



Studiedag Legionella - 3 april 2003

Alternatieve desinfectietechnieken voor Legionella: pro en contra's

Jan Gruwez

(milieudeskundige Trevi milieuadvies & technologie, Gent)



Overzicht desinfectietechnieken

- Thermische behandeling
- Breekpuntschlorering
 - ✓ natriumhypochloriet NaOCl
 - ✓ chloordioxide ClO_2
 - ✓ monochlooramine NH_2Cl
- Peroxidatie
 - ✓ waterstofperoxide H_2O_2
- Ozonisatie
- UV-desinfectie
- Koper / Zilver ionisatie
- Elektrolyse
- Ultrafiltratie





Beoordelingscriteria

- **Efficiëntie**
 - ✓ afdoden **Legionellabacteriën** in waterfase
 - ✓ vermeerdering **Legionellabacteriën** in biofilm
 - ✓ bescherming tegen nagroei en biofilmvorming
- **Neveneffecten op watersamenstelling en/of milieu**
 - ✓ maximum toelaatbare concentratie van actieve stof(fen)
 - ✓ vorming van toxische nevenproducten
 - ✓ beïnvloeding van kleur, smaak en geur
- **Invloed op gebruikte materialen**
- **Toepassingsgebied**
 - ✓ watersamenstelling
 - ✓ type installaties
- **Controle en onderhoud**
- **Installatie- en werkingskosten**

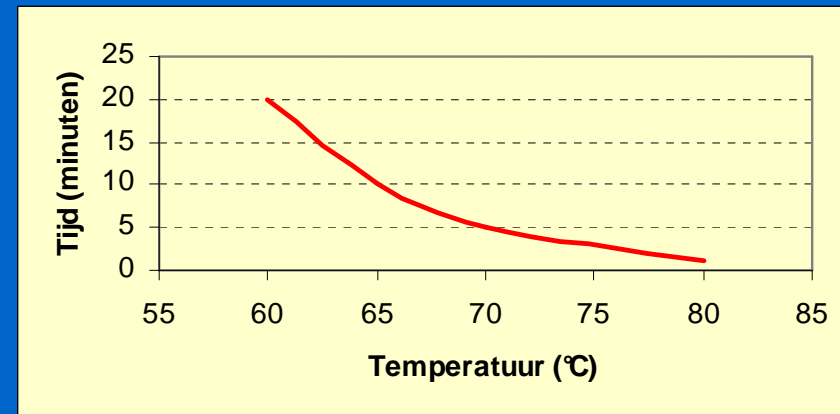


Thermische desinfectie (1)

■ Principe

- ✓ Warmwatersystemen op minimaal 60 °C houden
- ✓ Mengwatersystemen wekelijks met heet water doorspoelen

60 °C	20 min.
65 °C	10 min.
70 °C	5 min.
80 °C	1 min.





Thermische desinfectie (2)

■ Voordelen

- ✓ Eenvoudig en zeer efficiënt
- ✓ Gemakkelijk controleerbaar (thermometer)
- ✓ Geen schadelijke nevenproducten
- ✓ Geen effect op smaak en geur

■ Nadelen

- ✓ Niet altijd toepasbaar (bv. koudwatersystemen)
- ✓ Goede doorstroming is absoluut noodzakelijk
- ✓ Niet geschikt voor alle materialen (bv. bepaalde kunststoffen)
- ✓ Bescherming tegen verbranding vereist
- ✓ Gevaar van kalkafzetting (water eventueel vooraf ontharden)
- ✓ Geen nawerking



