

# Norsk landbruksforskning

1 2 AUG. 1991

*Norwegian Agricultural Research*

Supplement Nr. 12 1991

Egil Ekeberg

Virkingen av kloakkslam  
brukt i jordbruket  
Forsøk i perioden 1977-1990

*Aspects of Agricultural use  
of Sewage Sludge  
Research in the Period 1977-1990*



Norsk institutt for skogforskning  
Biblioteket  
P.B. 61 - 1432 ÅS-NLH

Statens fagtjeneste for landbruket, Ås, Norge  
*Norwegian Agricultural Advisory Service, Ås, Norway*

## NORSK LANDBRUKSFORSKING / NORWEGIAN AGRICULTURAL RESEARCH

Norsk landbruksforskning er en fortsettelse av Meldinger fra Norges landbrukshøgskole og Forskning og forsøk i landbruket og dekker et publiseringsbehov for norske forskningsresultater innenfor fagområdene: Akvakultur/*Aquaculture*, Husdyrbruk/*Animal Science*, Jordfag/*Soil Science*, Landbruksteknikk/*Agricultural Engineering and Technology*. Naturgrunnlag og miljø/*Natural Resources and Environment*, Næringsmiddelteknologi og hygiene/*Food Technology*, Plantedyrking jord- og hagebruk/*Crop Science*, Skogbruk/*Forestry*, Økonomi og samfunnsplanlegging/*Economics and Society Planning*.

Tidsskriftet har abstrakt, figur- og tabelltekster, overskrift samt nøkkelord på engelsk.

*Articles published in the journal will always contain titles, abstracts, key words and figures and tables legends in English.*

### Ansvarlig redaktør/*Managing Editor*, Jan A. Breian

#### Redaksjonsråd/*Editorial Board*

Birger Halvorsen, Norsk institutt for skogforskning  
Sigmund Huse, Norges landbrukshøgskole, Institutt for  
biologi og naturforvaltning  
Ådne Håland, Særheim forskingsstasjon  
Åshild Krogdahl, Institutt for akvakulturforskning  
Karl Alf Løken, Norges landbrukshøgskole, Institutt for  
tekniske fag  
Torolv Matre, Norges landbrukshøgskole, Institutt for hus-  
dyrfag  
Einar Myhr, Norges landbrukshøgskole, Institutt for tekni-  
ske fag  
Nils K. Nesheim, Norges landbrukshøgskole, Institutt for  
økonomi og samfunnsfag  
Kjell Bjarte Ringøy, Norsk institutt for landbruks-  
økonomisk forskning  
Ragnar Salte, Institutt for akvakulturforskning  
Martin Sandvik, Norsk institutt for skogforskning  
Hans Sevatdal, Norges landbrukshøgskole, Institutt for  
planfag og rettslære  
Bal Ram Singh, Norges landbrukshøgskole, Institutt for  
jordfag

Arne Oddvar Skjelvåg, Norges landbrukshøgskole, Institutt  
for plantekultur  
Anders Skrede, Norges landbrukshøgskole, Institutt for  
husdyrfag  
Grete Skrede, Norsk Institutt for næringsmiddelforskning  
Kjell Steinsholt, Norges landbrukshøgskole, Institutt for  
meieri- og næringsmiddelfag  
Arne H. Strand, Norges landbrukshøgskole, Institutt for  
meieri- og næringsmiddelfag  
Hans Staaland, Norges landbrukshøgskole, Institutt for bio-  
logi og naturforvaltning  
Asbjørn Svensrud, Norges landbrukshøgskole, Institutt for  
skogfag  
Geir Tutturen, Norges landbrukshøgskole, Institutt for tek-  
niske fag.  
Odd Vangen, Norges landbrukshøgskole, Institutt for hus-  
dyrfag  
Sigbjørn Vestrheim, Norges landbrukshøgskole, Institutt  
for hagebruk  
Kåre Årsvoll, Statens plantevern

#### UTGIVER/*PUBLISHER*

Statens fagtjeneste for landbruket/*Norwegian Agricultural Advisory Service*, Moerveien 12, 1430 Ås, Norway. Norsk landbruksforskning/*Norwegian Agricultural Research* (ISSN 0801-5333) blir utgitt med fire hefter pr. år som utgjør et volum. Hvert hefte skal være på ca. 100 sider. Abonnementsprisen er NOK 400,- pr. år. Eventuelle supplementer vil bli sendt gratis til abonnenter, men kan bestilles separat hos utgiveren.

#### KORRESPONDANSE/*CORRESPONDENCE*

All korrespondanse av redaksjonell eller forretningsmessig karakter skal sendes til Statens fagtjeneste for landbruket/*Norwegian Agricultural Advisory Service*.

# Norsk landbruksforskning

*Norwegian Agricultural Research*

Supplement Nr. 12 1991

EGIL EKEBERG

Statens forskingsstasjoner i landbruk,  
Kise forskingsstasjon, Nes, Hedmark, Norge  
*The Norwegian State Agricultural Research Stations,  
Kise Research Station, Nes, Hedmark, Norway*

Virkingen av kloakkslam  
brukt i jordbruket

Forsøk i perioden 1977–1990

*Aspects of Agricultural use  
of Sewage Sludge*

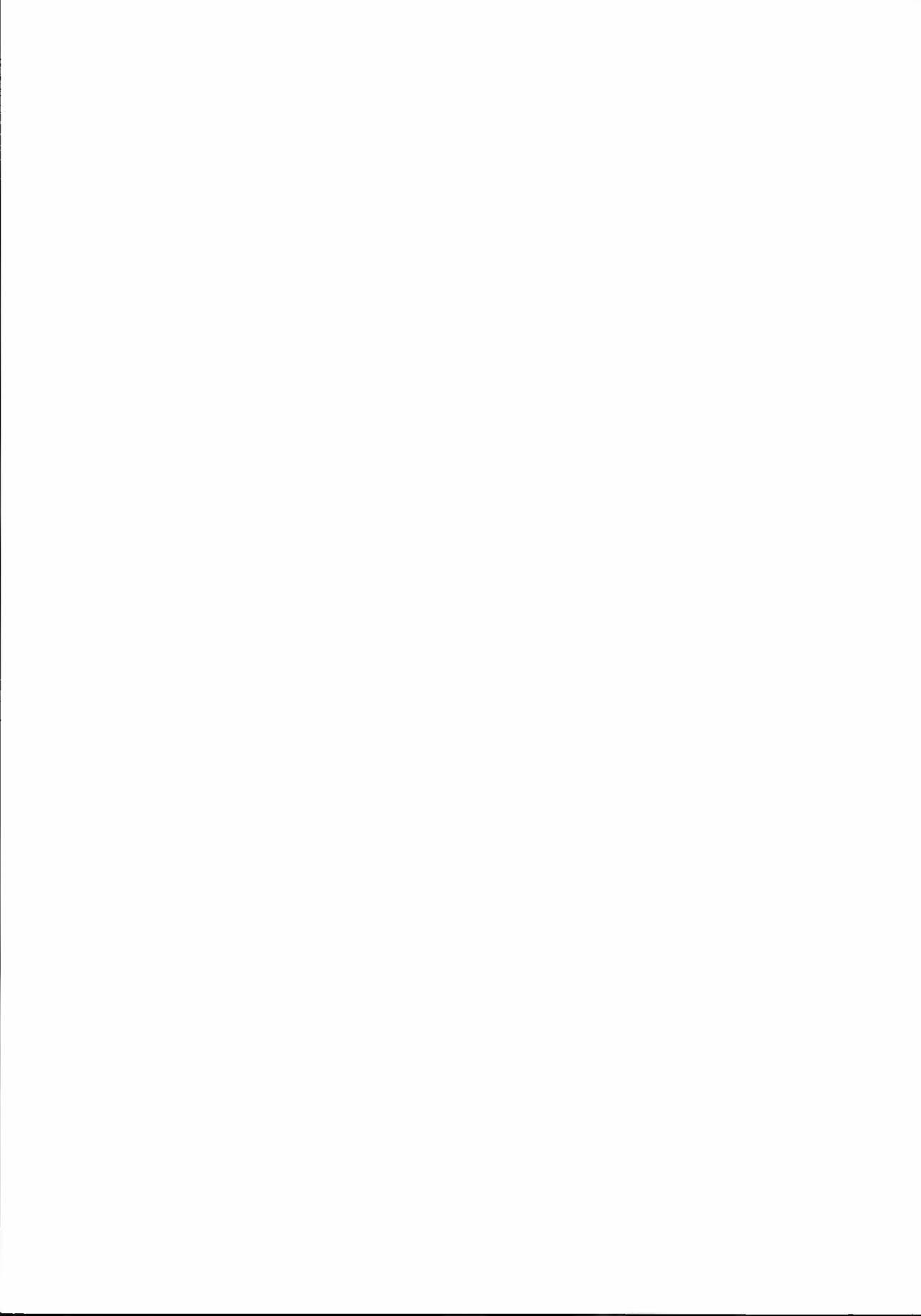
*Research in the Period 1977–1990*



Norsk institutt for skogforskning  
Biblioteket  
P.B. 61 - 1432 ÅS-NLH

Statens fagtjeneste for landbruket, Ås, Norge

*Norwegian Agricultural Advisory Service, Ås, Norway*



# INNHold

	Side
FORORD .....	5
SUMMARY .....	7
SAMMENDRAG .....	7
INNLEDNING .....	9
DE ULIKE FORSØK	
Noen slamanalyser .....	11
Lagret ukalket slam fra Brumunddal Renseanlegg på moreneundergrunnsjord. Korn- og engvekstdyrking. SFL Kise 1977-1990 .....	15
Ferskt og lagret ukalket slam fra Hedemarken Interkommunale Avløpsamband (HIAS) på nydyrket morenejord. Korndyrking. Hemstad N., Stange, 1978-82 .....	25
Ferskt ukalket slam fra HIAS, ferskt kalket slam fra RA II, Lillestrøm og fast husdyrgjødsel på morenejord. Korn- og potetdyrking. SFL Kise 1979-83 .....	31
Ferskt ukalket og ferskt kalket slam fra HIAS og ferskt kalket slam fra Brumunddal og Nes renseanlegg, med og uten vanning på tørkesvak morenejord. Dyrking av korn, potet, kålrot, fôrbete, fôrraps og løk. SFL Kise 1980-86 .....	43
Ferskt og lagret ukalket slam og ferskt kalket slam fra HIAS sammenlignet med fullgjødsel på ny dyrket morenejord. Korndyrking. Vie S., Stange, 1981-83 .....	57

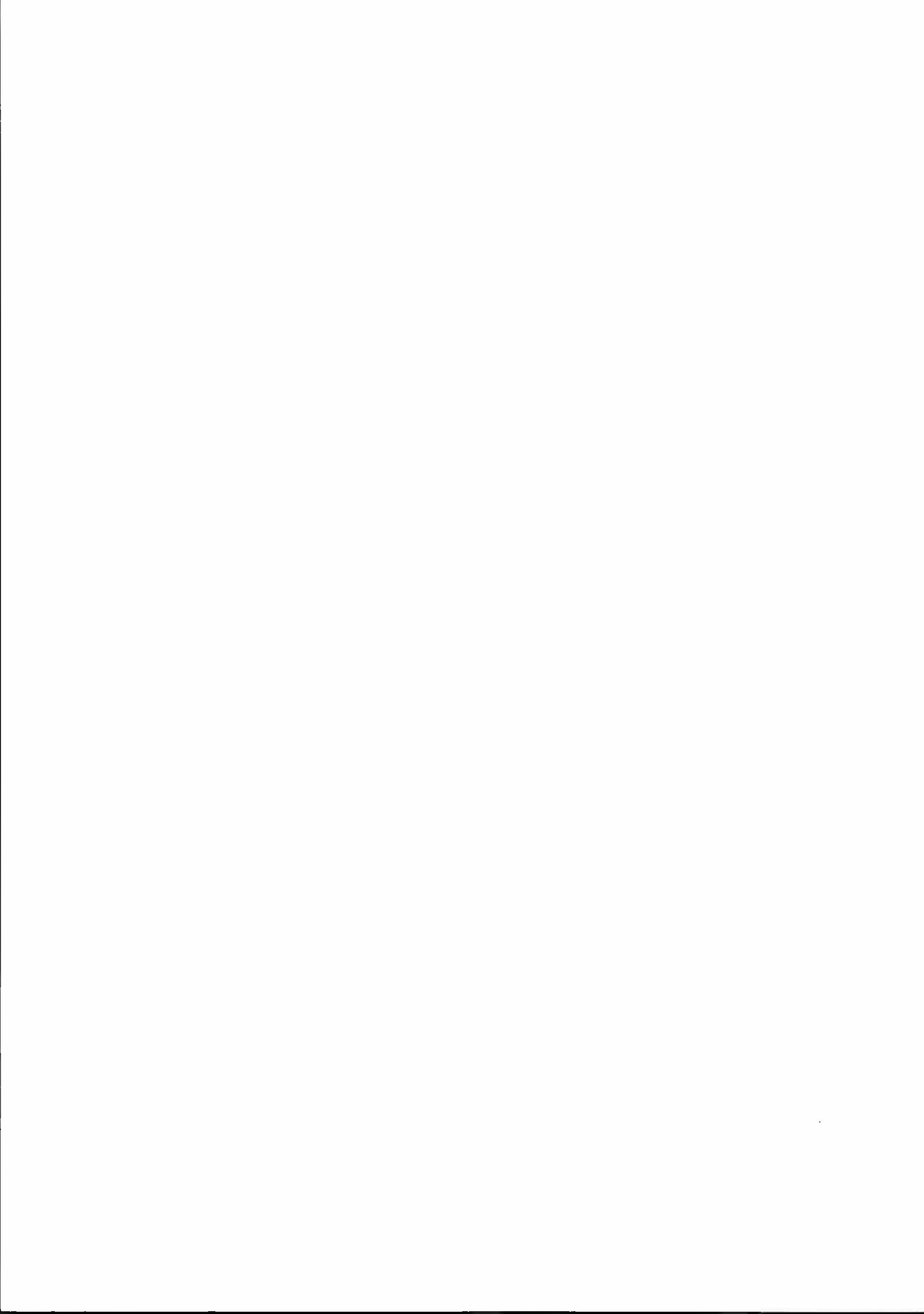
Ukalket og kalket, ferskt og lagret (1 år) slam fra HIAS og to kalkingsmidler på nydyrket sandjord. Korn dyrking. Hoel Ø., Vang 1982-85 .....	71
Felt i forsøksringer 1978-82 .....	81
Nedbryting av slam fra hauger i friluft. SFL Kise 1977-84 .....	89
Avrenning fra kasser med 1 m <sup>3</sup> slam. SFL Kise 1978-84 .....	95
SAMLET VURDERING .....	107
LITTERATUR .....	113
VEDLEGG 1 .....	114

# Forord

Vinteren 1977 ble renseanlegget ved Hamar, senere kalt Hedemarken Interkommunale Avløpssamband (HIAS) ferdig til bruk. Før starten var det usikkert om slammets skulle deponeres, eller brukes i jordbruket. I den sammenheng ble SFL Kise spurt om å bidra til å avklare nytten av slam som gjødsel- og jordforbedringsmiddel og om mulig å motivere til bruk av slam på jordarealer.

I denne perioden har det vært mange samarbeidspartnere som, hver på sin måte, har bidratt til gjennomføring av prosjektet. Einar Vigerust var pådriver og ga faglig veiledning i startfasen og Johannes Thorsrud ga full støtte til arbeidet. Personalet ved HIAS, hvor spesielt Arvid Wahl og Svein Erik Moen må nevnes, viste sterk vilje til å få avklart slammets virkning i plantedyrking. HIAS har hele tiden bidratt med gratis tilkjørt slam, og de har levert alt utstyr til kasselagringsforsøkene. RA II,

ved Lillestrøm, leverte gratis slam til forsøkene i 1979. Det er også brukt slam fra Nes, Moelv og Brumunddal renseanlegg - alt gratis tilkjørt. Magnus Hoel, i Stange Bondelag, organiserte den første midlertidige deponeringsplassen i 1977. Distriktslege Elle gjorde det mulig å få prøvd slam i forsøk og praksis den første tiden. Verter for egne forsøk utenom forskingsstasjonen var; Torleif Rogne Skaare, Hemstad, Stange, Hans Hellum, Vie, Stange og Jens Jemlie, Hoel Ø., Vang. Hedmark forsøksring ved ringleder Hans Torpen forsøkshestet kornfeltene i Stange og Vang. Hugh Riley har foretatt den engelske oversettelsen. Fagassistent Helge Magne Olsen har utført både feltarbeid og laboratoriarbeid. Til alle de nevnte, og en god del unevnte, rettes en hjertelig takk for godt samarbeide. Deres innsats har gjort det mulig med en såvidt stor undersøkelse uten økonomiske tilskudd.





## Summary

Research has been conducted over the period 1977-1990 into the agricultural use of sewage sludge, including breakdown during storage, fertilizer value in field trials and nutrient leaching losses. In the course of one year, in average of three trials, 450 litres of percolation water were collected from limed sludge and 600 litres from unlimed sludge, stored in open 1 m<sup>3</sup> containers exposed to approximately 500 mm precipitation. This water contained 400-700 g nitrogen and 1-5 g phosphorus. Unlimed sludge released more nutrients than limed sludge. A 70 cm filter of topsoil placed beneath the stored sludge retained half of the nitrogen from unlimed sludge, and nearly all of that from limed sludge. Very little phosphorus passed the soil filter in either case. Storage for one year resulted in the loss of 50% of the initial organic matter, and an approximately proportional quantity of nitrogen. The remaining organic matter contained approximately 5% N on a dry weight basis, irrespective of sludge age. The available water-holding capacity of drought-prone soil was increased by 4 mm per 50 t/ha of sludge dry matter applied. Fresh un-

limed sludge had no effect on the content of available phosphorus (P-AL) in the soil. Limed fresh sludge and both limed and unlimed stored sludge increased the content of available phosphorus in the soil. The quantities of other available nutrients (K,Mg,Ca) in the soil increased with the application of all types of sludge. In field trials, 30% of the applied organic matter in sludge was broken down after 3 years, 40% after 5 years and 60% after 9 years. Sludge gave a high content of mineral-N in the soil in spring and after cereal cropping in the first year, but subsequently only small quantities were found. The effect of sludge on yields was greatest under conditions of good water supply, and effects were diminished when supplementary fertilizer was used. Excessive quantities of sludge reduced crop quality. The value of sludge in place of artificial fertilizer was estimated to be Nkr. 25 per m<sup>3</sup> at an application rate of 20 t/ha DM. The value of yield increases ranged from Nkr. 13 to 165 per m<sup>3</sup> applied (mean Nkr 68). Marginal returns were greatest with the use of small sludge quantities.

