

Når i drikkevannsbehandlingsproessen bør man klorere?

Av Sverre Mollatt og Mona Weideborg

Sverre Mollatt er vannverkssjef ved Vestfold I. Vannverk
Mona Weideborg er seniorforsker i Aquateam A/S.

Innlegg på Fagtreff
i Norsk Vannforening 4. mars 1996

Innledning

VIV er et interkommunalt vannverk som forsyner 10 kommuner i Vestfold med drikkevann fra innsjøen Farris. VIV har ansvaret for vannkilder, vannbehandling og hoveddistribusjon, mens medlemskommunene har lokal distribusjon. Vannverket startet opp i 1968 og leverer ca 25 millioner m³ pr. år.

Prosess

Opprinnelig vannbehandling besto av hurtig sandfiltrering, pH justering med kalk og desinfeksjon med klorgass i den rekkefølge som angitt. Noe senere ble kloramindesinfeksjon innført. På 90-tallet er kalkingen utvidet til karbonatisering med brent kalk (CaO) og CO₂ og klorgass byttet ut med natriumhypoklorittløsning. Anlegget kjøres i dag med verdier på rent vann for pH = 8,5, alkalitet = 0,5 mmol/l, kalsium = 12-14 mgCa/l og klorrest ut 0,3 mgCl/l (0,25 bundet og 0,05 fritt).

Dosering av klor foregår etter/samtidig med kalktilsetting.

Råvannskvalitet

Typiske gjennomsnittlige verdier for råvann for aktuelle parametre er pH 6,5, farge 17-19, alkalitet 0,05 mmol/l, TOC 3,4 mg C/l, kalsium 2,5 mgCa/l, mangan 0,005 mg Mn/l og jern 0,03 mgFe/l. Se tabell 1.

Problemstilling

VIV ønsker å unngå begroing av filterdyser med manganbelegg og lavest mulig tilsetting av klor for å få minst mulig restprodukter fra desinfeksjonsprosessen.

Manganbelegg

VIV har igjennom årene erfart tilgroing av filterdyser over tid. Årsaken til manganutfellingen var manganoksiderende bakterier (*Leptothrix*). Problemet ble avhjulpet med vasking med natriumsulfittløsning og klor (kostbart og arbeidskrevende) og senere ved deltilsetting av kalk før filter med pH-økning i filtrere til rundt pH 10. Imidlertid kan

Tabell 1. Vannkvalitet råvann og rentvann fra VIV (Farris) (VIV, 1995; Myhrstad, 1979; Folkehelse, 1996)

Parameter	Råvann	Rentvann
pH	6,0 - 6,8	7,7 - 8,4
Turbiditet (FTU)	0,18 - 0,45	0,22 - 0,57
Alkalitet (mmol/l)	0,05	0,5
Fargetall (mgPt/l)	11 - 22	10 - 22
Total organisk karbon (mgC/l)	3,4	3,4
Temperatur (°C)	3,9 - 4,5	-
Total fosfor (µg/l)	8	8
Kimtall (ant./ml)	15 - 103	0 - 39
Koliforme bakt. (% pos. prøve)	0 - 38	0
Termotolerante koliforme bakt. (% pos. prøve)	0 - 13	0
Bundet klor (g/m ³)	-	0,08 - 0,28
Fritt klor (g/m ³)	-	0,02 - 0,13
Kloroform (µg/l)	0	9,3 - 15
Bromdiklormetan (µg/l)	0	0,25
Dikloreddiksyre (µg/l)	-	9,5
Triklorreddiksyre (µg/l)	-	3,29

Tabell 2. Analyseresultater - trihalometaner. Kloreringsforsøk med råvann fra VIV. 15.11-22.11.95

Prøvenr.	Behandling	Dosering	Kontaktid	TCM	BDCM
		mg klor/l	timer	µg/l	µg/l
1	Kloramin	1,0	1	14,6	0,7
2	Kloramin	1,0	2	11,6	0,7
3	Kloramin	1,0	3	12,6 (4,3)	0,8 (0,3)
4	Kloramin	0,75	1	7,4	0,6
5	Kloramin	0,75	2	7,6	0,4
6	Kloramin	0,75	3	9	0,5
7	Kloramin	0,5	1	(1,5)	(0,1)
8	Stopp i kloraminreak.	1,0	1	13,3	0,5
9	Stopp i kloraminreak.	1,0	3	13,3	0,7
10	Råvann	0	0	(0,9)	(<0,05)
11	Klor	0,75	1	8,9	0,3
12	Kloramin+alk.	0,75	1	12,1	0,6
13	Sterkklorering	5,0	168	165	5,3

TCM: Triklormetan (kloroform)

BDCM: Bromdiklormetan

(): innledende prøveserie

pH 10 i filtrene være uforenlig med krav til fremtidig utvidet vannbehandling. Høy pH er også ugunstig ved desinfeksjon med klor.

