



NIBIO

NORSK INSTITUTT FOR
BIOØKONOMI

Fiskeslam som nitrogengjødsel

Effekt av ulike behandlingsteknologier

NIBIO RAPPORT | VOL. 2 | NR. 118 | 2016



Eva Brod, Trond Knapp Haraldsen, Tore Krogstad*
NIBIO miljø og naturressurser, Ås, *NMBU, Ås

TITTEL/TITLE

Fiskeslam som nitrogen gjødsel. Effekt av ulike behandlingsteknologier

FORFATTER(E)/AUTHOR(S)

Eva Brod, Trond Knapp Haraldsen og Tore Krogstad

DATO/DATE:	RAPPORT NR./ REPORT NO.:	TILGJENGELIGHET/AVAILABILITY:	PROSJEKTNR./PROJECT NO.:	SAKSNR./ARCHIVE NO.:
01.11.2016	2/118/2016	Åpen	20249.21	2016/1952
ISBN:		ISSN:	ANTALL SIDER/ NO. OF PAGES:	ANTALL VEDLEGG/ NO. OF APPENDICES:
978-82-17-01718-9		2464-1162	19	

OPPDRAKSGIVER/EMPLOYER:

Smøla settefisk og klekkeri AS

KONTAKTPERSON/CONTACT PERSON:

Per Gunnar Kvenseth og Svein Martinsen

STIKKORD/KEYWORDS:

Fiskeslam, settefiskanlegg, gjødsel, nitrogen

Fish sludge, hatchery, fertiliser, nitrogen

FAGOMRÅDE/FIELD OF WORK:

Bioressurser og miljøteknologi

Bio resources and environmental technology

SAMMENDRAG/SUMMARY:

I denne rapporten legges det fram resultater fra et potte- og et inkuberingsforsøk med ulike fiskeslam varianter (ubehandlet fiskeslam, 4 biorest av fiskeslam og husdyrgjødsel, 2 tørre fiskeslam produkter). Gjødseffekten til biorest tilsvarte andelen mineralsk nitrogen tilført med gjødselen, som økte med andelen fiskeslam i prosessen. Tørre fiskeslam produkter viste god nitrogen gjødsel effekt, og organisk nitrogen i tørre fiskeslam produkter mineraliserte raskt.

This report presents first results of a pot- and incubation experiment with various fish sludge products (untreated sludge, 4 anaerobic digestates based on fish sludge and dairy manure, 2 dry fish sludge products). The fertilisation effect of digestate was equivalent to the fraction of mineral nitrogen applied with the fertiliser, which increased with increasing amounts of fish sludge in the process. Dried products had good fertilisation effects, and organic nitrogen mineralised fast.

LAND/COUNTRY:

Norge

FYLKE/COUNTY:

KOMMUNE/MUNICIPALITY:

STED/LOKALITET:



NIBIO

NORSK INSTITUTT FOR
BIOØKONOMI

GODKJENT / APPROVED



TORMOD BRISEID

PROSJEKTLEDER / PROJECT LEADER



TROND KNAPP HARALDSEN



NIBIO
NORSK INSTITUTT FOR
BIOØKONOMI

Forord

Fiskeslam fra settefiskanlegg kan føre til lokal forurensing, men er en verdifull ressurs som inneholder både energi og essensielle plantenæringsstoffer som nitrogen (N) og fosfor (P). Nye settefiskanlegg og eksisterende anlegg som ønsker å utvide kapasitet, møter krav om rensing fra Miljødirektoratet. Smøla Klekkeri og Settefiskanlegg AS startet derfor prosjektet «Fiskeslam som ressurs for bioenergi og plantevekst (SLAM-BEP)» i 2013 med støtte fra Regionalt Forskningsfond i Midt-Norge. Målet med prosjektet har vært å undersøke om fiskeslam fra settefiskanlegg kan utnyttes ved å gjenvinne energi og næringsstoffer som finnes i slammet. Prosjektet har vært delt inn i 5 arbeidspakker (AP): AP1 har sett på oppsamling og karakterisering av slamvolum og slamfraksjoner, AP2 har sett på metoder for å redusere vanninnholdet i slammet, AP3 har sett på potensialet til å anaerob behandling av ferskt og behandlet fiskeslam til biogassproduksjon, AP4 har utprøvd ferskt og bearbeidet slam og biorest med fiskeslam som gjødsel, og AP5 har sett på økonomiske og logistiske aspekter ved ulike alternative metoder for slambehandling.

I denne rapporten presenterer vi noen resultater fra AP4. Arbeidet i AP4 kom seinere i gang enn planlagt på grunn av utfordringer med å produsere biorest av fiskeslam (AP3) som skulle testes som gjødsel i AP4. Det ble gjennomført to pottforsøk:

- Mål med pottforsøk 1 (og inkuberingsforsøk): Klarlegge effekten av ulike behandlingsteknologier på fiskeslam som nitrogengjødsel
- Mål med pottforsøk 2: Utvikling av alternativ NPK gjødsel basert på N- og P-rikt organisk avfall (som fiskeslam) i kombinasjon med K-rik treaske.

Denne rapporten presenterer første resultater fra pottforsøk 1 som ble høstet sommeren 2016. Det foreligger avlingstall mens plante- og jordprøver ikke har blitt analysert enda. I tillegg presenterer vi resultater fra et inkuberingsforsøk. Pottforsøk 2 ble høstet høsten 2016 men avlingen har ikke blitt målt og plante- og jordprøvene har ikke blitt analysert enda. Forsøkene har vært gjennomført med finansieringsbidrag fra WP 1.4 i CenBio, Bioenergy Innovation Centre.

