

MBA – Mikrobiell barriereanalyse

Vurdering av hygienisk barriereeffekt i
vannbehandling og råvannskilde

Jon Brandt, Asplan Viak

Agenda

- Generelt om hygieniske barrierer
- MBA - metodikken
- Klordosering
- Eksempel grunnvann i løsmasser
- Eksempel overflatevann med bløtt/humusholdig vann

Drikkevannsforskriften og hygieniske barrierer

- Tidligere krav om to uavhengige hygieniske barrierer. En barriere kunne være:
 - Kilde og nedbørfelt
 - Vannbehandlingstrinn
 - UV
 - Klor
 - Koagulering/filtrering
 - Membranfiltrering
- Enten/eller tankegang - enten var det en barriere eller så var det ikke en barriere
- Nå: tilstrekkelige hygieniske barrierer



Drikkevannsforskriften og hygieniske barrierer

§ 13. Vannbehandling

Vannverkseieren skal sikre at råvannet behandles slik at drikkevannet tilfredsstiller kravene i § 5 Vannbehandlingen og kildebeskyttelsen etter § 12 skal til sammen gi tilstrekkelige hygieniske barrierer. Dette innebærer at vannbehandlingen skal være tilpasset

- a. råvannskvaliteten
- b. farene identifisert i samsvar med § 6 og
- c. mengden produsert vann per døgn.

En vannbehandlingsmetode som fjerner eller inaktiverer sykdomsfremkallende virus, bakterier, parasitter eller andre mikroorganismer, skal alltid inngå, med mindre vannforsyningssystemet har grunnvannskilde og farekartleggingen etter § 6 tilsier at det ikke er nødvendig.

§ 6. Farekartlegging og farehåndtering

Vannverkseieren skal identifisere farene som må forebygges, fjernes eller reduseres til et akseptabelt nivå for å sikre levering av tilstrekkelige mengder helsemessig trygt drikkevann som er klart og uten fremtredende lukt, smak og farge.

Veiledning til drikkevannsforskriften sier:

- Det er vanlig at dere velger den siste hygieniske barrieren til å være desinfeksjon. Den eller de barrieren(e) før dette kan være av en annen type. Eksempler på slike kan være metoder som fjerner partikler (turbiditet) fra vannet, ulike former for kjemisk felling med påfølgende filtrering, membranfiltrering eller ionebytting.
- Det er mye faglitteratur om forskjellige typer vannbehandling. Bransjeforeningen [Norsk Vann](#) har utgitt flere rapporter om dette, samt en rapport som heter «[Veiledning i mikrobiell barriere analyse \(MBA\)](#)» som beskriver forskjellige vannbehandlingsmetoder og andre tiltak for å oppnå hygieniske barrierer.



Hva er tilstrekkelige hygieniske barrierer?

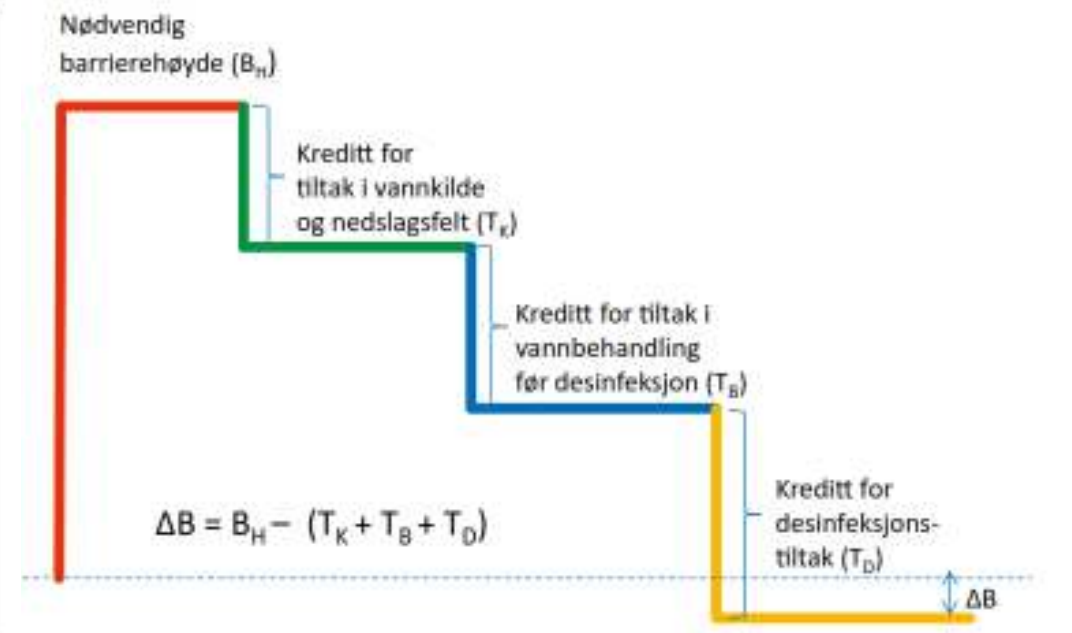
MBA veiledningen bygger på to fundament:

1. En **prosedyre** til bestemmelse av nødvendig nivå på de hygieniske barrierene:
 - a. I vannverket totalt
 - b. I sluttdeinfeksjonen
2. Et sett av **beregningsmetoder** for bestemmelse av inaktiveringsgrad



MBA: Metodikk

Steg	Bestemmelse av:	Avhengig av:
1.	Kvalitet på råvann	<ul style="list-style-type: none"> Historisk data for råvannskvalitet Nye data fra risiko-basert prøveprogram
2.	Nødvendig barrierehøyde	<ul style="list-style-type: none"> Kvalitet på råvann Størrelse på vannverk
3.	Barrierer i nedslagsfelt og vannkilde	<ul style="list-style-type: none"> Barriertiltak i nedslagsfelt og vannkilde Overvåkning av råvannskvalitet
4.	Partikkelseperasjonsbarrierer i vannbehandlingen	<ul style="list-style-type: none"> Vannbehandlingsmetoder Styring og overvåkning av vannbehandling
5.	Desinfeksjonsbarrierer	<ul style="list-style-type: none"> Desinfeksjonsmetoder Dosering i desinfeksjonsprosessen
6.	Total barriere status	<ul style="list-style-type: none"> Nødvendig barrierehøyde ÷ kreditt for tiltak Steg 2 ÷ steg 3 ÷ steg 4 ÷ steg 5



