

100. VÝROČÍ PRAVIDELNÉ DEZINFEKCE PITNÉ VODY A JEJÍ DALŠÍ VÝVOJ

100th ANNIVERSARY OF PERMANENT DRINKING WATER DISINFECTION AND ITS CURRENT DEVELOPMENT

VLADIMÍR BENCKO¹, FRANTIŠEK KOŽÍŠEK^{2, 3}

¹Ústav hygieny a epidemiologie 1. lékařské fakulty UK a Všeobecné fakultní nemocnice v Praze

²Státní zdravotní ústav, Praha

³3. Lékařská fakulta UK v Praze, Ústav obecné hygieny

SOUHRN

Zavedení pískové filtrace a břehové infiltrace do úpravy pitné vody představovalo v polovině 19. století zásadní pokrok ve snaze o dosažení zdravotní bezpečnosti pitné vody. Tato filtrace však byla sama o sobě dostatečně účinná jen v případě, že surová voda řeky nebyla nadměrně kontaminovaná patogenními mikroorganismy. Přijatelné míry bezpečnosti pitné vody pak bylo dosaženo až po zavedení její dezinfekce. Po sto letech od zavedení kontinuálního chlorování pitné vody s již dříve zavedenou filtrací vody se odhaduje, že tímto způsobem vyráběná pitná voda byla zodpovědná za snížení celkové úmrtnosti obyvatelstva velkých měst a průmyslových aglomerací na přelomu 19. a 20. století o bezmála polovinu, ještě více zřejmě přispěla ke snížení tehdy registrované novorozenecké a dětské úmrtnosti. Pozdější objev některých omezení funkce dezinfekce vody včetně její stinné stránky (vznik toxických vedlejších produktů dezinfekce) vedl v posledních dvou desetiletích k hledání nových holistických přístupů k zabezpečení zdravotní nezávadnosti vody a vyústil v koncept tzv. plánů pro zajištění bezpečného zásobování pitnou vodou. Z hlediska veřejného zdravotnictví bylo zavedení tekoucí dezinfikované pitné vody do domácností a jejich odkanalizování, spolu se zavedením systematického očkování proti vybraným přenosným nemocem, nejvýznamnějším milníkem minulého tisíciletí na cestě ochrany zdraví.

Klíčová slova: pitná voda, dezinfekce, historie, infekční onemocnění, vedlejší produkty dezinfekce, plány pro zajištění bezpečnosti pitné vody

SUMMARY

The introduction of sand filtration and bank infiltration in drinking water treatment in the middle of the 19th century represented significant progress in efforts to attain safe drinking water. That filtration was sufficiently effective only on condition the raw river water had not been excessively contaminated with pathogenic microorganisms. An acceptable measure of safety was attained only on the introduction of its disinfection. After a century since the introduction of continuous chlorination of drinking water along with the previously established filtration, it has been estimated that drinking water produced in this way can be attributed with the decrease of overall mortality in the population of large cities and industrial agglomerations almost by half at the turn of the 19th and 20th centuries, apparently all the more contributing to the lowering of the then registered neonatal and child mortality. The later discovery of certain limitations of the function of water disinfection including its negative aspect, namely the appearance of toxic by-products of disinfection, in the past two decades has led to the seeking of novel holistic approaches to the ensuring of safe drinking water, and has ended up in the so-called concept of water safety plans. From the public health point of view the introduction of running disinfected drinking water to households and its channeling in sewage systems together with systematic vaccination against selected infectious diseases represents the most significant milestone of the past millennium in health protection endeavors.

Key words: drinking water, disinfection, history, infectious diseases, disinfection by-products, water safety plans

Úvod

V roce 2008 se v rámci několika mezinárodních konferencí konaly z popudu amerických účastníků zvláštní semináře věnované 100. výročí zavedení kontinuální dezinfekce pitné vody. Pro účel tohoto článku není ani tak důležité, že se jednalo o výročí z pohledu USA, nikoliv jiných částí světa. Prvním místem na světě, kde došlo již v roce 1902 k zahájení kontinuální dezinfekce

pitné vody (chlorováním), bylo totiž belgické přímořské město Middlekerke. Avšak až do konce první světové války se kontinuální dezinfekce pitné vody v Evropě šířila pomalu a voda se dezinfikovala převážně jen nárazově při epidemiích, zatímco v USA po prvním zprovoznění uvedené technologie v roce 1908 došlo k lavinovitému šíření její praktické aplikace (1) a díky jejímu úspěšnému použití americkými vojáky na evropské frontě první světové války nastal poté boom i v Evropě (21).

