

# Fjerning av Giardia cyster i drikkevann ved filtrering

Av Jan Aug. Myhrstad

Jan Aug. Myhrstad er seksjonsleder hos  
Siv.ing. Elliot Strømme A/S.

*Innlegg på seminar i Norsk Vannforening.*

## 1. INNLEDNING

*Giardia lamblia* er en patogen protozo (encellet dyr) som antakelig er relativt sjelden hos oss, men som i de senere år har forårsaket en sterk økning av sykdomstilfeller i Sovjet og USA. I USA var *Giardia lamblia* den vanligst identifiserte patogen ansvarlig for vannbårne sykdomsutbrudd ved overflatevannsanlegg i perioden 1971—85 (1).

*Giardia lamblia* danner cyster som er svært resistente, også for desinfeksjonsmidler/prosesser (2).

American Water Works Association (AWWA) har en komité som vurderer status vedrørende vannbårne sykdommer i USA og Kanada. Komitéen har påpekt at desinfeksjon og filtrering hver for seg ikke er effektivt nok til å fjerne *Giardia*.

Komitéen har videre uttalt seg om behovet for for- og etterbehandling når vannet filtreres gjennom hurtig-sandfilter, sett i forhold til mulighetene for en effektiv fjerning av *Giardia*. Det hevdes for øvrig at vannbårne sykdommer, primært giardiasis, har inntruffet ved vannverk hvor det helserelaterte kravet til turbiditet har vært innfridd. Det

å innfri et krav til vannets turbiditet gir derfor ingen sikkerhet mot spredning av sykdom. Slik sikkerhet oppnås bare ved anlegg som er korrekt designet og godt drevet (3).

Som nevnt, danner *Giardia lamblia* cyster (hvilestadier). Dette skjer når livsbetingelsene blir ugunstige. Cystene har et eggformet utseende, og en størrelse på (7—10)  $\mu\text{m}$  x (8—12)  $\mu\text{m}$ .

For å illustrere *Giardia* cystenes motstandsevne overfor klor, er overlevelsesevnen ved klorering for forskjellig pH-verdi, kontakttid og temperatur vist i tabell 1.

Overlevelsesevnen indikerer klart behovet for supplerende vannbehandling for å oppnå tilfredsstillende vann. I det følgende vil forskjellige filtreringsmetoder bli omtalt med hensyn til deres evne til å fjerne *Giardia*.

Det er viktig å møte ny mikrobiologisk erkjennelse med relevante tekniske tiltak. Det er mye som tyder på at en mikrobiologisk tilfredsstillende vannforsyning for visse typer vannkilder bare vil kunne oppnås ved en kombinasjon av desinfeksjon og filtrering, eventuelt også koagulering. Den tekniske utfordringen er å finne frem til filtertyper

pH	Kontakt- tid (min.)	Over- levelse (%)	
		6°C	15°C
6	10	10,5	0,2
	30	3,0	—
	60	0,2	—
7	10	11,5	2,0
	30	3,5	0,4
	60	0,2	0,2
8	10	12,0	2,5
	30	8,0	0,4
	60	0,3	0,2

Tabell 1.

Overlevelse av *Giardia lamblia* cyster ved sterkklorering til 2,5 mg/l fritt klor (4).

som, eventuelt i kombinasjon med koagulering, fjerner de mikrobiologiske agens som er vanskelig å fjerne bare med desinfeksjon.

## 2. FILTERTYPER

### 2.1 Innledning

Ved filtrering i ovennevnte sammenheng skal «mikrobiologiske partikler» separeres fra vann. Det finnes en rekke filtertyper på markedet. Faktorer som virker inn på valg av filtertype er bl.a.:

- Kapasitet
- Drifts- og vedlikeholdsomfang
- Kostnader
- Effekt
- Erfaringer.