Aquateam v/Lars Hem utarbeidet en rapport om måter å unngå manganbe-
groing foruten dagens metode med pH-
øking med kalk til pH 10. Rapporten
konkluderer med flere forslag hvor for-
kloring synes som den mest interes-
sante.

Her lå det kanskje til rette for klore-
ring ved lavere pH samtidig som man-
ganbe-
groing av filter dyser unngås?

Klortilsetning

VIV engasjerte Aquateam v/Mona Weideborg for i laboratoriet å vurdere klortilsetningspunktets betydning for dannelse av klorerte biprodukter. Ved siden av vurderingen av restprodukter kunne man tenke seg noen praktiske problemer med klorlukt i anlegget. Dette må eventuelt utprøves i praksis.

Klordosering ved VIV er relativt høy etter norske forhold (0,8-1,0 g Cl/m³) og ønskes redusert. Måling av restprodukter viser innhold av kloroform (triklormetan) i størrelsesorden 9 - 15 µg/l. Folkehelsas tidligere normverdi for kloroform var 30 µg/l.

Aquateam fikk i oppdrag å vurdere tilsetning av forskjellige klordoser (0,5 - 1 mg Cl₂/l) med forskjellige oppholdstider som følge av valg av doseringspunkt: 1, 2 og 3 timer.

Det skulle undersøkes på følgende parametre:

De fire trihalometanene (THM), diklormetan, klorerte eddiksyre og aktu-

elle fysiske og kjemiske parametre (pH, turbiditet, organisk materiale, restklor og råvannets klorbehov).

Litteraturerfaring tilsa at høyere klordose vil forårsake høyere THM-innhold. Økt farge og innhold av organisk stoff synes også å øke dannelsen av kloroform.

Det er også dokumentert at tilsetning av klor ved høy pH vil kunne føre til høyere innhold av trihalometaner, mens det motsatte er tilfelle for enkelte klorerte eddiksyre.

Klorerte eddiksyre er antatt å være mer toksiske enn trihalometaner (Bull, 1992). Verdens Helseorganisasjon (WHO, 1993) angir lavere veiledende maksimalverdier for klorerte eddiksyre enn for trihalometaner.

Det er allmenn enighet om at den beste måten å redusere innholdet av klorerte biprodukter er å fjerne organisk stoff før klorering.

Det er også vist lavere restproduktnivåer ved bruk av kloramindesinfeksjon sammenlignet med klor alene

Metodikk som forsøksoppsett, prøvetaking, forsendelse og analysemetodikk berøres ikke. Kjemisk analyse av klorerte biprodukter er utført ved SINTEF, Oslo. Spesielt interesserte henvises til Aquateams rapport.

Resultater.

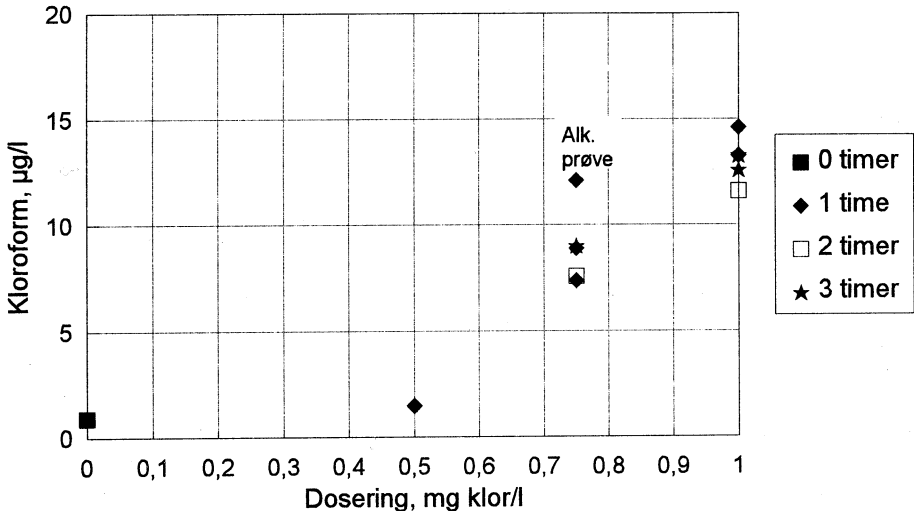
Det vises til tabell 2 over analyseresultater for trihalometaner og figur 1 som viser sammenheng mellom klordosering, trihalometandannelse og oppholdstid. Som det fremgår av figuren øker innholdet av kloroform betydelig med

Tabell 3. Analyseresultater - klorerte eddiksyre. Kloreringsforsøk med råvann fra VIV. 15.11 - 22.11.95