V roce 2006 hlasovali čtenáři prestižního lékařského časopisu *British Medical Journal* o tom, jaký byl největší úspěch medicíny od roku 1840. Více než 11 000 čtenářů zvolilo překvapivě za vítěze „sanitaci“ (čímž se myslí zavedení tekoucí pitné vody do domácností a jejich odkanalizování), teprve na dalších místech se umístily objevy antibiotik, anestetik, vakcinace nebo DNA (7).

Samotná sanitace by však nikdy nemohla v této soutěži zvítězit nebýt dalších opatření, která zabezpečovala nezávadnost dodávané vody. Např. zavedení pískové filtrace do procesů výroby pitné vody, stejně jako využívání vody z infiltračních studní, představovalo v polovině 19. století zásadní pokrok k dosažení zdravotní bezpečnosti pitné vody (1). Písková filtrace sama o sobě však nemusela být dostatečně účinná v případě, že surová voda řeky byla nadměrně kontaminovaná patogenními mikrobry. Již na počátku 20. století známý Kabrhelův index reprezentující 1/7000 mikrobů penetrujících pískovým filtrem (11) nebyl zárukou, že některé patogenní bakterie masově přítomné ve znečištěné vodě neprojdou filtrem v množství představujícím riziko požití infekční dávky alespoň u vnímavých jedinců. Příkladem nemusí sloužit jenom dále popsáný případ z New Jersey, ale i bezpočet jiných příkladů ze světa včetně Evropy. Přijatelná míra bezpečnosti pitné vody byla pak dosažena až po zavedení jejího chlorování. Jejím počátkům i současnosti je věnován tento článek a není bez zajímavosti, že alespoň v USA se o počátek kontinuálního chlorování vody zasloužila veterinární hygiena.

Případ Chicago Union Stockyards (CUS)

Pověstný jateční podnik CUS byl vybudován devíti železničními společnostmi v roce 1864 a na přelomu 19. a 20. století se stal ústředním bodem obchodu s masem mezi východem a západem a tím i v celých USA. Na začátku 20. století CUS zaměstnávaly přes 25 000 dělníků, převážně imigrantů pracujících ve dnes nepříjemných pracovních podmínkách, literárně zpracovaných Uptonem Sinclairem v knize „Jatka“. Koncem léta 1908 začaly problémy s významnými ztrátami hmotnosti před porážkou ustájených zvířat. Problémem byla pitná voda pro zvířata, získávaná pískovou filtrací z blízkého potoka extrémně znečištěného odpady z jatek, který byl díky hnilobným pochodům probíhajícím ve vodě a s nimi souvisejícím zápachem nazývaný Bubly Creek. Jednalo se o přítok místní Chicago River. Voda potoka výrazně páchla po zkažených vejcích zejména v teplém ročním období. Byla po pískové filtraci „dezinfikována“ modrou skalicí, která sice řešila problém zarůstání rozvodů řasami, ale už ne přítomnost patogenní bakteriální mikroflóry. Až nelegální přepojení vodního zásobování jatek na městský vodovod Chicaga dočasně vyřešilo problém a odstranilo nežádoucí ztráty váhy jatečního skotu. Pouze dočasně, protože po prozrazení této „akce“ dala radnice Chicaga CUS k soudu pro krádež vody. Až zavedením dezinfekce vody po filtraci (přidání chlorového vápna) bylo dosaženo stavu, kdy z bakteriologického hlediska byla tato voda lepší než voda zásobující obyvatele Chicaga (!), čímž Georg Johnson pověřený vyřešením uvedeně-

ho problému prokázal efektivnost navrženého řešení v reálné praxi (9, 25).

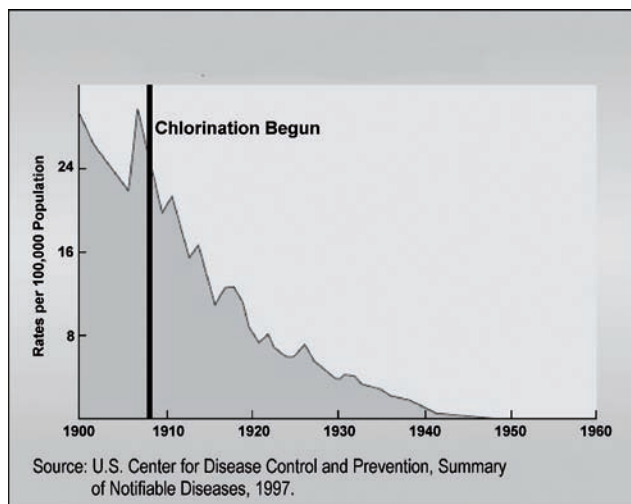
Případ Jersey City

V roce 1908 bylo město Jersey City, ležící na západním břehu řeky Hudson, průmyslové a železniční komunikační centrum s přibližně 200 000 obyvateli. Několik let po vybudování nového zásobovacího systému v roce 1904 se město dostalo do soudního sporu s Jersey City Water Supply Company (JCWSC) pro nedodržení smlouvou zaručované kvality dodávané pitné vody.

