

Renseeffekter for alger og algetoksiner i direktefiltrering

Av Jens Arne Ohren

Jens Arne Ohren er siv.ing. og ansatt som forsker ved NIVA.

1. INNLEDNING

Akersvannet benyttes som rservekilde for deler av Vestfold interkommunale vannverk. Vannkilden har betydelige tilførsler av næringssalter som i sommerhalvåret gir stor oppvekst av alger. I perioder forekommer store mengder av den toksinproduserende blågrønnalgen *Microsystis aeruginosa*. Toksinet fra algen er svært giftig og har i andre kilder tatt livet av bl.a. husdyr og fisk.

Det er derfor viktig at disse algene og toksiner avskilles i renseprosessen for vannverket. For nærmere å undersøke dette ble flere forsøk gjennomført med direktefiltreringsanlegget. I forsøket med lengst driftstid for filteret og lavest turbiditet i filtratet, ble renseeffektene for flere driftsparametre og algerelaterte parametre bestemt.

2. BESKRIVELSE AV VANN-BEHANDLINGSANLEGGET

Inntaket i Akersvannet ligger på ca. 7 meters dyp, og ca. 1.5 meter over bunnen.

Vannbehandlingen for kilden er to-media direktefiltrering med sand og antrasitt som filtermedium.

Under forsøkene benyttes aluminiumsulfat og Magnafloc LT-20 som henholdsvis hoved- og hjelpekoagulant. Videre benyttes karbondioksid for justering av pH til optimale fellingsbetingelser. I tillegg tilsettes klor og natrolut for henholdsvis desinfeksjon og alkalisering.

Av spesielle årsaker, som av plasshensyn ikke utdypes nærmere her, er driftstiden kort mellom hver tilbakespyling av filtrene.

3. RESULTATER FRA FORSØKENE

Forsøkene ble gjennomført i slutten av august 1986. Normalt er algeveksten i Akersvannet stor på den tiden av året. Algeveksten i råvannet var imidlertid betydelig høyere særlig før, men også etter denne undersøkelsen.

Forsøkene startet ca. kl. 0930 om morgenen og fortsatte utover dagen. En svak økning i flere av de organiske parametrene i råvannet ble registrert gjennom undersøkelsen.

Turbiditet.

Turbiditet er en meget god driftsparameter for direktefiltreringsanlegg. Flere parametre kan korreleres til turbiditet. Blant disse er kloro-

Gjennom forsøkene hadde inntaksvannet til vannbehandlingsanlegget følgende kvalitet:

| | | |
|---|-----|------|
| Tid i minutter etter start av filterene | 40 | 370 |
| Turbiditet i FTU | 7.4 | 8.6 |
| Farge i mg Pt/l | 22 | 23 |
| TOC i mg/l | 6.4 | 6.8 |
| Klorofyll i ug/l | 9.1 | 10.2 |
| Celler av Microcystis i mill/l | | 17.4 |
| Akerstox i ug/l | 20 | |

full og algemengde som gjengis nedenfor. Andre er restaluminium og jern som er målt, men ikke presentert her.

Figur 1 viser turbiditet i filtratet gjennom undersøkelsen. Modningstiden for filterene er kort. Bare 10 minutter etter filterstart måles turbiditet i filtratet under 0.3 FTU. I den gunstigste perioden for filterdriften oppnås turbiditetsverdier ned mot 0.15 FTU, som tilsvarer renseeffekter på ca. 98 prosent. Etter 240 minutter overskrides normene for fullrenset vann (0.3 FTU), men fremdeles er renseeffektene nesten 97 prosent i forhold til råvannets turbiditet.

Den økende trend i turbiditet utover i filtersyklusen er helt normal og forekommer i de fleste direktefiltreringsanlegg. Vanligvis er imidlertid driftstiden for filterene lengre.