MBA - Kvalitet på råvann

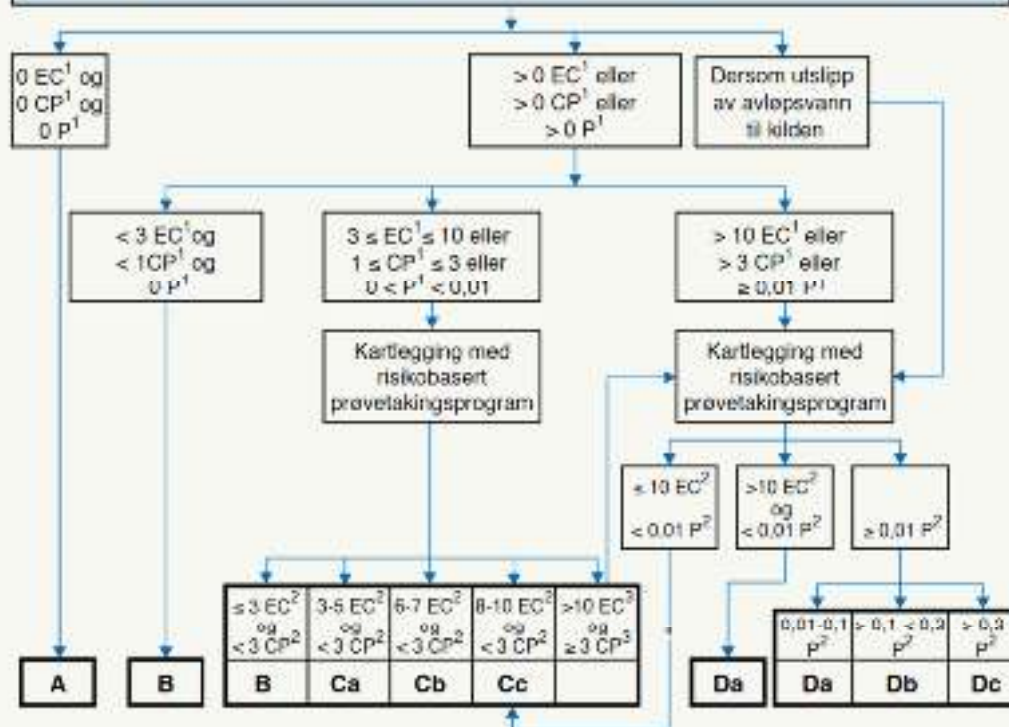
For bestemmelse av hovednivå:

- Målinger siste 3 år for:
 - EC E.coli
 - CP Clostridium Perfringens
 - (P Parasitter)

For bestemmelse av undernivå:

- Risikobasert prøvetakingsprogram (vannprøver når vannkvaliteten forventes å være dårligst)

Påvisning av Indikatororganismer i det rutinemessige prøveprogram de siste 3 år



¹ Funn av angitt indikator [EC – E.Coli, CP – Clostridium Perfringens, P – parasitter (dersom analyse av P foreligger)] over angitt verdi (antall/100 ml) en eller flere ganger i løpet av de siste 3 år.

² Middelskonsentrasjon (antall/100 ml) av angitt indikator over prøveperioden eller registrering av angitt nivå i mer enn 1/6 av prøvene (16,7 %) over perioden. For parasitter gjelder summen av Giardia og Cryptosporidium/100 ml.

³ Eller > 20 EC eller > 6 CP i enkeltpøver.

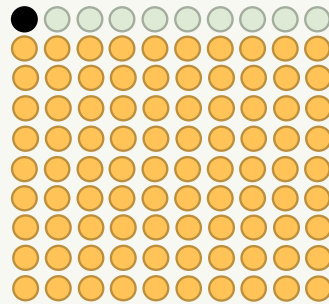
⁴ Kan bare benyttes dersom det ikke forekommer utslipp av avløpsvann til kilden og < 3 CP påvises.

MBA - Nødvendig barrierehøyde

Vannverkets størrelse		Vannkvalitetsnivå i kilde			
		A	B	C	D
Nødvendig barriere nivå	< 1000 personer tilknyttet	3,0b + 3,0v + 2,0p	4,0b + 4,0v + 2,0p	a. 4,5b + 4,5v + 2,5p b. 4,5b + 4,5v + 2,75p c. 4,5b + 4,5v + 3,0p	a. 5,0b + 5,0v + 3,0p b. 5,0b + 5,0v + 3,5p c. 5,0b + 5,0v + 4,0p
	1000 - 10.000 personer tilknyttet	3,5b + 3,5v + 2,5p	4,5b + 4,5v + 2,5p	a. 5,0b + 5,0v + 3,0p b. 5,0b + 5,0v + 3,25p c. 5,0b + 5,0v + 3,5p	a. 5,5b + 5,5v + 3,5p b. 5,5b + 5,5v + 4,0p c. 5,5b + 5,5v + 4,5p
	> 10.000 personer tilknyttet	4,0b + 4,0v + 3,0p	5,0b + 5,0v + 3,0p	a. 5,5b + 5,5v + 3,5p b. 5,5b + 5,5v + 3,75p c. 5,5b + 5,5v + 4,0p	a. 6,0b + 6,0v + 4,0p b. 6,0b + 6,0v + 4,5p c. 6,0b + 6,0v + 5,0p

LOG-BEGREPET

- Log 10 = 1
- Log 100 = 2
- Log 1 000 = 3
- Log 10 000 = 4
- Log 100 000 = 5
- Log 1 000 000 = 6



- Dersom det er krav om 6 log reduksjon, vil det da av en populasjon på 1 000 000 være igjen 1.