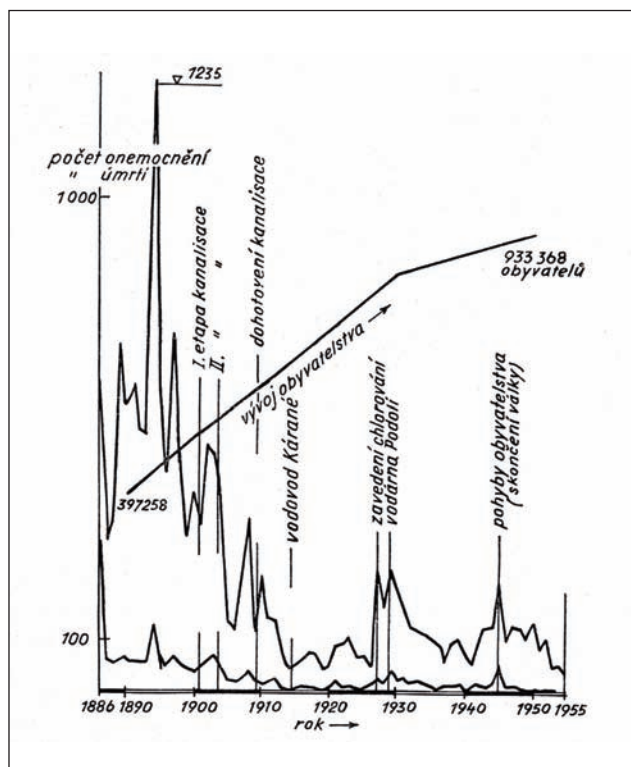
Jersey City, podobně jako jiná rychle rostoucí průmyslová města té doby, zápasilo s epidemiemi břišního tyfu, typickou infekcí z vody. V roce 1895 zde úmrtnost na břišní tyf dosáhla hodnoty 80 na 100 000 obyvatel, a proto město přešlo na nový zdroj pitné vody – řeku Pequanoek. Díky tomu v roce 1898 poklesla úmrtnost na břišní tyf přibližně o polovinu na 40,6 na 100 000 obyvatel, co bylo sice lepší, ale ještě stále nepřijatelné. V roce 1904 město začalo používat neupravenou, přírodní vodu z přehrady Bonton Reservoir na řece Rockway necelých 40 km od města. Přívod a rozvod vody zajišťovalo ocelové a keramické potrubí. Vyšší bakteriální kontaminace vody byla zjišťována během několika málo dní v roce v souvislosti s vyšším stavem vody a povodněmi. V roce 1906 došlo k dalšímu poklesu úmrtnosti na břišní tyf – 21,4 na 100 000 obyvatel. K ještě výraznějšímu zlepšení doporučili soudní znalci vybudování filtračního zařízení, které však nebylo v původním plánu a město jej odmítlo financovat. Další alternativou, z dnešního hlediska „ekologickou“ a navíc racionální, bylo vybudovat v povodí nad stávající přehradou v každém městě kanalizaci s čistírnou odpadních vod a zajistit bezpečnou likvidaci odpadů. Toto řešení však bylo ještě mnohem nákladnější a při panujících vlastnických poměrech neuskutečnitelné. Navíc poradce JCWSC dr. John L. Leal nesouhlasil s těmito návrhy jako příliš nákladnými a ne 100% účinnými. Argumentoval tím, že větší procento bakterií včetně *B. coli* pochází ze splachů z půdy, cest, hnojených polí, luk, atd. Navrhl řešení, na které JCWSC dostala od soudu dobu 90 dní.

