



Hrvatska udruga za rashladnu,  
klima tehniku i dizalice topline



Sveu ilište u Splitu  
Fakultet elektrotehnike, strojarstva i brodogradnje

## **SEMINAR:**

# **Legionele u instalacijama pitke vode**

### **TEMA:**

**Moguća dezinfekcijska rješenja u sustavima  
pripreme potrošne tople vode – uvjeti primjene i  
njihova ograničenja vezana uz legionele**

prof. dr. sc. Davor Ljubas, dipl. ing. stroj.



Fakultet strojarstva i brodogradnje  
Sveučilišta u Zagrebu

e-mail: [davor.ljubas@fsb.hr](mailto:davor.ljubas@fsb.hr)

Split, 15. lipnja 2018.



- Kada se na istrujnim otvorima (slavine, ventili za uzorkovanje, tuševi...) s potrošnom toplom vodom (PTV) dokaže kontaminacija legionelom (više od 100 CFU/100 mL) potrebno je pokrenuti postupak sanacije sustava.
- Sanacija može obuhvatiti više tehničkih (čišćenje, ugradnja barijera) i tehnoloških koraka (fizikalna i/ili kemijska dezinfekcija)
- Postupci koji se prikazuju u nastavku odnose se uglavnom na hitne sanacijske postupke (tzv. hitne mjere, njem. Sofortmaßnahmen). Koliko god da je riječ o hitnim mjerama, tim za krizne situacije mora utvrditi postojanost svih dijelova sustava na kemijska i/ili termička opterećenja.
- Bitan faktor u odluci o mjerama koje se trebaju primijeniti jeste i namjena objekta, odnosno karakteristike osoba koje borave u tom prostoru

Mogući tehnološki postupci za sanaciju stanja:

- fizikalni postupci – termička dezinfekcija, dezinfekcija UV zračenjem, ultrazvukom visoke snage
- kemijski postupci – dezinfekcija s klorom, klor-dioksidom ili ozonom
- kombinirani postupci – istovremeno ili serijski mogu se primjenjivati dva ili više sustava dezinfekcije, a neki su još u eksperimentalnoj fazi, npr. UV zračenje+ $H_2O_2$  ili UV/ $TiO_2$  fotokatalitička oksidacija.
- mogući tehnološki postupci za sanaciju stanja i materijali koji se u tom slučaju primjenjuju moraju prije bilo kojeg drugog svojstva imati svojstvo otpornosti na rad pri radnim temperaturama 60-70°C!

## Termička dezinfekcija (prema DVGW W 551)

Odnosi se na cjelokupni PTV sustav. Sustav se mora zagrijati na 70 °C, otvoriti sva istrujna mjesta (slavine) i pustiti da voda istječe iz sustava, ali se mora paziti da je na slavinama najmanje 3 minute voda bila iznad 70 °C. Cirkulacijska crpka mora biti stalno u pogonu toliko dugo dok se ne postigne u cijelom cirkulacijskom sustavu temperatura > 70 °C. Tek onda se otvaraju slavine.

## Kemijska dezinfekcija

- Trenutne spoznaje – postojećim načinom dezinfekcije pitke vode (hladne!), koju obavlja tvrtka isporučitelj vodne usluge (vodovod!) ne sprječava se rast i razvoj legionela u PTV sustavima. Kontinuirano povećavanje doze kemijskog sredstva nije dopušteno – jer onda sastav neće zadovoljiti Pravilnik o pitkoj vodi.
- U obzir dolazi diskontinuirana kemijska dezinfekcija s povišenim koncentracijama aktivne tvari.

