

CHLOROVÁNÍ VODY A KVALITATIVNÍ HAVÁRIE V DEJVICÍCH A NOVÉM BORU V ROCE 2015

MUDr. František Kožíšek, CSc.

Státní zdravotní ústav, Šrobárova 48, 100 42 Praha 10; voda@szu.cz

Úvod

Státní zdravotní ústav (SZÚ) již řadu let upozorňuje provozovatele vodovodů na zásady správné provozní praxe v oblasti dezinfekce vody a na problematičnost distribuce pitné vody se zbytkovým obsahem chloru či jiného dezinfekčního prostředku. Hlavní myšlenka spočívá v tom, že z úpravny vody (popř. z jiného objektu poblíž zdroje vody, pokud systém nemá úpravnu) musí do distribuční sítě odcházet voda, která je s jistotou mikrobiálně nezávadná. Pokud se jedná o hluboký podzemní zdroj mikrobiologicky čisté vody, která není nijak ovlivněna vodou povrchovou, nemusí být tato voda dezinfikována vůbec. Pokud se jedná o zdroj povrchové vody nebo podzemní vody, jejíž kvalita nemusí být stálá a může se měnit vlivem srážek nebo jiných událostí, je nutné takovou vodu před vstupem do sítě spolehlivě dezinfikovat. Spolehlivě v tomto případě znamená, že dezinfekce musí být nastavena tak, aby CT faktor (koncentrace chemického oxidantu či dávka UV záření x doba kontaktu) byl dostatečný pro usmrcení všech potenciálních patogenních mikroorganismů i při nejhorším očekávaném výkyvu kvality surové vody; zároveň musí před aplikací dezinfekce proběhnout předúprava vody (např. ve formě filtrace a odstranění zákalu), aby mohla být dezinfekce vůbec účinná. Nemá smysl vodu dezinfikovat „jen pro formu“ bez znalosti kvality surové vody a všech jejích výkyvů.

Jestliže do sítě vstupuje mikrobiologicky čistá voda, v síti je udržován přetlak a místa bez tlaku (vodojemy) jsou chráněna před sekundární kontaminací, není nutné mít ve vodě v síti nějaký dezinfekční přípravek (chlor, oxid chloričitý, chloramin, ozon), protože ve vodě se samy od sebe žádné patogenní organismy „nevylíhnou“. Nejen že to není nutné, ale je to naopak ve většině případů problematické jak z hygienického hlediska (tvorba toxických vedlejších produktů dezinfekce, problémy s pachem a chutí vody, maskování případného problému s drobnou intruzí kontaminované vody ze zevního prostředí do sítě či vodojemu), tak z hlediska technického (vyšší koroze kovového potrubí – rozvodných řadů, ale i přípojek a vnitřních vodovodů z olova).

K bližšímu objasnění této problematiky, k seznámení se situací v zahraničí, kde mají již dlouholeté zkušenosti s distribucí pitné vody bez chloru, i k poskytnutí praktického odborného návodu, jak přejít z distribuce chlorované vody na nechlorovanou, byly v letech 2010 a 2014 na tábořské konferenci *Pitná voda* uspořádány samostatné bloky přednášek, shrnutí vyšlo i v odborném časopise [1]. Také na webové stránce SZÚ je pro provozovatele zřízena samostatná sekce věnovaná této problematice [2].

Na konci května 2015 došlo v Praze – Dejvicích k poruše při zásobování pitnou vodou, která měla za následek největší známou tuzemskou epidemii z pitné vody za posledních více než 50 let (okolo 10 tisíc případů akutního gastrointestinálního onemocnění způsobeného zejména noroviry, ale v menší míře zřejmě i jinými viry, bakteriemi a možná i prvoky). K jiné norovirové epidemii, která mohla mít až tisíc případů, došlo v srpnu 2015 v Novém Boru – i zde se z dnešního pohledu jeví pitná voda jako

nejpravděpodobnější příčina, protože voda v části města vykazovala v tu dobu známky masivního fekálního znečištění.