Autor návrhu již od 90. let 19. století experimentoval s „elektrolytickými roztoky solí“. Protože tehdy ještě nebylo vyvinuto použitelné elektrolytické dávkovací zařízení, použil chlorové vápno, tedy postupoval jako Johnson v Chicagu. Dávkovací systém uvedl do provozu Georgie Warren Fuller dne 26. září 1908. Spustil systém dezinfekce vody z přehrady před vpuštěním do transportního potrubí, vedoucího vodu pro město New Jersey. Uznání správnosti použitého řešení se autorům dostalo až v dalším roce v květnu 1909 na oficiálním výročním jednání American Water Works Association (AWWA). Není bez zajímavosti, že velkou váhu dostaly i ekonomické argumenty. Johnson informoval přítomné, že cena chlorové dezinfekce vody je 14 centů za milion galonů (4,5 tisíc m³) vody a tedy pouhé 5,60 USD za dodávaných 40 milionů galonů (180 tisíc m³) vody denně do New Jersey (1, 14, 25, 26). Vývoj úmrtnosti na břišní tyfus v USA v období 1900–1960 čili před a po postupném zavedení kontinuálního chlorace pitné vody ilustruje graf na obr. 1.

Je ale důležité připomenout, že podobný efekt na výskyt tyfu měla i samotná jiná již zmíněná opatření – zavedení kanalizace (obr. 2) nebo pískové filtrace (6, 12).



Obr. 1: Vývoj úmrtnosti na břišní tyfus v USA v období 1900–1960, před zavedením a v průběhu zavádění kontinuální dezinfekce pitné vody chlorem (25).



Obr. 2: Vývoj nemoci a úmrtnosti na břišní tyfus v Praze v období 1886–1955 před vybudováním a po vybudování kanalizace, vybudování vodovodu Kárané a zavedení kontinuálního chlorování pitné vody ve vodárně v Podolí (13).

Počátky dezinfekce pitné vody u nás

O možnostech dezinfekce vody se psalo v českých hygienických časopisech již na počátku 20. století a k jejímu rutinnímu použití došlo v úpravě vody pro vodovod Most již na počátku první světové války, když zde jako první v tehdejší Rakousku-Uhersku zavedli ozonizaci vody z přehradní nádrže (16). Podle dostupných informací (3, 10, 21, 23, 24) se pak zdá, že první řádné chlorování pitné vody v našich zemích bylo zavedeno v roce 1924 na vršovickém vodovodu v Praze, když na čerpací stanici v Braníku byly nákla-

dem 30 000 Kč instalovány dva chlorátory, protože tamní jímací studny bývaly při rozvodnění Vltavy bakteriologicky závadné. Nejméně během prvního roku však neprobíhalo dávkování chlorem kontinuálně, ale jen v období zhoršené kvality surové vody.

Tato první vlašťovka však neměla tolik následovníků, jak by se snad dnes očekávalo. V roce 1928 totiž chlorovalo vodu jen pět (!) z 1680 vodovodů v Čechách, na Moravě a ve Slezsku (22). Jedním z důvodů možná bylo, že tehdejší nejvyšší česká hygienická autorita, profesor Gustav Kabrhel, zaujímal k dezinfekci vody spíše rezervované stanovisko a preferoval buď důkladnou ochranu zdroje nebo úpravu pomocí pískové filtrace (11). Nutno však dodat, že v tu dobu se přes 90 % pitné vody vyrábělo ze zdrojů podzemních a ze zmíněných pěti vodovodů využívaly čtyři povrchové zdroje.

K plošné dezinfekci (chlorování) pitné vody vyráběné z povrchových zdrojů a částečně též podzemních zdrojů či umělé infiltrace se přistoupilo až v 50. letech, především asi v souvislosti se zavedením závazných mikrobiologických požadavků na jakost vody (12, 13).

Zásadní význam pro zásobování Prahy pitnou vodou bylo vybudování káranského vodovodu z infiltračních studní zvodněných řekou Jizerou. Vývoj nemoci a úmrtnosti na břišní tyfus v Praze v období 1886–1955 před a po vybudování kanalizace, vybudování káranského vodovodu a po zavedení kontinuálního chlorování pitné vody v podolské vodárně názorně ilustruje graf na obr. 2.

