

Bruk av infiltrasjonsløsninger til rensing av avløpsvann fra fiskeoppdrett

Av Tor Kristian Stevik

Tor Kristian Stevik er første amanuensis ved Institutt for tekniske fag, Norges landbrukshøgskole

Innlegg på seminar 23. november 1999.

Innledning

I dag er smoltproduksjon til laksenæringen og settefiskeproduksjon til kultiveringsformål de største aktiviteter i norsk ferskvannsoffdrett. I tillegg til dette produseres ca. 200 tonn regnbueørret som benyttes til rakfisk. Det er imidlertid vannressurser nok til en betydelig produksjonsøkning. Midlere avrenning i Norge er 370 km³ vann per år. Dette er ca. 4 ganger høyere enn i Europa for øvrig. Hvis 1% av dette rant igjennom oppdrettsanlegg vil det gi grunnlag for en produksjon av ca. 50 000 tonn fisk/år. Markedsundersøkelser viser også at betydelige mengder av de fiskearter vi har i norske vassdrag omsettes på de europeiske markedene.

For å kunne etablere fiskeoppdrett i innlandet må det kreves at det tas hensyn til de mulige miljømessige påvirkninger som eutrofiering, spredning av smitte og rømming av fisk. Dette innebærer at det tilpasses og utvikles teknologiske og driftsmessige løsninger som er egnet for denne type virksomhet, både med hensyn til økonomi, produksjon og miljø. I perioden 1995 til

1998 gjennomførte NLH et forskningsprogram på innlandsfisk hvor de ovennevnte faktorer inngikk. I forbindelse med et strategisk universitetsprogram som ble påbegynt i 1998 arbeider Norges landbrukshøgskole og Veterinærinstituttet med bl.a. å videreutvikle infiltrasjonsløsninger til å rense avløpsvann fra fiskeoppdrett som et alternativ til konvensjonelle løsninger.

Infiltrasjonsanlegg benyttes hovedsakelig i dag til rensing av kommunalt avløpsvann. Det antas at det i Norge, Sverige, Danmark og Finland er 1,5 millioner infiltrasjonsanlegg for hytter og 1,2 millioner infiltrasjonsanlegg for hus, og i USA benytter ca. 25% av befolkningen infiltrasjonsløsninger (Pell og Nyberg, 1989 og U.S. EPA, 1997). Rensegraden for nitrogen, fosfor og organisk materiale i store infiltrasjonsanlegg er målt til henholdsvis 70-95%, 95-100% og 70-95% (NAT-samlerapport, 1998). For bakterier er det målt en reduksjon fra 99 til 99,999%.

Infiltrasjonsanleggene som benyttes til rensing av kommunalt avløpsvann har vanligvis en lav hydraulisk belastning. Skal denne type teknologi være aktuell for fiskeoppdrett må den hy-

drauliske belastningen kunne økes betraktelig uten at det går utover rensesvannet. Dette krever at infiltrasjonsanleggene utformes og dimensjoneres riktig. En forutsetning for å designe og dimensjonere slike filtersystemer er at man kjenner til rensesprosessene og de faktorer som påvirker disse. På grunn av begrenset kunnskap om bruk av infiltrasjonsanlegg til rensing av avløpsvann fra fiskeoppdrett, vil det her presenteres resultater fra et studie om retensjons- og eliminasjonsmekanismer for *E. coli* i infiltrasjonsanlegg som belastes med kommunalt avløpsvann (Stevik, 1998). Resultatene fra dette studiet kan ikke overføres direkte til systemer for fiskeoppdrett, men kan trolig gi noen indikasjoner.

Rensesprosesser

Rensesprosessene for bakterier i et infiltrasjonsfilter er en kombinasjon av fysisk filtrering, kjemiske reaksjoner og biologiske transformasjoner. Studier viser at den høyeste fjerningsraten er i de øverste 10 cm av filteret. Den høye fjerningsraten i den øvre del av et filter sammenlignet med de dypere deler av filteret er trolig en effekt av høyere bakteriekonsentrasjon, mer biofilm og større antall indogene mikroorganismer.

Ved å benytte Freundlich adsorpsjonsisoterm er antallet bakterier adsorbent infiltrasjonsmediet relatert til konsentrasjonen av bakterier i vannet (Mars hall, 1985). Biofilmen i filteret bidrar til å øke rensingen av bakterier ved økt filtrering på grunn av redusert pore størrelse, og økt adsorpsjon (Cunningham et al., 1990). Indogene bakterier og pro-

tozoer øker også rensingen av tilførte mikroorganismer på grunn av antagonisme og beiting (Fenchel, 1987 og Foissner 1987). Undersøkelser av ulike filter viser at det største antallet av bakterier og protozoer er i det øvre skiktet av filteret og at antallet avtar med dybden.

I filter med sekvensiell dosering forårsaker økt dose størrelse til redusert rensingen av bakterier. I et forsøk med *E. coli* ble det en tydelig økning i bakterietallet i utløpet ved å øke belastningen fra 25 mm/dag til 50 mm/dag. Økt dose størrelse medfører at den hurtige væskefronten i øvre del av filteret går dypere og at man får økt væsketransport gjennom de store porene i filteret (Bouma et al., 1974). Disse forholdene gir redusert utveksling mellom det mobile og det mindre mobile vannet. I tillegg vil filtrasjonseffekten i den øvre del av filteret bli redusert på grunn av deformasjon av biofilmen (Sharm and McInerney, 1994). Ved å redusere dose størrelsen blir vannfilmen tynnere, retensjonstiden lengre og den mindre mobile fraksjonen av porevannet vil i større grad bli byttet ut med diffusjon. Dette gir en mer nær og lengre kontakt mellom mediet og bakteriene, noe som medfører økt adsorpsjon og gir økt rensing.