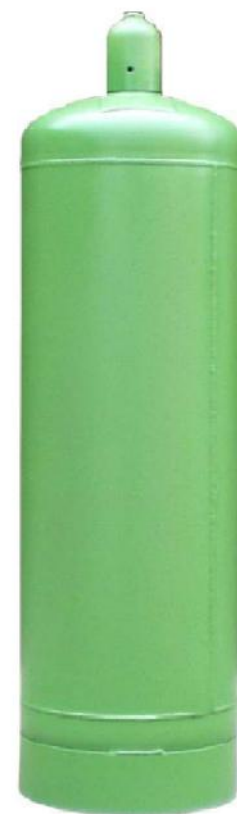
- Tijekom diskontinuirane kemijske dezinfekcije mora se osigurati da u tom trenutku nitko ne koristi takvu vodu kao vodu za piće.

Tablica: Kemijski i fizikalni postupci dezinfekcije vode

Kemijski postupci dezinfekcije	Fizikalni postupci dezinfekcije
<p>Provodi se doziranjem sredstava za dezinfekciju, koji mogu biti:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>■ klor <math>\text{Cl}_2</math>,</li><li>■ hipokloriti – <math>\text{NaOCl}</math>, <math>\text{Ca(OCl)}_2</math></li><li>■ klorov dioksid <math>\text{ClO}_2</math>,</li><li>■ ozon <math>\text{O}_3</math>,</li><li>■ kloramini,</li><li>■ <math>\text{H}_2\text{O}_2</math>, Ag i dr.</li><li>■ Cu-Ag ionizacija</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>■ primjena ultraljubičastog zračenja (UV svjetlo),</li><li>■ toplinske metode (zagrijavanje),</li><li>■ ultrazvuk visoke snage,</li><li>■ primjena gama zračenja i dr.</li><li>■ membranski postupci (RO, ultra i nano-filtracija)</li></ul>

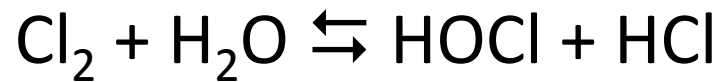
## Primjena klora

- Direktno iz plinskih spremnika ili iz kapljeviti preparata s određenim postotkom aktivnog klora (npr. natrijev hipoklorit). Ako je riječ o plinovitom kloru:
  - Dobavlja se u tlačnim spremnicima
  - Dozvoljena popunjenost tekućim klorom do 85-90%

