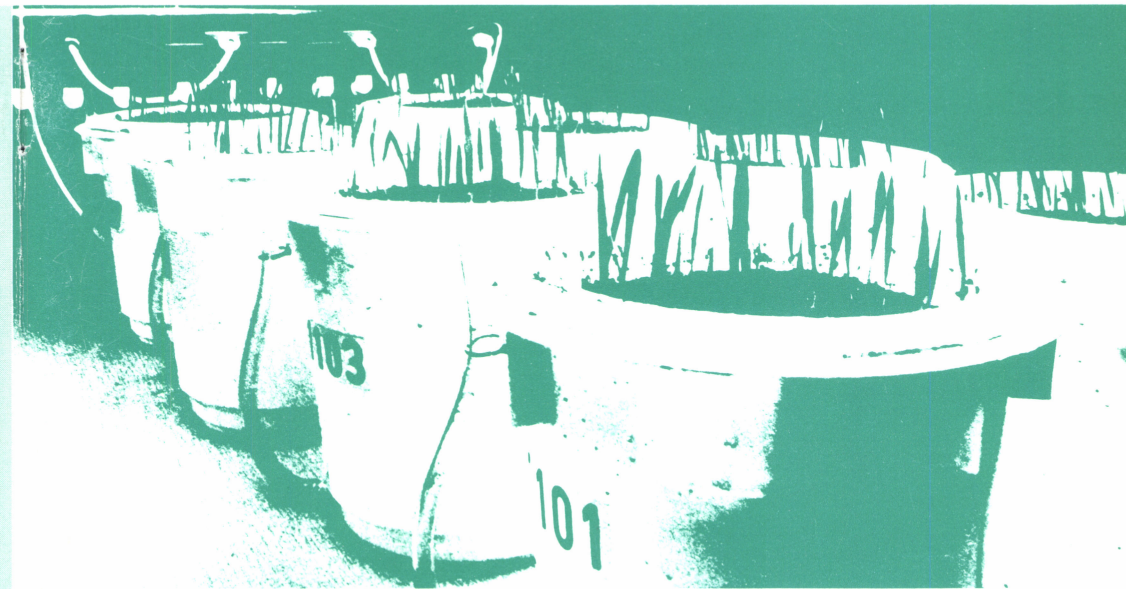


NORGES LANDBRUKSHØGSKOLE



Prosjektkomiteén for rensing av avløpsvann

pral 3.3.



Slam og kompost på jord og vegetasjon

BRUK AV FORSKJELLIGE SLAMTYPER

VED DYR KING AV KORN

Jan Martinsen

Institutt for jordkultur NLH

VII L i t t e r a t u r

- Coker, E.G., 1966 a. The value of liquid digested sewage sludge. I. The effect of liquid sewage sludge on growth and composition of grass-clover swards in South-east England. J. agric. Sci. Camb. 67:91-97.
- Coker, E.G., 1966 b. The value of liquid digested sewage sludge. III. The results of an experiment on barley. J. Agric. Sci. Camb. 67: 105-107.
- Geering, J. & W. Künzli, 1967. Wirkungsvergleich von Gülle und Klärschlamm als Wiesendünger. Schweiz. Landwirtsch. Forsch. VI: 301-331.
- Jansson, S.L., 1970. Gødslingsforsøk med kemiskt fällada slamtyper. Bolidens symposium över närsaltreduktion: 350-357.
- Kick, H. & H. Poletschny, 1972. Anbau landwirtschaftlicher Kulturpflanzen auf entwässertem Abwasserklärschlamm. Landwirtsch. Forsch. Sonderheft 27/1: 67-72.
- Lunt, H.A., 1959. Digested sewage sludge for soil improvement. Conn. Agric. Exp. Sta. Bull. 622. 30 s.
- Martinsen, J.H., 1974. Kloakkslam - aktuelt ved bakkeplanering og nydyrking. Norsk Landbruk nr. 6: 16-17, 43.
- Martinsen, J.H., 1976. Kloakkslam som gjødsel- og jordforbedringsmiddel. Lisensiatoppgave NLH. 221 s.
- Schäfer, K. & H. Kick, 1970. Die Nachwirkung von schwermetallhaltigem Abwasserklärschlamm in einem Feldversuch. Landwirtsch. Forsch. 23: 152-161.
- Seiberth, W., 1972. Orientierende Untersuchungen über die Stickstoffwirkung von thermisch getrocknetem Klärschlamm beim Einsatz als Bodenverbesserungsmittel auf Rekultivierungsflächen. Landwirtsch. Forsch. 25: 247-256.
- Viitasalo, I., 1972. Skillnader mellan olika slam som gödselmedel. Åttonde nordiska symposiet om vattenforskning: 187-196.

F o r o r d

Forskerrapporten "Bruk av ulike typer kloakkslam ved dyrking av slam" gjengir resultater fra undersøkelser utført av vitenskapelig assistent Jan Henrik Martinsen ved Institutt for jordkultur, Norges landbrukshøgskole. Undersøkelsene er finansiert av midler fra forskningsprogrammet Prosjekt Rensing Avløpsvann (PRA) og inngår som en del av prosjektet "PRA 3.3. Slam og kompost på jord og vegetasjon".

Den 26. mai 1976

Asbjørn Sorteberg

Tabell 11. Innhold av plantenæringsstoffer i korn og halm etter tilførsel av ulike slamtyper sammenlignet med forsøksledd uten slam. Antall forsøk med den enkelte slamtype i (). I forsøk III er leirjord og sandjord her betraktet som to forskjellige forsøk. Tegnforklaring: + = økt innhold i forhold til forsøksledd uten slam, 0 = uforandret innhold, ÷ = lavere innhold enn i forsøksledd uten slam. Det er brukt ett tegn for hvert forsøk.

	Kjeld.-N		Total-P		K		Ca		Mg		Tot-S	
	Korn	Halm	Korn	Halm	Korn	Halm	Korn	Halm	Korn	Halm	Korn	Halm
Mek.sl. ustab. (2)	++	++	+(+)	+(+)	00	++	÷0	0+	+0	++	0+	++
Mek.sl. acrobt stab. (3)	÷+++	÷+++	+++	+++	000	0÷÷	÷00	÷+++	+++	÷+++	0++	÷+++
Mek.sl. kalkstab. (4)	÷+++	÷0+÷	++0+	++0+	++÷0	0÷÷÷	÷000	÷+++	++++	÷+++	0+00	÷+++
Mek.+Al-sl.,acrobt stab. (2)	++	++	00	00	÷÷	++	00	++	++	++	00	++
Mek.+Al-sl.kalkstab. (3)	00+	0++	0++	0++	÷00	÷++	000	+0+	00+	+++	000	+++
Al-slam, ,erobt stab. (1)	÷	0	0	0	0	÷	+	÷	0	0	0	0
Al-slam, fra etterfelling (1)	÷	÷	÷	+	0	÷	÷	÷	÷	÷	÷	÷
Mek.+Fe/Ca-sl.,acrobt stab. (2)	++	++	++	0+	00	0÷	00	++	++	++	00	++
Fe/Ca-sl., acrobt stab. (1)	÷	0	÷	÷	0	÷	+	÷	0	+	0	0
Mek.+Ca-sl. (3)	00+	0+÷	00+	+++	0÷÷	÷÷÷	000	+++	0++	+++	000	0++
Ca-sl. (1)	÷	+	0	0	0	÷	÷	÷	0	+	0	+
Biologisk sl. (1)	÷	+	+	+	0	÷	+	0	0	+	0	+

I n n h o l d

	Side
I Innledning	4
II Sammendrag	5
III Forsøk I	7
A. Forsøksmateriale og metoder	7
B. Resultater	9
1. Utvikling i veksttiden	9
2. Avlingsmengde og pH i jorden	10
3. Innhold av plantenæringsstoffer i avlingen	11
4. Innhold av tungmetaller i avlingen	14
C. Konklusjon	17
IV Forsøk II	19
A. Forsøksmateriale og metoder	19
B. Resultater	21
1. Utvikling i veksttiden	21
2. Avlingsmengde og pH i jorden	21
3. Innhold av plantenæringsstoffer i avlingen	22
C. Konklusjon	25
V Forsøk III	26
A. Forsøksmateriale og metoder	26
B. Resultater	29
1. Utvikling i veksttiden	29
2. Avlingsmengde	29
3. Innhold av plantenæringsstoffer i avlingen	33
C. Konklusjon	36
VI Diskusjon	38
VII Litteratur	43

I. I n n l e d n i n g

Utbygging av stadig nye renseanlegg fører til økt produksjon av forskjellige slamtyper. En aktuell disponeringsmåte for slammet er utkjøring til landbruksarealer. Ulike slamtyper kan ha noe forskjellige egenskaper som gjødsel- og jordforbedringsmiddel. For å klarlegge dette nærmere ble det i årene 1973-1975 ved Institutt for jordkultur, NLH, gjennomført tre vekstforsøk med en rekke ulike slamtyper produsert ved NIVA's forsøksanlegg, Kjeller. Sivilingeniør Bjarne Paulsrud ved NIVA har hattansvaret for produksjonen av aktuelle slamtyper og har gitt den tekniske beskrivelsen av de ulike typene.

Forsøkene er gjennomført som karforsøk i veksthus. Resultatene fra disse undersøkelsene er gjengitt i denne rapporten.

Fe-slam var noe lettere tilgjengelig for plantene enn i Al-slam. Disse svenske forsøkene viste også at fosforvirkingen av bland-slam (anaerobt stabilisert slam + kjemisk slam) var noe svakere enn av det rene anaerobt stabiliserte slammet. Både Jansson (1970) og Viitasalo (1972) hevder at fosforet i Fe- og Al-slam er til stede i en fullt tilgjengelig form for plantene. Resultatene fra disse tre forsøkene synes også å bekrefte dette, da fosforinnholdet stort sett har økt eller vært uforandret etter slamtilførsel.

Det synes heller ikke å være noen sammenheng mellom innholdet av kalium, kalsium og svovel i slammet og i avlingen. Kaliuminnholdet i halmen har i de fleste tilfellene gått noe ned etter slamtilførsel, mens innholdet i kornet viste små variasjoner. Dette svarer til utenlandske undersøkelser som viste at kaliuminnholdet i planter tilført kloakkslam var like høyt som i ugjødslede planter (Coker 1966 a, Geering & Künzli 1967 og Schäfer & Kick 1970).

Innholdet av kalsium og svovel i kornet varierte lite mellom de ulike forsøksledd, mens det økte i halmen etter slamtilførsel. Magnesiuminnholdet i kornet og halmen økte etter slamtilførsel i disse tre forsøkene. Schäfer & Kick (1970) fant ingen økning av kalsium- eller magnesiuminnholdet i havre eller poteter etter tilførsel av 150 m³ vått slam pr. dekar to år tidligere. I forsøk utført av Geering & Künzli (1967) gikk innholdet av kalsium i gras noe ned etter slamtilførsel, mens magnesiuminnholdet var like høyt som i ugjødslede planter. Kick & Poletschny (1972) fant økning i innholdet av kalsium og magnesium i poteter, sukkerroer og mais etter slamtilførsel.