Z ohlasů spotřebitelů v různých částech republiky jsem se v létě 2015 dozvěděl, že někteří jiní provozovatelé vodovodů v reakci na tyto události začali jimi distribuovanou vodu intenzivněji chlorovat (dezinfikovat). Bud' jen „preventivně“ nebo s tušením, že v jejich systému zásobování není (nemusí být) vše v pořádku. Intenzivnější dezinfekce může být v určitém případě adekvátním nápravným opatřením, vychází-li z rizikové analýzy systému jako aktuálně nejdostupnější nebo nejvýhodnější řešení. Je-li však uplatněna „naslepo“, bývá obvykle kontraproduktivní. Už proto je dobré vědět, jak to při dejvické a novoborské havárii s dezinfekcí vody a chlorem a s příčinami havárie vůbec bylo. A zda tyto události nedokazují, že distribuce pitné vody bez chloru je hazardem, který je nutné přehodnotit a dále nepropagovat.

Havárie v Dejvicích

Příčiny a průběh dejvické havárie a epidemie byly podrobně popsány jinde [3], proto zde jen shrnuji to technicky nejdůležitější. Příslušné zásobní pásmo je zásobováno vodou z vodojemu, odkud vedou paralelně dva přírodní litinové řady o délce asi 1,1 km a průměru 500 mm, které se na pásmo napojují na křižovatce ulic Evropská a Gymnasijní. Starší řad je z roku 1925, mladší z roku 1960. Těsně před napojením na pásmo je mladší řad zaústěn do staršího řadu.

Na řadu z roku 1960 byla ve dnech 18. – 22. 5. 2016 prováděna plánovaná oprava, při které byl řad na třech místech přerušen a byly vyměněny některé ovládací prvky. Po dobu oprav (od pondělí 18. 5. do pátku 22. 5.) byl tento řad odstaven z provozu a pásmo bylo zásobováno pouze paralelním starším řadem. Jedním z míst opravy byla také stará výpust na křižovatce ulic Evropská a Gymnasijní, asi 10 metrů před zaústěním opravovaného řadu do druhého řadu. Toto místo potrubí je na celé trase situováno nejnižší, protože poslední úsek (těch cca 10 m) ke druhému řadu již vede směrem vzhůru – proto také byla v tomto místě historicky situována výpust do kanalizace, která zde měla, podle dochovaných plánů, probíhat pod vodovodním řadem. Podle dokumentace měla být výpust zaústěna do nedaleké revizní šachty pod vozovkou v ulici Evropská. Plánovala se výměna šoupěte na výpusti. Po zahájení prací však byla zjištěna jiná skutečnost: vodovodní řad vedl v poněkud jiné trase a výpust nebyla zaústěna do šachty dále, ale hned vedle do klenby kanalizace. Toto řešení (zaústění výpusti přímo do klenby kanalizační stoky) je však dnes v rozporu s platnými technickými podmínkami. Podle provozovatele vodovodu (PVK) nebylo možné v čase vymezeném na opravu zvolit jiné technické řešení opravy, než jaké bylo realizováno: kompletní zrušení výpusti a její nahrazení hydrantem o průměru 80 mm s vrchním napojením na řad.

Protože během oprav nepršelo a zásahy do potrubí probíhaly podle provozovatele „čistě“, bylo po dokončení opravy ve čtvrtek 21. 5. v 10:55 přistoupeno k proplachování celého řadu pomocí nově instalovaného hydrantu na křižovatce ulic Evropská a Gymnasijní a vody, která byla na vodojemu Andělky mimořádně nachlorována na úroveň 0,3 mg/l. Opravený řad byl proplachován průtokem cca 8 l/s po dobu 24 hodin; za tuto dobu byl propláchnut asi 2,5 násobkem svého objemu. V pátek 22. 5. v 9:30 byl proplach ukončen, poté byly odebrány vzorky na orientační stanovení železa (výsledek byl v pořádku) a následně v 10:30 byl řad zprovozněn. Od této chvíle bylo celé pásmo znovu zásobováno oběma řady. Odpoledne 22. 5. byly z přilehlých budov odebrány dva vzorky vody na krácený rozbor a odeslány do laboratoře (nedělní odečet

zjistil v obou vzorcích masivní fekální kontaminaci). V sobotu (23. 5.) večer vypukla epidemie.