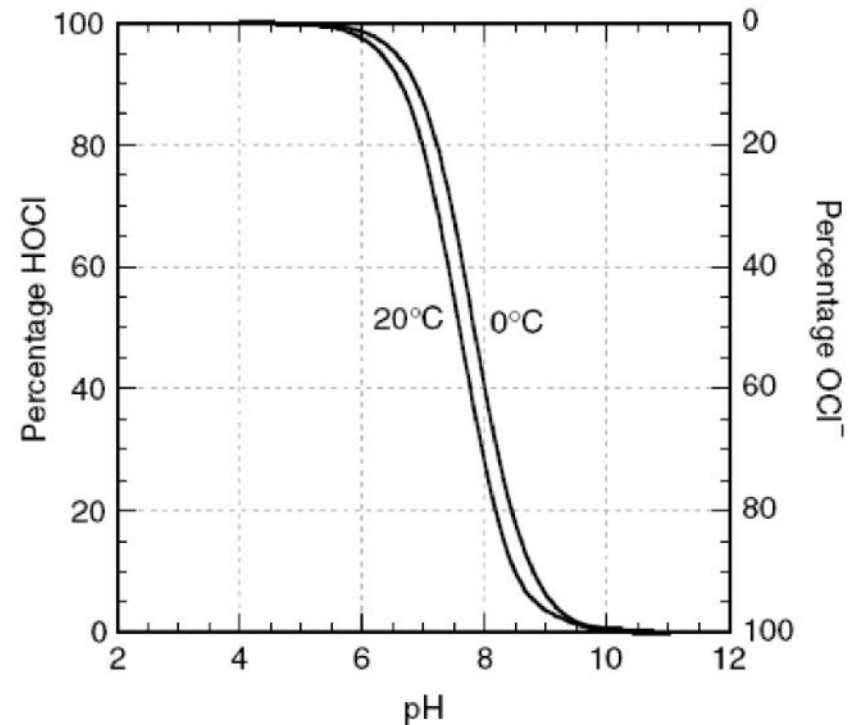




## Otapanje klora u vodi

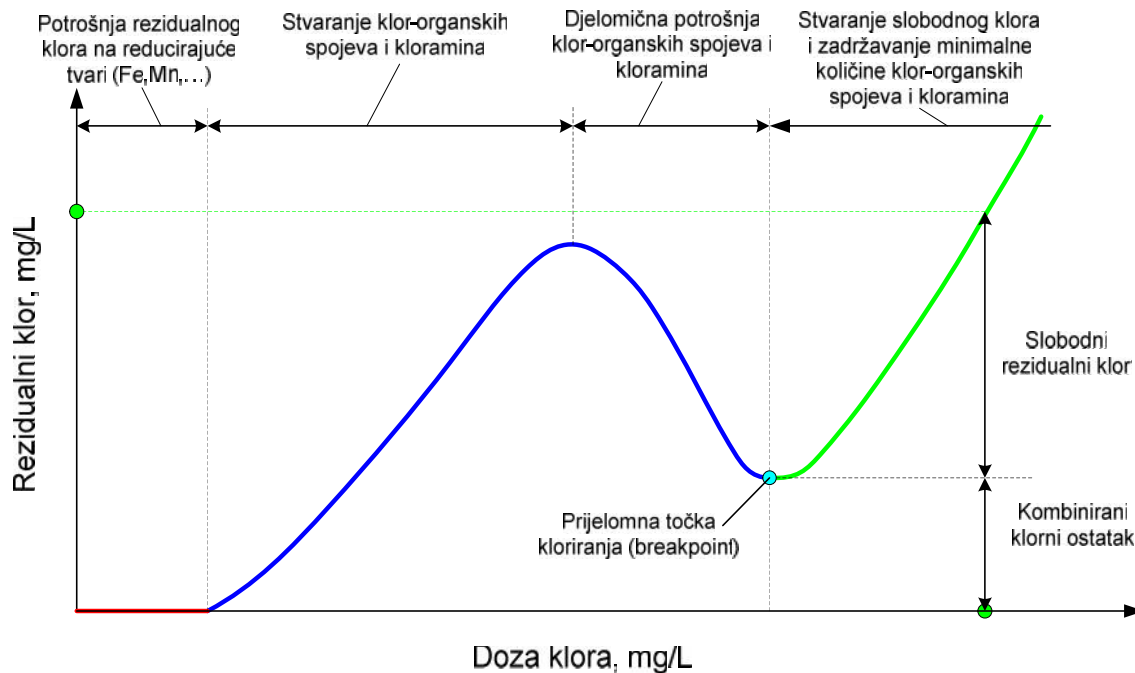


Nedisocirani oblik - hipokloritna kiselina jače je dezinfekcijsko sredstvo od njene konjugirane baze – hipokloritnog aniona, pa je stoga uspješnost dezinfekcije klorom veća kod nižih pH vrijednosti.



Po provedenom kloriranju, klor u vodi za piće može biti u dvije forme (Slika) i to kao:

- vezani rezidualni klor kao kloramini, ako je u vodi prisutan amonijak
- slobodni rezidualni klor, koji ostaje u vodi nakon dezinfekcije u obliku hipokloritne kiseline i hipokloritnog iona



Slika: Ovisnost ukupno dodanog klora i prisutnog slobodnog rezidualnog klora u vodi

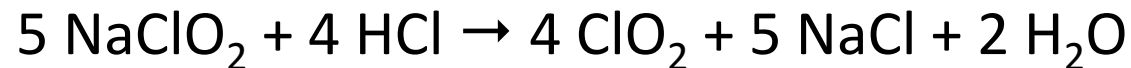


## Prednosti i nedostaci postupka

- Prednosti: niski pogonski trošak za velika postrojenja, relativno jednostavno za primjenu i nadzor.
- Nedostaci: skupo za manje pogone, kao opasna tvar zahtijevaju se mnoge zaštitne mjere, pad djelotvornosti na višim pH vrijednostima, nastajanje dezinfekcijskih nusprodukata (trihalometani, halooctene kiseline i dr.).
- Uobičajene doze klora za dezinfekciju su kod pitkih voda 0,5 do 2 mg/L, a u izvanrednim prilikama – kao npr. sanacija legionela i više od 10 mg/L (detalji npr. u DVGW W 291).

