

## VÝHODY A NEVÝHODY ZBYTKOVÉHO CHLORU Z HLEDISKA MIKROBIOLOGICKÉHO

**RNDr. Jaroslav Šašek**

Státní zdravotní ústav, Šrobárova 48, 100 42 Praha 10, e-mail: [sasek@szu.cz](mailto:sasek@szu.cz)

Současné platné předpisy nepožadují striktně vodu dezinfikovat při její úpravě na vodu pitnou. Vyžadují splnění příslušných bakteriologických limitů, které by měly garantovat zdravotní nezávadnost pitné vody po mikrobiologické stránce. Základem této garance je indikátorový systém, založený na stanovení fekálních bakterií. Systém má svá omezení, účelem příspěvku není rozebírat nedostatky indikátorového systému. Uvedme jen, že nepostihuje kontaminaci nefekálního původu, nepostihuje ani všechny mikroorganismy fekálního původu, jako parazitické prvky a viry.

Žádná úprava vody, tedy i dezinfekce jako finální článek úpravy není stoprocentní. Průnik mikroorganismů v nedetekovatelném množství do distribuční sítě je možný. Rozvodný systém pitné vody není hermeticky uzavřený, komunikuje s vnějším prostředím přirozenou cestou (ventilace vodojemů) ale i nepřírozeně (havárie, poruchy, opravy, absence tlaku v síti, nasátí vody, propojení různých rozvodů, netěsnosti vodojemů, sítě). Mikroorganismy, prošlé do sítě se mohou zachycovat v biofilmech na vnitřních površích rozvodů, mohou zde přežívat různou dobu nebo se pomnožovat a následně opět se do vody uvolňovat. Mikroby se mohou uvolňovat do vody rozvodů i při resuspendaci vytvořených sedimentů. Dřívější legislativa požadovala určité zbytkové koncentrace volného chloru, či jiných biocidních látek s reziduálním účinkem. Předpokládalo se, že toto reziduum bude působit směrem k ochraně veřejného zdraví, že bude prevencí proti stížnostem konsumentů na pachové a chuťové vlastnosti vody, bude brzdit rozvoj koliformů, formaci biofilmů, event. čelit náhodné kontaminaci z vnějšího prostředí. Případná spotřeba chloru v síti by byla i určitým ukazatelem rozvoje biofilmů, nutričního potenciálu vody, tedy její biologické stability. Na této stabilitě se m.j. podílí zejména dostupné makronutrienty, především organický uhlík (C), vyjadřovaný různými ukazateli jako BDOC (biologicky rozložitelný organický uhlík), AOC (asimilovatelný organický uhlík). Význam mají i další hlavní makronutrienty, jako je dusík (N) a fosfor (P). Hodnoty těchto makronutrientů, které by neměly vliv na formaci biofilmů činí – N (dusík ve formě amoniaku či dusičnanů) < 0,1 mg N/l; P (fosfor celkový) < 0,005 mg P/l, hodnota > 0,01 mg P/l již podporuje rozvoj biofilmů [8]. Limitní hodnota pro organický uhlík, stanovený jako BDOC (biodegradabilní organický uhlík) činí 0,15 mg C/l dle Servaise [1]; vyšší hodnotu 0,50 mg C/l udává Prevost [2], hodnotu 0,65 mg C/l pro psychofilní bakterie ve vodovodních systémech uvádí Strnadová [3]. Ukazatel AOC (asimilovatelný organický uhlík – představuje podíl z rozpuštěného organického uhlíku, využitého mikroorganismy), hodnota < 10 µg C-acetátu/l limituje rozvoj organotrofní mikroflóry [4]. Vliv kontaminace distribuční sítě z vnějšího prostředí (opravy, poruchy, netěsnosti rozvodů) na zdraví dokumentuje norská práce [5], která hodnotí epizody sníženého tlaku či jeho absence v síti. Studie, srovnávající gastrointestinální onemocnění při zásobování pitnou vodou ukázala, že domácnosti při těchto epizodách vykazují onemocnění na úrovni 12,7 %, zatímco u domácností neovlivněných jen na úrovni 8,0 % (sledováno během týdenní periody po „epizodě“ snížení tlaku v síti) – hodnota RR (risk ratio) činí 1,58 s CI 95 v rozmezí 1,1–2,3.