MBA - Effekt av nye tiltak i kilde og nedbørfelt for innsjøer

Kategori av barriere tiltak	Detaljerings av tiltak	Log-kreditt
Reduksjon av forurensnings-tilførsel til kilden	Sanering av alle avløpsutslipp direkte til kilden og til bekker og elver som leder direkte til kilden	0,75b + 0,75v + 0,5p
	Innføring av lukkede avløpssystemer (lukket tank) for alle utslipp i nedslagsfeltet eller bortledning av avløpsvann fra nedslagsfeltet	0,5b + 0,5v + 0,25p
	Oppsetting av stengsel for å hindre at beitedyr og hunder kommer i direkte kontakt med kilden samt oppsetting av avfallskontainere (inkludert containere for hundeavføring) i nedslagsfeltet	0,25b + 0,25v + 0,15p
Restriksjoner på aktivitet i vannkilde og nedslagsfelt	Innføre forbud (evt. restriksjoner) mot beitedyr i nedslagsfeltet	0,75b + 0,75v + 0,5p
	Innføre forbud mot potensielt forurensende aktiviteter i nedslagsfeltet, f.eks. bolighus, hytter, motorferdsel etc.	0,25b + 0,25v + 0,15p
	Innføre forbud (evt. restriksjoner) mot bruk av vannkilden til båtsport, bading og annen aktivitet, f.eks. motorferdsel	0,25b + 0,25v + 0,15p
Tiltak knyttet til inntak	Senkning av råvannsinntak til et dyp som sikrer at sprangsjiktet ikke når ned til inntaket bortsett fra i sirkulasjonsperiodene	0,5b + 0,5v + 0,25p
	Flytting av råvannsinntak slik at det kan dokumenteres gjennom hydrauliske studier at tilførsler av avløpsvann og avføring fra beitedyr via elver og bekker påvirker inntaket i ubetydelig grad	0,25b + 0,25v + 0,15p
Absolutt maksimal summert log-kreditt for tiltak i vannkilde og nedslagsfelt		2,0b + 2,0v + 1,25p

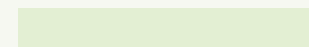
MBA - Effekt av nye tiltak for grunnvannskilder

Tiltak i sone	Detaljerings av tiltak- som ikke allerede er gjennomførte da kvalitetsnivået ble bestemt	Maks. log-kreditt
Sone 0 Brønnsone	Inngjerding og avlåsning av brønnsone	0,25b + 0,25v + 0,25p
Sone 1 Det nære tilsigsområdet (For grunnvann i fjell strekker sone 1 seg til 100 m fra den ytre grense av sone 0)	Innføre forbud mot alle former for kloakkutslipp til grunnen, herunder bruk av infiltrasjonsanlegg, spredning av kloakkslam etc.	0,75b + 0,75v + 0,5p
	Innføre forbud mot alle former for jordbruksdrift i sonen, herunder grasproduksjon, gjødsling, bruk av plantevernmidler og bruk av sonen (eller deler av denne) som beitemark for husdyr	0,5b + 0,5v + 0,25p
	Innføre forbud mot potensielt forurensende aktiviteter i nedslagsfeltet, f.eks. bolighus, hytter, motorferdsel etc. og alle former for deponier	0,25b + 0,25v + 0,15p
Sone 2 Det fjerne tilsigsområdet (For grunnvann i fjell strekker sone 2 seg til 100 m fra den ytre grense av sone 1)	Innføre forbud mot alle former for kloakkutslipp til grunnen, herunder bruk av infiltrasjonsanlegg, spredning av kloakkslam etc.	0,5b + 0,5v + 0,25p
	Innføre forbud mot alle former for jordbruksdrift i sonen, herunder grasproduksjon, gjødsling, bruk av plantevernmidler og bruk av sonen (eller deler av denne) som beitemark for husdyr	0,25b + 0,25v + 0,15p
	Innføre forbud mot potensielt forurensende aktiviteter i nedslagsfeltet, f.eks. bolighus, hytter, motorferdsel etc. og alle former for deponier	0,25b + 0,25v + 0,15p
Utbedring av brønnutforming	Beskyttelse av brønn med brønnhus med tett gulv og tetting rundt brønnrør	0,5b + 0,5v + 0,25p
	For grunnvann i fjell: Etablering av fullstendig tetting mellom foringsrør og fjell	0,25b + 0,25v + 0,15p
	Heving av brønnrør til minst 40 cm over bakkenivå samt tett lokk	0,25b + 0,25v + 0,15p
Absolutt maksimal summert log-kreditt for tiltak knyttet til løsmassebrønner		2,0b + 2,0v + 1,25p

MBA -Nye tiltak skal gi en forbedring i råvannskvalitet

Kategori av barrieretiltak	Detaljerings av tiltak	Log-kreditt
Reduksjon av forurensnings-tilførsel til kilden	Sarnering av alle avløpsutslipp direkte til kilden og til bekker og elver som leder direkte til kilden	$0,75b + 0,75v + 0,5p$
	Introduksjon av lukkede avløpssystemer (lukket tank) for alle utslipp i nedslagsfeltet eller bortledning av avløpsvann fra nedslagsfeltet	$0,5b + 0,5v + 0,25p$
	Oppsetting av stengsel for å hindre at beitedyr og hunder kommer i direkte kontakt med kilden samt oppsettning av avfallskontainere (inkludert kontainere for hundeevfering) i nedslagsfeltet	$0,25b + 0,25v + 0,15p$
Restriksjoner på aktivitet i vannkilde og nedslagsfelt	Introdere forbud (evt. restriksjoner) mot beitedyr i nedslagsfeltet	$0,75b + 0,75v + 0,5p$
	Introdere forbud mot potensielt forurensende aktiviteter i nedslagsfeltet, f.eks. bolghus, hytter, motorferdsel etc.	$0,25b + 0,25v + 0,15p$
	Introdere forbud (evt. restriksjoner) mot bruk av vannkilden til båtsport, bading og annen aktivitet, f.eks. motorferdsel	$0,25b + 0,25v + 0,15p$
Tiltak knyttet til inntak	Senkning av råvannsinntak til et dyp som sikrer at sprangsjiktet ikke når ned til inntaket bortsett fra i sirkulasjonsperiodene	$0,5b + 0,5v + 0,25p$
	Flytting av råvannsinntak slik at det kan dokumenteres gjennom hydrauliske studier at tilførsel av avløpsvann og avføring fra beitedyr via elver og bekker påvirker inntaket i ubehøvelig grad	$0,25b + 0,25v + 0,15p$
Absolutt maksimal summert log-kreditt for tiltak i vannkilde og nedslagsfelt		$2,0b + 2,0v + 1,25p$

Vannvernets størrelse	Vannkvalitetsnivå i kilde	Vannkvalitetsnivå i kilde			
		A	B	C	D
Vannvernets størrelse	< 1000 personer tilknyttet	$3,0b + 3,0v + 2,0p$	$4,0b + 4,0v + 2,0p$	a. $4,7b + 4,7v + 2,7p$ b. $4,3b + 4,3v + 2,75p$ c. $3,9b + 3,9v + 2,8p$	a. $5,0b + 5,0v + 3,0p$ b. $5,0b + 5,0v + 3,5p$ c. $5,0b + 5,0v + 4,0p$
	1000 - 10 000 personer tilknyttet	$3,5b + 3,5v + 2,5p$	$4,5b + 4,5v + 2,5p$	a. $5,0b + 5,0v + 3,0p$ b. $5,0b + 5,0v + 3,25p$ c. $5,0b + 5,0v + 3,5p$	a. $5,5b + 5,5v + 3,5p$ b. $5,5b + 5,5v + 4,0p$ c. $5,5b + 5,5v + 4,5p$
	> 10 000 personer tilknyttet	$4,0b + 4,0v + 3,0p$	$5,0b + 5,0v + 3,0p$	a. $5,5b + 5,5v + 3,0p$ b. $5,5b + 5,5v + 3,25p$ c. $5,5b + 5,5v + 3,5p$	a. $6,0b + 6,0v + 4,0p$ b. $6,0b + 6,0v + 4,5p$ c. $6,0b + 6,0v + 5,0p$