I forsøk III var det god sammenheng mellom innholdet av magnesium i de ulike slamtypene og i avlingen fra sandjorden. På leirjorden og i forsøk I økte magnesiuminnholdet i halmen med økende innhold i slammet.

Innholdet av de ulike tungmetallene i avlingen i forsøk I synes å variere uten sammenheng med tungmetallinnholdet i de ulike slamtypene. Variasjonene synes så tilfeldige at det er vanskelig å trekke noen konklusjoner av dette ene forsøket.

ført til forholdsvis sterk økning av jordens pH, er det ikke observert symptomer på eventuelle mangeltilstander hos plantene, når det gjelder stoffer som kan bli tungt tilgjengelig ved høy pH. Dette tyder på at den forholdsvis dårlige virkningen av disse slamtypene ikke skyldes virkningen på jordreaksjonen.

For samtlige slamtyper tilsatt kalk var det en tydelig sammenheng mellom slammets innhold av kalsium og dets virkning på jordens surhetsgrad. Slamtypene som ikke var tilsatt kalk, hadde svært liten virkning på jordens surhetsgrad. Dette tilsvarer resultater fra undersøkelser utført av Martinsen (1976) og Schäfer & Kick (1970). Lunt (1959) fant at slam med pH omkring nøytralt punktet og over økte pH i jorden, mens slam med lavere pH førte til surere jordreaksjon.

Det synes ikke å være noen sammenheng mellom innholdet av Kjeldahl-N i de ulike slamtypene og virkningen på avlingsmengden eller innholdet av nitrogen i plantene. Resultatene tyder heller ikke på høyere nitrogeninnhold i plantene etter tilførsel av aerobt stabilisert slam enn for det ustabiliserte slammet. Som det går frem av tabell 11, var det svært store variasjoner i nitrogeninnholdet i avlingen og ingen sikre tendenser til økning eller nedgang etter slamtilførselene. Ved tilførsel av like store mengder nitrogen i flytende anaerobt stabilisert kloakkslam og i kunstgjødsel, fant Coker (1966, b) høyest nitrogeninnhold i havreplanter ved høsting etter tilførsel av kunstgjødsel. Schafer & Kick (1970) fant like høyt innhold av nitrogen i havreplanter der det ikke var gjødslet som der det var tilført 50 m^3 vått slam pr. dekar to år tidligere. Ved tilførsel av 100 og 150 m^3 slam to år tidligere økte, tross sterk avlingsøkning, nitrogeninnholdet i kornet med henholdsvis 20 og 33 prosent i forhold til ugjødslede planter.

Resultatene viser ingen sammenheng mellom innholdet av fosfor i slammet og i avlingen. Størst fosforinnhold var det i de kjemiske slamtypene. Disse har imidlertid stort sett gitt lavest fosforinnhold i plantene. Det synes derfor som om den kjemiske rensingen fører til at fosforet i første omgang blir mindre tilgjengelig. Forsøk I tyder på mindre tilgjengelighet av fosforet i Fe/Ca-slam enn i Al-slam, mens forsøk III viser motsatt tendens. I forberedende modellforsøk fant Jansson (1970) at fosforet i

II. S a m m e n d r a g

I denne rapporten er beskrevet tre forsøksserier i liten målestokk (karforsøk) med tilførsel av en rekke ulike slamtyper til jord hvor det deretter er dyrket korn. Slammet er produsert ved NIVA's forsøksanlegg, Kjeller.

I samtlige tre forsøk har det vært nedgang i kornavlingen etter tilførsel av kalkstabilisert mekanisk slam, sammenlignet med forsøksledd uten slam. Avlingsnedgangen økte med økende slamtilførsel. I forsøk I var det også nedgang i avlingen etter tilførsel av aerobt stabilisert mekanisk slam, mens denne slamtypen ga sterk avlingsøkning i forsøk III. Årsaken er sannsynligvis at slammet i forsøket ikke var fullstendig stabilisert (for kort oppholdstid). Det var tendens til negativ effekt også av mekanisk + Ca-slam. En del av den negative effekten av disse slamtypene kunne oppveies ved sterk tilleggs-gjødsling med nitrogen. Følgende slamtyper hadde alle større eller mindre positiv virkning på veksten av kornplanter: Biologisk slam, ustabilisert mekanisk slam, aerobt stabilisert mekanisk + Al-slam, aerobt stabilisert Al-slam, Al-slam fra etterfelling, kalkstabilisert mekanisk + Al-slam, aerobt stabilisert mekanisk + Fe/Ca-slam, aerobt stabilisert Fe/Ca-slam og Ca-slam.

Jordens pH økte etter tilførsel av kalkstabilisert mekanisk slam, kalkstabilisert mekanisk + Al-slam, aerobt stabilisert mekanisk + Fe/Ca-slam, aerobt stabilisert Fe/Ca-slam, mekanisk + Ca-slam og Ca-slam. De andre slamtypene, som verken stammet fra kalkfelling eller var tilsatt kalk ved slambehandlingen, hadde svært liten virkning på jordens surhetsgrad.

De ulike slamtypenes virkning på innholdet av plantenæringsstoffer i korn og halm har variert en del mellom de tre forsøkene. Dette er vist i tabell 11 bakerst i rapporten. Spesielt er det store variasjoner når det gjelder innholdet av nitrogen. Innholdet av fosfor har stort sett økt eller det er uforandret

sammenlignet med forsøksledd uten slam. Kaliuminnholdet i halmen har i de fleste tilfellene gått ned etter slamtilførsel, mens det er små variasjoner i kornet mellom de forskjellige forsøksledd. Innholdet av kalsium og svovel er stort sett uforandret i kornet, men har økt i halmen etter slamtilførsel, mens magnesiuminnholdet har økt både i kornet og halmen for de fleste forsøksledd.

I forsøk I er avlingen også analysert for innhold av bly, kadmium, kobber, kvikksølv, nikkel og sink. Innholdet av bly i halmen har økt etter de fleste slamtypene. Det samme gjelder for nikkelinholdet i kornet og halmen. Sinkinnholdet var lavere i kornet og høyere i halmen etter samtlige slamtilførsler enn i forsøksledd uten slam. De ulike slamtypene hadde svært liten virkning på innholdet av kadmium, kvikksølv og kobber i kornet og halmen.

og Seiberth 1972). Selv om det for enkelte slamtyper i disse tre forsøkene var negativ virkning av å øke tilleggs gjødslingen med nitrogen, kunne det være positiv virkning av å øke slammengden. Dette tyder på andre positive effekter av slammet enn en ren nitrogenvirkning.

Med den sammenheng mellom glødetap og virkning på plantevekst som her er antydning, vil det ved bruk av ikke-omsatt slam, være bedre virkning av mekanisk + kjemisk slam enn av rent mekanisk slam, fordi blandslammet ved samme tørrstoffmengde vil inneholde mindre organisk materiale. Ved bruk av omsatt slam vil det rene mekaniske slammet virke bedre.

Sammenlignet med andre karforsøk (Martinsen 1974 og 1976) med ustabilisert slam og septiktankslam, som har gitt meget sterk avlingsreduksjon ved bruk av så store slammengder, har virkningen av de ulike slamtypene i disse tre forsøkene vært meget god. Spesielt er den forholdsvis gode virkningen av ustabilisert mekanisk slam i forsøk III uventet. Den bedre effekten av denne slamtypen på sandjord enn på leirjord kan skyldes bedre lufttilgang på den førstnevnte jordtypen. Som nevnt tidligere vil det forbrukes luft under omsetningen av slammet i jorden og luftmengden kan bli minimumsfaktor for planteveksten i tett jord.

Resultatene tyder på bedre effekt av Fe/Ca-slam enn av Al-slam. Dette kan skyldes forskjellig virkning av kjemikalier som er brukt ved den kjemiske rensingen eller det adskillig høyere innholdet av organisk materiale i Al-slammet, som ble benyttet her, enn i Fe/Ca-slammet. Målingen av ettervirkningen av de ulike slamtypene i forsøk III viser at det var bedre virkning av Fe/Ca-slammet også året etter når det organiske materialet i slammet skulle være omsatt. Dette kan tyde på at forskjellen mellom de to slamtypene skyldes de ulike renseprosessene som er brukt. Resultater fra praksis synes også å bekrefte at Fe/Ca-slam er bedre enn Al-slam.

Det synes som om tilsetning av store mengder kalk til slammet har negativ effekt på dets virkning som gjødselmiddel. Selv om enkelte av de slamtypene som er tilsatt store kalkmengder har

VI D i s k u s j o n

Bruk av kalkstabilisert mekanisk slam har i disse tre karforsøkene ført til tydelig avlingsnedgang. De andre slamtypene har enten gitt uforandret avlingsmengde eller avlingsøkning i forhold til forsøksledd uten slam.

Resultatene viser at det er tydelig sammenheng mellom slammets virkning på planteveksten og dets omsetningsgrad. Ufullstendig omsatt slam har negativ virkning på veksten en viss tid etter innblanding i jorden. Dette viser seg spesielt i karforsøk, mens man i markforsøk stort sett har hatt positiv virkning også av ikke-omsatt slam. Noe av årsaken til denne forskjellen mellom de to forsøksstypene er antagelig en mer intensiv omsetning i karene og at slammet her er blandet inn i hele jordmengden hvor planterøttene befinner seg.

Det synes å være en viss sammenheng mellom innholdet av organisk materiale i ikke fullstendig omsatt slam og slammets virkning på planteveksten, ved at det er større positiv virkning av slam med lavt innhold av organisk materiale enn av ett med høyere innhold. Årsaken til denne sammenhengen er antagelig negative forhold ved omsetningen av slammet etter innblanding i jorden. Ved denne omsetningen bruker mikroorganismene bl.a. nitrogen og luft som tas i konkurranse med plantene. Følgen av dette kan bli mangel for plantene. Forbruket vil øke med økt tilførsel av organisk materiale. Av denne grunn vil man kunne få sterkere negativ effekt av en stor mengde ikke omsatt slam enn av en mindre mengde.

Ved tilleggsgjødsling med nitrogen, kan denne negative effekten reduseres noe ved at plantene på denne måten direkte kan tilføres nitrogen. På grunn av den sterke bindingen av nitrogen ved omsetningen av slammet, vil det være forholdsvis stor avlingsøkning ved ekstra nitrogentilførsel til slamtyper som har negativ eller bare svak positiv virkning. For typer med stor positiv virkning førte økt nitrogentilførsel til avlingsnedgang i en del tilfelle i disse forsøkene. Dette svarer til andre karforsøk hvor det er negativ virkning av slamtilførsel til vanlig åkerjord i god hevd når det samtidig ble gjødslet med nitrogen. (Martinsen 1976

III F o r s ø k I

Forsøket ble gjennomført våren og sommeren 1973. Hensikten var å sammenligne virkningen av en rekke forskjellige slamtyper på vekst og kjemisk sammensetning av havre.

