

# I hvilken grad kan vi forvente at cyanotoksiner fjernes i norske vannbehandlingsanlegg?

Av Lars J. Hem

Lars J. Hem er dr.ing. og ansatt i Aquateam AS

*Innlegg på fagtreff i Norsk Vannforening 24.04.06.*

## Sammendrag

Cyanotoksiner produseres av blågrønnalger, og toksinene frigjøres til vannet når algene dør eller utsettes for stress. Intracellulært toksin, dvs. toksiner inne i levende celler, kan fjernes ved en effektiv separasjon av partikler ned til ca. 1 µm, som f.eks. ved humusfjerning ved koagulering og partikkelseparasjon eller membranfiltrering. Toksiner i vannfasen fjernes imidlertid ikke med disse renseprosessene. Klorering eller UV-bestråling for desinfeksjon av drikkevann fjerner ikke toksinene, men ozonering kan oksidere noen av dem. Den mest effektive metoden for å fjerne cyanotoksiner i vannfasen, er filtrering gjennom granulært aktivt karbon (GAC). Kombinasjonen av en effektiv humusfjerning og separasjon av blågrønnalger etterfulgt av GAC vil være en effektiv barriere mot cyanotoksiner.

Med unntak av et fåtall norske vannverk som benytter GAC, vil norske vannbehandlingsanlegg i beste fall kun fjerne intracellulært toksin.

## Abstract

Cyano toxins are produced by cyano bacteria, and the toxins are released to water during death or stress of the bacteria. Intra cellular toxins can be removed by an efficient removal of the bacteria, as with humic removal with coagulation and particle separation or membrane filtration. These treatment processes do, however, not remove dissolved toxins. Disinfection with chlorination or UV irradiation do not remove the toxins, but ozonation can oxidise some of them. The most efficient treatment for toxin removal is GAC filtration. A plant with an efficient removal of humic substances and cyano bacteria followed by GAC filtration will have an efficient barrier towards the toxins.

With the exception of the few plants that use GAC filtration, Norwegian water treatment plants will at the best remove intra cellular toxins only.

## Bakgrunn

Norske vannbehandlingsanlegg er i hovedsak bygget for fjerning av humus samt for korrosjonskontroll og desinfeksjon. De dominerende prosessene er:

- Humusfjerning:
  - o Koagulering og partikkelseparasjon
  - o Membranfiltrering (nano/ultrafiltrering)
- Korrosjonskontroll
  - o Tilsetning av karbondioksid og kalk
  - o Tilsetning av karbondioksid og alkalisk filtermasse
  - o Dosering av natriumsilikat (vannglass)
- Desinfeksjon
  - o Klorering
  - o UV-bestråling

I tillegg er det bygget et lite antall anlegg med ozonering og biofiltrering, dels som hygienisk barriere/desinfeksjon og dels for humusfjerning.

Et fåtall vannverk, og da fortrinnsvis vannverk med råvann fra større elver eller fra eutrofe innsjøer, har i tillegg filtrering gjennom filtre med granulært aktivt karbon (GAC) som sikkerhet mot forurensning eller mot algeproduisert lukt og smak.

Når det rettes økt fokus mot muligheten for at blågrønnalger (cyanobakterier) kan produsere cyanotoksiner i norske råvannskilder, er et viktig spørsmål hva som skjer med disse toksinene i norske vannbehandlingsanlegg.

## Hvordan dannes cyanotoksiner?

Cyanotoksiner er en gruppe toksiner, hvorav de vanligste er hepatoksiner som microcystiner og nevroksiner som anatoxiner og saxitoksiner (Rosatino et al., 2001). Toksinene medfører ulike typer skader på orga-

nismene og har ulik giftighet. WHO (2003) har anbefalt en grenseverdi for microcystin på 1 µg/l.

Cyanotoksiner produseres av blågrønnalger som *Anabaena*, men det er på ingen måte slik at disse organismene produserer toksiner i forutsigbare mengder og av forutsigbar type ut fra mengde blågrønnalger i vannet. Til nå kan man fastslå hvilke blågrønnalger som **kan** produsere toksiner, men ikke hvorfor og under hvilke miljøbetingelser dette skjer.

Toksinene vil være i cellene inntil organismene dør eller blir utsatt for mekanisk og/eller kjemisk stress.

## Erfaringer med fjerning av cyanotoksiner

Forbehandling i mikrosiler etc. vil kunne fjerne større aggregater av blågrønnalger, men ikke enkeltorganismer eller toksiner.

Koagulering og partikkelseparasjon vil kunne fjerne organismene, og dermed den delen av toksinene som er inne i cellene. Ved optimal drift av vannbehandlingsanlegget kan en forvente at 80-85 % av intracellulært microcystin fjernes (Möller et al., 2000). Det er her viktig å merke seg at dersom fjerning av blågrønnalger og intracellulære toksiner er en del av hensikten med koagulering og partikkelseparasjon, **må** slam fjernes hyppig og resirkulering av slamvann **må** unngås, for å unngå at toksiner frigjøres til det behandlede vannet. Dersom algetoksinene allerede er frigjort til vannfasen, har koagulering og partikkelseparasjon liten eller ingen effekt på innholdet av algetoksiner i behandlet vann.