MBA - Effekt av overvåkning av råvannskvalitet

Kategori av tiltak	Barrieretiltak	Log-kreditt
Øket prøvetakings frekvens	Innføring av utvidet mikrobiell analyse i råvann <ul style="list-style-type: none"> • minst som angitt for risikobasert prøveprogram • minst som angitt for nettkontroll 	0,50b + 0,50v + 0,25p 0,25b + 0,25v + 0,15 p
On-line måling av Råvannskvalitet	Innføring av on-line måling av råvannskvalitet (turbiditet, mikrobiell aktivitet eller andre parametere som er egnet til å overvåke mikrobiell kvalitet på råvannet) for, ved overskridelse av grenseverdi (set-punkt), være i stand til å: <ul style="list-style-type: none"> • automatisk stenge av råvannstilførsel • manuelt stenge av råvannstilførsel • bytte vannkilde 	0,50b + 0,50v + 0,25p 0,25b + 0,25v + 0,15p 0,25b + 0,25v + 0,15p
Absolutt maksimal summert log-kreditt for nye tiltak knyttet til overvåkning av råvannskvalitet		0,75b + 0,75v + 0,50p

Effekt av vannbehandling

Veiledningen til drikkevannsforskriften, (versjon 2021)

- Vannbehandlingen skal fjerne eller drepe mikroorganismer
- Kravet er blant annet at drikkevannet ikke skal inneholde virus, bakterier eller parasitter i antall eller konsentrasjon som utgjør en helsefare.
- I mange tilfeller kan kravet være oppfylt om 99,9 % (3 log) av virus og bakterier er fjernet. Tilsvarende hvis 99 % (2 log) av parasitter er fjernet.

Effekt av vannbehandling

Veiledningen til drikkevannsforskriften, (versjon 2021)

Eksempler på vannbehandlingsmetoder som normalt bør utgjøre en hygienisk barriere:

- Ved **klorering** bør mengde restklor være over 0,05 mg Cl₂/letter minst 30 minutters kontaktid (bakterier og virus)
- Ved **UV-bestråling** anses UV-dose over 30 mWs/cm² for å være en hygienisk barriere ovenfor både bakterier, virus og parasitter. Denne doseverdien beregnes. Hvis bakteriesporer også skal inaktiveres bør UV-dosen være over 40 mWs/cm².
- Ved **koagulering** vil erfaringsmessig restinnholdet av aluminium eller jern i drikkevannet være mindre enn 0,15 mg/l, samtidig som fargeverdien er mindre enn 5 mg Pt/l. Videre vil da også mengden organisk materiale være mindre enn 3 mg C/l. Turbiditeten er da erfaringsmessig mindre enn 0,2 FNU.

MBA - Barrierehøyde (log-kreditt) for vannbehandling med partikkelseparasjon

Vannbehandlingsmetode	Log-kreditt
Hurtigsandfiltrering uten koagulering (filterhastighet < 7,5 m/h) ¹⁾	0,5b + 0,25v + 0,5p
Membran (MF) filtrering ²⁾	2,0b + 1,0v + 2,0p
Membran (UF) filtrering ³⁾	2,5b + 2,0v + 2,5p
Membran (NF) filtrering ⁴⁾	3,0b + 3,0v + 3,0p
Langsomsandfiltrering (filterhastighet < 0,5 m/h)	2,0b + 2,0v + 2,0p
Koagulering/direktefiltrering (mediafilter) ⁵⁾	2,25b + 1,5v + 2,25p
Koagulering/direktefiltrering (mediafilter) ⁶⁾	2,5b + 2,0v + 2,5p
Koagulering + sedimentering (evt. flotasjon) + filtrering ⁵⁾	2,5b + 1,75v + 2,5p
Koagulering + sedimentering (evt. flotasjon) + filtrering ⁶⁾	2,75b + 2,25v + 2,75p
Koagulering/membran (MF) filtrering ⁶⁾	3,0b + 2,5v + 3,0p
Koagulering/membran (UF) filtrering ⁶⁾	3,0b + 3,0v + 3,0p

1) Gjelder også biofiltre, ionebytter-filtre, aktivert kull filtre og marmor-filtre

2) Forutsatt nominell poreåpning på membran < 100 nm

3) Forutsatt nominell poreåpning på membran < 40 nm

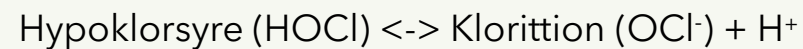
4) Forutsatt nominell poreåpning på membran < 5 nm

5) Forutsatt turbiditet i produsert vann < 0,2 NTU (sanntids måling)

