

**Sobye Miljøfilters avløps- og  
slambehandlingsanlegg. Testresultater**

RF-1998/282

Vår referanse: <b>650/654467</b>	Forfatter(e): <b>A. Bergheim, K. Bakkevig, Etne, Ølen &amp; Vindafjord Forsøksring</b>	Versjonsnr. / dato: <b>Vers. 2 / 19.11.98</b>
Ant. sider: <b>21 + vedlegg</b>	Faglig kvalitetssikrer: <b>S. J. Cripps</b>	Gradering: <b>Åpen</b>
ISBN: <b>82-7220-952-7</b>	Oppdragsgiver(e): <b>Sobye Miljøfilter as, 5382 Skogsvåg</b>	Åpen fra (dato):
Forskningsprogram:	Prosjektittel: <b>Demonstrasjonsanlegg - kombinert avløps- og slambehandling i settefiskanlegg</b>	

I forbindelse med utvikling av et komplett avløpsrensesystem for oppdrettsanlegg, ble Sobye Filtersystems konsept bestående av bandfilter koblet til en stasjonær buesil for videre slambehandling, uttestet under forskjellige driftsforhold ved Trovåg Laks. Rensesystemet demonstrerte høy effekt og er et gunstig alternativ til andre uttesta systemer.


Produsert slam ble i forsøk testet som gjødsel til eng.

Emne-ord:

Avløpsrensing, settefisk, bandfilter, buesil, slam, planteforsøk

RF - Rogalandsforskning er sertifisert etter et kvalitetssystem basert på NS - EN ISO 9001

  
Prosjektleder  
A. Bergheim

  
for RF - Miljø og næringsutvikling  
K. Netland

## **Forord**

*Trovåg Laks i Ølen kommune er pålagt avløpsrensing i forbindelse med utvidelse av settefiskproduksjonen. Anlegget har i flere år gjennomført en moderat resirkulering av vann og har derfor benyttet et bandfilter fra Soby Miljøfilter for fjerning av partikler. Erfaringene med filteret har vært gode og ledelsen ved anlegget ønsker en videre utbygging til full avløpsrensing basert på dette systemet. Rogalandsforskning er blitt engasjert av Soby Miljøfilter for å gjennomføre tester av det kombinerte systemet for avløpsrensing og slambehandling.*

*Rapporten beskriver renseanleggets effektivitet i to ulike faser (desember 1997, mai 1998). Forsøksanlegget besto av et Soby bandfilter med kontinuerlig tilbakespyling og en buetformet platesil ("buesil") for avvanning av spylevannet. Silen var under utvikling for dette formålet i løpet av prosjektperioden.*

*Som en del av prosjektet ble Etne, Ølen og Vindafjord Forsøksring engasjert for å undersøke produsert slam som organisk gjødsel i en standard forsøkstest på eng. Forsøkene ble gjennomført i juli - august 1998 under andre slått. Kamilla Bakkevig har skrevet den del av rapporten som beskriver gjødseltesten.*

*Ved gjennomføring av prosjektet har følgende personer hatt en viktig rolle:*

*Leif Atle Håkonsund, leder Soby Miljøfilter a.s.*

*Øyvind Haraldseid, leder Trovåg Laks*

*Kamilla Bakkevig, Etne, Ølen og Vindafjord forsøksring*

*Prosjektet var delvis finansiert fra SFTs program "Renere teknologi innen havbruk" ved koordinator Kjell Maroni. Leif Atle Håkonsund var prosjektansvarlig overfor SFT.*

*Ved RF er alle kjemiske analyser utført ved Miljølab. Prosjektleder har vært Asbjørn Bergheim som har skrevet rensedelen av rapporten. Faglig kvalitetssikrer for prosjektet har vært Simon J. Cripps.*

*Asbjørn Bergheim*

*Rogalandsforskning*

## Innhold

Forord .....	i
Innhold .....	ii
SAMMENDRAG .....	1
1 PROBLEMSTILLING - MÅLSETTING .....	3
2 MATERIALE OG METODER .....	4
2.1 Bandfilter .....	4
2.2 Buesil .....	4
2.3 Driftsforhold (Trovåg Laks).....	4
2.4 Prøvetaking, analyser .....	5
3 RESULTATER MED KOMMENTARER .....	7
3.1 Renseeffekt bandfilter .....	7
3.2 Avvanning av slam .....	11
3.3 Slam .....	13
4. SLAM SOM GJØDSEL TIL ENG.....	14
4.1 Bakgrunn.....	14
4.2 Kjemiske analysar .....	14
4.3 Forsøksplan .....	14
4.4 Forsøksarbeidet .....	16
4.5 Resultat og diskusjon .....	17
4.6 Praktisk bruk .....	19
5. REFERANSER .....	20
6. VEDLEGG .....	21

## Sammendrag

### *Målsetting*

Rensedelen av prosjektet ble gjennomført ved Trovåg Laks som er pålagt avløpsrensing i forbindelse med utvidet produksjon. Sobyte Filtersystems bandfilter har vært i drift ved anlegget i flere år uten at det renseseffekten har blitt målt. Hensikten med prosjektet var derfor å vurdere filterets effekt etter faglige kriterier. Videre ble firmaets konsept for avvanning av spylevann fra filteret testet. Den endelige målsetting var å utvikle et totalkonsept for avløpsrensing og slambehandling til oppdrettsanlegg.

Videre var det en målsetting å oppnå mer resultater over slammets egenskaper som gjødsel i jordbruk.

### *Bandfilter*

Det ble utført to døgnmålinger over renseseffekt, hhv. i desember ved lav avløpsbelastning og i mai ved høy belastning rett før leveranse av vårmolt. Den høye førtildelinga i mai medførte ca. 10 ganger høyere partikkelinnhold i avløpet enn i desember. Som vanlig ved partikkelfjerning gjennom mikrosiler økte renseseffekten klart med økt partikkelinnhold: for å oppnå en renseseffekt på 60 % for partikler trengs det en avløpskonsentrasjon på 4 - 5 mg S-TS/L. Ved de meget lave konsentrasjonene i desember lå renseseffekten for partikler (S-TS), organisk stoff (KOF permanganat) og næringsalter (TN, TP) mellom 10 og 30 % gjennom døgnet, mens det i mai ble målt renseseffekter på hele 90 % for S-TS og TP, og 40 - 50 % for KOF og TN. Konklusjonen er at bandfilteret hadde en renseseffekt minst på høyde med tidligere testet hjulsiler og trommelsiler med samme lysåpning (100 µm).

Bandfilteret blir kontinuerlig tilbakespylt og spylevannsmengda utgjorde mellom 3 og 9 L pr. m<sup>3</sup> ved de to målingene.

### *Buesil*

Under første måling i desember ble benyttet en provisorisk sil med 500 µm lysåpning som holdt tilbake ca. 90 % av partikkelmengden. I mai ble testet en mer utviklet Buesil med 200 µm avstand mellom skinnene på silflaten. Buesilen holdt også tilbake ca. 90 % av partiklene i løpet av døgnet og tørrstoffinnholdet fra spylevann til slam økte fra 0,4 g S-TS/L til 250 - 420 g T-TS/kg råslam (640 - 1075 ganger). For de øvrige komponentene, KOF, TN og TP, var tilbakeholdelsen på silen 88 - 91 %. De oppnådde resultatene tilsvarte effekten til en sedimenteringstank der spylevannets oppholstid er ca. 1 time.

Det ferske slammets oppsamlet ved målinga i mai ble tilsatt ca. 125 g CaO/kg for hygienisering og lagret for senere bruk som gjødsel i jordbruk.

### *Slam som gjødsel*

Gjødsleffekten til slammets ble utprøvd i et forsøksfelt utlagt på eng etter første slått. Avlingsutslaget på forsøksledd tilført økende slammengder, tilsvarende fra 86 kg til 258

kg slam-TS/daa, ble sammenlignet mot ugjødsla forsøksledd. Tørrstoffavlinga økte med slammengder opptil 172 kg slam-TS/daa (tilsvarer 0,7 - 2 m<sup>3</sup> slam med normalt tørrstoffinnhold). Det ugjødsla feltet kom også godt ut i forsøket med 350 kg avlings-TS/daa mot 525 kg TS/daa som høgste avling etter slamtilførsel. Årsaken til høyt avlingsnivå uten gjødsling var trolig at feltet lå på gammel eng som var tilført husdyrgjødsel gjennom flere år. Analyser over grasets fôr kvalitet bar tydelig preg av at det ble høstet relativt seint.

