

# Nebezpečí kontaminace podzemní vody způsobené aerací

**Ing. Václav Mergl, CSc.<sup>1)</sup>; prof. RNDr. Alena Sládečková, CSc.<sup>2)</sup>;  
Ing. Jiří Palčík, Ph.D.<sup>3)</sup>; Ing. Eliška Maršálková, Ph.D.<sup>4)</sup>**

<sup>1)</sup> Vodárenská akciová společnost, a. s., Soběšická 156, 638 01 Brno-Lesná, tel.: 545 532 363, 603 581 844, [mergl@vasgr.cz](mailto:mergl@vasgr.cz)

<sup>2)</sup> Havlovického 3, 147 00 Praha 4 - Hodkovičky, tel.: 241 727 588, [sladeczek@chmi.cz](mailto:sladeczek@chmi.cz)

<sup>3)</sup> ASIO, spol. s r.o., Tuřanka 1, 627 00 Brno, tel.: 548 428 111, [palcik@asio.cz](mailto:palcik@asio.cz)

<sup>4)</sup> Botanický ústav Akademie věd ČR, v. v. i., Lidická 25/27, 657 20 Brno, tel.: 530 506 742, [eliska.marsalkova@ibot.cas.cz](mailto:eliska.marsalkova@ibot.cas.cz)

---

## Úvod

Provzdušňování podzemní vody se ve vodárenství běžně používá jak pro odstranění nežádoucích plyných látek, tak na vysrážení některých rozpuštěných látek pro jejich následné odstranění.

Je potřebné zaměřit pozornost i na průvodní jev, a to na nevhodné vnášení nežádoucích látek a částic do upravované vody. Přednáška nastoluje diskusi o nezbytnosti používání provzdušňovacího zařízení pro dosažení limitu ukazatelů vyhlášky k pitné vodě na jedné straně a na druhé straně o vznikajícím nebezpečí rozvoje mikroorganismů, což následně vyžaduje důslednější a častější kontrolu jakosti vyrobené vody a zvýšenou spotřebu prostředků pro hygienické zabezpečení vyrobené vody. Konstatování jsou podpořena řadou mikroskopických snímků.

## Aerace

Ve vodárenství je provzdušňování využíváno ke snížení obsahu plynů až k jejich odstranění, především při úpravě surové podzemní vody na vodu pitnou vyhovující kvality dle národních předpisů. V našich podmínkách se jedná především o snížení obsahu radonu, oxidu uhličitého, případně methanu a také chlorovaných uhlovodíků. Může sloužit i pro snížení obsahu železa při úpravě vody a také k mírnému snížení obsahu vápníku.

Většina zařízení pro snížení obsahu plynů v upravované surové vodě je běžně vyráběna s poměrně silným ventilátorem, který vhání vzduch proti vodě padající z horní části zařízení po lamelách. Je to tzv. protiproudý způsob odstraňování plynu z kapaliny.

Při horizontálním systému provzdušnění je upravovaná voda přiváděna nad perforované mezidno, kterým je do zařízení vháněn tlakový vzduch. Tím dochází k intenzivnímu provzdušnění vody. Tato zařízení jsou vhodná při úpravě vody i s vyšším obsahem železa nad 1 mg.l<sup>-1</sup> a nebo při jiném mechanickém znečištění. Zařízení je obvykle vyrobeno z polypropenu v kombinaci s nerezovým materiálem a je přizpůsobeno snadnému čištění perforovaným mezidnem. Používá se v gravitačním systému pouze jako průtokové - netlakové. Odtok provzdušněné vody je sveden gravitačně buď do akumulární nádrže vodojemu nebo do akumulární nádrže zařízení k dalšímu přečerpání.

Výhodou zařízení je jeho malá výška, což umožňuje umístění nad akumulací nádrží či do omezeného prostoru.

Při vertikálním způsobu provzdušnění je voda čerpána do horní části provzdušňovací kolony a gravitačně protéká přes vestavbu do dolní části, kde je odtok do sběrné akumulací nádrže nebo do akumulace vodojemu. Proti směru průtoku vody je vhnán tlakový vzduch, který je v horní části odváděn potrubním rozvodem. Zařízení jsou vyrobena z polypropyenu nebo nerezové oceli. Provzdušňovací věže vertikální jsou energeticky méně náročné než horizontální, ale s ohledem na zarůstání a zanesení voštinových náplní nejsou vhodné pro znečištěné vody a vody s obsahem železa větším než  $1 \text{ mg.l}^{-1}$ . Vyžadují rovněž umístění do objektů s vyššími stropy.

