

# Mekanisk slam fra oppdrettsanlegg er bedre plantegjødning enn kunstgjødning

Av Rolv Kristiansen

Rolv Kristiansen er forskningsleder ved Nordlandsforskning, og 1. amanuensis ved Høgskolen i Bodø.

## Sammendrag

Det slippes daglig ut omlag 1 kg suspensert tørrstoff; 0,2 kg N og 0,003 kg P pr. tonn fisk som til enhver tid holdes i et moderne oppdrettsanlegg. Store deler av næringsstoffene finnes i løst form, men økonomisk vurdert er det kun aktuelt i dag å foreta mekanisk rensing av avløpsvannet. Partikkelfjerning som rensemetode, har derfor fått økt utbredelse for landbaserte fiskeoppdrettsanlegg av ulike slag. Dette medfører økte behov for kunnskaper og metoder om ivaretagning av denne typen mekanisk slam. Bruk av slammet som gjødningsstoff er et av alternativene. I vekstforsøk med bygg utført på friland er det funnet at en i praksis kan anbefale å bruke fiskeoppdrettslam som grunnjødsling i mengder på 0,5 tonn/daa, og forøvrig følge de generelle retninglinjer som nyttes for kloakkslam som gjødselmiddel. På nitrogenbasis var effekten av fiskegjødsel gunstigere enn bruk av til-

svarende mengder kunstgjødning. Uten at forsøk for å vise dette er utført, må det antas at langtidseffekter på næringstilstand og jordstruktur må antas å være sammenlignbar med husdyrgjødsel.

## Avløp og slam fra lukka oppdrettsanlegg

Det er en økende interesse for etablering av mindre anlegg for produksjon av matfisk av ørret, røye og ål i innlandet, gjerne i kombinasjon med landbruksdrift. Slike anlegg vil p.g.a lokaliseringen ved ømfintlige resipienter ventelig få strenge utslippskrav. Det finnes få systematiske målinger av totale utslippsmengder fra oppdrettsanlegg, mens det derimot finnes et stort antall målinger av næringsstoffkonsentrasjoner i utslipp. Mengdene vil i stor grad avhenge av art, fiskestørrelse, fôringsregimer og fôrtyper, fiskekarenes selvrensingsevne, styrtappingrutiner etc. Øyeblikksmålinger har derfor begren-

sa verdi som veiledende for utslippsmengdene. For utslippsberegninger nyttes derfor verdier utarbeid for landbasert lakse-oppdrett der følgende er retningsgivende for størrelsesorden (2):

*1 kg suspendert tørrstoff, 0,2 kg N og 0,03 kg P pr tonn fisk og dag.*

Det må imidlertid presiseres at det forekommer store lokale variasjoner fra disse verdiene. Introduksjonen av høg-energifôr der protein i en viss grad er bytta ut mot fett, og P fattig fôr, vil i stor grad påvirke disse utslippsmengdene i framtiden.

Det er allment akseptert at mekanisk fjerning av partikler er den overveiende og i de fleste tilfeller eneste aktuelle rensemetoden for avløpsvann fra ulike typer lukka oppdrettsanlegg. Fra fiskens respirasjon av fôrproteinets utskilles ammoniakalsk nitrogen ut over gjellene sammen med urea. Så mye som 80% av nitrogenet skilles ut i løst form, og vil dermed ikke oppfanges ved partikkelsamling.

Partikulært bundet N fra akvakulturanlegg finnes derfor kun i spillfor og fekalier. For fosfor vil hovedandelen som skilles ut, være bundet i fekaliepartikler samt i event. spillfor.

Summert kan en derfor selv ved effektiv partikkelfjerning oppnå kun 15-20 % fjerning av tilført nitrogen, mens tilsvarende tall for mer partikkelbundne forurensninger som organisk stoff og fosfor vil være i størrelsesorden 50-70 %.

Uansett metode en måtte velge for partikkelfjerning på avløpssiden av akvakulturanlegg (3), vil en stå igjen

med slam med tildels lavt tørrstoffinnhold (1-8%), som vil kreve volumreduerende tiltak før eventuell transport og endelig disponering.