## Sammendrag

I årene 1977 til 1990 er det gjennomført avrenningsforsøk, lagringsforsøk og markforsøk med kloakkslam. I løpet av ett år ble det målt 450 l avrenningsvann fra kalket slam og 600 l fra ukalket slam pr. m<sup>3</sup> slam lagret i friluft ved 500 mm nedbør og 500 mm fordampning. Med slamvannet fulgte 400-700 g nitrogen og 1-5 g fosfor, mest fra ukalket slam. Et 70 cm jordfilter holdt tilbake halvparten av nitrogenet

fra ukalket slam og det meste fra kalket slam mens svært lite fosfor passerte jordfilteret. Lagring av slam i ett år førte til et tap på 50 % av det organiske materiale og omtrent tilsvarende for nitrogen. Den organiske delen inneholdt ca. 5% N av tørrstoffet uansett alder. På tørkesvak jord økte vannlagringsnivået med 4 mm vann pr. 5 tonn slamtørrstoff pr. dekar. Ferskt ukalket slam hadde ingen virkning på

innholdet av lettløselig fosfor (P-AL) i jorda. Ferskt kalket slam, lagret ukalket slam og lagret kalket slam hevet P-AL-tallene i jorda. De andre lettløselige mineralnæringsstoffer i jorda økte ved tilførsel av alle typer slam. I markforsøk ble det målt 30% nedbryting av den organiske delen av slam etter 3 år, 40% etter 5 år og 60% etter 9 år. Slam ga høyt innhold av mineralnitrogen i jorda før plantene var i god vekst og etter høsting av kornet første året, senere var det små mengder. Slamvirkningen på

avlinga var best ved gode vannforhold, tilleggsgjødsling dempet denne. For store slammengder førte til nedsatt avling og kvalitet første året, ved tilleggsgjødsling også i ettervirkningsårene. Verdien av slam som erstatning for kunstgjødsel var kr 25 pr. m<sup>3</sup> ved bruk av 2 t slamtørrstoff pr. dekar. Verdien av meravlinga for slam varierte fra 13 til 165 kr pr. m<sup>3</sup> med middel 68 kroner. Bruk av små slammengder var mer verdifullt enn store når utgifter til transport, lagring og spredning holdes utenfor.

## Innledning

Det var tilløp til krise ved HIAS da renseanlegget skulle starte i februar 1977. De økonomiske og tekniske problemer var løst, men ingen visste hvor slammet skulle ta veien. Med stor effektivitet ble det, etter henvendelse til Stange Bondelag, ordnet en avskoget, drenert plass i nærheten av et nydyrket areal. Om våren ble det anlagt et demonstrasjonsfelt med økende slammengder og i juni arrangerte Hedmark forsøksring markdag. De 200 frammøtte kunne konstatere god vekst hos korn på nybrott ved bruk av bare slam. Denne genistreken ga støtet til et vellykket samarbeide mellom renseanlegget og gardbrukerne i området.

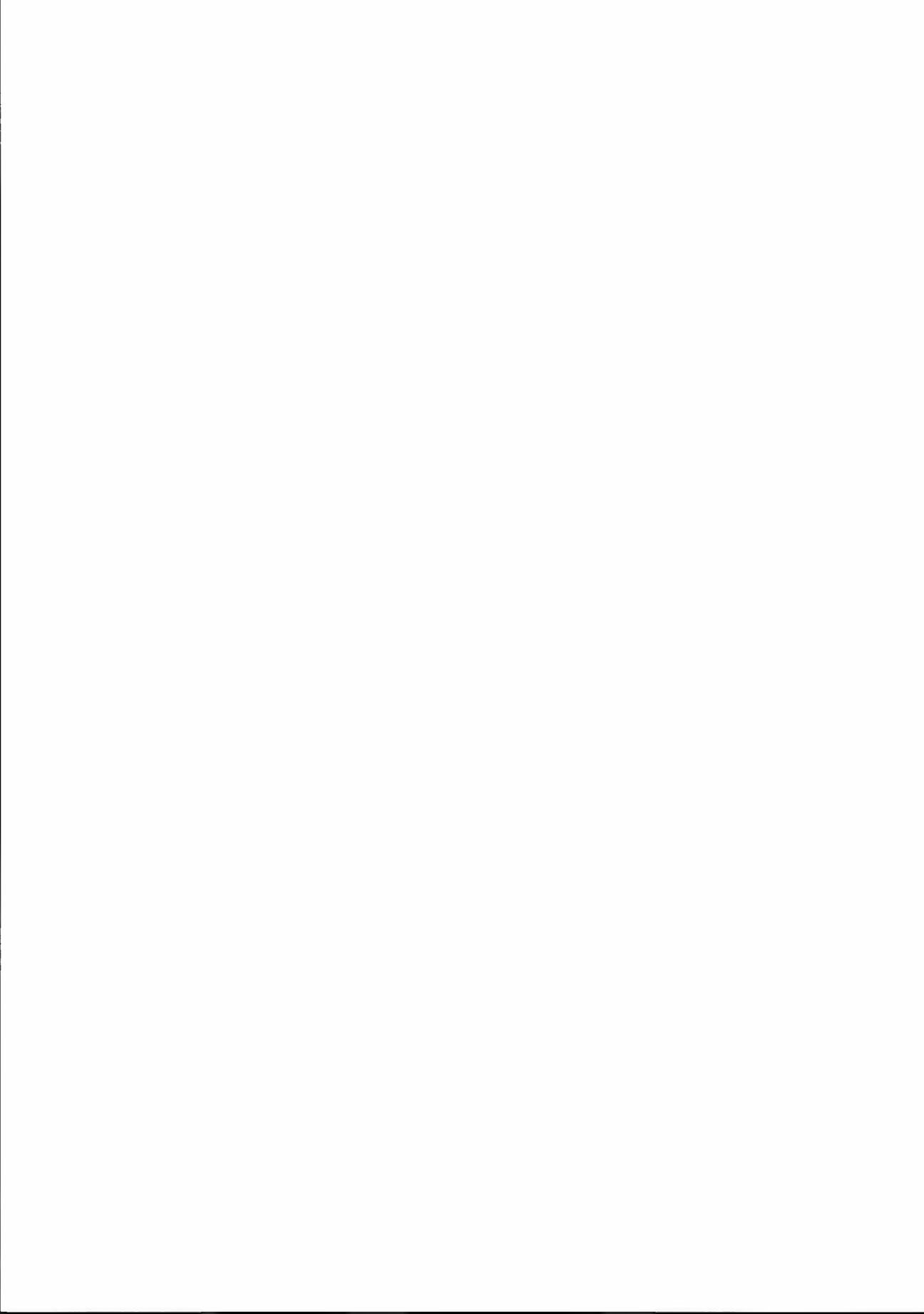
Vår målsetting med slamundersøkelsene var klar. Vi skulle prøve å finne slammets verdi som jordforbedrings- og gjødselmiddel og å motivere til bruk av slam i jordbruket. Eventuelle skader av tungmetaller

skulle ikke vurderes, da slike undersøkelser var i gang andre steder.

Vanlige markforsøk dominerer i denne undersøkelsen, men avrenningsforsøk og lagringsforsøk er også gjennomført.

Slamanalysene er utført ved Statens landbrukskjemiske kontrollstasjon Holt, Tromsø, jordanalysene ved Statens jordundersøkelser på Ås, vannanalyser ved Vannlaboratoriet for Hedmark, tungmetaller ved Institutt for energiteknikk, Kjeller og plantedelsanalyser ved eget laboratorium.

Resultatene fra avrenningsforsøk, lagringsforsøk, spesielle slamanalyser og markforsøk på forskingsstasjonen blir behandlet hver for seg, det samme gjør større markforsøk hos verter i nabolaget, mens forsøkene i forsøksringene blir behandlet samlet.



# Noen slamanalyser

Resultatene av slamanalysene blir presentert under omtalen av de forsøkene hvor slammet er brukt. Her skal en omtale noen analyser av tungmetaller i HIAS-slam, kornfordeling av mineralmaterialet i slam og månedvis kjemisk innhold av slam fra samme renseanlegg i ett år.

## RESULTATER OG DISKUSJON

### Tungmetaller

HIAS-slammet er analysert for tungmetaller ved flere anledninger. Noen resultater fra 1977 og 1989 er gjengitt i tabell 1.

Tabell 1. Tungmetaller i Hias-slam, mg pr. kg tørrstoff, ved starten av renseanlegget og i 1989. Prosent av SFT's grenseverdi i parentes.

Table 1. Heavy metals in HIAS-sludge (mg/kg DM) in 1977 and 1989. Figures in parentheses are percentages of maximum permitted levels.

	En prøve våren 1977	1989 Ant. pr. No. samples	Analysertall ( )	SFT's grenseverdi Max. level
Kadmium Cd	0	6	2 (20)	10
Kobber Cu	44	3	244 (16)	1500
Krom Cr	150	19	76 (38)	200
Kvikksølv Hg	0,3	3	2 (29)	7
Mangan Mn	25	3	98 (20)	500
Nikkel Ni	4	6	29 (29)	100
Bly Pb	3	3	33 (11)	300
Sink Zn	52	3	415 (14)	3000

Det var en god del krom i slammet, særlig i 1977, mens de andre stoffene forekom i moderate mengder i forhold til SFT's grenseverdier. Det ble tidlig klarlagt at innholdet av tungmetaller i HIAS-slammet var på et gunstig nivå, sett som gjødsel- og jordforbedringsmiddel. Analysene i 1989 bekreftet inntrykket en fikk i startfasen.

### Kornstørrelsesfordeling

Høsten 1977 ble slamprøver fra HIAS våtoksydert for å bestemme kornstørrelsen av mineralmaterialet. I middel av fire prøver fant en følgende fordeling:

Sand	2 - 0,06 mm	14%
Silt	0,06 - 0,002 mm	21%
Leir	< 0,002 mm	65%

Utgangspunktet var slam med 60% organisk materiale. Det var relativt lite sand i slammet mens finpartiklene dominerte, særlig partiklene under 0,002 mm. Silt- og leirfraksjonen i jorda regnes som verdifull for planteveksten for å holde på vann og næringsstoffer. Ved å bruke 5 t slamtørrestoff blir det tilført ca. 2 t askestoffer i silt- og leirfraksjonen. Når ei tørkesvak sandjord, f.eks., har 50 t silt og leir pr. dekar i matjordlaget, vil mengden øke til 52 t etter slamtilførsel, en økning på ca. 4%. Denne forbedringen er evigvarende, men virkningen er sannsynligvis så liten at den er vanskelig å registrere i feltforsøk.

### HIAS-slam gjennom ett år (ukalket)

Etter avtale ble det tatt prøver av slam i slutten av hver måned i 1978. Et uhell førte til at november falt ut. Slammet ble tørket, oppbevart, og sendt samlet til analyse. Tørrestoffbestemmelsen ble utført på Kise.

Tørrestoffinnholdet varierte mellom 17,5% og 23,0% (fig. 1). Det var høyest vår og høst og lavest sommer og vinter. Årsaken til variasjonen er ukjent.

Askeinnholdet varierte betydelig gjennom året (fig. 1). Det var høyest i mars med 46,8% og lavest i februar og august med 26,4%. Det er sannsynlig

at askemengden ble bestemt av mengden erosjonsjord i overflatevann som kom inn i lednings-nettet.

pH varierte mellom 6,3 og 6,9 uten noen spesiell trend. Den varierte i takt med askeprosenten ( $r=0,85$ ,  $P<0,01$ ) og med magnesiuminnholdet ( $r=0,66$ ,  $P<0,05$ ) og omvendt med nitrogeninnholdet ( $r=-0,80$ ,  $P<0,01$ ).

Nitrogeninnholdet var lavest i mars og april, de måneder hvor askeinnholdet ( $r=-0,84$ ,  $P<0,01$ ) og tørrestoffinnholdet ( $r=-0,66$ ,  $P<0,05$ ) var størst (figur 1). Det var også en viss sammenheng med magnesiuminnholdet ( $r=-0,69$ ,  $P<0,05$ ). I middel for året var det relativt høyt innhold av nitrogen, 3,27% av tørrestoffet.

Fosforinnholdet var lavt i mars og april, resten av året var det mellom 1,6% og 2,15% av tørrestoffet. Det var sammenheng mellom fosforinnholdet og tørrestoffprosenten ( $r=-0,87$ ,  $P<0,001$ ). Innholdet varierte noe i takt med nitrogeninnholdet ( $r=0,69$ ,  $P<0,05$ ).

Kaliuminnholdet i slam er generelt lavt, fordi kalium ikke fester seg i det organiske materiale. Ved vannbehandling vil kalium bli vasket ut. I levende celler og i jord er det 10 ganger mer kalium enn fosfor. I slammet var det 15 ganger mer fosfor enn kalium. Innholdet varierte fra 0,07% av tørrestoffet til 0,16%, og hadde ingen sammenheng med de andre analyserte stoffene.

Magnesiuminnholdet fulgte askeinnholdet ( $r=0,87$ ,  $P<0,001$ ) og varierte fra 0,12% til 0,29% av tørrestoffet.

Kalsiuminnholdet varierte fra 0,77% til 1,42%, og hadde ingen sammenheng med de andre analyserte stoffene.

Månedsanalysene i 1978 ga beskjed om tildels store variasjoner i slammets sammensetning gjennom året. Tar vi 1000 kg ferskt slam varierte tørrestoffmengden fra 175 til 230 kg, askemengden fra 47 til 102 kg, nitrogenmengden fra 5,1 til 7,6 kg og fosformengden fra 2,8 til 3,8 kg. I tillegg vil slammet brytes ned under lagring. Dette gjør at det kan være resurskrevende å deklare slam av ulik alder.

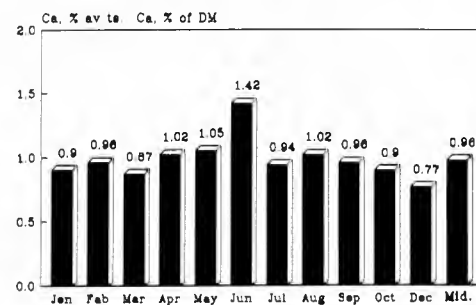
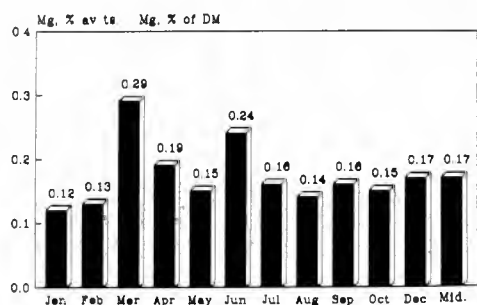
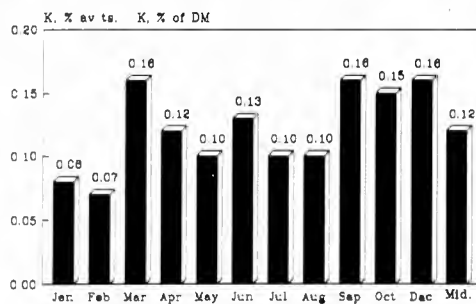
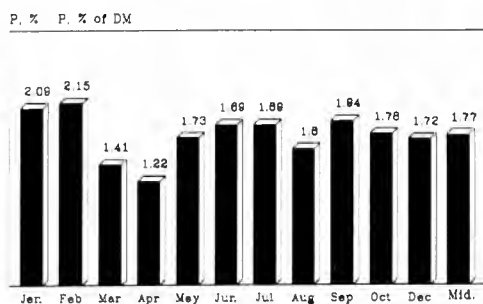
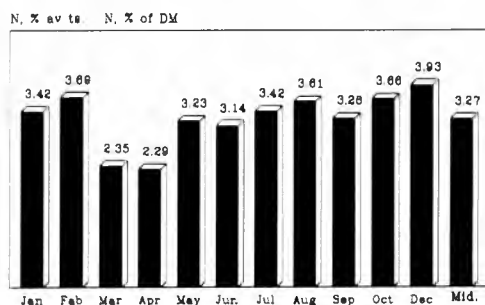
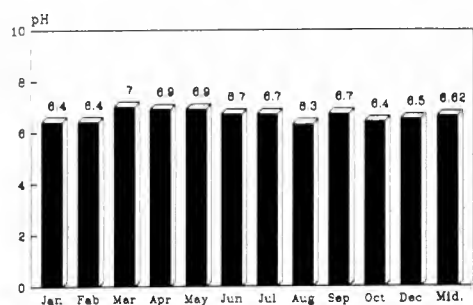
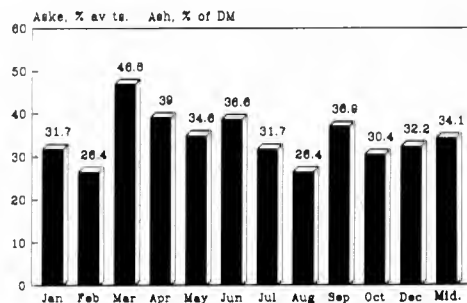
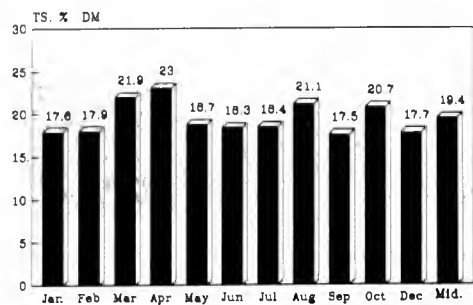


Figure 1. Analyser av ukullet slam fra Hedemarken Interkommunale Avløpssamband (HIAS) 1978. Prøvene tatt over 1 dag i slutten av hver måned.

Figure 1. Analyses of unlined sludge from HIAS 1978. Samples taken at end of each month.



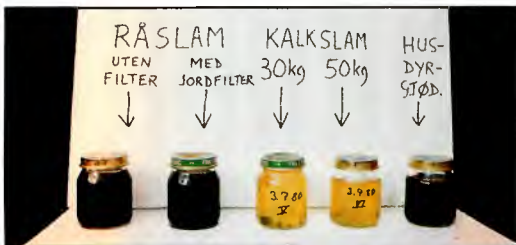
Anlegg av demonstrasjonsfelt våren 1977. Hemstad N., Stange.



Anlegg av slamfelt våren 1981. Vie s., Stange.



Anlegg av slam/kalkfelt våren 1982. Hoel Ø., Vang.



Avrenningsvann fra 1 m<sup>3</sup> slamkasser.

Fra venstre: Ukalket slam uten jordfilter. Kalket slam 30 cm jordfilter. Kalket slam, 30 kg/m<sup>3</sup> (uten filter). Kalket slam, 50 kg/m<sup>3</sup> (utenfilter). Husdyrgjødsel, (uten filter).



Skurvangrep på sortene Kerrs Pink og Mandel i 1982 etter 3 t organisk slamtørrestoff pr. dekar i 1980. Ukalket til venstre, kalket til høyre.



Kornforsøk med kalket VEAS-slam 1990. Ca. 700 l jord/slam pr. kasse. Pernilla bygg, ugjødslet. Fra venstre: 160 kg slam (60 t slamts./daa). 13 kg slam (5 t slamts./daa). 8 kg slam (3 t slamts./daa). 3 kg slam (1 t slamts./daa). 0 kg slam.



# Lagret ukalket slam fra Brumunddal renseanlegg på moreneundergrunnsjord.

Korn- og engvekst dyrking. SFL Kise 1977-90

Planen for forsøket ble utarbeidet i samråd med Einar Vigerust. Formålet med forsøket var å registrere negative og positive virkninger på jord, avling og avlingskvalitet av store mengder slam pr. arealenhet.