### Souproudé uspořádání

Stojí za zvážení snížení výkonu ventilátorů v odradonovacích věžích například využitím tzv. souproudého uspořádání, při kterém odtažení vzduchu s uvolněným plynem, tedy například radonem, který je asi sedminásobně těžší než vzduch, je umístěn ve spodní části zařízení a není nutné překonávat celý zkrápěný objem zařízení. Je možné diskutovat výhody takového uspořádání v úvahách o funkci odradonovacích věží z pohledu nejenom účinnosti zařízení, ale také z hlediska provozních nákladů.

### Radon

Radon **Rn** je radioaktivní, za normálních podmínek plynný prvek, vznikající při rozpadu radia Ra. Všechny jeho izotopy mají krátkou životnost. Nejdelší poločas rozpadu má izotop  $^{222}\text{Rn}$ , je uváděn 3,823 dne, jeho zdrojem v přírodě jsou rudy uranu a thoria. Hustota radonu je na plyn poměrně vysoká –  $9,73 \text{ kg.m}^{-3}$ . Radioaktivní radon se používá v  $\gamma$ -defektoskopii (kontrola homogenity kovových odlitků radioaktivním zářením). Ve formě vodných roztoků zcela nepatrné koncentrace se radon využívá k léčebným účelům v lázních, např. v Jáchymově – přírodní radioaktivní vody, Mariánské Lázně a Karlovy Vary – uměle připravované radioaktivní koupele. Potřebná množství se získávají jako produkt radioaktivního rozpadu  $^{236}\text{Ra}$  (z 1 g  $^{236}\text{Ra}$  se získá za 30 dní  $0,64 \text{ cm}^3 \text{ Rn}$ ).

Radon  $^{222}\text{Rn}$  je přírodní radioaktivní bezbarvý plyn, který našimi smysly nemůžeme na rozdíl od jiných nebezpečí vnímat. Není cítit, není vidět, nemá barvu, nemá chuť a ani na něj nevzniká závislost, je téměř zcela nereaktivní (inertní). Nereaguje ani s tělesnými tkáněmi, ani se nerozpouští v tělesných tekutinách. V literatuře se uvádí, že radon je svými produkty rozpadu výrazně toxický, jeho produkty rozpadu jsou vysoce karcinogenní, vedle toho je ale inertní, tj. netečný a chemicky se neváže.

Můžeme zde uvést zajímavou ilustrativní úvahu, která vychází z vlastností radonu. Pokud se vdechne jeden atom  $^{222}\text{Rn}$ , tak se v důsledku poločasu rozpadu 3,8 dne většinou vydechne z plic dříve než se rozpadne. Vdechnutý vzduch se totiž v plicích zdrží maximálně po dobu 1 minuty. Pravděpodobnost, že se atom  $^{222}\text{Rn}$  stačí rozpadnout v průběhu této krátké doby je asi 1:15 000. Pokud by se tedy atom radonu stačil rozpadnout, vyslaná  $\alpha$ -částice bude mimo dosah účinnosti od citlivých bazálních buněk plicní tkáně.

Bylo by možné diskutovat i o tom, kde člověk s radonem může vejít ve styk. Při napouštění vany se může radon hromadit nad hladinou a postupně až z vany „přetéct“ do okolního prostoru. Koupající se s velkou pravděpodobností radon vůbec nevdechne, jeho dýchačí ústrojí je nad hranou vany. V bazénech, kde je voda napouštěna pod hladinu, je situace obdobná, radon se z vody neuvolňuje. Diskutované jsou sprchy, kde vlivem rozstříkávání může dojít k uvolnění radonu do okolního prostoru. Vzhledem k tomu, že je ale radon významně těžší než vzduch, bude se kumulovat v dolní části sprchy a je opět malá pravděpodobnost vdechnutí radonu. Z tohoto pohledu by stálo za to přehodnotit současný pohled na škodlivost radonu na lidské zdraví. Poněkud odlišná je situace sledování vlivu radonu z geologického podloží staveb.

### **Důsledek odradonování**

Pokud připustíme, že odradonování je z pohledu ochrany lidského zdraví nezbytné, musíme se zaměřit i na důsledky tohoto postupu. V současné době je běžnou praxí, že se radon z vody odstraňuje provzdušňováním, vháněním vzduchu zpravidla proti padajícímu nátoky vody. Tato metoda vyžaduje ventilátory s poměrně velkým příkonem elektrického proudu. To je jeden pohled, provozní náklady.

V minulých přednáškách jsme upozornili i na důsledek této metody, kdy dochází zcela evidentně k zanášení různých kontaminujících částic do upravované vody, což ve svém důsledku způsobí mikrobiologické zatížení upravované vody. Provzdušňovací zařízení se stává „pračkou vzduchu“ – v tomto případě však nečistoty zůstávají v upravované vodě. Bylo prokázáno, že pitná voda napouštěná z vodovodní sítě do zvlhčovačů jak v domácnosti tak v průmyslových objektech či klimatizovaných prostorech v bankách, hotelech, se vypíráním nečistot z nedostatečně filtrovaného vzduchu postupně stávala vodou povrchovou až odpadní, zahnívajících. Nezbytně, v případě pitné vody (a bylo by vhodné tedy i u „praček vzduchu“) musí následovat dezinfekce, běžně prováděná působením chemikálií – obvykle chlorem nebo chlornanem sodným. Projeví se to zvýšenými provozními náklady.