Když už jsme v souvislosti s dezinfekcí hovořili o filtraci, je v rámci úplnosti nutné zmínit a historicky vyzdvihnout ještě jednu její specifickou podobu, i když její význam už dnes není takový, co býval. Jedná se o tzv. pomalou biologickou filtraci, zvanou též anglická filtrace (podle místa vzniku). Jde o nejstarší typ filtrace používané ve vodárenské praxi, která se zpočátku používala jen pro odstranění zákalu, ale později bylo zjištěno, že významně snižuje i počet bakterií ve vodě. Na rozdíl od „obyčejné“ pískové filtrace zde jde o spojení mechanické filtrace a biologických procesů, ve kterých se uplatňují aerobní mikroorganismy, které osídľují kořovitou biologickou blánu. Ta se vytváří na povrchu pískového filtru v průběhu jeho „zpracování“ a má vysokou separační účinnost. V souvislosti s intenzifikací vodárenských procesů se však tento, téměř přírodní způsob čištění vody postupně nahrazoval jinými technologiemi, vyžadujícími méně plochy i času na úpravu, takže dnes je u nás používán jen v několika málo úpravárnách.

Odvrácená tvář chemické dezinfekce pitné vody

Jako u řady jiných chemických inovací, také u chlorování vody se časem ukázalo, že není úplně neškodné. Že může nepříjemně ovlivnit pach či chuť vody, to se vědělo již od počátku jeho používání, avšak horší bylo, když v roce 1974 holandská a americká vědci objevili, že chlor v pitné vodě nezabíjí jen bakterie, ale také reaguje s přítomnými přírodními organickými látkami za vzniku tzv. vedlejších produktů dezinfekce (VPD) (4, 19).

Jedná se o velkou skupinu látek – dosud bylo identifikováno téměř 600 vedlejších produktů chlorace

– z nichž větší část se vyskytuje ve stopových množstvích, ale některé [např. trihalogenmethany (THM) nebo haloctové kyseliny (HAA)] v dobře měřitelných koncentracích. Tyto látky se vyskytují v místně specifických a těžko definovatelných směsích, tak jak se unikátně liší složení surové vody a podmínky v té které distribuční síti (pH, teplota, doba zdržení, obsah volného chloru atd.) (18). Časem se také zjistilo, že nejen chlor, ale i ostatní chemické dezinfekční přípravky (oxid chloričitý, chloramin, ozon) vedou jako oxidanty ke vzniku organických i anorganických VPD, částečně specifických pro danou látku.

O mnohých těchto látkách existují laboratorní důkazy o jejich toxicitě a karcinogenitě, ale jak je to s účinkem na člověka, který je exponován – v porovnání s experimenty na zvířatech – relativně velmi nízké dávce? Přes intenzivní bádání a řadu epidemiologických studií není v této otázce dosud zcela jasno, protože výzkum má mnohá omezení: v každém vodovodu je přítomna odlišná směs VPD a tak vzájemné porovnávání účinků, resp. vztahu mezi dávkou a účinkem mezi více místy je problematické; z pestré směsi VPD se rutinně sleduje jen pár látek a to ne dle než dvě desetiletí; k projevu nádorového účinku je potřeba velmi dlouhé expozice a odhad míry (historické) expozice může být velmi nepřesný apod.

V současné době se tomuto tématu podrobně věnuje výzkumný projekt HIWATE (Health Impacts of long-term exposure to disinfection by-products in drinking WATER), financovaný Evropskou komisí, do kterého je zapojeno 17 univerzit a výzkumných ústavů z osmi evropských zemí (15). Kritické zhodnocení dosud publikovaných epidemiologických studií, provedené v rámci tohoto projektu, ukázalo, že existuje dostatečný důkaz mezi expozicí vedlejším produktům chlorace (měřeným jako THM) a výskytem rakoviny močového měchýře, ale důkazy pro jiné druhy nádorů, včetně dříve uváděného kolorektálního karcinomu, nejsou dostatečné. Podobně v druhé oblasti (nepříznivé ovlivnění reprodukčních funkcí), o které se v souvislosti s expozicí VPD hovoří, existují určitá podezření na souvislost mezi expozicí VPD a hypotrofií plodu (SGA), intrauterinní růstovou retardací (IUGR) a předčasným porodem, zatímco důkazy pro ostatní popisované projevy – např. nízká porodní váha, vrozené vady nebo kvalita spermatu – jsou nekonzistentní a nepřesvědčivé (15).

Hledání řešení a alternativ

V posledních 30 letech probíhá velmi intenzivní výzkum jak chemismu a podmínek vzniku VPD, tak i jejich zdravotních účinků. Vybraní zástupci VPD jsou zařazeni mezi povinně sledované ukazatele jakosti pitné vody (v ČR od r. 1991 chloroform a THM, od r. 2001 navíc bromičnany a chloritany). Světová zdravotnická organizace již od roku 1984 opakovaně prohlašuje, že musíme hledat kompromisní rovnováhu mezi minimalizací VPD a zajištěním mikrobiologické nezávadnosti pitné vody.