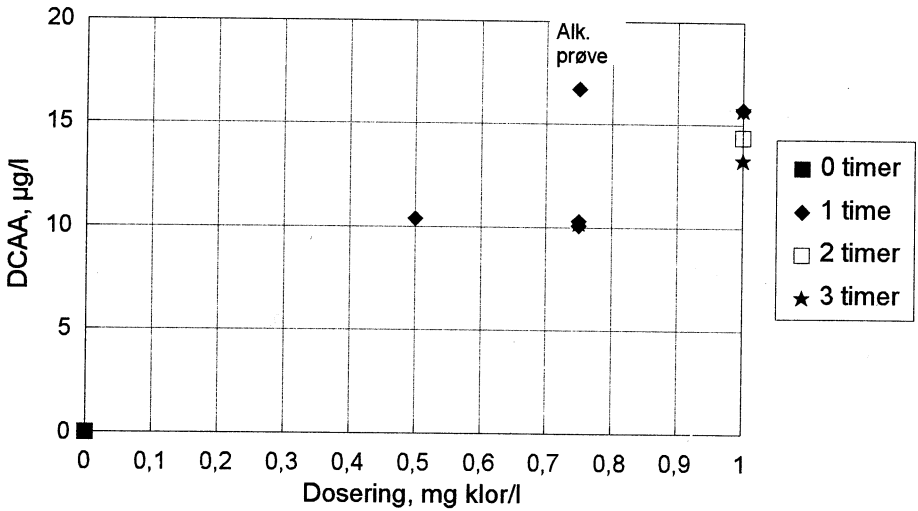
Prøvenr.	Behandling	Dosering	Kontakttid	MCAA	DCAA	TCAA
		mg klor/l	timer	µg/l	µg/l	µg/l
1	Kloramin	1,0	1	<0,05	15,7	8,5
2	Kloramin	1,0	2	0,5	14,4	9,2
3	Kloramin	1,0	3	0,6 (<0,5)	13,3 (7,8)	6,9
4	Kloramin	0,75	1	<0,05	10,1	5,1
5	Kloramin	0,75	2	ia	ia	ia
6	Kloramin	0,75	3	<0,05	10,2	4,1
7	Kloramin	0,5	1	(<0,05)	(10,4)	(4,0)
8	Stopp i kloraminreak.	1,0	1	ia	ia	ia
9	Stopp i kloraminreak.	1,0	3	<0,05	15,7	10,6
10	Råvann	0	0	(<0,05)	(<0,5)	(<0,5)
11	Klor	0,75	1	<0,05	10,3	6,2
12	Kloramin+alk.	0,75	1	0,5	16,7	4,4
13	Sterkklorering	5,0	168	4,6	72	133

MCAA: Monokloreddiksyre
 DCAA: Dikloreddiksyre
 TCAA: Trikloreddiksyre

ia: ikke analysert
 (): innledende prøveserie



Figur 1. Forholdet mellom klordose og innhold av kloroform ved ulike klorkontakt-tider. Kloreringsforsøk med råvann fra VIV. 15.11-22.11.95



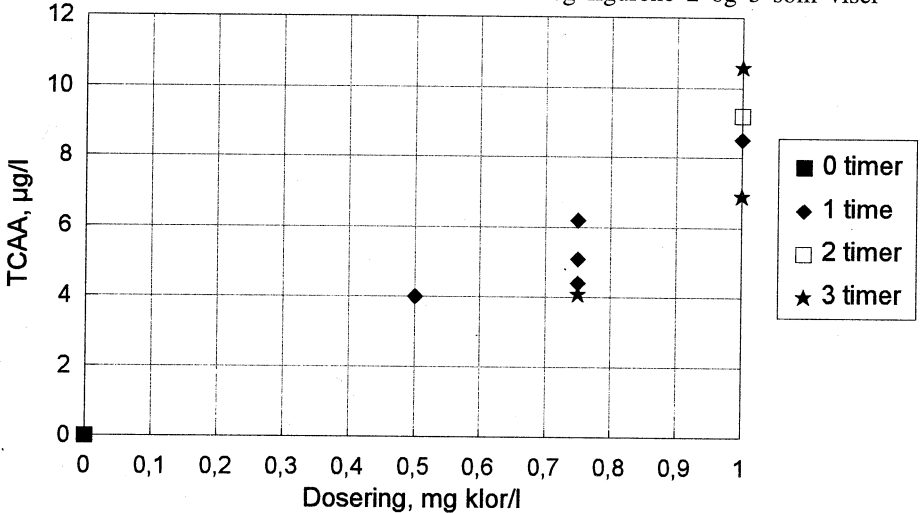
Figur 2. Forholdet mellom klordose og innhold av dikloreddiksyre (DCAA) ved ulike klorkontakttider. Kloreringsforsøk med råvann fra VIV. 15.11-22.11.95

klordose selv ved små forskjeller som fra 0,5 til 1,0 mg Cl₂/l.