Ås, 01.11.16

Tormod Briseid

Innhold

1 Innledning.....	6
2 Praktisk gjennomføring av forsøket	7
2.1 Fiskeslam og organiske avfallsprodukter.....	7
2.2 Jord.....	9
2.3 Potteforsøk.....	10
2.4 Inkuberingsforsøk.....	10
3 Resultater	11
3.1 Fiskeslam	11
3.2 Potteforsøk.....	11
3.3 Inkuberingsforsøk.....	13
4 Diskusjon.....	15
5 Konklusjoner.....	16
6 Litteratur.....	17

1 Innledning

I denne rapporten legges det fram første resultater av et pottforsøk og et inkuberingsforsøk som ble gjennomført for å undersøke effekten av ulike behandlingsteknologier på N-gjødseffekten til fiskeslam. For at fiskeslam skal kunne brukes som gjødsel må tilgjengeligheten av næringsstoffene være forutsigbar og helst tilnærmet like god som tilgjengeligheten av næringsstoffene i mineralgjødsel. Tidligere forsøk har vist god gjødslingseffekt av pulver fra Global Enviro metoden så vel som ferskt fiskeslam (Brod m.fl. 2012; Forprosjekt), mens gjødseffekten til råtnerest av fiskeslam ikke har blitt undersøkt før i dette prosjektet. Nitrogen er det næringsstoffet som oftest er begrensende for planteveksten. Planter kan ta opp N bare som mineralisert N (ammonium-N eller nitrat-N). I ubehandlet fiskeslam foreligger N hovedsakelig i organisk form. For at plantene skal kunne utnytte fiskeslam gjødsel må N omdannes til ammonium-N eller nitrat-N gjennom behandlingen, eller raskt mineralisere i jorden. Nitrogengjødseffekten til ulike fiskeslamprodukter ble sammenlignet med andre N-rike avfallsprodukter med kjent gjødseffekt.

2 Praktisk gjennomføring av forsøket

2.1 Fiskeslam og organiske avfallsprodukter

Vi hadde med følgende varianter av fiskeslam, alle fra gjennomstrømningsanlegg:

- Flytende, ubehandlet fiskeslam fra settefiskanlegget til Marine Harvest på Haukå
- Biorest av fiskeslam fra settefiskanlegget til Marine Harvest på Haukå (20 volum%) og husdyrgjødsel fra NIBIO Tingvoll (80 volum%); to typer fra forsøk i AP 3: Biorest 1 (20/80), Biorest 2 (20/80)
- Biorest av fiskeslam fra settefiskanlegget til Marine Harvest på Haukå (40 volum%) og husdyrgjødsel fra NIBIO Tingvoll (60 volum%); to typer fra forsøk i AP 3: Biorest 3 (40/60), Biorest 4 (40/60)
- Fiskeslam fra Sævareid Fiskeanlegg behandlet med Global Enviro metoden, pelletert ved Paper and Fibre Research Institute (PFI)
- Fiskeslam fra Flatanger settefiskanlegg behandlet med Sterner AquaTech metoden.

Tabell 1 viser kjemiske egenskaper til alle fiskeslamvarianter som ble brukt i forsøket. Øvrige ledd med organiske avfallsmaterialer var pelletert kjøttbeinmel (Norsk Protein, Mosvik), pelletert matavfall fra Scandic Sunnfjord hotel, Førde, behandlet med Global Enviro metoden, pelletert treforedlingslam (Norske skog, Skogn), husdyrgjødsel fra NIBIO Tingvoll og hønsegjødsel Marihøne. Tabell 2 viser kjemiske egenskaper til organiske avfallsmaterialer brukt i forsøket.

Tabell 1. Kjemiske egenskap til alle fiskeslam varianter som var med i forsøket. TS = tørrstoff, OM = organisk materiale, Nmin = mineralisk nitrogen. 0, I, II, III indikerer kvalitetsklasser i henhold til Forskrift om gjødselvarer mv. av organisk opphav.

		Flytende fiskeslam	Biorest 1 (20/80)	Biorest 2 (20/80)	Biorest 3 (40/60)	Biorest 4 (40/60)	Fiske-slam Global Enviro	Fiske-slam Sterner AquaTech
TS	g 100g ⁻¹	13	3.8	3.7	3.9	4.9	100	95.2
OM	g 100g ⁻¹ TS	79	67	68	62	65		88
pH		5.8	8.4	8.4	8.4	8.3		5.5
N	g kg ⁻¹ TS	82	220	190	87	130	74.9	71
NH₄-N	g kg ⁻¹ TS	6.9	60	44	100	110		0.5
NO₃-N	g kg ⁻¹ TS	0.027	0.05	0.017	0.0076			0.00117
Nmin	% av total N	8.4	27.3	23.2	115.0	84.6		0.7
P	g kg ⁻¹ TS	24	26	17	26	31	15	14
K	g kg ⁻¹ TS	8.2	150	200	47	46	1.9	0.27
S	g kg ⁻¹ TS	8.4	13	9.8	7.9	9.6	5	5.4
Ca	g kg ⁻¹ TS	42	57	2.8	53	63	21	28
Mg	g kg ⁻¹ TS	5.7	10	11	4.2	3.8	2.1	1.4
Al	mg kg ⁻¹ TS	43	650	500	400	460	140	230
Fe	mg kg ⁻¹ TS	690	1900	1300	1400	1700	400	790
Cd	mg kg ⁻¹ TS	0.77 ^I	1.4 ^{II}	0.69 ^I	1.1 ^{II}	1.7 ^{II}	0.47 ^I	0.26 ⁰
Pb	mg kg ⁻¹ TS	0.59 ⁰	1.8 ⁰	1.5 ⁰	0.77 ⁰	0.76 ⁰		
Hg	mg kg ⁻¹ TS	0.038 ⁰	0.121 ⁰	0.059 ⁰	0.098 ⁰	0.141 ⁰		0.038 ⁰
Ni	mg kg ⁻¹ TS	1.2 ⁰	13 ⁰	14 ⁰	12 ⁰	15 ⁰		
Zn	mg kg ⁻¹ TS	410 ^{II}	800 ^{II}	430 ^{II}	750 ^{II}	990 ^{III}	190 ^{II}	430 ^{II}
Cu	mg kg ⁻¹ TS	22 ⁰	90 ^I	67 ^I	57 ^I	68 ^I	13 ⁰	17 ⁰
Cr	mg kg ⁻¹ TS	4.8 ⁰	18 ⁰	15 ⁰	18 ⁰	22 ⁰		4.2 ⁰