Breekpuntschlorering

■ Voorkomen van chloor in water

opgelost chloor (Cl_2)

hypochlorig zuur (HOCl)

hypochlorietion (OCl^-)

pH-waarde

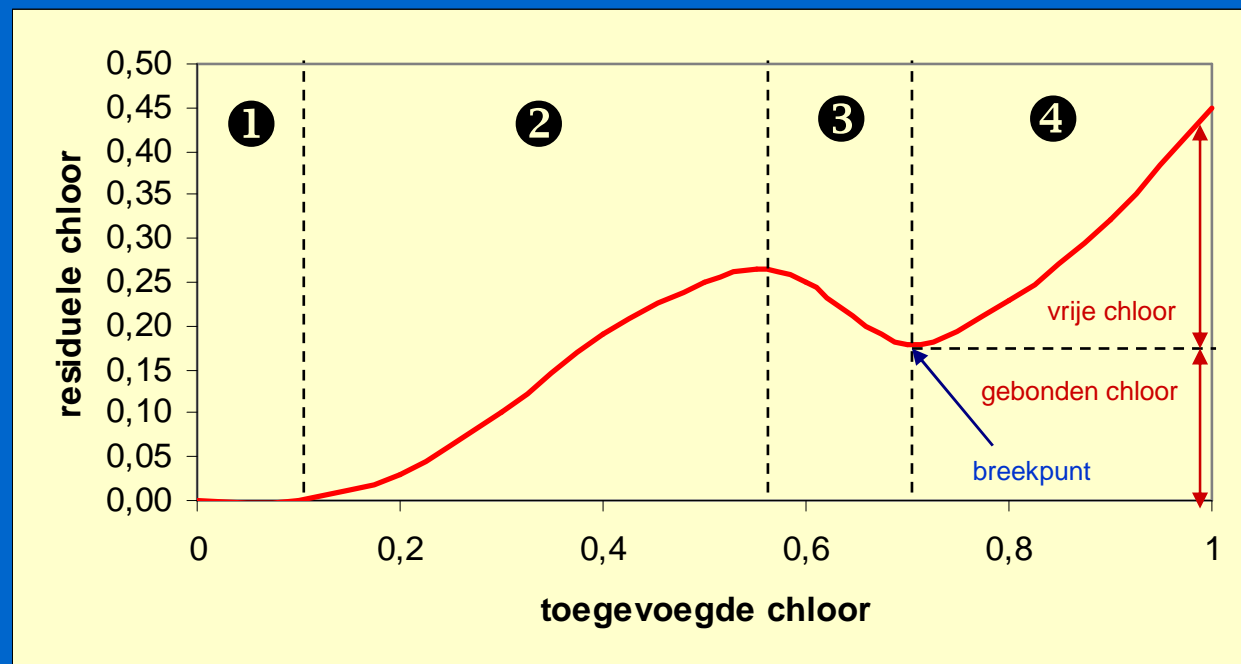


- ✓ Afhankelijk van pH van het water
- ✓ Desinfecterend vermogen van HOCl is 40 tot 80 keer groter dan dit van het OCl^- -ion
- ✓ HOCl komt voornamelijk voor bij neutrale tot licht zure pH

Dosering natriumhypochloriet (1)

■ Actieve stof

- ✓ Natriumhypochloriet (NaOCl) : industriële oplossing bevat ongeveer 150 g/l actief chloor
- ✓ Minimale concentratie van 0.5 mg/l vrij actief chloor vereist





Dosering natriumhypochloriet (2)

■ Continue toepassing

- ✓ Debietproportionele dosering van relatief lage concentratie
- ✓ Vereiste hoeveelheid afhankelijk van type water (± 5 mg/l)
 - ✓ samenstelling van het te behandelen water
 - ✓ aanwezigheid van organisch materiaal in systeem
- ✓ Controle van hoeveelheid vrij actief chloor aanbevolen

■ Discontinue toepassing

- ✓ Schokdosering (enkele uren) van relatief hoge concentratie
- ✓ Vereiste hoeveelheid afhankelijk van type water (± 20 mg/l)





Dosering natriumhypochloriet (3)

■ Voordelen

- ✓ Eenvoudige en bewezen desinfectietechniek
- ✓ Relatief goedkoop product
- ✓ Installatie vereist weinig onderhoud
- ✓ Apparatuur niet gevoelig voor storingen