De filtertypene som omtales i det følgende er veietablerte metoder, selv om ikke alle har like stor an-

vendelse i Norge. Det betyr ikke at andre filtertyper ikke kan egne seg for vårt formål. Membranfiltrering er f.eks. en metode som sikkert kan være aktuell for visse kapasiteter og vanntyper. Det foreligger imidlertid et begrenset datamateriale mht. fjerning av *Giardia* cyster ved filtrering. Dette forhold har selvfølgelig influert på valg av de filtertyper som omtales.

### 2.2 Kiselgurfilter

Kiselgurfilter, også kalt diatomittfilter, er et såkalt precoatfilter med kiselgur (diatomitt, diatoméjord) som filtermateriale. Kiselgur består av fossilt kiselalgeskall.

Kiselgurfilter brukes spesielt ved filtrering av vann med lav turbiditet.

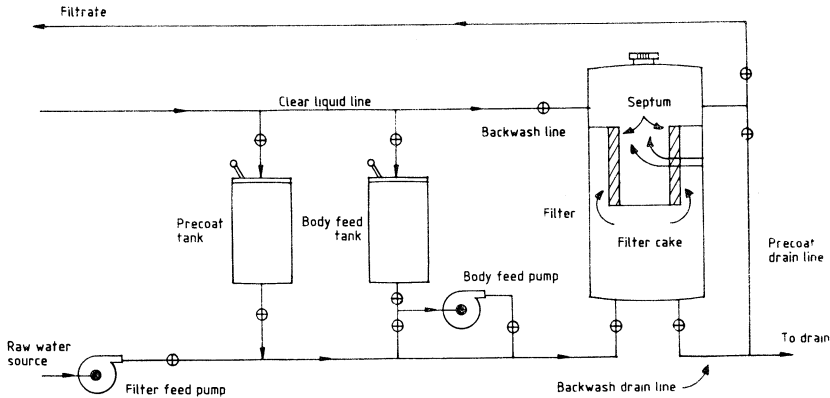
Kiselgurfiltrering består av tre operasjoner:

- Forbehandling
- Filtrering
- Etterspyling.

Et kiselgurfilteranlegg er vist i fig. 1.

Ved *forbehandling* pumpes en kiselgurslurry gjennom en finmasket støttemembran (septum) og danner en «filterhud» 3—5 mm tykk. Vanligvis brukes ca. 0,75 g/m<sup>2</sup>.

Ved *filtrering* tilsettes noe kiselgur (filterhjelp) til vannet som pumpes gjennom *kiselgurfilteret* (60—90 g/t · m<sup>2</sup>). Tilsetting av kiselgur øker filterets gangtid. Et kiselgurfilter har midlere partikkeldiameter i området 4—30 µm. Til sammenlikning kan et sandfilter ha partikkeldiameter i området 600—



Figur 1. Kiselgurfilteranlegg.

1300  $\mu\text{m}$ . Hvis vann filtreres uten tilsetning av kiselgur, vil det snart dannes en impermeabel membran av suspendert stoff som fjernes fra vannet. Tilsetning av kiselgur bidrar til å opprettholde filterkakens permeabilitet.

Den mest økonomiske filterhastigheten skal være 2,5–5 m/t.

*Spyling* utføres når trykktapet over filteret blir for stort. Filteret tas ut av drift og spyles med filtrert vann (15–25 m/t) for å rense støttemembranet. Spylingen kan effektiviseres ved hjelp av trykkluft.

*Driftsmessig* har følgende forhold betydning for filterets effektivitet og anvendelighet:

- \* Kiselgurens partikkelstørrelse
- \* Filterhastighet
- \* Trykktap
- \* Gangtid
- \* Filterhudens tykkelse
- \* Filterhjelpens konsentrasjon.

En stor *svakhet* ved kiselgurfiltere er at forurensningene går rett gjennom anlegget hvis den tynne filterhuden punkteres, da støttemembranet ikke er finmasket nok til å ha noen renseseffekt.