Aby se výrobci pitné vody vyrovnali s novými hygienickými požadavky i tlakem veřejnosti, museli začít hledat alternativy – jaké se nabízejí? Alternativa jiné

dezinfekce – místo chloru lze použít např. UV záření nebo jiné oxidanty (chloramin, oxid chloričitý, ozon nebo peroxid vodíku), které obvykle vedou ke vzniku menšího množství VPD. Alternativa stejné dezinfekce s dokonalejší předúpravou vody – účinnější koagulací, která odstraní většinu mikroorganismů, lze snížit dávku dezinfekčního přípravku. Pomocí různých technických opatření vedoucích např. ke kratšímu zdržení vody v síti lze ovlivnit i další faktory kvantitativně přispívající ke vzniku VPD.

A konečně poznání, že ani udržování zbytkové koncentrace volného chloru v distribuční síti na úrovni desetin mg/l nestačí k zabránění epidemie, pokud do takové vody vnikne znečištěná podzemní či povrchová voda (17), vedlo od 80. let v řadě evropských zemí k alternativě žádné dezinfekce. Mnoho vodárenských společností v Nizozemí, Německu, Švýcarsku, Rakousku i jinde zjistilo, že za určitých podmínek, které bychom mohli označit jako multibariérový systém ochrany, lze vyrobit a distribuovat vysoce kvalitní pitnou vodu – po stránce mikrobiologické, chemické i organoleptické – i bez zachování rezidua dezinfekce v síti nebo bez použití chemické dezinfekce vůbec (8). A to se netýká pouze menších spotřebišť, ale i statisícových nebo milionových aglomerací, jako jsou Berlín, Amsterdam, Curych, Lublaň a mnoho dalších.

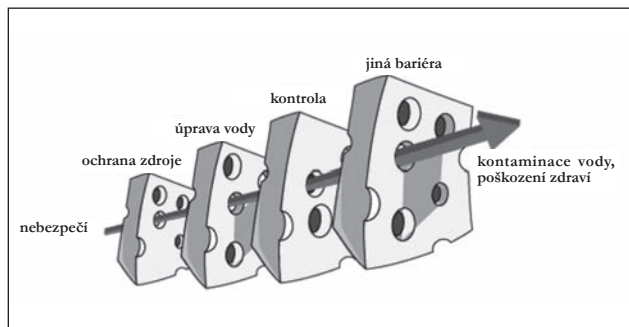
Diskuse

Po sto letech od zavedení kontinuálního chlorování pitné vody po předchozí filtraci pískovými filtry, spolu se simultánním vybudováním příslušné kanalizace, se odhaduje, že dodávka dezinfikované pitné vody a způsob odvádění odpadní vody a její čištění byly z perspektivy veřejného zdravotnictví zodpovědné za redukci celkové mortality registrované u obyvatelstva velkých měst a průmyslových aglomerací na přelomu 19. a 20. století o bezmála polovinu, snížení tehdy registrované novorozenecké úmrtnosti o tři čtvrtiny a pokles vykazované dětské mortality bezmála ze dvou třetin (1, 23, 24, 25).

Ovšem nemá-li být spolehlivě pitná voda zdrojem infekčních zárodků a příčinou onemocnění, nemůže se její výrobce spoléhat jen na průběžnou dezinfekci chlorem. Dezinfekce chlorem je totiž účinná jen vůči omezenému spektru infekčních zárodků a někdy při nižší dávce může dokonce zakrýt problém tím, že zahubí jen citlivější vyšetřované indikátorové bakterie, ale další odolnější patogeny (víry, prvoci) zůstanou v dezinfikované vodě životaschopné, takže výsledek rozboru je pak falešně negativní, protože taková voda může vyvolat onemocnění.

Pro zajištění mikrobiologické nezávadnosti vody je nutné uplatňovat tzv. **multibariérový přístup**, což znamená vytvoření systému tolika opatření (bariér) v průběhu dopravy vody od zdroje ke spotřebiteli, kolik je jich v daném systému potřeba k pokrytí všech rizikových míst vstupu infekčních zárodků do vody (12). Obdobný systém více bariér se pak používá i při prevenci chemické kontaminace pitné vody. Ilustrativní obrázek 3 ukazuje princip multibariérového přístupu a jeho případného selhání.

