

# Tørklor, flytende klor, elektrolyse og dannelsen av desinfiseringsbiprodukter (DBPer)

Skrevet av Therese Bergh Nitter. Publisert 31.01.2018

Hvordan klor dreper bakterier, cyster og andre sporer omtales som et akademisk puslespill. Uavhengig av desinfiseringsagent er det likevel enighet om at effektiviteten til de ulike komponentene er en funksjon av den aktive komponentens evne til å trenge gjennom mikroorganismenes cellevegg. Det antas at når klor har penetrert celleveggen til en bakterie har den desinfiserende komponenten evne til å angripe ulike enzymgrupper i cellen og organismen dør.

Uavhengig av om det brukes flytende klor ( $\text{NaOCl}$ ), tørklor ( $\text{Ca(OCl)}_2$ ) eller hypokloritt framstilt med bruk av elektrolyse, er det i hovedsak nivået av fritt klor som avgjør vannets desinfiserende virkning. Med fritt klor menes summen av underklorisyrling ( $\text{HOCl}$ ) og hypoklorittionet ( $\text{OCl}^-$ ). Ettersom underklorisyrling er mellom 40 og 80 ganger mer desinfiserende enn hypoklorittionet er dannelse av denne forbindelsen den viktigste reaksjonen i kloreringsprosessen.  $\text{HOCl}$  er en svak syre og avspaltes i vann til  $\text{H}^+$  og  $\text{OCl}^-$ . Ved de pH-verdier som er pålagt i svømmebasseng (7,2-7,6) omtales reaksjonen som ufullstendig og vi vil få både  $\text{HOCl}$  og  $\text{OCl}^-$  når vi klorerer badevannet, se tabell 1.

pH	Prosentandel aktiv klor ( $\text{HOCl}$ )		
	20 °C	25 °C	30 °C
7,2	70,73	68,52	66,52
7,4	60,39	57,87	55,63
7,6	49,03	46,43	44,17

Tabell 1: Andel  $\text{HOCl}$  ved ulike pH-verdier og vanntemperaturer.

Reaksjonen mellom hypokloritt og organiske komponenter i vannet danner blant annet desinfeksjonsbiprodukter (DBPer) som trihalometaner (THM). Av uorganiske DBPer er hypokloritt ofte forbundet med høye konsentrasjoner av klorat og kloritt. Hverken kloritt, klorat eller THM reguleres i norske bassenganlegg i dag, men det vil komme krav til disse komponentene i løpet av få år. Faktorer som vanntemperatur, konsentrasjonen av klor, samt kontakttiden og antall badende er alle med på å øke konsentrasjonen av DBPer i vann.

Klor kan aktiveres i vannet ved bruk av ulike kloreringsmetodikker. I Norge brukes både flytende klor, tørklor og selvprodusert klor (elektrolyse). Selv om disse har samme aktive komponent i vann ( $\text{HOCl}$ ) representerer de noe ulike egenskaper ved bruk.

Generelt taper hypokloritt seg ved lagring og det vil med tiden dannes mer og mer kloritt og klorat. Flytende klor er betegnet å være mer sårbar for lagring og høye temperaturer sammenlignet med tørklor og selvprodusert klor. Også lys, pH-verdi samt nærvær av

