

**Slamfjerning ved
landbaserte anlegg. Tester
av pilotutstyr
Rapport RF-95/260**

Vår referanse: 654/64.3758	Forfatter(e): Bergheim, A., Salte, B. (Reime), Litlehamar, L. (Sjøtun Smolt) & N. Øvrebø (Reime)	Revisjonsnr. / dato: Rev. 0 / 30.10.95
Ant. sider: 25	Oppdragsgiver(e): Reime a.s. / Statens Forurensningstilsyn	Forskningsprogram:
ISBN: 82-7220-710-9	Gradering: Åpen	Åpen fra (dato):

Emne:

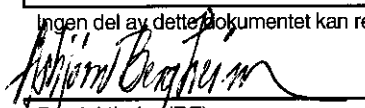
Rapporten omtaler en metode for avvanning av produsert slamvann fra avløpsrensutstyr ved fiskeoppdrettsanlegg. Prosessen er basert på en trykkbasert langsom-filtrering gjennom skumgummi. I den innledende testfasen ble metoden utprøvd i en manuelt styrt pilot, mens utstyret ble forsøkt automatisert i den oppfølgende testfasen.

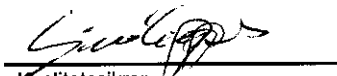
I tester har denne metoden vist en potensiell anvendelse med en effektiv frafiltrering av tørrstoff, organisk stoff og næringssalter på oppmot 95 %. Det frafiltrerte slammet holder et tørrstoffnivå på omkring 20 % som er et gunstig utgangspunkt for videre stabilisering, lagring og endelig utnyttelse. Betydelige praktiske problemer i den oppfølgende testfasen medfører likevel at FOU-aktivitet gjenstår før eventuell kommersialisering av utstyret.

Emne-ord:

Smoltanlegg, slam, avvanning, filtrering

Ingen del av dette dokumentet kan reproduseres i noen form uten skriftlig tillatelse fra RF - Rogalandforskning ©.


Prosjektleder (RF)


Kvalitetssikrer


for RF - Miljø og Næringsutvikling

PROGRAM FOR RENERE TEKNOLOGI INNEN HAVBRUK

Utførende institusjon Reime a.s	Kontaktperson i SFT K. Maroni		
	Tittel Slamfjerning ved landbasert anlegg. Tester av pilotutstyr.		
Forfattere(e) A. Bergheim, B. Salte, L. Litlehamar & N. Øvrebo	År 1995	Sidetall 25	SFT kontrakt-nummer 94416
Utgiver RF - Rogalandforskning	Prosjektet er finansiert av: SFT "Program for renere teknologi innen havbruk".		
Sammendrag Rapporten omtaler en metode for avvanning av produsert slamvann fra avløpsrenseutstyr ved fiskeoppdrettsanlegg. Prosessen er basert på en trykkbasert langsom-filtrering gjennom skumgummi. I den innledende testfasen ble metoden utprøvd i en manuelt styrt pilot, mens utstyret ble forsøkt automatisert i den oppfølgende testfasen. I tester har denne metoden vist en potensiell anvendelse med en effektiv frafiltrering av tørrstoff, organisk stoff og næringssalter på opp mot 95%. Det frafiltrerte slammet holder et tørrstoffnivå på omkring 20% som er et gunstig utgangspunkt for videre stabilisering, lagring og endelig utnyttelse. Betydelige praktiske problemer i den oppfølgende testfasen medfører likevel at FOU-aktivitet gjenstår før eventuell kommersialisering av utstyret.			
Summary Lack of developed systems for sludge dewatering is a major problem for a proper effluent treatment in aquaculture. In tests, sludge water was filtered through a foam plastic mat in a closed pressure tank. This procedure seems to have a great potential producing a filtered sludge with a dry matter content of 20-25%. Though, the pilot system still needs a further phase of tests and technical improvement.			
Emneord Smoltanlegg, slam, avvanning, filtrering		Subject words Hatchery, sludge, dewatering, filtration	

**SLAMFJERNING VED LANDBASERTE
ANLEGG.
TESTER AV PILOTUTSTYR**

FORORD

Rapporten omtaler tester med avvanning av tyntflytende slam produsert ved mekaniske renseanlegg for avløpsvann fra fiskeoppdrettsanlegg. Prinsippet er basert på en trykkbasert langsomfiltrering av slamvann gjennom skumplast i lukket beholder. Rapporten beskriver kort tidligere tester i 1993 og mer detaljert de oppfølgende testene (våren 1995). De tidligere testene er rapportert (RF-rapport 32/94) og ble utført ved bruk av et halvmanuelt utstyr utviklet av Lars Litlehamar.

Den benyttede utstyret i denne fasen var utviklet av Reime a.s., Nærbø som var industripartner i prosjektet. Uttestingen foregikk ved NINA Forskningsstasjon, Ims i perioden mars - mai 1995. Ansvarlig for testresultatene var Rogalandforskning (RF) som tok ut prøver av slam- og slamvann som ble analysert ved Miljølaboratoriet (RF).

Prosjektet har vært finansielt støttet med inntil kr. 260.000,- fra "Program for renere teknologi innen havbruk" (Prosjektkoordinator Kjell Maroni) som forvaltes av Statens Forurensningstilsyn. Samme program delfinansierte også de innledende testene i 1993 - 94.

Rapporten er skrevet av Asbjørn Bergheim (RF), Bjørn Salte (Reime) , Njål Øvrebø (Reime) og Lars Litlehamar (Sjøtun Smolt). Reime a.s. ved Bjørn Salte ledet prosjektgjennomføringen. Foruten rapportforfatterne deltok Jon G. Backer (NINA) i prosjektet. Arne Kittelsen (AKVAFORSK) var også tiltenkt en faglig veilederfunksjon i prosjektet, men deltok ikke pga praktiske problemer med prosjektets gjennomføring (omtales senere).

Asbjørn Bergheim,

Rogalandforskning

Bjørn Salte,

Reime a.s.