Tabell 2. Kjemiske egenskap andre organiske avfallsprodukter. TS = tørrstoff, OM = organisk materiale, Nmin = mineralisk nitrogen. 0, I, II, III indikerer kvalitetsklasser i henhold til Forskrift om gjødselvarer mv. av organisk opphav.

		Kjøtt- beinmel	Mat- avfall	Tre- fored- lingslam	Husdyr- gjødse	Høns- gjødse
TS	g 100g ⁻¹	100	100	100	93.4	6.1
OM	g 100g ⁻¹ TS					79
pH					6.14	8.2
N	g kg ⁻¹ TS	101.7	40.5	24.1	64.6	50
NH ₄ -N	g kg ⁻¹ TS				5	19
NO ₃ -N	g kg ⁻¹ TS					0.048
Nmin	% av total N				7.7	38.1
P	g kg ⁻¹ TS	33	4.7	4.6	37	10
K	g kg ⁻¹ TS	4.1	7.7	0.85	47	66
S	g kg ⁻¹ TS	5.9	2.8	4.3	24	6.1
Ca	g kg ⁻¹ TS	62	23	32	77	24
Mg	g kg ⁻¹ TS	1.5	1.2	1.1	2.1	9.3
Al	mg kg ⁻¹ TS	110	140	4800		440
Fe	mg kg ⁻¹ TS	420	260	110	410	870
Cd	mg kg ⁻¹ TS	0.015 ⁰	0.036 ⁰	0.32 ⁰	0.054 ⁰	0.17 ⁰
Pb	mg kg ⁻¹ TS				0.24 ⁰	0.94 ⁰
Hg	mg kg ⁻¹ TS					0.008 ⁰
Ni	mg kg ⁻¹ TS				1.2 ⁰	5.3 ⁰
Zn	mg kg ⁻¹ TS	84 ⁰	33 ⁰	76 ⁰	110 ⁰	180 ¹
Cu	mg kg ⁻¹ TS	5.4 ⁰	8.2 ⁰	43 ⁰	16 ⁰	44 ⁰
Cr	mg kg ⁻¹ TS				1.8 ⁰	3 ⁰

2.2 Jord

Vi brukte en blanding av sand og torv som forsøksjord. Jorden hadde veldig lave innhold av næringsstoffer (Tabell 3). Vi brukte denne næringsfattige modelljorden istedenfor vanlig landbruksjord for å unngå at gjødseffektene vil bli maskert av næringsstoffene i jorden.

Tabell 3. Egenskap til modelljorden brukt i forsøket. TOC = total organisk karbon, TS = tørrstoff, AL = ekstraksjon med 0.1 M ammoniumlaktat og 0.4 eddiksyre justert til pH 3.75 (Egnér m.fl. 1960) og analyse på ICP-OES.

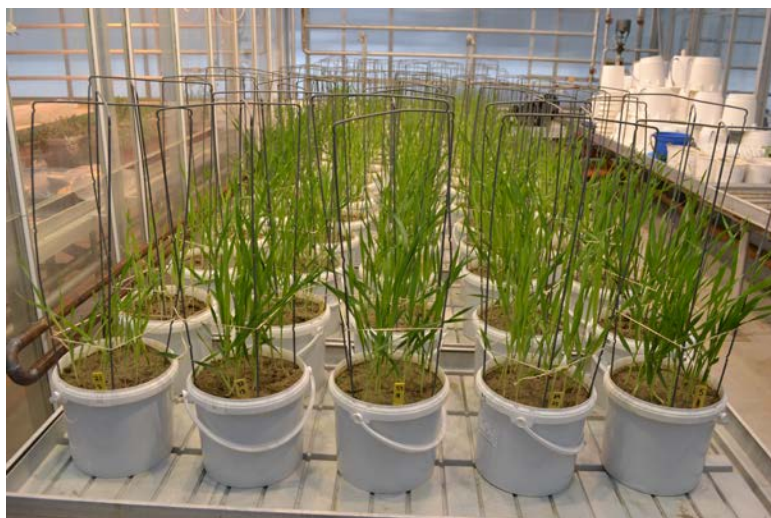
Tetthet	TOC	pH	P-AL	K-AL	Mg-AL	Ca-AL
kg DM L ⁻¹	g 100g TS ⁻¹		mg 100g ⁻¹	mg 100g ⁻¹	mg 100g ⁻¹	mg 100g ⁻¹
1.51	< 0.5	7	< 2.0	< 2.0	2.5	24

2.3 Potteforsøk

Vi gjennomførte potteforsøket i et veksthus på campus Ås i tidsrommet februar – mai 2016. Vi brukte 5-liters pottes, og bygg (*Hordeum vulgare* var. Heder) som forsøksvekst, som er den mest vanlige kornarten brukt i Norge (Figur 1). Bygg ble valgt også med tanke på å se på potensialet til å transportere fiskeslam til Østlandet der det er kornproduksjon.