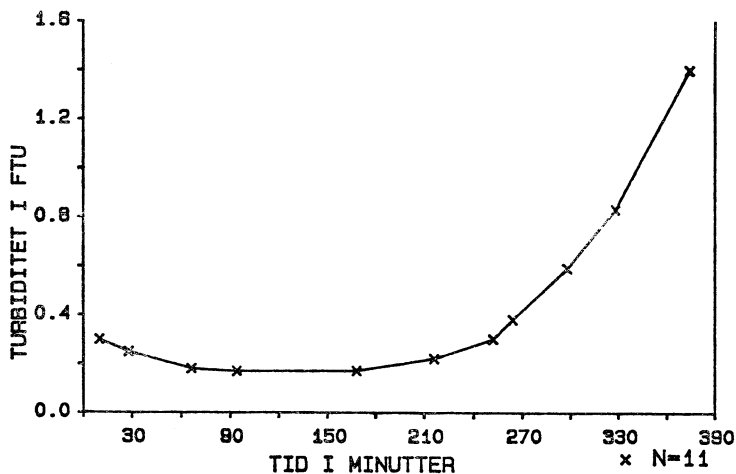
Farge.

I filtratet er fargetallet jevnt omkring 4 mg Pt/l (fig. 2). Ingen økning forekommer m.h.p. tiden. Snarere tvert i mot skjer en svak reduksjon i fargetallet. Selv når normene for turbiditet i fullrenset vann overskrides, ligger fortsatt fargetallet på det samme lave nivået. Renseeffektene gjennom hele filtersyklusen er mellom 80 og 85 prosent.

Totalt organisk karbon (TOC).

TOC-innholdet i filtratet er jevnt omkring 3 mg/l gjennom hele undersøkelsen (fig. 3). Ingen økning forekommer mot slutten av filtersyklusen. I følge normene for fullrenset drikkevann skal TOC-innholdet være under 2.3 mg/l. Disse kravene oppfylles ikke.

Betydelige mengder TOC passerer m.a.o. renseprosessen, og hovedsa-



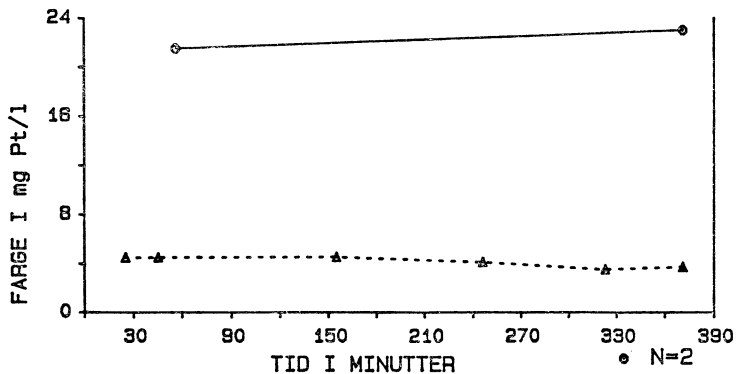
Figur 1. Turbiditet i FTU i filtrat.

kelig er dette oppløste organiske forbindelser. Utover i driftsperioden øker imidlertid innholdet av partikulært organisk materiale noe.

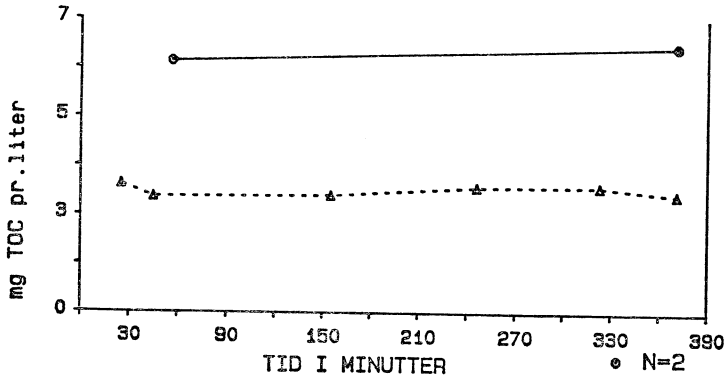
En stor del av de oppløste organiske forbindelser antas å være humusforbindelser, men i forurens-

de kilder som Akersvannet har deler av TOC-innholdet også andre opprinnelser.

Renseeffektene ligger jevnt på omkring 55 prosent. Mange vel drevne direktefiltreringsanlegg i Norge har ikke vesentlig bedre prosentvise renseeffekter for TOC, selv om ab-



Figur 2. Farge i mg Pt/l i råvann (—) og i filtrat (...).