INNHOOLD

SAMMENDRAG.....	4
PROBLEMSTILLING MÅLSETTING.....	5
MATERIALE OG METODER.....	7
Utstyr - forsøksbetingelser.....	7
Teknisk beskrivelse av filtertanken.....	7
Driftsprosedyre.....	10
Prøvetaking.....	12
RESULTATER - KOMMENTARER.....	14
Automatisering av utstyr.....	14
Slamvann.....	15
Konsentrasjoner.....	15
-avvanningseffekt.....	15
Slam.....	18
Økonomi.....	19
Videre FOU.....	20
REFERANSER.....	21
VEDLEGG 1.....	22
VEDLEGG 2.....	25

SAMMENDRAG

Slamvann produsert fra avløpsrense-utstyr i fiskeoppdrettsanlegg, som mikrosiler og virveloverløp, er tyntflytende og representerer store volum. En videre oppkonsentrering av slikt slamvann er derfor nødvendig for en fornuftig disponering og utnyttelse av produsert slam i anleggene. Den omtalte metoden for avvanning av slamvann er basert på en trykktbasert filtrering i lukket beholder. Filtringene er gjennomført ved et trykk på + 0,5 - 2 atm med bruk av 30 - 40 mm skumgummi som filter. I de innledende testene ved et klekkeri (rapportert 1994) ble det benyttet en enkel, manuelt styrt pilot, mens det i den oppfølgende fasen er utviklet en tilnærmet total automatisering av prosessen.

Det ble oppnådt gode avvanningsresultater i de innledende testene. En frafiltrering på oppmot 95 % for total TS (tørrstoff), organisk TS, total nitrogen og total fosfor ble registrert som beste testresultat. Det produserte slammet holdt et høyt TS-nivå på 20 - 25 %.

I den oppfølgende fasen førte manglende slamproduksjon til at testingsmulighetene ble begrenset. Avvanningsmetoden er helt avhengig av en kontinuerlig tilgang på nylig produsert våtslam (slamvann) for å kunne fungere tilfredsstillende. Den lange oppsamlingstiden mellom hver filtrering medførte en ugunstig slamstruktur og dermed relativt dårlige testresultater. I en test under rimelig bra forhold ble likevel oppnådt et avvannet slam med 225 g TS pr. L der utgangspunktet (råslam/slamvann) var 3 - 9 g TS pr. L.

De omtalte praktiske begrensningene reduserte også mulighetene for den tekniske utviklingen av en automatisert prosess. Underveis oppsto visse tekniske problemer som ble delvis løst gjennom uttestingen. Noen forandringer av testutstyret (som detaljer i forbindelse med avskraping av slam fra filter, tilbakespyling av filter) bør vurderes i forbindelse med en planlagt kommersialisering.

Den foreløpige konklusjonen er at prosessen har et klart potensial for avvanning av TS-fattig slam i oppdrettsnæringa. En trykktbasert avvanningstank med volum på 250 L vil i kombinasjon med forsedimentering effektivt behandle det produserte slamvann ved et middelstort smoltanlegg. Den årlige kostnaden med et slikt anlegg vil være anslagsvis 100.000 kroner som tilsvarer en ekstrakostnad pr. produsert smolt på kr. 0,20 - 0,50.

Da det ikke eksisterer effektivt avvanningsutstyr utviklet for oppdrettsnæringa, er den miljømessige betydningen av et ferdig kommersielt utstyr udiskutabel. Innenlands er det flere titalls anlegg der myndighetene krever avløpsbehandling uten at det forligger fullgode løsninger for slambehandling. Det samme er tilfelle for flere hundre landbaserte ørretproduserende anlegg innen EU.

PROBLEMSTILLING MÅLSETTING

For avløpsvann fra oppdrettsanlegg uten resirkulering er partikkelfjerning det eneste reelle behandlingstiltak for fjerning av næringssalter og organisk stoff. De store vannmengdene med lave konsentrasjoner av forurensende stoffer, og stoffenes tilknytning til partikler, krever mekaniske rensesystemer med stor hydraulisk kapasitet. Ulike aktuelle rensesystemer er omtalt i den foregående rapporten som beskrev de innledende avvanningstestene av slam (RF 34/94), heretter kalt Rapp.I.

De senere år har særlig bruk av mikrosiler fått økt omfang som første rensetrinn ved behandling av avløpsvann fra oppdrettsanlegg. Tester viser at midlere renseseffekter på 50 - 70 % av partikler i avløp fra landbaserte anlegg er mulig å oppnå (Rapp. I).

Tilbakeholdte partikler på mikrosiler fjernes normalt ved tilbakespyling. Da spylevannet utgjør fra 0,1 - 1 % av total avløpsvannsmengde, er det derfor fortsatt relativt store slamvannsmengder som må viderebehandles for at de tilbakeholdte stoffene kan disponeres / utnyttes på en forsvarlig måte. Fra utgangspunkt spylevann (100 - 500 mg SS/L) fram til ferdig behandlet slam med ønskelig TS-innhold (200 - 250 g/L) må TS-innholdet økes 400 - 2500 ganger, samtidig med at stofftapet til resipienten er minst mulig.

Et stort problem knyttet til slamfjerning fra oppdrettsanlegg er at det ikke er utviklet standardutstyr eller praktiske metoder for viderebehandling av slammet. Noen forholdsvis enkle metoder for kombinert avløpsrensing og viderebehandling av tilbakeholdt partikulært materiale er blitt uttestet og rapportert.

I et landbasert matfiskanlegg ble avløpsvannet behandlet med roterende mikrosiler (UNIK hjulfilter med lysåpning 250/60 μm), mens spylevannet ble avvannet med en ny siling (60 μm) etterfulgt av sedimentering i 12 - 24 timer (Bergheim et al. 1991). Omkring 50 % av SS og TP fra fiskebassengene ble holdt tilbake i "ferdig" behandlet slam. Sluttproduktet holdt 50 - 100 g tørrstoff pr. L og ville derfor trenge lengre sedimentering kombinert med stabilisering (kalktilsetning til pH 12).

I et oppdrettsanlegg for røye studerte Liltved et al. (1991) sammenhengen mellom sedimenteringsegenskapene til fortykket slam fra mikrosiler og tilsetning av polymer og kalk.

Et annet alternativ er å anvende kombinasjonen fisketanker med sedimenteringsfeller og videre avvanning av det konsentrerte "partikkelavløpet" i et virveloverløp (Ulgenes & Eikebrokk, 1994). Systemet hadde en total renseseffekt på ca. 80 % for SS, 30 - 47 % for TP og 13 - 18 % for TN. Det sedimenterte slammet holdt 74 - 83 g tørrstoff pr. L og mellom 1,5 - 2,5 g TN og g TP pr. L.