Slammet som ble brukt hadde høyt tørrstoffinnhold (34 %) og hadde for øvrig en sammensetning som avvek lite fra rent fiskefôr (høyt fôrspill ved prøvetaking). Dermed holdt slammet høyt innhold av nitrogen og fosfor, og lave innhold av metaller som sink og kadmium.

Med utgangspunkt i de oppnådde resultatene ble det tilrådd å bruke 150 - 200 kg slam-TS pr. daa. Det må likevel tas forbehold for at resultatene her kun var basert på ei enkel gjødsling.

# 1 PROBLEMSTILLING - MÅLSETTING

Behovet for å utvikle metoder og utstyr for å rense avløpsvann fra fiskeoppdrettsanlegg, som også kombinerer viderebehandling av produsert slam, har vært omtalt under tidligere prosjekter under SFTs "Program for renere teknologi innen havbruk". Med rense- og slambehandlingsutstyr fra UNIK Filtersystem as gjennomførte RF-Rogalandsforskning og NIVA et utviklingsprosjekt ved Bøvågen Fiskeoppdrett (Bergheim *et al.* 1996). Videre er det utført tester av Sterner Aquatechs rensesystem basert på trommelsiler og kombinert slamfortykking og -stabilisering ved Stolt Sea Farms settefiskanlegg i Fjon (Bergheim, 1997).

De omtalte rensesystemene bygger på samme prinsipper: partikkelfjerning vha roterende mikrosiler etterfulgt av avvanning/fortykking av produsert slamvann i sedimenteringstanker (gravitasjon). Til slutt blir produsert råslam tilsatt brent kalk til pH 12 for inaktivering av mikrobiell aktivitet. Som samarbeidende institutt har NIVA gjennomført tester over inaktivering av patogene bakterier og virus i kalkstabilisert slam ved pH 11 - 12,5 og økende påvirkningstid. Det stabiliserte slammene er videre benyttet som gjødsel i sammenlignende vekstforsøk med handelsgjødsel og naturgjødsel (hhv. Ytre Midthordland forsøksring og Haugaland Forsøksring).

Konklusjonen fra de tidligere prosjektene er at det utviklede rensesystemet effektivt fjerner partikler som omdannes til et stabilisert, hygienisk sikret slam som har en rimelig god effekt som organisk gjødsel for produksjon av engvekster.

Det presenterte prosjektet her omtaler et alternativt rensesystem kun basert på siling: 1) Partikkelfjerning gjennom en skråstilt bandsil med kontinuerlig tilbakespyling, og 2) Avvanning av slamvann over en vertikalstilt platesil ("buesil"). I utgangspunktet har dette systemet mulige tekniske fordeler sammenlignet med tidligere uttestede systemer:

- en langsomt bevegelig bandsil gir en skånsom behandling av avløpsvannets partikler slik at knusing og sundmaling av partikler i stor grad unngås

- avvanningen av slamvann skjer momentant

- en vertikalstilt sil for slamavvanning tar lite plass

De gjennomførte testene med slam fra Bøvågen Fiskeoppdrett og SSF Fjon som gjødsel i planteproduksjon gav noe sprikende resultater mht. gjødseffekt. En målsetting med dette prosjektet var også å bidra til mer erfaringer med slam som gjødsel.

## **2 MATERIALE OG METODER**

### **2.1 Bandfilter**

Bandfilteret var av type Soby Miljøfilter 700 med silduk med lysåpning 100 µm. Den oppgitte hydrauliske kapasiteten til bandfilteret for avløp fra fiskeoppdrett er omkring 7,5 m<sup>3</sup>/min (125 L/sek). Filteret blir kontinuerlig tilbakespylt. Spylevannsmengden er oppgitt til 42 L/min eller ca. 0,5 % av maksimal gjennomstrømmende vannmengde. Nærmere tekniske spesifikasjoner er oppgitt i brosjyre (juli 98) fra Soby Miljøfilter as (produsent) eller Birger Christensen (distributør).

Ved Trovåg Laks har bandfilteret vært i drift i ca. 5 år, primært for å fjerne partikler fra den del av avløpet som pumpes tilbake til fiskekarene. Spylevannet fra bandfilteret er til nå blitt ført til resipienten sammen med øvrig avløp.

Bandfilteret er også benyttet ved andre oppdrettsanlegg, men effekten er i liten grad blitt målt.

### **2.2 Buesil**

Denne enheten er fortsatt under utvikling og kommersialisering. Ved prøvetakingen i desember ble først forsøkt en buesil med 100 µm lysåpning som viste seg ikke å ha tilstrekkelig hydraulisk kapasitet. I stedet ble testet en provisorisk skråstilt sil med 500 µm lysåpning. Ved neste prøvetaking, 12 - 13. mai, var utviklet en buesil utstyrt med en anordning som fordeler vannstrømmen over hele silflaten. Silflaten består av parallelle skinner med en lysåpning på 200 µm.

Forsøksanlegget ved Trovåg Laks er skissert i Figur 1. Videre er en skisse av systemet (Soby rensestasjon) presentert under Vedlegg.

Den videre behandling av produsert råslam (mai) ble utført ved manuell kalkinnblanding i plastbeholder.

### **2.3 Driftsforhold (Trovåg Laks)**

Settefiskanlegget Trovåg Laks produserer både 1-årig smolt ("vårsmolt") og 0-årig smolt ("høstsmolt"). Anlegget har hatt en konsesjon på 500.000 sjødyktig settefisk pr. år, men har søkt om utvidelse til 1 mill. settefisk pr. år.

Vannforbruket ved anlegget er relativt lavt i forhold til produksjonen da det blir anvendt oksygentilsetting og resirkulering av vann (ca. 50 % av gjennomstrømmende vann tilbakepumpes). Vann for resirkulering blir silt gjennom et Soby bandfilter (silduk 100 µm) før tilbakeføring til fiskekarene. Som gjennomsnitt over året er spesifikt vannforbruk omkring 0,25 L/kg fisk/min (inkludert resirkulering). Oppgitt førfaktor (1996) var ca. 1,25 (kg fôr/kg tilvekst) som det er målsetting å kunne redusere gradvis mot 1,1. Det blir brukt EWOS fôr.



Tabell 1. Driftssituasjon ved Trovåg Laks for den del av anlegget som var tilknyttet bandfilteret under måling av renseeffekt.

	2 - 3.12.97	12 - 13.05.98
Vanntemp., °C	3,5	10
Biomasse, kg	11.003	26.600
Middelvekt, g	90	120
Vannforbruk:		
L/min	3.000	5.000
L/kg fisk/min	0,27	0,17
Fôrforbruk:		
kg/dag	42	195
kg/100 kg fisk/døgn	0,38	0,65

Tabell 1 beskriver følgende karakteristiske driftsforhold ved anlegget:

\* begynnelsen av desember med lav vanntemperatur og biomasse, som igjen medfører lavt fôrforbruk og liten avløpsbelastning, og

\* midten av mai med maksimal biomasse, før smoltleveranse, med relativt høy vanntemperatur, fôrforbruk og tilsvarende høy avløpsbelastning

## 2.4 Prøvetaking, analyser

### *Prøvetaking 2. - 3. desember 1997*

Vannprøvene ble tatt automatisk med 2 stk. ISCO mod. 6700 prøvetakere hhv. plassert Før (urenset avløp) og Etter (renset avløp) Bandfilteret. Prøvetakerne var innstilt på uttak av 4 timers integrerte prøver (deluttak pr. 10 min á 160 ml) gjennom 24 timer.

Silen for avvanning ble testet ved manuell prøvetaking av slamvann før etter passasje av den provisoriske skråstille silen (1 L blandprøve, 10 enkeltprøver pr. 5 min). Det ble også tatt én prøve av produsert råslam. Mengden spylevann ble målt etter oppsamlingsmetoden (10 L gradert bølge).

### *Prøvetaking 12. - 13. mai 1998*

Programmet for prøvetaking Før - Etter Bandfilter var identisk med programmet i desember (4 timers integrerte prøver). Som følge av feilplassert inntakssonde til prøvetakeren Før Bandfilter, og dermed urepresentativt lavt partikkelinnhold i prøvene, ble første prøve ("Før", kl. 11 - 15) tatt ut av serien.