Jak ukázala pozdější vnitřní prohlídka opraveného řadu kamerou a simulace havárie, kontaminace byla způsobena vzájemnou souhrou několika událostí, časově sahajících od roku 1960 po současnost:

1. Použití nekvalitní litiny na řad budovaný v roce 1960. Nedokonalé zanesení přesného průběhu a hloubky uložení řadu do dokumentace, kvůli kterému neměl provozovatel před zahájením opravy přesnou znalost o vedení řadu, jeho technickém provedení (výpust) a rizikových faktorech (nevhodné křížení s kanalizací).
2. Uložení kanalizačního řadu v oblasti křížení ulic Střešovická a U Laboratoře v rozporu s prostorovou normou (ČSN 736005 – prostorové uspořádání sítí technického vybavení), kdy se kanalizace nachází výše než vodovodní řad DN 500 mm z roku 1960 a může tak dojít ke kontaminaci podzemní vody odpadní vodou z kanalizace při jejím porušení.
3. Prasklina ve vodovodním řadu z roku 1960, kterou vnikla kontaminovaná voda z podloží do řadu v době, kdy byl řad odstaven a vyprázdněn za účelem opravy armatur. Protože po výměně armatur bylo potrubí během dne opět průchozí, mohla v průběhu noci voda z praskliny volně téci potrubím k jeho dolnímu konci, kde výměna výpusti proběhla hned v úterý, a tam se akumulovat.
4. Netěsnost přilehlé stokové sítě (kanalizace) v místě křížení ulic Střešovická a U Laboratoře; pravděpodobné poškození vlivem intenzivní stavební činnosti v okolí v posledních několika letech. Voda z kanalizace prosakovala podložím k prasklému řadu.
5. Zvolené technické řešení opravy výpusti na dolním konci řadu v květnu 2015: nevyhovující výpust na křižovatce ulic Gymnasijní x Evropská nahrazena podzemním hydrantem DN 80 s uložení T kusu nahoru, situovaným cca 10 m od klapky, kde se opravovaný řad napojuje na paralelní přívodný řad. Toto řešení nedovolovalo účinný proplach celého řadu, protože za hydrantem zůstalo asi 10 m koncového úseku řadu se sklonem vzhůru.
6. Způsob proplachu opraveného řadu: proplach skrze nový hydrant namísto zrušené výpusti neumožnil vypláchnout koncový úsek řadu mezi hydrantem a napojením na druhý řad. V tomto „slepém“ desetimetrovém úseku zůstal „špunt“ kontaminované vody (asi 3 m³), který se po zprovoznění řadu dostal do spotřebiště.

Již v týdnu, kdy probíhala plánovaná oprava na odstaveném řadu, začal provozovatel na vodojemu preventivně dochlorovávat, a to na povolené maximum 0,3 mg/l. Čili již 4 dny před kontaminací sítě bylo celé spotřebiště v daném pásmu zásobováno vodou s nejvyšším povoleným obsahem chloru. Stejně chlorovanou vodou pak byl 24 hodin (21. – 22. 5.) proplachován odstavený opravený řad. Po jeho zprovoznění, kdy se z jeho nepropláchnutého konce dostaly do sítě asi 3 m³ znečištěné vody, nedokázala ani voda chlorovaná na povolené maximum (0,3 mg/l) tuto mikrobiologickou kontaminaci zvládnout.