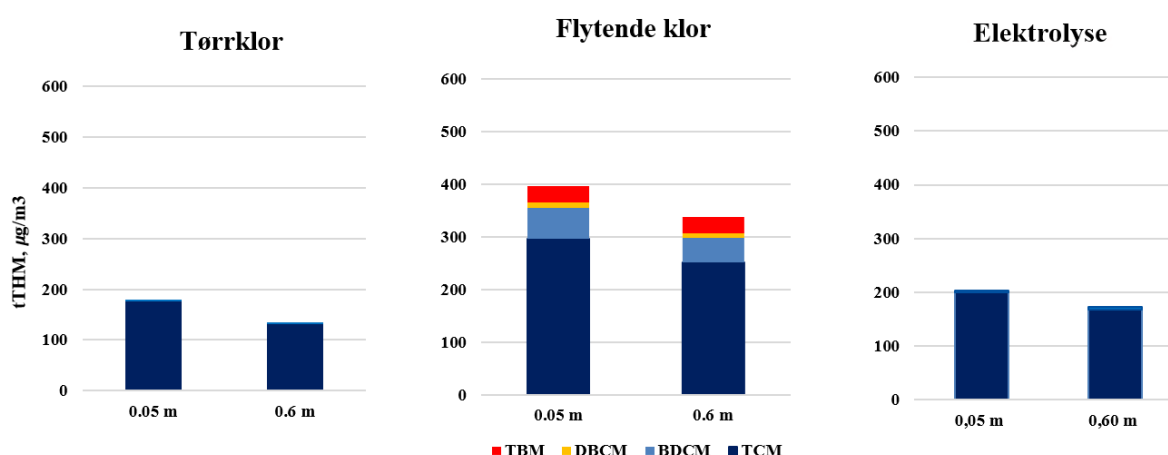
tungmetaller som jern, kobber, nikkel og kobolt er med på å påvirke stabiliteten til flytende klor. Desto mer konsentrert løsninger er, desto raskere taper den seg, se tabell 2.

Opprinnelig konsentrasjon, flytende klor (NaOCl)	Etter 20 dager	Etter 100 dager
15 % tilgjengelig klor	13 %	10 %
13 % tilgjengelig klor	12 %	8 %
10 % tilgjengelig klor	9 %	8 %
6,5 % tilgjengelig klor	6,5 %	6 %

Tabell 2: Illustrativt eksempel på klordekomponering in hypoklorittløsning ved 20 °C.

De siste to årene er det ved NTNU SIAT forsket på konsentrasjonen av THM i luften ved bruk av ulike typer klor. THM er en gruppe desinfiserings bi-produkter som består av de fire komponentene kloroform (TCM), bromdiklormetan (BDCM), dibromklormetan (DBCM) og bromoform (TBM). Disse fire stoffene er svært flyktige og tas relativt raskt opp via huden. Selv om noen THM er mistenk for å være kreftfremkallende, vil de ikke være det ved lave konsentrasjoner, slik som i en svømmehall. Generelt utgjør TCM nesten 100 % av THM i klorert ferskvann, mens det i klorert saltvann (som inneholder bromider) vil være opp mot 100 % TBM. I tillegg til hvilken type vann som er i bassenget, vil også eventuelle forurensinger i saltet som er brukt til å produsere klor spille inn for hvorvidt det dannet kun klorholdige, eller også bromholdige THM.

I figur 1 er en oversikt over hvilke typer av THM som ble målt i tre ulike anlegg hvor det brukes henholdsvis tørrklor, flytende klor og elektrolyse til å desinfisere badevannet. Alle målingene er gjort over basseng fylt med 100% ferskvann. Grafene viser også fordelingen av THM ved de to høydene 5 cm og 60 cm over vannflaten.



Figur 1: THM i luften målt over basseng desinfisert med ulike typer klor.

Som vist i figur 1 ble det målt hele 25% bromholdige THM (summen av DBCM, BDCM og TBM) over bassenget hvor flytende klor brukes som desinfeksjonsmiddel. I anleggene hvor

det ble desinfisert med tørrklor og med elektrolyse ble det kun målt opp til 2% bromholdige THM. Bromholdige komponenter kan enten stamme i fra fyllevannet, eller det kan være forurensinger av bromidioner i saltet som brukes til å produsere klorproduktet. Flytende klor i seg selv er ikke forbundet med bromholdige THM, men mest sannsynlig inneholder saltet som leverandøren har brukt til å produsere flytende klor forurensinger av bromider.

Det er ikke nødvendigvis noe problematisk med at det dannes bromholdige THM i klorert ferskvann, men i Norge reguleres kun konsentrasjonen av fritt og bundet klor og ingen bromholdige komponenter. Kanskje er det på tide å stille flere krav til klorleverandørene slik at vi vet hvordan og hvor lenge produktene er blitt lagret før det ankommer anleggene, men også av hensyn til hva vi egentlig får når vi kjøper klor.