Gorsøk på å fjerne *Giardia lamblia* har vært utført i forsøksanlegg på laboratorium og i felt ved følgende forsøksbetingelser (5):

- \* Syv forskjellige kiselgurkvaliteter
- \* Filterhastighet: 2,4–9,8 m/t.
- \* Vanntemperatur: 5–19°C.
- \* *Giardia*: 50–5000 cyster/l.

*Renseeffekten* ble funnet å være høyere enn 99,9%, uansett variasjoner i forsøksbetingelsene.

Kiselgurfiltrering er altså en metode som fjerner *Giardia lamblia* meget effektivt. Denne erfaringen er basert på at filterhuden er intakt.

Kiselgurfiltere brukes så vidt vites ikke ved noe vannverk i Norge i dag. Det har tidligere vært i bruk

ved et vannverk med Gudbrandsdalslågen som kilde. Anlegget fungerte dårlig når elvevannet inneholdt mye finstoff. Mindre filtre er i bruk for eksempel i forsvaret.

### 2.3 Keramisk filter

Keramiske filtre brukes oftest ved mindre vannforsyningsanlegg, og ved dårlig fysikalsk-kjemisk og mikrobiologisk kvalitet på vannet. De har vært brukt i ca. 100 år. Slike filtre representerer imidlertid ingen garanti for at filtrert vann er fullstendig rent, mikrobiologisk sett. Under visse forhold kan mikrobiologisk vekst skje i filterets porer og derved forurense det filtrerte vannet.

*Katadyn filterelement* er spesielt ved at det er et svært finporet keramisk filter (0,2  $\mu\text{m}$ ) med heterokapillær struktur som er preparert med finfordelt sølv. Innvendig har filterelementet en fylling av forsølv kvartgranulat.

Filterelementet er selvdesinfiserende. Desinfeksjonen av vann som filtreres er en rent mekanisk prosess. Sølv i filterelementet hindrer bakteriene i å gro gjennom filterveggen. Forsølv kvartgranulat i filterelementets kjerne har som funksjon å hindre inntrengen og vekst av bakterier fra utløpssiden.

Filterelementet kan brukes alene (singlelementfilter) eller flere elementer kan bygges sammen i et multielementfilter. Ved et trykk på 2 bar kan et multielementfilter med 54 filterelementer yte ca. 55 l/min. ved 3 bar ca. 80 l/min. Største tillatte driftstrykk er 6 bar. Filtrene er trykktestet ved 9 bar (6).

De viktigste *driftsparametrene* er

- \* Driftstrykk
- \* Trykktap.

Driftstrykket har, som det fremgår, betydning for kapasiteten. Økt driftstrykk gir økt kapasitet. Ved drift av filtrene vil partikler, smuss og bakterier holdes tilbake på filterelementenes overflate, og trykktapet over filtrene øker. Når trykktapet øker, reduseres kapasiteten. Filterelementene rengjøres ved en relativt enkel børsteoperasjon, og kan så tas i bruk igjen umiddelbart. Filterelementene kan børstes 200—300 ganger før det kan bli nødvendig å skifte dem ut pga. nedslitt overflate. Vanligvis varer filterelementene i flere år.

For å forlenge filterets gangtid, belegger man ved enkelte anlegg filterelementene med kiselgur. Man bruker altså filterelementet som septum, kfr. kapittel 2.2. En slik teknikk gir en mer driftsvennlig løsning, idet man reduserer behovet for renbørsting av elementene.

Det har vært gjort utallige forsøk med *Katadyn filterelementer* for å undersøke deres evne til å fjerne bakterier m.m.

To singlelementfiltre ble eksponert for 50.000—100.000 *Giardia muris* cyster pr. dag i 26 dager (4).

*Giardia muris* (musepatogen) ble valgt som modell for *Giardia lamblia* å følgende grunner:

- \* Bøgge er nesten identiske i størrelse og morfologi.
- \* *Giardia muris* representerer en mindre helserisiko overfor forskerne.