Je to pochopitelné, protože vnikne-li do vodovodního potrubí organicky znečištěná voda, volný chlor rychle reaguje s organickými látkami a nemá již kapacitu (a čas) usmrtit choroboplodné zárodky. I kdyby voda měla dvojnásobný obsah chloru, stejně by nemohla epidemii zabránit, možná by ji jen trochu zmírnila. Tento případ „pěkně“ ilustruje dávno známou, ale provozovateli tuzemských vodovodů stále si nedostatečně uvědomovanou skutečnost, že reziduum dezinfekčního prostředku v distribuované vodě nemůže ochránit vodu před externí sekundární kontaminací sítě. Dokázalo by si snad poradit s nepatrnou mikrobiologickou kontaminací, ale ta by musela být spojena

s nízkým obsahem organických látek a muselo by k ní dojít dále od zásobovaných objektů, aby čas působení chloru byl aspoň v řádu hodin. Navíc i v těchto případech se může jednat o kontraproduktivní účinek, protože používané nízké dávky chloru dokáží (při dostatečně dlouhé době kontaktu) usmrtit bakterie *Escherichia coli* či koliformní bakterie, které používáme jako hlavní indikátory mikrobiologické nezávadnosti vody, ale nemusí již usmrtit viry (a už vůbec ne prvoky), které jsou rezistentnější. Nulové výsledky *E. coli* (enterokoků, koliformních bakterií) pak mohou dávat provozovateli vodovodu falešný obraz, že voda je v pořádku, a maskovat existující problém s „netěsností“ distribučního systému.

Když byla v neděli 24. 5. příčina epidemie (kontaminovaná pitná voda) rozpoznána, začal provozovatel intenzivně proplachovat síť v celém pásmu a zároveň se souhlasem hygienické stanice zvýšil dávku dochlorování na 1 mg/l (na odběrových místech ve spotřebišti byl v následujících dnech měřen obsah volného chloru v rozmezí 0,1 až 0,9 mg/l). To bylo pro sanaci sítě nezbytné, ale na druhou stranu to vedlo k tomu, že v následující dny lékařská pohotovost neošetřovala jen lidi se zažívacími potížemi, ale také malé děti s akutním podrážděním spojivek a dýchacích cest chlorovanou vodou při mytí.

Voda byla hygienickou stanicí znovu prohlášena za pitnou odpoledne 28. 5., od tohoto dne bylo již dávkování chloru na vodojemu sníženo na 0,5 – 0,6 mg/l, od 2. června pak na cca 0,4 mg/l. Důvodem byly hromadné stížnosti obyvatel na nepříjemný pach a chuť vody, které ale přetrvávaly i po tomto opatření. Podle většiny ohlasů, které jsme do SZÚ dostali, nebyla voda pitná (z důvodů nepříjemné sensoriky způsobené chlorem) ještě měsíc poté, co byla voda úředně prohlášena za pitnou. Voda měla v tu dobu také vyšší obsah vedlejších produktů dezinfekce.

Havárie v Novém Boru

Po vydatných srážkách a plánované odstávce a výměně části řadu v centru města byla v pátek 21. 8. zjištěna výrazná mikrobiální kontaminace vody (*E. coli* a koliformní bakterie v řádu desítek až stovek KTJ/100 ml) v severní části a ve středu města (ve dvou, podle provozovatele, různých a uzávěrem oddělených pásmech) a v přilehlé obci Okrouhlá. Současně s nalezenou kontaminací vody došlo ve městě ve dnech 20. –25. 8. k epidemii akutní gastroenteritidy, která odhadem postihla 600 – 1000 osob. Epidemiologické šetření vyloučilo jiný zdroj nákazy mimo pitnou vodu z vodovodu – naprostá většina nemocných pitnou vodu konzumovala nebo byla ve styku s již nemocnými osobami. Pitná voda byla v tomto případě velmi pravděpodobnou příčinou epidemie (každopádně zjištěná kvalita měla potenci vyvolat onemocnění), nicméně přímý důkaz chybí.