A. Forsøksmateriale og metoder.

Forsøket ble utført i emaljerte kar. Jordarten var middels stiv leirjord. Før forsøket ble satt i gang ble jorden analysert for innhold av lettløselig fosfor, kalium og magnesium etter AL-metoden ved Statens jordundersøkelse, Ås-NLH. P-AL, K-AL og Mg-AL angir henholdsvis mg P, mg K og mg Mg pr. 100 g lufttørr jord.

Analysene viste følgende:

Glødetap	pH	P-AL	K-AL	Mg-AL
5,7	7,1	9,4	19	13

Det ble brukt 6,3 kg jord pr. kar. De ulike slamtypene ble blandet inn i jorden kort tid før såing.

Følgende typer var med i forsøket:

Mekanisk slam, kalkstabilisert. Slam fra forsedimentering (mekanisk rensing) som er tilsatt lesket kalk i en mengde av 130 g Ca (OH)₂ pr. kg suspendert tørrstoff (SS) i slammet.

Mekanisk slam, aerobt stabilisert. Slam fra forsedimentering som er luftet i 25 døgn. Dette er sannsynligvis ikke tilstrekkelig til å gi et stabilt slam ved den "batch" stabiliseringen som her er brukt.

Biologisk slam. Slam fra biologisk renseanlegg (langtidslufter) med nominell luftetid: 10 timer.

AL-slam, aerobt stabilisert. Slam fra sekundærfelling (kjemisk felling av mekanisk rensed avløpsvann) med aluminiumsulfat som

fellingsmiddel. Dosering: $120 \text{ g Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 18 \text{ H}_2\text{O pr. m}^3$
 avløpsvann. Slammet er aerobt stabilisert i 25 døgn.

Al-slam. Slam fra etterfelling (kjemisk felling av biologisk rensed avløpsvann) med aluminiumsulfat som fellingsmiddel. Dosering: $85 \text{ g Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 18 \text{ H}_2\text{O pr. m}^3$ avløpsvann. Ikke stabilisert.

Fe/Ca-slam, aerobt stabilisert. Slam fra sekundærfelling med treverdige jernklorid og kalk som fellingsmidler. Dosering: $147 \text{ g FeCl}_3 \cdot 6 \text{ H}_2\text{O pr. m}^3 + 83 \text{ g lesket kalk pr. m}^3$. Slammet er aerobt stabilisert i 25 døgn.

Ca-slam. Slam fra sekundærfelling med kalk som fellingsmiddel. Dosering: $375 \text{ g lesket kalk pr. m}^3$.

Den kjemiske sammensetningen av de forskjellige slamtypene er vist i tabell 1. Innholdet av bly, kadmium, kopper, krom, kvikksølv, nikkell og sink er bestemt ved Oslo Vann- og kloakkvesens laboratorium, Bekkelaget, mens de andre analysene er utført ved Kjemisk analyselaboratorium, NLH.

T a b e l l 1. Kjemisk sammensetning av kloakkslam brukt i forsøk I

	Mek.slam kalkstab.	Mek.slam aerobt stab.	Biol. slam	Al-slam aerobt stab.	Al-slam fra etter- felling	Fe/Ca- slam aerobt stab.	Ca-slam
pH	11,1	5,0	6,3	6,5	6,5	8,5	11,2
%tørrestoff % av tørrst:	14,6	14,0	16,3	8,2	5,4	14,1	26,7
Aske	28,8	10,4	40,8	44,3	53,8	75,1	77,9
Kjeld.-N	1,99	3,07	4,29	3,78	2,59	1,76	1,09
NH ₄ -N	0,007	0,038	0,48	0,45	0,41	0,062	0,001
NO ₃ -N	0,007	0,007	0,006	0,012	0,019	0,006	0,004
Tot.-P	0,46	0,35	1,59	4,03	7,96	2,20	1,13
K	0,096	0,093	0,40	0,10	0,11	0,069	0,026
Ca	3,97	0,66	0,92	0,54	0,85	12,05	23,63
Mg	0,56	0,11	0,47	0,17	0,17	2,41	3,83
Tot.-S	0,22	0,31	0,65	0,68	0,48	0,23	0,27
Cl	0,048	0,050	0,067	0,073	0,074	0,071	0,019
ppm av tørrst:							
Pb	72	89	220	140	83	373	53
Cd	<4	<4	<4	<6	<7	<4	2
Cu	360	240	1010	1400	450	1200	230
Cr	30	20	50	40	30	40	20
Hg	5,7	1,9	3,9	1,4	0,7	1,5	0,7
Ni	<20	<20	<20	<30	<40	<20	<10
Zn	400	1010	1420	2340	670	1600	290

Jordens pH økte etter tilførsel av aerobt stabilisert mekanisk + Fe/Ca-slam, kalkstabilisert mekanisk + Al-slam, mekanisk + Ca-slam og kalkstabilisert mekanisk slam. De andre slamtypene hadde liten virkning på de to jordtypenes surhetsgrad.

Samtlige slamtyper, unntatt kalkstabilisert mekanisk + Al-slam og mekanisk + Ca-slam, økte nitrogeninnholdet i kornet på leirjorden. På sandjorden økte innholdet etter samtlige slamtyper. Det samme var tilfellet med nitrogeninnholdet i halmen på leirjorden, mens de fleste slamtypene førte til nedgang i halmens nitrogeninnhold på sandjorden. Fosforinnholdet i korn og halm fra sandjorden økte etter samtlige slambehandlinger, bortsett fra aerobt stabilisert mekanisk + Al-slam og største mengde ustabilisert mekanisk slam, hvor innholdet var uforandret. På leirjorden økte fosforinnholdet i kornet etter samtlige slamtyper bortsett fra mekanisk + Ca-slam, kalkstabilisert mekanisk slam og minste mengde aerobt stabilisert mekanisk + Al-slam. De to sistnevnte forsøksleddene sammen med største mengde aerobt stabilisert mekanisk + Fe/Ca-slam hadde et fosforinnhold i halmen som avvek forholdsvis lite fra ledd uten slam. Kaliuminnholdet i kornet viste meget små variasjoner mellom de ulike forsøksledd på begge jordtypene. Innholdet i halmen varierte forholdsvis mye. På leirjorden økte de fleste slamtypene kaliuminnholdet i halmen i forhold til forsøksledd uten slam, mens det stort sett var nedgang i innholdet på sandjorden. Innholdet av kalsium i kornet var lite påvirket av de ulike slambehandlingene, mens det økte i halmen etter de fleste slamtypene. Samtlige slamtilførsler førte til økt innhold av svovel i halmen fra leirjord og i kornet og halmen fra sandjord. Innholdet av svovel i korn dyrket på leirjord varierte svært lite mellom de ulike forsøksleddene.

Kalsium.

Kalsiuminnholdet i kornet varierte svært lite mellom de ulike forsøksledd både på leirjord og sandjord.

Innholdet i halmen var lite påvirket av 3 tonn tørrstoff av u-stabilisert mekanisk slam og kalkstabilisert mekanisk + Al-slam på leirjord. De andre slambehandlingene økte kalsiuminnholdet i halmen sammenlignet med forsøksledd uten slam på denne jordtypen.

På sandjord økte kalsiuminnholdet i halmen etter samtlige slam-behandlinger. Sterkest var økningen etter tilførsel av ustabilisert mekanisk slam og svakest etter det meget kalsiumrike mekanisk + Ca-slammet.

Svovel.

Innholdet av svovel i korn dyrket på leirjord varierte svært lite mellom de ulike forsøksleddene. Samtlige slamtilførsler førte til økt svovelinnhold i halmen sammenlignet med forsøksledd uten slam på denne jordtypen. Sterkest var økningen etter aerobt stabilisert mekanisk slam.

På sandjord økte svovelinnholdet i korn og halm etter samtlige slamtilførsler. Størst økning var det etter de to typene mekanisk slam.

C. Konklusjon.

Det var tendens til avlingsnedgang etter tilførsel av kalkstabilisert mekanisk slam på begge jordtypene. På sandjorden var det også tendens til avlingsnedgang etter mekanisk + Ca-slam. De andre slamtypene førte til forholdsvis sterk avlingsøkning på leirjorden.

Det var meget positiv ettervirkning av samtlige slamtyper. Størst avling andre året var det på begge jordtypene der det var tilført u-stabilisert - eller aerobt stabilisert mekanisk slam.

For samtlige slamtyper, unntatt de to typene av Al-slam, ble det tilført 75 og 150 g tørrstoff pr. kar. Dette tilsvarer henholdsvis 3 og 6 tonn slamtørrstoff pr. dekar. Slammet var ferdig produsert 21. juni. For å utnytte den korte vekstsesongen var det nødvendig å starte forsøket så raskt som mulig. Det ble derfor ikke tid til å avvanne de to typene av Al-slam, som hadde et meget lavt tørrstoffinnhold. For å få plass i forsøkskarene måtte vi, på grunn av det store vanninnholdet, redusere slammengden til 37,5 og 75 g tørrstoff pr. kar for disse typene. Dette tilsvarer henholdsvis 1½ og 3 tonn slamtørrstoff pr. dekar.

Alle kar ble gjødslet med 0,15 g fosfor og 0,6 g kalium før såing. Halvparten av karene ble tilført 0,3 g nitrogen og halvparten 0,6 g. Dette tilsvarer henholdsvis 6 kg fosfor, 24 kg kalium og 12 og 24 kg nitrogen pr. dekar og er normal gjødslingsstyrke i karforsøk.

Næringsstoffene nitrogen, fosfor og kalium ble gitt som løsninger av henholdsvis $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$, $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$ og K_2SO_4 .

Karene var plassert i veksthus, men ble om dagen ved oppholdsvær kjørt ut i luftegård. Forsøket ble gjennomført med 3 paralleller. Veksten var havre. Det ble vannet med destillert vann. Avlingen er analysert ved Kjemisk analyselaboratorium, NLH.

B. Resultater.

1. Utvikling i veksttiden.

Det var ingen synlige forskjeller mellom de ulike slarbehandlingene ved oppspiringen. Frem til ca 1½ måned etter oppspiring var plantene lysegrønne og viste sterkt redusert vekst etter tilførsel av de to typene mekanisk slam. Kraftigst vekst var det etter tilførsel av biologisk slam. Alle slamtypene forsinket skyting og modning 2-4 dager og mer jo større slamtilførselen var. På grunn av den sene såingen (28. juni), ble plantene utsatt for sterke angrep av meldugg (Erysiphe graminis). Kort tid før høsting ble så forsøket kraftig angrepet av mus. Dette gikk særlig sterkt utover de karene hvor det fortsatt var grønne plantedeler.