## Primjena klor-dioksida (ClO<sub>2</sub>)

- Klor-dioksid je vrlo nestabilan spoj te nije podesan za skladištenje i transport. Kod volumnih udjela od oko 10% u zraku dolazi do spontanog raspada uz pulsiranje tlaka. Pri volumnim udjelima preko 25%, izrazito je eksplozivan.
- Stoga se se klor-dioksid proizvodi na mjestu korištenja, najčešće iz vodenih otopina, natrijevog klorita (NaClO<sub>2</sub>) i solne kiseline (HCl)



## Prednosti i nedostaci postupka

### Prednosti:

- u odnosu na druga sredstva na bazi klora izbjegava se nastajanje mnogih dezinfekcijskih nusprodukata i potrebne su niže doze,
- u odnosu na druga sredstva ima dulje rezidualno djelovanje,
- dezinfekcijski učin ne ovisi o pH vrijednosti vode i ne dozvoljava stvaranje biofilмова u distribucijskim cjevovodima.

### Nedostaci:

- nastajanje iona klorita i klorata kao dezinfekcijskih nusprodukata.

## Primjena ozona

U praksi, ozon je najsnažnije oksidacijsko sredstvo koje se koristi u pripremi pitkih voda.

Proizvodi se na mjestu korištenja, snažnom električkom uzбудom kisika. Ozon se može generirati iz čistog kisika ili iz zraka.



## Prednosti i nedostaci postupka

### Prednosti:

- najsnažnije dezinfekcijsko sredstvo,
- iznimni efekti ozona mogu se koristiti u bilo kojem dijelu tehnološkog procesa,
- ukoliko se pripravlja iz zraka, nema transporta i skladištenja kemikalija,
- potpuno je prirodna kemikalija, ne nastaju klorirani ugljikovodici,
- ne izaziva neugodne mirise i okuse.

### Nedostaci:

- nepostojanje rezidualnog djelovanja,
- ograničena upotreba kod voda koje sadrže bromide zbog nastajanja bromata.

## Ct vrijednost

Vrijednost Ct je produkt koncentracije sredstva za dezinfekciju i potrebnog kontaktnog vremena za dezinfekciju. Karakteristika je pojedinog kemijskog sredstva za dezinfekciju u odnosu na pojedini mikroorganizam.

**Ct = C · t**, gdje je

Ct – vrijednost, mg/L·min

C – Koncentracija sredstva za dezinfekciju, mg/L

t – vrijeme djelovanja sredstva, min



## Ct vrijednost - primjeri

	Inactivation Level	ClO <sub>2</sub>	Cl <sub>2</sub>	O <sub>3</sub>
<i>Cryptosporidium</i>	0.5-log	138	N/A	4.9
<i>Cryptosporidium</i>	3-log	830	N/A	30
<i>Giardia</i>	0.5-log	4	17	0.23
<i>Giardia</i>	3-log	23	104	1.43
Viruses	2-log	4.2	3	0.5
Viruses	4-log	25.1	6	1.0

Source: USEPA, 2003 and WHO Guidelines for Drinking Water Quality- *Cryptosporidium*. 2006 Table 6  
N/A - not applicable. Chlorine is ineffective against *Cryptosporidium*.