Provozovatel ani po půl roce od havárie neví (nebo ví, ale tají), jak přesně vlastně ke kontaminaci došlo. Nicméně šetření odhalilo nesprávnou provozní praxi na prameništích, která mohla být příčinou nebo jednou z příčin nalezené kontaminace. Ve dnech 17. a 18. 8. 2015 v oblasti Nového Boru intenzivně pršelo (22,5 mm a 43,1 mm). Srážky zasáhly také prameniště Okrouhlá, ze kterého je zásobována obec Okrouhlá u Nového Boru, a prameniště Jedlová-Kytlice-Polevsko, ze kterého je zásobována místní část Nového Boru – Arnultovice. V obou zásobovaných oblastech byly nalezeny vysoké počty indikátorů fekálního znečištění. Zdroje v obou prameništích, založené na jímání mělké podpovrchové vody systémem zářezů a sběrných jímek, jsou charakteristické svou zranitelností v důsledku výrazných srážek, jak se také později potvrdilo v případě druhého prameniště, kde byl po dešti zjištěn zvýšený zákal i pozitivní mikrobiologické

nálezy. Způsob úpravy a mikrobiologického zabezpečení nezávadnosti vody v srpnu 2015 však vůbec nekorespondoval s touto zranitelností, neboť zákal nebyl řešen vůbec a chlorování bylo nastaveno na stálou hodnotu (volný chlor do 0,3 mg/l), bez ohledu na proměnlivou kvalitu surové vody [4].

Zvýšili se ve vodě zákal (a pocházeli již ze surové vody, je navíc doprovázený i zvýšením organických látek), účinnost každé dezinfekce prudce klesá: u chemické dezinfekce dochází k rychlé spotřebě aktivní složky reakcí s organickými látkami, u UV dezinfekce dochází k absorpci záření na částicích; navíc částice zákalu chrání do určité míry bakterie či viry před působením chemické i fyzikální dezinfekce. Provozovatel tedy v tomto případě nezajistil jeden ze základních požadavků, tj. aby do distribuční sítě vstupovala jen mikrobiálně nezávadná voda.

Článek v časopisu Science

Jaké jsou tedy perspektivy bezchlorové distribuce pitné vody ve světle zkušeností z Dejvic a Nového Boru? Stejně jako předtím, protože oba případy jen ilustrují, co bylo známo a uvedeno již dříve [5, 6].

Nedávno vyšel k této problematice zajímavý souhrnný článek nazvaný „How do you like your tap water?“ (Jak vám chutná kohoutková voda?) s podtitulem „Bezpečná pitná voda nemusí obsahovat zbytkový dezinfekční prostředek“ [7]. Tento článek nepřináší v zásadě nic nového, ale přesto je svým způsobem průlomový, a to minimálně ze dvou důvodů. Vyšel v jednom ze dvou nejprestižnějších vědeckých časopisů světa (Science), který jinak články o vodárenství vůbec nepublikuje, protože pro vědeckou komunitu nejsou dostatečně inovativní. Odborně doložená skutečnost, že bezpečná pitná voda nemusí obsahovat zbytkový dezinfekční prostředek, však přišla redakci natolik nová, že se rozhodla článek otisknout.

Autoři uvádějí, že existuje jen minimum důkazů, že by udržování zbytkového dezinfekčního činidla v pitné vodě zabraňovalo epidemiím z pitné vody – a dokládají to mimo jiné porovnáním výskytu vodních epidemií ve třech zemích: Nizozemí (kde není chlorování vody povinné a voda se zde z 99 % nechloruje), Velké Británie (kde se vyžaduje přítomnost dezinfekčního rezidua v síti) a USA (pro větší vodovody se chlorování vody v síti také vyžaduje). Výskyt vodních epidemií vztážený na stejný počet obyvatel je přítom v Nizozemí výrazně nejnižší, zatímco ve Velké Británii je více než trojnásobný a v USA skoro pětinašobný.

Druhým důvodem mimořádnosti tohoto článku je skutečnost, že mezi pěti autory jsou tři Američané, včetně nejvýznamnější americké „vodní“ mikrobioložky Joan Roseové; přitom Spojené státy, kde bylo chlorování vody prvně zavedeno do širší praxe, byly vždy tradiční baštou „dobře chlorované vody“.

Závěr

Havárie v Dejvicích a Novém Boru byly, resp. by měly být, mementem pro české vodárenství, ze kterého by se měli všichni provozovatelé poučit. Pokud bez znalosti příčin a provedení rizikové analýzy svého systému zásobování reagovali jen zvýšením dávky chloru ve svém vodovodu, zvýšení bezpečnosti tím nepomohli, naopak to nejspíše vedlo k větší nespokojenosti odběratelů s kvalitou dodávané vody.