■ Nadelen

- ✓ Efficiëntie is sterk pH-afhankelijk (bij voorkeur $\text{pH} < 7.5$)
- ✓ Legionella is relatief chloorresistent (zeker in vgl. met E. coli)
- ✓ Bestrijding in biofilm veel minder effectief
- ✓ Vorming van carcinogene stoffen (trihalomethanen)
- ✓ Effecten op geur en smaak
- ✓ Risico op corrosie van materialen (voornamelijk koper)





Dosering chloordioxide (1)

■ Actieve stof

- ✓ Chloordioxide (ClO_2) is een gas dat in situ wordt aangemaakt door reactie van natriumchloriet met zoutzuur



- ✓ Hogere oxiderende werking dan natriumhypochloriet

■ Continue toepassing

- ✓ Maximale dosering beperkt tot 0.2 mg/l ClO_2 vanwege vorming van chloriet als nevenproduct
- ✓ Onvoldoende om vooropgestelde efficiëntie te bereiken

■ Discontinue toepassing

- ✓ Schokdosering (enkele uren) van relatief hoge concentratie
- ✓ Vereiste hoeveelheid ongeveer 1 à 2 mg/l



Dosering chloordioxide (2)

■ Voordelen

- ✓ Vergelijkbaar met gebruik van NaOCl
- ✓ Hogere oxiderende werking reduceert vereiste dosering en verlaagt nodige contacttijd
- ✓ Werking is veel minder pH afhankelijk (pH 4.0 - pH 10.0)
- ✓ In staat om biofilm te verwijderen

■ Nadelen

- ✓ Vergelijkbaar met dosering van NaOCl
- ✓ Dient in situ te worden vervaardigd
- ✓ Vorming van chloriet als ongewenst nevenproduct
- ✓ Enkel discontinu toe te passen





Dosering monochlooramine

■ Actieve stof

- ✓ Monochlooramine (NH_2Cl) wordt gevormd door reactie van natriumhypochloriet met ammonium



- ✓ Continue concentratie van ± 2 mg/l in systeem aanbevolen

■ Voordelen

- ✓ Vergelijkbaar met dosering van NaOCl
- ✓ Wel grotere stabiliteit in water
- ✓ Dringt door tot in biofilm

■ Nadelen

- ✓ Vergelijkbaar met dosering van NaOCl
- ✓ Gebruik af te raden wegens hoge toxiciteit



Dosering waterstofperoxide

■ Actieve stof

- ✓ Waterstofperoxide (H_2O_2) reageert in aanwezigheid van katalysator (Fe, Mn, Cu, Ni, Cr,...) met organisch materiaal
- ✓ Uitsluitend voor kortstondige, periodieke behandeling (24 uur)
- ✓ Dosering van 200 tot 500 mg/l noodzakelijk

■ Voordelen

- ✓ Eenvoudige en bewezen desinfectietechniek
- ✓ Waterstofperoxide ontbindt in water en zuurstof zodat geen schadelijke residuen worden gevormd

■ Nadelen

- ✓ Zwak desinfectiemiddel waardoor hoge dosering is vereist
- ✓ Verdacht mutageen en dus ongeschikt als continue toepassing





Ozonisatie (1)

■ Werkingsprincipe

- ✓ Vorming van ozon gebeurt via elektrische ontlading in gedroogde lucht of in zuivere zuurstof



- ✓ Veroorzaakt destructie van de celwand
- ✓ Richtwaarden dosering: 1 tot 5 mg/l

■ Voordelen

- ✓ Korte contacttijd volstaat door snelle reactie
- ✓ Geringe impact op milieu en geen restproducten
- ✓ Maakt water kleur-, smaak- en geurloos



Ozonisatie (2)