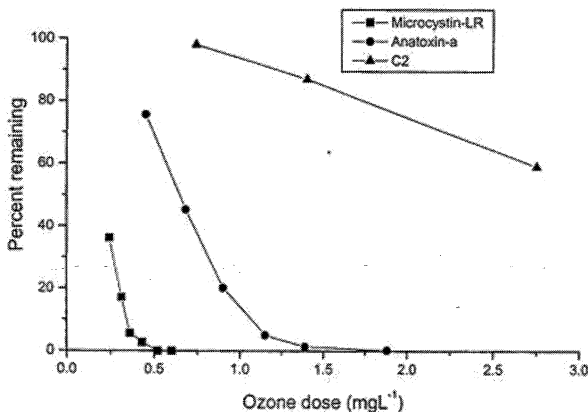
Möller et al. (2000) rapporterer fra Arboga vattenverk, der innholdet av microcystin i råvannet var ca. 1 µg/l. Vannbehandlingen besto av mikrosil, direktefiltrering (Dynasand) og langsomsandfilter. Etter mikrosilen var microcystinkonsentrasjonen redusert med ca. 40 % i forhold til i råvannet, etter direktefiltrering med ca. 75 % og etter langsomsandfilter med ca. 85 %. Dette tilsier at microcystin i hovedsak var intracellulært.

Adsorpsjon på aktivt karbon er en velbrukt metode for å fjerne algeproduert lukt og smak. Internasjonalt benyttes både karbon i pulverform (PAC), som doseres i vannstrømmen i forkant av en partikkelseparasjon, og i form av et filter (GAC), men i Norge er det kun GAC som er benyttet. I Norge er typiske oppholdstider i GAC-filtre 10-15 min beregnet ut fra tom filterseng (empty bed contact time), og typisk driftstid mellom hver regenerering er ett år. En forutsetning for tilfredsstillende drift av GAC-filtrene er at det er en betydelig reduksjon i TOC, og spesielt humus, oppstrøms filteret.

Möller et al. (2000) rapporterer fra Borg vattenverk, der innholdet av microcystin i råvannet var ca. 12 µg/l. Vannbehandlingen besto i koagulering, flokkulering, sedimentering, GAC-filter og langsomsandfilter. Etter sedimentering var microcystinkonsentrasjonen redusert med ca. 80 % i forhold til i råvannet, etter GAC-filteret med ca. 98 % og etter langsomsandfilter med ca. 99 %. Dette viser at kombinasjonen av koagulering og partikkelseparasjon og GAC-filter er effektivt for å fjerne microcystin.

Ut fra resultater publisert av Montgomery (1985) og Möller et al. (2000) bør det være mulig å redusere både lukt, smak og toksiner med > 80 % i et GAC-filter, forutsatt en egnet forbehandling.

Ozon er et kraftig oksidasjonsmiddel, og vil også kunne benyttes for oksidasjon av cyanotoksiner. Effekten av en gitt ozondose vil imidlertid variere betydelig mellom de ulike toksinene, noe som er illustrert i figur 1.



Figur 1.  
Effekt av ozonering på tre ulike algetoksiner (kontaktid 5 min) (Rosatino et al., 2000)

Microcystin ble enkelt oksidert pga. en dobbeltbinding som ble brutt relativt lett, og med en dose på 0,5 mg O<sub>3</sub>/l var ikke toksinet detekterbart etter 5 min. Saxitoksinet C2 var på den annen side kun redusert med 60 % etter 5 min ved en ozondose på 2,75 mg O<sub>3</sub>/l, og en dose på 0,75 mg O<sub>3</sub>/l hadde ikke påviselig effekt på toksinet.

Av andre renseprosesser vil klor normalt være et for svakt oksidasjonsmiddel til å ha noen merkbar effekt på cyanotoksiner. UV-bestråling er heller ikke påvist å ha noen effekt på toksinene. Filtrering i langsomsandfilter gir som vist over en viss reduksjon i konsentrasjonene av microcystin, og ut fra dette **kan** biofiltrering ved lavere oppholdstider også ha en viss effekt. Fordi cyanotoksinene er molekyler med molekylvekt på i størrelsesorden 400-1000, vil toksiner oppløst i vannet i liten grad bli tilbakeholdt i et membranfilter for humusfjerning. Intracellulært toksin vil imidlertid bli fjernet sammen med cellene.

## Konklusjon

- Ozonering reduserer lukt, smak og noen cyanotoksiner betydelig
- GAC-filtrering reduserer lukt, smak og de fleste toksiner betydelig

- Ozon + GAC er effektivt for kontroll av lukt, smak og toksiner
- De vanligste renseprosesser ved norske vannverk har liten eller ingen effekt på toksiner oppløst i vannet, mens en effektiv partikkelseparasjon vil fjerne intracellulært toksin

## Referanser

Möller, T., Hult, A., Willén, E. och Beckman-Sundt., U. (2000): Reduktion av microcystiner vid dricksvattenberedning. Rapport nr. 4/2000. Livsmedelsverket, Sverige.

Montgomery, J. M. (1985): Water treatment principles and design. John Wiley & Sons, New York.

Rosatino, J., Newcombe, G., Nicholson, B. and Sztajn (2001): Ozonation of NOM and algal toxins in four treated waters. *Wat. Res.* **35**:1: 23-32.

World Health Organization (WHO) (2003): Chemical hazards in drinking-water - microcystin-LR. [http://www.who.int/water\\_sanitation\\_health/dwq/chemicals/cyanobactoxins.pdf](http://www.who.int/water_sanitation_health/dwq/chemicals/cyanobactoxins.pdf).