Cl<sub>2</sub> Ct values for pH 7

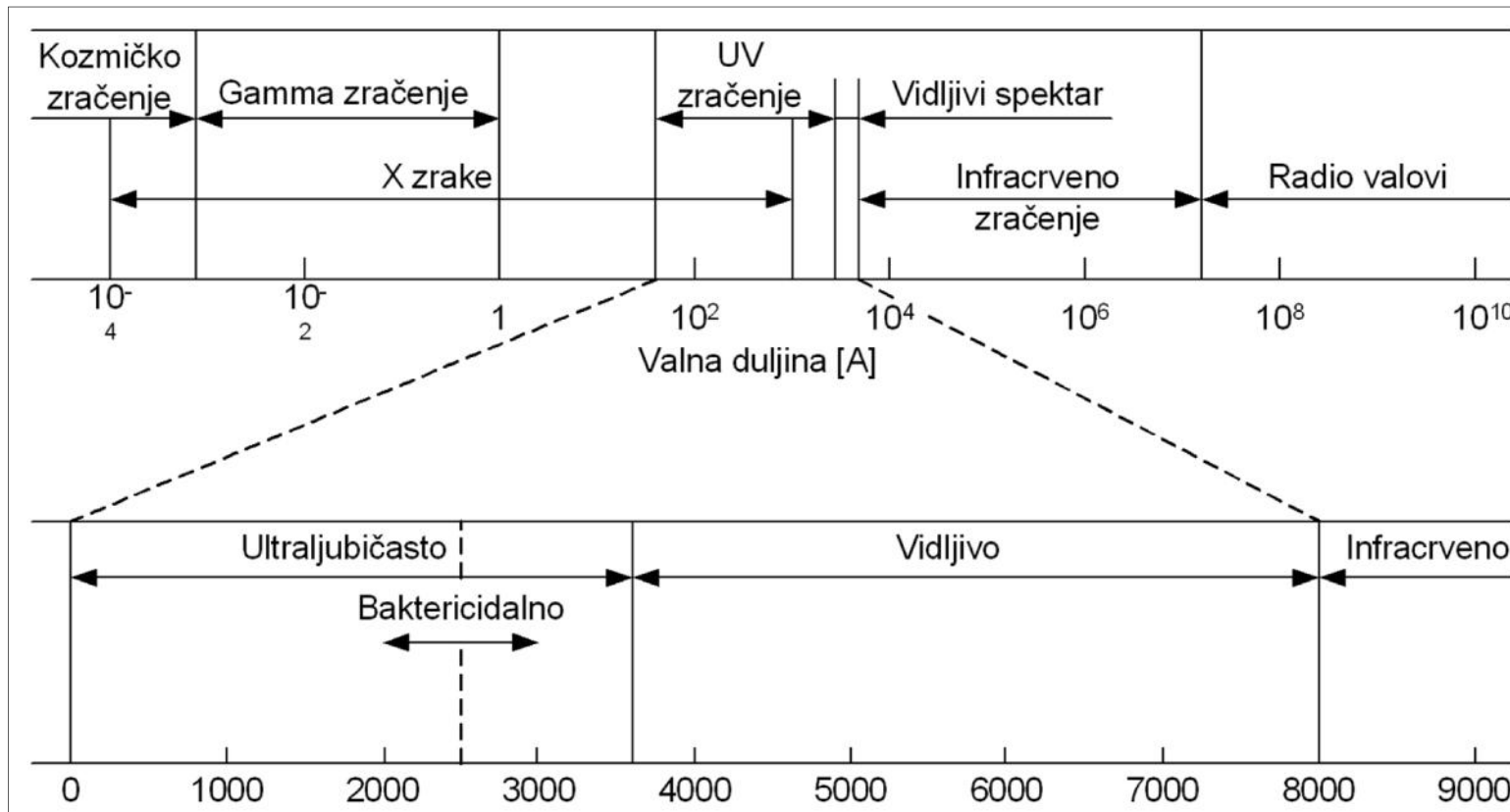
Ct values (min\*mg/L) for 2-log(99 percent) reduction of *L. pneumophila* using chlorine:

Temperature in degrees C (in degrees F)	pH 6.0	pH 7.0	pH 8.0
5 (41)	>50 to >320	50 to 250	250 to >1,000
15 (59)	100 to >320	60 to >320	25 to >710
25 (77)	40 to 500	100 to 160	130 to 250

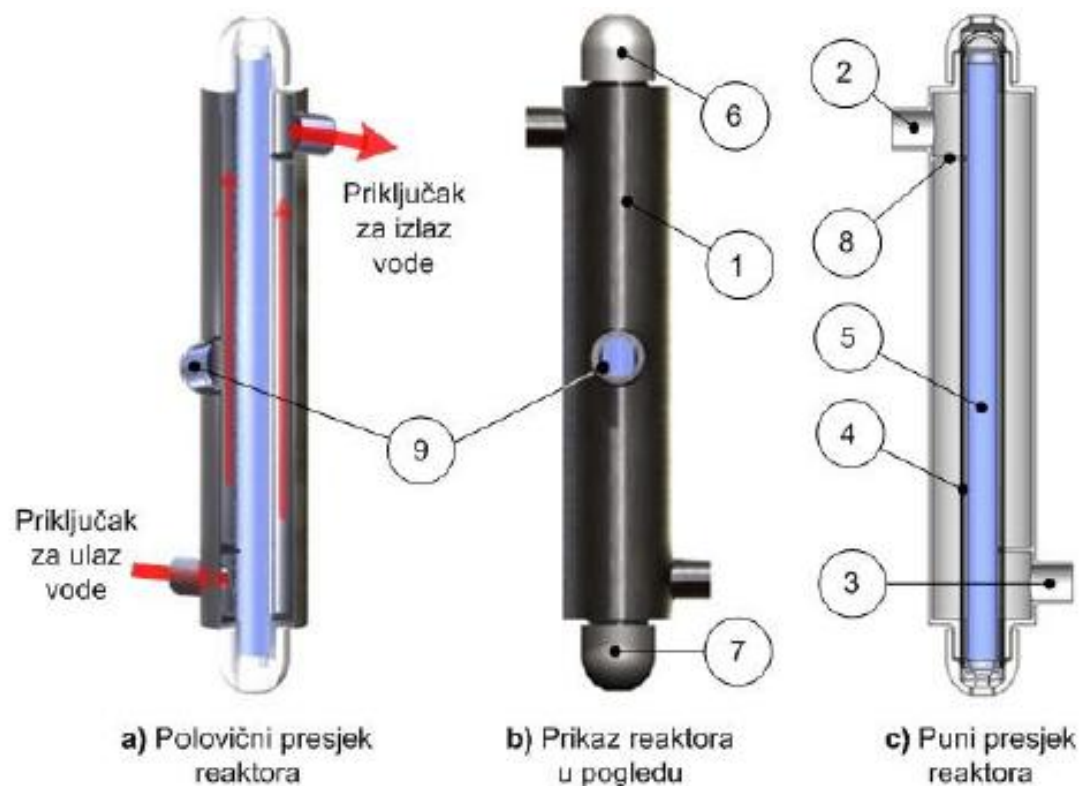
Source: Jacangelo et al. (2002)

Jacangelo, J.G., N.L. Patania, R.R. Trussel, C.N. Haas, and C. Gerba. 2002. *Inactivation of Waterborne Emerging Pathogens by Selected Disinfectants*. Denver, Colo.: AWWA Research Foundation and AWWA.

## FIZIKALNA DEZINFEKCIJA – Ultraljubičasto zračenje



## Uređaj za UV dezinfekciju



1-kućište s priključcima za ulaz (2) i izlaz (3) vode, 4- uložak od kvarcnog stakla, 5- UV svjetiljka, 6 i 7 - čeonu brtveći poklopci, 8 – deflektori, koji osiguravaju prolaz vode po cijelom volumenu reaktora, 9-kontrolno okno (9)

Napomena – UV reaktori i oprema za rad u sustavu PTV i s funkcijom sprječavanja rasta i razvoja legionela moraju biti posebno izvedeni kako bi bili otporni na temperature 60-70 °C.