## MATERIALE OG METODER

I en forsenkning på Kise ble det i 1975 påkjørt undergrunnsjord fra tomte til et nybygg. Ruter på 4 m x 12 m ble i juni 1977 påført lagret slam fra Brumunddal i 5, 10 og 15 cm tykt lag. Med to gjentak og kontrolledd var arealet 12 m x 36 m. Halve arealet ble frest mens den andre halvdel ikke ble bearbeidet. Hele arealet ble tilsådd med bygg den 21. juni mens halve arealet ble tilsådd med grasfrø i tillegg. Feltet ble ikke kontrollhøstet dette året.

Før anlegg ble jorda undersøkt for en del egen-skaper. Resultatene for en del analyser er vist i tabell 2. Jorda var stein- og grusrik lettleire med gunstig pH og relativt høyt innhold av lett-løselige nærings-stoffer.

Det påførte slamm var relativt tørrstoff- og askerikt med normale mengder næringsstoffer (tabell 2).

På dette feltet ble det påført større mengder slam enn helsevesenet tillater (5 t ts./daa). Hensikten var

å kontrollere om plantene tålte så store mengder. Samtidig ble det gjort mulig å interpolere parametre hvor slamm har liten virkning eller hvor målingene

Tabell 2. Noen analyser av jord og slam 1977. SFL Kise 1977-90

Table 2. Analyses of soil and sludge 1977. Kise Research Station 1977-90.

Jord 0-20 cm/Soil		
Grus, % av pr. >2 mm/Gravel		24
Sand, % av pr. <2 mm/Sand		42
Silt, " " " /Silt		46
Leir, " " " /Clay		12
Glødetap	/Ignition-loss	1,3
pH	/pH	7,4
P-AL, mg/100 g	/P-AL	6,2
K-AL, "	/K-AL	5,8
Mg-AL, "	/Mg-AL	15,3
Slam:		
pH	/pH	7,5
Tørrstoff, %	/DM	25,0
Aske, % av ts.	/Ash	42,0
N, "	/N	2,27
P, "	/P	2,07
K, "	/K	0,18
Mg, "	/Mg	0,32
Ca, "	/Ca	2,6

har stor variasjon, f.eks. enkelte egenskaper i jorda og virkningen på avlinga etter mange år.

Tabell 3 viser påførte mengder slam og innholdsstoffer. Det ble påført betydelige mengder av alle stoffer unntatt kalium.

I årene 1978 til 1982 ble det dyrket korn og engvekster uten gjødsling. I 1983 til 1985 ble rutene

som hadde fått 5 cm slamlag gjødslet med 50 kg fullgjødsel D20-5-9 pr. dekar. I 1986 ble ikke feltet kontrollhøstet og i 1987 ble vegetasjonen sprøytet ned med glyfosat og hele arealet tilsådd med engfrøblanding. Fra 1988 ble feltet kontrollhøstet igjen. Gjødselledet, 5 cm slamlag i 1977, fikk nå 25 kg N i kalksalpeter og 80 kg PK 6-13 pr. dekar og år.

Tabell 3. Påførte mengder slam og næringsstoffer 1977. SFL Kise 1977-90.

Table 3. Quantities of sludge and nutrients applied in 1977.

		Tykkelse av slamlag, cm Thickness of sludge layer		
		5	10	15
Volum, m <sup>3</sup> /daa	Volume	50	100	150
Masse, t/daa	Mass	35	70	105
Tørrstoff, t/daa	DM	8,75	17,50	26,25
Org. ts. t/daa	Org. DM	3,68	7,35	11,03
N, kg/daa		200	400	600
P, "		180	360	540
K, "		16	32	48
Mg, "		28	56	84
Ca, "		230	460	690

## RESULTATER OG DISKUSJON

### Endringer i jordas kjemiske egenskaper

Høsten 1986 ble det tatt jordprøver av matjordlaget for kjemisk analyse. Resultatene er vist i tabell 4. Alle målte egenskaper unntatt pH var sterkt påvirket av slammene som var påført 9 år tidligere. Ved interpolering er det mulig å beregne virkningen av f.eks. 5 tonn slamtørrstoff pr. dekar. Denne mengden ville økt P-AL-tallet 4,7 enheter, K-AL 0,4 enheter, Mg-AL 0,8 enheter, Ca-AL 32 enheter, organisk karbon 0,56 prosentenheter, totalnitrogen 0,08 prosentenheter, nitratnitrogen 0,0011 prosentenheter, og ammoniumnitrogen det samme. I forhold til tilførte mengder tilsvarer økningen 2,6% av

fosforet, 3,1% av kaliumet, 1,4% av magnesiumet og 7% av kalsiumet, mens det tilsvarer hele 40% av nitrogenet etter 10 avlingsår. Det er dermed nærliggende å tro at ca. 40% av det tilførte organiske materiale fortsatt er i jorda.

### Endringer i jordas fysiske egenskaper

Høsten 1986 ble det også tatt prøver til analyse av volumetriske egenskaper i matjordlaget. Resultatene er vist i tabell 5 og figur 2. De fysiske egenskaper var også sterkt påvirket av slammene. Ved interpolering finner en at jordas evne til å lagre tilgjengelig vann er økt med 1,8 volumprosent ved største tillatte slammengde, 5 tonn tørrstoff pr. dekar. Dette tilsvarer 3,6 mm vann i 20 cm dybde

Tabell 4. Noen kjemiske analyser av matjordlaget høsten 1986. SFL Kise 1977-90.

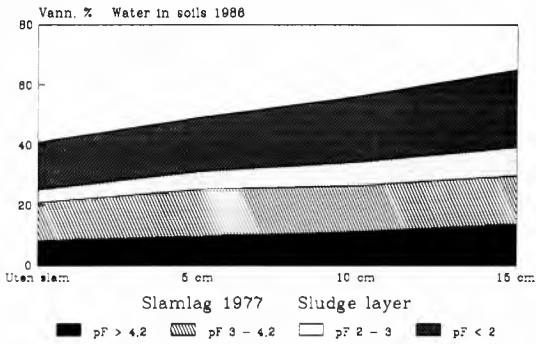
Table 4. Chemical analyses of topsoil in autumn 1986.

	Slamlag 1977, cm Sludge thickness in 1977				Sign.
	0	5	10	15	
pH	7,6	7,6	7,6	7,6	
P-AL, mg/100 g	6,5	10,8	24,8	40,0	P<0,05
K-AL, mg/100 g	5,9	6,4	7,1	9,4	P<0,05
Mg-AL, mg/100 g	6,4	7,9	8,9	12,0	P<0,05
Ca-AL, mg/100 g	258	314	359	489	P<0,05
Org. C, % av ts.	0,88	1,65	2,95	4,74	P<0,01
Total-N, % av ts.	0,10	0,18	0,33	0,53	P<0,01
NO <sub>3</sub> -N, mg/100 g	35	66	84	92	P<0,01
NH <sub>4</sub> -N, mg/100 g	8	22	33	102	P<0,001

Tabell 5. Noen fysiske egenskaper i sjiktet 5-8 cm høsten 1986. SFL Kise 1977-90.

Table 5. Some soil physical properties at 5-8 cm depth in autumn 1986.

	Slamlag 1977, cm Sludge thickness in 1977				Sign.
	0	5	10	15	
Porevolum, %	41	49	56	65	P<0,001
Porosity					
Feltkapas., %	25	31	34	39	P<0,001
pF 2					
Visnegrense, %	8	9	11	13	P<0,01
pF 4.2					
Tilgj. vann, %	17	21	23	25	P<0,001
pF 2 - 4.2					
Luftkap., %	15	18	22	25	P<0,001
Air capacity					
Jordtetthet, t/m <sup>3</sup>	1,57	1,34	1,11	0,87	P<0,001
Bulk density					
Glødetap, %	3,1	5,9	11,2	18,4	P<0,001
Ignition loss					



Figur 2. Vann og luft i jorda i 5 - 8 cm dybde høsten 1986 etter ulike slammengder nedfrest våren 1977. SFL Kise 1977-90.

Figure 2. Soil water and air contents at 5 - 8 cm depth in autumn 1986 after application of different quantities of sludge in spring 1977.

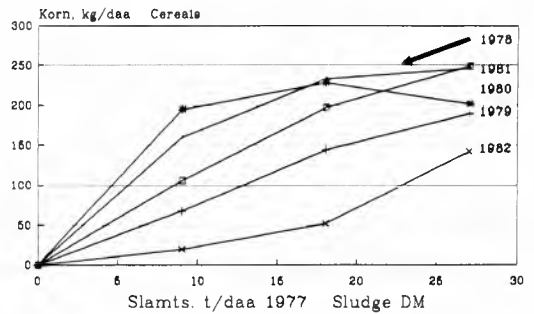
på denne jorda. Tilsvarende beregning for de andre egenskapene gir følgende antall prosentenheter økning: Vann v/metning 4,5, vann v/pF 2 2,8, vann v/pF 4,2 0,95, porer v/pF 2 1,7, og glødetap 2,5. Volumvekta ville ha blitt 0,13 t. pr. m<sup>3</sup> lavere ved 5 t slamtørrestoff pr. dekar. Analysene viser at jordas vannholdende evne ble forbedret ved største tillatte slammengde. Ved små slammengder, f.eks. 1 t tørrstoff pr. dekar, blir forbedringen bare en femdel og neppe merkbar, hverken i forsøk eller i praksis.

### Kornavling

Kornavlinga i 1978 til 1985 er vist i tabell 6. De fire første årene var det legde i åkeren selv om det ikke ble brukt kunstgjødsel. I 1982, 1983 og 1984 var det ikke legde mens det i 1985 var sterk legde ved bruk av 50 kg fullgjødsel D20-5-9 pr. dekar, og noe legde ved største slammengde.

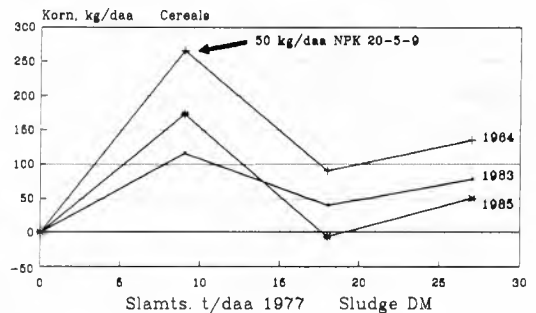
Slamvirkningen på kornavlinga i 1978-82 er vist i figur 3. I 1980 var det liten virkning utover minste slammengde. De andre årene var det avlingsøkning opp til største slammengde.

Figur 4 viser slamvirkningen og gjødselvirkningen de tre siste kornårene. Både gjødselvirkningen og slamvirkningen var størst i 1984. I 1985 var det ikke påviselig virkning av 10 cm slamlag i 1977, mens største slamlag ga noe avlingsøkning. Resultatene i kornårene viser at for store slammengder kan gi sterk legde og nedgang i avling. Virkningen kan vare i flere år.



Figur 3. Virkning på kornavlinga i 1978 til 1982 av ulike slammengder 1977. SFL Kise 1977-90.

Figure 3. The effect of sludge application in 1977 on cereal yields from 1978 to 1982.



Figur 4. Virkning på kornavlinga i 1983 til 1985 av årlig gjødsling og av ulike slammengder 1977. SFL Kise 1977-90.

Figure 4. The effect of annual fertilization and sludge application in 1977 on cereal yields from 1983 to 1985.

Tabell 6. Kornavling, kg pr. dekar, ved ulike slammengder. Legdeprosent i parentes. SFL Kise 1977-90.

Table 6. Cereal yields (kg/daa) with different amounts of sludge. Lodging percentages in parentheses.

	Slamlag 1977, cm Sludge thickness in 1977				Art
	0	5 a)	10	15	
1978	148 (0)	308 (17)	381 (39)	412 (53)	Bygg
1979	36 (0)	104 (12)	180 (28)	226 (53)	Bygg
1980	115 (0)	310 (2)	343 (25)	317 (24)	Bygg
1981	237 (0)	343 (0)	434 (3)	468 (41)	Havre
1982	31 (0)	51 (0)	83 (0)	173 (0)	Bygg
1983	109 (0)	225 (0)	149 (0)	187 (0)	Havre
1984	75 (0)	341 (0)	165 (0)	210 (0)	Bygg
1985	106 (0)	279 (63)	99 (0)	156 (20)	Bygg
Middel Mean					
1978-82	113	223	284	319	
Slam- virkning Sludge effect		+110	+171	+206	
Middel Mean					
1983-85	97	282	138	184	
Slam/ Gjødsel- virkning Sludge/fert. effect		+185	+41	+87	
a)	50 kg fullgjødsel D20-5-9 pr.dekar i 1983-85. 50 kg/daa NPK-fertilizer from 1983 to 1985.				

### Høyavling

Avlinga av høy og andel kløver i enga går fram av tabell 7. Enga var kløverrik uten bruk av slam, unntatt i 1989 og 1990 hvor overvintringen hadde vært dårlig. På slamrutene tok kløveren seg opp de første 3-4 årene. Dette førte til stor avling i 1979 og 1980. Etter fornying av enga i 1987 var det tilsvarende forhold i 1988. Slamvirkningen i 1978 til

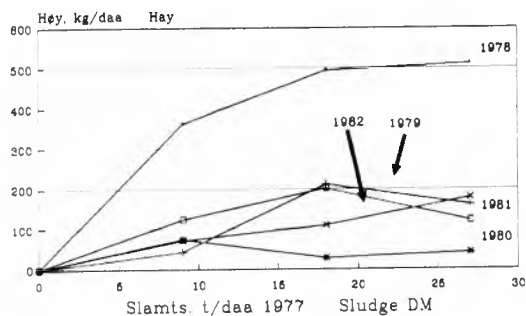
1982 er vist i figur 5. I 1978 var det stor virkning av slammet mens den var moderat de neste fire årene. Det store kløverinnslaget og den store avlinga på kontroll-leddet er årsaken til dette noe uventede resultat.

Etter at vi i 1983 begynte å gjødsle de rutene som hadde fått minst slam var det større avling etter

Tabell 7. Avlinga av høy med 15% vann, kg pr. dekar. Prosent kløver i parentes. SFL Kise 1977-90.

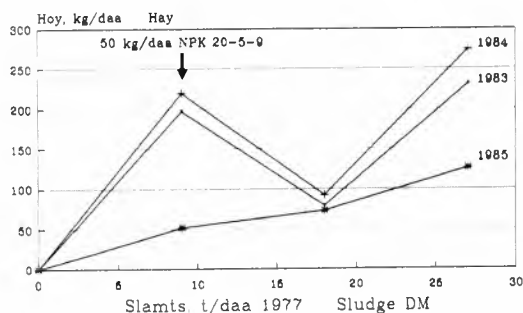
Table 7. Hay yield (kg/daa with 15% moisture). Clover percentages in parentheses.

	Slamlag 1977, cm Sludge thickness in 1977			
	0	5	10	15
1978	547 (75)	908 (11)	1042 (7)	1058 (7)
1979	1183 (98)	1226 (44)	1394 (20)	1343 (12)
1980	1266 (98)	1340 (93)	1293 (81)	1307 (43)
1981	750 (90)	874 (88)	951 (79)	870 (39)
1982	587 (77)	658 (74)	696 (55)	765 (17)
1983	395 (75)	592 (45) <sup>1)</sup>	474 (43)	626 (6)
1984	413 (50)	633 (26) <sup>1)</sup>	505 (34)	687 (6)
1985	291 (80)	343 (28) <sup>1)</sup>	364 (61)	417 (19)
1988	1276 (89)	1552 (63) <sup>2)</sup>	1264 (81)	1342 (58)
1989	365 (8)	1225 (7) <sup>2)</sup>	635 (10)	927 (19)
1990	524 (16)	1314 (3) <sup>2)</sup>	761 (19)	1028 (14)
Middel				
Mean				
1978-82	867	1001	1075	1069
Slamvirkn.		+134	+208	+202
Sludge effect				
Middel				
Mean				
1983-85	366	523	448	577
Slam/ gj.virkning		+157	+82	+211
Sludge/ fert. effect				
Middel				
Mean				
1988-90	722	1364	887	1099
Slam/ gj.virkning		+642	+165	+377
Sludge/ fert. effect				
1) 50 kg /daa fullgjødsel D20-5-9, 50 kg/daa NPK-fertilizer				
2) 163 kg/daa kalksalpeter og 80 kg/daa PK6-13. 163 kg/daa nitrochalk and 80 kg/daa PK-fertilizer				



Figur 5. Virkning på høyavlinga i 1978 til 1982 av ulike slammengder 1977. SFL Kise 1977-90.

Figure 5. The effect of sludge application in 1977 on hay yields from 1978 to 1982.



Figur 6. Virkning på høyavlinga i 1983 til 1985 av årlig gjødsling og av ulike slammengder 1977. SFL Kise 1977-90.

Figure 6. The effect of annual fertilization and sludge application in 1977 on hay yields from 1983 to 1985.

største slammengde enn etter 50 kg fullgjødsel D20-5-9 pr. dekar (figur 6).

Mellomste slammengde ga også betydelig meravling, i middel 82 kg høy pr. dekar, disse tre årene.

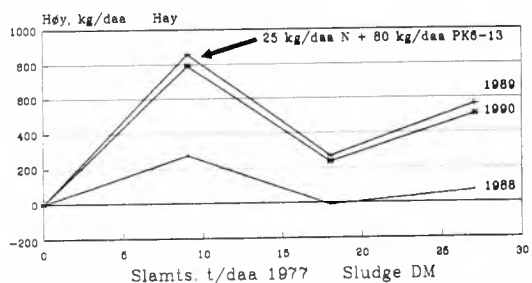
På nyenga i 1988 var det liten virkning av gjødsel og slam på grunn av mye kløver og stor avling på kontrolleddet. I 1989, derimot, ble det dårlig avling på kontrolleddet, stor avling ved gjødsling og stor slamvirkning (figur 7). Det samme var tilfelle i 1990.

## Kornkvalitet

De tre første årene ble hektolitervekta gradvis lavere ved økende slammengder. I middel var den 71,2 kg, 70,5 kg og 68,6 kg ved henholdsvis 5, 10 og 15 cm slamlag. Dette viser at store slammengder førte til nedsatt kornkvalitet på grunn av for sterk vekst hos plantene. I 1981 og 1982 var hektolitervekta i middel 68,1, 68,4 og 69,7 for de tre slammengdene. Økende slammengder førte altså til gradvis bedre kvalitet disse årene.

## Nitrogen i korn

Møyjar bygg hadde høyt innhold av nitrogen, selv uten gjødsling i 1978 og 1979, mens Gunilla hadde lavt innhold i 1982, tabell 8. Det var betydelig slamvirkning i alle år men med avtagende virkning i perioden. Konsentrasjonsøkningen fra minste til største slammengde var henholdsvis 0,59, 0,46, 0,32 og 0,17 prosentenheter de fire årene 1978, 1979, 1981 og 1982.