Mikrobiologické oživení se projeví i nárstem biofilmu na stěnách akumulacích nádrží a dopravních cest, což si vyžádá větší četnost čištění – zvýšené provozní náklady, pracnost doprovodných činností. Pokud surová voda obsahuje větší množství rozpuštěného železa, dojde k vyloučení hydroxidu železitého a jeho usazení v kalu. Důsledkem provzdušnění je i porušení vápenato-uhličitanové rovnováhy. Vysrážený uhličitan vápenatý se usazuje, což ovlivňuje také četnost odkalování a další provozní náklady.

### **Rounová textilie**

Základním postupem eliminace (nebo alespoň omezení) průniku neživých částic různého původu i mikroorganismů, působících kontaminací vzduchu, je jeho filtrace. Nejčastěji se používá mechanická filtrace přes textilní filtry, konstruované buď jako pásové, deskové nebo kapsové. Mohou být jednostupňové i vícestupňové.

V průběhu několikaletého sledování vlivu znečištění venkovního vzduchu, účinnosti jeho filtrace a vlivu rounových textilií (jako bariéry) na jakost vnitřního ovzduší vodárenských objektů, si své postavení rounová textilie již vydobyla. Provozní zkušenosti posledních let dokládají nutnost použití rounové textilie na překrytí různých

technologicky nezbytných otvorů, pro snížení vlivu vzdušné kontaminace jak na vodojemech tak na úpravách vody i na dalších objektech s otevřenou hladinou upravené vody.

### **Metodika laboratorního hodnocení**

Z hydrantu vodovodního řadu byl při odkalování odebrán vzorek vody a usazené částice byly sledovány pod světelným mikroskopem.

Laboratorní pokusy s použitou rounovou textilií byly rozděleny do dvou základních skupin. Mikroskopicky byly sledovány vzorky suché a také mokré, napodobující chování vniknuvších částic například do vodojemu.

Suché vzorky byly umístěny na Petriho misku, odebraný vzorek materiálu byl vyklepán z rounové textilie a následně byl postupně přenášen na podložní sklíčko, kde byl převrstven kapkou destilované vody. Potom následovalo pozorování pod světelným mikroskopem Olympus BX60.

Mokré vzorky rounové textilie byly přestříženy na polovinu a následně vloženy do plastové misky a zality odstátou vodovodní vodou. Potom byly vloženy do termostatu a kultivovány ve tmě při teplotě 5 °C po dobu 1 týdne. Po kultivaci byl pipetou odebrán vzorek, jenž byl přenesen na podložní sklíčko. Preparát byl pozorován pod světelným mikroskopem.

Kvalitativní rozbor byl orientován (se zvláštním zaměřením) na indikátory hygienicky závažné vzdušné kontaminace upravované vody: bakterie, mikromycety a částice organického materiálu, využitelného jako živný substrát.

### **Posouzení výsledků mikroskopických rozborů**

Možnost vnosu znečištění z ovzduší do vrtů i do vodojemů prokázaly nálezy rostlinných zbytků, obsahujících výtrusy (spóry nebo konidie) různých druhů plísní, které po zvlhčení vyklíčí ve vlákna (hyfy), tvořící biofilmy ve vodárenských objektech. Mnohé znečišťující částice, pronikající do upravované vody při aeraci, lze následně nalézt i v hydrantech na vodovodních řadech (obr. 1 a 2).

Přítomnost živých prvků svědčila o existenci mrtvých koutů v komorách vodojemu, tj. o nedokonalém promíchávání nachlorované vody. Vodojem byl po tomto zjištění vyčištěn a hydraulické poměry zde byly zlepšeny úpravou přívodního potrubí. Po provedených technických úpravách se již při následné kontrole uvedené závady nevyskytovaly.

Bylo prokázáno, že kvalita podzemní vody v průběhu jímání, odradonování, dezinfekce a akumulace je ohrožována vzdušnou kontaminací, která způsobuje pomnožování bakterií, plísní i živočichů, čímž podstatně snižuje její biologickou stabilitu. Obr. 5 zachycuje pomnožení bakterií na pylovém zrnu borovice.

Porušení vápenato-uhličitanové rovnováhy dokládá fotografie částic odebraných z hladiny vodojemu (obr. 6).