### *Analysemetoder*

#### Vannanalyser:

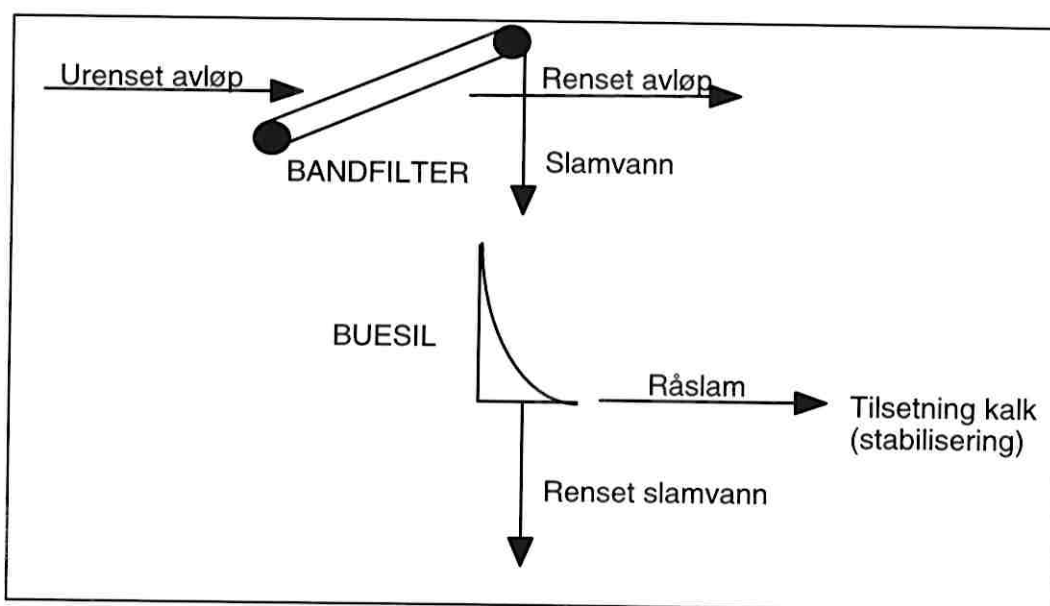
Etter prøvetaking ble vannprøvene umiddelbart transportert til Miljølab., RF der filtrering av 2 - 3 L prøve for S-TS (suspendert tørrstoff) ble foretatt, mens det ble tatt ut delprøver (konservering) for analyse av KOF (permanganat), TN (total nitrogen) og TP (total fosfor). Slamvann ble kun analysert for S-TS i den innledende testen i desember,

mens analyser av S-TS, KOF, TN og TP ble utført ved prøvetakingen i mai. Analysemetodene er utført i henhold til Norsk Standard.

#### Slamanalyser:

Alle slamprøver ble analysert for Total tørrstoff (T-TS). Videre ble én prøve av stabilisert slam, som ble benyttet i forsøksringens gjødseltest av engvekster, analysert for følgende parametre: pH, Kjeldahl nitrogen (KN), Total fosfor (TP), Kalium (K), Kalsium (Ca) og Magnesium (Mg) og tungmetallene Sink (Zn), Kopper (Cu), Jern (Fe), Bly (Pb), Kadmium (Cd), Krom (Cr), Nikkel (Ni)S og Kvikksølv (Hg). Tungmetallene ble analysert med ICP-MS og samtlige analyser ble utført etter Norsk Standard.

Kjeldahl nitrogen ble analysert ved Fylkeslab. i Østfold, mens de øvrige parametrene ble analysert ved Miljølab., RF.



Figur 1. Skisse av Soby Filtersystem a.s anlegg for kombinert avløpsrensing og slambehandling ved Trovåg Fiskeoppdrett 1997 - 98.

### 3 RESULTATER MED KOMMENTARER

#### 3.1 Renseeffekt bandfilter

De målte effektene til Bandfilter er presentert i Tabell 1 og Figur 2 - 3 (hhv. 2 - 3. desember og 12 - 13. mai). Ved den første prøvetakingen var partikkelkonsentrasjonene svært lave (maks. 1,6 mg S-TS/L) og i flere delperioder lavere enn deteksjonsgrensa på 0,8 mg S-TS/L. Dermed var det umulig å beregne en gjennomsnittlig renseseffekt for partikler gjennom døgnet. En *anslått* midlere renseseffekt over døgnet var 20 - 25 % for S-TS, eller på samme nivå som for organisk stoff som KOF (permanganat). Tilsvarende døgnmiddel for TN og TP var i underkant av 10 %.

Under andre prøvetaking, 12 - 13. mai, var partikkelinnholdet i avløpet fra karene periodevis høyt (> 40 mg S-TS/L) og som døgnmiddel ca. 10 ganger høyere enn i desember. Renseeffekten var meget høy for partikler (S-TS 91 %) og for fosfor (TP 92 %), som i hovedsak er knyttet til partikler, når konsentrasjonen overstiger 100 - 200 µg TP/L. Det er verdt å merke seg at Bandfilter effektivt holder tilbake alle økte tilførsler av partikler fra fiskekarene, mao. at konsentrasjonene i *renset* avløp ("Etter") holder seg relativt konstant til tross for sterkt varierende konsentrasjoner *før* rensing.

Sammenhengen mellom partikkelkonsentrasjon og renseseffekt er framstilt i Figur 4. I følge funksjonen bør partikkelinnholdet i avløp fra fiskekar være min. 4 - 5 mg S-TS/L for å oppnå en midlere renseseffekt over 60 %. Den positive sammenhengen mellom avløpskonsentrasjon og renseseffekt i fiskeoppdrett er velkjent. I en omfattende test ved skotske smoltanlegg fant f.eks. Kelly et al. (1997) følgende midlere renseseffekter i løpet av ett år (flere anlegg) for siler med 100 µm lysåpning (RE = renseseffekt; mg/L & µg/L = konsentrasjoner før rensing):

S-TS: 36 % RE ved 1 - 4 mg/L, 77 % ved 3 - 108 mg/L (rengjøring kar)

BOF<sub>5</sub> (biokjemisk oksygenforbruk): 31 % RE ved 1 - 6 mg/L, 72 % RE ved 5 - 76 mg/L (rengjøring kar)

TP: 16 % RE ved 23 - 117 µg/L, 59 % RE ved 64 - 990 µg/L (rengjøring kar)

Det fremgår klart at renseseffekten til mikrosiler ble forbedret 2-3 ganger ved økte konsentrasjoner i forbindelse med rengjøring av fiskekarene.

Den pågående trend ved norske settefiskanlegg med redusert vannforbruk og økt tilsetning av oksygen (evt. også økt grad av resirkulering) er derfor gunstig mht. effekten av avløpsrensesystemer.

I den tidligere omtalte testen ved SSF, Fjon var den midlere renseseffekten til trommelsiler med 90 µm lysåpning (Bergheim, 1997) ved hhv lave og relativt høye avløpskonsentrasjoner: 36 og 72 % for S-TS, 42 og 54 % for TP (lave renseseffekter for TN)

Tabell 2.