En endelig disponering av oppdretts-slam vil i store trekk kunne følge de samme prosedyrer som for slam fra husholdningsavløp (7), med høg grad av sikkerhet for at det ikke vil inneholde skadelige stoffer som tensider, tungmetaller, humanpatogene organismer etc. Slam samla opp i svært korte perioder med eventuell antibiotikabehandling el. annen kjemikaliebehandling må styres utenom. Slammet vil derfor normalt kunne brukes direkte som jordforbedringsmiddel (gjødning) både i jord- og hagebruk, samt ved revegetering av vegetasjonsløse flater. En kjenner imidlertid ikke tilgjengeligheten av næringsstoffene av dette slammet hverken på kort el. lang sikt, og kan derfor ikke gi veiledning om bruken av det.

De eneste norske resultatene en har i denne forbindelse, er utført i laboratorieskala med slam oppsamla under et merdanlegg, dvs i sjøvann (6). Forøvrig finnes utenlandske data basert på oppdrett av andre arter, med andre fôr- og planteslag samt andre klimatiske forhold enn vanlig hos oss (8).

Et gjødslingsforsøk med formål å danne resultater som kan brukes i gjødselplanlegging der oppdrettslam nyttes på plante-produksjonsarealer er utført ved Statens forskningsstasjon, *Vågøyynes - Bodø*.

En nærmere beskrivelse av hele avløpsbehandlingen som ligger til grunn for produksjonen av det brukte slammet, er gitt annetsteds (1,5).

## Gjødslingsforsøk med oppdrettsslam

### Slamproduksjon og sammensetning

Slam ble produsert ved partikkelopp-samling via et UNIK dobbelfilter med porediameter 180  $\mu\text{m}$  med et etterfølgende 45  $\mu\text{m}$  filter. Spylevannet fra filtrene ble sedimentert der 10 l bunnslam ble tatt ut av sedimenteringskummen daglig, og tilført et 1\*1\*1 m sandfilter for etterfølgende tørking opp til 80 % TS. Slammet ble senere skrapet av filternes overflate, og frosset inn for bruk i gjødslingsforsøket. Slammet hadde en lagringstid på sandoverflatene på 1-3 mnd, og var derfor delvis mineralisert.

Det sammenslåtte slammet hadde følgende sammensetning: 80 % TS; videre

følgende verdier på tørstoffbasis : 58 % aske; 3,4 % Kjeldahl-N; 3,5 % råtreverler; 0,99 % P; 2,7 % Ca; 0,13 % K; 0,50 % Na; 0,115 %  $\text{NO}_3\text{-N}$ ; 0,79 %  $\text{NH}_4\text{-N}$ ; 0,32 % S; 0,19 % Cl; pH 7,0.

### Gjødslingsforsøk

Et gjødslingsforsøk med anleggstruter på 4,5  $\text{m}^2$  i 6 ledd (24 ruter hvorav 6 kantruter) ble anlagt på sandjord ved Statens forskningsstasjon, Vågøyne-Bodø. Som vekst ble brukt bygg (Bamse). Forsøket ble utført sommeren 1994. Næringsverdien av fiskegjødsla ble sammenligna med fullgjødsel 18-3-15.

Foruten et 0 ledd ble det gjødslet med slam tilsvarende 0,5; 1,0; 1,5 tonn pr. daa, samt henholdsvis 8 og 16 kg N i form av fullgjødsel. Antall gule blad i hver rute ble talt, og legde ble anslått

**Tabell 1. Byggavling**

	Tørstoff kg	Nitrogen (kg)	Legde	Gule blad	In vitro ford.
Ugjødsla	256	4	0	2	70
0,5 t slam	492	8	0	4	64
1,0 t slam	545	11	48	3	66
1,5 t slam	649	14	52	7	64
8 kg N	417	7	0	3	70
16 kg N	498	11	45	3	71

**Tabell 2. Mengder næringsstoffer i 0,5 t fiskeoppdretts-slam sammenligna med omtrent samme mengde kunstgjødning sett på N basis ( kg/daa)**