■ Nadelen

- ✓ Afbraak van biofilm minimaal
- ✓ Geen nawerking
- ✓ Moeilijk meetbaar
- ✓ Dure desinfectietechniek t.g.v. elektriciteitsverbruik (ongeveer 3 tot 5 keer duurder dan chloordosering)





UV-desinfectie (1)

■ Werkingsprincipe

- ✓ UV-stralen met golflengte van 253,7 nm dringen door celwand van micro-organismen en worden geabsorbeerd door DNA
- ✓ Kiemdoding vindt plaats tijdens doorstromen van reactorkamer
- ✓ Instelling van apparaat gebeurt aan de hand van
 - ✓ maximale debiet (bv. 5000 liter/uur)
 - ✓ gewenste UV-dosis (bv. 40 mJ/cm²)
 - ✓ transmissie waarde van het water (bv. 80%)





UV-desinfectie (2)

■ Voordelen

- ✓ Eenvoudige en bewezen desinfectietechniek
- ✓ Automatische controle van UV-dosis en gemakkelijke bijsturing
- ✓ Geen chemicaliënverbruik en bijgevolg geen nadelige invloed van eventuele restconcentraties

■ Nadelen

- ✓ Legionella bacteriën zijn relatief UV tolerant (?)
- ✓ Relatief hoge kostprijs voor installatie en lampen
- ✓ Beperkte levensduur van de lampen (ongeveer 10.000 uren)
- ✓ Geen effect op Legionella in biofilm en biofilmvorming
- ✓ Geen nawerking





Koper / Zilver ionisatie (1)

■ Werkingsprincipe

- ✓ Door ionisatie worden koper- (Cu^{2+}) en zilverionen (Ag^{2+}) aan het water toegevoegd
- ✓ Deze ionen zijn toxisch voor bacteriën (tasten celeiwitten aan)
- ✓ Vereiste concentraties :
 - ✓ ongeveer 0.50 mg/l Cu^{2+}
 - ✓ ongeveer 0.08 mg/l Ag^{2+}
- ✓ Ionenconcentraties beïnvloedt door hardheid en pH van water (kalkafzetting op elektrodes en neerslagvorming van zilver)





Koper/zilver ionisatie (2)