Jaká reziduální koncentrace chloru postačí k eliminaci této kontaminace? Na tuto otázku odpovídá kanadská práce [6], která ukázala, že rezistentní mikroorganismy (sporulující bakterie, viry) nejsou ovlivněny reziduální koncentrací chloru v síti. Přítomnost chloru rychle inaktivuje jen indikátorové bakterie (*E. coli*, termotolerantní koliformy), ale mnohem rezistentnější patogeny nechává hodiny neovlivněny. Inaktivace indikátorových bakterií reziduálním chlorem může naopak poskytnout falešnou informaci o kvalitě vody a její bezpečnosti. Na př. *E. coli* je za 5 min při 20 °C redukována o 5 log řádů, ale při 4 °C až za několik hodin (>300 min); *C. perfringens* a kolifág *Phi-X 170* jsou inaktivovány až za několik hodin (> 1.000 min) a to jen o 3-log řády, v obou případech při 0,4 mg/l Cl<sub>2</sub>. Při koncentraci 0,1 mg/l Cl<sub>2</sub> nedochází prakticky k redukci ani *E. coli* ani po hodinách působení.

### **PITNÁ VODA BEZ POUŽITÍ CHEMICKÉ DEZINFEKCE**

Biologicky stabilní voda představuje možnost, jak dodávat pitnou vodu bez chemické dezinfekce. Jednou cestou je pouze využití UV záření pro finální ošetření dodávané vody, další pak vypuštění jakékoliv chemické či fyzikální dezinfekce. Některá evropská města (v Německu, Finsku, Holandsku, Francii, Švýcarsku, Polsku, ČR a j.) neaplikují chemickou dezinfekci do distribučního systému pitné vody vůbec, nebo jen používají k zabezpečení UV záření. To je možné v systémech s vysokou kvalitou pitné vody (nízká koncentrace nutrientů a tedy biologicky stabilní voda), kde je nízká teplota a krátká doba zdržení vody v síti [7,9]. Ve velkých systémech je třeba obvykle ještě dávkovat nízké koncentrace chloru vedle desinfekce UV záření, v těch malých je jedinou dezinfekční metodou jen UV záření [10]. Některá velká města (Berlín) nepoužívají vůbec žádnou dezinfekci, pouze periodicky distribuční síť ošetří jednorázově chlorací s periodou cca 1x za půl roku; podmínkou je vysoce kvalitní voda, zde podzemní a určité podmínky provozu sítě [nepublikované údaje – seminář k dezinfekci vody v SZÚ z r. 2000].