De innledende testene med den omtalte metoden her, som er en trykkbasert filtrering gjennom skumplast, ble utført ved Sjøtun Smolt i 1993 (Rapp. I). Denne første pilotenheten ble tilført slam fra en kombinert munk / slamsamler og totalt sett ble det oppnådd gode avvanningsresultater. Tilbakeholdelsen på skumgummi-filteret var effektiv, særlig på ferskt slam med innslag av fôrspill. Testene viste at

metoden kunne produsere slam med over 200 g TS pr. L, mens stofftapet gjennom filteret var under 10 %. De lovende resultatene ble så videreført med utvikling av en mer automatisert filtreringsenhet.

Metodens prinsipp er en langsom pressing av vannholdig slam gjennom et filter av skumplast i en lukket beholder. Filtreringen skjer ved et moderat overtrykk på 1 - 3 atm. En langsom gjennomstrømning blir ansett for å være vesentlig for å kunne unngå partikkelknusing og -inntrengning i filtersubstratet og dermed rask klogging. Videre er det også avgjørende for resultatet at råslammet har en fersk, grovkornet struktur, mao at det er nylig produsert. Det tilbakeholdte slammet blir så fjernet fra filteret og prosessen kan kjøres på nytt.

Sammenlignet med vanlig gravitasjonsbasert sedimentering har en trykkbasert filtrering en klar fordel ved at høye tørrstoffnivå, over 2 - 3 %, oppnås mye raskere. Dessuten krever slikt utstyr liten plass sammenlignet med sedimenteringstanker med lang oppholdstid.

Den overordnede målsettingen med utviklingen av utstyret for avvanning av slam er et forsøk på å løse problemet med slamuttak og -behandling i oppdrettsanlegg på en enkel og rasjonell måte. I den oppfølgende fasen beskrevet her er det forsøkt å gradvis utvikle og forbedre det opprinnelige utstyret til en endelig optimalisert utstyrskombinasjon som etter beskrevne driftsprosedyrer behandler slam effektivt. Avgjørende forutsetninger er, i tillegg til høy effektivitet, at utstyret er rimelig i innkjøp og at driften er lite arbeidskrevende.

MATERIALE OG METODER

Utstyr - forsøksbetingelser

Teknisk beskrivelse av filtertanken

Det generelle metodiske prinsippet for den trykkbaserte filtreringen er omtalt under foregående kapittel og dessuten beskrevet i Rapp. I. For den ferdig utviklede filtertanken er det ønskelig at hver avvanningsoperasjon tar 30 - 40 min, derav 15 - 20 min til selve filtreringen etterfulgt av tørking av avsatt slam (5 - 10 min), utskraping av slam og tilbakespyling av filter. Det er forventet at prosedyren skal kunne automatiseres slik at det rutinemessig bare er behov for daglig ettersyn og vedlikehold. Den endelig utviklede utgaven vil, med de samme fysiske mål (250 L), derfor kunne behandle oppmot 2 m³ våtslam (forsedimentert) i løpet av en vanlig arbeidsdag.

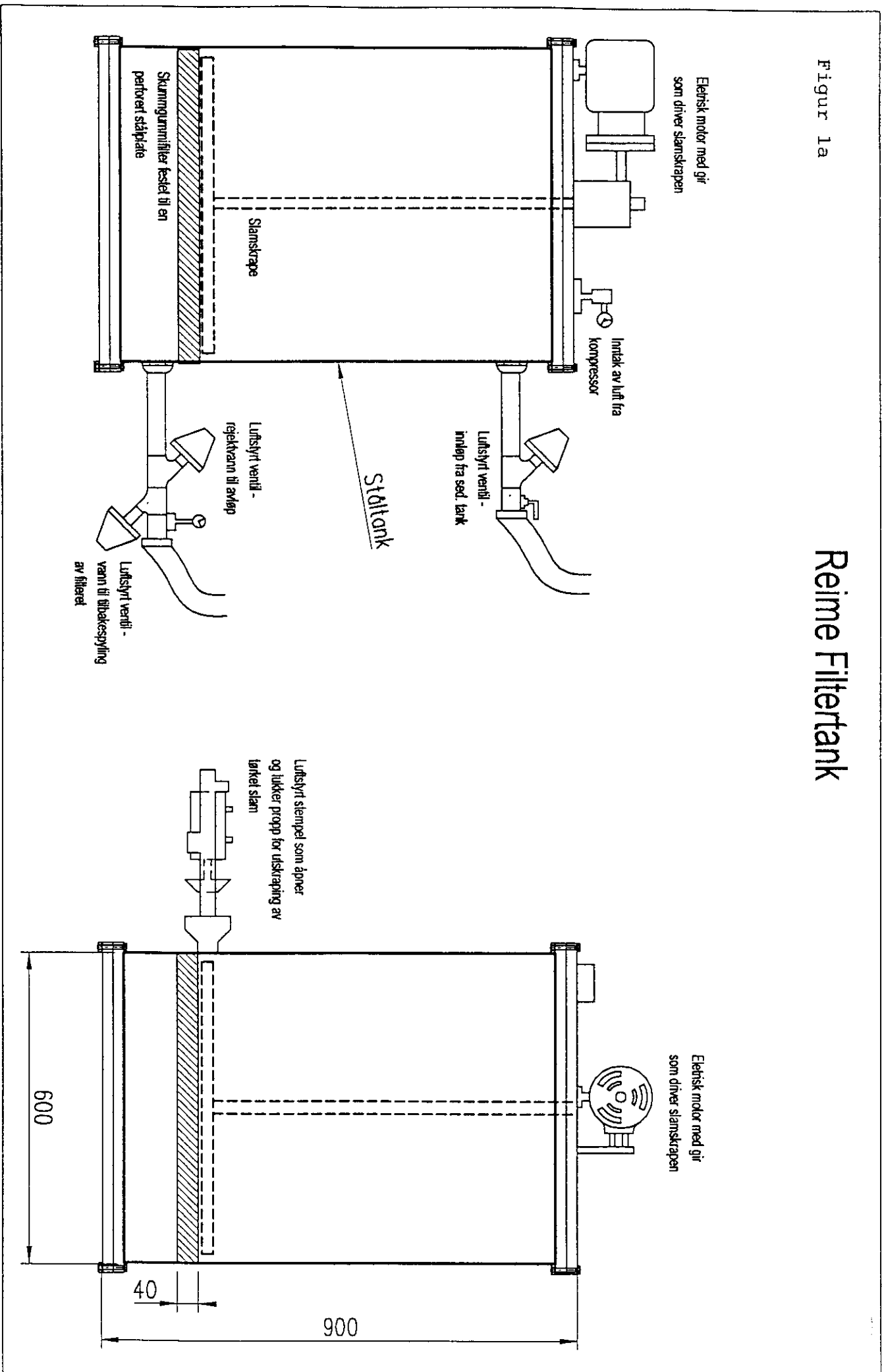
I denne fasen ble altså prosessen videreutviklet ved Reime a.s. der hovedmålsettingen var å oppnå en automatisert filtreringsprosedyre ("Reime Filtertank"). Reime Filtertank er framstilt i Figur 1a og komplett med styringskomponenter i Figur 1b. Filtreringsprosessen består av fem deloperasjoner eller prosedyrer:

1. Filtertanken fylles med slamvann (fra sedimenteringstank)
2. Slamvann trykkes gjennom filter
3. Tørking av avsatt slam
4. Utskraping av fortørket slam på filteret
5. Tilbakespyling av filter (vasking)

Den detaljerte sammenhengen mellom de enkelte prosedyrene og funksjonen til styringskomponentene er beskrevet i VEDLEGG 1. Ved kontinuerlig drift skal prosedyre 1 og 2 gå i syklus x antall ganger (forhåndsinnstilt). I prosedyre 3 blir det avsatte slammet på filteret tørket

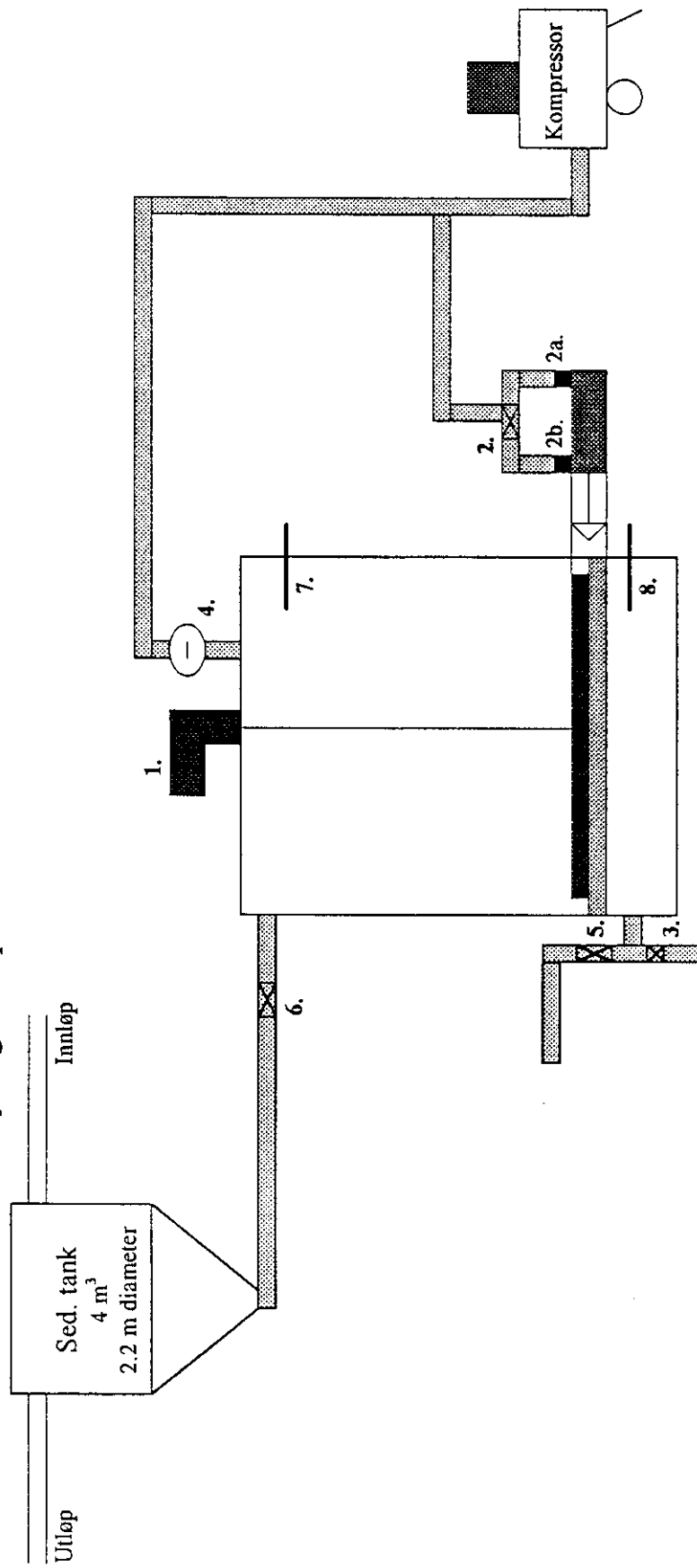
Figur 1a

Reime Filtertank



Figur 1b

Styringskomponenter: Reime Filtertank



- | | |
|---|---|
| 1. Elektrisk motor - skrape | 4. Treveisventil (luftstyrt) - lufting og innblåsing |
| 2. Treveis magnetventil (luftstyrt) - trykkluft | 5. Magnetventil (luftstyrt) - rejektvann ut til avløp |
| 2a. Åpner propp | 6. Magnetventil (luftstyrt) - slamvann inn til tank |
| 2b. Lukker propp | 7. Øvre vannmåler |
| 3. Magnetventil (luftstyrt) - vann inn til tilbakespyling | 8. Nedre vannmåler |

ved gjennomblåsing med trykkluft (tørketid forhåndsinnstilt). Deretter blir den mekaniske utskrapingen utført (4) og filteret tilbakespyles (5) for klargjøring til neste filtrering. Det tilbakespylte vannet (maks. 20 L) vil bli blandet med nytt slamvann og neste filtrering blir så gjennomført.

Den runde filtertanken hadde et volum på ca. 250 L (600 mm diameter, 900 mm høyde). I testene ble benyttet vanlig skumgummi av 40 mm tykkelse. Effektiv filteroverflate var 0,24 m² som for hver filtrering på f.eks. 15 min ble utsatt for en hydraulisk belastning på ca. 58 L/m²/min.

Driftsprosedyre

Ved planleggingen av den oppfølgende testfasen ble det forsøkt å få plassert avvanningsutstyret ved et lokalt landbasert anlegg med rikelig tilgang på avløpsvann og produsert slam. FK Havbruks forskningsstasjon har en velegnet landbasert avdeling til formålet, men kunne ikke prioritere dette prosjektet pga øvrig prosjektgjennomføring. Et annet diskutert alternativ var plassering av utstyret i hallen til Reime a.s. og basere testene på tiltransportert slamvann. Bruk av oppsamlet slam fra merder ved Lerang Forskningsstasjon ble vurdert i denne sammenheng, men opplegget ble frafalt pga av de betydelige ekstra praktiske problemene ved en slik gjennomføring.