Museangrepet reduserte spesielt sterkt kornavlingen i forsøksledd med tilførsel av 6 tonn tørrstoff av de to typene mekanisk slam.

2. Avlingsmengde og pH i jorden.

Avlingsresultatene og pH i jorden kort tid etter høsting går frem av tabell 2.

T a b e l l 2. Korn- og halmavling av havre og pH i jorden etter høsting i forsøk I. Avlingen er oppgitt i g tørrstoff pr. kar.

	Tilført nitrogen g. pr. kar ($\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$)				pH i jord
	0,3		0,6		
	Korn	Halm	Korn	Halm	
Uten slam	12,6	27,3	18,1	28,8	6,8
3 t TS/daa, mek. slam, kalk- stab.	11,2	16,8	22,9	28,9	7,2
6 " " " "	3,6	18,8	17,9	20,2	8,0
3 " " " ,aerobt stab.	18,4	24,7	23,4	30,9	6,9
6 " " " "	1,4	10,0	8,4	21,4	6,9
3 " " biologisk slam	13,5	37,2	15,9	41,3	6,6
6 " " " "	14,2	42,0	13,5	43,1	6,3
1½ " " Al-slam, aerobt stab.	18,9	35,5	20,9	34,1	6,7
3 " " " "	18,3	39,2	19,9	38,9	7,0
1½ " " " fra etterfell.	21,2	39,5	19,0	40,8	7,0
3 " " " "	29,2	38,1	33,3	50,1	7,0
3 " " Fe/Ca-slam, aerobt stab.	26,5	46,6	20,0	42,6	7,5
6 " " " "	33,8	55,0	28,5	51,1	7,9
3 " " Ca-slam	17,3	37,1	22,2	42,2	8,1
6 " " " "	19,5	40,7	26,6	45,2	8,3

LSD_{5%} korn = 6,3 g pr. kar

halm = 4,5 " " "

fosforinnhold på denne jordtypen. Innholdet i halmen økte etter tilførsel av 6 tonn tørrstoff av aerobt stabilisert mekanisk + Al-slam, mens det gikk ned etter minste mengde av denne slamtypen. Mekanisk + Ca-slam og kalkstabilisert mekanisk + Al-slam økte fosforinnholdet, mens kalkstabilisert mekanisk slam førte til liten forandring. Tilførsel av 3 tonn tørrstoff av aerobt stabilisert mekanisk + Fe/Ca-slam økte fosforinnholdet i halmen, mens 6 tonn førte til nedgang i innholdet.

Fosforinnholdet i korn og halm fra sandjorden økte etter samtlige slambehandlinger bortsett fra 6 tonn tørrstoff av ustabilisert mekanisk slam og 3 og 6 tonn aerobt stabilisert mekanisk + Al-slam, hvor innholdet var svært lite forskjellig fra forsøksledd uten slamtilførsel.

Kalium.

Innholdet av kalium i kornet viste meget små variasjoner mellom de ulike forsøksledd både på leirjord og sandjord.

Kaliuminnholdet i halmen derimot varierte forholdsvis mye, spesielt på sandjorden.

På leirjorden førte tilførsel av ustabilisert mekanisk slam, aerobt stabilisert mekanisk slam, aerobt stabilisert mekanisk + Al-slam og kalkstabilisert mekanisk + Al-slam til økt kaliuminnhold i halmen. Aerobt stabilisert mekanisk + Fe/Ca-slam hadde liten virkning på kaliuminnholdet i halmen, mens det gikk ned etter bruk av kalkstabilisert mekanisk slam og mekanisk + Ca-slam.

På sandjorden førte samtlige slamtilførsler, unntatt kalkstabilisert mekanisk slam, til til dels sterk nedgang i kaliuminnholdet i halmen sammenlignet med forsøksledd uten slam. Tilførsel av 6 tonn ustabilisert mekanisk slam førte til mer enn en halvering av innholdet.

Tabell 10. Innhold av plantenæringsstoffer i korn og halm av havre i forsøk III
tjærrstoff. Samtlige forsøksledd er gjødslet med 0,4 g N pr. kar.

Innholdet er oppgitt som g/100 g

	Kjeldahl-N		Total-P		K		Ca		Mg		Total-S	
	Korn	Halm	Korn	Halm	Korn	Halm	Korn	Halm	Korn	Halm	Korn	Halm
<u>Leirjord</u>												
Uten slam	1,42	0,24	0,36	0,046	0,48	3,13	0,10	0,58	0,14	0,15	0,13	0,18
Mek.slåm, ustab.	1,65	0,26	0,43	0,11	0,49	3,56	0,088	0,59	0,18	0,20	0,12	0,20
Mek.slåm,aerobt stab.	2,02	0,32	0,47	0,22	0,48	3,77	0,085	0,64	0,18	0,22	0,14	0,23
Mek.+Fe/Ca-slåm, aerobt stab.	2,06	0,40	0,46	0,12	0,48	3,40	0,11	0,79	0,16	0,23	0,14	0,34
Mek.+Al-slåm, aerobt stab.	2,34	0,42	0,49	0,34	0,48	3,55	0,098	0,69	0,19	0,23	0,16	0,30
Mek.+Al-slåm, aerobt stab.	1,66	0,30	0,42	0,076	0,50	3,27	0,10	0,67	0,18	0,22	0,12	0,26
Mek.+Al-slåm, aerobt stab.	1,99	0,33	0,42	0,046	0,48	3,00	0,11	0,85	0,17	0,28	0,14	0,32
Mek.+Al-slåm, kalkstab.	1,56	0,29	0,36	0,034	0,45	3,33	0,095	0,71	0,16	0,21	0,12	0,24
Mek.slåm, kalkstab.	1,57	0,29	0,40	0,064	0,45	3,56	0,10	0,72	0,16	0,21	0,13	0,24
Mek.+Ca-slåm	1,44	0,27	0,41	0,17	0,48	3,36	0,097	0,59	0,15	0,25	0,12	0,19
	1,58	0,34	0,34	0,042	0,46	2,87	0,11	0,80	0,16	0,27	0,13	0,26
	1,40	0,29	0,36	0,11	0,46	2,73	0,090	0,66	0,16	0,27	0,12	0,23
<u>Sandjord</u>												
Uten slam	1,08	0,29	0,25	0,025	0,43	2,35	0,13	0,61	0,13	0,15	0,092	0,14
Mek.slåm, ustab.	1,54	0,29	0,30	0,037	0,42	1,68	0,12	0,96	0,14	0,25	0,12	0,21
Mek.slåm, aerobt stab.	1,84	0,36	0,25	0,025	0,44	1,04	0,15	1,19	0,12	0,21	0,14	0,22
Mek.+Fe/Ca-slåm,aerobt stab.	1,60	0,29	0,39	0,22	0,42	1,97	0,11	0,81	0,17	0,31	0,12	0,24
Mek.+Al-slåm, aerobt stab.	1,89	0,37	0,41	0,19	0,42	1,56	0,14	0,88	0,15	0,37	0,15	0,35
Mek.+Al-slåm, aerobt stab.	1,26	0,24	0,32	0,058	0,41	1,55	0,12	0,88	0,17	0,39	0,10	0,20
Mek.+Al-slåm, aerobt stab.	1,42	0,27	0,33	0,069	0,41	1,38	0,13	0,83	0,17	0,38	0,11	0,20
Mek.+Al-slåm, kalkstab.	1,30	0,26	0,24	0,017	0,37	1,68	0,13	0,84	0,16	0,29	0,11	0,21
Mek.slåm,kalkstab.	1,40	0,27	0,30	0,025	0,40	1,83	0,13	0,87	0,16	0,32	0,10	0,21
Mek.+Ca-slåm	1,34	0,24	0,35	0,15	0,43	1,99	0,11	0,77	0,18	0,34	0,11	0,17
	1,29	0,25	0,33	0,059	0,42	2,21	0,13	0,79	0,17	0,40	0,11	0,19
	1,27	0,24	0,33	0,090	0,39	1,74	0,12	0,70	0,19	0,46	0,097	0,18

34

LSD_{5%} (Least Significant Difference) angir minste signifikante differanse mellom forsøksleddene. Hvis avlingsforskjellen mellom to forsøksledd er mindre enn oppgitte verdier for LSD_{5%}, er differansen ikke signifikant på 5% nivået. Tabellen viser at det var avlingsøkning etter tilførsel av Al-slam fra etterfelling, aerobt stabilisert Fe/Ca-slam eller Ca-slam, sammenlignet med forsøksledd uten slam. Aerobt stabilisert Al-slam førte til økt avling ved minste tilleggs-gjødsling med nitrogen. Tilførsel av biologisk slam hadde liten virkning på kornavlingen, mens halmavlingen økte forholdsvis mye sammenlignet med forsøksledd uten slam. Når man ser bort fra halmavlingen ved minste nitrogentilførsel, har 3 tonn kalkstabilisert mekanisk slam hatt forholdsvis liten virkning på avlingsmengden, mens det var avlingsnedgang etter tilførsel av 6 tonn av denne slamtypen. Nedgangen var særlig sterk ved svakeste nitrogengjødsling. Det var også sterk avlingsnedgang etter tilførsel av 6 tonn aerobt stabilisert mekanisk slam. Denne sterke nedgangen ved største mengde av disse to typene mekanisk slam skyldes delvis spesielt sterkt musegnag i disse leddene. Det var imidlertid også tydelig negativ effekt på veksten av å øke slammengden. Avlingen økte opp til største mengde Al-slam fra etterfelling, Fe/Ca-slam og Ca-slam, men var lite påvirket av mengden biologisk slam og aerobt stabilisert Al-slam.

Ca-slammet førte til sterkest økning av pH i jorden. Det var også forholdsvis sterk økning etter tilførsel av kalkstabilisert mekanisk slam og aerobt stabilisert Fe/Ca-slam. De andre slamtypene hadde liten virkning på jordens surhetsgrad.

3. Innhold av plantenæringsstoffer i avlingen.

Plantenæringsstoff er her brukt om stoffene nitrogen, fosfor, kalium, kalsium, magnesium, svovel og klor. Kopper og sink, som også er plantenæringsstoffer, er behandlet sammen med de andre tungmetallene. Tabell 3 viser innholdet av nitrogen, fosfor, kalium, kalsium, magnesium, svovel og klor i korn og halm fra samtlige forsøksledd med tilførsel av 3 tonn slamtjærrstoff pr. dekar.

T a b e l l 3.

Innhold av plantenæringsstoffer i korn og halm av havre i forsøk I etter tilførsel av 3 tonn slamtørrstoff pr. dekar og tilleggs gjødsling med 0,3 g nitrogen pr. kar. Innholdet er oppgitt i prosent av tørrstoffet.