Jiný příklad představuje vodárna v Curychu [11], která získává pitnou vodu z povrchových zdrojů (Curyšské jezero) a nepoužívá žádnou dezinfekci. To je možné až po splnění určitých podmínek, než je možné přejít na provoz bez dezinfekce. Rozvodnou síť je nutno nejprve prověřit, vadné úseky opravit; dobrým indikátorem stavu sítě jsou ztráty v důsledku netěsností a havárií. Přiměřený přetlak vody pak brání mikrobiální kontaminaci z vnějšku (distribuční síť v Curychu vykazovala tlak 4-11 barů a jen 5 % ztrát). Nepříznivému vlivu stagnace vody, především v méně využívaných částech sítě se čelí 2 x ročně proplachem. Případné opravy, rekonstrukce a jiné zásahy musí být doprovázeny akveduktní dezinfekcí. Předpokladem je též volba vhodných materiálů instalací a nátěrů, které nesmí uvolňovat do vody odbouratelné látky. Další podmínkou pro provoz bez dezinfekce je voda s minimálním obsahem živin (podzemní zdroje). V případě povrchových zdrojů je nutno vodu upravovat, je třeba volit postupy, jež nevedou k růstu AOC (ozonizace, chlorace), spíše ty, založené na biologické filtraci. Zde proces úpravy povrchové vody z jezera dosáhl úrovně 10 µg/l AOC a počty zárodků v síti tak dosáhly úrovně pod 10 ktj/ml. Přejít na režim bez dezinfekce je vhodné realizovat postupně, se snižováním dávkování původního prostředku. Pozornost je třeba věnovat určitým úsekům sítě – s nízkými průtoky, potrubím s plasty či vnitřními organickými nátěry a pod. Pro kritické situace je vhodné mít v záloze možnost krátkodobé aplikace dezinfekčního prostředku (v tomto případě to byl ClO<sub>2</sub> s dávkováním 0,05 mg/l). Praxe ukázala, že v síti byly počty zárodků jen v jednotkách ktj/ml, občas na úrovni 100 - 300 ktj/ml, což se řešilo proplachem daných úseků zvýšeným průtokem 0,5 m/s. Jediná kritická situace, kdy bylo nutno zastavit provoz úpravy jezerní vody, po němž došlo k nárůstu počtů zárodků nad 1000 ktj/ml, byla řešena zmíněnou aplikací chlordioxidu.

Jiným příkladem je zabezpečení pitné vody pro město Pardubice ze zdrojů kvalitní podzemní vody ÚV zářením. Předpokladem je vhodný zdroj vody, který je relativně chráněn před kontaminací z vnějšího prostředí (podzemní vrty, infiltrace z větších hloubek). Teplota představuje významný parametr rozvoje mikroflóry, tu je nutno udržovat < 15 °C, obsah nutrientů ve vodě (C,P,N) musí odpovídat doporučeným hodnotám BDOC, AOC, N,P. Správný provoz a údržba distribuční sítě představují nutnou podmínku přechodu na režim dodávky pitné vody bez chemické dezinfekce. Jedná se o pravidelný proplach sítě (1-2 x ročně), eliminující vliv sedimentů na kvalitu vody, podobně i krátká doba zdržení či rychlost proudění v potrubí (1-2 m/s), udržování přetlaku v síti, pravidelná údržba a rychlé opravy s adekvátní dekontaminací či nárazové použití chloru (1 x ročně) přispívají ke kvalitě a stabilitě vody.

Realita však ukazuje, že někdy dojde při zásobování pitnou vodou při absenci dezinfekce k epidemiím různého rozsahu, zejména v případě studní, vrtů nebo i distribučního systému po jeho kontaminaci odpadní vodou. Beller [12] dokumentuje případ takovéto kontaminace studně odpadní vodou v Yukonu (Aljaška, Kanada), kde došlo k onemocnění hostů a zaměstnanců restaurace noroviry. Podobný příklad je i z Wyomingu, USA [13], kde došlo po kontaminaci podzemní vody odpadní vodou k infekci také noroviry. Ovšem nejen nedezinfikované vody (studny, vrty), ale také nedostatečně dezinfikovaná povrchová voda či dokonce chlorovaná pitná voda v síti (s reziduální koncentrací chloru) při selhání bariér ochrany zdrojů či sítě může způsobit epidemie, jak je dokladováno níže na příkladech virových epidemií. Z Finska dokládá Heinävesi velkou epidemii (3.000 případů) noroviry z neadekvátně chlorované vody (2% NaClO dávkován do upravené vody filtrací) z jezera, kontaminovaného odpadními vodami [14]. Průkaz virů (adenoviry) dokonce v upravené chlorované pitné vodě uvádí i Heerden [15] z J. Afriky, podobně Vivier [16] prokázal enteroviry v upravené vodě taktéž v J. Africe, polioviry prokázal Vilagines [17] v pitné vodě z Francie, další nálezy jsou z jihokorejského Soulu, týkají se enterovirů a adenovirů v rozvodu pitné vody [18].