■ Voordelen

- ✓ Zeer efficiënte desinfectietechniek
- ✓ Geen transport van chemicaliën

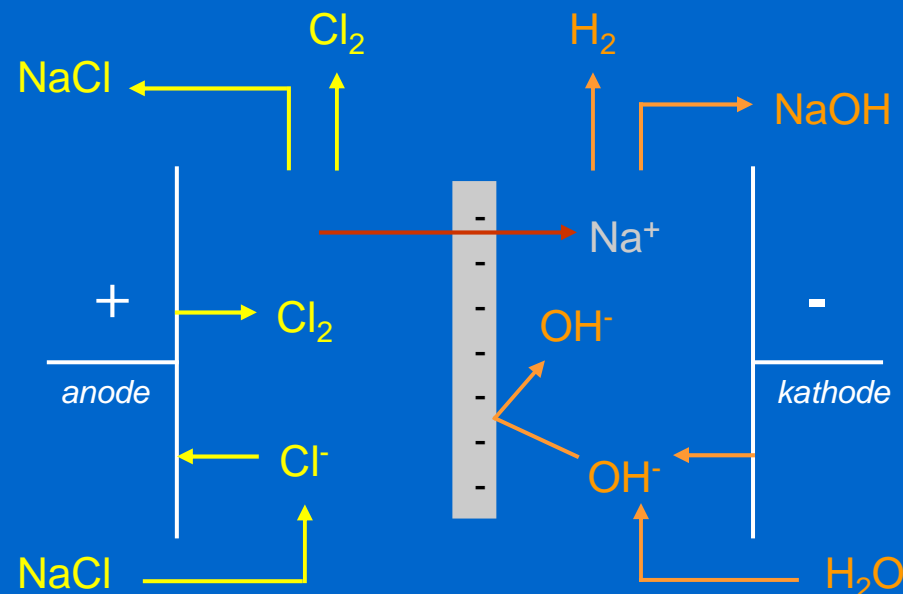
■ Nadelen

- ✓ Sterke invloed van pH, hardheid en geleidbaarheid waardoor voorbehandeling veelal noodzakelijk is
- ✓ Relatief dure installatie
- ✓ Installatie vereist relatief veel onderhoud (aanslag op elektroden) en opvolging (analyse koper- en zilveragehalte)
- ✓ Toxiciteit van beide metalen
- ✓ Effecten op geur en smaak (vnl. indien $\text{Cu}^{2+} > 0.2 \text{ mg/l}$)
- ✓ Corrosie van bepaalde materialen (bv. galvanisé)
- ✓ Weinig invloed op biofilm

Anodische oxidatie / elektrolyse (1)

■ Werkingsprincipe

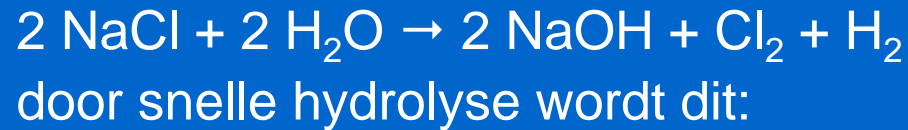
- ✓ Door elektrolyse (gelijkstroom laagspanning tussen 2 elektroden) worden desinfecterende stoffen aangemaakt
 - ✓ onderchlorige zuren
 - ✓ zuurstof
 - ✓ waterstofperoxide
 - ✓ ozon



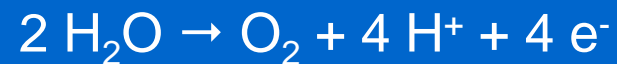


Anodische oxidatie / elektrolyse (2)

■ Reacties met zout (NaCl)



■ Andere reacties



} *anode*



} *kathode*

Anodische oxidatie / elektrolyse (3)