Gjødning	Tot-N	$\text{NO}_3\text{-N}$	$\text{NH}_4\text{-N}$	P	Ca	K	Na	S	Cl
18-3-15	16	7,6	8,4	2,4	1,2	13	--	2,5	9,8
0,5 t fiskeslam	14	0,5	3,3	4,1	11	0,6	2,1	1,3	0,8

**Tabell 3. Kjemisk innhold i avlinga**

	% TS	Aske	Protein	% av P	tørrstoff Mg	(TS) Ca	K	Na	mg / 100 gTS NO <sub>3</sub> -N	Cl
Ugjødsla	19	7,1	10	0,35	0,14	0,39	2,3	0,28	30	290
0,5 t slam	20	6,5	10	0,29	0,12	0,37	2,0	0,44	40	490
1,0 t slam	18	8,1	12	0,30	0,14	0,52	2,0	0,60	130	590
1,5 t slam	18	7,7	14	0,29	0,15	0,50	1,8	0,68	280	530
8 kg N	20	6,7	11	0,27	0,13	0,43	2,1	0,30	100	460
16 kg N	17	8,5	14	0,29	0,14	0,57	2,3	0,47	310	670

som % av rutearealet. Fordøyeligheten av plantematerialet ble bestemt in vitro vha vomsaft.

### Resultater og anbefalinger

Avlingsstørrelse og kjemisk innhold i avlinga er vist i tabell 1 og 3.

Det følger av tabell 1 at økende mengder slam har gitt økende tørrstoffavling, der ca. 0,5 tonn slam/daa med et TS innhold på 80 % har gitt samme avling som høgste N gjødsling med kunstgjødsel (16 kg N/daa). Med et Kjeldahl-N innhold på 3,4 % av TS slam vil slammets tilsvarende nitrogen-tilførsel være ca. 14 kg/daa. Selv den kortsiktige "nitrogenerffekten" av slammet er derfor høgere enn ved bruk av kunstgjødsning. Årsaken må antas å være slammets øvrige vekstfremmende egenskaper som innhold av andre makro- og mikronæringsstoffer samt jordstrukturforbedrende egenskaper.

Tabell 2 gir en sammenlignende oversikt over næringsstofftilførselen ved gjødsling med 0,4 tonn slam-tørrstoff fra oppdrettsanlegget og 16 kg N gitt som 18-3-15 fullgjødsning (dvs 90 kg/daa). Av tabellen følger at av analyserte næringsstoffer så er forskjellen i slammets favør først og fremst med hensyn til større fosfor- og kalsiummengder.

Det var en tilnærma lineær effekt av økende nitrogenmengder på N innholdet i avlinga både når det gjelder N gitt via fullgjødsel og via slam (tabell 3). Forholdet mellom meravlinga av nitrogen utover 0 leddet og tilført mengde nitrogen, viste at tilgjengeligheten av slam N har vært noe lavere enn for kunstgjødsel N (henholdsvis 0,2 og 0,4).

Dette skyldes at nitrogenet i oppdretts-  
slammet i stor grad er organisk bundet  
(tabell 2). Av den grunn var nitratinn-  
holdet i bygg atskillig lavere ved slam-  
gjødsling enn ved tilsvarende gjødsl-  
styrke gitt som kunstgjødsl. Wester-  
man et. al (8) anser en N tilgjengelighet  
på 20% for aerobt inkubert slam fra  
regnbueørret som retningsgivende. Det  
er ingen grunn til å anta at deres fôr  
hadde betydelige avvik fra laks- og  
ørretfôr som nyttes her i landet. En  
tilgjengelighet på ca 20% kan derfor  
nyttes som retningsgivende for nitro-  
gen ved fremtidig gjødslplanlegging  
ved bruk av fiskegjødsl.