Rozvoj mikroorganismů ve volné vodě v distribuční síti je obvykle zanedbatelný. Při nálezu vyšších počtů jde spíše o důsledek odlučování mikrobů z biofilmů nebo jejich resuspendace z případných sedimentů do vody při změnách hydraulických poměrů (tlakové rázy, maximální odběr). Proto veškerá opatření, vedoucí k omezení rozvoje biofilmů přispívají k minimalizaci počtu mikrobů ve volné vodě a ke snížení případného zdravotního rizika při zásobování pitnou vodou. Nejčastější opatření proti biofilmům je právě použití dezinfekce vody, jiným přístupem je pak zajištění kvality a mikrobiologické nezávadnosti pitné vody bez použití chemické či jiné dezinfekce. To ale předpokládá vytvoření určitých podmínek, výše uvedených. Samotný vliv opatření při boji proti rozvoji biofilmů, co by hlavní příčině nežádoucí kvality pitné vody, však nemusí být úspěšný. To je dáno tím, že i když jednotlivá opatření principiálně ovlivňují rozvoj biofilmu, celý proces je složitější, komplexnější a působení jednotlivých opatření je provázané. Na př. na rozvoj biofilmu při absenci biologicky rozložitelných organických látek (BOM) nemá významný vliv teplota, ale hydrodynamické podmínky v síti (smykové síly při proudění vody, zodpovědné za erozi a odlučování biofilmu). Je-li však BOM dostupný, má teplota vody zásadní vliv i při nízké hodnotě smykových sil v distribučním systému [19].

**Tabulka 1. Vliv nutrientů (BOM), teploty při absenci zbytkového chloru**

BOM přídavek [µg/l]	reziduální Cl <sub>2</sub> [mg/l]	teplota [°C]	materiál rozvodů	biofilm [log ktj / cm <sup>2</sup> ]
0	0	8	polykarbonát	4,52
0	0	26	polykarbonát	4,80
500	0	26	polykarbonát	6,76
500	0	8	polykarbonát	4,99

## PITNÁ VODA S POUŽITÍM CHEMICKÉ DEZINFEKCE

Představuje klasickou cestu zajištění kvality a mikrobiologické nezávadnosti, především oxidativními biocidními prostředky. Chemická dezinfekce představuje obvykle finální krok úpravy vody; požadavkem je splnění parametrů fyzikálně-chemických a mikrobiologických ukazatelů dle příslušných právních předpisů. Obsahuje-li voda v síti určitou koncentraci zbytkového dezinfekčního prostředku, tento při kontaminaci rozvodů z vnějšího prostředí reaguje s organickým znečištěním a mikroorganismy. Další jeho spotřeba jde na úkor reakce s biofilmy, materiály rozvodů event. i sedimenty v síti. Rychlá spotřeba chloru a tedy absence či velmi nízká jeho zbytková koncentrace hrozí při koncentraci BDOC ve vodě > 0,6 mg/l a při průměru potrubí < 40 mm [20]. U železných rozvodů jde hlavní spotřeba obvykle na úkor koroze materiálů event. přítomných sedimentů, u plastů (PE, PVC) jde spotřeba obvykle na úkor volné vody (organické látky) a sedimentů.

Otázkou je, zda zbytková koncentrace dezinfekčního prostředku v rozvodné síti je dostatečná? Při úpravě pitné vody se na př. používá maximálně 1,2 mg/l chloru, předpisy povolují v síti max. 0,3 mg/l, reálně se vyskytuje mnohem méně. Údaje monitoringu pitných vod v ČR (2008) uvádějí pro koncentraci volného chloru medián 0,04 mg/l, kvantil 90% 0,14 mg/l. Při kontaminaci z vnějšího prostředí lze předpokládat v případném inokulu mikroorganismů vedle organotrofní mikroflóry i patogenní mikroby. Pro inaktivaci infekčních agens uvádí US CDC (Centrum for Prevention and Diseases Control, Atlanta, USA) doby inaktivace infekčních agens pro uvedenou koncentraci chloru ( internetové stránky CDC):