■ Voordelen

- ✓ Efficiënte desinfectietechniek
- ✓ Geen transport van chemicaliën

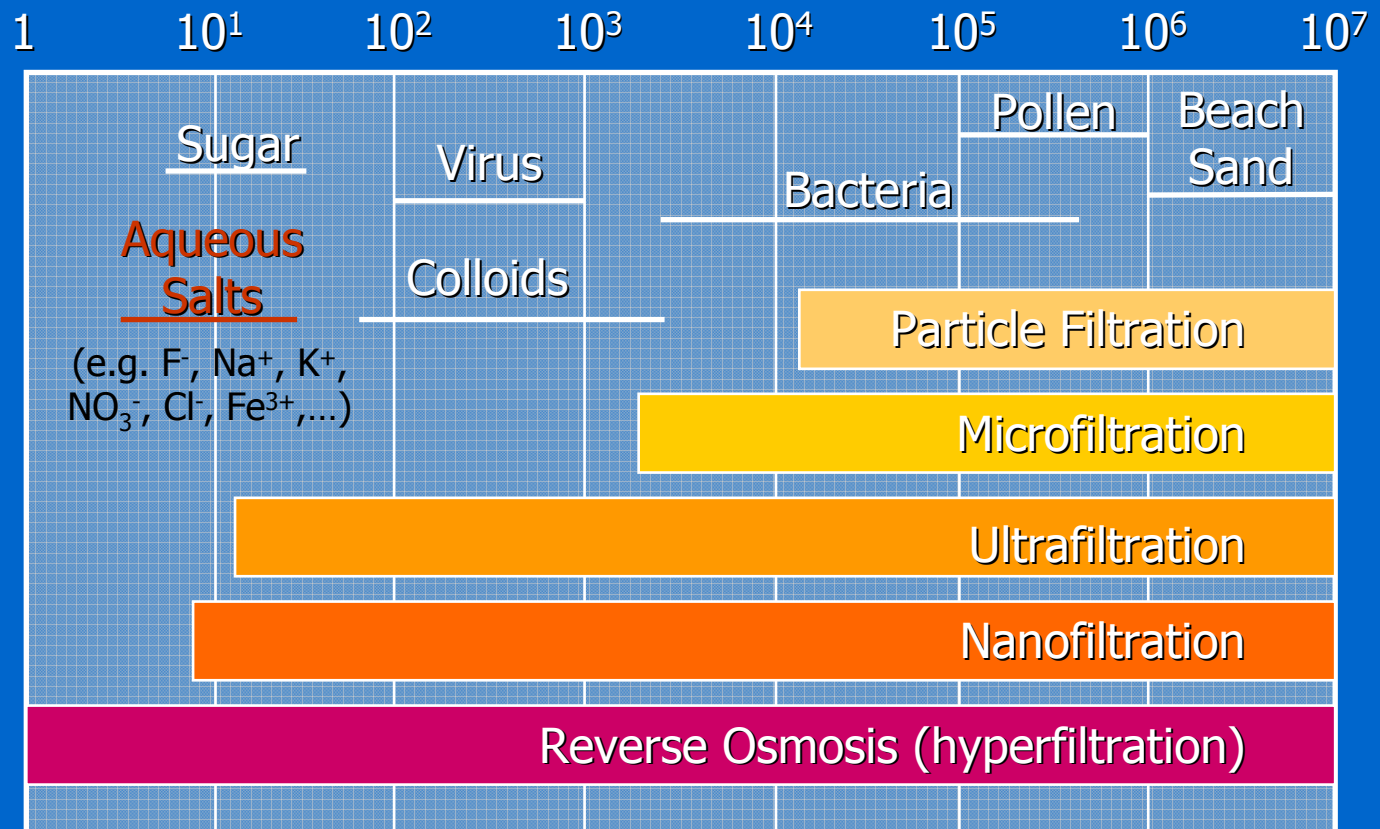
■ Nadelen

- ✓ Sterke invloed van pH, hardheid en geleidbaarheid waardoor voorbehandeling (ontharding) veelal noodzakelijk is
- ✓ Installatie vereist relatief veel onderhoud (aanslag op elektroden)
- ✓ Te lage chloorconcentraties voor inactivatie in biofilm en preventie van biofilmvorming
- ✓ Vorming van nevenproducten en effecten op geur en smaak bij hogere chloorconcentraties

Ultrafiltratie (1)