Alle gjødselbehandlinger ble blandet inn i jorden tilsvarende 8 kg N/daa og 16 kg N/daa. Dette tilsvarer 26,5 mg N/kg jord og 53,1 mg N/kg jord, gitt en plogsjikt på 20 cm og jordtetthet på 1,5 kg/L jord. Vi tilsatte nødvendige mengder av andre makro- og mikronæringsstoffer, slik at det var kun N-virkningen som ble målt. Virkningen til fiskeslam og organiske avfallsprodukter ble sammenlignet med 3 kontrollledd: Ett ledd uten noe N gjødsling for å se på N-bidraget fra jorden og 2 mineralgjødselledd (Ca(NO₃)₂) tilsvarende 8 kg N/daa og 16 kg N/daa. Det var 3 gjentak av alle ledd.

Plantene ble vannet annenhver dag og høstet når alle planter var modne.



Figur 1. Potteforsøk (Trond Knapp Haraldsen)

2.4 Inkuberingsforsøk

Vi gjennomførte et inkuberingsforsøk i tillegg til potteforsøket for å se på N frigjøringen over tid (mineraliseringsforløp). Vi brukte den samme jorden som i potteforsøket og blandet jorden med de samme gjødselbehandlingene som i potteforsøket tilsvarende 16 kg N/daa (53,1 mg N/kg jord) forutenom husdyrgjødsel fra NIBIO Tingvoll som vi ikke hadde noe igjen av. Jord/gjødselblandingen ble vannet, fordelt på glass og plassert i et inkuberingsskap (16°C). Vi analyserte mineralisk N i jorden 1, 3, 7, 14, 32 og 64 dager etter at forsøket ble startet opp.

3 Resultater

3.1 Fiskeslam

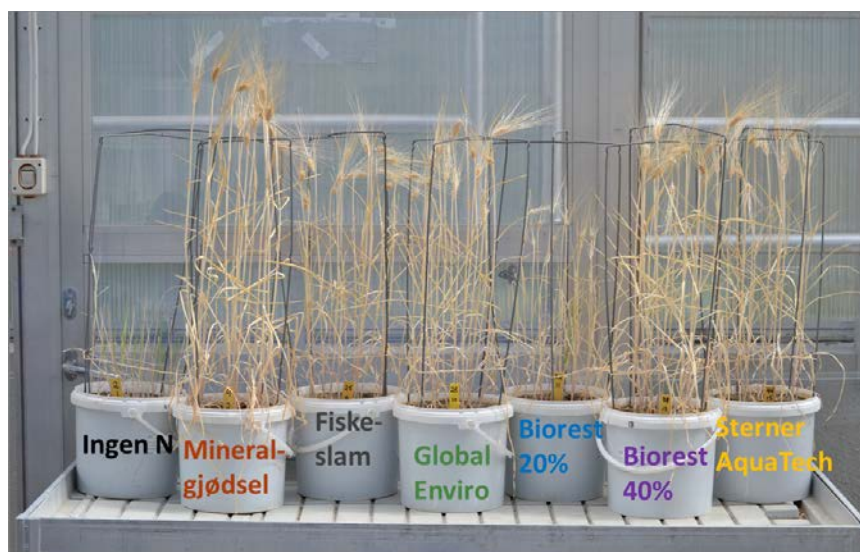
Forsøket omfattet til sammen 7 ulike fiskeslam produkter: 5 flytende produkter (ubehandlet fiskeslam, 4 bioresten av fiskeslam etter sambehandling med husdyrgjødsel) og 2 tørre produkter.

Alle produkter var N-rike med 75-220 g N/kg TS. Innholdet av mineralsk N i produktene varierte derimot betraktelig. I ubehandlet fiskeslam var 8 % av N mineralsk og dermed direkte tilgjengelig for plantene. Biorestene 1 og 2 (20 volum % fiskeslam, 80 volum % husdyrgjødsel) hadde 20-30 % mineralsk N. I biorestene 3 og 4 (40 volum % fiskeslam, 60 volum % husdyrgjødsel) forelå > 85 % av total N som mineralsk N, og i biorest 3 ble det til og med målt mer ammonium-N enn total N. Dette tyder på at analysene av ammonium-N og/eller total N i fiskeslam er noe usikre. De tørre fiskeslam produktene behandlet med Global Enviro og Sterner AquaTech metoden inneholdt nesten ikke mineralsk N.