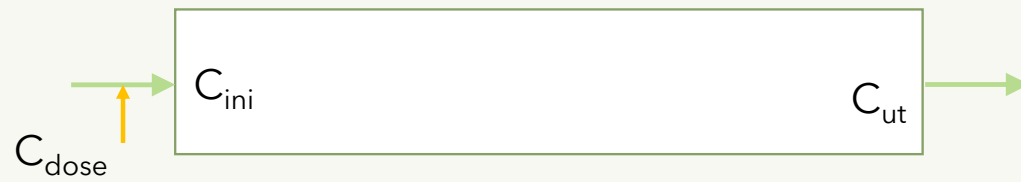
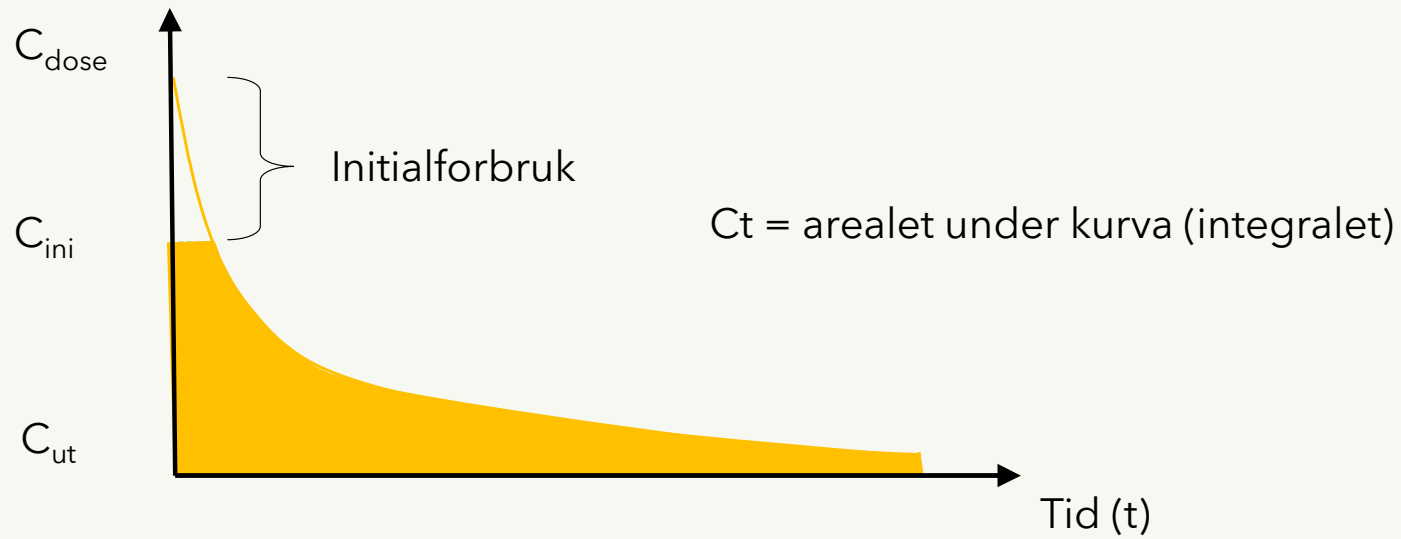
6) Forutsatt at tilstrekkelig koagulant-dosering og god overvåkning slik at turbiditet i produsert vann < 0,1 NTU (sanntids måling)

Desinfeksjon med klor (hypokloritt)

- Drikkevannsforskriftens veileder indikerer et barrierekrav på 0,05 mg Cl/l etter 30 min kontaktid.
- MBA-veiledningen viser at det ikke er et «enten/eller»
- Det er flere ting som påvirker effekten av kloreringen:
 - Klordose
 - Innhold av organisk stoff (TOC) i vannet
 - Oppholdstid/klorkontakt
 - Utforming av klorreaktor
 - Temperatur
 - pH



Ct-begrepet er sentralt i MBA



MBA - Barrierehøyde (log-kreditt) for vannbehandling med klorering eller ozonering

	Bakterier (3 log)		Virus (3 log)		Parasitter av gruppen <i>Giardia</i> (2 log)		Parasitter av gruppen <i>Cryptosporidium</i> (2 log)	
	4°C	0,5°C	4°C	0,5°C	4°C	0,5°C	4°C	0,5°C
Klor								
pH < 7	1,0	1,5	4,0	6,0	75	100	i.a.	i.a.
pH 7 - 8	1,5	2,0	6,0	9,0	100	150	i.a.	i.a.
pH > 8	2,0	3,0	8,0	12,0	175	250	i.a.	i.a.
Kloramin	100	200	1500	2000	1750	2500	i.a.	i.a.
Klordioksid	1,0	1,5	10	15	20	30	>100	>150
Ozon	0,5	0,75	1,0	1,4	1,5	2,0	30	45

Ct-begrepet og desinfeksjonseffekt

Det er en direkte sammenheng mellom:

- Den inaktiveringseffekt som oppnås (desinfeksjonsgraden)
- og
- Produktet av den konsentrasjon av desinfeksjonsmiddelet mikroorganismen opplever og den tid den opplever denne konsentrasjonen

Dvs:

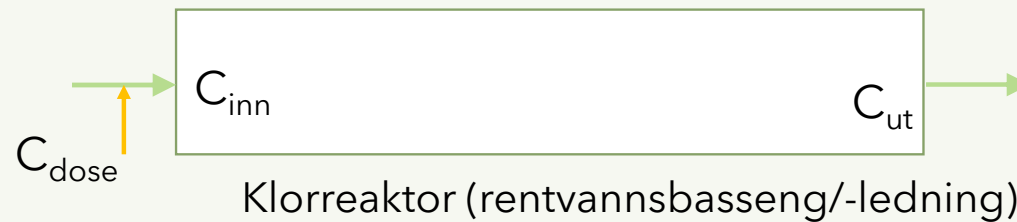
- dobler vi Ct-verdien dobles også desinfeksjonseffekten i form av log-kreditter

Sammenheng mellom Ct-verdi og desinfeksjonseffekt

	Bakterier (3 log)		Virus (3 log)		Parasitter av gruppen <i>Giardia</i> (2 log)		Parasitter av gruppen <i>Cryptosporidium</i> (2 log)	
	4°C	0,5°C	4°C	0,5°C	4°C	0,5°C	4°C	0,5°C
Klor								
pH < 7	1,0	1,5	4,0	6,0	75	100	i.a.	i.a.
pH 7 - 8	1,5	2,0	6,0	9,0	100	150	i.a.	i.a.
pH > 8	2,0	3,0	8,0	12,0	175	250	i.a.	i.a.
Kloramin	100	200	1500	2000	1750	2500	i.a.	i.a.
Klordioksid	1,0	1,5	10	15	20	30	>100	>150
Ozon	0,5	0,75	1,0	1,4	1,5	2,0	30	45

i.a. - ikke angitt. Ct-verdien er så høy at den er uinteressant for alle praktiske formål

Hvordan finne Ct-verdien ved klordosering?