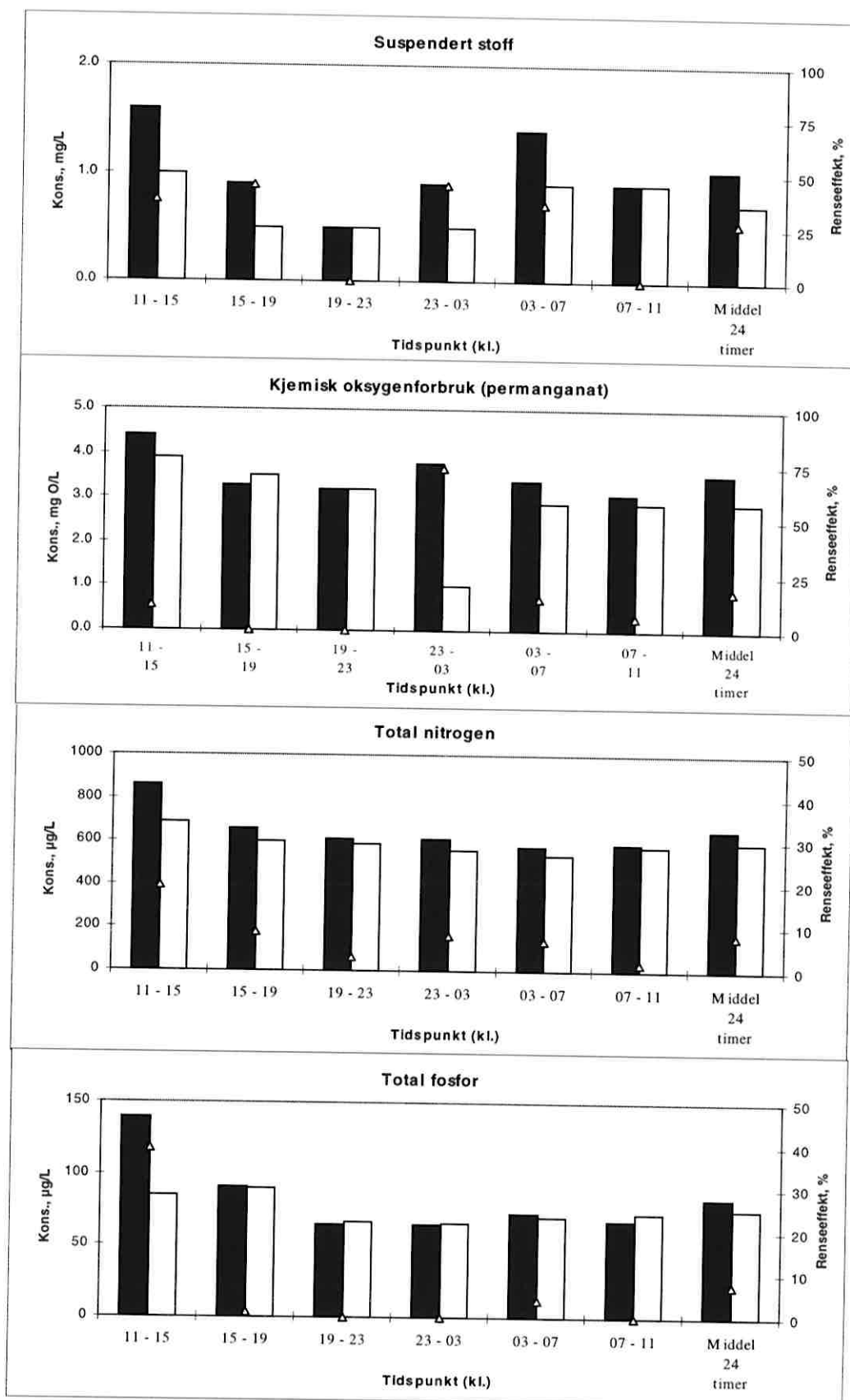
Middelkonsentrasjoner (før - etter) og beregnede renseeffekter, Soby bandfilter ved Trovåg Fiskeoppdrett des. 1997 og mai 1998.  
 RE, % (renseeffekt) = (Kons. før - Kons. etter)/Kons. før) x 100 %

*Prøvetaking 2. - 3. desember 1997.*

Delperiode (4 timer)	Suspendert tørrstoff		Kjemisk oksygenforbruk (permanganat)		Total nitrogen		Total fosfor					
	Før, mg/L	Etter, mg/L	RE, %	Før, mg/L	Etter, mg/L	RE, %	Før, µg/L	Etter, µg/L	RE, %			
kl. 11 - 15	1.6	1.0	38	4.4	3.9	11	860	690	20	140	85	39
kl. 15 - 19	0.9	<0.8	>13	3.3	3.5	0	660	600	9	91	90	1
kl. 19 - 23	<0.8	<0.8	0	3.2	3.2	0	610	590	3	65	67	0
kl. 23 - 03	0.9	<0.8	>13	3.8	1.0	74	610	560	8	65	66	0
kl. 03 - 07	1.4	0.9	36	3.4	2.9	15	580	540	7	73	70	4
kl. 07 - 11	0.9	0.9	0	3.1	2.9	6	590	580	2	68	73	0
Middel 24 timer	(<0.8 - 1.6) (<0.8 - 1.0)		(0 - 38)	3.5	2.9	17.7	652	593	8.2	83.7	75.2	7.4

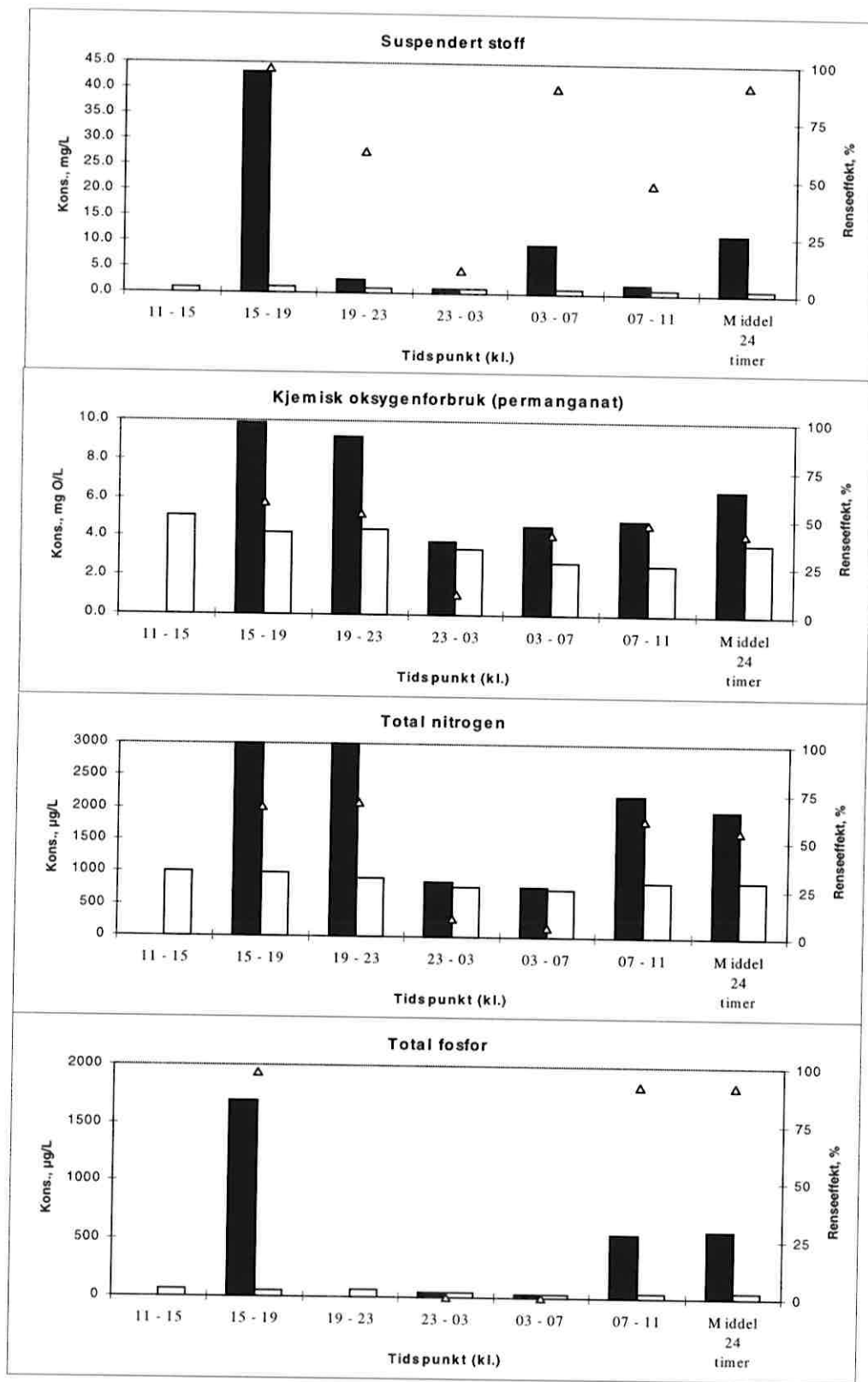
*Prøvetaking 12 - 13. mai 1998.*

Delperiode (4 timer)	Suspendert tørrstoff		Kjemisk oksygenforbruk (permanganat)		Total nitrogen		Total fosfor					
	Før, mg/L	Etter, mg/L	RE, %	Før, mg/L	Etter, mg/L	RE, %	Før, µg/L	Etter, µg/L	RE, %			
kl. 11 - 15	-	1.0	-	-	5.1	1000	-	63	-	1700	54	96.8
kl. 15 - 19	43.0	1.2	97	9.9	4.2	58	3000	980	67.3	-	61	0.0
kl. 19 - 23	2.6	1.0	62	9.2	4.4	52.2	3000	920	69.3	-	37	0.0
kl. 23 - 03	1.0	0.9	10	3.8	3.4	10.5	860	780	9.3	29	29	0.0
kl. 03 - 07	9.5	1.0	89	4.6	2.7	41.3	780	740	5.1	550	45	91.8
kl. 07 - 11	1.9	1.0	47	4.9	2.6	46.9	2200	860	60.9	579.0	48.3	91.7
Middel 24 timer	11.6	1.0	91.2	6.5	3.7	42.4	1968	880	55.3	579.0	48.3	91.7