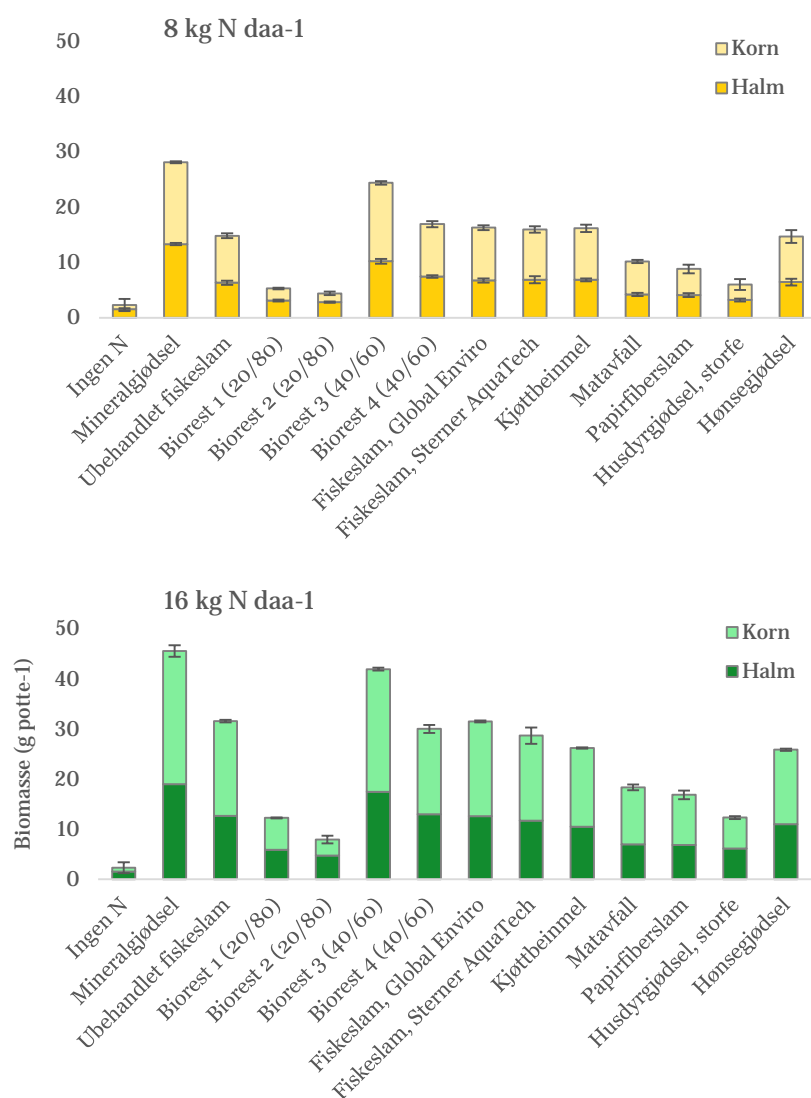
Bruken av organisk avfall som gjødsel blir begrenset av tungmetallkonsentrasjonen på tørrstoffbasis (Cd, Pb, Hg, Ni, Zn, Cu, Cr) i henhold til Forskrift om gjødselvarer mv. av organisk opphav. Når det gjelder fiskeslam ser Zn og Cd ut til å være de begrensende faktorene for bruken som gjødsel. Alle fiskeslamproduktene som vi så på i dette forsøket havnet minst i kvalitetsklasse II på grunn av høye Zn nivåer og/eller Cd nivåer (Tabell 1). Produkter i kvalitetsklasse II kan brukes på landbruksjord med inntil 2 tonn tørrstoff per dekar per 10 år. Biorest 4 var i kvalitetsklasse III på Zn og kan derfor ikke brukes på landbruksareal. Årsaken til at denne bioresten får så høye tungmetallkonsentrasjoner er at store deler av det organiske materialet brytes ned og danner gass i biogassprosessen, og konsentrasjonene av næringsstoffer og tungmetaller på tørrstoffbasis øker.

3.2 Pottforsøk

Figur 2 viser planter som ble gjødslet med fiskeslam produkter tilsvarende 8 kg N per dekar, rett før de ble høstet. Figur 33 viser korn- og halmavling som effekt av ulike gjødselbehandlinger.



Figur 2. Pottforsøk fiskeslam (Trond Knapp Haraldsen)



Figur 3. Korn- og halmavling som effekt av ulike gjødtselbehandlinger. Varisjonen mellom gjentak innen hver behandling blir uttrykt som standardavvik.

Begge gjødslingsnivåer (8 og 16 kg N per dekar) viste at N-gjødseffekten til fiskeslam er stort sett god, men varierende avhengig av behandlingsteknologi.

Begge biorestene med 40 volum% fiskeslam hadde gode N-gjødseffekter, men noe lavere effekter enn mineralgjødtsel. Planteveksten kom raskt i gang og plantene utviklet store aks. Plantene som ble gjødslet med biorest 3 utviklet mer biomasse enn plantene som ble gjødslet med biorest 4. I biorest 3 var forelå alt N som mineralsk N, mens i biorest 4 forelå bare 85 % av N som mineralsk N. Biorestene 1 og 2 med 20 volum% fiskeslam hadde derimot nesten ingen eller ingen N-gjødseffekt sammenlignet med plantene som ikke fikk noe N-gjødtsel. I biorestene 1 og 2 forelå bare 23-27 % av nitrogenet som som mineralsk N. Det organiske nitrogenet så ikke ut til å bli mineralist raskt nok for at plantene kunne nyttiggjøre seg av det. Pottforsøket tyder på at N-gjødseffekten til biorest fra fiskeslam tilsvarer mineralsk N tilført med bioresten. Husdyrgjødtsel fra NIBIO Tingvoll hadde lav N gjødseffekt i likhet med biorestene 1 og 2 som var basert på 80 % husdyrgjødtsel fra NIBIO Tingvoll.