Aby všechna riziková místa mohla být systema-



Obr. 3: Princip multibariérového přístupu, resp. jeho selhání při nedokonalosti jedné nebo více bariér (podle J. Rostuma [20]).

tický podchycena a následně buď vyloučena nebo kontrolována, k tomu má sloužit jiný nový nástroj: **plány pro zajištění bezpečnosti pitné vody** či **plány pro zajištění bezpečného zásobování pitnou vodou (Water Safety Plans – WSP)**, které mají být vodárenskou obdobou principu HACCP při výrobě potravin. Jeho podstatou je přesunutí těžiště pozornosti z kontroly výrobku (pitné vody na kohoutku) na kontrolu celého procesu výroby (2, 28).

Světová zdravotnická organizace zahrnuje tento nový přístup do svých nových *Doporučení pro kvalitu pitné vody* z roku 2004 (27) a vydala první příručky (2, 28). A vzhledem k tomu, že se s ním ztotožnila i Evropská komise, měl by se stát brzy součástí novelizované směrnice Rady č. 98/83/ES o jakosti vody určené pro lidskou spotřebu, a tudíž se mu nevyhnou ani tuzemští výrobci pitné vody. Dnes sice ještě nevíme, zda ta povinnost nastane za tři nebo pět let, ale víme, že nastane. Některé země již ostatně zavedly plány pro zajištění bezpečnosti vody jako zákonem stanovenou povinností (např. Austrálie, Nový Zéland, Švýcarsko, Nizozemí a částečně i jiné země).

Závěr

Chlorování pitné vody po její pískové filtraci při použití vhodného zdroje, spolu se souběžně vybudovanou kanalizací, stejně jako zavedení systematického očkovaní proti nemoci, u kterých je k dispozici účinná očkovací látka, byly z hlediska veřejného zdravotnictví nejvýznamnější milníky minulého tisíciletí na cestě ochrany zdraví a tím účinným příspěvkem primární prevence k široce chápáné kvalitě života lidí.

Zatímco výroba a dodávka bezpečné pitné vody je běžnou praxí v průmyslově vyvinutých krajínách, přibližně 1,2 miliardy lidí rozvojového světa dosud nemá přístup k pitné vodě vyhovující zdravotním požadavkům. Přitom je nutno zmínit skutečnost, že nejčastějšími oběťmi střevních infekcí šířených vodou jsou především děti (14, 24, 26).

Přístup ke zdravotně nezávadné pitné vodě nejen redukuje výskyt nemocí, ale má řadu příznivých ekonomických aspektů pro příslušné komunity. Podle zpráv Světové zdravotnické organizace celkové investice do produkce bezpečné pitné vody přinášejí přímý i nepřímý užitek, který mnohonásobně převyšuje tyto investice, a významným způsobem přispívá také ke zvýšení široce chápáné kvality života lidí (5, 23, 24).

Žádný hygienický předpis už českým výrobcům pitné vody nenařizuje, jakou technologii či jiné opatření

mají použít k úpravě vody. Povinné už není několik let ani chlorování vody. Jsou stanoveny požadavky na jakost pitné vody a je na jejím výrobcu, jaké nástroje zvolí k zabezpečení této jakosti. V budoucnu bude muset rovněž prokázat, že toto zabezpečení není náhodné, ale vycházející ze systematické analýzy a odpovídajícího managementu všech zjištěných rizik.

Těto změně přístupu odpovídá i průběžná změna používané terminologie, když podle novelizované normy „ČSN 75 0150 Vodní hospodářství – Názvosloví vodárenství“ z roku 2008 už *zdravotní (hygienické) zabezpečení vody* neznámá synonymum pro dezinfekci vody, ale „*zabezpečení souboru preventivních i nápravných opatření, který pomocí systému několika bariér průběžně zajišťuje celkovou nezávadnost pitné vody*“.

Poděkování

Publikace byla zpracována v rámci projektu WaterRisk (MŠMT ČR; id. kód 2B06039); <http://www.waterrisk.cz/>.