**Tabulka 2. Doby inaktivace významných agens**

<b>1 mg/l (ppm) volný chlor, pH = 7,5; 25 °C (ne pro stabilizátor ch - IKA)</b>	
E. coli O157:H7	<< 1 minuta
Hepatitis A virus	cca 16 min.
Giardia	cca 45 min.
Cryptosporidium	cca 9.600 min. = 6,7 dní

Běžná vodárenská praxe při dezinfekci cca 1 mg/l volného chloru s dobou působení 30 minut (CT = 30) zajistí inaktivaci běžných bakterií, střevních patogenů a virů, nikoliv prvoků, ty musí eliminovat úprava. Jiná situace nastane při kontaminaci sítě s reziduální koncentrací cca 0,05 – 0 mg/l Cl<sub>2</sub>; v tomto případě bude i devitalizace virů či bakteriálních patogenů problematická.

### **Účinek chloru na biofilmy:**

Podstatné pro posouzení účinků chemické dezinfekce je sledování rozvoje mikroflóry nikoliv ve volné vodě v rozvodech, ale v biofilmech, neboť zde je přítomna většina biomasy buněk mikrobů (> 95%) a počty buněk ve volné vodě jsou „odrazem“ jejich rozvoje v biofilmu, neb se tyto uvolňují (erozí, odlučováním fragmentů) do volné vody. Řada prací dokládá působení chemické dezinfekce na biofilmy [10]; redukce (i řádová) výchozích počtů mikrobů na cm<sup>2</sup> plochy biofilmu však neeliminuje veškerou bakteriální biomasu, jen poněkud sníží její rozvoj. Podobně uvádí Hallam [21] redukci biofilmu (biomasa vyjádřena jako pg ATP /cm<sup>2</sup>) koncentrací chloru 0,2 mg/l na < 50 pg ATP /cm<sup>2</sup> a při 0,3 mg/l Cl<sub>2</sub> na < 10 pg ATP /cm<sup>2</sup> - v síti za reálných poměrů (s reziduální koncentrací) tato hodnota kolísá v rozpětí 2 – 1167 pg ATP /cm<sup>2</sup>, Van der Kooij [22] uvádí i 1300 pg ATP /cm<sup>2</sup>. To signalizuje, že zbytkové koncentrace za reálných podmínek významně biofilmy neovlivní. Současně práce [21] Dále je dokumentován i vliv materiálu rozvodů na aktivitu biofilmu – na skle se vytvoří biomasa, vyjádřená jako ATP na plochu 136 pg ATP / cm<sup>2</sup>, na cementovaném povrchu 212 pg ATP/ cm<sup>2</sup>, na MDPE 302 pg ATP/ cm<sup>2</sup>, na PVC 509 pg ATP/ cm<sup>2</sup>.

Počty mikroorganismů v biofilmech (reziduální koncentrace chloru < 0,02 mg/l):

Percival [23] popisuje rozvoj biofilmů na materiálech, jako je ocel zušlechťená kovy (Ni, Cr, Mo), jež jsou odolnější vůči korozi než měděné materiály nebo mědi galvanisovaná ocel. Zbytková koncentrace volného chloru činila < 0,02 mg/l. Počty kultivovatelných buněk v biofilmu dosahovaly (v experimentálním okruhu po 24 měsících)  $1,9 \cdot 10^3$  ktj/cm<sup>2</sup> u oceli 304 (Ni + Cr);  $3,2 \cdot 10^2$  ktj/cm<sup>2</sup> u oceli 316 (Ni+Cr+Mo). V případě celkových počtů buněk činily  $6,8 \cdot 10^5$  ktj/cm<sup>2</sup> u oceli 304 a  $5,6 \cdot 10^5$  ktj/cm<sup>2</sup> u oceli 316 při průměrné rychlosti proudění vody v rozvodech 0,64 m/s. Počty kultivovatelných buněk jsou řádově nižší než celkové počty buněk v biofilmu, jisté rozdíly mezi materiály (ocel 304, 316) jsou patrné při nižších rychlostech proudění.