- Beregne Ct-verdien basert på:
 - Klordose
 - Initialforbruk (TOC i vann)
 - Effektiv oppholdstid i klorreaktor
- Måle Ct-verdien basert på:
 - Innløpskonsentrasjon
 - Utløpskonsentrasjon
 - Effektiv oppholdstid

Effektiv oppholdstid – utforming klorreaktor

Tabell 3.2 Veiledende verdier for hydraulisk faktor

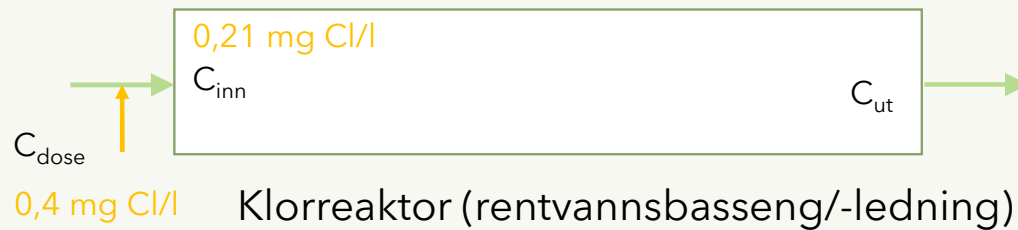
Omblendings-forhold (grad av stempelstrøm i hvert kammer)	Hydraulisk faktor, $F_h^{1,2}$		Beskrivelse av hvert kammer i kontakttanken	Seriefaktor, F_s^3 Kammer i serie		
	$t_{10}/T^{(1)}$	$t_m/T^{(2)}$		1	2	3
Ingen (ideell blanding)	0,1	0,3	Ingen skjermer, full omblending, høy inn- og utløps-hastighet, lavt lengde/bredde forhold	1,0	2,0	2,5
Dårlig	0,3	0,4	Ingen skjermer, single eller multiple innløp og utløp	1,0	1,8	2,0
Middels	0,5	0,5	Skjermet innløp eller utløp, noe skjerming i selve bassenget	1,0	1,5	1,8
Ganske bra	0,7	0,7	Skjermet innløp og utløp, ledevegger i bassenget. Høyt lengde/bredde forhold	1,0	1,3	1,4
Svært bra	0,9	0,9	Skjermet innløp og utløp, ledevegger i bassenget. Svært høyt lengde/bredde forhold	1,0	1,1	1,1
Perfekt	1,0	1,0	Rørstrømning	1,0	1,0	1,0

1) Benyttes ved Ct-beregning (se avsnitt 3.4.3 og 3.7.4)

2) Benyttes ved beregning av k , C_i og C_{ut} (se avsnitt 3.4.2 og 3.7.2-3.7.3)

Eksempel

- Vann fra MP:
- TOC - 2,5 mg/l.
- Klordose - 0,4 mg Cl/l
- Det gir et initialforbruk (IF) på 0,19 mg Cl/l og C_{inn} blir 0,21 mg Cl/l



Hva skjer i ulike typer klorreaktorer?

Reaktorutformingens innvirkning på Ct og desinfeksjonsgrad



Grad av stempelstrøm:

Ingen (ideell blanding):





Svært bra:





Dimensjonerende oppholdstid 30 minutter og 360 minutter (6 timer)

Reaktorutformingens innvirkning på Ct og desinfeksjonsgrad

Grad av stempelstrøm	Oppholdstid	
	30 min	
Ingen (0,1) 	$Ct = 0,60$ $0,9 b + 0,22 v + 0,01 p$	
Svært bra (0,9) 	$Ct = 3,33$ $4,0 b + 1,25 v + 0,04 p$	

Reaktorutformingens innvirkning på Ct og desinfeksjonsgrad

Grad av stempelstrøm	Oppholdstid	
	30 min	360 min
Ingen (0,1) 	$Ct = 0,60$ $0,9 b + 0,22 v + 0,01 p$	$3,79$ $4,0 b + 1,42 v + 0,04$
Svært bra (0,9) 	$Ct = 3,33$ $4,0 b + 1,25 v + 0,04 p$	$Ct = 4,73$ $4,0 b + 1,77 v + 0,05 p$

Eksempel grunnvannsanlegg, Slettemoen VBA

- Et mindre grunnvannsanlegg som forsyner 900 personer.
- To brønner i løsmasser
- Vannbehandling med lufting, vannglass og reserveklor
- Inndeling i 3 beskyttelsessoner med en rekke begrensning

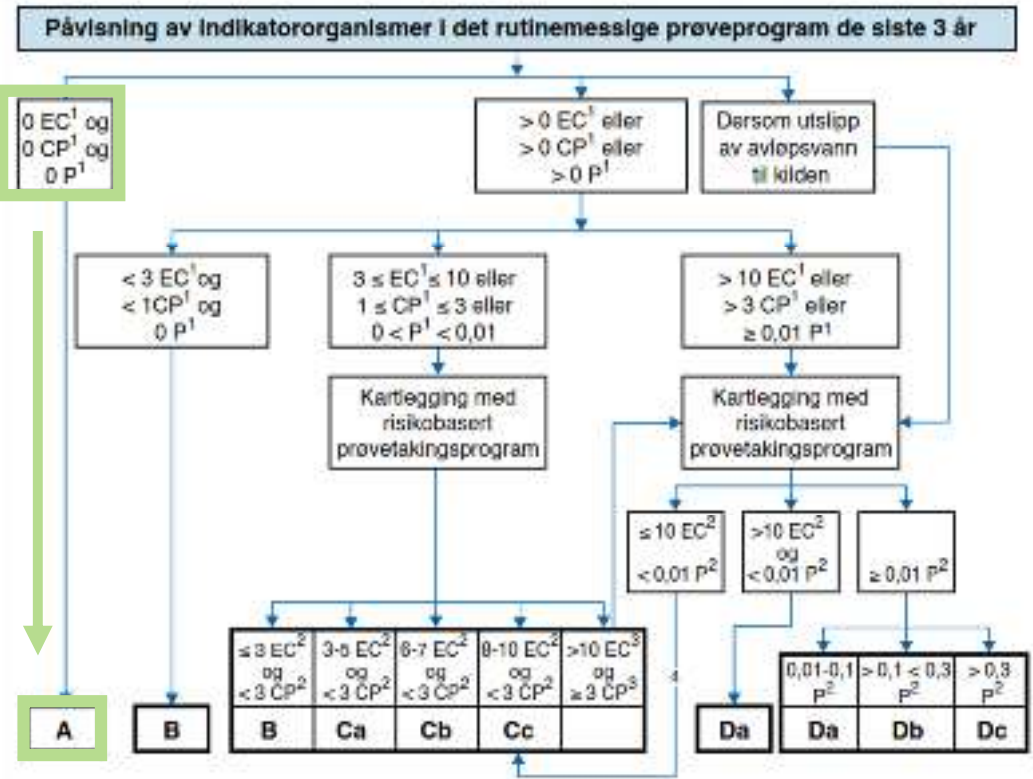


Råvannskvalitet siste 3 år

E.coli	Antall prøver	Snitt [cfu/100 ml]	Max [cfu/100 ml]	Min [cfu/100 ml]	Antall >0
Brønn 1	16	<1	<1	<1	0
Brønn 2	16	<1	<1	<1	0