Zajištění mikrobiologické nezávadnosti pitné vody je prioritou, ale musí vycházet ze znalosti, jak má probíhat efektivní dezinfekce tam, kde je to vzhledem ke kvalitě surové vody nutné, a jak zabránit sekundární kontaminaci vody v distribuční síti, na kterou již žádná reziduální dezinfekce nemůže být účinná. Opomíjení těchto zásad, vyvažované plošným dávkováním chloru „do limitu“, jak bylo u nás aplikováno od 50. let, znamená z hlediska moderní praxe něco jako vodárenský středověk, se kterým by bylo dobré se co nejrychleji rozloučit. Jinak bude důvěra odběratelů v pitnou vodu klesat úměrně tomu, jak se zvyšují a budou dále zvyšovat jejich nároky na vlastnosti dobré pitné vody.

Kanadský profesor Steve E. Hrudehy, který podrobně analyzoval více než 70 velkých havárií vodovodů spojených s epidemiemi nebo otravami, ke kterým došlo v posledních 30 letech ve vodárensky vyspělých zemích, uvádí na základě své analýzy jako jeden z největších současných problémů podkopávajících bezpečnost zásobování pitnou vodou „velmi rozšířenou kulturu sebeuspokojení“ (pervasive culture of complacency) na straně provozovatelů vodovodů, kterou je potřeba bezpodmínečně změnit [8]. Bylo by dobré, kdyby k této změně docházelo z vlastní vůle a na základě profesní cti provozovatele, nikoliv vlivem trestních oznámení z důvodu poškození.

Poděkování: Příspěvek byl zpracován v rámci projektu Technologické agentury ČR TD03000155 „Podmínky úspěšné transpozice a implementace systému rizikové analýzy při zásobování pitnou vodou v České republice“ v Programu na podporu aplikovaného společenskovědního výzkumu a experimentálního vývoje OMEGA.

Literatura

- [1] Kožíšek F., Korth A., Jeligová H., Šašek J., Pumann P., Nitsche R.: Distribuce pitné vody bez zbytkové chemické dezinfekce: zdůvodnění, strategie a případová studie. *SOVAK – Časopis oboru vodovodů a kanalizací*, 2014, 23(12): 362 - 366.
- [2] Pitná voda bez chloru: <http://www.szu.cz/tema/zivotni-prostredi/voda-bez-chloru>.
- [3] Kožíšek F. Dejvická havárie a epidemie nebyla náhoda. Příčiny a průběh dejvické epidemie v květnu 2015. *Vodní hospodářství*, 2016, 66(1): 1-7.
- [4] Prattingerová J., Peukerová I., Procházková P., Loosová J., Knížová H., Šmída J. Závěrečná zpráva o epidemii akutní gastroenteritidy v obcích Nový Bor a Okrouhlá. Krajská hygienická stanice se sídlem v Liberci, Liberec 4. 2. 2016.
- [5] Jeligová H., Kožíšek F. Výhody a nevýhody zbytkového chloru z hlediska chemického. Sborník konference *Pitná voda 2010*, Tábor 2010, s. 47-52. W&ET Team, Č. Budějovice 2010.
- [6] Šašek J. Výhody a nevýhody zbytkového chloru z hlediska mikrobiologického. Sborník konference *Pitná voda 2010*, Tábor 2010, s. 41-46. W&ET Team, Č. Budějovice 2010.
- [7] Rosario-Ortiz F., Rose R., Speight V., von Gunten U., Schnoor J. How do you like your tap water? *Science*, 26 Feb. 2016, 351(6276): 912-914.
- [8] Hrudehy S.E., Payment P., Huck P.M., Gillham R.W., Hrudehy E.J. A fatal waterborne disease epidemic in Walkerton, Ontario: comparison with other waterborne outbreaks in the developed world. *Water Sci. Technol.* 2003, 47(3): 7–14.