Strømningsmønsteret i et infiltrasjonsfilter er også påvirket av fordelingssystemet på filteroverflaten. Resultater fra forsøk hvor punktbelastning sammenlignes med fordelingssystem viser at i grove medier er det langt lavere renseseffekt for filter med punktbelastning. I filter med finere medier er ikke fordelingssystemer av så stor be-

tydning. Effekten av fordelingsystem er også avhengig av dosestørrelsen.

Partikkelstørrelsen til infiltrasjonsmediet virker inn på konsentrasjonen av bakterier i utløpet. Forsøk med ulike partikkelstørrelser viser at redusert størrelse på partiklene reduserer transporten av *E. coli* gjennom filter. Høyere fjerningsrate i finere infiltrasjonsmedier er trolig forårsaket av høyere kapillære krefter. De kapillære kreftene vil påvirke hydraulikken i filteret på den måten at hastigheten på væskestrømmen blir lavere og det oppnås en mer uniform strøm. I tillegg kan filtrering være en viktig mekanisme for immobilisering av bakterier i de små porene i fine medier. Undersøkelser viser også at økt spesifikt overflateareal reduserer bakterietransporten gjennom filteret. Dette forklares med sammenhengen mellom overflateareal og antallet adsorpsjonssteder (Tan et al., 1992).

Kationbyttekapasiteten til infiltrasjonsmediet er ikke funnet å ha noen effekt på renseevnen for bakterier. Dette kan trolig forklares med høy strømningshastighet gjennom filter og irreversibel "fouling" på overflaten av mediet. Skjærkreftene i slike systemer er trolig sterkere enn den kjemiske sorpsjonen, og "foulingen" vil forhindre ionebytte prosessene. Heller ikke ionestyrken på vannet virker inn på transporten av bakterier gjennom infiltrasjonsfilteret. Forsøk med destillert vann og vann med ionestyrke på 0,0725 M og 0,097 M viser ingen signifikant forskjell på renseevnen.

Ved å samholde resultater for rensesvevne og tracer-studier i infiltrasjonsan-

legg viser det seg at "minimum retention time" ("minimum retention time") defineres som den tiden det tar å nå 10% av utgangskonsentrasjonen til en konservativ tracer i utløpet av infiltrasjonsfilteret) er trolig den beste parameter for å prediktere fjerning av bakterier i infiltrasjonsanlegg. Dette er fordi denne delen av væskestrømmen kan forventes å bidra til det meste av bakterietransporten gjennom filteret.

I forbindelse med det strategiske universitetsprogrammet ved NLH bygges det nå et forsøksanlegg som skal benyttes til utvikling av infiltrasjonsanlegg for rensing av avløpsvann fra fiskeoppdrett. I regi av programmet er det også arbeidet med å finne en aktuell modellbakterie som kan benyttes i den videre forskningen. I forsøkene er det benyttet bakteriene *Yersinia ruckeri*, *Pseudomonas fluorescens*, *Aeromonas hydrophila* og *Aeromonas salmonicida subsp. salmonicida*.

Konklusjon

Resultater fra denne forskningen, hvor *E. coli* har vært benyttet som indikatororganisme, viser at renseevnen for bakterier hovedsakelig er avhengig av partikkelstørrelsen, den spesifikke overflaten på infiltrasjonsmediet og den hydrauliske belastningen. I tillegg er fordelingsystemet for avløpsvannet avgjørende. "Minimum retention time" er en nøkkelparameter for å prediktere renseevnen for bakterier i infiltrasjonsanlegg.

Referanser

Bouma, J., Baker, F. G. and Veneman,

- P. L. M. 1974. Measurement of water movement in soil pedons above the water table. Information circular nr. 27. University of Wisconsin, Madison, WI.
- Cunningham, A. B., Bouwer, E. J. and Characklis, W. G. 1990. Biofilm in porous media. In: Biofilms, Characklis, W. G. and Marshall, K. C., Eds., John Wiley & Sons, Inc. New York, N.Y., pp. 697-732.
- Fenchel, T. 1987. Ecology of protozoa, the biology of free-living phagotrophic protists. Science Tech Publisher, Madison, WI.
- Foissner, W. 1987. Soil protozoa: fundamental problems, ecological significance, adaptations in ciliates and testaceans, bioindicators and guide to the literature. Progress in Protostology 2, 69-212.
- NAT-samlerapport 1998, Naturbasert avløpsteknologi 1994-97. Sammen drag av programmets prosjekter. Jordforsk, Ås.
- Marshall, K. C. 1985. Mechanisms of Bacterial Adhesion at Solid-Water Interfaces, in Savage, D. C. and Fletcher, M (eds), Bacterial Adhesion, Plenum Press, New York, pp. 133-161.
- Pell, M., and Nyberg, F. 1989. Infiltration of wastewater in a newly started pilot sand filter system: I. Reduction of organic matter and phosphorus. J. Environ. Qual. 18, 452-457.
- Sharma, P. K., and McInerney, M. J. 1994. Effect of grain size on bacterial penetration and reproduction, and metabolic activity in porous glass bead chambers. Appl. Environ. Microbiol., 60, 1481-1486.
- Stevik, T.K. 1998. Retention and elimination of pathogenic bacteria percolating through biological filters- Effects of physical, chemical and microbiological factors. Doctor scientiarum theses 1998:20, Agricultural University of Norway, Ås.
- Tan, Y., Bond, W. J. and Griffen., D. M. 1992. Transport of bacteria during unsteady unsaturated soil water flow. Soil Sci. Sci. Am. J., 56, 1331-1340.
- U.S. Environmental Protection Agency, 1977. The Report to Congress, Waste Disposal Practices and Their Effects on Ground Water, Washington, D. C.