	Kjeldahl-N		Total-P		K		Ca		Mg		Total-S		Cl	
	Korn	Halm	Korn	Halm	Korn	Halm	Korn	Halm	Korn	Halm	Korn	Halm	Korn	Halm
Uten slam	2,82	1,37	0,42	0,11	0,66	4,1	0,070	0,68	0,15	0,21	0,21	0,39	0,17	0,87
Mek.sl.kalkstab.	1,82	0,49	0,45	0,37	0,71	4,3	0,051	0,40	0,17	0,18	0,19	0,36	0,19	1,20
Mek.sl.aerobt.stab.	2,08	0,54	0,47	0,28	0,66	4,1	0,052	0,42	0,17	0,18	0,20	0,35	0,16	1,08
Biologisk slam	2,57	1,56	0,48	0,25	0,66	3,8	0,083	0,69	0,15	0,23	0,22	0,44	0,14	0,93
Al-slam.aerobt stab.	2,46	1,34	0,43	0,12	0,64	3,7	0,076	0,58	0,14	0,20	0,22	0,37	0,15	0,93
Al-slam, fra etterfelling	1,48	0,55	0,38	0,27	0,64	3,5	0,059	0,39	0,13	0,13	0,13	0,23	0,14	0,91
Fe/Ca-slam, aerobt stab.	2,53	1,32	0,37	0,086	0,61	2,9	0,074	0,63	0,14	0,33	0,22	0,40	0,15	0,82
Ca-slam	2,27	1,64	0,41	0,12	0,64	3,5	0,063	0,56	0,16	0,40	0,21	0,46	0,18	0,91

3. Innhold av plantenæringsstoffer i avlingen.

Avlingen fra 1974 er analysert for innhold av nitrogen, fosfor, kalium, kalsium, magnesium og svovel. Resultatene er vist i tabell 10. Det er ikke foretatt analyser av avlingen fra 1975.

Nitrogen.

På leirjorden økte innholdet av nitrogen i kornet etter tilførsel av ustabilisert mekanisk slam, aerobt stabilisert mekanisk slam, aerobt stabilisert mekanisk + Fe/Ca-slam, aerobt stabilisert mekanisk + Al-slam eller kalkstabilisert mekanisk slam i forhold til forsøksledd uten slam. For samtlige av disse slamtypene utenom aerobt stabilisert mekanisk + Al-slam, økte nitrogeninnholdet i kornet ved økende slamtilførsel. Kalkstabilisert mekanisk + Al-slam og mekanisk + Ca-slam påvirket innholdet svært lite. Samtlige slamtyper førte til økt nitrogeninnhold i halmen.

Innholdet av nitrogen i korn dyrket på sandjord økte etter samtlige slamtilførsler i forhold til forsøksledd uten slam. Innholdet var høyere jo mer slam som var tilført. Nitrogeninnholdet i halmen var høyest der det var tilført 6 tonn tørrstoff av ustabilisert mekanisk slam eller aerobt stabilisert mekanisk slam, mens det ikke var noen forandring etter tilførsel av minste mengde av disse to typene, sammenlignet med forsøksledd uten slam. De andre slamtilførselsene førte til svak nedgang i nitrogeninnholdet i halmen.

Fosfor.

Aerobt stabilisert mekanisk slam førte til sterkest økning av fosforinnholdet i kornet både på leirjord og sandjord. Innholdet økte med økende slamtilførsel. Fosforinnholdet i kornet økte også etter tilførsel av ustabilisert mekanisk slam, aerobt stabilisert mekanisk + Fe/Ca-slam, 6 tonn tørrstoff av aerobt stabilisert mekanisk + Al-slam og kalkstabilisert mekanisk + Al-slam til leirjord i forhold til forsøksledd uten slam. Tilførsel av 3 tonn aerobt stabilisert mekanisk + Al-slam, kalkstabilisert mekanisk slam eller mekanisk + Ca-slam førte ikke til forandringer i kornets

1975.

Ettervirkningen var meget god for samtlige slamtyper, som alle førte til forholdsvis sterk avlingsøkning sammenlignet med forsøksledd uten slam. Størst positiv virkning var det der det året før var tilført ustabilisert mekanisk slam eller aerobt stabilisert mekanisk slam.

Det var meget små forandringer i jordens surhetsgrad fra året før.

Sandjord.

1974.

Det var en svak tendens til nedgang i avlingen etter kalkstabilisert mekanisk slam og mekanisk + Ca-slam sammenlignet med forsøksledd uten slam, og tendens til avlingsøkning etter kalkstabilisert mekanisk + Al-slam. Samtlige andre slamtyper økte avlingen forholdsvis mye. Best effekt hadde aerobt stabilisert mekanisk slam og ustabilisert mekanisk slam, men det var og forholdsvis stor positiv virkning av aerobt stabilisert mekanisk + Fe/Ca-slam og aerobt stabilisert mekanisk + Al-slam. For disse fire slamtypene økte avlingen med økt slamtilførsel.

Mekanisk + Ca-slam førte til sterkest økning av pH i jorden. Det var også forholdsvis stor pH-økning der det var tilført aerobt stabilisert mekanisk+Fe/Ca-slam, kalkstabilisert mekanisk + Al-slam eller kalkstabilisert mekanisk slam. De andre slamtypene har hatt liten virkning på jordens surhetsgrad.

1975.

Det var meget god ettervirkning av samtlige slamtyper og avlingen økte sterkt der det var tilført slam året før sammenlignet med forsøksledd uten slam. Den positive virkningen var størst etter tilførsel av ustabilisert og aerobt stabilisert mekanisk slam.

I de fleste forsøksledd har jordens pH sunket svakt fra året før, mens det i forsøksledd med aerobt stabilisert mekanisk + Fe/Ca-slam og kalkstabilisert mekanisk + Al-slam var tendens til høyere pH i 1975 enn i 1974.

Nitrogen.

All slamtilførsel førte til nedgang i nitrogeninnholdet i kornet i forhold til forsøksledd uten slam. Spesielt sterk var nedgangen etter tilførsel av de to typene mekanisk slam og Al-slammet fra etterfelling. Disse tre slamtypene ga også meget sterk nedgang i nitrogeninnholdet i halmen. Biologisk slam og Ca-slam førte begge til økt nitrogeninnhold i halmen, mens det var lite påvirket av aerobt stabilisert Al-slam og aerobt stabilisert Fe/Ca-slam.

Fosfor.

Fosforinnholdet i korn og halm økte etter tilførsel av kalkstabilisert mekanisk slam og biologisk slam, sammenlignet med forsøksledd uten slam. Innholdet var uforandret etter tilførsel av aerobt stabilisert Al-slam og Ca-slam, mens det gikk ned ved bruk av aerobt stabilisert Fe/Ca-slam. Tilførsel av Al-slam fra etterfelling senket fosforinnholdet i kornet, men økte innholdet i halmen i forhold til forsøksledd uten slam.

Kalium

Innholdet av kalium i kornet viste små variasjoner mellom de ulike forsøksledd. Det var imidlertid tendens til økning etter tilførsel av kalkstabilisert mekanisk slam og nedgang etter aerobt stabilisert Fe/Ca-slam. Innholdet i halmen var lavere etter tilførsel av biologisk slam, aerobt stabilisert Al-slam, Al-slam fra etterfelling, Ca-slam og aerobt stabilisert Fe/Ca-slam enn i forsøksledd uten slam. Spesielt lavt innhold var det etter den sistnevnte slamtypen. Kalkstabilisert mekanisk slam førte til en svak økning av kaliuminnholdet i halmen, mens det var uforandret etter det aerobt stabiliserte mekaniske slammet.

Kalsium.

Tilførsel av biologisk slam, aerobt stabilisert Al-slam og aerobt stabilisert Fe/Ca-slam førte til økt kalsiuminnhold i kornet sammenlignet med forsøksledd uten slam. De andre slamtypene førte til nedgang i kalsiuminnholdet. Kalsiuminnholdet i halmen var uforandret etter tilførsel av biologisk slam.

Aerobt stabilisert Al-slam, aerobt stabilisert Fe/Ca-slam og Ca-slam ga en forholdsvis svak nedgang i kalsiuminnholdet i halmen, mens nedgangen var sterkere for de to typene mekanisk slam og Al-slam fra etterfelling.

Magnesium.

Magnesiuminnholdet i kornet var svært lite påvirket av de ulike slambehandlingene. Tilførsel av aerobt stabilisert Fe/Ca-slam og Ca-slam økte innholdet i halmen, mens det var nedgang etter tilførsel av Al-slam fra etterfelling, sammenlignet med forsøksledd uten slam. De andre slamtypene påvirket magnesiuminnholdet i halmen svært lite.

Svovel.

Innholdet av svovel i korn og halm var lite påvirket av slamtilførselen. Det var imidlertid tendens til nedgang i innholdet ved bruk av Al-slam fra etterfelling, mens biologisk slam og Ca-slam førte til økt innhold i halmen i forhold til forsøksledd uten slam.

Klor

Klorinnholdet i kornet viste små variasjoner mellom de ulike forsøksledd. De to typene mekanisk slam førte til økning av klorinnholdet i halmen, mens de andre slamtypene bare i svært liten grad påvirket halmens klorinnhold.

4. Innhold av tungmetaller i avlingen.

Innholdet av bly, kadmium, kopper, kvikksølv, nikkel og sink i avlingen går frem av tabell 4. På grunn av problemer ved analyseringen foreligger det ennå ingen analysetall for blyinnholdet i kornet.

Bly.

Innholdet av bly i halmen økte forholdsvis sterkt ved tilførsel av aerobt stabilisert Al-slam, Al-slam fra etterfelling, aerobt stabilisert Fe/Ca-slam eller Ca-slam. De to typene mekanisk slam og det biologiske slammet har ikke påvirket blyinnholdet i nevneverdig grad. Det ser ut til å være liten sammenheng mellom blyinnholdet i slammet og opptaket i halmen, når en ser bort fra at Fe/Ca-slammet med høyest blyinnhold har ført til størst innhold i halmen.

Tabell 9 forts.

