádrži, stěry ze smáčených stěn nádrží), **které nepostihnou běžně prováděné rozbory vody na přítoku (odtoku) do (z) nádrže.**

Protokol pro zpracování biologického auditu by měl obsahovat následující informace: **základní údaje o stavu a provozu sledovaného objektu** (lokalita; typ vodojemu; umístění, terén; zdroj; vzdálenost od úpravny vody; počet a velikost akumulčních nádrží; četnost výměny vody; počet sledovaných a do auditu zahrnutých nádrží) a **vzhled objektu**. Doporučujeme pořízení fotografické dokumentace a zaznamenání aktuálního stavu objektu. Charakter stavu objektu a jeho situování v terénu se podstatně odráží i na případně zjištěných závadách biologického charakteru (sekundární kontaminace, atd.). Jako **doplňující údaje**, mohou být uvedeny informace, které se týkají přítoku a odtoku, informace o způsobu úpravy vody, informace o čištění a jeho průběhu a případné opravy či rekonstrukce. **Podstatnou část biologického auditu zaujímají biologické rozbory.** Protokol se zakládá zvlášť pro odebrané vzorky vody a stěrů. Do protokolu je vhodné zaznamenat postup odběru vzorku, např. v tomto případě odběr vzorku vody speciální vzorkovnicí z příhlinové vrstvy z hloubky 15 až 20 cm a stěr sterilními molitanovými proužky nebo otisk pádlovými testery. Při mikroskopování doporučujeme pořizovat fotografickou dokumentaci a tím získat i přehled o celkové pokryvnosti zorného pole mikroskopu, zachytit „závadné“ mikroorganismy a fotografie mít v „záloze“ pro případ sporných výsledků a archivace dat. Vhodné je uvést souhrnné hodnocení a komentář ke zjištěným biologickým nálezům. V rámci biologického auditu doporučujeme sledovat lokalitu s četností 4x v průběhu jednoho roku tak, aby byla postižena sezónnost (jaro, léto, podzim a zima). Výstupem z biologického auditu by mělo být **shrnutí výsledků biologických rozborů**. Zde se doporučuje souhrnné zhodnocení biologických nálezů z komplexního sledování lokality v průběhu jednoho roku. Některé zjištěné biologické závady souvisí s nevhodným technickým stavem objektu (včetně péče ze strany provozovatele), i tuto skutečnost doporučujeme zaznamenat. Dále následuje **zhodnocení stavu objektu a závěrečné doporučení**. Zde se uvede zhodnocení stavu objektu, jeho případný negativní vliv na stav akumulované pitné vody. Vhodné je uvést i případné doporučení pro odstranění závady, popř. navržení k rekonstrukci.

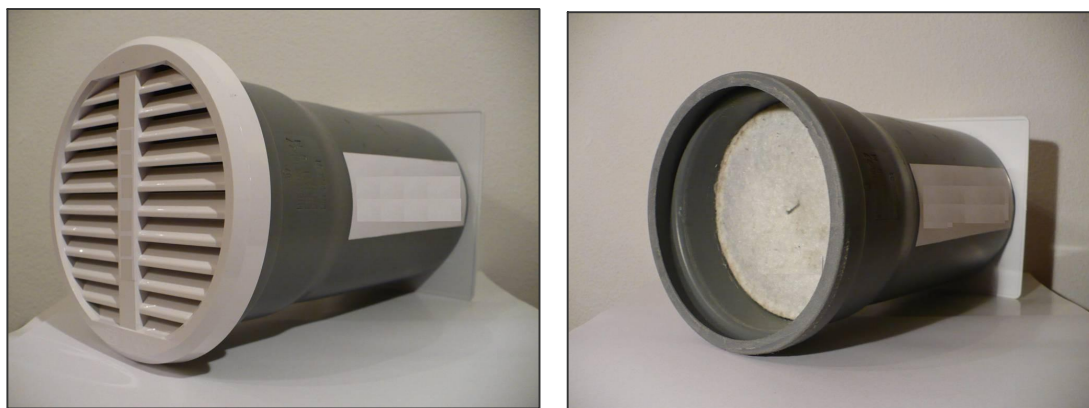
DOPORUČENÍ

Souhrn doporučení, které se týkají konstrukčního uspořádání, provozu a údržby vodojemů, uvádí příspěvek Ing. J. Hubáčkové a kol., zařazený do tohoto sborníku. V následujícím textu jsou zdůrazněny zjm. biologické aspekty, zmíněné v technickém doporučení „*Konstrukční uspořádání, provoz a údržba vodojemů*“.

Jakým způsobem zamezit vzdušnému a prašnému spadu do akumulčních nádrží?