Det valgte alternativet ble til slutt uttesting ved NINA Forskningsstasjon med god tilgang på tekniske og faglige fasiliteter. Som senere omtalt medførte imidlertid en minimal slamproduksjon ved den involverte anleggsdelen at testmulighetene ble mindre enn ønskelig.

Utstyret ble installert ved NINA Forskningsstasjon i februar 1995 og testet ut på avløpsvann fra en del av uteanlegget i perioden mars - mai 1995. Pr. 25. mai var produksjonsforholdene i denne avdelingen følgende (Jon G. Backer):

Biomasse:	Fôrforbruk:	Vannforbruk:
490,9 kg	6,9 kg/dag	ca. 900 L/min
Fiskestørrelse:	Pelletstørrelse:	Spes. forbruk:
18 - 314 g	2,5 - 6 mm	ca. 2L/kg/min

Det totale vannforbruket ved avdelingen var noe høyere enn oppumpet vannmengde til renseutstyr, mao var brukt vannmengde i forhold til fiskebestand høy (> 2 L/kg fisk/min). Et såvidt høyt vannforbruk

medførte da at konsentrasjonene av partikler og næringssalter i avløpsvannet var tilsvarende lavt.

Det framgår videre at den involverte fiskebestanden og daglig førmengde var svært beskjeden - et forhold som skapte problemer for uttestingen av avvanningsutstyret.

Avløpsvannet ble først silet gjennom et UNIK Hjulfilter med 80 μm lysåpning. Det produserte spylevannet fra Hjulfilteret ble så ledet til en sedimenteringstank (modell Reime). Da spylevannsmengden utgjorde ca. 5 L/min og tankens effektive volum var ca. 3500 L, var den teoretiske oppholdstiden på nesten 12 timer. Den tilsvarende overflatebelastning i tanken (diameter 2,2 m) var 0,08 $\text{m}^3/\text{m}^2/\text{time}$, mens en overflatebelastning omkring 1 $\text{m}^3/\text{m}^2/\text{time}$ regnes å være tilstrekkelig for å oppnå effektiv sedimentering (> 85 - 90 % av suspenderte partikler, prosjekt ved Bøvågen Fiskeoppdrett). Ved en enkel test 5. april var reduksjonen i suspendert tørrstoff (S-TS) inn - ut i sedimenteringstanken ca. 98 %.

Det sedimenterte slammet, også betegnet "slamvann", var så utgangspunkt for den videre avvanning i Reime Filtertank.

Følgende uttrykk er benyttet for de forskjellige avvanningstrinn:

Slamvann: substrat fra sedimenteringstank, før filtrering i avvanningsenhet.

Slam: : frafiltrert substrat fra avvanningsenhet ("avvannet slam")

Som følge av lav stoffmengde i avløpsvannet pga liten fiskebestand og lav førmengde, ble produksjonen av utfelt råslam ("slamvann") i sedimenteringstanken tilsvarende liten. Dette medførte igjen at det tok lang tid å få avsatt tilstrekkelig mengde råslam til å kunne kjøre avvanningstester i Filtertanken. Som "tilstrekkelig" mengde kan antydes et daglig volum råslam tilsvarende volumet av Filtertanken (250 L). Resultatet var også at det produserte råslammet utviklet uønskede egenskaper for å kunne oppnå en vellykket avvanning gjennom skumplast ilteret. Dermed ble den opprinnelig planlagte testprosedyren sterkt redusert.

De begrensede testmulighetene medførte at effekter av varierende filtreringstid og trykk, forskjellig filtersubstrat o.l. måtte utelates. Som forventet måtte de ulike tekniske funksjonene gradvis utprøves under

reelle forhold for å kunne fungere optimalt. De fåtallige brukbare testene ble derfor også påvirket av visse tekniske problemer (Tabell 1).

Prøvetaking

Det ble forsøkt tatt ut representative prøver av slamvann før - etter passasje gjennom Filtertanken, dvs uttak av enkeltprøver for analyse fra et oppsamlet volum.

Vann- og slamprøvene ble umiddelbart transportert ukonservert til Rogalandsforskning (RF) der oppdeling og konservering (syretilsetting, frysing) ble foretatt. Analysene ble utført ved Miljølaboratoriet, RF etter Norsk Standard:

For slamvann: Suspendert tørrstoff (S-TS), Total nitrogen (TN), Total fosfor (TP).

For slam: Total tørrstoff (T-TS), Total gløderest (T-GR), TN, TP, kalium (K).

I utgangspunktet var parametrene total ammonium ($\text{NH}_4\text{-N} + \text{NH}_3\text{-N}$), nitrat ($\text{NO}_3\text{-N} + \text{NO}_2\text{-N}$) og fosfat fosfor ($\text{PO}_4\text{-P}$) også ment å inngå i analysespekteret, men dette ble etterhvert ansett lite interessant på bakgrunn av de begrensede testmulighetene.

Tabell 1. Oversikt tester med Reime Filtertank februar - mai 1995.

<i>Tidspunkt</i>	<i>Lokalitet</i>	<i>Type testsubstrat</i>	<i>Kommentar</i>
2. februar	Reime	Fiskefôr	Manuell filtrering, ingen prøvetaking
5. april	NINA	Slam fra fisketanker, 14 dagers oppsamling	Tekniske problemer, kun prøver slamvann
11. mai	NINA	Slam fra fisketanker, 20 dagers oppsamling	Ineffektiv slamtørking, kun prøver slamvann
24. mai	NINA	Slam fra fisketanker + 4 L rent fiskefôr	Automatikk fungerer, full prøvetaking

Ved den rent manuelle testen 2. februar fungerte avvanningen meget bra - det vanntilsatte fiskefôret ble effektivt filtrert fra i pilotenheten. Ved denne mekaniske testen ble prøvetaking utelatt.

Etter flere ukers slamoppsamling under reelle forhold ble så nye avvanningstester foretatt (5. april, 11. mai). Det gamle slammet medførte raskt klogging av filteret og det var nødvendig med gjentatte tilbakespylinger underveis. Ved 0,4 - 1 atm. trykk tok hver filtrering 20 - 40 min. I begge testene fungerte ikke tørkefasen ved gjennomblåsing av avsatt slam - det ble derfor ansett som hensiktsløst å ta ut prøver av slammet.