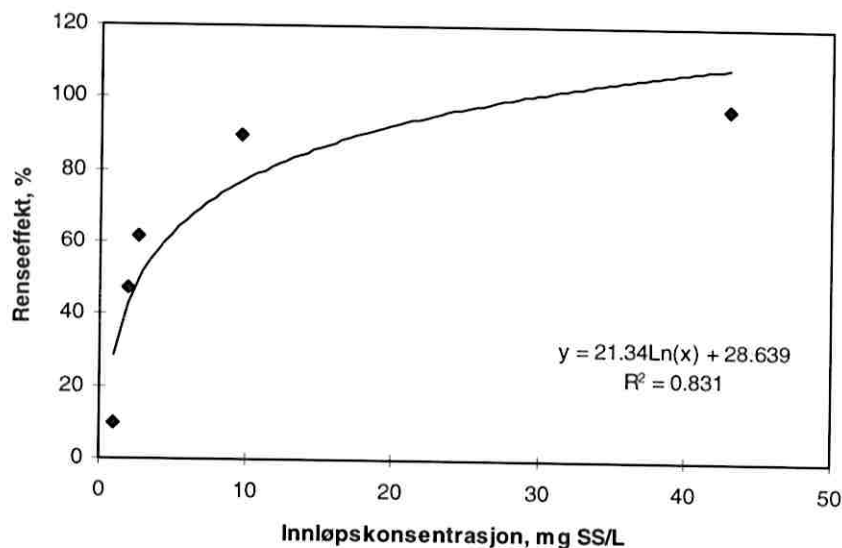


Figur 2. Middelskonsentrasjoner før - etter avløpsvannets passasje gjennom Soby bandfilter og beregnede renseeffekter (symbol). Trovåg Laks 2. - 3. des. 1997.

Suspendert tørrstoff: konsentrasjoner under deteksjonsnivå mellom kl. 15 - 03 (< 0,8 mg/L)



Figur 3. Middelkonsentrasjoner før - etter avløpsvannets passasje gjennom Sobye bandfilter og beregnede renses effekter (symbol). Trovåg Laks 12. - 13. mai 1998.



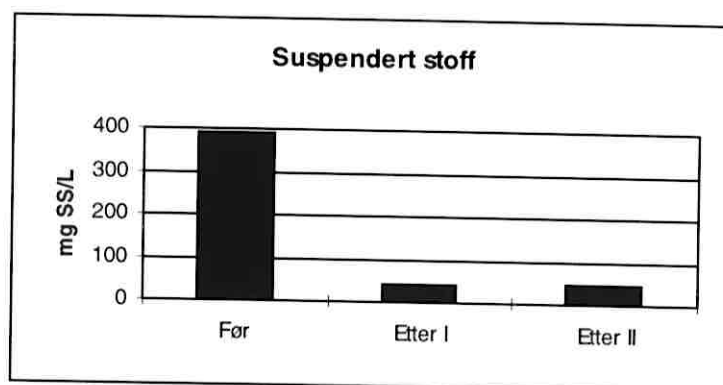
Figur 4. Renseeffekt for suspenderte partikler (S-TS) ved varierende innløpskonsentrasjoner. Sobyte bandfilter med 100  $\mu\text{m}$  lysåpning, Trovåg Laks 12. - 13. mai 1998.

### 3.2 Avvanning av slam

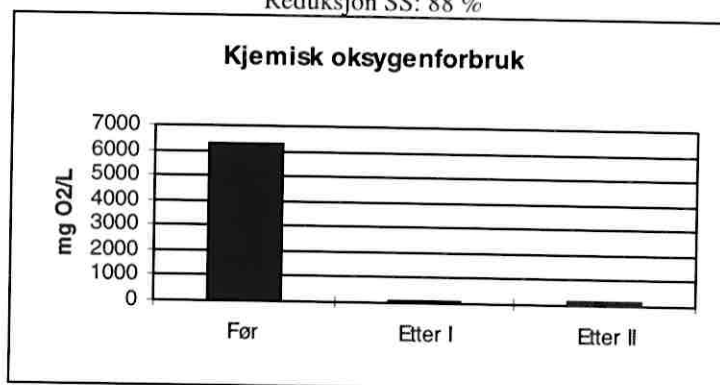
Resultatet av testen i mai er framstilt i Figur 5. Det framgår at ca. 90 % av partikkelmengden i spylevannet ble holdt tilbake på Buesil. I prosessen ble tørrstoffinnholdet økt 640 -1075 ganger fra 0,39 g S-TS/L i inngående spylevann til 248 - 419 g T-TS/kg råslam. Mao. gikk ca. 10 % av partiklene "tapt" i prosessen, men partikkeltapet i avvanningen kan reduseres noe ved å føre rensed spylevann tilbake til ny passasje gjennom Bandsil. For de øvrige parametrene, KOF, TN og TP, var reduksjonen gjennom Buesil gjennomgående bedre (88 - 91 %) enn for partiklene. Imidlertid må analysene her vurderes kritisk da konsentrasjonsnivåene virker svært høye sammenlignet med spylevannets innhold av partikler. En medvirkende årsak er trolig problemene med representative uttak i laboratoriet fra prøveflasker med høyt partikkelinnhold selv om homogenisering av prøvene ble gjennomført.

Samtlige testresultater fra avvanning av spylevann (desember, mai) er presentert under Vedlegg.

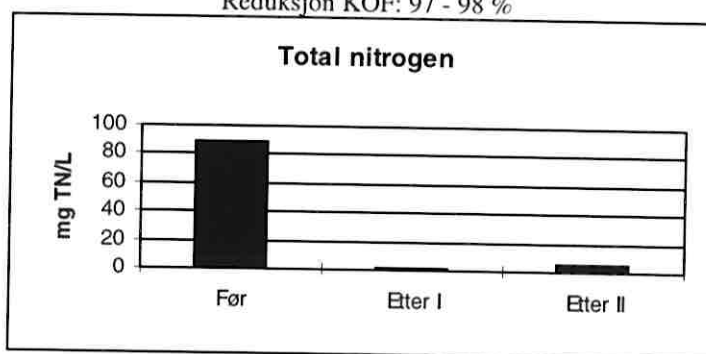
De oppnådde resultatene med oppkonsentrering av spylevann her (Fig. 5), ca. 90 % mht. partikler, tilsvarer effekten målt i sedimenteringstank der oppholdstiden er ca. 1 time, og innløpskonsentrasjonen er min. 0,5 g S-TS/L (Bergheim *et al.* 1996). Imidlertid kan de presenterte resultatene her være preget av det periodevis høye innholdet av fôrpellets (mai).



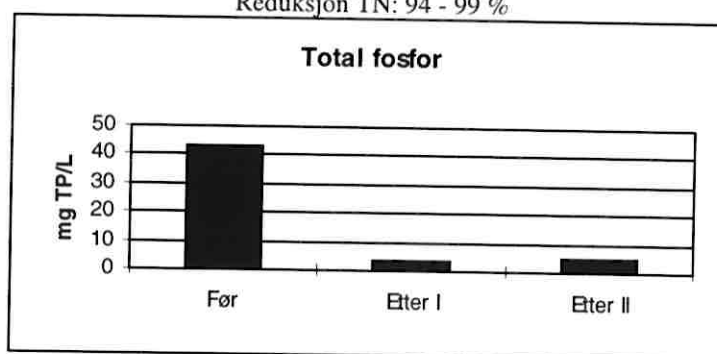
Reduksjon SS: 88 %



Reduksjon KOF: 97 - 98 %



Reduksjon TN: 94 - 99 %



Reduksjon TP: 88 - 91 %

Figur 5. Buesil med lysåpning 200  $\mu$ m benyttet for avvanning av spylevann 13. mai 1998. Konsentrasjoner før (én prøve) og etter (to prøver) vannets passasje gjennom silen. Slam: 24,8 - 41,9 % tørrstoff.