Sandjord		Tilleggsgjødsling med N, g pr.kar				pH i jord	
		0,4		0,8			
		Korn	Halm	Korn	Halm		
Uten slam	1974	18,2	26,6	23,9	30,5	6,9	
	1975	13,4	13,1	-	-	6,7	
Mek.slam, ustab. 3 t. TS	1974	33,4	30,8	34,2	29,2	6,9	
	1975	33,6	35,8	-	-	6,5	
	6 t. TS	1974	42,7	40,4	43,1	37,0	6,7
		1975	51,5	58,1	-	-	6,4
Mek.slam, aerobt stab	3 t. TS	1974	33,3	31,3	34,5	33,9	6,9
		1975	35,1	35,1	-	-	6,8
	6 t. TS	1974	41,8	45,7	42,6	47,8	6,7
		1975	46,9	48,2	-	-	6,6
	Mek.+Fe/Ca-slam, aerobt stab. 3 t. TS	1974	29,7	34,9	33,3	36,9	7,4
		1975	35,1	40,8	-	-	7,6
6 t. TS	1974	35,5	39,0	40,0	42,8	7,5	
	1975	42,3	47,4	-	-	7,7	
	1974	26,6	32,6	32,1	34,5	7,1	
Mek.+Al-slam, aerobt stab. 3 t. TS	1975	24,6	22,1	-	-	6,7	
	6 t. TS	1974	32,3	34,9	34,0	35,0	6,6
		1975	36,7	32,3	-	-	6,6
Mek.+Al-slam, kalkstab. 3 t. TS	1974	-	-	28,6	31,0	7,5	
	1975	30,8	39,0	-	-	7,9	
Mek.slam,kalkstab. 3 t. TS	1974	-	-	22,8	25,1	7,3	
	1974	-	-	21,9	26,6	7,9	
LSD _{5%}	1974	Korn 4,0 g pr. kar Halm 3,5 " " "		1975	Korn 7,7 g pr. kar Halm 7,9 " " "		

Tabell 9. Korn- og halmavling av havre og pH i jorden etter høsting i forsøk III
Avlingen er oppgitt i g tørrstoff pr. kar

Leirjord		Tilleggsgjødsling med N, g pr. kar				pH i jord
		0,4		0,8		
		Korn	Halm	Korn	Halm	
Uten slam	1974	34,7	42,5	36,4	40,8	6,1
	1975	27,9	33,7	-	-	5,9
Mek.slam, ustab. 3 t TS	1974	34,8	38,3	35,2	40,1	6,1
	1975	51,3	54,1	-	-	5,9
6 t TS	1974	34,3	37,4	43,2	43,1	6,2
	1975	57,1	58,9	-	-	5,9
Mek.slam, aerobt stab 3 t TS	1974	48,4	49,8	50,2	51,2	6,0
	1975	46,7	49,2	-	-	5,9
6 t TS	1974	41,7	41,0	49,2	48,4	6,2
	1975	55,9	55,4	-	-	6,1
Mek. + Fe/Ca-slam, aerobt stab. 3 t TS	1974	40,6	44,1	42,8	47,4	6,6
	1975	40,8	44,2	-	-	6,6
6 t TS	1974	47,8	50,7	48,4	50,2	7,2
	1975	51,8	54,3	-	-	7,1
Mek. + Al-slam, aerobt stab. 3 t TS	1974	40,4	41,8	41,9	45,8	6,2
	1975	37,8	40,5	-	-	6,2
6 t TS	1974	38,0	39,6	41,3	46,6	6,2
	1975	45,7	44,2	-	-	6,1
Mek. +Al-slam, kalkstab. 3 t TS	1974	-	-	39,2	50,7	7,1
	1975	45,4	48,9	-	-	7,0
Mek.slam,kalkstab. 3 t TS	1974	-	-	33,6	38,7	6,8
Mek. +Ca-slam 3 t TS	1974	-	-	38,1	45,2	7,0
LSD _{5%}	1974	Korn 6,1 g pr kar		1975 Korn 3,0 g pr kar		
		Halm 6,6 " " "		Halm 5,3 " " "		

FORTS.

Tabell 10. 4. Innhold av tungmetaller i korn og halm av havre i forsøk I etter tilførsel av 3 tonn slamtørrstoff pr. dekar og tilleggsgjødslet med 0,3g nitrogen pr. kar. Innholdet er oppgitt i ppm av tørrstoffet.

	Pb		Cd		Cu		Hg		Ni		Zn	
	Korn	Halm	Korn	Halm	Korn	Halm	Korn	Halm	Korn	Halm	Korn	Halm
Uten slam	-	0,25	0,06	0,07	6,3	7,1	<0,01	0,01	0,30	0,32	46	21
Mek.sl. kalkstab.	-	0,33	0,05	0,08	5,9	7,5	<0,01	0,01	0,40	0,42	43	26
Mek.sl. aerobt stab.	-	0,23	0,07	0,05	8,2	8,0	<0,01	0,01	0,60	0,53	41	25
Biologisk slam	-	0,22	0,06	0,12	6,6	7,2	<0,01	0,01	0,10	0,32	43	22
Al-slam, aerobt stab.	-	0,75	0,04	0,09	5,6	7,2	<0,01	0,01	0,19	0,42	41	27
Al-slam, fra etterfelling	-	0,74	0,08	0,11	5,9	7,8	<0,01	0,01	0,37	0,84	41	22
Fe/Ca-slam, aerobt stab.	-	0,99	0,06	0,06	6,4	6,9	<0,01	0,01	0,32	<0,10	42	25
Ca-slam	-	0,91	0,06	0,09	7,2	6,6	<0,01	<0,01	0,53	<0,10	31	24

Kadmium.

Kadmiuminnholdet i kornet og halmen viste svært små variasjoner mellom de ulike forsøksledd og var lite påvirket av slamtilførsel.

Kopper.

Det var tendens til økt kopperinnhold i kornet etter tilførsel av aerobt stabilisert mekanisk slam og Ca-slam sammenlignet med forsøksledd uten slamtilførsel. De andre slamtypene påvirket kopperinnholdet i kornet svært lite. Tilførsel av aerobt stabilisert mekanisk slam og Al-slam fra etterfelling førte til en viss økning av kopperinnholdet i halmen, mens det var tendens til nedgang etter Ca-slam. Det synes ikke å være sammenheng mellom kopperinnhold i slam og planter. Således var innholdet i korn og halm høyest der det var tilført aerobt stabilisert mekanisk slam som hadde et meget lavt kopperinnhold, mens innholdet i kornet var lavest etter tilførsel av aerobt stabilisert Al-slam som inneholdt 6 ganger så mye kopper som det mekaniske slammet. Maksimalt opptak i plantene var ca. 2 prosent av tilført koppermengde.

Kvikksølv.

Innholdet av kvikksølv i kornet lå så lavt at analysemetoden ikke var nøyaktig nok til å registrere det virkelige innholdet. Det var ingen forskjeller mellom de ulike forsøksledd når det gjelder kvikksølvinnholdet i halmen.

Nikkel.

Nikkelinnholdet i korn og halm viste en del variasjoner mellom de ulike forsøksledd. De to typene mekanisk slam økte innholdet både i korn og halm. Ca-slammet førte til større innhold i kornet, men lavere i halmen, mens de to typene Al-slam økte nikkelinnholdet i halmen sammenlignet med forsøksledd uten slam. Aerobt stabilisert Al-slam førte til nedgang i innholdet i kornet, mens det var forholdsvis lite påvirket av Al-slam fra etterfelling. Tilførsel av biologisk slam eller aerobt stabilisert Fe/Ca-slam førte til uforandret eller lavere nikkelinnhold i plantene sammenlignet med forsøksledd uten slamtilførsel.

B. Resultater.

1. Utvikling i veksttiden.

Det var ingen synlige forskjeller mellom de ulike forsøksledd ved oppspiringen.

Utover i vekstperioden var det noe redusert vekst og en viss gulning av plantene etter tilførsel av ustabilisert mekanisk slam på leirjord. Det samme gjorde seg gjeldende der det var tilført kalkstabilisert mekanisk slam, kalkstabilisert mekanisk + Al-slam og mekanisk + Ca-slam til sandjord. På sandjorden var det imidlertid hele tiden bedre vekst i samtlige forsøksledd med slam enn uten.

2. Avlingsmengde.

I tabell 9 er gjengitt avlingsresultatene og pH i jorden etter høsting av forsøket.

Leirjord.

1974.

Avlingen økte etter tilførsel av aerobt stabilisert mekanisk slam, aerobt stabilisert mekanisk + Fe/Ca-slam, aerobt stabilisert mekanisk + Al-slam, kalkstabilisert mekanisk + Al-slam og mekanisk + Ca-slam sammenlignet med forsøksledd uten slam. Utslagene var imidlertid stort sett forholdsvis små. Tilførsel av ustabilisert mekanisk slam virket lite inn på avlingsmengden, mens kalkstabilisert mekanisk slam førte til en svak avlingsnedgang.

Avlingen økte med økt tilførsel av aerobt stabilisert mekanisk + Fe/Ca-slam, minket med økt tilførsel av aerobt stabilisert mekanisk slam og var lite påvirket av mengden aerobt stabilisert mekanisk + Al-slam.

Jordens pH økte sterkest etter tilførsel av 6 tonn aerobt stabilisert mekanisk + Fe/Ca-slam, 3 tonn kalkstabilisert mekanisk + Al-slam og 3 tonn mekanisk + Ca-slam. Økningen var noe mindre etter tilførsel av kalkstabilisert mekanisk slam. De andre slamtypene påvirket ikke jordens pH i nevneverdig grad.

Tabell 8. Kjemisk sammensetning av kloakkslam brukt i forsø. III

	pH	Tørr- stoff %	Prosent av tørrstoff									
			Aske	Kjeld.-N	NH ₄ -N	NO ₃ -N	Tot-P	K	Ca	Pg	Tot-S	Cl
Mek. slam, stab.	6,6	14,2	9,9	3,17	0,77	<0,007	0,42	0,07	0,70	0,14	0,27	0,056
Mek. slam, aerobt stab.	6,7	10,1	34,7	3,56	0,32	<0,01	1,49	0,32	1,58	0,40	0,40	0,090
Mek. +Fe/Ca-slam, aerobt stab.	7,6	14,1	58,8	1,99	0,28	0,007	1,42	0,18	11,63	1,13	0,24	0,12
Mek. +Al-slam, aerobt stab.	6,8	10,2	44,1	3,04	0,31	<0,01	1,96	0,19	1,18	0,29	0,48	0,13
Mek. +Al-slam, kalkstab.	11,2	10,6	50,0	1,89	0,16	0,038	1,04	0,13	14,9	1,41	0,43	0,20
Mek. slam, kalkstab.	9,8	11,9	34,4	1,85	0,49	0,017	0,84	0,16	6,64	0,76	0,27	0,059
Mek. +Ca-slam	9,8	17,6	67,0	0,91	0,27	0,017	0,57	0,11	23,1	2,95	0,18	0,034

28

Sink.

Sinkinnholdet i kornet var lavere etter samtlige slamtyper enn i forsøksledd uten slam. Spesielt sterk var nedgangen ved bruk av Ca-slam. Innholdet i halmen derimot, viste en tendens til økning etter samtlige slamtyper selv om forskjellene var meget små i de fleste tilfelle. Når en ser bort fra at det mest sinkrike slamm, aerobt stabilisert Al-slam har ført til høyest innhold i halmen, ser det ut til å være liten sammenheng mellom sinkinnholdet i plantene og i slamm.

C. Konklusjon.

Kalkstabilisert- og aerobt stabilisert mekanisk slam virket begge negativt på avlingsmengden. Avlingen minket med økende tilførsel av disse to slamtypene. Årsaken er sannsynligvis at slamm ikke var skikkelig stabilisert, dvs. at det fortsatt var biologisk lett nedbrytbart organisk stoff tilbake. Den negative effekten kunne delvis oppveies av sterk tilleggsjødsling med nitrogen. De andre slamtypene økte avlingen i større eller mindre grad, sammenlignet med forsøksledd uten slam.