■ Het filtratiespectrum

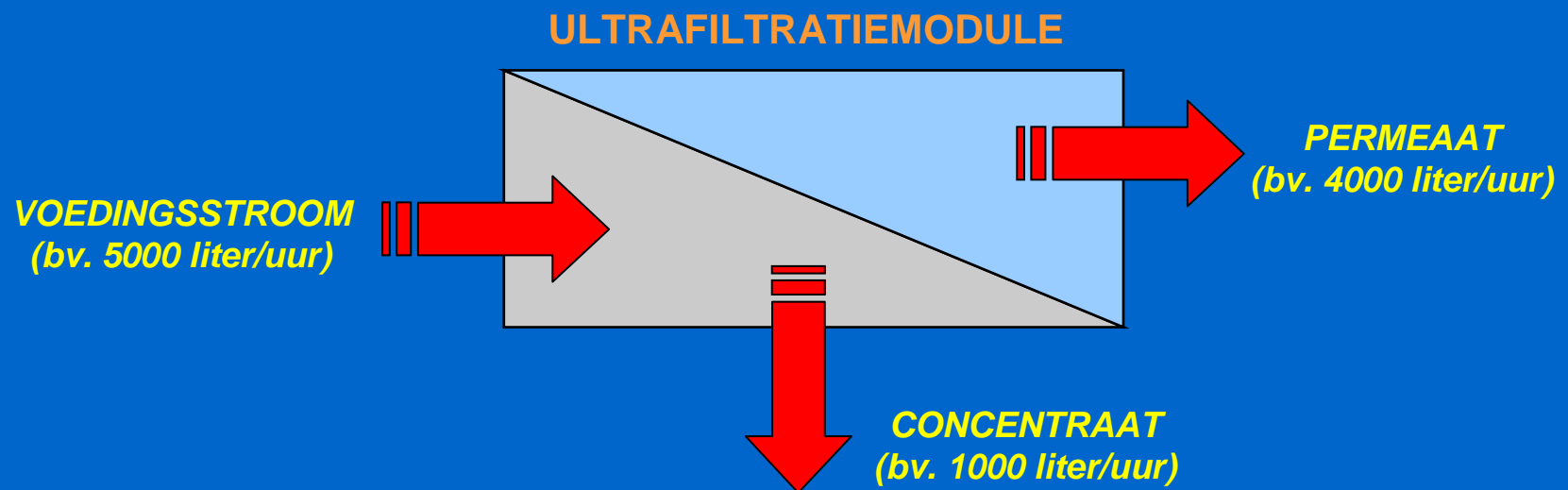
Angstrom Units



Ultrafiltratie (2)

■ Werkingsprincipe

- ✓ Water wordt onder druk doorheen semi-permeabel membraan geperst
- ✓ Aanwezige (Legionella)bacteriën alsook eventuele zwevende stoffen worden door membraan weerhouden





Ultrafiltratie (3)

■ Voordelen

- ✓ Efficiënte verwijdering van (Legionella)bacteriën
- ✓ Geen invloed op waterkwaliteit en leidingmateriaal
- ✓ Absolute filtratie van zwevende stoffen
- ✓ Verlaagt kans op biofilmvorming zodat ook vermeerdering van Legionella wordt geremd

■ Nadelen

- ✓ Geen inactivatie van Legionella in de installatie
- ✓ Verstopping van membranen waardoor regelmatig chemische reiniging moet worden uitgevoerd
- ✓ Geen nawerking
- ✓ Relatief dure techniek
- ✓ Weinig praktijkervaring





Conclusies (1)

■ Efficiëntie

- ✓ Alle vermelde technieken blijken efficiënt
- ✓ Waterstofperoxide vereist wel zeer hoge dosering
- ✓ Nawerking alleen bij gebruik van chloorhoudende producten en koper/zilver ionisatie
- ✓ Invloed op biofilm en/of biofilmvorming het grootst bij chloordioxide, monochlooramine en ultrafiltratie

■ Neveneffecten

- ✓ Vorming van carcinogene stoffen en beïnvloeding smaak en geur vooral bij toepassing chlorering
- ✓ Weinig of geen neveneffecten bij gebruik van waterstofperoxide, ozon en ultrafiltratie





Conclusies (2)

■ Invloed op materialen

- ✓ Reële kans op corrosie bij gebruik van chloorhoudende producten

■ Toepassingsgebied

- ✓ Beperking chlorering bij bepaalde materialen
- ✓ Efficiëntie natriumhypochlorietdosering, elektrolyse en koper/zilver ionisatie sterk beïnvloed door watersamenstelling





Conclusies (3)

■ Controle en onderhoud

- ✓ Minimale opvolging en onderhoud vereist voor dosering van chemicaliën
- ✓ Elektrolyse en koper/zilver ionisatie vergen veruit meeste onderhoud en opvolging (vnl. aanslag op elektroden)

■ Investerings- en werkingskosten

- ✓ Meest voordelige technieken zijn dosering van NaOCl en H₂O₂
- ✓ Kostprijs voor dosering ClO₂, NH₂Cl en UV-desinfectie beduidend hoger
- ✓ Ozonisatie, elektrolyse, koper-zilver ionisatie en ultrafiltratie zijn duurste desinfectiemethoden