I den siste testen som ble gjennomført 25. mai ble en blanding av *ferskt* slam (ett - to dager gammelt) fra fisken og nylig dosert fiskefôr (henstand ett døgn) avvannet gjennom Filtertanken. Den automatiske prosessen fungerte rimelig bra og det ble tatt ut prøver av alle tre fraksjoner (slamvann før - etter filter, avsatt slam).

RESULTATER - KOMMENTARER

Automatisering av utstyr

De begrensede erfaringene med funksjonen av utstyret var følgende:

1. Filtertanken fylles med slamvann (fra sedimenteringstank)

Påfylling av slamvann, ved selvføll, fungerte som forventet. Det var her viktig å ha tilstrekkelig lufting av filtertanken slik at operasjonen gikk hurtig. Luftingen ble besørget gjennom en treveisventil.

2. Slamvann trykkes gjennom filter

Filtreringstiden ble lenger enn forventet pga lite høvelig slamkonsistens / klogging (beskrevet under "Materiale og metoder"). Forsøk med papirfiber og ferskt fôr viste filtreringstider med full tank på 3 - 4 min, mens filtreringen tok over 40 min i enkelte tester (inkl. et par tilbakespylinger for å løsne slamkaken fra filter).

3 - 4. Tørking og utskraping av avsatt slam

Basert på de begrensede testene så det ut til at tørking / utskraping fungerte tilfredsstillende. Ved å legge inn en forsinkelse i PLS programmet kunne en, etter at nedre nivåmåler hadde registrert (nedre) vannstand, forlenge tørketiden etter erfaring og dermed oppnå et tilnærmet ønsket TS-innhold i slammet.

5. Tilbakespyling av filter (vasking)

Den roterende Utskraperen fungerte som en "smørekniv" og la etter hver kjøring igjen et tynt slambelegg på og inni det øvre laget av filteret. Ved å kjøre tilbakespyling, samtidig som Utskraperen roterte, ble filteret effektivt vasket (visuelt bedømt).

Slamvann

Konsentrasjoner

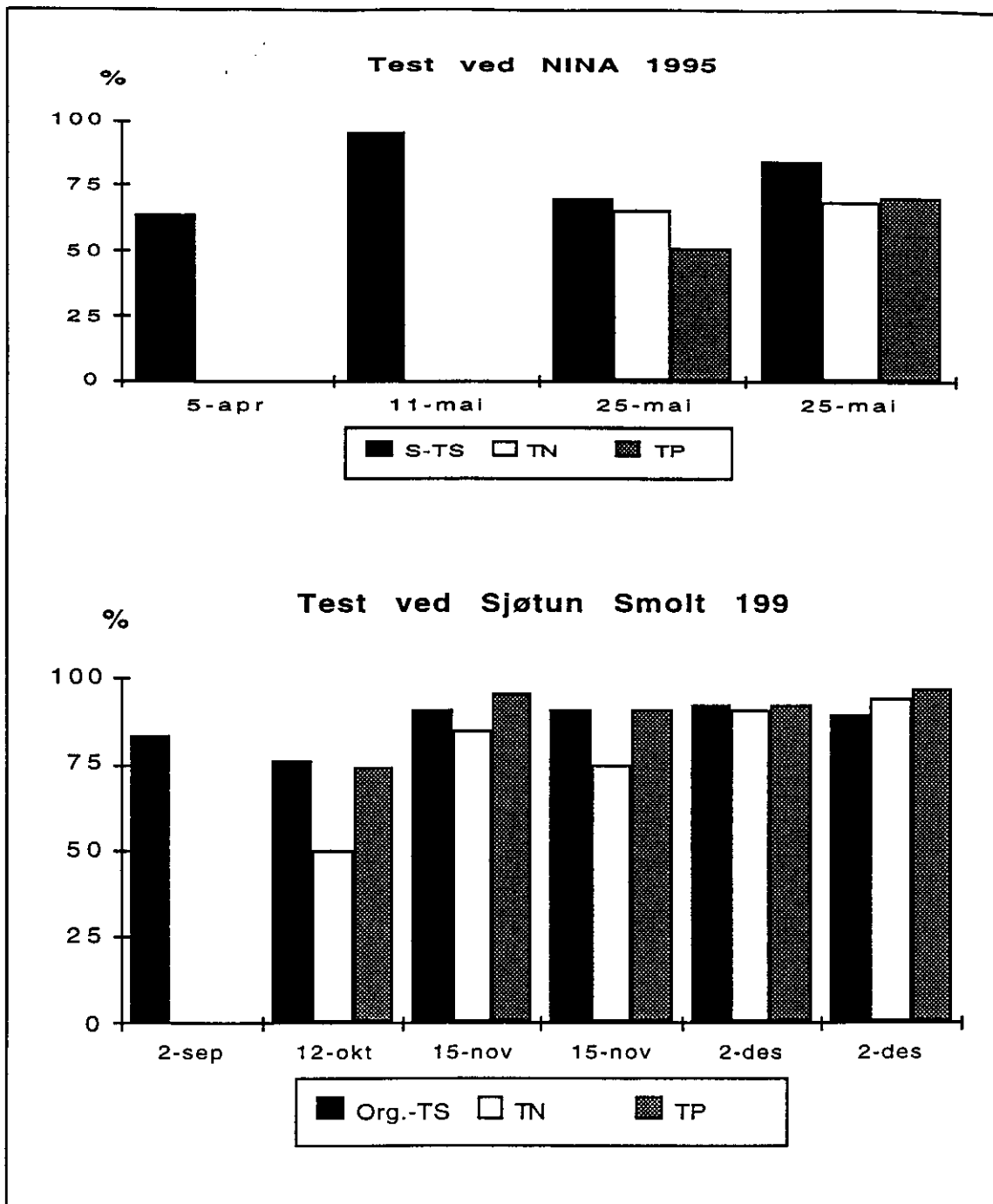
-avvanningseffekt

Konsentrasjonene av totalkomponenter før - etter passasje gjennom filter er framstilt Tabell 2, mens den prosentvise reduksjonen også er presentert i Figur 2. Konsentrasjonene av S-TS i slamvann før filter (mao utfelt materiale fra sedimenteringstanken) varierte relativt ca. 1 : 10 og var 100 - 1000 ganger høyere enn konsentrasjonene i urensset avløpsvann fra oppdrettsanlegg uten resirkulering av vann.