Slettemoen - Vannkvalitetsnivå og nødvendig barrierehøyde

E.coli	Antall prøver	Snitt [cfu/100 ml]	Max [cfu/100 ml]	Min [cfu/100 ml]	Antall >0
Brønn 1	16	<1	<1	<1	0
Brønn 2	16	<1	<1	<1	0



Vannkvalitetsstørrelse	Vannkvalitetsnivå i NME			
	A	B	C	D
< 1000 personer tilknyttet	1,0b + 1,0v + 3,0p	1,0b + 1,0v + 2,0p	a: 4,0b + 1,0v + 2,0p b: 1,0b + 1,0v + 2,2p c: 4,0b + 1,0v + 3,0p	a: 5,0b + 1,0v + 1,0p b: 1,0b + 1,0v + 1,0p c: 5,0b + 1,0v + 1,0p
1000 - 10 000 personer tilknyttet	1,5b + 1,5v + 2,5p	1,5b + 1,5v + 2,5p	a: 3,0b + 1,0v + 3,0p b: 1,0b + 1,0v + 3,2p c: 5,0b + 1,0v + 3,0p	a: 5,0b + 1,0v + 3,0p b: 1,0b + 1,0v + 3,0p c: 5,0b + 1,0v + 3,0p
> 10 000 personer tilknyttet	4,0b + 4,0v + 3,0p	5,0b + 5,0v + 3,0p	a: 3,0b + 1,0v + 3,0p b: 1,0b + 1,0v + 3,2p c: 5,0b + 1,0v + 3,0p	a: 6,0b + 1,0v + 4,0p b: 1,0b + 1,0v + 4,0p c: 6,0b + 1,0v + 4,0p

MBA - Effekt av nye tiltak for grunnvannskilder

Tiltak i sone	Detaljerings av tiltak- som ikke allerede er gjennomførte da kvalitetsnivået ble bestemt	Maks. log-kreditt
Sone 0 Brønnsone	Inngjerding og avlåsning av brønnsone	0,25b + 0,25v + 0,25p
Sone 1 Det nære tilsigsområdet (For grunnvann i fjell strekker sone 1 seg til 100 m fra den ytre grense av sone 0)	Innføre forbud mot alle former for kloakkutslipp til grunnen, herunder bruk av infiltrasjonsanlegg, spredning av kloakkslam etc.	0,75b + 0,75v + 0,5p
	Innføre forbud mot alle former for jordbruksdrift i sonen, herunder grasproduksjon, gjødsling, bruk av plantevernmidler og bruk av sonen (eller deler av denne) som beitemark for husdyr	0,5b + 0,5v + 0,25p
	Innføre forbud mot potensielt forurensende aktiviteter i nedslagsfeltet, f.eks. bolighus, hytter, motorferdsel etc. og alle former for deponier	0,25b + 0,25v + 0,15p
Sone 2 Det fjerne tilsigsområdet (For grunnvann i fjell strekker sone 2 seg til 100 m fra den ytre grense av sone 1)	Innføre forbud mot alle former for kloakkutslipp til grunnen, herunder bruk av infiltrasjonsanlegg, spredning av kloakkslam etc.	0,5b + 0,5v + 0,25p
	Innføre forbud mot alle former for jordbruksdrift i sonen, herunder grasproduksjon, gjødsling, bruk av plantevernmidler og bruk av sonen (eller deler av denne) som beitemark for husdyr	0,25b + 0,25v + 0,15p
	Innføre forbud mot potensielt forurensende aktiviteter i nedslagsfeltet, f.eks. bolighus, hytter, motorferdsel etc. og alle former for deponier	0,25b + 0,25v + 0,15p
Utbedring av brønnutforming	Beskyttelse av brønn med brønnhus med tett gulv og tetting rundt brønnrør	0,5b + 0,5v + 0,25p
	For grunnvann i fjell: Etablering av fullstendig tetting mellom foringsrør og fjell	0,25b + 0,25v + 0,15p
	Heving av brønnrør til minst 40 cm over bakkenivå samt tett lokk	0,25b + 0,25v + 0,15p
Absolutt maksimal summert log-kreditt for tiltak knyttet til løsmassebrønner		2,0b + 2,0v + 1,25p

Slettemoen - Log-kreditt for nye tiltak i nedbørfelt?

- Det er allerede omfattende tiltak i nedbørfeltet
- Råvannskvaliteten er i beste nivå A.

=> Ingen ekstra barriereeffekt ved tiltak i nedbørfelt



MBA - Effekt av overvåkning av råvannskvalitet

Kategori av tiltak	Barrieretiltak	Log-kreditt
Øket prøvetakings frekvens	Innføring av utvidet mikrobiell analyse i råvann <ul style="list-style-type: none"> • minst som angitt for risikobasert prøveprogram • minst som angitt for nettkontroll 	0,50b + 0,50v + 0,25p 0,25b + 0,25v + 0,15 p
On-line måling av Råvannskvalitet	Innføring av on-line måling av råvannskvalitet (turbiditet, mikrobiell aktivitet eller andre parametere som er egnet til å overvåke mikrobiell kvalitet på råvannet) for, ved overskridelse av grenseverdi (set-punkt), være i stand til å: <ul style="list-style-type: none"> • automatisk stenge av råvannstilførsel • manuelt stenge av råvannstilførsel • bytte vannkilde 	0,50b + 0,50v + 0,25p 0,25b + 0,25v + 0,15p 0,25b + 0,25v + 0,15p
Absolutt maksimal summert log-kreditt for nye tiltak knyttet til overvåkning av råvannskvalitet		0,75b + 0,75v + 0,50p

Slettemoen - Log-kreditt for overvåking av råvannskvalitet?

- Økt prøvetakingsfrekvens?
- Vurderes å ha begrenset effekt. Kun i helt spesielle tilfeller at man vil kunne få utslag på mikrobiologi
- On-line overvåking av vannkvalitet med mulighet for avstenging, manuelt eller automatisk?
- Det må være et reelt alternativ å stenge av dvs enten svært god bassengkapasitet eller reservevann.



Slettemoen - Barrierestatus i dag

Tabell 9 Nåværende barrierestatus ved Slettemoen vannverk.

	Bakterier	Virus	Parasitter
Nødvendig barrierehøyde	3,00	3,00	2,00
- Tiltak i nedbørfelt og brønn	0,00	0,00	0,00
- Tiltak i vannbehandling	0,00	0,00	0,00
- Desinfeksjon	0,00	0,00	0,00
Vannverkets barrierestatus	3,00	3,00	2,00

Slettemoen - Barrierestatus med klor

Tabell 10 Barrierestatus ved Slettemoen vannverk ved å tilsette 0,2 mg/L klor.