- \* Store mengder cyster er lett tilgjengelig fra *Giardia* infiserte mus.
- \* *Giardia muris* er mer resistent overfor fysiske og kjemiske stressfaktorer enn *Giardia lamblia*.

*Renseeffekten* ble funnet å være 100% for begge filterene.

Filtrering i sølvpreparerte keramiske filtre er altså en metode som fjerner *Giardia muris*, og derved *Giardia lamblia* effektivt. Også keramiske filtre uten sølv og med noe større porøsitet enn Katadyn filterelementene som ble undersøkt, antas å holde tilbake *Giardia lamblia*.

Katadyn filtre er i bruk i Norge, spesielt ved mindre vannforsyningsanlegg. Ved bruk av flere multielementfiltere kan anleggene få stor kapasitet. Den noe tungvinte rensingen av elementene kan være en begrensende faktor for anvendeligheten av multielementfilterene ved «større» vannverk.

#### 2.4 Langsomfilter

I et langsomfilter beveger vannet seg gjennom filtermediet med en hastighet på 0,1—0,3 m/t.

Det vanligste filtermediet er sand, med effektiv kornstørrelse 0,15—0,30 mm. Filterdybden er i utgangspunktet 0,8—0,9 m.

Forurensningene trenger lite ned i sanden. Det dannes en filterhud på overflaten som vannet blir filtrert gjennom. Her er det stor biologisk aktivitet. Etter hvert blir det en biologisk aktivitet nedover i sanden og i støtteskiktet.

På grunn av den biologiske aktiviteten i filtermediet brukes ofte betegnelsen biologisk filtrering om langsomfiltrering.

Langsomfiltrering innebærer tre operasjoner:

- Filtermodning
- Filtrering
- Filterrens.

Ved *filtermodningen* etableres den biologiske aktivitet. Hvis filteret er helt nytt, vil det kreve lenger innkjøringstid enn om filteret bare har vært rensert i topplaget. For å aksellerere filtermodningen kan vannet i en periode tilsettes næringsssalter.

*Filtreringen* gjennomføres, som nevnt, med lav filterhastighet. Innholdet av suspendert stoff må ikke være for høyt, da filteret i så fall vil bli overbelastet, trykktapet øke raskere enn ønskelig, og filterets gangtid følgelig bli redusert.

Når trykktapet over filteret blir for stort, må det foretas *filterrens*. Filterhuden skummes av, og deretter settes filteret i produksjon igjen.

*Driftsmessig* er følgende forhold av betydning for filterets effektivitet og anvendelighet:

- \* Filtersandens kornstørrelse
- \* Filterdybde
- \* Filterhastighet
- \* Vanntemperatur
- \* Filtermodning
- \* Biologisk aktivitet (tilsetning av næringsssalter).

Forsøk på å fjerne *Giardia lamblia* har vært utført i forsøksanlegg ved følgende forsøksbetingelser (7):

* Effektiv kornstørrelse:	0,13—0,62 mm
* Filterdybde ved forsøksstart:	48—97 cm
* Filterhastighet:	0,04—0,4 m/t
* Vanntemperatur:	2—17°C
* Alder på filterhud:	0—17 uker
* Gangtid:	0—80 uker
* <i>Giardia</i> :	50—5075 cyster/l.

*Renseeffekten* ble funnet å være høyere enn 98,7% for alle forsøk som ble gjennomført.

Renseeffekten på 98,7% skriver seg fra et forsøk med ny sand i toppskiktet uten filterhud. Råvannet inneholdt 420, og det filtrerte vannet 5,4 cyster/l. Filterhastigheten var 0,40 m/t.

Det dårligste resultatet mht. antall cyster i det filtrerte vannet fikk man i et forsøk med ny filtersand og nytt støtteskikt. Prøvene ble tatt like etter oppstart. Råvannet inneholdt 2000, og det filtrerte vannet 17,1 cyster/l, renseeffekt 99,15%. Filterhastigheten var 0,40 m/t.

*Renseeffekten* ble alltid funnet å være 100% når filteret var blitt modent.