Tilførsel av Ca-slam, kalkstabilisert mekanisk slam eller aerobt stabilisert Fe/Ca-slam økte pH i jorden. De andre slamtypene hadde liten virkning på jordreaksjonen.

Nitrogeninnholdet i kornet gikk ned som en følge av slamtilførselen. Innholdet i korn og halm var meget lavt etter tilførsel av kalkstabilisert- og aerobt stabilisert mekanisk slam og Al-slam fra etterfelling. Det var forholdsvis små variasjoner i halmens nitrogeninnhold mellom de andre slamtypene.

Fosforinnholdet i kornet økte noe etter de fleste slamtypene, men minket etter tilførsel av Al-slam fra etterfelling og aerobt stabilisert Fe/Ca-slam, noe som kan skyldes sterkere binding av fosforet i disse slamtypene. Den sistnevnte slamtypen førte også til lavere fosforinnhold i halmen, mens de andre typene ga til dels sterk økning eller uforandret innhold i forhold til forsøksledd uten slam. Kaliuminnholdet i kornet varierte svært lite mellom de ulike forsøksleddene. I halmen sank innholdet etter de fleste

slamtypene. De to typene mekanisk slam og Al-slam fra etterfelling førte til forholdsvis sterk nedgang i innholdet av kalsium i korn og halm. Variasjonene var små mellom de andre forsøksleddene. Magnesiuminnholdet i kornet var svært lite påvirket av de ulike slamtilførslene. Innholdet i halmen økte etter Ca-slam og aerobt stabilisert Fe/Ca-slam og minket etter Al-slam fra etterfelling. Det var bare små variasjoner mellom de andre forsøksleddene. Svovelinnholdet i plantene var forholdsvis lite påvirket av slamtilførslene. Det samme var tilfellet for klorinnholdet i kornet, mens de to typene mekanisk slam førte til økning av innholdet i halmen.

Det var tendens til forholdsvis sterk økning av blyinnholdet i halmen etter de fleste slamtilførslene. Kadmium- og kvikksølvinnholdet i korn og halm var derimot lite påvirket av de ulike slamtypene. De fleste typene hadde liten virkning på kopperinnholdet i korn og halm. Kalkstabilisert- og aerobt stabilisert mekanisk slam økte nikkelinholdet i korn og halm, mens Ca-slam førte til økt innhold i kornet og mindre i halmen. Høyest nikkelinhold i halmen var det etter tilførsel av Al-slam fra etterfelling. Samtlige slamtyper førte til lavere sinkinnhold i kornet og høyere i halmen enn i forsøksledd uten slam.

Det synes å være liten sammenheng mellom innholdet av de enkelte tungmetaller i slammet og opptaket i plantene.

Mekanisk slam, kalkstabilisert. Slammet er tilsatt lesket kalk i en mengde av 150 g Ca(OH)_2 pr. kg SS.

Mekanisk + Ca-slam. Slam fra sekundærfellingsanlegg med kalk som fellingsmiddel. Mekanisk slam og Ca-slam er blandet 1:2 på SS-basis.

Innholdet av plantenæringsstoffer i de ulike slamtypene er vist i tabell 8. Analysene er utført ved Kjemisk analyselaboratorium, NLH.

Det ble tilført 100 og 200 g tørrstoff pr. kar av rustabilisert mekanisk slam, aerobt stabilisert mekanisk slam, aerobt stabilisert mekanisk + Fe/Ca-slam og aerobt stabilisert mekanisk + Al-slam. Dette tilsvarer henholdsvis 3 og 6 tonn slamtørrstoff pr. dekar. Av de resterende tre slamtypene ble det brukt bare 100 g tørrstoff pr. kar. Disse slamtypene er for øvrig de samme som er benyttet i forsøk II.

Hvert kar ble i 1974 gjødslet med 0,2 g fosfor og 0,8 g kalium før såing. Halvparten av karene ble tilført 0,4 g nitrogen og halvparten 0,8 g.

Næringsstoffene nitrogen, fosfor og kalium ble tilført som løsninger av henholdsvis $\text{Ca(NO}_3)_2$, $\text{Ca(H}_2\text{PO}_4)_2$ og K_2SO_4 . Forsøkskar med leirjord ble kalket med 14 g CaCO_3 pr. kar og sandjorden med 10 g pr. kar.

I 1975 ble samtlige kar som i 1974 var gjødslet med største nitrogenmengde, tatt ut av forsøket. Forsøksledd med kalkstabilisert mekanisk slam og mekanisk + Ca-slam ble også tatt ut. De resterende kar ble gjødslet med 0,2 g fosfor, 0,8 g kalium og 0,4 g nitrogen.

Karene var plassert i veksthus. Forsøket ble gjennomført med 2 paralleller. Veksten var begge år havre. Det ble vannet med destillert vann. Avlingen er analysert ved Kjemisk analyselaboratorium, NLH.

V F o r s ø k III

Forsøket ble satt i gang våren 1974 med innblanding av en rekke ulike typer av blandslam i leirjord og sandjord kort tid før såing. Virkningen av denne innblandingen på vekst og innhold av plantenæringsstoffer i havre er så undersøkt i 1974 og 1975.

A. Forsøksmateriale og metoder.

Forsøket er utført i plastkar. Det ble benyttet middels stiv leirjord og sandjord. Jordanalysene viste følgende:

	Glødetap	pH	P-AL	K-AL	Mg-AL
Leirjord	7,5	5,4	10	19	7,8
Sandjord	1,6	5,4	1,2	4,5	0,9

Det ble brukt 7 kg jord pr. kar.

Følgende typer var med i forsøket:

Mekanisk slam, ustabilisert.

Mekanisk slam, aerobt stabilisert. Slammet er stabilisert i 40 døgn ("batch" stabilisering).

Mekanisk + Fe/Ca-slam, aerobt stabilisert. Slam fra sekundærfellingsanlegg med treverdige jernklorid og kalk som fellingsmidler. Mekanisk slam og Fe/Ca-slam er blandet 1:1 på SS-basis. Slammet er stabilisert i 40 døgn ("batch" stabilisering).

Mekanisk + Al-slam, aerobt stabilisert. Slam fra sekundærfellingsanlegg med aluminiumsulfat som fellingsmiddel. Mekanisk slam og Al-slam er blandet 1:1 på SS-basis. Slammet er stabilisert i 40 døgn ("batch" stabilisering).

Mekanisk + Al-slam, kalkstabilisert. Slam fra sekundærfellingsanlegg med aluminiumsulfat som fellingsmiddel. Mekanisk slam og Al-slam er blandet 1:1 på SS-basis. Slammet er tilsatt lesket kalk i en mengde av 400 g $\text{Ca}(\text{OH})_2$ pr. kg SS.

IV F o r s ø k II

Forsøket er gjennomført våren og sommeren 1974. Hensikten var å sammenligne kalkvirkningen, d.v.s. virkningen på jordens surhetsgrad, av kalkstabilisert mekanisk slam, kalkstabilisert mekanisk + Al-slam og mekanisk + Ca-slam med kalksteinsmel, som er et vanlig kalkingsmiddel i jordbruket. Dessuten er virkningen på avlingsmengde og innhold av plantenæringsstoffer i bygg undersøkt.

A. Forsøksmateriale og metoder.

Forsøket ble utført i emaljerte kar. Jordarten var middels stiv leirjord. Analyse av jorden før forsøket ble satt i gang viste følgende:

Glødetap	pH	P-AL	K-AL	Mg-AL
7,8	6,5	9	17	8,5

Det ble brukt 5,8 kg jord pr. kar. De ulike slamtypene ble blandet inn i jorden kort tid før såing.

Følgende typer var med i forsøket:

Kalkstabilisert mekanisk slam. Tilsetning av lesket kalk: 150 g $\text{Ca}(\text{OH})_2$ pr. kg suspendert tørrstoff (SS) i slammet.

Kalkstabilisert slam fra sekundærfellingsanlegg med aluminiumsulfat som fellingsmiddel. Mekanisk slam og Al-slam er blandet i forholdet 1:1 på SS-basis. Slammet er tilsatt lesket kalk i en mengde av 400 g $\text{Ca}(\text{OH})_2$ pr. kg SS.

Slam fra sekundærfellingsanlegg med kalk som fellingsmiddel. Mekanisk slam og Ca-slam er blandet i forholdet 1:2 på SS-basis.

Slammets pH og dets innhold av tørrstoff, aske, nitrogen, fosfor, kalium, kalsium, magnesium, svovel og klor er vist i tabell 5. Analysene er utført ved Kjemisk analyselaboratorium, NLH.

Tabell 5. Kjemisk sammensetning av kloakkslam brukt i forsøk II

	Mek. slam, kalkstab.	Mek. + Al-slam kalkstab.	Mek. + Ca-slam
pH	9,8	11,2	9,8
Tørrstoff (prosent)	11,9	10,6	17,6
prosent av tørrstoff:			
Aske	34,4	50,0	67,0
Kjeld.-N	1,85	1,89	0,91
NH ₄ -N	0,49	0,16	0,27
NO ₃ -N	0,017	0,038	0,017
Tot.-P	0,84	1,04	0,57
K	0,16	0,13	0,11
Ca	6,64	14,9	23,1
Mg	0,76	1,41	2,95
Tot.-S	0,27	0,43	0,18
Cl	0,059	0,20	0,034

De tre slamtypene er tilført i følgende mengder tørrstoff pr. kar [tilsvarende mengder pr. dekar i ()]:

Kalkstab. mek. slam	67 og 134 g (2680 og 5360 kg)
" " + Al-slam	30 og 60 " (1200 og 2400 ")
Mek. + Ca-slam	20 og 40 " (800 og 1600 ")

Disse mengdene tilsvarende en tilførsel på henholdsvis ca. 180 og ca. 360 kg Ca pr. dekar.

Virkningen av slamtilførselen er sammenlignet med forsøksledd uten slam og kalk og forsøksledd med tilførsel av 250 og 500 kg kalksteinsmel pr. dekar.

Hvert kar ble gjødslet med 0,15 g fosfor og 0,6 g kalium før såing. Halvparten av karene ble tilført 0,3 g nitrogen og halvparten 0,6 g. Næringsstoffene nitrogen, fosfor og kalium ble tilført som løsninger av henholdsvis Ca(NO₃)₂, Ca(H₂PO₄)₂ og K₂SO₄.

Karene var plassert i veksthus, men ble om dagen ved oppholdsvær kjørt ut i luftegård. Forsøket ble gjennomført med 3 paralleller. Veksten var bygg. Det ble vannet med destillert vann. Avlingsprøver er analysert ved Kjemisk analyselaboratorium, NLH.