Figur 7. Virkning på høyavlinga i 1988 til 1990 av årlig gjødsling og av ulike slammengder 1977. Enga fornyet 1987. SFL Kise 1977-90.

Figure 7. The effect of annual fertilization in 1977 on hay yields from 1988 to 1990. Sward reseeded in 1987.

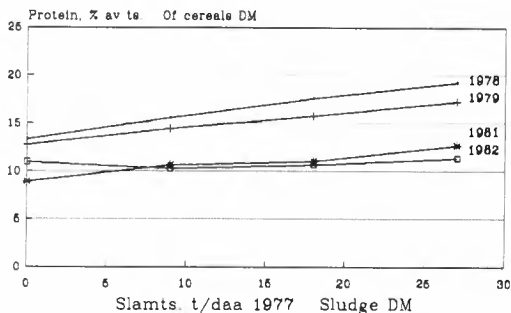
Tabell 8. Nitrogen i kornet, prosent av tørrstoffet, 1978-82, unntatt 1980. SFL Kise 1977-90.

Table 8. Nitrogen concentrations in grain (% of DM), 1978-79 and 1981-82.

		Slamlag 1977, cm Sludge thickness in 1977			
		0	5	10	15
1978	Bygg, Møyjar Barley	2,13	2,49	2,81	3,08
1979	Bygg, Møyjar Barley	2,04	2,30	2,52	2,76
1981	Havre, Mustang Oats	1,42	1,70	1,76	2,02
1982	Bygg, Gunilla Barley	1,75	1,64	1,70	1,81

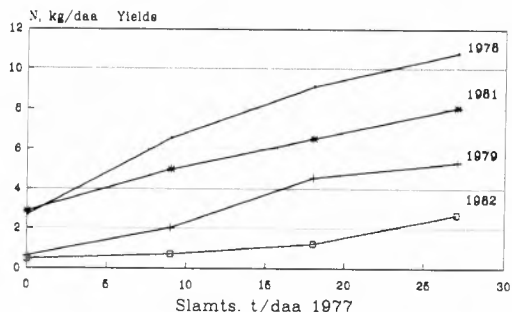
Omregnet til protein varierte innholdet de ulike år på kontrolleddet fra 8,9 til 13,3%, ved minste slammengde fra 10,3 til 15,6%, ved mellomste slammengde fra 10,6 til 17,6% og ved største slammen- gen fra 11,3 til 19,3% av tørrstoffet (figur 8).

Opptatt nitrogen i kornavlinga varierte ennå mer. Uten gjødsling og uten slam var det bare en halv kilo nitrogen i kornavlinga i 1979 og 1982, mens den var



Figur 8. Protein i korn i 1978 til 1982 (unntatt 1980) ved ulike slammengder 1977. SFL Kise 1977-90.

Figure 8. Crude protein concentration in grain from 1978 til 1982 (except 1980) after application of different quantities of sludge in 1977.



Figur 9. Nitrogen i kornavlinga i 1978 til 1982 (unntatt 1980) ved ulike slammengder 1977. SFL Kise 1977-90.

Figure 9. Nitrogen yields in grain from 1978 to 1982 (except 1980) after application of different quantities of sludge in 1977.

noe under 3 kg i 1978 og 1981. I middel for alle tre slamledd var det fjernet ca. 20 kg nitrogen pr. dekar med kornet disse årene (fig. 9). Det tilsvarer 5% av det som var tilført med slammet i 1977.

#### Næringsstoffer i høyet

Analysene av plantematerialet viste store variasjoner, både mellom år og mellom de ulike forsøksledd. I middel for de fem første årene var det bare fosforinnholdet som ble påvirket av forsøksbehandli-



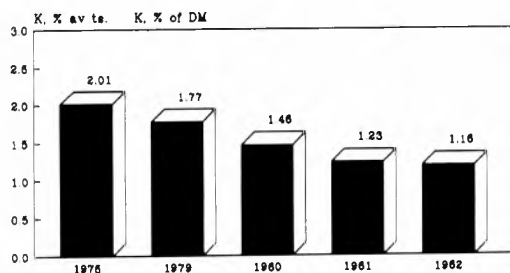
Tabell 9. Noen plantenæringsstoffer i høyet, middel for 1978-82. SFL Kise 1977-90.

Table 9. Some nutrient contents in hay (% of DM). Means for 1978-82.

	Slamlag 1977, cm Sludge thickness in 1977				LSD, 5%	Sign.
	0	5	10	15		
N, % av ts.	2,00	1,95	2,06	2,07	0,34	n.s.
P, % av ts.	0,22	0,25	0,26	0,27	0,03	P<0,01
K, % av ts.	1,60	1,43	1,55	1,52	0,21	n.s.
Mg, % av ts.	0,22	0,23	0,22	0,26	0,04	n.s.
Ca, % av ts.	1,14	0,99	1,00	1,06	0,21	n.s.

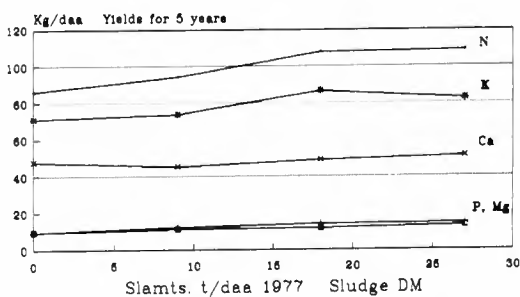
ngen, (tabell 9). De to første årene var det økende N-innhold ved stigende slammengder; Tallene var henholdsvis 2,04%, 2,35% og 2,55% i 1978 og 1,69%, 1,74% og 1,83% i 1979. De siste tre årene var det ingen sammenheng med slambehandlingen. Kaliumkonsentrasjonen i tørrstoffet gikk gradvis ned i forsøksperioden (figur 10).

Opptak av næringsstoffer i høyavlinga er vist i figur 11. I femårsperioden 1978 til 1982 ble det uten gjødsling og uten slam tatt opp 86 kg nitrogen, 9 kg fosfor, 71 kg kalium, 9 kg magnesium og 48 kg kalsium pr. dekar. Meropptak i middel av de tre slammengder var 18 kg nitrogen, 5 kg fosfor, 10 kg



Figur 10. Kalium i engvekstplantene i 1978 til 1982. Slam påført 1977. SFL Kise 1977-90.

Figure 10. Potassium concentrations in herbage from 1978 to 1980 after application of sludge in 1977.



Figur 11. Opptak av noen plantenæringsstoffer i høyavlinga, de fem første årene, ved ulike slammengder i 1977. SFL Kise 1977-90.

Figure 11. Uptakes of some plant nutrients in the hay crop from 1978 to 1982 after application of different quantities of sludge in 1977.

kalium, 2 kg magnesium og 1 kg kalsium pr. dekar. Det relativt vesle meropptaket skyldes stor avling på kontrolledet.

I 1989 ble engvekstene analysert for en del næringsstoffer. Resultatene er vist i tabell 10. 1989 var det 13. avlingsåret. Som vist før var det relativt stor virkning av slam på avlingas størrelse. Plantene var også noe nitrogen- og fosforrikere med enn uten slam, og opptaket i plantene 2-3 ganger så stort. Disse analyser synes å vise at avlingsøkningen for slam etter 13 år kan skyldes noe gjødselvirking i tillegg til den påviste jordforbedringen.

Tabell 10. Engvekstenes innhold av noen næringsstoffer i 1989. SFL Kise 1977-90.

Table 10. Herbage nutrient concentrations (% of DM) and yields (kg/daa) in 1989.

		Slamlag, cm, 1977 Sludge thickness in 1977				LSD,	
		0	5 <sup>1)</sup>	10	15	5%	Sign.
1. slått	N, % av ts.	1,20	1,62	1,35	1,44	0,14	*
1st cut	P, % av ts.	0,25	0,21	0,25	0,27	0,014	*
	K, % av ts.	1,93	1,58	1,94	1,77	0,10	***
2. slått	N, % av ts.	1,60	1,65	1,74	1,78	0,19	
2nd cut	P, % av ts.	0,26	0,23	0,33	0,30	0,04	*
	K, % av ts.	1,90	1,55	2,19	1,80	0,18	*
1.+2.slått	N, kg/daa	4,4	17,0	8,2	12,4	1,3	***
Combined	P, kg/daa	0,8	2,3	1,5	2,2	0,3	***
cuts	K, kg/daa	5,9	16,3	11,0	13,8	1,1	***

<sup>1)</sup> 163 kg kalksalpeter og 80 kg PK6-13 pr. dekar.  
163 kg/daa nitrochalk and 80 kg/daa PK-fertilizer.

\* p < 0,05

\*\*\* p < 0,001

# Lagret ukalket slam fra Hedemarken Interkommunale Avløpssamband (HIAS) på nydyrket morenejord

Korndyrking. Hemstad N., Stange 1978-82

Høsten 1977 ble det anlagt et forsøksfelt ved siden av demonstrasjonsfeltet som var anlagt våren 1977.

Hensikten med dette feltet var å klargjøre hvilke mengder kloakkslam som var mest aktuelle på nydyrket morenejord.

## MATERIALE OG METODER

Slam som var lagret noen sommermånedene ble spreidd og pløyd ned høsten 1977. Fire slammengder (tabell 13) og kontrollledd kombinert med to gjødselmengder og fire gjentak ga 40 forsøksruter. Rute-størrelsen var 3 m x 10 m. De tre første årene ble det dyrket både bygg og havre, de to siste årene bare havre. Sortene var Gunilla bygg og Mustang havre. Forsøksverten sto for alt arbeid med feltet utenom høstinga. Arealet ble pløyd hver høst sammen med resten av jordet. Retningen av pløyevelta skiftet hvert år. Kornet ble høstet av Hedmark forsøksring og avlinga ført til Kise for kontroll.

En del fysiske og kjemiske egenskaper ved jorda er vist i tabell 11. Oppdyringsmåten som ble brukt ga tilnærmet homogen jord ned til 35 cm. Vannforholdene og den mekaniske sammensetningen var omtrent som normalt for morenejord i distriktet. Glødetapet var noe lavt, det skyldes innblanding av humussjiktet til stor dybde. Jorda var noe sur og

næringsfattig, med unntak av magnesium, som var på et tilfredsstillende nivå.

I tabell 12 er vist noen analyseresultater av slammet som ble brukt på feltet. Over halvparten av tørrstoffet var askestoffer. Slammet var rikt på nitrogen og fosfor og fattig på kalium. Det relativt høye pH-nivået, 8,0, skyldes sannsynligvis at slamdeponiet ble påstrødd noe kalk på overflaten om sommeren for om mulig å redusere luktulempene.

Tabell 13 viser hvor mye som ble påført av de ulike stoffer. Største tillatte slammengde på nybrott, 5 t tørrstoff pr. dekar, ville gitt ca. 190 kg nitrogen og 150 kg fosfor. Disse mengdene tilsvarer opptaket i 15-20 kornavlinger for nitrogen og 60-70 kornavlinger for fosfor. Til sammenligning er kaliummengden bare 1/3 av det ei normal kornavling tar opp.

## RESULTATER OG DISKUSJON

Kornavlinga i forsøksperioden er vist i tabell 14. I 1978 var det mye legde i havrerutene. For de fire slammengdene 2, 4, 6 og 8 tonn tørrstoff pr. dekar var legdeprosenten uten gjødsling henholdsvis 0, 60, 80 og 95 og med gjødsling 45, 90, 95 og 100. Dette resulterte i avlingsreduksjon med størst virkning ved største slammengde. I middel for de

Tabell 11. Noen fysiske og kjemiske egenskaper i jorda før anlegg. Hemstad, Stange, 1977-82.

Table 11. Some physical and chemical soil properties prior to sludge application at Hemstad, Stange, 1977-82.

	Prøvedybde, cm Sample depth, cm	
	10-15	30-35
Av hele prøven: Whole sample:		
Grus, %	19	22
Gravel		
Volumvekt, t/m <sup>3</sup>	1,42	1,47
Bulk density		
Lett tilgj. vann, vol. %	5,4	4,9
pF 2 - 3		
Tyngre tilgj. vann, vol. %	13,8	13,7
pF 3 - 4.2		
Av prøver <2 mm: Fine earth:		
Glødetap, %	4,9	3,5
Ignition-loss		
Sand, 2-0,06 mm, %	44	45
Sand		
Silt, 0,06-0,002 mm, %	41	41
Silt		
Leir, <0,002 mm, %	15	14
Clay		
pH	5,1	
P-AL, mg/100 g	3,3	
K-AL, mg/100 g	6,0	
Mg-AL, mg/100 g	6,1	
Ca-AL, mg/100 g	63	

Tabell 12. Noen analyser av lagret ukalket slam fra Hedemarken Interkommunale Avløpssamband (HIAS) høsten 1977. Hemstad, Stange 1977-82.

Table 12. Some analyses after storage of unlimed sludge from HIAS, autumn 1977.

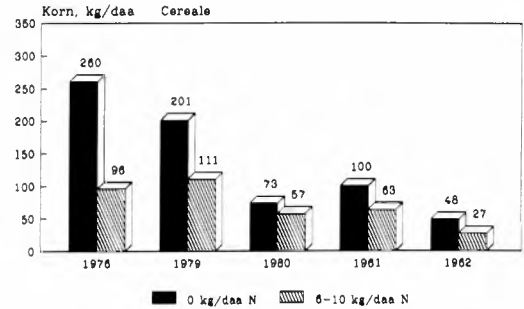
Tørrstoff, %	DM	23,8
Aske, % av ts.	Ash, % of DM	51,6
N, % av ts.		3,73
P, % av ts.		3,05
K, % av ts.		0,06
Mg, % av ts.		0,31
Ca, % av ts.		1,59
pH		8,0

prøvde slammengder, 5 tonn tørrstoff pr. dekar, økte avlinga med 260 kg korn pr. dekar, likt for bygg og havre, der det ikke var gjødslet (figur 12). Gjødsling med 30 kg fullgjødsel D20-5-9 pr. dekar reduserte slamvirkningen med over 150 kg korn pr. dekar.

I 1979 var det mye legde ved de to største slammengder der det var gjødslet. Det samme gjentok seg i 1980, med avlingsreduksjon som følge. På tross av legde var virkningen av slam, i middel for de fire prøvde mengder, betydelig i 1979 og noe mindre i 1980, figur 12.

I 1981 var det følgende legdeprosent ved stigende slammengder der det var gjødslet; 35, 39, 75 og 78. Dette året var et av de beste kornår i distriktet. Uten gjødsling var det økende avling ved stigende slammengder. Ved gjødsling var det avlingsøkning for slam men ikke utover 2 t tørrstoff pr. dekar (tabell 14).

I 1982 var det forsommertørke og feltet ble vannet. Det ble liten avling uten gjødsling, men en markert virkning av slam (tabell 14 og figur 12). Ved gjødsling ble avlinga tilfredsstillende. Her var slamvirkningen noe mindre.



Figur 12. Virkningen av 5 t. slamtørrstoff pr. dekar høsten 1977 på kornavlinga i forsøksperioden ved to gjødselmengder. Hemstad, Stange 1977-82.

Figure 12. The effect of 5 t/daa sludge DM applied in autumn 1977 on cereal yields from 1978 to 1982, with and without additional N-fertilizer.

Halmen ble i alle år kontrollert på småruter, 0,25 m<sup>2</sup>. Avling og stråtetthet går fram av tabell 15. Ruter som var gjødslet ga 18% flere strå og 52% mer halm enn de som ikke fikk gjødsel, i middel av fem år. Slammet økte stråtettheten omtrent likt

Tabell 13. Påførte mengder pr. dekar i slam høsten 1977. Hemstad, Stange 1977-82.

Table 13. Quantities of sludge applied at Hemstad, Stange in autumn 1977.

	Slamtørrstoff, t/daa Sludge DM			
	2	4	6	8
Volum, m <sup>3</sup> /daa	10,6	21,2	31,8	42,4
Volume				
Masse, t/daa	8,4	16,8	25,2	33,6
Mass				
Aske, t/daa	1,0	2,1	3,1	4,1
Ash				
N, kg/daa	75	150	225	300
P, kg/daa	60	120	180	240
K, kg/daa	1,2	2,4	3,6	4,8
Mg, kg/daa	6,2	12,4	18,6	24,8
Ca, kg/daa	32	64	96	128

Tabell 14. Korn, kg pr. dekar, ved ulike slammengder og ulike gjødselmengder. Hemstad, Stange 1978-82.

Table 14. Cereal yields (kg/daa) with various applications of sludge and fertilizer. Hemstad, Stange 1978-82.

	N-gj. kg/daa N-fert.	Slamtørrstoff, t/daa høsten 1977 Sludge DM in autumn 1977				
		0	2	4	6	8
1978	0	117	300	403	422	383
1979	0	137	240	272	344	416
1980	0	170	212	220	265	277
1981	0	313	352	403	448	450
1982	0	114	143	155	165	185
Middel Mean		170	249	291	329	342
Slamvirkning Sludge effect		-	79	121	159	172
1978	6	290	377	376	411	376
1979	8	298	418	478	488	404
1980	10	340	358	422	385	423
1981	10	581	650	634	636	654
1982	10	405	410	424	448	444
Middel Mean		383	443	467	474	460
Slamvirkning Sludge effect		-	60	84	91	77

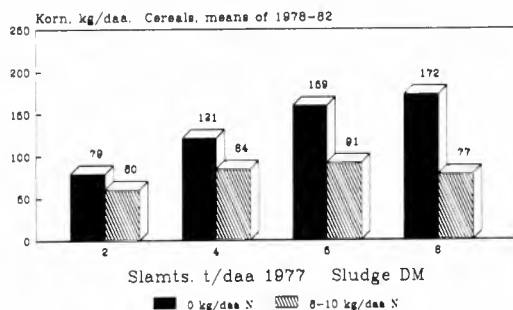
Tabell 15. Akstetthet og halmavling ved to nitrogenmengder og fem slammengder. Middel for årene 1978-82. Hemstad, Stange 1977-82.

Table 15. Density of ear-bearing tillers and straw yields at two levels of N-fertilizer and with five sludge quantities. Means for 1978-82 at Hemstad, Stange.

	Nitrogen kg/daa N-fert.	Slamtørrstoff, t/daa, 1977 Sludge DM in 1977					Slam- virkning Sludge effect
		0	2	4	6	8	
Antall aks/m <sup>2</sup> No. ears	0 6-10	453 536	454 583	518 603	537 626	568 627	66 74
Halm, g/m <sup>2</sup> Straw	0 6-10	214 444	281 479	346 500	366 515	397 502	134 55

ved de to gjødselmengder, mens halmavlinga økte mer uten enn med gjødsling. Slammvirkningen på halmavling og kornavling var temmelig lik; 133 kg korn pr. dekar og 134 g halm pr. m<sup>2</sup> uten gjødsling og henholdsvis 78 kg og 55 g med gjødsling.

Virkningen på avlinga av stigende mengder slam i middel for hele forsøksperioden er vist i figur 13. Det var tydelig at de største slammengder ikke ga tilfredsstillende meravling. På de ruter som ble gjødslet ga største mengde slam avlingsreduksjon på grunn av for mye legde i noen av årene.