Det følger av tabell 1 og 3 at vi har  
oppnådd en økende avling ved stigende  
slamtilførsel både med hensyn til tør-  
stoffmengder og proteinmengder. Nitr-  
at-, natrium- og kloridinnholdet i av-  
linga økte tilsvarende, men uten å nå  
skadelige grenser. For avlingas fosfor-  
innhold, samt Mg/K innholdet og totalt  
mineralinnhold målt som aske, var det  
ikke påvisbare effekter av økende gjød-  
selmengder. Det forholdsvis høge kalsi-  
uminnholdet i slammet (tabell 2) gav  
seg noe utslag i økt kalsiuminnhold i  
avlinga med økende gjødslstyrke, fra  
0,5 t/daa til 1-1,5 t. Det ble ikke funnet  
forskjeller i kalsiuminnhold ved øk-  
ning fra 1 til 1,5 t fiskeslam. Økt kalsi-  
uminnhold i avlinga ble også påvist ved  
dobling av kunstgjødningstyrken. In  
vitro fordøyeligheten av avlinga var  
ikke påvisbar forskjellig for de ulike  
leddene, det samme gjelder antallet  
observerte gule blad, muligens med  
unntak av høyeste slammengde der an-  
tallet var noe høyere enn for de andre

leddene (tabell 1). Høyeste slam- og  
kunstgjødsl-mengder gav legde i nes-  
ten halvparten av de aktuelle forsøksru-  
tene.

Utfra karforsøk der både faren for  
fosforutvasking, negative effekter av  
bor, natrium og klor er tatt hensyn til,  
anbefaler Myhr (5) at det ikke nyttes  
større mengder enn 1 tonn TS fiskeslam  
/daa med 5-10 års mellomrom. I dette  
forsøket som er gjort på friland, er nytta  
et slam som er vaska med ferskvann  
noe som alltid vil være aktuelt i potensi-  
elle anlegg etablert i innlandet. Ut-  
vasking er ikke målt, mens jordtypene i  
begge tilfeller var siltig sand.

Det var stigende avling ved økende  
fiskegjødslstyrke, mens legde ble et  
klart økende problem. Videre forsøk  
bør gjøres flerårige og med engvekster,  
der langtidseffektene av gjødsla under-  
søkes nærmere.

Inntil videre vil en årlig grunnjød-  
sling med 0,5 tonn /daa fiskegjødsl kun-  
ne nyttes i praksis. For planlegging av  
en lengre gjødslingsstrategi inntil be-  
dre data finnes, tyder tilgjengeligheten  
av nitrogen på, at en ved bruk av meka-  
nisk oppsamla slam fra oppdrettsan-  
legg kan nytte de generelle retningslin-  
jer som er beskrevet av Egeberg (4), der  
valg av vekster, lokale jord-, og klima-  
forhold vil måtte føre til nødvendige  
tilpasninger.

## Referanser

1. Alanära, A., A. Bergheim, S.J. Cripps,  
R. Eliassen & R. Kristiansen. 1994. An  
integrated approach to aquaculture  
wastewater management. Extended  
abstract. J. Appl. Ichthyol. 10: 389.

2. Bergheim, A., R. Kristiansen & L.Kelly. Treatment and utilization of sludge from landbased farms for salmon. I : Techniques for Modern Aquaculture. Proceedings of an Aquacultural Engineering Conference 21-23 June 1993. Spokane, Washington, s. 486-495.
3. Cripps, S. 1994. Minimizing outputs: treatment. J. Appl. Ichthyol. 10: 284-294.
4. Egeberg, E. 1993. Kloakkslam som gjødselmiddel til jordbruksvekster. I: Rensing av avløpsvann-Bruk av slam. Statens fagtjeneste for landbruket. FAGINFO nr. 24, s. 72-77.
5. Kristiansen, R., & S. Cripps. 1996. Soil renovation of salmon farm sludge effluents. J Environ. Qual. 25: no. 3, 1996.
6. Myhr, K. 1989. Fiskeslam som gjødsel til grønnsåttbygging. Norsk Landbruksforskning, 3: 71-78.
7. Sosial og helsedepartementet og Miljøverndepartementet. 1995. Forskrift om avløpsslam av 2. jan. 1995 nr.5.
8. Westerman, P. W., J.M. Hinshaw & J. C. Barker. 1993. Trout Manure Characterization and Nitrogen Mineralization Rate. I : Techniques for Modern Aquaculture. Proceedings of an Aquacultural Engineering Conference 21-23 June 1993. Spokane, Washington, s. 35-43.