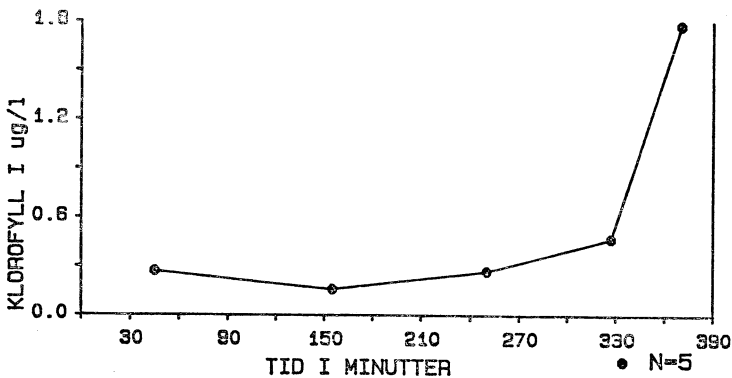
Figur 3. TOC-innhold i mg/l i råvann (—) i filtrat (....).

soluttverdiene i filtratet ofte måles lavere.

Klorofyll.

Klorofyll-innholdet i filtratet varierer en del og følger i hovedsak samme trend som kurven for turbiditet (fig. 4). Helt på slutten av undersøkelsen øker innholdet betydelig. Da er for øvrig normene for

turbiditet og restaluminium allerede overskredet. De gunstigste renseseffektene for klorofyll er vel 98 prosent, mens den i lange perioder ligger omkring 97 prosent. Helt mot slutten av undersøkelsen, når turbiditetsverdiene og aluminiumsinnholdet er overskrevet, oppnås fortsatt renseseffekter på 88 prosent.



Figur 4. Klorofyll i µg/l i filtrat.

Microcystis aeruginosa.

Figur 5 viser innholdet av blågrønnalgen *Microcystis aeruginosa* i filtratet. I gunstigste driftsperiode for filterene oppnås resultater helt ned i 9000 celler/l, som tilsvarer en renseeffekt på 99.95 prosent. Utover i driftsperioden øker imidlertid algeinnholdet raskt og havner på ca. 270 000 celler/l etter ca. 250 minutters drift. Da er for øvrig turbiditetsverdiene for fullrenset vann nettopp overskredet, og driftsperioden for filteret regnes avsluttet. Fortsatt er imidlertid renseeffekten 98.5 prosent.

Helt på slutten av undersøkelsen, lenge etter normene for turbiditet i fullrenset vann er overskredet, måles et innhold på 460 000 celler pr. liter i filtratet. Innholdet tilsvarer en renseeffekt på ca. 97.5 prosent.

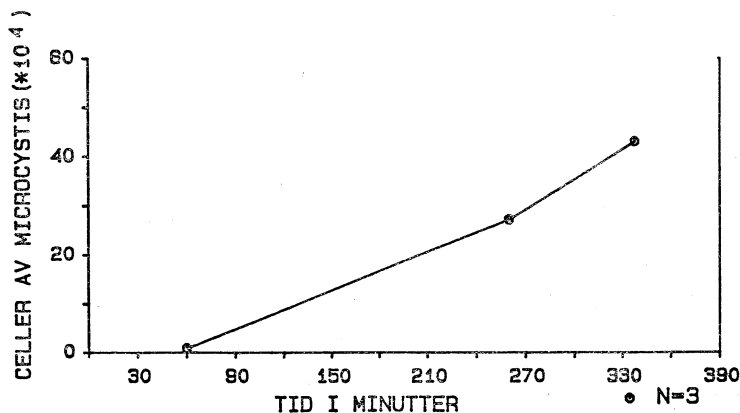
Akerstox.

Akerstox er svært giftig og regnes å ha en giftighet uttrykt som LD₅₀ på µg/kg.