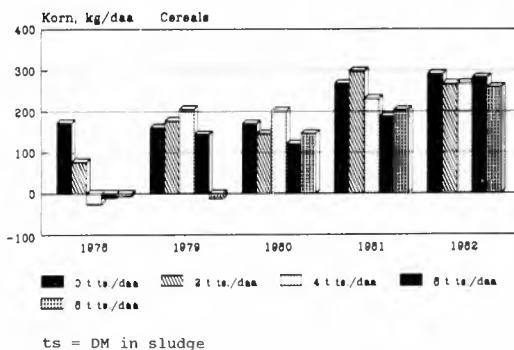


Figur 13. Virkningen av stigende mengder slam høsten 1977 på kornavlinga i middel for årene 1978-82 ved to gjødselmengder. Hemstad, Stange 1977-82.

Figure 13. The effect of increasing quantities of sludge applied in autumn 1977 on mean cereal yields from 1978 to 1982, with and without additional N-fertilizer.

Figur 14 viser virkningen av gjødsling ved ulike slammengder i forsøksperioden. I 1978 førte gjødsling med 30 kg fullgjødning D20-5-9 pr. dekar til avlingsnedgang ved de tre største slammengder. Året etter gjentok det samme seg ved største slammengde. De tre siste årene var det bra virkning av gjødning i tillegg til slam på dette feltet, selv om det i 1981, på grunn av gunstige vekstvilkår, kunne registreres avtagende gjødselvirkning ved stigende slammengder.

En har også prøvd å verdsette slammene i forhold til verdien av meravlinga. Kornprisen er satt til kr.



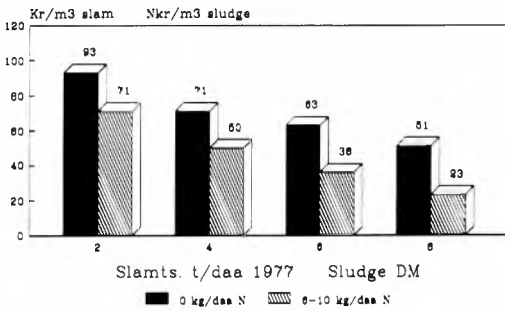
Figur 14. Virkningen på kornavlinga i forsøksperioden av tilleggsgjødsling med 30-50 kg fullgjødning D20-5-9 pr. dekar ved ulike slammengder høsten 1977. Hemstad, Stange 1977-82.

Figure 14. The effect on cereal yields from 1978 to 1982 of supplementary fertilization with 30-50 kg/daa of a 20-5-9 compound after different levels of sludge application in 1977.

2,50 pr. kg. I dette forsøket kan en bare beregne verdien av slammene ved to gjødselnivåer, det ene uten kunstgjødsel, det andre ved 8,8 kg N i fullgjødning pr. dekar og år. Det er ikke mulig å beregne hvor mye kunstgjødsel slammene har erstattet. Resultatet er vist i figur 15. Verdien av slammene var størst uten gjødning og den sank med økende slammengder. I sum for de fem første årene var verdien av meravlinga 93 kroner pr. m<sup>3</sup> slam ved 2 t slam-tørrstoff pr. dekar uten gjødning. Den andre ytterlighet var 23 kroner pr m<sup>3</sup> når det var gitt 8 t slam-tørrstoff pr. dekar i tillegg til årlig gjødning. Dette viser, at riktig brukt, er små slammengder mer verdifulle enn store. Det samme er jo tilfelle med kunstgjødsel.

#### Kornkvalitet

I 1978 var det litt lavere hektolitervekt med enn uten slam. Forskjellen, 1 kg, var imidlertid ikke signifikant. De andre årene var det ingen virkning av slam, hverken på hektolitervekt eller tusenkornvekt.



Figur 15. Verdien av stigende mengder slam ved to gjødselmengder de fem første årene. Beregnet etter meravlinga for slam. Kornpris kr. 2,50 pr. kg. Hemstad, Stange 1977-82.

Figure 15. The value of increasing quantities of sludge for the five years after application calculated with a grain price of NOK kr. 2.50 per kg. Expressed per m<sup>3</sup> sludge.



# Ferskt ukalket slam fra HIAS, ferskt kalket slam fra RA II, Lillestrøm og fast husdyrgjødsel på morenejord

Korn- og potetdyrking. SFL Kise 1979-83

Det blir anbefalt å bruke kloakkslam på jord som bør forbedres, f.eks. tørkesvak jord, moldfattig jord, fosforfattig jord, o.l. Hensikten med dette forsøket var å måle virkningen på god gammel kulturjord, og å sammenligne kloakkslam med husdyrgjødsel.

## MATERIALE OG METODER

Våren 1979 ble et areal på Kise påført ferskt, kalket slam fra renseanlegget på Lillestrøm, ferskt, ukalket slam fra Hedemarken Interkommunale Avløpssamband (HIAS), og fast halmblandet husdyrgjødsel fra et nabobruk. Før anlegg ble slammets og husdyrgjødselas volumvekt, tørrstoffprosent og glødetap bestemt og mengder tilsvarende 1 og 3 tonn organisk materiale pr. dekar påført. Det ble brukt fres som eneste jordarbeiding i alle år. I 1979-82 ble det dyrket bygg, havre og potet med samme rekkefølge i omløpet. I 1983, avslutningsåret, var det havre på feltet.

I 1979 og 1980 ble det ekstremt mye legde i korn i distriktet. I 1980 og 1981 var det bra med nedbør, mens det i 1982 og 1983 var betydelig forsommertørke.

Matjordlagets mekaniske sammensetning og noen fysiske egenskaper er vist i tabell 16. Jorda var lettleire med ganske høyt innhold av leir og moldstoffer og med middels god vannlagringsevne.

Slammets og husdyrgjødselas sammensetning er vist i tabell 17. Ukalket slam var relativt askerikt og hadde høyt innhold av N og P. Kalkslammet var tørrstoff- og askerikere, med høy pH og med mye magnesium og kalsium. I forhold til slammets var husdyrgjødsela askefattig. Den hadde mer enn ti ganger så mye kalium, men bare halve mengder med N og P som ferskt, ukalket slam.

De påførte mengder av minste dose, 1 tonn organisk tørrstoff pr. dekar, er vist i tabell 18. Det gikk med noe over 7 m<sup>3</sup> husdyrgjødsel, snaut 10 m<sup>3</sup> ukalket slam og 12,5 m<sup>3</sup> kalket slam. Det ble påført betydelig mer N og P med slam enn med husdyrgjødsel. For K var det omvendt. Med kalkslam ble det påført betydelige mengder Mg og Ca.

Våren 1979 var fuktig og det ble en del kjøreskader på feltet under anlegg. De fleste forsøksruter ble berørt men har neppe hatt innvirkning på resultatene da slike kjøreskader på denne jordarten leges etter 1 år.

Den kjemiske utviklingen i matjordlaget ble kontrollert flere ganger.

## RESULTATER OG DISKUSJON

### Kjemiske jordanalyser

Det ble tatt jordprøver seks ganger. Første gang før anlegg, deretter i juli og oktober 1979, og i oktober

Tabell 16. Noen egenskaper ved jorda, middel av ni prøver. 0-20 cm dybde. SFL Kise 1979-83.

Table 16. Some soil properties at 0-20 cm depth at Kise Research Station. Means of 9 samples.

Av hele prøven:	
Whole sample:	
Grus, %	22
Gravel	
Porevolum	50,4
Porosity	
Luft ved feltkap., vol. %	15,3
Air capacity	
Lett tilgj. vann, vol. %	5,8
pF 2 - 3	
Tyngre tilgj. vann, vol. %	17,6
pF 3 - 4,2	
Av prøven <2mm:	
Fine earth:	
Sand, %	36
Sand	
Silt, %	43
Silt	
Leir, %	21
Clay	
Glødetap, %	8,8
Ignition-loss	

Tabell 17. Noen analyser av husdyrgjødsel og slam. SFL Kise 1978-83.

Table 17. Some analyses of farmyard manure and sludge at Kise Research Station.

	Husdyr- gjødse <sup>1)</sup>	Ukalket slam <sup>2)</sup>	kalket slam <sup>3)</sup>
	FYM	Unlimed sl.	Limed sl.
Tørrstoff, %	22,0	17,0	33,5
DM			
Aske, % av ts.	13,2	42,8	69,8
Ash			
pH	8,1	6,7	11,8
N, % av ts.	1,49	3,18	1,21
P, % av ts.	0,62	1,42	0,82
K, % av ts.	3,27	0,25	0,33
Mg, % av ts.	0,33	0,23	1,63
Ca, % av ts.	0,61	1,04	18,2
NO <sub>3</sub> -N, mg/100 g	0	70	120
NH <sub>4</sub> -N, mg/100 g	10	30	20

<sup>1)</sup> Fast, halmblandet kalvegjødsel Calf manure with straw

<sup>2)</sup> Ferskt fra Hedemarken Interkommunale Avløpssamband (HIAS) Fresh

<sup>3)</sup> Ferskt fra Lillestrøm renseanlegg, 40 kg brent kalk pr. m<sup>3</sup>.  
40 kg CaO per m<sup>3</sup>

Tabell 18. Mengder pr. tonn organisk slamtørrstoff påført våren 1979. SFL Kise 1979-83.

Table 18. Quantities per t organic DM applied in spring 1977. Kise Research Station.

	Husdyr- gjødning FYM	Ukalket slam Unlimed sl.	Kalket slam Limmed sl.
Volum, m <sup>3</sup> /daa	7,2	10,3	9,9
Volume			
Rå masse, t/daa	5,2	10,3	7,9
Fresh weight			
Tørr masse, t/daa	1,52	1,75	3,38
Dry weight			
N, kg/daa	17,2	55,7	40,0
P, kg/daa	7,2	24,9	27,1
K, kg/daa	37,7	4,4	11,1
Mg, kg/daa	3,8	4,0	56,2
Ca, kg/daa	7,0	18,2	632,5

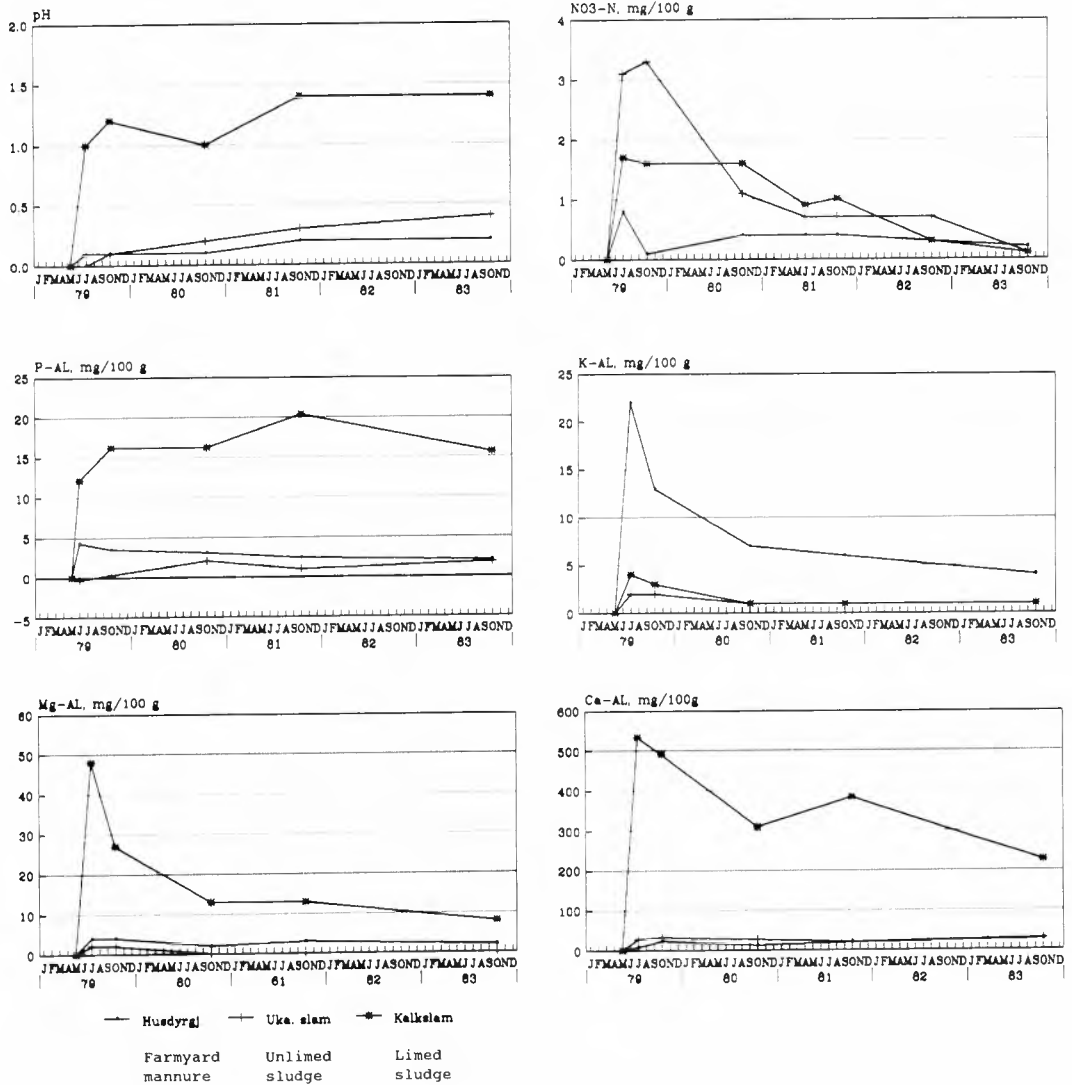
Tabell 19. Noen kjemiske analyser av matjordlaget (0-20cm). Middell av fem prøvetakinger 1979-83. SFL Kise 1979-83.

Table 19. Some chemical analyses of topsoil (0-20 cm). Means of 5 samplings 1979-83 at Kise Research Station.

	pH	AL-tall, mg/100 g tørr jord Available nutrients			
		P	K	Mg	Ca
Kontroll	6,2	6,3	7,7	14	292
Control					
1 t org. ts./daa, hu	6,3	8,2	11,2	17	261
1 t org. DM/daa uka	6,4	7,9	8,2	17	289
ka	7,3	14,4	8,7	24	427
3 t org. ts./daa, hu	6,3	12,9	25,7	20	279
3 t org. DM/daa uka	6,3	8,4	9,7	15	288
ka	7,5	31,2	10,5	45	857

hu = husdyrgjødning farmyard manure  
 uka = ukalket slam unlimed sludge  
 ka = kalket slam limmed sludge

1980, 1981 og 1983. Middellverdiene for de fem siste prøvetakinger er vist i tabell 19, mens utviklingen i forsøksperioden er vist i figur 16. Figuren viser differanser i middellverdiene for 1 og 3 tonn organisk tørrstoff pr. dekar i forhold til kontrollleddet.



Figur 16. Virkningen på noen kjemiske egenskaper i matjordlaget i forsøksperioden ved bruk av husdyrgjødsel og to typer slam i mengder tilsvarende 2 t organisk tørrstoff pr. dekar. SFL Kisc 1979-83.

Figure 16. The effect on topsoil chemical properties of farmyard manure and two types of sludge applied at rates equivalent to 2 t/daa organic DM.

pH var 6,0 før anlegg, og den holdt seg relativt stabil på kontrolleddet i forsøksperioden. Kalkslammet hevet jordas pH til over 7,0. Dette var tilfellet både for 1 og 3 tonn organisk tørrstoff pr. dekar. Største mengde ga 0,1-0,3 enheter høyere pH enn minste mengde. Ukalket slam og husdyrgjødsel hadde en liten men positiv virkning på pH, særlig mot slutten av forsøksperioden.

NO<sub>3</sub>-N. Jordas innhold av nitratnitrogen ble bestemt i oktober 1982 i tillegg til de seks omtalte prøvetider. Det var betydelige mengder NO<sub>3</sub>-N i 1979 og 1980 etter bruk av slam, senere var det moderate mengder (figur 16). For husdyrgjødsel var det mindre mengder, men mer enn hos kontrolleddet i alle år.

P-AL-tallet i jorda ble sterkt påvirket av kalkslammet, figur 16. I middel for de fem siste prøvetakinger ble ca. 60% av tilført P funnet igjen i AL-analysen, likt for begge slammengder. For ferskt ukalket slam ble bare snaut 10% av tilført P registrert som oppgang i analysesjellene. Med husdyrgjødsel ble det tilført betydelig mindre mengder P, men også her ble det igjenfunnet ca. 60% i analysene. For husdyrgjødsel var det størst P-AL-tall i 1979, mens det ikke var noen spesiell trend for slammet.

K-AL-tallet i jorda steg kraftig første året ved bruk av husdyrgjødsel (figur 16). Den 7. juli 1979 kunne 63% av tilført K registreres som oppgang i analysesjellene. Senere sank tallene og i oktober 1983 tilsvarte tallene 10% av tilført K. Ved bruk av slam ble ca. 30% av tilført K funnet igjen som økning i analysesjellene i 1979. Mot slutten av forsøksperioden var det ubetydelig virkning på K-AL-tallet av tilført slam.

Mg-AL. Med kalkslam ble det påført betydelige mengder magnesium. Dette ga seg utslag i høye analysesjell, særlig i juli 1979 med 84% igjenfunnet. Analysesjellene gikk fort ned og tilsvarte i 1983 bare 7% av påførte mengder, 4 1/2 år tidligere.

Ca-AL-tallet den 7. juli tilsvarte 85% av det som var påført med kalkslam (figur 16). Også her gikk

analysesjellene fort ned og høsten 1983 tilsvarte de 36% av påførte mengder.

### Avling

Da det ikke kunne påvises forskjell i avling for korn mellom husdyrgjødsel, ukalket slam og kalket slam i dette forsøket, er resultatene for disse slått sammen i det følgende. I forhold til jordas produksjonsevne og været ble det på dette feltet for sterk gjødselvirkning til korn i 1979 og 1980 og tildels i 1981 for største påførte mengde. I 1979 var det relativt lita avling på kontrolleddet og bare 15% avlingsøkning for slam og husdyrgjødsel, (tabell 20). Legde må ha skylda for det. Andre forsøksår, 1980, ga relativt store kornavlinger ved moderat gjødsling. Minste mengde slam/husdyrgjødsel ga, uten tilleggs-gjødsling, bare 11% avlingsøkning på grunn av for stor legdebelastning, mens største mengde slam/husdyrgjødsel ikke ga avlingsøkning av samme grunn. Ved 6 kg N pr. dekar i fullgjødsel var det bare en liten positiv virkning av minste mengde slam/husdyrgjødsel mens største mengde ga 15% avlingsreduksjon. I 1981 ble det stor virkning av de påførte stoffer. Uten tilleggs-gjødsling økte avlinga 22% for 1 t organisk tørrstoff pr. dekar og 33% for 3 t. Ved tilleggs-gjødsling med 6 kg N pr. dekar i fullgjødsel ble det for mye legde ved 3 t organisk tørrstoff pr. dekar og dermed moderat avlingsøkning. I tørkeårene 1982 og 1983 ble det små avlinger og moderat positiv virkning av de stoffer som ble påført i 1979. At avlingsøkningen ble størst for minste mengde slam/husdyrgjødsel er sannsynligvis tilfeldig (tabell 20).