## Doza UV zračenja

Uređaj za dezinfekciju mora osigurati odgovarajuću dozu UV zračenja kako bi se postigao zahtijevani germicidalni učinak.

Prosječna doza UV svjetla ovisi o

- intenzitetu zračenja izvora – UV svjetiljke,
- vremenu ozračivanja,
- transmisiji UV svjetla kroz vodu.

$$\mathbf{D = I \times t}$$

*D* – Doza zračenja, Ws/cm<sup>2</sup>

*I* – Intenzitet zračenja uređaja, W/cm<sup>2</sup>

*t* – vrijeme ozračivanja, s

## Potrebne doze za 99,9 %-tnu inaktivaciju

	<b>BAKTERIJE</b>	<b>DOZA, mWs/cm<sup>2</sup></b>
	<i>Bacillus anthracis</i>	8,7
	<i>Escherichia coli</i>	7,0
	<i>Legionella gormanii</i>	4,9
	<i>Legionella pneumophila</i>	3,8
	<i>Proteus vulgaris</i>	6,6
	<i>Mycobacterium tuberculosis</i>	10,0
	<i>Salmonella paratyphi</i>	6,1
	<i>Salmonella typhimurium</i>	15,2
	<i>Shigella dysenteriae</i>	4,2
	<i>Streptococcus faecalis</i>	10,0
	<b>ALGE</b>	
	<i>Chlorella vulgaris</i>	22,0
	<b>VIRUSI</b>	
	<i>Hepatitis virus</i>	8,0
	<i>Influenza virus</i>	6,6
	<i>Rotavirus</i>	24,0

■ Prednosti i nedostaci dezinfekcije UV zračenjem

**Prednosti**

- Visoka dezinfekcijska učinkovitost za bakterije, viruse i spore
- Najbolja raspoloživa tehnologija (*BAT – best available technology*) za neke parazite
- Efikasniji za spore, ciste i većinu virusa u odnosu na klor
- Ne postoji rezidualno štetno – toksično djelovanje
- Nema dodataka kemikalija – nema utjecaja na organoleptička svojstva vode
- Ne zahtjeva posebne mjere sigurnosti (kao kod klornih spojeva)
- Potreban manji prostor za ugradnju
- Jednostavniji pogon i održavanje
- Niži investicijski i pogonski troškovi

**Nedostaci**

- Nema zaštite od naknadne kontaminacije
- Za osiguranje uspješnosti dezinfekcije potrebno kvalitetno održavanje i nadzor opreme, te visoka obučenost pogonskog osoblja

- Dosta obećavajući koncept primjene UV zračenja u borbi protiv legionele je tzv. Aachenski koncept: kombinacija decentralizirano instaliranih UV reaktora prilagođenih za povišene temperature vode uz polugodišnja dezinficirajuća ispiranja i strogu kontrolu doze ozračenja te mutnoće PTV-a.



Fizikalna dezinfekcija –  
ugradnjom filtera na istrujna mjesta



**Prednosti**

- Odmah primjenjiva mjera
- Omogućuje u kraćem prijelaznom periodu, do osiguranja trajnih mjera upravljanja sigurnošću u slučaju kontaminacije legionelom, korištenje objekta

**Nedostaci**

- Relativno kratki intervali izmjene

Budućnost tehnoloških postupaka:

– jedan od mogućih smjerova korištenje fotokatalitičkih slojeva s fotokatalizatorom  $\text{TiO}_2$  i UV-A zračenja



- korištenje ultrazvuka visoke snage za uništavanje *legionela*

(eksperimentalna faza)



*ZAHVALJUJEM NA PAŽNJI!*

*Pitanja? Komentari?*