Zajistit bezprašnost podlah a zajistit vstupy do akumulčního prostoru (vyvložkování dveří, apod.). Osadit větrací otvory nejen mřížkami proti sněhu a dešti, ale osadit nebo předsadit jednoduchá zřízení (rámečky s filtrační tkaninou), která jsou snadno vyměnitelná nebo filtry s filtrační tkaninou doplněnou uhlíkovými filtry (jak již jsou

opatřeny některé ze sledovaných vodojemů), viz obr. 1. Výhodou filtrační jednotky je nejen její nízká pořizovací hodnota, ale současně i snadná manipulace při výměně vyčerpané filtrační vložky.



Obr. 1. Příklad filtrační jednotky ECO-Aer, odpovídající šestistupňové filtraci dle EN 1508 (krycí mřížky – směrem uvnitř objektu a vně objektu, 2 geotextilie – proti pylu a prachu, uhlíkový filtr, textilie sycená aktivním uhlím).

Schopnost a účinnost filtrační jednotky minimalizovat a eliminovat přísun částic biosestonu a abiosestonu vzduchem doporučujeme pravidelně kontrolovat. Možným způsobem kontroly je např. monitoring spadů na agarové plotny přímo v objektu poblíž hladiny vody či filtrační jednotky. Kdy a jak často měnit náplň filtrační jednotky, to závisí na provozování vodojemu, schopnostech a možnostech provozovatelské vodárenské společnosti. Nejlépe by bylo směřovat výměnu filtračních náplní k termínu pravidelného čištění nádrží vodojemu.

Příklad nevhodného zamezení přísunu částic vzduchem a ochrana před bioterorismem uvádí obr. 2. Na tomto obrázku je možné sledovat situaci v průběhu let 2006, 2007 a 2008, kdy se původně nefunkční zatavené a zalepené větrací průduchy uvolnily, aby se zlepšil stav vnitřního prostoru objektu, docházelo k výměně vzduchu a dále se osadily do jednotlivých průduchů filtrační jednotky, které jsou účinné a schopné eliminovat přísun pylu, prachu, rostlinných pletiv, plísni apod. do objektu s akumulovanou vodou.

Jak postupovat při stanovení harmonogramu čištění vodojemů?

Individuálně posoudit stav vodojemu dle jeho stavu, tj. přítomnost různých pevných nánosů (usazenin) a inkrustací (z potrubí, z oprav případných poruch potrubí, z vysrážených a usazených látek z vody apod.), dále posoudit jakost přiváděné vody (např. podzemní biologicky stabilní vody) a zabezpečení vstupů a otvorů. Vhodné je posouzení charakteru biofilmů, vytvořených na stěnách, např. použitím rychlých screeningových metod (pádlové testery).

Jak vytvořit či doplnit informace o stavu objektů?

Sestavit vhodný formulář záznamu o komplexním stavu objektu vodojemu, který bude obsahovat **základní informace o hodnoceném objektu** (lokalita, název, kód; provoz, společnost; místo, obec; rok výstavby, rok rekonstrukce; typ vodojemu, velikost; počet nádrží, objem v m³; funkce VDJ; doprava vody), informace o okolí a **vnější informace stavebně technického charakteru o objektu** (okolí objektu; příjezdová cesta, oplocení; střecha, krytina, klempířské prvky; vnější ošetření povrchu stěn; přítomnost oken, dveří; zabezpečení průduchů, oken, dveří), **vnitřní informace stavebně**

technického charakteru o objektu (vstup do objektu – podlaha; stěny; strop, materiál, charakter; odvětrání, typ, zajištění; **armaturní prostor objektu** – vstup, zajištění; podlaha; stěny; strop, materiál, charakter; odvětrání, typ, zajištění; trubní výbava, materiál, odběrové kohouty; jímka, odpad, materiál, odvod; **akumulační prostor objektu** – vstup, zajištění; podlaha; stěny; strop, materiál, charakter; odvětrání, typ, zajištění; trubní výbava, materiál, odběrové kohouty; jímka, odpad, přepad, sací koše, materiál, odvod); **doplňující informace o provozu objektu** (harmonogram, četnost čištění; způsob a postup čištění objektu; způsob kontroly účinnosti vyčištění a odkalení objektu). Do hodnocení objektu doporučujeme zařadit i **výsledky fyzikálně-chemických rozborů** (místo kontroly, typ vzorku, typ analýzy; zjištěné závady, doporučení); **výsledky hydro- a mikrobiologických rozborů** (formou auditů). Podstatné je pořizování fotodokumentace o stavu objektu.

Vzhled **vnější stěny objektu** – pohled na větrací průduchy ve stěně akumulčního prostoru:

Vzhled **vnitřní stěny objektu** – pohled na větrací průduchy v akumulčním prostoru:



Obr. 2. Příklad průběhu osazení filtrační jednotky do větracích průduchů vodojemu.

Čím podpořit či upřesnit výstupy z technického auditu?