C. Konklusjon.

Tilførsel av kalkstabilisert mekanisk slam førte til avlingsnedgang sammenlignet med forsøksledd uten slam. Den negative effekten økte med økt tilførsel. Kalkstabilisert mekanisk + Al-slam førte til økt avling, og det var også tendens til økt avling etter tilførsel av mekanisk + Ca-slam.

Alle forsøksbehandlingene økte jordens pH.

Nitrogeninnholdet i korn og halm var forholdsvis lite påvirket av slamtilførselene. Innholdet av fosfor økte etter kalkstabilisert mekanisk slam, men varierte lite mellom de andre forsøksbehandlingene. Kalkstabilisert mekanisk slam førte til økning av kaliuminnholdet i kornet og nedgang i halmen, mens dette var forholdsvis lite påvirket av de andre slamtypene. Kalsiuminnholdet i kornet varierte lite. Innholdet av kalsium i halmen og av magnesium i kornet og halmen økte etter tilførsel av kalkstabilisert mekanisk slam. Magnesiuminnholdet i halmen økte også etter kalkstabilisert mekanisk + Al-slam. Ellers var det små variasjoner i magnesiuminnholdet mellom de forskjellige forsøksledd. Kalkstabilisert mekanisk slam økte også svovelinnholdet i halmen forholdsvis sterkt. Det var også tendens til økning etter kalkstabilisert mekanisk + Al-slam. Svovelinnholdet i kornet var lite påvirket av de ulike forsøksbehandlingene.

Fosfor.

Tilførsel av kalkstabilisert mekanisk slam førte til økning av fosforinnholdet i korn og halm. De andre slamtypene påvirket innholdet i svært liten grad. Det var imidlertid tendens til økt innhold med økende slamtilførsel.

Kalium.

Innholdet av kalium i kornet økte etter tilførsel av kalkstabilisert mekanisk slam, men var lite påvirket av de andre forsøksbehandlingene, sammenlignet med ledd uten slam og kalk. Kaliuminnholdet i halmen gikk noe ned etter kalkstabilisert mekanisk slam og kalkstabilisert mekanisk + Al-slam, men var forholdsvis lite påvirket av mekanisk + Ca-slam og kalk.

Kalsium.

Kalsiuminnholdet i kornet viste meget små variasjoner mellom de ulike forsøksledd. Det var tendens til en svak økning av innholdet i halmen etter tilførsel av kalkstabilisert mekanisk + Al-slam og noe sterkere økning etter kalkstabilisert mekanisk slam, mens det var små forandringer etter mekanisk + Ca-slam.

Magnesium.

Kalkstabilisert mekanisk slam førte til høyere magnesiuminnhold i kornet enn samtlige andre forsøksbehandlinger. Denne slamtypen økte også innholdet i halmen forholdsvis sterkt, mens det var svakere økning etter de to andre slamtypene.

Svovel.

Det var ingen forskjeller i svovelinnholdet i kornet mellom de ulike forsøksledd. Tilførsel av mekanisk + Ca-slam førte ikke til forandringer av innholdet i halmen, mens det var tendens til økning etter kalkstabilisert mekanisk + Al-slam og sterkere økning etter kalkstabilisert mekanisk slam, sammenlignet med forsøksledd uten slam.

B. Resultater.

1. Utvikling i veksttiden.

Det ble ikke observert noen forskjeller mellom de ulike forsøksledd ved oppspiringen. Fra kort tid etter oppspiring var det tydelig negativ effekt av det kalkstabiliserte mekaniske slammet. Plantene var lyse grønne og vokste dårligere enn i de andre forsøksleddene. Det var bare små forskjeller mellom de andre forsøksbehandlingene.

2. Avlingsmengde og pH i jorden.

Avlingsresultatene og pH i jorden kort tid etter høsting går frem av tabell 6.

Tabell 6. Korn- og halmavling av bygg og pH i jorden etter høsting i forsøk II. Avlingen er oppgitt i g tørrstoff pr. kar.

	Tilført nitrogen g pr. kar ($\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$)				pH i jord
	0,3		0,6		
	Korn	Halm	Korn	Halm	
Uten slam, uten kalk	23,9	27,1	29,1	34,8	6,4
Uten slam, 250 kg CaCO_3 pr. dekar	24,6	26,4	32,3	34,0	6,8
Uten slam, 500 " " " "	27,7	28,2	30,8	33,8	7,0
Kalkstab. mek. slam, tilsvarende					
180 kg Ca pr. dekar	13,9	16,6	22,5	23,6	6,9
360 " " " "	16,2	13,3	16,4	14,6	7,2
Kalkstab. mek. + Al-slam, tilsvarende					
180 kg Ca pr. dekar	30,4	32,4	32,3	35,4	7,0
360 " " " "	27,4	28,9	35,8	36,0	7,0
Mek. + Ca-slam, tilsvarende					
180 kg Ca pr. dekar	25,6	29,4	34,1	33,7	6,7
360 " " " "	24,5	28,5	34,4	34,5	6,9

LSD_{5%}: Korn 3,1 g pr. kar
Halm 2,4 g pr. kar

Avlingsmengden var svært lite påvirket av tilførsel av kalksteinsmel. Kalkstabilisert mekanisk slam førte til forholdsvis sterk avlingsreduksjon sammenlignet med forsøksledd uten slam. Avlingsreduksjonen økte med økende mengde av denne slamtypen. Dette viste seg spesielt ved sterkeste tilleggs-gjødsling med nitrogen.

Tilførsel av kalkstabilisert mekanisk + Al-slam førte til avlingsøkning i forhold til ledd uten slam. Det var større avling etter tilførsel av 3 tonn slam-tørrstoff pr. dekar enn 6 tonn ved svak tilleggs-gjødsling med nitrogen, mens avlingsmengden økte ved økt tilførsel av denne slamtypen når det ble tilleggs-gjødslet med 0,6 g nitrogen pr. kar.

Det var tendens til økt avling etter bruk av mekanisk + Ca-slam. Spesielt var dette tilfellet for kornavlingen ved største tilleggs-gjødsling med nitrogen. Det var for denne slamtypen bare små forskjeller mellom de to mengdene.

All forsøksbehandling førte til økt pH i jorden. Resultatene tyder på noe svakere økning etter mekanisk + Ca-slam enn etter de to andre slamtypene. Den beskjedne variasjonen mellom de ulike typene viser at kalkvirkningen har vært forholdsvis lik. De små forskjellene mellom de ulike slamtypene på den ene side, og kalksteinsmel på den andre, tyder på at 180 og 360 kg Ca i slam har hatt omtrent tilsvarende virkning på jordreaksjonen som henholdsvis 100 og 200 kg Ca i kalksteinsmel. Dette tilsvarer en kalkvirkning av disse slamtypene på vel 50 prosent av virkningen av kalksteinsmel.

3. Innhold av plantenæringsstoffer i avlingen.

I tabell 7 er gjengitt innholdet av nitrogen, fosfor, kalium, kalsium, magnesium og svovel i korn og halm.

Nitrogen.

Innholdet av nitrogen i korn og halm var forholdsvis lite påvirket av kalk- og slamtilførselen. Det var imidlertid tendens til økning av innholdet i kornet etter kalkstabilisert mekanisk slam og nedgang i innholdet i halmen etter minste mengde av denne slamtypen, sammenlignet med forsøksledd uten slamtilførsel. Kalkstabilisert mekanisk + Al-slam og mekanisk + Ca-slam har virket lite inn på nitrogeninnholdet i plantene.

Tabell 7. Innhold av plantenæringsstoffer i korn og halm av bygg i forsøk II. Innholdet er oppgitt som g/100 g tørrstoff.

	Kjeldahl-N		Tot.-P		K		Ca		Mg		Tot.-S	
	Korn	Halm	Korn	Halm	Korn	Halm	Korn	Halm	Korn	Halm	Korn	Halm
Uten slam, uten kalk, 0,3 g N	1,51	0,49	0,37	0,046	0,56	2,54	0,036	0,51	0,13	0,12	0,12	0,17
" " " " , 0,6 " "	1,79	0,56	0,31	0,040	0,47	2,31	0,039	0,60	0,13	0,15	0,13	0,18
Uten slam, 250 kg CaCO ₃ , 0,3 g N	1,64	0,49	0,37	0,042	0,57	2,63	0,035	0,58	0,13	0,12	0,13	0,16
" " " " " , 0,6 " "	1,71	0,55	0,31	0,035	0,49	2,43	0,035	0,68	0,14	0,16	0,13	0,20
" " " " " , 500 kg CaCO ₃ , 0,3 " "	1,48	0,49	0,34	0,036	0,53	2,45	0,036	0,56	0,13	0,12	0,12	0,17
" " " " " " , 0,6 " "	1,80	0,63	0,30	0,038	0,48	2,56	0,036	0,71	0,12	0,15	0,13	0,21
Mek. slam, kalkstab., tilsv. 180 kg Ca, 0,3 g N	1,77	0,42	0,51	0,18	0,59	2,27	0,035	0,68	0,17	0,27	0,14	0,25
" " " " " " " , 0,6 " "	1,64	0,42	0,48	0,096	0,60	2,16	0,040	0,72	0,15	0,27	0,13	0,22
" " " " " " " , 360 " " , 0,3 " "	1,70	0,55	0,49	0,30	0,66	2,08	0,039	0,67	0,16	0,31	0,15	0,35
" " " " " " " " , 0,6 " "	1,98	0,49	0,50	0,22	0,61	2,13	0,036	0,75	0,15	0,34	0,14	0,28
Mek. + Al, kalkstab., tilsv. 180 kg Ca, 0,3 g N	1,50	0,42	0,33	0,042	0,51	2,31	0,034	0,60	0,12	0,19	0,12	0,19
" " " " " " " " , 0,6 " "	1,71	0,70	0,29	0,042	0,49	2,31	0,034	0,64	0,13	0,21	0,14	0,21
" " " " " " " " , 360 " " , 0,3 " "	1,50	0,49	0,41	0,048	0,55	2,23	0,034	0,63	0,14	0,25	0,13	0,25
" " " " " " " " " , 0,6 " "	1,79	0,55	0,32	0,037	0,50	2,48	0,036	0,64	0,14	0,20	0,14	0,20
Mek. + Ca-slam, tilsv. 180 kg Ca, 0,3 g N	1,59	0,49	0,38	0,042	0,53	2,50	0,036	0,55	0,12	0,15	0,12	0,15
" " " " " " " " " , 0,6 " "	1,73	0,55	0,31	0,033	0,46	2,48	0,036	0,56	0,12	0,16	0,13	0,16
" " " " " " " " , 360 " " , 0,3 " "	1,57	0,49	0,42	0,062	0,55	2,39	0,037	0,56	0,13	0,18	0,12	0,18
" " " " " " " " " , 0,6 " "	1,79	0,55	0,33	0,035	0,49	2,45	0,031	0,57	0,12	0,19	0,13	0,19