Halmen ble kontrollert på 0,25 m<sup>2</sup> store ruter. Grunnet uhell går resultatene fra 1980 ut, mens de fra de andre årene er vist i tabell 21. Det var betydelig avlingsøkning for slam/husdyrgjødsel i 1979. Senere var den moderat men ganske markert også siste forsøksår. Det kunne heller ikke for halmen påvises forskjell i avling mellom ukalket slam, kalket slam og husdyrgjødsel.

I 1979 ble veksten hos potet sterkt påvirket av forsøksbehandlingen, spesielt på sensommeren.

Tabell 20. Korn, kg pr. dekar, på kontrolleddet og relativ avling ved to nivå av organisk tørrstoff. Middel av husdyrgjødsel, ukalket og kalket slam. Prosent legde i parentes. SFL Kise 1979-83.

Table 20. Cereal yields (kg/daa) on control plots and relative (%) yields at two levels of organic DM application. Means of FYM, unlimed and limed sludge. Percentage lodging in parentheses.

	1979	1980	1981	1982	1983
N, kg/daa	0	0	0	0	0
N. fert.					
Kontroll	248(3)	399(5)	365(0)	282(0)	176(0)
Control					
1 t org. ts/daa	114(14)	111(26)	122(1)	109(0)	107(0)
3 t org. ts/daa	115(47)	100(64)	133(8)	101(0)	108(0)
N, kg/daa		6	6	8	8
N. fert.					
Kontroll		400(10)	460(0)	346(0)	286(0)
Control					
1 t org. ts/daa		102(22)	119(8)	117(0)	104(0)
3 t org. ts./daa		85(76)	113(48)	107(0)	102(0)

Tabell 21. Halm, kg/daa, på kontrolleddet og relativ avling ved to nivå av organisk tørrstoff. Middel av husdyrgjødsel, ukalket og kalket slam. SFL Kise 1979-83.

Table 21. Straw yields (kg/daa) and relative (%) yields at two levels of organic DM application. Means of FYM, unlimed and limed sludge.

	1979	1981	1982	1983
Kontroll	475	567	369	327
Control				
1 t org. ts./daa	136	107	111	113
3 t org. ts./daa	149	119	102	113

Årsaken var at august hadde 19 regnværsdager med tilsammen 101 mm nedbør. Dette bidrog til kontinuerlig nedbryting av slam/husdyrgjødsel i jorda og dermed rikelig med næringsstoffer til potetplantene.

Det var sterk risvekst, særlig etter ukalket ferskt slam og knollavlinga ble sterkt redusert (tabell 22). Minste mengde husdyrgjødsel, 5,2 tonn pr. dekar,

ga tilfredsstillende avling, mens de andre forsøksledd var mer eller mindre mislykket, avlingsmessig. I 1980 var det stor ettervirkning av slam/husdyrgjødsel på potetavlinga (tabell 23), men betydelig mindre i 1981. I 1982 var det tørkeår, stor forsøksfeil for denne veksten, med ikke troverdige resultater som følge.

Tabell 22. Noen avlingskomponenter i potet 1979. SFL Kise 1979-83.

Table 22. Some potato yield components in 1979.

Tonn organisk tørrstoff pr. daa t/daa org. DM	Rislengde cm Haulm length	Ristørrstoff kg/daa Haulm DM	Knoller kg/daa Tubers
0	120	261	1692
1 husdyrgjødsel FYM	85	193	3431
1 ukalket slam unlimed sludge	120	322	2200
1 kalket slam limed sludge	75	178	2654
3 husdyrgjødsel FYM	145	297	2062
3 ukalket slam unlimed sludge	160	410	931
3 kalket slam limed sludge	143	287	1589

Tabell 23. Knoller, kg pr. dekar på kontrolleddet og relativ avling ved to ulike mengder slam/husdyrgjødsel. Middel for ugjødslet og 6-8 kg N pr. dekar i fullgjødsel. SFL Kise 1979-83.

Table 23. Tuber yields (kg/daa) on control plots and relative (%) yields at two levels of organic DM application (sludge/FYM). Means of no fertilizer and 6-8 kg/daa N-fertilizer.

	1980	1981
Kontroll Control	2350	2362
1 t org. ts./daa	139	105
3 t org. ts./daa	141	111

I 1981 og 1982 ble angrepet av flatskurv på potetknollene registrert. Kalkslam førte til betydelig skurvproblem, mens ukalket slam og husdyrgjødsel ikke hadde noen virkning på denne potetsykdommen (tabell 24). Årsaken var at jordas pH ble for høy etter kalkslam.

#### Kornkvalitet

Kornets hektolitervekt og 1000-kornvekt ble bestemt i 1979-82. Minste mengde slam/husdyrgjødsel påvirket ikke disse egenskapene og heller ikke største mengde husdyrgjødsel. Største mengde slam ga imidlertid lavere hektolitervekt med sterkest virkning

Tabell 24. Skurv, prosent av overflata, i middel for 1981 og 1982. SFL Kise 1979-83.

Table 24. Percentage cover of common potato scab. Means of 1981-82.

Tonn organisk tørrstoff pr. dekar t/daa org. DM	Skurv % Scab	pH
0	4	6,0
1 husdyrgjødsel FYM	1	6,1
1 ukalket slam unlimed sludge	3	6,2
1 kalket slam limed sludge	18	7,3
3 husdyrgjødsel FYM	5	6,2
3 ukalket slam unlimed sludge	5	6,3
3 kalket slam limed sludge	31	7,5

Tabell 25. Hektolitervekt og 1000-kornvekt, middel for bygg og havre 1979-82. SFL Kise 1979-83.

Table 25. Grain bulk density (kg/100 l) and thousand-grain weight, as averages of barley and oats 1979-82.

Tonn organisk tørrstoff pr. daa t/daa org. DM	Hektoliter- vekt, kg Hl-weight	1000-korn- vekt, g 1000-grain weight
0 Control	63,3	35,9
1 husdyrgjødsel FYM	63,5	36,0
1 ukalket slam unlimed sludge	64,1	36,1
1 kalket slam limed sludge	63,7	35,8
3 husdyrgjødsel FYM	63,2	35,4
3 ukalket slam unlimed sludge	61,8	35,7
3 kalket slam limed sludge	59,9	33,6
LSD 5%	3,0 P<0,05	4,8 n.s.



Tabell 26. Hektolitervekt og 1000-kornvekt, middel for bygg og havre ved 1 tonn organisk materiale pr. dekar i husdyrgjødsel og slam og differansen ved 3 tonn. SFL Kise 1979-83.

Table 26. Grain bulk density (kg/100 l) and thousand-grain weight, as averages of barley and oats with 1 t/daa organic DM in FYM and sludge, and differences caused by the use of 3 t/daa.

Tonn org. m./daa t/daa org. DM	Hektolitervekt, kg HL-weight		1000-kornvekt, g 1000-grain weight	
	1	3	1	3
1979	62,0	-5,5	33,9	-3,3
1980	66,3	-4,1	38,9	-2,6
1981	64,7	-1,0	37,9	-1,0
1982	61,8	-0,3	33,1	+1,5

Tabell 27. Noen innholdsstoffer i halm, middel for bygg og havre 1979. Prosent av tørrstoffet. SFL Kise 1979-83.

Table 27. Contents of N, P and K in straw (% of DM), as averages of barley and oats in 1979.

	N	P	K
Kontroll	1,03	0,22	1,80
Control			
Husdyrgjødsel	1,23	0,23	2,50
FYM			
Ukalket slam	1,40	0,14	2,16
Unlimed sludge			
Kalket slam	1,30	0,19	2,32
Limed sludge			
LSD 5%	0,26	0,06	0,43
	P<0,001	P<0,05	P<0,001

for kalket slam (tabell 25). Største mengde kalket slam reduserte også 1000-kornvekta.

Tabell 26 viser variasjonen i kornkvalitet mellom de ulike år. I 1980 og 1981 var det best kvalitet. Kvalitetsnedgangen for største mengde slam var størst de to første årene, senere var den av mindre betydning.

#### Næringsstoffer i avlinga

I 1979 ble halmen analysert for nitrogen, fosfor og kalium (tabell 27). På grunn av spesielle vekstvilkår denne sommeren ble halmen nitrogenrik. Alle tre tilførte stoffer ga høyere nitrogeninnhold enn kontrollledet. Ferskt ukalket slam ga høyest analysetall. Denne slamtypen ga lavest innhold av fosfor. Det

stemmer bra med jordanalysene som viste lave P-AL-tall. Halmen ble kaliumrikest der det var brukt husdyrgjødsel.

I 1980 var det klar virkning av de ulike mengder slam/husdyrgjødsel på nitrogeninnholdet i plantene om høsten. I middel for bygg og havre var nitrogenkonsentrasjonen i korntørrstoffet 2,05% ved 1 tonn organisk materiale pr. dekar og 2,36% ved 3 tonn. Tallene tilsvarer henholdsvis 12,1% og 14,7% protein. Kaliumkonsentrasjonen i korntørrstoffet var 0,52% ved bruk av husdyrgjødsel og 0,47% ved slam ( $P < 0,05$ ).

I 1981 var det, som før nevnt, stor avling og relativt lite legde i kornet. Av denne grunn vil analysene i dette året gi et riktigere bilde av virknin-

gen av forsøksbehandlingen enn i år med mye legde eller tørkebelastning.

Tabell 28, 29 og 30 viser innholdet av N, P og K i avlinga i middel for bygg og havre og i middel for ugjødslet og 6 kg N pr. dekar i fullgjødelse. N-konsentrasjonen (tabell 28) var stort sett høyest ved største mengde slam/husdyrgjødsel. Det var størst analysetall for ukalket ferskt råslam, det samme som ble påvist i 1979.

Opptatt nitrogen i avlinga var over 9 kg pr. dekar på kontrollleddet som hadde fått 3 kg N pr. dekar i fullgjødelse. Dette tilsier at 6,3 kg N pr. dekar ble tatt fra jordlageret. Mengden er noe større enn den vi vanligvis finner på mineraljord. Sammenligner vi N-opptaket ved 1 og 3 tonn organisk

Tabell 28. Nitrogen i avlinga 1981. Middell for bygg og havre og to gjødselmengder. SFL Kise 1979-83.

Table 28. Nitrogen contents in grain and straw 1981. Mean of barley and oats, and of two fertilizer levels.

Tonn org. ts./daa Type	0	1			3			LSD, 5%
		Hu	Uka	Ka	Hu	Uka	Ka	
Prosent av ts.:								
% of DM								
Korn	2,06	1,80	1,89	1,88	1,97	2,21	2,10	0,32
Grain								
Halm	0,45	0,37	0,37	0,39	0,38	0,54	0,53	0,11
Straw								
Kg pr. dekar:								
kg/daa								
Korn	7,21	7,85	7,72	7,99	8,12	9,02	9,60	1,68
Grain								
Halm	2,09	1,88	1,91	1,99	2,02	3,07	3,12	0,91
Straw								
Totalt	9,30	9,73	9,63	9,98	10,14	12,09	12,71	2,28
Sum								

Hu = husdyrgjødsel FYM

Uka = ukalket ferskt slam unlimed sludge

Ka = kalket ferskt slam limed sludge

Tabell 29. Fosfor i avlinga 1981. Middel for bygg og havre og to gjødselmengder. SFL Kise 1979-83.

Table 29. Phosphorus contents in grain and straw 1981. Means of barley and oats and of two fertilizer levels.

Tonn org. ts./daa Type <sup>1)</sup>	0	1	1	1	3	3	3	LSD, 5%
		Hu	Uka	Ka	Hu	Uka	Ka	
Prosent av ts.:								
% of DM								
Korn	0,47	0,48	0,47	0,48	0,45	0,49	0,48	0,03
Grain								
Halm	0,18	0,20	0,15	0,20	0,21	0,13	0,21	0,06
Straw								
Kg pr. dekar:								
kg/daa								
Korn	1,64	2,04	1,90	2,03	1,84	2,00	2,20	0,27
Grain								
Halm	0,79	1,00	0,72	0,99	1,20	0,74	1,24	0,35
Straw								
Totalt	2,43	3,04	2,62	3,02	3,05	2,74	3,44	0,44
Sum								

<sup>1)</sup> som i tabell 28.  
as in table 28

tørrstoff pr. dekar (8 gjentak) vil meropptaket ved største mengde tilsvare 2,5% av tilført N tre år tidligere. Opptaket var minst for husdyrgjødsel, 1,2%, noe større for ukalket slam, 2,2% og størst for kalket slam, 3,4%.

Fosforkonsentrasjonen i kornet ble ikke påvirket av forsøksbehandlingen (tabell 29). Halmen ble imidlertid fosforfattig ved bruk av ferskt ukalket slam, det samme som i 1979. Ved å sammenligne de to mengder slam/husdyrgjødsel vil bare 1% av tilført P tre år tidligere være tatt opp i avlinga.

Kaliumkonsentrasjonen i kornet ble heller ikke påvirket av forsøksbehandlingen (tabell 30). I

halmen, derimot, var det tydelig størst konsentrasjon for husdyrgjødsel.

Avlinga inneholdt fra 10 til 15 kg kalium, det meste i halmen, og betydelig mer hos havre enn hos bygg. I middel for alle forsøksledd var det 7,8 kg kalium i bygghalm og 14,5 kg i havrehalm. Største slammengde ga et meropptak av kalium i forhold til minste på 25% av påførte mengder tre år tidligere. Dette viser hvor vanskelig kaliumberegninger kan være. Årsaken er at kalium er sterkt bevegelig i jord og i planter. Ved modning, f.eks., vil kalium bli med vannet ut på overflaten og bli utsatt for avvasking i regnvær.

Tabell 30. Kalium i avlinga 1981. Middel for bygg og havre og to gjødselmengder. SFL Kise 1979-83.

Table 30. Potassium contents in grain and straw 1981. Means of barley and oats and of two fertilizer levels.

T. org.ts/daa	0	1	1	1	3	3	3	LSD,
Type <sup>1)</sup>		Hu	Uka	Ka	Hu	Uka	Ka	5%
Prosent av ts.:								
% of DM								
Korn	0,57	0,54	0,52	0,52	0,48	0,55	0,52	0,10
Grain								
Halm	1,93	1,91	1,52	1,82	2,41	2,29	2,11	0,41
Straw								
Kg pr. dekar:								
kg/daa								
Korn	2,00	2,32	2,14	2,18	1,96	2,26	2,35	0,43
Grain								
Halm	9,82	10,40	7,74	9,34	10,14	12,08	12,71	4,44
Straw								
Totalt	11,82	12,72	9,88	11,52	12,10	14,34	15,06	4,59
Sum								

<sup>1)</sup> som i tabell 28  
as in table 28

# Ferskt ukalket og ferskt kalket slam fra HIAS og ferskt kalket slam fra Brumunddal og Nesen anseanlegg, med og uten vanning på tørkesvak morenejord

Dyrking av korn, potet, kålrot, fôrbeite, fôrrops og løk. SFL Kise 1980-86

Formålet med denne undersøkelsen var å måle virkningen av ulike slammengder og ulike slamtyper på jord, avling og avlingskvalitet ved ulike vannforhold på tørkesvak jord.

## MATERIALE OG METODER

Matjordlaget hadde 49% grus og undergrunnsjorda 62%. Av materialet under 2 mm var det 66% sand, 23% silt og 11% leir i matjorda og henholdsvis 66%, 27% og 7% i undergrunnsjorda. Glødetapet var 8,2% i matjorda og 4,0% i 30 cm dybde. Ved feltkapasitet hadde matjordlaget 30 mm plantetilgjengelig vann og totalt 70 mm ned til 60 cm dybde. Arealet er sterkt utsatt for tørkeskader på plantene i tørre perioder.

På feltet ble det brukt tre slamtyper i mengder tilsvarende 1 og 3 tonn organisk slamtørrstoff pr. dekar (tabell 31). Slammet kom fra tre renseanlegg; Hedemarken Interkommunale Avløpssamband (HIAS), Brumunddal og Nes. På de to sistnevnte steder var slammet tilsatt kalk.

Feltet ble delt i to med sammenligning av HIAS-slam og Brumunddalslam på den ene halvdel og HIAS-slam og Nesslam på den andre, med fire

gjentak på hver halvdel. Slamleddene går fram av tabell 33. Forsøksrutene var 6 m x 6,5 m. Mellom ruterekkene var det avsatt plass til linjespredere for vanning i tørkeperioder.

I tabell 31 er vist en del opplysninger om slammet. På grunn av stort kalkinnhold i Nesslammet, og dermed mindre organisk stoff, ble det brukt større mengder enn av de andre slamtypene. Ved største slammengde, 3 tonn organisk slamtørrstoff pr. dekar, ble det et 4,2 cm tykt slamlag for Nesslammet, mens det for de to andre slamtypene var nok med ca. halvparten. Kalkmengden ble derfor også stor for Nesslammet.

Feltet ble ikke pløyd i forsøksperioden. Etter at slammet var spredd i 1980 ble arealet frest to ganger. Senere ble det frest, enten om våren eller både høst og vår. Halmen ble brent eller fjernet i kornårene.

Fra 1981 ble slamrutene delt i to, den ene halvdel var ugjødslet og den andre fikk kunstgjødsel, 6 kg N pr. dekar i fullgjødsel i 1981, 10 kg i 1982 og 12 kg i 1983, 1984 og 1985. I 1986 ble hele feltet gjødslet med 10 kg N pr. dekar i fullgjødsel.

Det var ikke vanningsbehov på feltet i 1980, 1981 og 1985.

Tabell 31. Noen opplysninger om slammets sammensetning og tilførte slammengder. SFL Kise 1980-86.

Table 31. Some details of sludge composition and quantities applied in trials.

	Renseanlegg		Source
	HIAS	Brumunddal	Nes
Tilført på renseanlegget			
Applied during treatment			
Ca(OH) <sub>2</sub> , kg/t ts.	0	60	104
kg/t DM			
Al SO <sub>4</sub> , " "	147		
FeCl <sub>2</sub> , l/t ts.		67	25
l/t DM			
Fysiske analyser			
Physical properties			
Tørrstoff, %	18,0	32,9	26,8
DM			
Aske, % av ts.	36,8	43,4	61,9
Ash			
Volumvekt, t/m <sup>3</sup>	1,0	0,7	0,7
Bulk density			
Kjemiske analyser			
Chemical properties			
pH	6,7	10,4	11,8
N, % av ts. % of DM	3,4	1,6	1,5
P, " "	1,6	0,8	1,2
K, " "	0,21	0,14	0,18
Mg, " "	0,18	0,30	0,43
Ca, " "	1,1	9,1	17,0
NO <sub>3</sub> -N, mg/100g	50	200	360
NH <sub>4</sub> -N, "	52	12	44
Tilførte mengder			
Applied quantities			
Slam, m <sup>3</sup> /daa	8,8 26,4	7,7 23,1	14,0 42,0
Sludge			
Slam, t/daa "	8,8 26,4	5,4 16,2	9,8 29,4
Sludge			
Slamts., kg/daa	1580 4740	1770 5310	2620 7860
Sludge DM			
Aske, kg/daa	580 1740	770 2310	1620 4860
Ash			
Org. slamts. kg/daa	1000 3000	1000 3000	1000 3000
Org. DM			
N, "	54 162	28 84	38 114
P, "	25 75	13 39	32 96
K, "	3,3 9,9	2,5 7,5	4,7 14,1
Mg, "	2,8 8,4	5,3 15,9	11,3 33,9
Ca, "	17 51	161 483	446 1338

		Renseanlegg Source					
		HIAS		Brumunddal		Nes	
NO <sub>3</sub> -N,	"	0,8	2,5	3,5	10,6	9,4	28,3
NH <sub>4</sub>	"	0,8	2,5	0,2	0,6	1,2	3,5
Tilsv. kalkstensmel kg/daa Equiv. CaCO <sub>3</sub>		43	129	400	1200	1115	3345

Tabell 32. Noen fysiske egenskaper i matjordlaget høsten 1984. SFL Kise 1980-86.