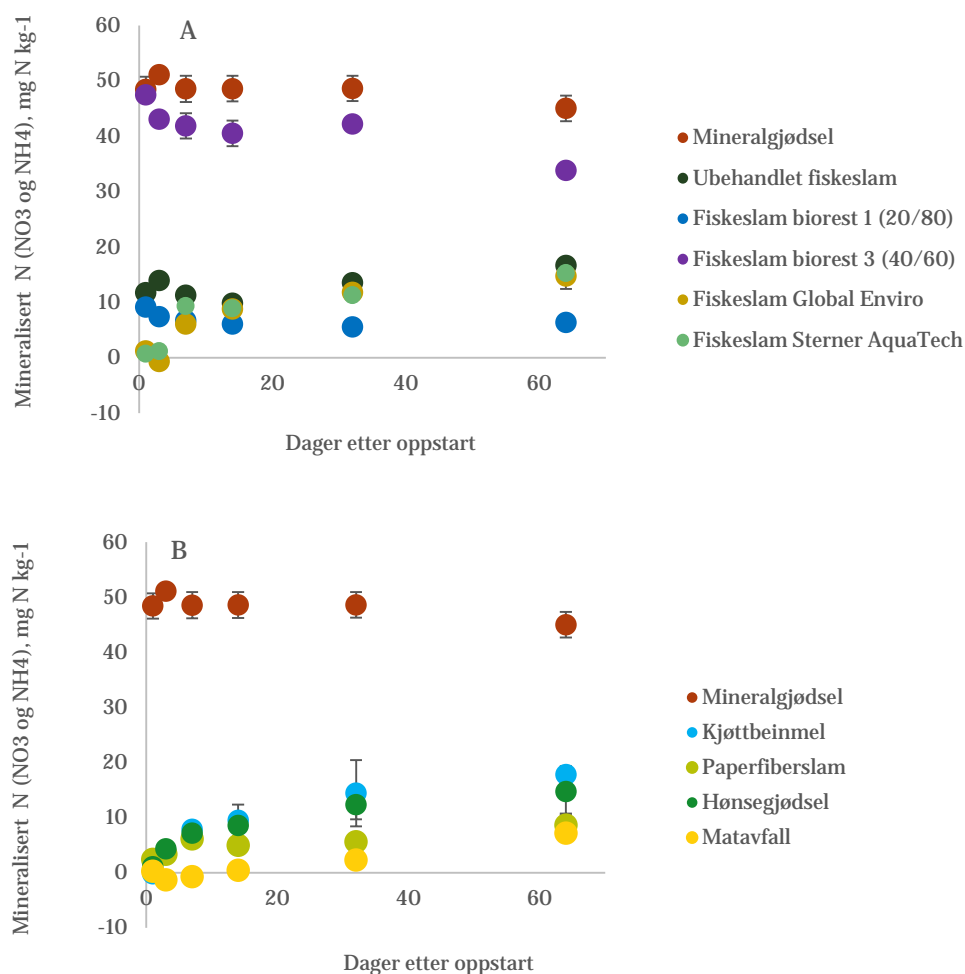
Ubehandlet fiskeslam og de tørre fiskeslamproduktene hadde noe lavere gjødseffekt enn mineralgjødtsel. Planteveksten kom noe seinere i gang enn plantene som fikk mineralgjødtsel, men utviklet allikevel store aks. Gjødseffekten til ubehandlet fiskeslam og de tørre fiskeslamproduktene

var på samme nivå som effekten til organiske avfallsprodukter med kjent N gjødseffekt sånn som kjøttbeinmel og hønsegjødsel.

3.3 Inkuberingsforsøk

Figur 4 viser mineralisk N som sum av nitrat- og ammonium-N i løpet av 64 dager for inkuberinger med fiskeslamprodukter (A) og andre organiske avfallsprodukter (B). Resultatene fra inkuberingsforsøket samsvarer veldig godt med effektene som vi kunne observere i potteforsøket.

Også inkuberingsforsøket tyder på at N-gjødseffekten til biorest fra fiskeslam tilsvarer mineralisk N tilført med bioresten. Inkuberingsforsøket gir heller ingen indikasjoner på at organisk N i biorest mineraliseres raskt nok til at plantene kan ta det opp. Plantetilgjengeligheten av N i biorest 3 (40 volum % fiskeslam) ble gjenspeilet av at 95 % av tilført N ble ekstrahert som mineralisk N i inkuberingsforsøket ved dag 1. Mengden ekstrahert mineralisk N avtok noe over tid, og etter 64 dager ble bare ca. 70 % av tilført N ekstrahert som mineralisk N. Det kan tyde på at mikroorganismene som ble tilført med bioresten immobiliserte noe av det lett tilgjengelige nitrogenet i bioresten. Lavere gjødseffekt av biorest 1 (20 volum % fiskeslam) sammenlignet med biorest 3 ble også gjenspeilet i inkuberingsforsøket. Bare 18 % av N tilført med biorest 1 ble ekstrahert som mineralisk N på dag 1 med en noe nedadgående trend over tid. I biorest 1 var bare 27 % av total N mineralisk N (Tabell 1).



Figur 4. Mineralisert N som effekt av A) fiskeslam produkter og B) andre organiske avfallsprodukter. Varisjonen mellom gjentak innen hver behandling blir uttrykt som standardavvik.

Fra ubehandlet fiskeslam ekstraherte vi 10 % av N som ble tilført som mineralsk N ved forsøksoppstart på dag 1, men mengden ekstrahert mineralsk N økte opp til 15% i løpet av forsøksperioden. Det tyder på at organisk N i ubehandlet fiskeslam kan mineralisere og bli plantetilgjengelig over tid.

Begge tørre fiskeslam produktene (Global Enviro og Sterner AquaTech) inneholdt nesten ikke mineralsk N (Tabell 1). Ved dag 1 ekstraherte vi derfor ikke noe mineralsk N i inkuberingsforsøket. Likevel økte mengden mineralsk N som ble ekstrahert opp til 15 % av tilført N ved dag 64. Dette gjenspeiler resultater fra pottforsøket hvor plantene som ble gjødslet med fiskeslam behandlet med Global Enviro eller Sterner AquaTech metoden produserte like mye biomasse som plantene som ble gjødslet med ubehandlet fiskeslam. De tørre fiskeslamproduktet viste dessuten det samme mineraliseringsforløpet som organiske avfallsprodukter med kjent N gjødseffekt, sånn som kjøttbeinmel og hønsegjødsel. Forsøkene våre tyder på at organisk N i fiskeslam behandlet med Global Enviro eller Sterner AquaTech teknologien mineraliserer raskt og at N blir lett tilgjengelig for plantene i løpet av vekstsesongen.