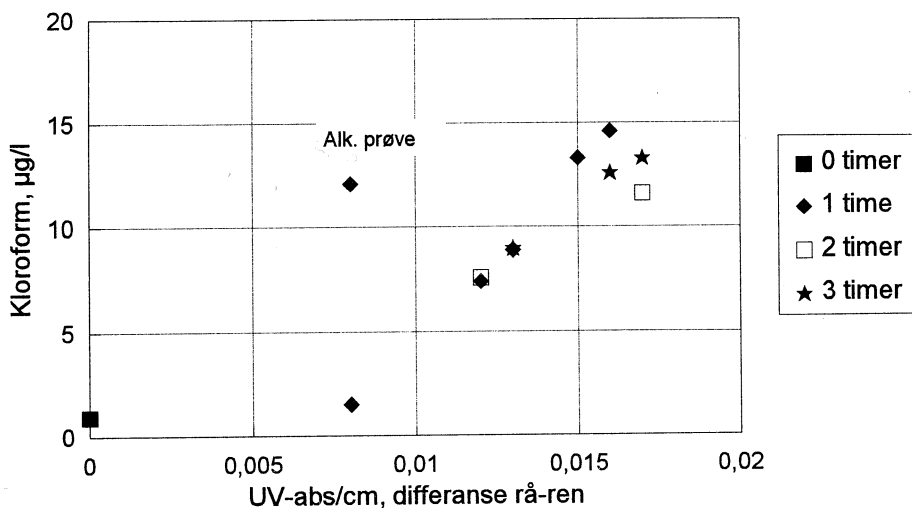
Resultater fra alkalisert prøve viser økte verdier for kloroform. Innholdet

av de øvrige trihalometanene var lavt.

Tilsvarende analyser er utført for klorerte eddiksyrer, og det henvises til tabell 3 og figurene 2 og 3 som viser



Figur 3. Forholdet mellom klordose og innhold av triklorreddiksyre (TCAA) ved ulike klorkontakttider, Kloreringsforsøk med råvann fra VIV. 15.11-22.11.95



Figur 4. Forholdet mellom innholdet av kloroform og forskjell i UV-absorbansen mellom råvann og behandlet vann. Kloreringsforsøk med råvann fra VIV. 15-11 - 22.11.95

innhold av klorerte eddiksyrer, klordosering og oppholdstid.

Resultatene viser mindre avhengighet (liten økning) mellom dosering og oppholdstid i forhold til dannelse av klorerte eddiksyrer ved aktuelle klordoser.

Arbeidet har gitt en del relasjoner som vil være nyttige for VIV i det videre arbeid med kontroll av klorerte forbindelser. Blant annet er det funnet god korrelasjon mellom forskjellen i UV absorbans mellom råvann/behandlet vann og kloroform. Se figur 4.

Forsøkene viser også at økt oppholdstid fra 1 til 3 timer mellom tilsetningspunkt for klor og ammoniakk ikke øker dannelse av klorerte biprodukter. Alkalisert prøve viser noe høyere innhold av kloroform og dikloreddiksyre. Det settes spørsmålsteget ved innvirkningen

av klor på organisk materiale akkumulert i sandfiltrene. Dette er imidlertid ikke undersøkt.

Videre arbeid.

VIV går i dialog med kontrollmyndigheten(e) om omlegging til forkloring samtidig med planlagt utprøving i pilotanlegg.

Referanser

Bull, R.J. (1993) "Haloacetates and Bromate: By-Products that may Critically Affect Drinking Water Disinfection" in "Disinfection Dilemma: Microbiological Control Versus By-Products. Proceedings of the Fifth National Conference of Drinking Water. Winnipeg, Canada, Sept. 13 - 15, 1992 (Eds. Robertson, Tobin and Kjartansson), pp. 221-239.

Hem, L. J. og Weideborg, M. (1994): "Metoder for å unngå manganutfelling i filterdyser ved VIV" Aquateam, 05.10.94 - 0-94042

Mollatt, S. (1996); "Årsrapport 1995 for VIV" VIV, feb. 1996

Mollatt, S. (1996): "Dataoversikt for 1995 for VIV" VIV, mars 1996

Myhrstad, J.A. (1979): Haloformer i drikkevann. En preliminær undersøkelse. SIFF rapport, datert 23. november 1979.

Weideborg, M. og Gundersen, R. (1995): "Laboratorieforsøk for vurdering av klortilsetningspunktets betydning for dannelse av klorerte biprodukter ved VIV". Aquateam, - rapport nr 96-001, 16.01.96, 0-95093

WHO (1993): Guidelines for drinking water quality. Vol 1. Recommendations. Sec edition, WHO, Geneva.