Poměry za vyšších reziduálních koncentrací volného chloru (0,2 až 0,5 mg/l):

Camper [24] experimentálně srovnává vliv různých materiálů rozvodů (PVC, železo, cementované a epoxy materiály) bez zbytkového chloru a s reziduem 0,2 mg/l. Nejvyšší rozvoj biofilmu (kultivovatelné buňky) vykazují železné materiály, střední cementované a epoxy materiály, nejnižší PVC. Účinek zbytkové koncentrace volného chloru na počty kultivovatelných mikrobů jako log ktj /ml dokumentuje tabulka:

materiál	PVC	cement	epoxy	železo
reziduální Cl <sub>2</sub> = 0 mg/l	4,58	4,90	4,37	4,99
reziduální Cl <sub>2</sub> = 0,2 mg/l	3,37	3,81	3,48	4,23

Nejvyšší rozvoj biofilmu indikovaný kultivovatelnými buňkami na odtoku ze zařízení, vykazují železné materiály, střední cementované a epoxy materiály, nejnižší PVC.

Faktory ovlivňující rozvoj biofilmu studovali i Ollos a kol. [19] na experimentálním zařízení - zbytkovou dezinfekci, materiály, teplotu, BOM, hydraulické poměry.

**Tabulka 3. Vliv přídatku BOM, zbytková a nulová koncentrace chloru**

BOM přídatek [μg/l]	reziduální Cl <sub>2</sub> [mg/l]	teplota [°C]	materiál rozvodů	biofilm [log ktj/cm <sup>2</sup> ]
500	0	26	polykarbonát	6,76
0	0	26	polykarbonát	4,80
500	0,5	26	polykarbonát	3,52
0	0,5	26	polykarbonát	2,72
500	0	8	litina	6,90
0	0	26	litina	5,83
500	0,5	8	litina	3,11
0	0,5	26	litina	2,97

Nižší hodnota BOM a vyšší hodnota reziduálního chloru vedou k nejnižšímu rozvoji biofilmu v případě obou materiálů; reziduální chlor (0,5 mg/l) i při vysoké hodnotě BOM (500 μg/l) vykazuje o 3 – 3,5 řádu nižší rozvoj biofilmu (v log ktj/cm<sup>2</sup>) u obou materiálů proti situaci bez rezidua (0 mg/l Cl<sub>2</sub>).

## ZÁVĚR

Z uvedeného plyne, že obě varianty (dezinfekce či její absence) mají své výhody a jistá omezení. Voda bez dezinfekce má výhodu absence nežádoucích vedlejších produktů dezinfekce, je však zranitelná vůči kontaminaci a rozvoji mikroflóry uvnitř distribučního systému, zejména na jeho površích. Takto lze vodu dodávat jen za určitých podmínek (biologická stabilita, doba zdržení, průtokové poměry, teplota, péče a údržba sítě, její velikost). Dezinfikovaná voda má nevýhodu výskytu vedlejších produktů dezinfekce, ovlivnění pachových a chuťových vlastností, má větší potenciál brzdění rozvoje

organotrofních mikrobů (za urč. podmínek) ve volné vodě i v biofilmech. Zbytkové koncentrace dezinfekčního prostředku však těžko mohou eliminovat případnou kontaminaci (především virového a protozoálního původu).