Table 32. Some physical properties of the topsoil horizon, autumn 1984.

	Uten 3 t org. slants./daa slam 30 t org. DM/ha					Sign.
	No	ukalket	kalket	LSD, 5%	sludge unlimed limed	
Glødetap, % Ignition loss	8,33	9,61	9,66	0,44		P<0,001
Jordtetthet, t/m <sup>3</sup> Bulk density	1,48	1,42	1,38	0,06		P<0,01
Partikkeltetthet, kg/dm <sup>3</sup> Particle density	2,68	2,64	2,66	0,01		P<0,001
Porevolum, % Porosity	44,9	46,2	48,3	2,0		P<0,05
Lett-tilgj. vann, % pF 2 - 3	5,2	5,0	5,4	0,4		n.s.
Tungt tilgj. vann, % pF 3 - 4.2	12,2	14,1	14,2	0,9		P<0,001
Totalt tilgj. vann % pF 2 - 4.2	17,4	19,1	19,6	1,0		P<0,01

Det ble i alle år sprøytet mot ettårig ugras. Det har ikke vært kvekeproblemer og få sykdomsproblemer på kulturplantene i forsøksperioden.

## RESULTATER OG DISKUSJON

### Jordfysiske forhold

Høsten 1984, fem år etter anlegg, ble det tatt sylindrerprøver, 100 cm<sup>3</sup>, fra matjordlaget for bestemmelse av noen jordfysiske egenskaper. Bare tre slamledd

ble undersøkt; ingen slam, 3 tonn organisk tørrstoff pr. dekar i ukalket slam og 3 tonn i kalket slam. Det ble tatt 20 sylindrerprøver pr. ledd.

Glødetapet var gått opp 1,3 prosentenheter der det var brukt slam (tabell 32). Oppgangen tilsvarte 1900 kg stoff pr. dekar. 1100 kg, eller 37% av tilført organisk slamtørrstoff skulle dermed være dekomponert de første fem årene.

Både volumvekta og materialtettheten gikk ned etter slampåførsel, mens porevolumet økte.

Jordas innhold av lett bundet vann ble ikke

berørt av slammet, mens mengden av tyngre bundet vann økte (tabell 32.). Økningen tilsvarte 4 mm vann i matjordlaget hvor slammet var innblandet. Det var liten forskjell i andre jordfysiske forhold mellom forsøksbehandlingene.

### Jordkjemiske forhold

Høsten 1984, ble det også tatt prøver av matjordlaget for kjemiske analyser. Resultatene er vist i tabell 33.

Ukalket slam førte til en liten oppgang i pH-tallet. Minste mengde kalkslam fra rensaneanlegget i Brumunddal inneholdt kalk i mengder tilsvarende 400 kg kalkstensmel pr. dekar. Dette slammet hevet pH-tallet fra 5,8 til 7,0. De andre kalkslamleddene hadde pH-tall fra 7,5 til 7,8.

P-AL- tallet i jorda var ikke gått opp der det var brukt ferskt ukalket slam til tross for store fosformengder i slammet. Samme mangel på virkning ble også registrert i forsøket som ble behandlet i forrige kapittel.

AL-enheten i innblandingssjiktet tilsvarende 1,1 kg P i denne jorda. Ett tonn organisk tørrstoff i Brumunddalslam hevet P-AL-tallet tilsvarende 10 kg fosfor og 3 tonn, 20 kg fosfor. Det meste av fosforet i slammet ble dermed funnet i lettøselig form i jorda etter fire år. For Nessslammet ble det igjen funnet betydelig mindre mengder i forhold til det som ble beregnet tilført. Årsaken er muligens sterkere binding ved høy pH.

Nessslammet førte til en liten, men statistisk sikker nedgang i K-AL-tallet i jorda, og en liten men sikker oppgang av Mg-AL- tallet for største slam-mengde.

Kalkslammet hevet Ca-AL-tallet i henhold til påførte mengder. Det aller meste, over 80%, av tilført kalsium synes å kunne registreres som økning i Ca-AL-tallet i jorda.

Største slammengde økte innholdet av organisk C med 0,6 prosentenheter, tilsvarende 840 kg pr. dekar. Ved en omregningsfaktor på 2,26 fra org. C til glødetap vil de to analyser vise samme resultat -

Tabell 33. Noen kjemiske egenskaper i matjordlaget høsten 1984. SFL Kise 1980-86.

Table 33. Some chemical properties of the topsoil horizon, autumn 1984. Analyses of sieved soil (<2 mm).

Kilde <sup>1)</sup> Source	Tonn organisk slamtørrstoff pr. dekar Organic dry matter in sludge, t/daa								
	0	1			3			LSD,5% Sign.	
	H	B	N	H	B	N			
pH	5,8	6,0	7,0	7,6	6,1	7,5	7,8	0,3	P<0,001
P-AL mg/100g	9,0	8,4	19,3	18,8	8,5	27,8	22,3	3,7	P<0,001
K-AL "	14,9	13,4	14,5	10,8	14,5	12,7	10,1	2,1	P<0,05
Mg-AL "	7,1	6,0	6,3	7,0	6,6	7,5	9,2	0,8	P<0,001
Ca-AL "	149	145	263	630	164	465	1163	195	P<0,001
Org. C% "	3,4	3,5	3,7	3,5	3,9	4,2	3,8	0,5	P<0,05
Tot.N % "	0,33	0,33	0,38	0,34	0,40	0,40	0,37	0,05	P<0,05

1) H = HIAS (Hedemarken Interkommunale Avløpssamband)  
B = Brumunddal  
N = Nes



Tabell 34.  $\text{NO}^3\text{-N}$ , kg/daa, i matjorda 1981. SFL Kise 1980-86.

Table 34. Nitrate-N, kg/daa topsoil, in 1981.

	Tonn org. slamts. pr. dekar Organic dry matter in sludge, t/daa				
	0	1		3	
		uka.1)	ka.	uka.	ka.
12. mai	2,1	2,8	3,6	3,2	4,8
22. september	0,4	0,7	1,8	1,0	5,3

1) uka. = ukalket,  
unlimed

ka. = kalket  
limed

altså at 37% av de brennbare slamkomponentene var borte etter 5 år.

N-innholdet i jorda gikk opp 0,06 prosentenheter etter største slammengde. Dette tilsvarer ca. 80 kg N pr. dekar. Analysene for N og org. C er godt korrelert ( $r=0,84$ ,  $P<0,001$ ,  $n=40$ ).

I 1981 ble jordas innhold av nitrat-N bestemt to uker etter våronna og like etter innhøsting (tabell 34). Analysene viste at kalkslammet friga mest nitrat-N. Om høsten var det over 5 kg nitrat-N i matjordlaget ved største kalkslammengde. Dette er en av svakhetene ved bruk av store slammengder da en regner med tap av nitrat-N med sivevannet utenom vekstida.

### Avling

Avlinga for kalkslam fra Brumunddal og Nes var relativt lik, bortsett fra første forsøksår, og vil bli slått sammen i denne meldinga. I middel for alle år og vekster ble det en slamvirkning på 103 kg pr. dekar (tabell 35). Virkningen var størst av kalkslam, og største slammengde ga større virkning enn minste.

1980. Det var bra med nedbør og gode vekstvilkår denne sommeren. Kalket slam ga sterkest vekst hos korplantene. Det ga seg utslag i mest legde. Ved minste slammengde var det henholdsvis 1% og 33% legde for ukalket og kalket slam. Tilsvarende ved største slammengde var 9% og 45%.

Vannprosenten i kornet ved høsting var ikke påvirket av forsøksbehandlingen på den halvdelen av feltet med kalkslam fra Brumunddal, mens Nesslammet ga henholdsvis 1 og 3 prosentenheter høyere vanninnhold ved minste og største mengde i forhold til kontrolledet.

Den sterke legda for Nesslam ga redusert avling, idet minste mengde ga 490 kg bygg pr. dekar og største mengde 468. Det var de gode vekstvilråra denne sommeren som var årsak til denne virkningen.

1981 var et enda bedre kornår. Det var passe med nedbør i mai, 14 mm nedbøroverskudd i juni og 35 mm i juli, mens august var nedbørfattig. Dette førte til sterk legde på en del slamruter. Kornavling, med legdeprosent i parentes, for de fem slamledd ved to gjødselmengder er vist i tabell 36.

Halv gjødselmengde (N 6) ved minste kalkslammengde ga best resultat, mens største kalkslammengde ga for mye legde. En annen havresort eller CCC-behandling kunne sannsynligvis gitt større slamvirkning på kornavlinga.

De tilsvarende halmengder er vist i tabell 37. Både slam og gjødsel ga avlingsøkning, unntatt for største kalkslammengde hvor det ikke ble avlingsøkning for 6 kg N pr. dekar.

1982. Tørrstoffavlinga er vist i figur 17. Det var nok nedbør i mai og god vekststart, men i de neste tre måneder var det tørt med samlet nedbør-

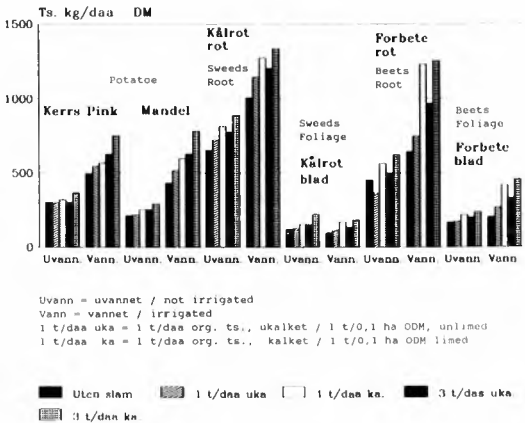
Tabell 35. Avling, kg pr. dekar. Korn med 15% vann, de andre vekster som tørrstoff. SFL Kise 1980-86.

Table 35. Yields, kg/daa. Figures for cereals are corrected to 15% moisture, other crops are given as dry matter.

		Tonn organisk slamtørrstoff pr. dekar Organic dry matter in sludge t/daa					
		0		1		3	
				Slam- virkning		Effect of sludge	
		uka. ka.		uka. ka.		uka. ka.	
1980	Bygg Barley	265	417	452	450	479	185
1981	Havre Oats	319	436	474	506	521	165
1982	Potet, rotvekster Potato, roots	633	696	830	741	877	153
1983	Potet, løk, fôrv. Potato, onion, forage crops	412	447	499	464	473	59
1984	Potet, bygg Potato, barley	553	578	595	619	670	63
1985	Bygg Barley	353	378	382	377	398	31
1986	Bygg Barley	180	225	242	228	270	63
<b>Middel mean</b>		<b>388</b>	<b>454</b>	<b>496</b>	<b>484</b>	<b>527</b>	
<b>Slamvirkning</b>			<b>66</b>	<b>108</b>	<b>96</b>	<b>139</b>	<b>103</b>
<b>Effect of sludge</b>							

uka. = ukalket  
unlimed

ka. = kalket  
limed



Figur 17. Tørrstoffavling hos fire vekster i 1982 ved ulik slambehandling våren 1980, med og uten vanning. SFL Kise 1980-86.

Figure 17. DM yields of four crops in 1982, with and without irrigation, after application of various types and quantities of sludge in 1980.

Tabell 36. Korn, kg pr. dekar, ved ulik gjødsling og ulike slammengder i 1981. Legdeprosent i parentes. SFL Kise 1980-86.

Table 36. Grain yield (kg/daa) at different levels of N-fertilizer and sludge application in 1981. Lodging percentage shown in parentheses.

N, kg/daa i fullgj. N-fert.	Organisk slamtørrstoff, t/daa Organic DM in sludge				
	0 control	1 ukalket unlimed	1 kalket limed	3 ukalket unlimed	3 kalket limed
0	226 (0)	371 (0)	400 (2)	463 (4)	520 (32)
6	411 (0)	501 (2)	547 (15)	549 (5)	522 (69)

Tabell 37. Halm, kg pr. dekar, ved ulik gjødsling og ulike slammengder i 1981. SFL Kise 1980-86.

Table 37. Straw yields (kg/daa) at different levels of N-fertilizer and sludge application in 1981.

N, kg/daa i fullgj. N-fert.	Organisk slamtørrstoff, t/daa Organic DM in sludge				
	0 control	1 ukalket unlimed	1 kalket limed	3 ukalket unlimed	3 kalket limed
0	235	401	447	467	612
6	452	464	590	570	612

Tabell 38. Tørrstoff, kg pr. dekar i 1982. Middell for to potetsorter, kålrot og førbeter med og uten vanning og med og uten slam. SFL Kise 1980-86.

Table 38. Dry matter yields (kg/daa) as averages of two potato varieties, swedes and fodder beet, with and without irrigation and with and without sludge application in 1982.

Vanning Irrigation	Slam Sludge		Slamvirkning Sludge effect
	Uten Without	Med With	
Uten Without	478	566	88
Med With	720	1018	298
Vanningsvirkning Irrigation effect	242	452	

underskudd på 200 mm. Det ble stort vanningsbehov og halve feltet ble vannet med 180 mm fordelt på seks omganger. Dette året ble det klarlagt hvor viktig vannfaktoren er for slamvirkningen. Tørrstoffavlinga i kg pr. dekar i middel for alle fire vekster og to gjødselledd, med og uten slam og med og uten vanning er vist i tabell 38.

Uten vanning var slamvirkningen 18%, mens den var 41% med vanning. Og vanningsvirkningen var 51% uten slam og 80% med slam (tabell 38).

Avlinga ble relativt stor. Ved 12 kg N pr. dekar i fullgjødning, største kalkslammengde og med vanning var det 3400 kg knoller pr. dekar hos 'Kerrs Pink', 2900 kg hos 'Mandel', 1750 kg tørrstoff hos kålrot og 1990 kg hos førbete.

Kalkslam ga også dette året størst avling. Kalkvirkningen var i middel 65 kg knolltørrstoff pr. dekar hos 'Kerrs Pink' og 86 kg hos 'Mandel'. Hos kålrot var den i sum for rot og blad 138 kg tørrstoff pr. dekar og hos førbete 608 kg. Det var tydelig at førbete satte pris på høy pH i jorda.

1983. Det kom 81 mm nedbør i mai. Dette var 45 mm mer enn fordampingen fra fri vannflate. Våronna ble derfor tildels meget vanskelig. Potetene ble satt 29. april under gunstige forhold. Den 10. mai ble det sådd førbeter og den 18. mai satt løk. Spiringa hos førbetene var dårlig og den 16. juni ble de erstattet med fòrraps. Det kom lite nedbør de tre neste måneder, med et samlet nedbørunderskudd på 164 mm. Vanningsrutene fikk 140 mm fordelt på fire omganger.

Også dette året var det beskjeden slamvirkning uten vanning. Uten og med vanning var den hos løk henholdsvis 2% og 10%, hos fòrraps 34% og 75%, hos 'Kerrs Pink' 7% og 10% og hos 'Mandel' 7% og 19%.

Dette var 4. forsøksår og slamvirkningen var gått ned. Uten gjødning var den i middel for 'Kerrs Pink' og 'Mandel' 140 kg knoller pr. dekar uten vanning og 352 kg med vanning. De tilsvarende tall ved 12 kg N pr. dekar i fullgjødning var 71 og 235. Under gode vannforhold var altså slamvirkningen ikke ubetydelig.

1984. Været var gunstig og det ble et av de beste kornår i historien, kanskje bortsett fra 1990. Både mai og juni hadde nok nedbør, mens det kom litt mindre enn fordampingen i juli og august. September var svært fuktig.

Våronna på feltet ble utført 25. april og det var god vekststart både for 'Gunilla' bygg og 'Kerrs Pink' og 'Mandel' potet. Bygget ble vannet en gang med 30 mm, mens potetene fikk 130 mm fordelt på fire omganger. Dette var nærmere 100 mm mer enn nedbørunderskuddet. Årsaken til denne mervanninga var uflaks med vanning i forhold til nedbørperiodene.

Det ble ikke legde i bygget uten gjødning. Ved 12 kg N pr. dekar i fullgjødning ble det 27% legde ved minste kalkslammengde og 40% ved største. Dette førte til avlingsreduksjon og forstyrrelse i slamvirkningen. Største avling, 674 kg korn pr. dekar, ble oppnådd ved 12 kg N pr. dekar, 3 tonn organisk ukalket slamtørrstoff og med vanning. Tilsvarende forsøksledd, men med kalket slam, ga 40% legde og 116 kg korn mindre pr. dekar. Uten gjødning var det imidlertid tydelig samspill mellom slam og vann; uten vanning var slamvirkningen 18 kg korn pr. dekar og med vanning 80 kg.

Hos potet ble det størst slamvirkning uten vanning, det motsatte av det som var forventet. Årsaken er muligens for sterk vanning og utvasking av næringsstoffer. Uten gjødning var slamvirkningen 474 kg knoller pr. dekar uten vanning og 165 kg med vanning. De tilsvarende tall ved 12 kg N pr. dekar i fullgjødning var 99 kg og 82 kg, i middel for begge sortene. Avlinga ved beste forsøksbehandling, vanning, gjødning og kalkslam, var hos 'Kerrs Pink' 4800 kg pr. dekar mens 'Mandel' hadde 2800 kg. Tørrstoffprosenten var høy, henholdsvis 27,3% og 28,6% hos de to sortene, og tørrstoffavlinga var henholdsvis 1300 og 800 kg pr. dekar.

1985. Dette ble et fuktig år. Mai og juni hadde gunstige nedbørforhold mens det i juli og august kom over 100 mm mer nedbør enn fordampningen. Feltet ble anlagt med hvete den 10. mai, men p.g.a. uhell ble den harvet opp og det ble sådd 'Gunilla' bygg

Tabell 39. Skurv, prosent av knolloverflaten, visuelt bedømt. SFL Kise 1980-86.

Table 39. Percentage of tuber surface affected by scab, visually assessed.