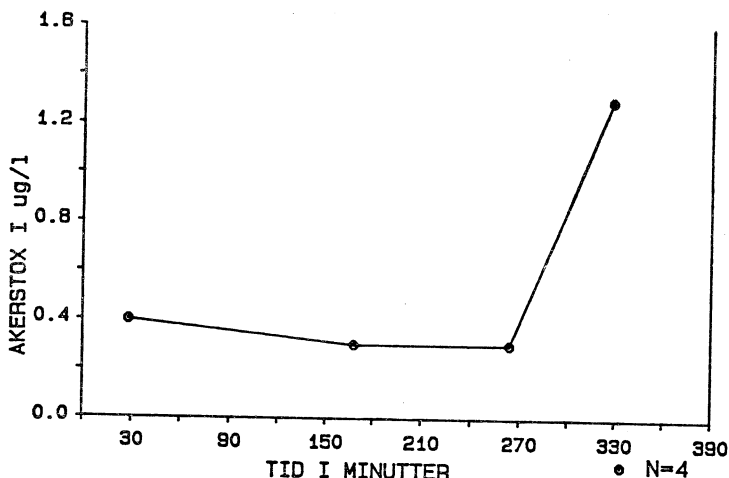
Innholdet av akerstox i filtratet vises i figur 6. Resultatet ligger jevnt omkring 0.3–0.4 µg/l i tiden normene for turbiditet i fullrenset vann tilfredsstilles. Innholdet tilsvarer renseeffekter på 98–98.5 prosent. Helt på slutten av undersøkelsen øker innholdet til 1.3 µg/l. Men fortsatt er renseeffekten 93 prosent.

Antall celler av *Microcystis* i filtratet øker mer enn 30 ganger innenfor tiden normene til turbiditet i fullrenset vann tilfredsstilles. I løpet av denne tiden skjer ingen økning i innholdet av akerstox. I gunstigste periode for driften av filterene er renseeffektene for *Microcystis aeruginosa* hele 99.95 prosent, mens renseeffekten for akerstox «bare» er 98.5 prosent.

I råvannet er forholdet mellom innhold av akerstox i µg/l og antall



Figur 5. Innhold av *Microcystis aeruginosa* i filtratet.



Figur 6. Innhold av akerstox i filtratet.

millioner celler pr. liter av *Microcystis* 0.83. I gunstigste driftsperiode for filtrerne er dette forholdstallet 33 i filtratet. Forholdstallet er dermed økt 40 ganger.

Disse resultatene tyder på at toksinet som passerer renseprosessen i noen grad er oppløst i vannet. Filtreringen utsetter algene for sterke fysiske påkjenninger. Om toksinet er oppløst i vannet før det når filteret, eller om påkjenningene fra filtermediet i noen grad bidrar til å frigjøre toksinet mens algene er akkumulert i filtermediet, er ikke undersøkt.

Biotest på mus.

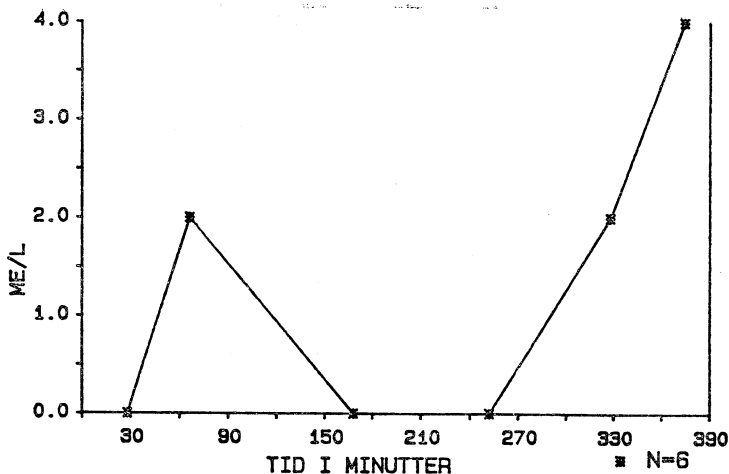
Foreløpig finnes ingen norske grenseverdier for toksiner fra blågrønnalger i drikkevann, og da heller ikke for akerstox. Biotester på mus ble derfor gjennomført med oppkonsentrert filtrat fra vannbe-

handlingsanlegget. Figur 7 viser resultatene i muse-enheter pr. liter filtrat.

Helt i begynnelsen og mot slutten av undersøkelsen måles en giftmengde på henholdsvis 2 og 4 museenheter i filtratet. I disse tidspunkt måles også leverskader på forsøksmusene.