#### **Literatura:**

1. Servais, P. et al. (1987): Determination of the biodegradable fraction of dissolved organic matter in waters. *Wat. Res.*, 21 (4), 445-450.
2. Prevost, M. et al. (1998): Suspended bacterial biomass and activity in full-scale drinking water distribution systems: impact of water treatment. *Wat. Res.* Vol. 32, No. 5, pp. 1393-1406.
3. Van der Kooij, D. (1992): Assimilable organic carbon as indicator of bacterial regrowth. *J. AWWA*, 84, (2), 57-65.
4. Strnadová, N. a kol. (2004): Hodnocení biologické stability vody pomocí parametru BDOC. *SOVAK* 13:5:150-151.
5. Nygård, K et al. (2007): Breaks and maintenance work in the water distribution systems and gastrointestinal illness: a cohort study. *International Journal of Epidemiology* 2007; 36:873-880.
6. Payment, P. (1999): Poor efficacy of residual chlorine disinfectant in drinking water to inactivate waterborne pathogens in distribution systems. *Can. J. Microbiol.* 45: 709-715.
7. Uhl, W. et al. (2001): Preventing bacterial regrowth in old distribution systems without disinfection. *IWA Second World Water Congress, Berlín, 15-19.10.2001 (CD-ROM)*.
8. Chu, Ch. et al. (2005): Effects of inorganic nutrients on the regrowth of heterotrophic bacteria in drinking water distribution systems. *J. of Environmental Management* 74, 255-263.
9. Van der Kooij, D. et al. (1998): Distributing water without disinfectant: highest achievement or height of folly? In: Gerlach, M., Gimbel, R. (Eds.), *Proceedings of Specialized Conference on Drinking Water Distribution With and Without Disinfectant Residual, Muelheim an der Ruhr, Germany, 28.30.9. 1998. IWW Rheinisch-Westfälisches Institut für Wasserforschung, Muelheim.*
10. Lehtola, M.L. et al. (2005): Pipeline materials modify the effectiveness of disinfectants in drinking water distribution systems. *Water Research* 39, 1962-1971.
11. Beneš, J. (2000): Provoz vodovodních sítí bez dezinfekce, *SOVAK*, č. 3, str. 29-30. Zpracováno dle článku R. Forstera a H.P. Kleina uveřejněného v časopise *GWA- Gas-Wasser-Abwasser* ze září 1998.
12. Beller, M. et al. (1997): Outbreak of viral gastroenteritis due to a contaminated well. *JAMA*, Aug. 20, vol. 278, iss. 7, pg. 53.
13. Parshionkar, S.U. et al. (2003): Waterborne outbreak of gastroenteritis associated with a norovirus. *Applied and Environmental Microbiology*, vol. 69, no. 9, p. 5263-5268.
14. Kukkula, M. et al. (1999): Outbreak of viral gastroenteritis due to drinking water contaminated by Norwalk-like viruses. *The Journal of Infection Diseases*, 180: 1771-6.
15. Heerden J. V. et al. (2003): Incidence of adenovirus in raw and treated water. *Water Research*, 37, p. 3704-3708.
16. Vivier, J.C. et al. (2004): Detection of enteroviruses in treated drinking water. *Water Research*, 38, p. 2699-2705.
17. Vilagines, Ph. Et al. (1997): Roun robin investigation of glass wool method for poliovirus recovery from drinking water and sea water. *Wat. Sci. Tech.* Vol. 35, No. 11-12, pp. 445-449.
18. Lee, S-H, Kim. S-J. (2002): Detection of infectious enteroviruses and adenoviruses in tap water in urban areas in Korea. *Wat. Res.* 36, pp. 248-256.
19. Ollos, P. J. et al. (2003): Factors affecting biofilm accumulation in model distribution systems. *J. AWWA*, 95:1, pg. 87-97.
20. Lu, W. et al. (1999): Chlorine demand of biofilms in water distribution systems. *Wat. Res.* Vol. 33, No. 3, pp. 827-835.
21. Hallam, N.B. et al. (2001): The potential for biofilm growth in water distribution systems. *Wat.Res.* Vol. 35, No. 17, pp. 4063-4071.
22. Van der Kooij, D. et al. (1995): Biofilm formation on surfaces of glass and teflon exposed to treated water. *Water Research* 23, 1313-1322.
23. Percival, S.L. et al. (1998): Biofilms, mains water and stainless steel. *Wat. Res.* Vol. 32, No. 7, pp. 2187-2201.
24. Camper, A. K. et al. (2003): Effect of distribution system materials on bacterial regrowth. *J. AWWA*, 95:7, pg. 107-121.