Inkuberingsforsøket gir muligheten til å studere mineraliseringsforløp over tid og å sammenligne potensialet til ulike produkter med hverandre. Inkuberingsforsøket er derimot ikke egnet til å studere absolutte mineraliseringspotensialer eller til direkte sammenligning med pottforsøket. Det er en ulempe med inkuberingsforsøk at det ikke inkluderer planter som tar opp N. Inkuberingsprosesser kan derfor ikke gjenspeile likevektsprosesser i jorden hvor planter er til stede. Dessuten brukte vi en modelljord med lavt innhold av karbon og mikrober, som vil i praksis påvirke N mineraliseringen.

4 Diskusjon

I dag spres noe fiskeslam på nærliggende jordbruksareal i blanding med husdyrgjødsel. Noe fiskeslam blir tørket eller behandlet i biogassanlegg. Effekten til ulike behandlingsmetoder på N-gjødselvirkningen til fiskeslam har så langt ikke blitt studert systematisk, og ulike behandlingsteknologier har ikke blitt sammenlignet med hverandre. Det har derfor ikke vært kjent hvor mye mineralgjødsel som kan bli erstattet med fiskeslam som har gjennomgått ulike behandlingsteknologier. I AP4 i SLAM-BEP prosjektet har vi brukt pottforsøk og inkuberingsforsøk til å undersøke effekten av ulike behandlingsteknologier på N-gjødseffekten til fiskeslam. Første resultater viser at N-gjødseffekten til fiskeslam kan være god, men at den er avhengig av behandlingsteknologi.

Hvis fiskeslam og husdyrgjødsel behandles anaerobt til produksjon av biogass, tilsvarer N-gjødseffekten til bioresten andelen mineralisk N i bioresten. Mineralisk N i biorest øker hvis andelen fiskeslam øker til fordel for husdyrgjødsel. Tidligere undersøkelser har vist at fiskeslam har et stort biogasspotensiale, men at ubehandlet fiskeslam kan ha negative effekter på biogassprosessen (Gebauer og Eikebrokk 2006; Forprosjektet). I AP3 har det derfor blitt testet ulike kombinasjoner av fiskeslam og husdyrgjødsel for å produsere biogass. Resultatene fra AP3 viser at biogassprosessen ikke tåler mer enn ca. 20 volum % fiskeslam i biogassreaktoren. Samtidig viser resultatene fra AP4 at biorest med 20 volum % fiskeslam hadde nesten ingen N-gjødseffekt. Bioresten med 40 volum % fiskeslam hadde derimot god N-gjødseffekt på lik linje med mineralgjødsel. I praksis vil det være utfordrende å holde en stabil biogassprosess i gang med 40 volum % fiskeslam. I praksis vil bioresten til fiskeslam og husdyrgjødsel derfor inneholde mindre mineralisk N enn biorestene 3 og 4 (40 volum % fiskeslam). Derfor vil også N-gjødseffekten til biorest av fiskeslam og husdyrgjødsel være betraktelig lavere en effekten vi observerte for biorest 3 og 4, men heller ligne på effektene til biorest 1 og 2. I biorest 1 og 2 forelå N hovedsakelig som organisk N. Resultatene våre tyder på at organisk N i biorest ikke mineraliserer raskt nok til at plantene kan ta det opp i løpet av vekstsesongen. I biogassprosessen blir lett omsettlig organisk materiale omdannet til biogass. Organisk N i biorest er derfor sannsynligvis mindre lett nedbrytbart, og vil ikke mineralisere raskt nok til ammonium-N for å gi en tilfredsstillende N-gjødseffekt

Kjemiske analyser av de ulike fiskeslam varianter brukt i forsøk i AP4 viste at tungmetallinnholdet i biorest av fiskeslam kan bli en utfordring i forhold til dagens regelverk når biorest av fiskeslam skal brukes som gjødsel. Bruken av organisk avfall som gjødsel blir i dag regulert basert på konsentrasjonen av tungmetaller på tørrstoffbasis (Forskrift om gjødselvarer mv. av organisk opphav). Ved biogassbehandlingen øker konsentrasjonen av tungmetaller per tørrstoff. Biorest 4 havnet derfor i kvalitetsklasse III på Zn (Tabell 1) og kan dermed ikke brukes som gjødsel på landbruksjord. Biorest 4 er produktet etter anaerob behandling av 40 volum% fiskeslam (kvalitetsklasse II) og 60 volum% husdyrgjødsel (kvalitetsklasse I). Det er en utfordring at fiskeslam med høyt innhold av Zn i utgangspunktet har begrenset biogasspotensial og må sambehandles med et materiale med lavt tungmetallinnhold, da sluttproduktet per i dag ikke kan brukes som gjødsel på landbruksjord. Gjødselvarerforskriften er under revisjon. En revidert forskrift kan forenkle bruken av biorest som gjødsel f.eks. hvis begrensninger vil bli basert på tungmetallkonsentrasjonen per næringsstoff istedenfor per tørrstoff.