LITERATURA

1. Baker MN. The quest for pure water: the history of water purification from the earliest records to the twenties century. 2nd ed. Denver: American Water Works Associations; 1981.
2. Bartram J, Corrales L, Davison A, Deere D, Drury D, Gordon B, et al. Water safety plan manual: step-by-step risk management for drinking-water suppliers. Geneva: World Health Organization; 2009.
3. Baudiš L. Chlorování vody vršovického vodovodu. Zpráva pro Okresní správu politickou na Královských Vinohradech. Praha: 1925.
4. Bellar TA, Lichtenberg JJ, Kroner RC. The occurrence of organohalides in chlorinated drinking waters. J Am Water Works Assoc. 1974;66:703-7.
5. Bencko V. Prostředí, zdraví, primární prevence a kvalita života. Prakt Lék. 2008;88(5):253-4.
6. Bencko V. Sté výročí zahájení pravidelné dezinfekce pitné vody chlorem. Prakt Lék. 2009;89(3):149-51.
7. Ferriman A. BMJ readers choose sanitation as the greatest medical advance since 1840. BMJ. 2007 Jan 20;334(7585):111.
8. Hamsch B. Management of distribution systems without chlorine residuals. In: Slobodnik J, van den Hoven T, de Hoogh C, editors. Conference Proceedings of the 2nd WEKNOW Conference; 2005 Jun 13-15; Bratislava, Slovak Republic.
9. Chicago Historical Society [homepage in the Internet]. Slaughterhouse to the world [cited 2005 Aug 25]. Available from: <http://www.chicagohs.org/history/stock.html>.
10. Jásek J. Sto let Vršovické vodárny. SOVAK. 2007;16(10):16-7.
11. Kabrhel G. Hygiena vody. Praha: Mladá generace lékařů při Ústřední jednotě československých lékařů; 1927.
12. Kožíšek F. Proměna pojmu „hygienické zabezpečení pitné vody“ během posledních 100 let. Vod Hospodář. 2008;58(6):194-6.
13. Kredba M. Hygiena hospodaření s vodami. Praha: SZN; 1958.
14. Mc Guire M. Eight revolutions in the history of U.S. drinking water disinfection. J Am Water Works Assoc. 2006 Mar;98(3):123-49.
15. Nieuwenhuijsen MJ, Smith R, Gollinopoulos S, Best N, Bennett J, Aggazzotti G, et al. Health impacts of long-term

- exposure to disinfection by-products in drinking water in Europe: HIWATE. J Water Health. 2009 Jun;7(2):185-207.
16. Ott J, Marquardt E. Die Wasserversorgung der königlichen Stadt Brüks in Böhmen. Wien: Verlag der Waldheim-Eberle, Leipzig: Otto Klem; 1918.
 17. Payment P. Poor efficacy of residual chlorine disinfectant in drinking water to inactivate waterborne pathogens in distribution systems. Can J Microbiol. 1999 Aug;45(8):709-15.
 18. Richardson SD, Plewa MJ, Wagner ED, Schoeny R, Demarini DM. Occurrence, genotoxicity, and carcinogenicity of regulated and emerging disinfection by-products in drinking water: a review and roadmap for research. Mutat Res. 2007 Nov-Dec;636(1-3):178-242.
 19. Rook JJ. Formation of haloforms during chlorination of natural waters. J Water Treat Exam. 1974;23:234-43.
 20. Røstum J. Recovery from a waterborne epidemic. In: Presentation of the COST C19 workshop; 2007 Mar 5; Brno, Czech Republic.
 21. Snížek E. Sterilisace vod pitných. Plyn a voda. 1925;5:2-7.
 22. Statistika vodovodů Československé republiky dle stavu r. 1928. Praha: Plynárenské a vodárenské sdružení čs; 1932.
 23. Věstník pro vodní hospodářství. 1924;3(4):63.
 24. Věstník pro vodní hospodářství. 1924;3(11):176.
 25. Water Quality and Health [homepage in the Internet]. Christman K. The history of chlorine [cited 2005 Aug 25]. Available from: <http://www.waterandhealth.org/drinkingwater/history.html>.
 26. Water Quality and Health [homepage in the Internet]. Newsletter Water and Health. A public health giant step: chlorination of drinking water [cited 2009 Aug 25]. Available from: http://www.waterandhealth.org/drinkingwater/chlorination_history.html.
 27. World Health Organization. Guidelines for drinking water quality. 1st ed. Geneva: WHO; 1984.
 28. World Health Organization. Guidelines for drinking-water quality. 3rd ed. Geneva: WHO; 2004.
 29. World Health Organization. Plány pro zajištění bezpečnosti vody: řízení kvality pitné vody od povodí ke spotřebiteli. WHO/SDE/WSH/05.06. Brno: Vodárenská akciová společnost; 2006.

Došlo do redakce: 14. 8. 2009

Přijato k tisku: 10. 9. 2009

*Prof. MUDr. Vladimír Bencko, DrSc.
Ústav hygieny a epidemiologie 1.LF UK+VFN
Studničkova 7
128 00 Praha 2 - Albertov
E-mail: vladimir.bencko@lf1.cuni.cz*