### 3.3 Slam

Tidligere erfaringer viser at 150 - 250 g ulesket kalk (CaO) pr. kg slamtørstoff må tilsettes for å oppnå et lagringsstabil slam (pH min. 12,0) der patogene bakterier og virus er totalt inaktivert (NIVA). I testen ved Trovåg Laks 12 - 13. mai ble tilsatt 2 kg kalk pr. 50 L slam der vi forutsatte at slammet holdt et tørrstoffinnhold på ca. 20 % (ca. 200 g CaO/L). Imidlertid var tørrstoffinnholdet uventet høyt, gjennomsnittlig 33 - 34 %, som da medførte at kalktilsettingen kun tilsvarte ca. 125 g CaO/L. Selv om pH i slammet holdt 11,95 (Tab. 2) rett etter kalktilsetting, oppsto store luktproblemer ved spredning i juli. Mao. ble ikke slammet fullstendig stabilisert. Kalken ble i testen tilsatt og blandet manuelt, og med slammets høye tørrstoffinnhold var det vanskelig å oppnå god innblanding. Dette kommer til uttrykk i Tabell 3 der målt kalsiuminnhold (Ca) tilsvarte innholdet i ikke-kalktilsatt slam.

Generelt var det oppsamlede slammet preget av relativt høyt fôrspill (Tab. 3). Slammets innhold av nitrogen (KN) og fosfor (TP) var i nærheten av sammensetningen i fôr. Særlig for tungmetaller var innholdet lavere enn analysert i slam fra andre anlegg under driftssituasjoner med mindre fôrspill. Sammensetningen av slammet er for øvrig omtalt i forbindelse med testen av slam som gjødsel (Kap. 4.2).

I løpet av det ene døgnet, 12 - 13. mai tilsvarte slamproduksjonen ca. 270 g slam-TS/kg tilført fôr, noe som tydet på et betydelig fôrspill. Ved god fôrutnyttelse er den oppsamlede mengden slam tilsvarende 50 - 100 g slam-TS/kg fôr (Bergheim, 1997).

Tabell 3. Analyser av slamprøve fra Trovåg Laks 12. mai 1998 sammenlignet med slamprøver fra 6 ulike norske fiskeoppdrettsanlegg (Bergheim *et al.* 1996).

Parameter	Enhet	Trovåg Laks	6 ulike anlegg
pH		11,95	4,9 - 12,6
Totalt tørrstoff (T-TS)	% av våtvekt	34,2	7,1 - 31,4
Totalt uorganisk tørrstoff (T-GR)	% av Totalt tørrstoff	23,0	15,7 - 51,0
Totalt organisk stoff*	"	77,0	51,0 - 84,3
Kjeldahl nitrogen (KN)	"	6,97	3,2 - 8,6
Total fosfor (TP)	"	1,30	1,36 - 4,26
Kalium (K)	"	0,51	0,03 - 0,55
Kalsium (Ca)	"	2,31	2,8 - 17,5
Magnesium (Mg)	"	0,17	0,06 - 2,0
Tungmetaller (sporstoffer):			
Kopper (Cu)	mg/kg Total tørrstoff	9,1	24 - 204
Sink (Zn)	"	130	400 - 770
Kadmium (Cd)	"	0,18	0,19 - 2,2
Kvikksølv (Hg)	"	0,07	< 0,03
Bly (Pb)	"	0,76	0,63 - 2,5
Nikkel (Ni)	"	2,5	0,5 - 19
Krom (Cr)	"	0,67	2,6 - 29

## 4. SLAM SOM GJØDSEL TIL ENG

Av Kamilla Bakkevig

### 4.1 Bakgrunn

Etter førespurnad frå Trovåg Laks la Etne, Ølen og Vindafjord forsøksring ut eit forsøksfelt for utprøving av kalkstabilisert slam frå smoltanlegg sommaren 1998. Føremålet med forsøket var å sjå på gjødslingseffekten av ulike mengder slam og samanlikna med ledd utan gjødsel. Forsøket vart utført av Lars Ketil Flesland, Torbjørn Ruud og Kamilla Bakkevig (ringleiarar i forsøksringen).

Forsøksvertar: Inger og Reidar Bjordal frå Svendsbø i Ølen kommune.

### 4.2 Kjemiske analysar

Rogalandsforskning v/ Asbjørn Bergheim tok ut prøvar av slammet 12. - 13. mai 1998. Desse vart analyserte på Miljølaboratoriet, Rogalandsforskning. Analysane i tabellen (Tab. 3) viser at tørrstoffet i slammet frå Trovåg Laks har omlag same innhald som det ein finn i umelta fiskefôr (omlag 7 % N, 1,3 % P og 0,5 % K). Innhaldet av tungmetall er lågt samanlikna med grenseverdiane, kvalitetsklasse I. Når slammet inneheld større mengd melta fôr, viser tidlegare analysar at særleg innhaldet av sink (Zn) og delvis kadmium(Cd) kan overstiga grenseverdiane (Bergheim, pers. medd.). Sink er eit mikronæringsemne som plantene treng i moderate mengder, medan kadmium ikkje er ynskjeleg i det heile.

### 4.3 Forsøksplan

Forsøket hadde 4 ledd (tabell 2) med tre gjentak (Fig. 6).

Rutestorleik:  $2,50 \times 7,00 \text{ m} = 17,50 \text{ m}^2$

Hausterute:  $1,45 \times 5,55 \text{ m} = 8,05 \text{ m}^2$

Feltstorleik:  $10,0 \times 21,0 \text{ m} = 210 \text{ m}^2$

Det vart målt opp og avmerka ved hjelp av stenger og snorer.

Tilførsel av næringsstoff vart basert på analyseresultat frå Rogalandsforskning (Tab. 4) og Tabell 5 viser mengd pr. ledd uttrykt i kg nitrogen, fosfor og kalium pr. daa. Det vart ikkje teke analyse av ammonium- og nitratnitrogen, som lettlyselege nitrogensambindingar.

Tabell 4. Analyseresultat av slam produsert ved Trovåg Laks samanlikna med Landbruksdepartementets grenseverdier (av 11.09.96).

Parameter	Eining	Resultat	Grenseverdi, (Landbruksdept. 11.09.96)		
pH		11,95			
Total tørrstoff (T-TS)	g/kg	342			
Kjeldahl nitrogen	g/kg T-TS	69,7			
Fosfor	"	13,0			
Kalium	"	5,1			
Kalsium	"	23,1			
Magnesium	"	1,7			
Tungmetall:			Kvalitetsklasse		
			I	II	III
Jern	mg/kg T-TS	556			
Kopar	"	9,1	150	650	1000
Sink	"	130	400	800	1500
Kadmium	"	0,18	0,8	2	5
Nikkel	"	2,5	30	50	80
Krom	"	0,67	60	100	150
Bly	"	0,76	60	80	200
Kvikksølv	"	0,07	0,6	3	5

Tabell 5. Tilførsel av slam og næringsstoff til dei ulike ledda i forsøket.

Ledd	Handsaming/tilførsel slam	Tilførsel næringsstoff, kg/daa		
		N	P	K
A	Ugjødsla	0	0	0
B	86 kg ts = 251 kg slam pr. daa (4,4 kg slam pr. rute)	6,0	1,1	0,4
C	172 kg ts = 503 kg slam pr. daa (8,8 kg slam pr. rute)	12,0	2,2	0,9
D	258 kg ts = 754 kg slam pr. daa (13,2 kg slam pr. rute)	18,0	3,4	1,3

D	C	A	B
A	B	D	C
B	A	D	C

Figur 6. Feltkart som viser den tilfeldige fordelinga av ruter innan kvart ledd og tre gjentak.

#### 4.4 Forsøksarbeidet

Feltet vart lagt ut på etablert eng etter første slått. På husdyrbruk er fosfor-reservane i jorda ofte svært høge på gammal dyrka mark, og som ein ser ut frå Tabell 6 er dette tilfelle også på dette bruket. Både gjødsel- og jordforbetrings-effekt vert vanlegvis betre ved nedmolding (i åker), og særleg på nydyrka jord. Nydyrka jord har lågt innhald av fosfor, og det er difor mest tilrådeleg fagleg sett å bruka slik gjødsel her.

