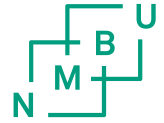


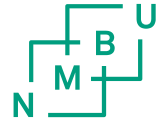
# Hva skjer med virus i vannbehandlingen?

Prof. Lars J. Hem



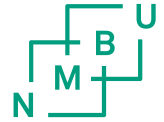
# Hygieniske barrierer i vannbehandlingsanlegg

- Oksidasjon (klor, ozon, (klordioksid))
- UV-desinfeksjon
- Partikkelfjerning  
(koagulering/(sedimentering/flotasjon)/filtrering, membranfiltrering)
- Adsorpsjon (for helseskadelige kjemiske stoffer)



# Relevante egenskaper for virus som partikkel

- Størrelse: 10-300 nm
- Overflateladning: Antatt negativ ved nøytral pH
- Morfologi med hensyn på å bindes til/i partikler: Trolig varierende



# Aktuelle metoder for å inaktivere eller fjerne virus

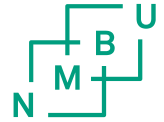
- Desinfeksjon
- Fjerne virus som partikkel

# FRA MBA

Disinfection method	Bacteria	Viruses	Parasites
Chlorination	Very good	Good	Inadequate
Ozonation	Very good	Very good	Good/Inadequate <sub>1</sub>
UV-disinfection	Very good	Good/Inadequate <sub>2</sub>	Very good

2) Adenovirus at normal UV-doses in Norway

# Required Ct-values for inactivation



	Bacteria (3 log reduction)		Viruses (3 log reduction)		Parasites of the Giardia group (2 log reduction)		Parasites of the Cryptosporidium group (2 log reduction)	
	4°C	0.5 °C	4°C	0.5°C	4°C	0.5°C	4°C	0.5°C
Chlorine								
pH < 7	1.0	1.5	4.0	6.0	75	100	n.s.	n.s.
pH 7 – 8	1.5	2.0	6.0	9.0	100	150	n.s.	n.s.
pH > 8	2.0	3.0	8.0	12.0	175	250	n.s.	n.s.
Chloramine	100	200	1500	2000	1750	2500	n.s.	n.s.
Chlorine dioxide	1.0	1.5	10	15	20	30	>100	>150
Ozone	0.5	0.75	1.0	1.4	1.5	2.0	30	45

# UV

## Minimum UV-dose (mJ/cm<sup>2</sup>) for inactivation of virus

Biodosimetric dose	Virus excl. Adenovirus	Virus based on Adenovirus
40 mJ/cm <sup>2</sup>	4,0b + 3,5v + 4,0p	4,0b + 1,25v + 4,0p
30 mJ/cm <sup>2</sup>	3,5b + 3,0v + 3,5p	3,5b + 1,0v + 3,5p
25mJ/cm <sup>2</sup>	3,0b + 2,5v + 3,0p	3,0b + 0,75v + 3,0p

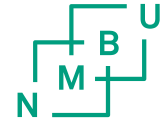
## Log credit for artificial infiltration when regarded as a water treatment step

The residence time of the water in saturated and unsaturated zones	Maximum log-credit
> 60 days	$3.0b + 3.0v + 2.0p$
30 – 60 days	$2.5b + 2.0v + 1.5p$
15 – 30 days	$2.0b + 1.0v + 1.0p$
3 – 15 days	$1.5b + 0.5v + 0.75p$



Particle removal method	Bacteria	Viruses	Parasites
Sand filtration (no coagulants)	Poor	Very poor	Poor
Coagulation/sand filtration	Good	Moderately good	Good
Membrane filtration <sup>1</sup>			
RO and NF	Very good	Very good	Very good
UF	Good	Moderately good	Very good
MF	Moderately good	Poor	Good
Coagulation/UF (MF)	Very good	Good	Very good

# Log credit for particle separation



Particle separation method	Log-credit
Rapid sand filtration without coagulation (filtration rate < 7.5 m/h) <sup>1</sup>	0.5b + 0.25v + 0.5p
Membrane (MF) filtration <sup>2</sup>	2.0b + 1.0v + 2.0p
Membrane (UF) filtration <sup>3</sup>	2.5b + 2.0v + 2.5p
Membrane (NF) filtration <sup>4</sup>	3.0b + 3.0v + 3.0p
Slow sand filtration (filtration rate < 0.5 m/h)	2.0b + 2.0v + 2.0p
Coagulation/direct filtration (media-filter) <sup>5</sup>	2.25b + 1.5v + 2.25p
Coagulation/direct filtration (media-filter) <sup>6</sup>	2.5b + 2.0v + 2.5p
Coagulation + sedimentation (or flotation) + filtration <sup>5</sup>	2.5b + 1.75v + 2.5p
Coagulation + sedimentation (or flotation) + filtration <sup>6</sup>	2.75b + 2.25v + 2.75p
Coagulation/membrane MF filtration <sup>6</sup>	3.0b + 2.5v + 3.0p
Coagulation/membrane UF filtration <sup>6</sup>	3.0b + 3.0v + 3.0p

<sup>1</sup> Also valid for biofilters, ion exchange filters, activated carbon filters and calcium carbonate filters

<sup>2</sup> Provided nominal membrane pore diameter < 100 nm

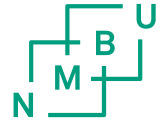
<sup>3</sup> Provided nominal membrane pore diameter < 40 nm

<sup>4</sup> Provided nominal membrane pore diameter < 5 nm

<sup>5</sup> Provided turbidity in produced water < 0.2 NTU

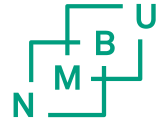
<sup>6</sup> Provided high coagulant dosage and good operation control to ensure turbidity in produced water < 0.1 NTU

# Stemmer teori og praksis?



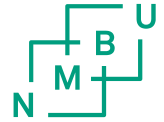
- Fra VISK:
  - Ct for klor på  $> 4 \text{ mg} \cdot \text{min/l}$  gir 3 log reduksjon i virus og kolifager **OK, men kanskje konservativt?**
  - UF (25 nm): minst 4 log reduksjon i kolifager **OK**
  - Koagulering/(sedimentering)/filtrering: I underkant av 2 log reduksjon av kolifager **OK, men betydelig reduksjon ved driftsforstyrrelser selv ved turb  $< 0,2$  FNU**
  - Filtrering i løsmasser (grov sand): 7 log reduksjon av MS2 etter 1,5 d oppholdstid, hvorav 4 log ved filtrering og 3 log pga. fortyning **Bedre enn MBA**

# Stemmer teori og praksis?



- Diverse litteratur:
  - Koagulering/(sedimentering)/filtrering: 1-5 log reduksjon
  - Fjerning av virus fra avløpsvann før gjenbruk: Klor og UF er effektivt, UV gir ca. 2 log reduksjon (partikler?)

# Muligheter for overvåkning



- Desinfeksjon:
  - Kontroll av at prosessen fungerer (UV-dose, restklor)
  - Levende bakterieceller eller flowcytometri som indikator på effektiv prosess
- Partikkelfjerning:
  - Kontroll av at prosessen fungerer (turbiditet, partikkelmengde og størrelsesfordeling, integritetstest)
  - Virus-like partikler fra fluorescensmikroskopi, domineres av fager på ca. 50 nm
  - Levende bakterieceller eller flowcytometri som indikator på effektiv prosess