Reduksjonen av S-TS gjennom filteret var altså 64 - 95 %, som var jevnt over lavere enn registrert i den manuelle piloten i 1993 (Figur 2, Rapp. I). Av mulige årsaker er det naturlig å peke på uegnet slamvann og visse tekniske problemer i de to første testene (5. april, 11. mai). For næringssaltene, TN og TP, var heller ikke reduksjonen overbevisende. Ved bedre testbetingelser er det ikke noe som tyder på at filtreringseffektiviteten skulle ha vært lavere i den oppfølgende fasen enn innledningsvis. Metoden bør potensielt kunne avvanne slamvann effektivt uten at tapet til omgivelsene overstiger 5 - 10 % både mht tørrstoff og næringssalter.

Som følge av den variable og til dels lave effekten ved avvanningen var konsentrasjonene i filtrert slamvann ("etter") fortsatt relativt høye. Konsentrasjonene av tørrstoff og næringssalter var på et nivå som f. eks. er høyere enn i urensset kommunalt avløpsvann. Imidlertid er mengdene svært beskjedne, men bør hvis mulig ikke ledes direkte til resipient (f.eks. er infiltrasjon i jord en aktuell disponering).

I de innledende testene (Rapp. I) viste det seg at partikler større enn 140 μm ble effektivt holdt tilbake på skumgummifilteret, mens partikler under 45 μm hovedsakelig passerte gjennom. Vanlig brukte mikrosiler (stasjonære siler, trommelsiler, roterende plansiler) har en effektive poreåpning på 60 - 150 μm . Slamvannet produsert ved tilbakespyling fra slike siler forventes derfor å ha en partikkelsammensetning (hovedsakelig større enn 50 - 100 μm) som egner seg godt for videre avvanning gjennom skumgummi.



Figur 2. Testing av Reime Filterenhet ved NINA Forskningsstasjon sammenlignet med tilsvarende test i pilot ved Sjøtun Smolt. Prosentvis reduksjon i konsentrasjoner av suspendert / organisk tørrstoff (S-TS, Org.-TS), total nitrogen (TN) og total fosfor (TP). [Organisk TS ble anvendt i 1993 siden flere prøver inneholdt mye sand og leire uten tilknytning til fôr og fekalier].

Slam

Sammensetningen av frafiltrert slam er framstilt i Tabell 2. Den ene analyserte prøven holdt et høyt totalt tørrstoffinnhold (22,5 vekt-%), men overraskende lavt innhold av næringssalter, spesielt nitrogen (alternativ analyse: Kjeldahl-N). Sammenlignet med tilsvarende slam produsert i innledende tester (Rapp. I) var *organisk* tørrstoffinnhold i slamprøven på samme nivå (100 - 200 g org-TS/L), TN bare 10 - 30 % (5 - 20 g TN/L) og TP var lavere enn i de fleste tidligere prøver (1 - 9 g TP/L). Analysene av frafiltrert slam ved Sjøtun Smolt er gjengitt i Vedlegg 2.

Det produserte slammet har høyt tørrstoffinnhold i forhold til oppdrettslam produsert ved andre metoder :

Sedimentering - kondisjonering (organisk polymér) - filtrering: 79 g organisk tørrstoff (Liltved & Vethe, 1990)

Sedimentering: 55 g organisk tørrstoff (Liltved et al. 1991)

Sedimentering - kondisjonering (kalk): 74 g organisk tørrstoff (Liltved et al. 1991)

Siling - sedimentering: 61 - 99 g total tørrstoff (Bergheim et al. 1993).

I et finsk studium (Tapani, 1995) ble benyttet steinull som filtermedium ved avvanning av råslam (slamvann) fra oppdrettsanlegg. Ved gravitasjonsbasert filtrering (uten ekstra trykk) og en hydraulisk belastning på 1 m³/m²/time, ble 91 % av S-TS og 81 % av TP holdt tilbake i frafiltrert slam. Tørrstoffinnholdet i slammet var ca. 20 % - mao var det endelige resultatet omlag som ved bruk av skumgummi som filtermedium.

Ved bruk av roterende siler utgjør spylevannet 3 - 5 m³/tonn fisk/døgn og inneholder 100 - 500 mg suspendert tørrstoff (SS)/L, 3 - 20 mg total nitrogen (TN)/L og 2 - 10 mg total fosfor (TP)/L (Bergheim et al. 1991). Dersom det benyttes trommelsiler med lavere spylevannsmengde pga ikke-kontinuerlig tilbakespyling, er tørrstoffinnholdet høyere (Ulgenes & Eikebrokk, 1994). For at det tilbakeholdte slammet skal kunne lagres og transporteres uten store praktiske problemer (f.eks. luktproblemer

lekkasje), må tørrstoffinnholdet økes til ca. 20 vekt-%. Dette innebærer at det produserte slamvannet må oppkonsentreres 400 - 2000 ganger uten at store stofftap går tapt gjennom prosessen. Dessuten må sluttproduktet, tørrstoffholdig slam, *stabiliseres* for at det kan lagres på forsvarlig vis inntil transport og anvendelse (Liltved et al. 1991).

Sammenlignet med rapporterte tester er det klart at en enkel trykktbasert filtrering gjennom et skumplast-filter i utgangspunktet viser meget lovende resultater. Både mht. filtreringseffekt og slamkvalitet er det videre klart at resultatet er helt avhengig av hvor hyppig det sedimenterte slamvannet blir avvannet. I den innledende testen (Rapp. I) økte avvanningseffekten sterkt med redusert oppsamlingstid i sedimenteringsenheten, fra 3 uker til 1 uke.

Økonomi

På dette utviklingsstadiet er det ikke foretatt nøyaktige kalkyler over kostnader til anskaffelse og drift av slambehandlingsutstyr. Det er anslått en salgspris for komplett anlegg (filtertank, kompressor, sedimenteringstank) på kr. 150.000,-. Hvis det videre anslås en avskrivningstid på 5 år, én persontime pr. dag for drift og vedlikehold (á kr. 150,- pr. time) og kr. 15.000,- pr. år til andre kostnader (kalk til etterstabilisering, midlertidig lagring av slam, transport) så blir den årlige kostnaden omkring kr. 100.000,-. Ved en produksjon på 300.000 smolt pr. år blir da den ekstra produksjonskostnaden ca. kr. 0,33 pr. smolt.