Na základě §4 zákona č. 274/2001 Sb. o vodovodech a kanalizacích vznikla povinnost zpracovávat plány rozvoje vodovodů a kanalizací, jehož zpracování zajišťoval a následně schvaloval kraj. Plány rozvoje vodovodů a kanalizací obsahují, mimo jiné, koncepci řešení zásobování pitnou vodou. V roce 2006 novelizací zákona o vodovodech a kanalizacích, pod č. 76/2006 Sb., došlo k zásadní změně, kdy §8 odst. 11 ukládá vlastníkům vodovodů a kanalizací povinnost zpracovávat a realizovat plán financování

obnovy, a to na dobu nejméně 10 let (termín byl do 31. 12. 2008). Plán financování a obnovy vodovodů a kanalizací je založen na vytvoření vlastních zdrojů financování vlastníkem takových opatření, kterými je péče o stavební a technický stav vodovodů a kanalizací. Nadto §8 odst. 12 ukládá povinnost poskytnout, na vyžádání ve lhůtě určené ministerstvem, dokumentaci o technickém stavu vodovodů a kanalizací. Údaje o vynaložených nákladech provozovatel poskytuje dle §9 odst. 12. **Doporučujeme plánovat pravidelné kontroly stavu vodojemů** formou technického auditu a plánovat pravidelné kontroly **charakteru akumulované pitné vody** (či biofilmů) formou biologického auditu a dále pak provádět tyto kontroly s četností jednou za tři roky.

ZÁVĚRY

Ve smyslu požadavku *Water Safety Plans* je potřeba pohlížet na distribuční síť jako na kontinuum, tj. od zdroje ke spotřebiteli. Z biologického monitoringu jakosti vody a biofilmů ve vodojemech vyplývá, že je možné využít vodojemy jako místa, která mohou sloužit k vytipování rizik a nebezpečí vedoucích ke zhoršování jakosti distribuované pitné vody. **Nástrojem hodnocení problematických míst na síti je komplexní biologický audit**, směřovaný na hydrobiologický a mikrobiologický rozbor vzorku vody a stěru, odebíraného za provozu přímo v akumulacích nádrží či v době před jejich čištěním. Správně odebrané vzorky mohou, v některých případech, odhalit i závady konstrukčně stavební povahy (tzv. provozní slepota), významně se podílející na znehodnocování akumulované vody. Při biologických auditech se jako zásadní, na zhoršování jakosti akumulované vody a tvorbě biofilmů, projevila nevhodnost řešení přítoku a odtoku v jednom místě, použití nevhodných stavebních materiálů, nevyhovující povrchová úprava podlah, volný a ničím nekrytý průnik vzduchu do akumulacích nádrží, čirá okna (někdy chybějící výplně či ničím nekryté) a výplně dveří přímo v akumulacích nádrží, či zcela chybějící dveře a zábrany oddělující akumulací prostor od armaturní komory. Z testování úrovně vzdušné kontaminace v objektu vodojemu vyplývá nutnost řešení sekundární kontaminace vzduchem proudícího průduchy do objektu tím, že se osadí vhodné filtry.

Poděkování: Autoři děkují za finanční podporu při řešení projektu IG58052 a MSM6046137308 a v neposlední řadě také konkrétním vodárenským organizacím za spolupráci a umožnění nezbytných přístupů do objektů.

POUŽITÁ LITERATURA

- Ambrožová J., Hubáčková J. 2004. Hydrobiologické sledování a prevence při provozu vodojemů a vodárenských sítí. *SOVAK*, roč. 13, 2004, č. 11, s. 10/330-13/333.
- Davison A., Howard G., Stevens M., Allan P., Fewtrell L., Deere D., Bartram J. Plány pro zajištění bezpečnosti vody. Řízení kvality pitné vody od povodí k odběrateli. Česky vyšlo zásluhou VAS, a.s. na CD jako příloha ke sborníku konference Pitná voda Tábor 2006.
- Hubáčková J., Matulová D., Sládečková A. 1996. Prevence a odstraňování biologických závad ve vodárenských provozech. Závěrečná zpráva VÚV T.G.M. Praha, 1996, 17 s. + 16 příloh.
- Hubáčková, J., Slavičková K., Říhová Ambrožová J. 2006. Změny jakosti při její dopravě.- *Práce a sešit 53, VÚV T.G.M. Praha*, 96 s. + příloha na CD.
- International Water association: The Bonn Charter for Safe Drinking Water. September 2004. Česky vyšlo (Bonnská charta pro bezpečnou pitnou vodu) v časopise *SOVAK* č.7-8/2005, s. 20-23.
- Kožíšek, F., Kos, J., Pummann, P. 2006. Hygienické minimum pro pracovníky ve vodárenství, *SOVAK* Praha 2006, 74 s.
- Sládečková A., Mergl V. 2007. Možnosti a výhody uplatnění rounové textilie ve vodárenství. *Sbor. Konf. Pitná voda, Trenčianské Teplice* 9.-11.10.2007, s. 191-196.
- Říhová Ambrožová, J., Říha, J. 2008. Provozně odzkoušené filtrační jednotky – řešení eliminace sekundární kontaminace vzduchem. *SOVAK*, roč.17, č.9/2008, s. 14-17.