4. KOMMENTARER TIL RESULTATENE

Resultatene fra undersøkelsen ble oppnådd i forsøket med lengst driftstid og lavest turbiditet i filtratet. Hydraulisk belastning, råvannskvalitet m.v. var relativt stabil gjennom hele forsøket. Generelt fører stabile driftsbetingelser til de gunstigste resultater. Endringer i hydraulisk belastning, kjemiske eller fysiske forhold i kilde eller vannbehandlingsanlegg kan forstyrre renseprosessen og raskt for-



Figur 7. Filtratets toksinninnhold i ME/l.

verre filtratets kvalitet. Et eksempel fra samme vannbehandlingsanlegg illustrerer dette. Vannstrømmen gjennom anlegget ble raskt endret ved manøvrering av en mengde-reguleringsventil på ledningen fra filterene. Denne raske endringen i vannstrømmen gjennom filterene økte turbiditets-verdiene i filtratet med 5–6 ganger. I dette forsøket ble verken alger eller akerstox målt i filtratet, men det er grunn til å tro at gjennomgangen av disse forbindelser også økte betydelig.

Før tilbakespyling av filterene akkumuleres store alge- og akerstoxmengder i filtermediet. Gjennom 4 timers drift i dette forsøket akkumuleres en beregnet mengde av *Microcystis* i de 10 filterene på 1.4×10^{14} celler. Den tilsvarende akerstoxmengde er ca. 160 g. Denne akkumulering representerer en betydelig «giftbombe», som har teoretisk po-

tensiale til å ta livet av flere tusen mennesker.

Normalt holdes denne «giftbomben» tilbake i filtermediet og spyles ut ved tilbakespyling av filterene. Ved uhell, endrede driftsforhold m.v. kan mindre deler av dette giftinnholdet frigjøres fra filterene og tilføres det rensede vannet, og nå forbrukes. Etter filteret finnes ingen avskillingsenhet som kan fange opp disse giftene.

5. KONKLUSJON

Akersvannet benyttes som reserve-drikkevannskilde for Vestfold interkommunale vannverk. Kilden er betydelig forurenset med periodevis stor oppvekst av bl.a. den toksinproduserende blågrønnalgen *Microcystis aeruginosa*.

Vannbehandlingen for vannverket er direktefiltrering. Anlegget har kort driftstid mellom hver tilbake-

spyling, men brukbar renseseffekt for tradisjonelle driftsparametre som turbiditet og aluminium i gunstigste driftsperiode.

Renseeffektene for TOC når bare litt over 50 prosent, mens renseseffektene for klorofyll, *Microcystis aeruginosa* og akerstox er 98 prosent eller høyere i de periodene turbiditetsverdiene og restaluminium i filtratet tilfredsstilles.

Selv om de prosentvise renseseffektene for alger og algetoksiner er høye, passerer likevel alger og toksiner rensesprosessen ved optimal drift. Oppkonsentrert vann som har

passert rensesprosessen tok livet av mus med bl.a. påvisning av lever-skader.

I perioder med driftsforstyrrelser i anlegget kan passeringen av urenheter bli enda høyere. Videre kan innholdet av alger i Akersvannet i perioder bli høyere enn det som framgår av denne undersøkelsen.

De alge- og toksinmengder som gjennom driften akkumuleres i filtermaterialet, representerer en betydelig «giftbombe» som har teoretisk potensiale til å ta livet av svært mange mennesker.

LITTERATUR

1. Berge, D. 1986. Bruksplan for Akersvann. NIVA O-86118.
2. Ohren, J. A. 1986 VIV's direktefilteranlegg ved Akersvann. Renseeffekter for alger, algetoksiner og andre vannkvalitets parametre. NIVA O-86068.
3. Ram, N. M. 1986. Organic Carcinogens in drinking water. Detection, Treatment and Risk Assessment. Wiley Interscience.
4. Rennerfelt, J. 1987. Rening av algtoksinholdigt vatten. Elmia Water 1987.
5. Skulberg, O. 1987. Giftproduserende blågrønnalger i Vestfold. NIVA E-83462.
6. Walter, J. W. 1986. Removing dissolved organic contaminants from water. Environ. Sci. Techn. Vol. 20 No. 10 1986.
7. Kadis, S. 1971. Microbial toxins. Academic Press.