Langsomfiltre i konvensjonell utforming brukes ikke i Norge i dag. Dette skyldes nok dels forventede problemer i vinterhalvåret pga. isdannelse. Dels er filtrene plasskrevende.

Slike filtre er imidlertid i bruk i andre land med liknende værforhold som i Norge. Det kan derfor være grunn til å etterlyse bruken av slike filtre ved vannverk hvor f.eks. den fysikalsk-kjemiske vannkvaliteten er god, og det primært

er behov for sikring av den mikrobiologiske kvalitet.

Det skal for øvrig nevnes at infiltrasjonsanlegg i løsmasser er i bruk, dels som filteranlegg for fjerning av metallhydroksyder i grunnvann, dels for bedring av den mikrobiologiske kvaliteten i elvevann.

## 2.5 Hurtigfilter med felling

Et hurtigfilter opererer med høyere filterhastighet enn langsomfilter, og er derfor vesentlig mindre plasskrevende. Hastigheten kan være 5—15 m/t.

Det vanligste filtermediet er sand, men også antrasitt, aktivt karbon m.m. brukes, alene eller i kombinasjon (en-/to-/tremediafilter).

Filtrene kan være av typen gravitasjons- og trykkfiltre. Vannet kan strømme nedover (mest vanlig) eller oppover. Filtrene rengjøres ved returspyling med vann og eventuelt luft for nedstrømsfiltre, og ved økning av vannhastigheten for oppstrømsfiltre.

Effektiv kornstørrelse er ofte i området 0,60—1,30 mm, og filterdybden ca. 1 m. Det må altså forventes at et hurtigfilter har mindre renseeffekt for små partikler enn et langsomfilter.

Tilsetning av fellingskjemikalier skal bedre renseeffekten. Anleggene kan f.eks. bygges etter følgende konsepter:

— *Konvensjonelt anlegg*

- \* Hurtig innblanding av kjemikalier
- \* Flokkulering
- \* Sedimentering
- \* Filtrering.

— *Direktefilteranlegg*

- \* Hurtig innblanding av kjemikalier
- \* Flokkulering
- \* Filtrering.

— *In line filteranlegg*

- \* Hurtig innblanding av kjemikalier
- \* Filtrering.

*Driftsmessig* er bl.a. følgende forhold av betydning for anleggenes effektivitet og anvendelighet:

- \* Filtermediets kornstørrelse
- \* Filterdybde
- \* Filterhastighet
- \* Antall filtermedier
- \* Vanntemperatur
- \* Type og dose fellingsmidler
- \* Fellingsbetingelser.

Fjerning av *Giardia lamblia* har vært studert i forsøksanlegg (8). Vanntypene som ble brukt hadde lav turbiditet (< 1,0 NTU). Koagulering og flokkulering ga ingen synlige fnokker, uten bruk av høye alumdoser (15—50 mg/l  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 14 \text{H}_2\text{O}$ ). Forsøk ble derfor ikke gjennomført med konvensjonelt fellingsanlegg. Etter nærmere vurdering og forsøk med direktefilteranlegg og in line filteranlegg, ble sistnevnte brukt i de fleste forsøkene på å fjerne *Giardia*.

Forsøksbetingelsene var:

- |   |   |
|---|---|
| * Enmediafilter:  | Sand  |
| * Tomediafilter:  | Sand og antrasitt                             |
| * Filterhastighet:  | 5—25 m/t                                      |
| * Vanntemperatur:   | 1—4°C   |
| * $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 14 \text{H}_2\text{O}$ alene: | 15—50 mg/l                                    |
| * Alum og polymer hjelpekoagulant:                                | 2,1—23,7 mg/l alum og<br>0,2—2,1 mg/l polymer |
| * Polymer hjelpekoagulant alene:                                  | 0,1—0,5 mg/l.                                 |

*Renseeffekten* ble funnet å være:

- \* Hurtigfilter alene: ca. 30%
- \* Hurtigfilter med felling (direktefilteranlegg), ikke optimalt drevet: 30—45%
- \* In line filteranlegg, optimalt drevet: 95—99,9%.