## Návrhy pro další postup

Jako nejúčinnější bariéru proti vzdušné kontaminaci doporučujeme instalaci filtrů z rounové textilie do všech ventilačních otvorů a jejich pravidelnou obměnu, s četností nejméně po měsíci v letním období. Pokud se použije nebarvená rounová textilie, režná, bílá, je již od pohledu zřejmé, v jakém stavu se právě nachází a zda je potřebná její výměna. To znamená, že by měla být, alespoň na počátku používání, rounová textilie častěji kontrolována.

Nezbytné je to zejména v areálech, kde se tráva seče a drtí jako zelené hnojivo a ponechává se tlít na místě, protože o seno již není ze strany zemědělců zájem a jeho odvážení na skládku je nákladné a neekologické. Vliv na stav rounové textilie může mít i automobilová doprava na komunikacích nedaleko objektů s akumulací nádrží.

Závěrem je důležité vyzdvihnout zájem, vstřícnost a ochotu k urychlené realizaci všech navržených nápravných i preventivních opatření na straně provozovatelů sledované vodárenské soustavy, zvláště pak provozních pracovníků, kteří realizovali navržená nápravná opatření.

## Literatura

Vohlídal, J., Julák, A., Štulík K.: Chemické a analytické tabulky, Grada Publishing, Praha 1999, s. 65

Sládečková, A.: Praktické zkušenosti z hydrobiologického výzkumu klimatizace aplikovatelné ve vodárenství. – Sborník konference PITNÁ VODA, Trenčianské Teplice 2003, s. 192 – 197.

Sládečková, A.: Problematika vzdušné kontaminace vodárenských objektů, Sborník IX. konference VODA Zlín 2005, s. 53 – 61

Sládečková, A.: Indikační význam mikroskopických nálezů ve vodojemech. – Sborník konference VODOJEMY 2006, Vyškov, s. 59 – 65

Sládečková, A., Mergl, V., Kaupa, J., Pospíchal, M.: Poznatky s uplatněním rounové textilie ve vodárenství. – Sborník XI. konference VODA Zlín 2007, s. 69 – 74

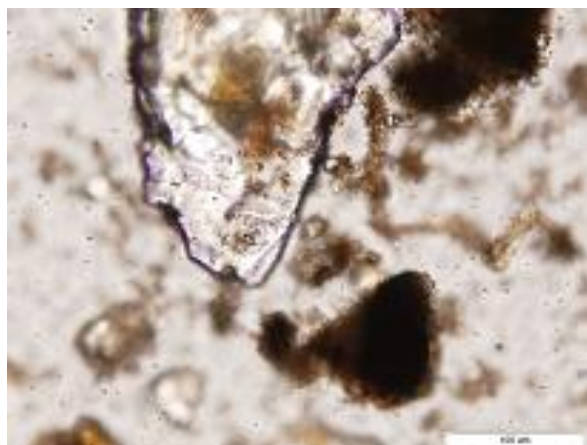
Říhová Ambrožová, J., Říha J.: Biologická problematika vodojemů – Problémy s udržení jakosti akumulované vody – Vzdušná kontaminace. – Konference VODOJEMY 2007, Praha

Mergl, V., Remeš, B.: Radon a biologické oživení vody. – Sborník XIII. konference VODA Zlín 2009, s. 65 – 68

Mergl, V., Sládečková, A., Palčík, J., Maršálková E.: Význam rounové textilie ve vodárenství. – Sborník XV. konference VODA Zlín 2011, s. 189 – 194

Sládečková, A., Mergl, V., Palčík, J., Maršálková, E.: Hydrobiologické audity, poznatky a přínosy III. – Sborník konference PITNÁ VODA, Trenčianské Teplice 2011, s. 253 – 258.

## Obrazová tabule



Obr. 1 Nález z hydrantu – minerální částice



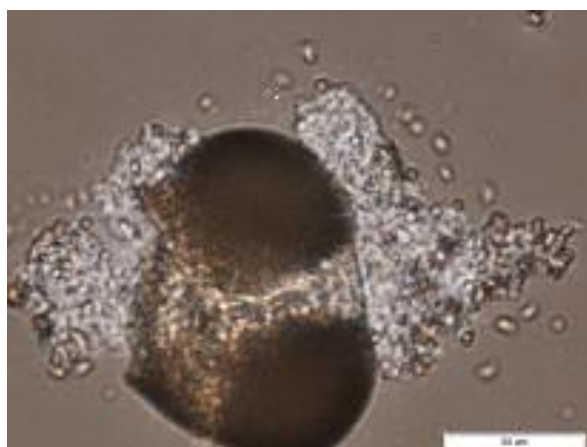
Obr. 2 Nález z hydrantu – rostlinný zbytek



Obr. 3 Odradonovací věž



Obr. 4 Ventilátor odradonovací věže



Obr. 5 Pylové zrno s koloniemi bakterií



Obr. 6 Krystalky kalcitu z hladiny vodojemu