Tabell 6. Jordprøvar tekne frå feltet 1996.

pH	P-Al	K-Al	Ca-Al	Mg-Al
5	27	7	48	5
lågt	svært høgt	middels	lite	middels

Etter gjødselplan er det gjødsla med 4 tonn grise-gjødsel (2,5 t vår og 1,5 t sommar), 47 kg NK 19-16 (vår) og 32 kg fullgjødsel 22-2-12 (sommar). Det er ikkje kalka etter at jordprøven vart teken ut, og pH på dette feltet er lågare enn kva ein reknar som tilrådeleg på mineraljord (5,5 - 6,5). Ved låg pH kan næringsemna verta mindre tilgjengelege pga binding i jorda.

Slammet vart spreidd etter 1. slått., 24.juni. Vêret var ikkje ideelt under spreinga: sol, svak vind og høg temperatur (omlag 20°C), gjer faren for tap av nitrogen større enn ved ideelle tilhøve (overskyt, kaldt og stilt). Ein får generelt dårlegare utnytting av næringsstoffa under dårlege spreietilhøve.

Slammet vart frakta til forsøksfeltet i tank. Det skulle vera stabilisert ved tilsetning av kalk i midten av mai, men lukta frå slammet under spreininga tydde på at slammet ikkje vart fullstendig stabilisert. (sjå Kap. 3.3). Slammet hadde høgt tørrstoffinnhald (Tab. 4), og for å få jamnast mogleg spreining vart det tilsett vatn i tilhøvet: Slam : vatn, 1:1. Det vart fylt i bøtter, voge, tilsett vatn og spreidd ut på smårutene med ausekar. Som gjødsling etter 1. slått er det vanleg å bruka rein nitrogen-gjødsel og det er difor ikkje brukt anna gjødsel i tillegg. Normalt gjødslingsnivå er omlag 10 kg N pr. daa

#### 4.5 Resultat og diskusjon

Feltet vart hausta 24. august. Graset var kome langt i utvikling; timoteien var i full bløming. Det vart registrert nokså mykje legde på feltet, særleg på rutene som vart tilført slam. Ein god del gulning/vissent gras i rota vart òg registrert. Ein kunne elles sjå tydeleg kva ruter som hadde fått tilført slam og ikkje.

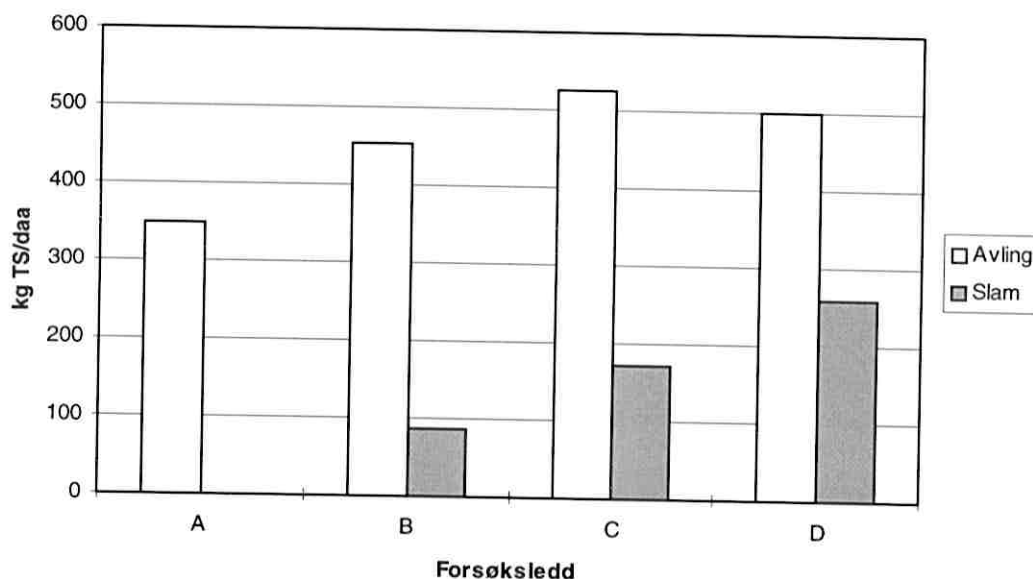
Utfrå rutestorleik, råvekt pr. rute og tørrstoffprosent er tørrstoffavlinga pr. daa rekna ut. Figur 7 viser gjennomsnittsavlinga for dei tre rutene innan kvart ledd. Noko overraskande kjem det ugjødsla leddet godt ut. Dette har truleg samanheng med at feltet ligg gammal eng, samt etterverknad av husdyrgjødsel brukt i vår og tidlegare år. Det same vart registrert i eit liknande forsøk (bygg hausta som heilsæd ved gulmodningsstadiet) i Ytre Midthordland forsøksring (Bergheim *et al.* 1996; utført av L. Nygaard Austrheim). Haugaland forsøksring har òg hatt tilsvarende forsøk, men då på nydyrka jord (Fludal, 1997). Her var det tydeleg lågare avling på ugjødsla ledd, men ikkje statistisk sikker skilnad i høve til slamruter. Dette kan truleg forklarast med stor variasjon innanfor rutene i ledda.

Elles viser Figur 7 at avlinga auka med slammengder opp til 172 kg slamtørrstoff pr. daa. Ved største mengd slam (258 kg TS pr. daa) har avlinga gått litt ned. Det er likevel verd å nemna at det var relativt store variasjonar mellom rutene i ledda. Dette kan ha samanheng med at ei gammal eng ofte er ujamn med tanke på plantesetnad.

Forsøket i Ytre Midthordland forsøksring viste avlingsnedgang ved aukande mengder slam (Bergheim *et al.* 1996), medan forsøket i Haugaland forsøksring vist aukande avling med aukande slammengder (Fludal, 1997). Det siste kan ha samanheng med at feltet låg på nydyrka jord, og at det såleis kan ha gjort seg betre nytte av næringsstoffa i slammet.

Samstundes med slått av feltet vart det teke ut grasprøve frå kvar rute. Det vart sendt inn prøve frå kvart ledd, og resultatata er framstilt Tabell 7.

### Slamtilførsle - avlingsutbytte



Figur 7. Tørrstoffavling i kg/daa på kvart av dei fire ledda som var med i vekstforsøket.

Tabell 7. Fôranalyser, leddvis.

Ledd	FEm/kg ts	PBV g/kg ts	Protein % av ts	P % av ts	K % av ts	Ca % av ts	Mg % av ts	S % av ts
A	0,80	- 64	8,1	0,16	1,30	0,33	0,19	0,13
B	0,79	- 42	10,1	0,21	1,51	0,37	0,19	0,15
C	0,82	- 22	11,8	0,21	1,64	0,44	0,20	0,16
D	0,83	7	14,4	0,24	1,71	0,41	0,19	0,19
Normalt innhald av næringsstoff:				0,3 - 0,5	2,0 - 3,5	0,6 - 1,2	0,15 - 0,5	> 2,2

Analysane ber preg av at graset vart hausta relativt seint, og dette kan ein særleg sjå på FEm (fôreiningskonsentrasjon) og PBV (proteinbalansen i vomma). FEm er låg til middels og PBV er svært låg til middels. Aukande tilførsle av nitrogen har gjeve tydeleg auke i PBV, men PBV på 7 g/kg ts er likevel lågt til å vera gras frå 2. slått. Innhaldet av næringsstoff elles er lågt i høve til kva ein reknar som normalt i gras, men liknande resultat har ein frå grasprøvar tekne i Etne, Ølen og Vindafjord forsøksring over fleire år. At fosforinnhaldet har auka med større mengder slam, er ikkje unaturleg med tanke på det høge fosforinnhaldet i slammet. Meir overraskande er det at innhaldet av kalium i graset har auka såpass mykje, då innhaldet av dette næringsstoffet i slammet er lågt. Med utgangspunkt i avling og innhald av kalium i graset, finn ein at plantene

tok opp meir kalium enn det vart tilført i slammet. Plantene tek opp nitrogen i form av nitrat, som er negativt ladd ( $\text{NO}_3^-$ ). Opptaket av nitrat kan såleis ha “drege med” seg kalium ( $\text{K}^+$ ) lagra i jorda (Å. Håland, pers. medd.).