I tørket fiskeslam foreligger N hovedsakelig i organisk form. Både pottforsøk og inkuberingsforsøk viste at organisk N i tørket fiskeslam mineraliseres raskt og blir tilgjengelig for plantene over tid. Dette er i samsvar med tidligere forsøk med fiskeslam behandlet med Global Enviro metoden (Brod m.fl. 2012, 2014). Både biomasseproduksjonen etter gjødsling med tørkede fiskeslam produkter og mineraliseringsforløp ligner på kjøttbeinmel, et organisk avfallsprodukt med godt dokumentert N-gjødseffekt (f.eks. Jeng et al. 2004). Tidligere forsøk med kjøttbeinmel har vist like god kornkvalitet som etter gjødsling med mineralgjødsel (Chen m.fl. 2011). Vi forventer at tørre fiskeslamprodukter har like god effekt på kornkvalitet som kjøttbeinmel, men planteanalyser av pottforsøket foreligger ikke enda.

5 Konklusjoner

Første resultater fra AP4 i prosjektet «Fiskeslam som ressurs for bioenergi og plantevekst (SLAM-BEP)» tyder på at tørkede fiskeslam produkter vil i praksis ha bedre N-gjødseffekt enn biorest av fiskeslam og husdyrgjødsel. I pottforsøket gjennomført i regi av Ap4 hadde biorest med 40 volum % best N-gjødseffekt. Men i praksis vil det være utfordrende å holde en stabil biogassprosess i gang med >20 volum % fiskeslam på grunn av negative effekter av fiskeslam på biogassprosessen (resultater fra AP3). Biorest med 20 volum % fiskeslam hadde nesten ingen N-gjødseffekt.

Etter dagens regelverk (Forskrift om gjødselvarer mv. av organisk opphav) blir bruken av fiskeslam ofte begrenset av relativt høye Zn og/eller Cd nivåer. Ved biogassbehandlingen øker konsentrasjonen av tungmetaller per tørrstoff, og biorest av fiskeslam kan havne i kvalitetsklasse III. Det er ikke lov å bruke organisk avfall i kvalitetsklasse III som gjødsel landbruksjord.

Det vil dessuten være mindre kostbart å frakte tørre fiskeslamprodukter sammenlignet med biorest, f.eks. som gjødsel til kornareal på Østlandet. Biorest vil til og med ha høyere vanninnhold enn ubehandlet fiskeslam fordi lett omsettelig karbon blir omdannet til biogass og tørrstoffinnholdet minker. Biorest av fiskeslam og husdyrgjødsel kan etterbehandles, f.eks. ved mekanisk separering i en fast og en flytende fase. Den flytende fasen vil hovedsakelig inneholde mineralsk N og K, og vil kunne bli spredt på landbruksareal i nærområdet med høy P status i jorden. Den faste fasen vil hovedsakelig bestå av organiske partikler og inneholde organisk N og P. Etter tørking av den faste fasen vil denne kunne bli transportert, f.eks. til Østlandet. Ulike fraksjoner av biorest basert på fiskeslam har ikke blitt undersøkt i forsøket som er beskrevet i denne rapporten.

I denne rapporten har vi bare sett på N-gjødseffekten til ulike fiskeslam varianter. I pottforsøk 2 undersøkte vi i tillegg tilgjengeligheten av andre næringsstoffer som P og kalium (K), forholdet mellom næringsstoffene i fiskeslam produkter og hvordan materiale kan bearbeides for å bli en mer balansert gjødsel med tanke på plantenes behov. Resultatene fra pottforsøk 2 foreligger ikke enda, men vi sikter å publisere disse i en vitenskapelig publikasjon.

6 Litteratur

- Brod, E., Haraldsen, T.K. & Breland, T.A. 2012. Fertilization effects of organic waste resources and bottom wood ash: results from a pot experiment. *Agricultural and Food Science* 21: 332-347
- Brod, E., Haraldsen, T.K. & Krogstad T. 2014. Combined waste resources as compound fertiliser to spring cereals. *Acta Agriculturae Scandinavica Section B, Soil & Plant Science* 64: 329-340
- Chen, L. , Kivelä, J., Helenius, J. & Kangas, A. 2011. Meat bone meal as fertiliser for barley and oat. *Agricultural and Food Science* 20: 235-244
- Egnér, H., Riem, H., Domingo, W.R. 1960. Untersuchungen über die chemische Bodenanalyse als Grundlage für die Beurteilung des Nährstoffzustandes der Böden. *Kungliga Lantbrukshögskolans Annaler* 26: 199-215
- Gebauer, R. & Eikebrokk, B. 2006. Mesophilic anaerobic treatment of sludge from salmon smolt hatching. *Bioresource technology* 97:2389-2401
- Jeng, A., Haraldsen, T.K., Vagstad, N. & Grønlund, A. 2004. Meat and bone meal as nitrogen fertilizer to cereals in Norway. *Agricultural and Food Science* 13: 268–275

NOTATER

NOTATER

NOTATER

Norsk institutt for bioøkonomi (NIBIO) ble opprettet 1. juli 2015 som en fusjon av Bioforsk, Norsk institutt for landbruksøkonomisk forskning (NILF) og Norsk institutt for skog og landskap.

Bioøkonomi baserer seg på utnyttelse og forvaltning av biologiske ressurser fra jord og hav, fremfor en fossil økonomi som er basert på kull, olje og gass. NIBIO skal være nasjonalt ledende for utvikling av kunnskap om bioøkonomi.

Gjennom forskning og kunnskapsproduksjon skal instituttet bidra til matsikkerhet, bærekraftig ressursforvaltning, innovasjon og verdiskaping innenfor verdikjedene for mat, skog og andre biobaserte næringer. Instituttet skal levere forskning, forvaltningsstøtte og kunnskap til anvendelse i nasjonal beredskap, forvaltning, næringsliv og samfunnet for øvrig.

NIBIO er eid av Landbruks- og matdepartementet som et forvaltningsorgan med særskilte fullmakter og eget styre. Hovedkontoret er på Ås. Instituttet har flere regionale enheter og et avdelingskontor i Oslo.