Videre FOU

De omtalte praktiske problemene ved gjennomføringen av de oppfølgende testene medførte at tilfanget av ny kunnskap om metodens potensial ble beskjedent. Rent teknisk har det likevel vært en betydelig framgang med utvikling av en automatisert avvanningspilot ("Reime Filtertank"). Til tross for lite praktisk erfaringsgrunnlag, tyder det på at avvanningsprosessen bør kunne videreutvikles til full automatisering. Dette vil imidlertid kreve en betydelig innsats videre av bedriften. Den videre optimaliseringen bør delvis skje internt ved bedriften og i samarbeid med et høvelig fiskeoppdrettsanlegg.

En rimelig målsetting og krav til det endelig utviklede utstyret bør være en fullautomatisert, effektiv og stabil avvanning med følgende resultat:

- minst 90-95 % tilbakeholdelse av tørrstoff og næringssalter på filteret
- det produserte slammet bør holde omkring 20 % tørrstoff

Ustyret må også ha en høvelig kapasitet til forhold til slammengden fra norske settefiskanlegg. Som påpekt er det viktig at avvanningen skjer daglig, mao det tas hensyn til den daglige produksjonen av slam i løpet av året. En avvanningstank på 250 L, som benyttet i test, vil kunne betjene et middelstort settefiskanlegg med årlig produksjon av 200.000 - 500.000 smolt pr. år.

Dessuten må utstyret være økonomisk konkurransedyktig.

REFERANSER

- Bergheim, A. 1991. Stoffbelastning og renseeffekt - avløpsvann fra landbaserte matfiskanlegg. - Rapport fra Rogalandforskning, RF-209/91. 38 s. + vedlegg.
- Bergheim, A., Sanni, S., Indrevik, G. & P. Hølland. 1993. Sludge removal from salmonid tank effluent using rotating microsieves. - *Aquaculture Engineering*, 12 : 97 - 109.
- Liltved, H. & Ø. Vethe. 1990. Behandling av slam fra settefiskanlegg. - NIVA-Rapport, O-86085. ISBN 82-577-1708-8. 17 s.
- Liltved, H., Vethe, K. & K. Øren. 1991. Kalkstabilisering og kondisjonering av slam fra fiskeoppdrett. - NIVA-Rapport, O-86085. ISBN 82-577-1874-2. 19 s.
- Litlehamar, L. & A. Bergheim. 1994. Slamfjerning ved landbaserte anlegg. Innledende tester. - Rapport fra Rogalandforskning, RF - 32/91. 19 s. [Rapp.I].
- Tapani, Y.A. 1995. The use of rockwool in sludge water filtration of fish-breeding plants. - Paper presented at NJF Seminar No. 258 on "Technical Solutions in the Management of Environmental Effects of Aquaculture", September 13 - 15, 1995, Oulu, Finland. (Abstract).
- Ulgenes, Y. & B. Eikebrokk. 1994. Fish farm effluent treatment by microstrainers and a particle trap. - Paper for the EIFAC Seminar, June 25 - 26 1994, Univ. of Stirling, Stirling, Scotland. 11 p.

VEDLEGG 1

**Beskrivelse av styringsprosedyrer
(Reime Filtertank)**

AUTOMATISK STYRING AV REIME FILTERTANK

Styringen av filtertanken er delt inn i fire prosedyrer, hvorav prosedyre 1 og 2 er hovedprosedyrene. Startprosedyren, prosedyre 1, begynner ved at slamvann ledes fra sedimenteringstanken til filtertanken ved selvføll.

Prosedyre 1.

Hensikt:

Fylle opp filtertanken med slamvann.

Følgende styringskomponenter er da åpnet og lukket:

Trykkluft på:	Trykkluft av:	Ventil åpen:	Ventil lukket:	El. Motor (skrape)
2a	2b	4 6	3 5	av

Prosedyren stopper når slamvannivået når øvre vannmåler (nr 7).

Prosedyre 2:

Hensikt:

Trykke slamvannet gjennom filteret.

Følgende styringskomponenter er da åpnet og lukket:

Trykkluft på:	Trykkluft av:	Ventil åpen:	Ventil lukket:	El. Motor (skrape)
2a	2b	5	3 4 6	av

Prosedyren stopper når slamvannet når nedre vannmåler (nr 8)

Filtertanken er nå klar til ny påfylling av slamvann.

Prosedyre 1 og 2 er som nevnt hovedprosedyrene til tanken. De skal gå i syklus X antall ganger. Når det er tid for utskraping av slam så skal prosedyre 3 starte etter prosedyre 2. Etter prosedyre 1 og 2 har gått og fullført X antall ganger så blir slammet på filteret tørket ved gjennomblåsing av luft. Tørkeperioden pågår X antall minutter etter at nedre vannmåler har avgitt signal.

Prosedyre 3:

Hensikt:

Skrape ut slammet som ligger på filteret.

Følgende styringskomponenter er da åpnet og lukket:

Trykkluft på:	Trykkluft av:	Ventil åpen:	Ventil lukket:	El. Motor (skrape)
2b	2a		3 4 5 6	på

Prosedyren stoppes etter X antall minutter.

Det er nå klar for ny påfylling (prosedyre 1), eller tilbakespyling av filteret (prosedyre 4).

Etter X antall utskrapinger (prosedyre 3) startes prosedyre 4.

Prosedyre 4.

Hensikt:

Tilbakespyling av filteret (vasking).

Følgende styringskomponenter er da åpnet og lukket:

Trykkluft på:	Trykkluft av:	Ventil åpen:	Ventil lukket:	El. Motor (skrape)
2a	2b	3 4	5 6	på

Prosedyren stoppes etter X antall minutter.

Det er nå klart for ny påfylling av slamvann (prosedyre 1).

Tiden som hver hev funksjon skal være aktiv er her angitt med «etter X antall minutter». Timeren som styrer intervallene stilles inn etter erfaring og testing.

VEDLEGG 2

**Slamkvalitet i innledende testfase
(Sjøtun Smolt)**

Testing av avvanningsenhet, Sjøtun Smolt sep. - des. 1993.
 Konsentrasjoner i frafiltrert slam (Rapp. I).

Enhet : gram/kg våtvekt

Dato	Total tørrstoff	Organisk tørrstoff	Uorganisk tørrstoff	Total nitrogen	Total fosfor	Slamvann
2-9-93	395	115	284	6,6	1,46	Sedimentering i 3 uker
12-10-93	244	110	134	9,2	2,02	Sedimentering i 2 uker
15-11-93						
Serie I	119	91	28	5,8	1,02	Sedimentering i
Serie II	230	158	72	6,6	1,93	1 uke
2-12-93						Sedimentering i
Serie I	274	197	77	21,5	8,71	1 uke, dominert av
Serie II	264	199	66	14,2	7,12	bevisst overføring