#### 4.6 Praktisk bruk

Vanleg gjødslingspraksis i dag ligg på omlag 25 kg N, 3 kg P og 18 kg K pr. daa, og er tett opp til optimal gjødsling for eng. Sterk auke i gjødslinga ut over dette, gir difor ikkje tilsvarende sterk auke i avling. Ein kan difor ikkje forventa at slam i vanleg grasproduksjon skal gje særleg høgare avling enn desse ledda. Med bakgrunn i tala frå vårt forsøk kan det vera rett å tilrå ei slammengd på 5 - 600 kg vått slam pr. daa, men det er vanskeleg å koma med tilrådingar basert på denne eine gjødslinga. Ved bruk av slam med anna tørrstoff- og næringsinnhald, må ein sjølvstjort justera mengdene etter dette.

Mesteparten av nitrogenet i slammet er organisk bunde (Fludal, 1997), og må omdannast for å verta tilgjengeleg for plantene. Ved bruk av slam om våren vil det difor ofte vera ei føremon å tilføra noko lettløyselig N i mineralgjødsel i tillegg. Det låge kaliuminnhaldet i slammet tilseier at ein òg bør tilføra noko av dette for å sikra tilførsla gjennom vekstsesongen.

Bruk av slam er regulert av “Gjødselvarerforskrifta” med Statens Landbrukstilsyn som forvaltingsorgan. Slam kjem i same gruppe som kloakkslam, og det er avgrensingar kor mykje ein kan nytta på bruk pr. år ut frå innhald av tungmetall. Grensene har dei siste åra vorte endra i skjerpande retning. Slam i kvalitetsklasse I (Tabell 4) kan nyttast på jordbruksareal, private hagar og parkar med inntil 4 tonn tørrstoff pr. 10 år. Klasse II kan nyttast på same type areal med inntil 2 tonn tørrstoff pr. 10 år. Klasse III kan ikkje nyttast på areal der det vert dyrka mat eller fôr.

## 5. REFERANSER

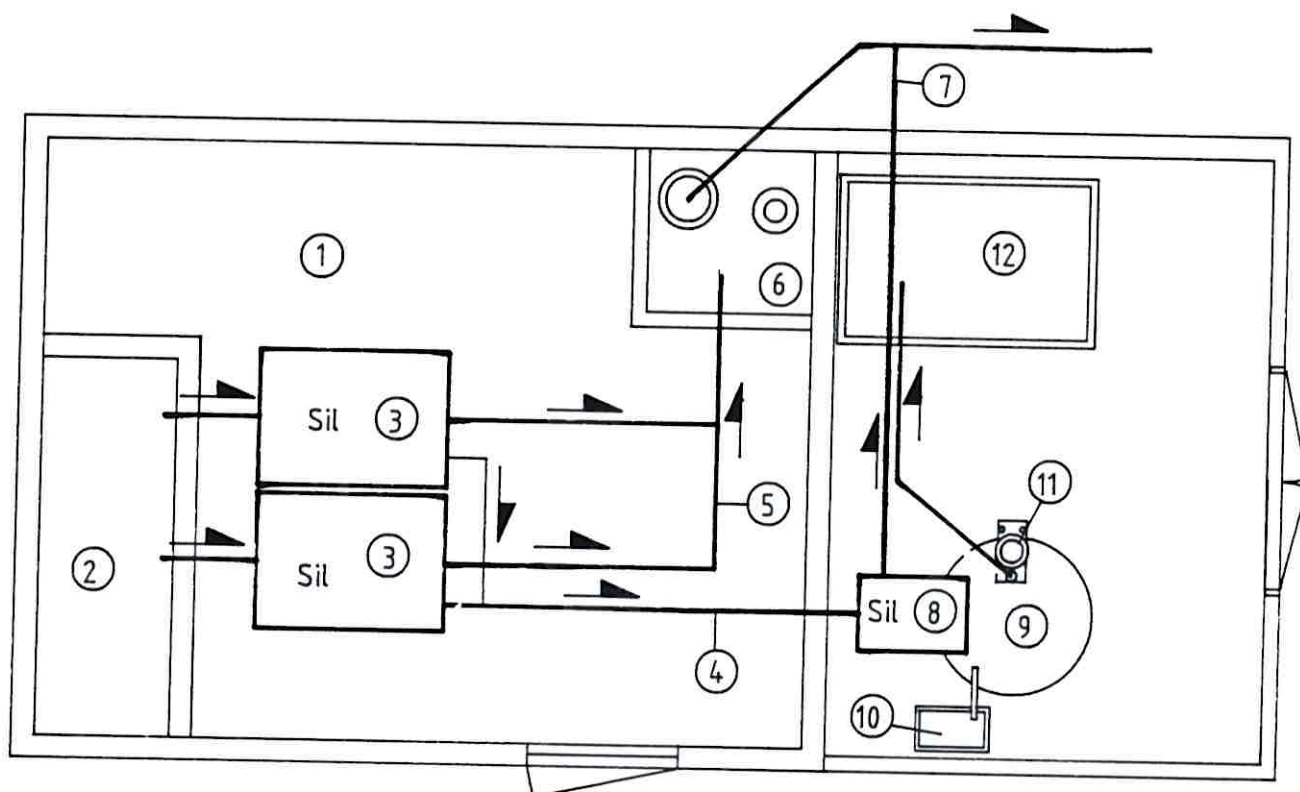
- Bergheim, A. 1997. Utslippstillatelse Stolt Sea Farm, Fjon. I. Rensedel. Rapport fra Rogalandforskning, RF-97/230. 20 s.
- Bergheim, A., Liltved, H., Cripps, S., Indrevik, G. & L. Nygaard Austrheim. 1996. Avvanning, stabilisering og utnyttelse av våtslam fra fiskeoppdrett. Rapport fra Rogalandforskning, RF-96/280. 49 s.
- Fludal, A. 1997. Slam fra fiskeoppdrett som gjødsel til etablert eng. Rapport Haugaland forsøksring.
- Kelly, L.A., Bergheim, A. & J. Stellwagen. 1997. Particle size distribution of wastes from freshwater fish farms. *Aquaculture International*, 5: 65 - 78.
- Nygaard Austrheim, L. 1996. Slam som gjødsel. I: A. Bergheim et al. Avvanning, stabilisering og utnyttelse av våtslam fra fiskeoppdrett, s. 35 - 47. Rapport fra Rogalandforskning, RF-96/280. 49 s.



## 6. VEDLEGG



## PRINSIPPSKISSE SOBYE RENSESTASJON.



- |   |                                     |
|---|-------------------------------------|
| 1. RENSESTASJON.                            | 7. RENSET SPYLEVANN.                |
| 2. INNLØPSKAMMER.                           | 8. SIL FOR RENSING AV SPYLEVANN.    |
| 3. SILBANDFILTER.                           | 9. SAMLEKUM FOR SLAM.               |
| 4. SLAM/SPYLEVANN.                          | 10. KALKDOSERING.                   |
| 5. RENSET AVLØP.                            | 11. OMRØRING/TRANSPORTPUMPE.        |
| 6. SAMLEKUM FOR GJENBRUK/<br>AVLØP TIL SJØ. | 12. CONTAINER FOR STABILISERT SLAM. |

Testing av effekten til provisorisk Sil (500 micron) ved Trovåg Laks 2 - 3 . desember 1997.

Prøveserier:

- 1) Prøvetaking 30 min (kl. 11 - 11:30) under fôring 2. desember
- 2) Prøvetaking 30 min (kl. 14 - 14:30) under fôring 2. desember
- 3) Prøvetaking 30 min (kl. 8:15 - 8:40) uten fôring 3. desember

Blandprøver, enkeltprøver pr. 5 min.

Prøve-serie	Prøvested	S-TS	T-TS	Prosesseffekt, % (Innløp - utløp)/innløp
		g/L	g/L	
1	Innløp Sil	0.440		91
	Utløp Sil	0.039		
	Slam på Sil		430	
2	Innløp Sil	0.382		75
	Utløp Sil	0.095		
3	Innløp Sil	0.161		

Testing av effekten til Sil (200 micron) ved Trovåg Laks 12 - 13. mai 1998.

Prøveserier:

- I) Prøvetaking etter Sil kl. 11 12. mai
- II) Prøvetaking etter Sil kl. 19 12. mai

Blandprøver, enkeltprøver pr. 5 min.

Parameter	Kons., mg/L			% reduksjon
	Før	Etter I	Etter II	
SS	390	44.000	45.000	89
KOF	6260	110.000	158.000	98
TN	89	0.840	5.400	96
TP	43	3.700	5.000	90