Det er altså en betydelig forskjell på renseeffekten mht. *Giardia lamblia* ved bruk av hurtigfilter og langsomfilter. For øvrig viser forsøkene hvor viktig det er å finne fram til riktig valg og dosering av fellingskjemikalier.

### 3. OPPSUMMERING

I det foregående er renseeffekten mht. *Giardia lamblia* beskrevet for forskjellige typer filtre med og uten forbehandling. I tabell 2 er gjort en sammenstilling av effektene.

Metode	Renseeffekt (%)	Sikkerhet
Kiselgurfilter	> 99,9	3
Katadynfilter	100	1
Langsomfilter	100	2
Hurtigfilter	30	—
Hurtigfilter m/felling	95—99,9	3

Tabell 2.

*Sammenstilling av renseeffekten mht. Giardia lamblia for forskjellige filteranlegg, og rangering av anlegg mht. sikkerhet for fjerning av Giardia.*

Som tidligere nevnt, er noen av filteranleggene beheftet med en viss usikkerhet mht. renseeffekt generelt og fjerning av *Giardia lamblia* spesielt. Basert på en vurdering av foreliggende data synes Katadynfilteret å stå i en særstilling da det er vanskelig å påvise ytre forhold som kan ødelegge renseeffekten. Langsomfilteret synes å være sikrere enn hurtigfilter m/felling, da sistnevntes renseeffekt er basert på optimal felling som kan påvirkes av flere faktorer. Kiselgurfilter antas å være sammenliknbart med hurtigfilter m/felling.

Hvis *Giardia lamblia* skulle fordre spesielle vannbehandlingstiltak etablert i Norge, bør det gjennomføres en fordomsfri vurdering av hvilke tiltak som bør velges. Faktorer som bør trekkes inn i vurderingen er i tillegg til metodenes renseeffekt mht. *Giardia*, investeringskostnader, drifts- og vedlikeholdskostnader, driftsvennlighet generelt og spesielt under norske forhold, vannverkernes størrelse og selvfølgelig metodenes renseeffekt overfor andre parametre.



## REFERANSER

- (1) Craun, Gunther F., «Surface Water Supplies and Health». Journ. AWWA, Februar 1988, s. 40—52.
- (2) Lund, Vidar, «Overlevelse i vann av mikroorganismer med relasjon til menneskelig helse — et litteraturstudium», Statens Institutt for Folkehelse, Januar 1984.
- (3) Committee Report, «Waterborne Disease in the United States and Canada». Journ. AWWA, Oktober 1981, s. 528—529.
- (4) Meier, Peter G. og Schmidt, Stacy D., «The Use of Filtration Devices for the Removal of *Giardia* Cysts». Foredrag presentert på AWWA konferansen i Denver, USA, 2.—5. Desember 1984.
- (5) Lange, Kelly P., Bellamy, William D. og Hendricks, David W., «Filtration of *Giardia* Cysts and Other Substances. Volume 1: Diatomaceous Earth Filtration». EPA, Cincinnati, USA. Rapport nr. 600/S2-84-114, Sept. 1984.
- (6) Informasjon fra N. O. Krog Andvik A/S.
- (7) Bellamy, William D., Silverman, Gary P. og Hendricks, David W., «Filtration of *Giardia* Cysts and Other Substances. Volume 2: Slow Sand Filtration». EPA, Cincinnati, USA. Rapport nr. 600/S2-85/026, Mai 1985.
- (8) Al-Ani, Mohammed, Mc. Elrop, John M., Hibler, Charles P. og Hendricks, David W., «Filtration of *Giardia* Cysts and Other Substances. Volume 3: Rapid-Rate Filtration». EPA, Cincinnati, USA. Rapport nr. 600/S2-85/027, Sept. 1985.