	Bakterier	Virus	Parasitter (giardia/cryptosporodium)
Nødvendig barrierehøyde	3,00	3,00	2,00
- Tiltak i nedbørfelt og brønn	0,00	0,00	0,00
- Tiltak i vannbehandling	0,00	0,00	0,00
- Desinfeksjon	4,00	1,35	0,05/0
Vannverkets barrierestatus	-1,00	1,65	1,95/2,00

Selv med overvåkningstiltak på råvannskvalitet vil man ikke få tilstrekkelig barrierehøyde med klor

Slettemoen - Barrierestatus med UV

Tabell 11 Barrierestatus ved Slettemoen vannverk ved installasjon av UV.

	Bakterier	Virus	Parasitter
Nødvendig barrierehøyde	3,00	3,00	2,00
- Tiltak i nedbørfelt og brønn	0,00	0,00	0,00
- Tiltak i vannbehandling	0,00	0,00	0,00
- Desinfeksjon	4,00	3,50	4,00
Vannverkets barrierestatus	-1,00	-0,50	-2,00

UV-blir introdusert som ny vannbehandling. Klor beholdes som reserveløsning.

Eksempel overflatekilde, nye Ålesund VBA

- Anlegget bygges ut med Moldeprosess for fjerning av organisk stoff og korrosjonskontroll.
- Brusdalsvatnet er kilde både for eksisterende anlegg og nytt anlegg

Parameter	enhet	Minst	Gj.snitt	Størst	Antall	Grenseverdi drikkevannsforskriften
01-Farge	mg/l Pt	7	11,072	18	83	Akseptabel
04-Turbiditet	FNU	0,11	0,226	0,92	81	Akseptabel
05-Clostridium perfringens	/100ml	0	0,462	3	52	0
06-E.coli	/100 ml	0	0,286	1	7	0
Termotol. koliforme bakt. vann	/100 ml	1	1,165	9	230	0
07-Intestinale enterokokker	/100 ml	0	0,185	2	54	0

MBA for ny vannbehandlingsprosess

Tabell 14- Gjennomgang av hygieniske barrierer for koagulering og filtrering på tremediafilter med jernbasert fellingskjemikalie (Moldeprosess) etter MBA

Beskrivelse:	Bakterier	Virus	Parasitter	
			Giardia	Crypto
Nødvendig barrierehøyde –Da	6,0	6,0	4,0	4,0
Koagulering, direktefiltrering, turb < 0,1 FTU.	2,5	2,0	2,5	2,5
10 % reduksjon pga brister i overvåkningen	- 0,25	- 0,2	- 0,25	- 0,25
Klordosering, dose 0,25 mg Cl ₂ /, ti/T=0,3, T = 90 min, TOC= 1,8 mg/l, pH>8,0	4,0	1,02	0,03	0,0
Beregnet log kreditt UV-anlegg	4,0	3,5	4,0	4,0
Totalt log-kreditt«overskudd»	4,25	0,32	2,28	2,4

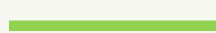
Behov for tilsvarende prosess i eksisterende anlegg?

Stemmerettslige beremningsskiltene. Oppsummering (bestemt på utfylling av spørsmål i foreningsmedlems og jobbsamarbeidsundersøkelser).		Eksisterende	Nytt	Forenklet		
				Resultat	Utsatte spørsmål	
Stemmerettslige beremningsskiltene	A	0,50	0,00	0,00	0,00	
Stemmerettslige beremningsskiltene for arbeidsforhold	B	Stemmerettslige beremningsskiltene	1,00	1,00	0,75	0,75
		Stemmerettslige beremningsskiltene	0,00	0,00	0,00	0,00
		Stemmerettslige beremningsskiltene	0,00	0,00	0,00	0,00
	C	Stemmerettslige beremningsskiltene I	0,00	0,00	0,00	0,00
		Stemmerettslige beremningsskiltene II	0,00	0,00	0,00	0,00
Stemmerettslige beremningsskiltene for arbeidsforhold	D	0,00	0,00	0,00	0,00	
Stemmerettslige beremningsskiltene for arbeidsforhold	E	Stemmerettslige beremningsskiltene	0,00	0,00	0,00	0,00
		Stemmerettslige beremningsskiltene	0,00	0,00	0,00	0,00
		Stemmerettslige beremningsskiltene	0,00	0,00	0,00	0,00
		Stemmerettslige beremningsskiltene	0,00	0,00	0,00	0,00
Stemmerettslige beremningsskiltene		4,00	1,00	1,00	1,00	

Vannbehandlingsbehov - en forenkling (hovedvannforsyning)

Tabell 2.2 Sammenheng mellom nødvendig barrierehøyde, vannverkets størrelse og vannkvalitetsnivå

Vannverkets størrelse		Vannkvalitetsnivå i kilde			
		A	B	C	D
Nødvendig barriere nivå	< 1000 personer tilknyttet	3,0b + 3,0v + 2,0p	4,0b + 4,0v + 2,0p	a. 4,5b + 4,5v + 2,5p b. 4,5b + 4,5v + 2,75p c. 4,5b + 4,5v + 3,0p	a. 5,0b + 5,0v + 3,0p b. 5,0b + 5,0v + 3,5p c. 5,0b + 5,0v + 4,0p
	1000 - 10.000 personer tilknyttet	3,5b + 3,5v + 2,5p	4,5b + 4,5v + 2,5p	a. 5,0b + 5,0v + 3,0p b. 5,0b + 5,0v + 3,25p c. 5,0b + 5,0v + 3,5p	a. 5,5b + 5,5v + 3,5p b. 5,5b + 5,5v + 4,0p c. 5,5b + 5,5v + 4,5p
	> 10.000 personer tilknyttet	4,0b + 4,0v + 3,0p	5,0b + 5,0v + 3,0p	a. 5,5b + 5,5v + 3,5p b. 5,5b + 5,5v + 3,75p c. 5,5b + 5,5v + 4,0p	a. 6,0b + 6,0v + 4,0p b. 6,0b + 6,0v + 4,5p c. 6,0b + 6,0v + 5,0p



UV-desinfeksjon



UV og klor



Utvidet vannbehandling - koagulering-filtrering, membranfiltrering og/eller ozonering-biofiltrering

(Forslag fra Svein Liane, NC)