		Tonn organisk slamtørrstoff pr. dekar Organic dry matter in sludge, t/daa						
		0		1t		3t		
Sort	Variety	uka.	ka.	uka.	ka.	LSD, 5%	Sign.	
1982	Kerr's Pink	2	5	51	4	81	59	P<0,01
	Mandel	1	3	38	3	46	32	P<0,05
1983	Kerr's Pink	14	12	65	14	71	14	P<0,001
	Mandel	7	7	29	3	34	14	P<0,01
1984	Kerr's Pink	10	21	67	22	74	17	P<0,001
	Mandel	2	5	34	6	40	13	P<0,001
Middel		6	9	47	9	58		
pH høsten 1983		5,8	6,0	7,3	6,1	7,7		

uka = ukalket      unlimed  
ka = kalket        limed

den 22. mai. Dette var 6. år etter slampåførsel og forventningene til slamvirkningen var liten. Et par andre virkninger skal imidlertid nevnes. Det ble 55 kg mer korn pr. dekar der det året før var potet enn der det var bygg ( $P < 0,001$ ). Det var imidlertid en annen virkning som var interessant i forbindelse med slam. Det var ettervirkningen av vanning de tre foregående år på slamvirkningen i 1985. Uten gjødsling var slamvirkningen 61 kg korn pr. dekar der det ikke var vannet de tre foregående år og 24 kg der det var vannet. Ved gjødsling var de tilsvarende tall 31 og 8 kg. Dette viser at vanning hadde dempet langtidsvirkningen av slammct. Da slamvirkningen på avlinga var størst ved vanning i 1982 og 1983 og det ble vannet mer enn fordampningen i 1984 er resultatet rimelig. Avlingsnivået var i overkant av 500 kg pr. dekar for de beste forsøksledd dette året.

1986. Forsøket var planlagt avsluttet i 1985. På grunn av de relativt interessante resultater i 1985 ble det bestemt å fortsette ett år til. Hele feltet ble

gjødslet likt og 'Gunilla' bygg sådd den 8. mai. Det ble en tørr forsommer, med 124 mm nedbørunderskudd de tre første vekstmåneder. Feltet ble ikke vannet.

Selv om avlinga ble lita var det signifikant slamvirkning, 47 kg korn pr. dekar for ukalket slam og 76 kg for kalket.

### Kvalitet

#### Potetskurv

Ukalket slam hadde liten virkning på skurvangrepet på knollene, mens kalket slam ga betydelig angrep, særlig største mengde (tabell 39). 'Kerr's Pink' hadde mer skurv enn 'Mandel'. I 1982 var det mest skurv ved vanning. 'Kerr's Pink' hadde dette året 58% og 75% av overflata dekket av skurv ved henholdsvis uten og med vanning ved bruk av kalkslam. Hos 'Mandel' var de tilsvarende tall 18% og 64%. De to andre årene var ikke skurvangrepet påvirket av vannfaktoren. Skurvtypen ble ikke bestemt.

### Hektolitervekt

Kornets hektolitervekt ble ikke påvirket av slammet i noen av årene.

### Tusenkorvekt

I 1980 var tusenkorvekt hos bygg 42,4 g uten slam (og uten gjødsel) og 44,8 g med slam ( $P < 0,05$ ). De andre årene var det ingen påviselig slamvirkning.

### Næringsstoffer i kornplantene i 1980 og 1981

Den 8. juli 1980 hadde byggplantene 1,8% N i tørrstoffet uten slam og 2,5% med. Om høsten var konsentrasjonen i tørrstoffet henholdsvis 0,5% og 0,7% i halmen og 2,1% og 2,8% i kornet. Det var ingen forskjell mellom ukalket og kalket slam.

Fosforkonsentrasjonen var imidlertid forskjellig mellom ukalket og kalket slam. Den 8. juli 1980 var den henholdsvis 0,33% og 0,38% i byggplantene. Om høsten var den i halmen 0,07% ved ukalket slam og 0,13% ved kalket, mens den i kornet var henholdsvis 0,45% og 0,47%. Høsten 1981 var de tilsvarende tall i havrehalm 0,12% og 0,20% og i havrekorn 0,49% og 0,51%. Det var med andre ord tydelig at det tilførte fosfor i ukalket ferskt slam også i dette forsøket var vanskelig tilgjengelig for plantene.

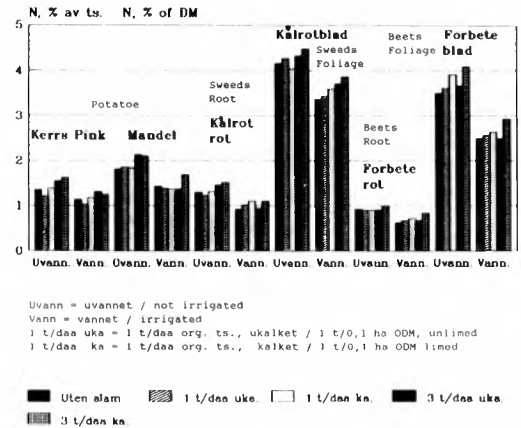
Kalsiumkonsentrasjonen i bygg-tørrstoffet i 1980 var høyest ved bruk av kalkslam. Den 8. juli var den 0,47% ved ukalket slam og 0,59% ved kalket. Om høsten var den henholdsvis 0,29% og 0,38% i halmen.

### Næringsstoffer i avlinga 1982

Dette var tredje året etter slampåførsel. Da avlinga, som før nevnt, ble sterkt påvirket både av slam og av vanning, ble plantene analysert for en del næringsstoff. Resultatene som blir lagt fram her er i middel for ugjødslet og 12 kg N pr. dekar i fullgjød-sel, og er vist i figur 18 til 27.

### Nitrogen

Vanning senket N-konsentrasjonen i tørrstoffet i alle vekster, figur 18. Uten og med vanning var den



Figur 18. N-konsentrasjon i tørrstoffet hos fire vekster i 1982 ved ulik slambehandling våren 1980, med og uten vanning. SFL Kise 1980-86.

Figure 18. N concentrations in DM of four crops in 1982, with and without irrigation, after application of various types and quantities of sludge in 1980.

henholdsvis 1,42% og 1,18% i 'Kerrs Pink', 1,95% og 1,45% i 'Mandel', 1,37% og 1,02% i Kålrot-rot, 4,25% og 3,59% i kålrotblad, 0,92% og 0,71% i fôrbeterot og 3,76% og 2,62% i fôrbeteblad i middel for alle slamledd. Nedgangen var størst i fôrbeteblad med 30% og minst i 'Kerrs Pink' med 16%.

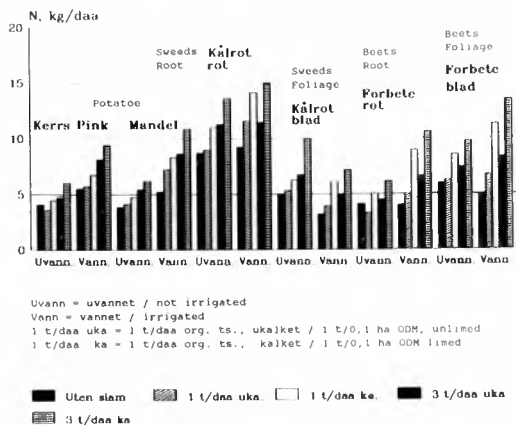
Slammet ga høyere N-konsentrasjon i tørrstoffet hos de fleste vekster. I middel for alle vekster var den:

Uten slam	1,92%
1 t/daa org. ts. ukalket	1,93%
1 t/daa org. ts. kalket	2,00%
3 t/daa org. ts. ukalket	2,05%
3 t/daa org. ts. kalket	2,20%

Kalket slam ga altså høyest N-konsentrasjon. Virkningen var større i fôrbete enn i kålrot med en forskjell på henholdsvis 0,19 og 0,07 prosentenheter.

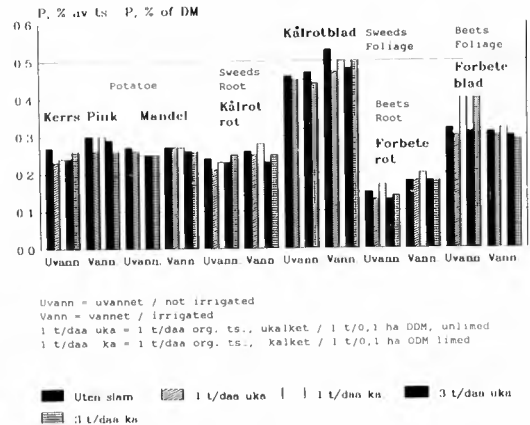
Virkningen av både slam og vanning var større på avlingsmengden (figur 17) enn på N-konsentrasjonen (figur 18). Vanning dempet dermed N-opptaket i avlinga i forhold til avlingsøkningen for vanning. For slam var det omvendt, idet både avlinga og N-konsentrasjonen økte etter slampåførsel. For kålrot var det unntak. Her var opptaket, i middel for alle slamledd, 17,3 kg N pr. dekar både uten og med vanning (fig. 19). For de samme vanningsledd var opptaket hos 'Kerrs Pink' henholdsvis 4,6 kg og 7,1 kg, hos 'Mandel' 4,9 kg og 8,7 kg og hos fôrbete 12,2 kg og 16,0 kg. Hos kålrot var 66% av nitrogenet i rota mens denne plantedelen bare hadde 41% av nitrogenet hos fôrbete. Tørrstoffavlinga i rot var henholdsvis 87% og 73% av totalavlinga hos kålrot og fôrbete.

Slamvirkningen på N-opptaket var betydelig. For de fem slamledd (se ovenfor) var N-opptaket i middel for alle vekster henholdsvis 8,1 kg, 9,0 kg, 11,9 kg, 11,0 kg og 15,1 kg pr. dekar. Kalket slam ga i middel 3,5 kg mer N i plantene enn ukalket



Figur 19. N-opptak i plantene hos fire vekster i 1982 ved ulike slampbehandling våren 1980, med og uten vanning. SFL Kise 1980-86.

Figure 19. N uptakes of four crops in 1982, with and without irrigation, after application of various types and quantities of sludge in 1980.



Figur 20. P-konsentrasjon i tørrstoffet hos fire vekster i 1982 ved ulike slampbehandling våren 1980, med og uten vanning. SFL Kise 1980-86.

Figure 20. P concentrations in DM of four crops in 1982, with and without irrigation, after application of various types and quantities of sludge in 1980.

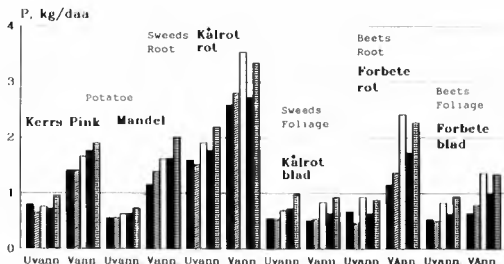
slam, og midlere slamvirkning var 3,75 kg N pr. dekar (tredje forsøksår). Uten vanning var den 2,5 kg og med vanning 5,0 kg.

### Fosfor

Vanning økte P-konsentrasjonen i tørrstoffet hos alle vekster unntatt hos fôrbeteblad (fig. 20). Uten og med vanning var konsentrasjonen henholdsvis 0,25% og 0,28% i 'Kerrs Pink', 0,25% og 0,27% i 'Mandel', 0,23% og 0,25% i kålrot-rot, 0,45% og 0,50% i kålrotblad, 0,14% og 0,18% i fôrbeterot og 0,34% og 0,30% i fôrbeteblad.

Slammet påvirket P-konsentrasjonen ubetydelig. Hos fôrbeteblad ble imidlertid analysetallene 0,1 prosentenheter høyere etter kalkslam uten vanning (figur 20) enn ved kontrolleddet.

Vanning ga betydelig meropptak av fosfor (figur 21). Meropptaket var 109% i 'Kerrs Pink', 152% i 'Mandel', 52% i kålrot og 101% i fôrbete. Med vanning var det også betydelig slamvirkning med størst virkning for kalkslam. I middel for alle



Uvann = uvannet / not irrigated  
 Vann = vannet / irrigated  
 1 t/daa uka = 1 t/daa org. ts., ukalket / 1 t/0,1 ha ODM, unlined  
 1 t/daa ka = 1 t/daa org. ts., kalket / 1 t/0,1 ha ODM lined

■ Uten slam    ▨ 1 t/daa uka    | 1 t/daa ka    ■ 3 t/daa uka  
 ▩ 3 t/daa ka

Figur 21. P-opptak i avlinga hos fire vekster i 1982 ved ulik slambehandling våren 1980, med og uten vanning. SFL Kise 1980-86.

Figure 21. P uptakes of four crops in 1982, with and without irrigation, after application of various types and quantities of sludge in 1980.

vekster ga ukalket slam et meropptak på 0,36 kg P og kalket slam 1,04 kg pr. dekar når det var vannet. Uten vanning var tallene henholdsvis 0,05 kg og 0,38 kg.

Kålrot hadde 74% av opptatt fosfor lagret i rota uten vanning og 94% med vanning. De tilsvarende tall for forbete var 51% og 64%.

### Kalium

Kaliumkonsentrasjonen i tørrstoffet i plantedelene var vanligvis lavest ved vanning, figur 22. I middel for alle slamledd var den uten og med vanning, 2,22% og 2,07% i 'Kerrs Pink', 2,28% og 2,03% i 'Mandel', 1,88% og 1,77% i kålrotrot, 5,25% og 5,26% i kålrotblad, 1,43% og 1,36% i forbeterot og 6,67% og 6,34% i forbeteblad. I middel for alle vekster var tallene henholdsvis 3,29% og 3,14% uten og med vanning.

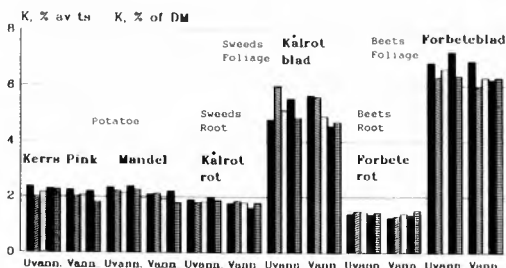
Kaliumkonsentrasjonen i tørrstoffet ble lite berørt av de ulike slamledd.

Opptaket av kalium varierte betydelig og var avhengig av både planteslag, slam og vanning (fig 23). I potetknollene varierte opptaket fra 7,0 kg til 13,9 kg pr. dekar, i kålrot fra 18,1 til 32,6 kg pr. dekar og i forbete fra 16,3 til 47,7 kg pr. dekar. Rotas andel av kalium var 51% i kålrot uten vanning og 75% med vanning. Hos forbete var tallene henholdsvis 35% og 39%.

### Magnesium

Magnesiumkonsentrasjonen i tørrstoffet var lavest ved vanning, spesielt i blad (figur 24). Uten og med vanning var den henholdsvis 0,11% og 0,10% hos 'Kerrs Pink', 0,12% og 0,11% hos 'Mandel', 0,12% og 0,10% hos kålrotrot, 0,13% og 0,07% hos kålrotblad, 0,13% og 0,12% hos forbeterot og 0,77% og 0,61% hos forbeteblad. Slammet påvirket ikke denne egenskapen.

Opptatt mengde magnesium i plantene varierte med slam og vanning (fig. 25). I potetknollene var det tatt opp 0,3 til 0,9 kg pr. dekar, ved de ulike



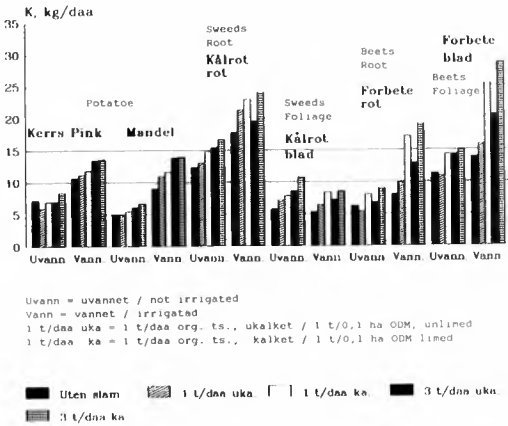
Uvann = uvannet / not irrigated  
 Vann = vannet / irrigated  
 1 t/daa uka = 1 t/daa org. ts., ukalket / 1 t/0,1 ha ODM, unlined  
 1 t/daa ka = 1 t/daa org. ts., kalket / 1 t/0,1 ha ODM lined

■ Uten slam    ▨ 1 t/daa uka    | 1 t/daa ka    ■ 3 t/daa uka  
 ▩ 3 t/daa ka

Figur 22. K-konsentrasjon i tørrstoffet hos fire vekster i 1982 ved ulik slambehandling våren 1980, med og uten vanning. SFL Kise 1980-86.

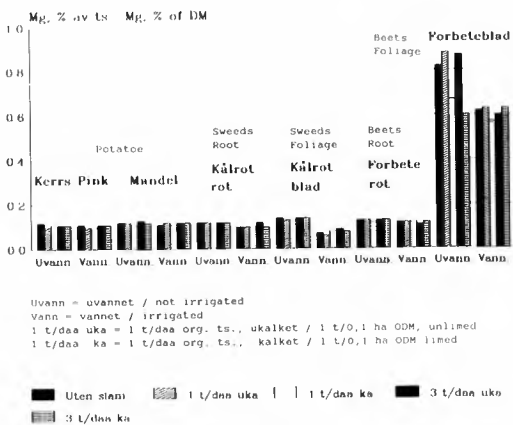
Figure 22. K concentrations in DM for four crops in 1982, with and without irrigation, after application of various types and quantities of sludge in 1980.





Figur 23. K-opptak i avlinga hos fire vekster i 1982 ved ulike slambehandlinger våren 1980, med og uten vanning. SFL Kise 1980-86.

Figure 23. K uptakes of four crops in 1982, with and without irrigation, after application of various types and quantities of sludge in 1980.



Figur 24. Mg-konsentrasjon i tørrstoffet hos fire vekster i 1982 ved ulike slambehandlinger våren 1980, med og uten vanning. SFL Kise 1980-86.

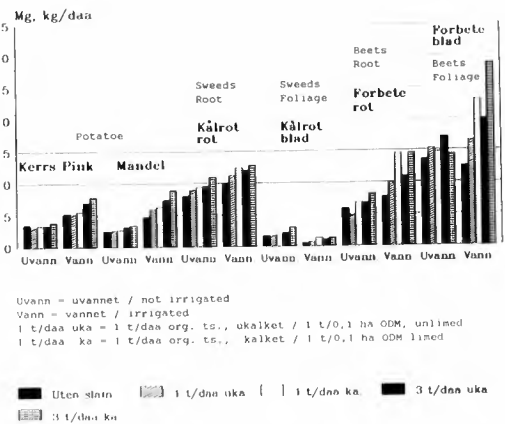
Figure 24. Mg concentrations in DM of four crops in 1982, with and without irrigation, after application of various types and quantities of sludge in 1980.

forsøksledd. I kålrot varierte mengdene fra 1,0 til 1,4 kg og i forbete fra 2,0 til 4,3 kg. Hos kålrot var 82% av opptatt magnesium lagret i rota uten vanning og 92% med, i forbete var de tilsvarende tall 30% og 36%.

#### Kalsium

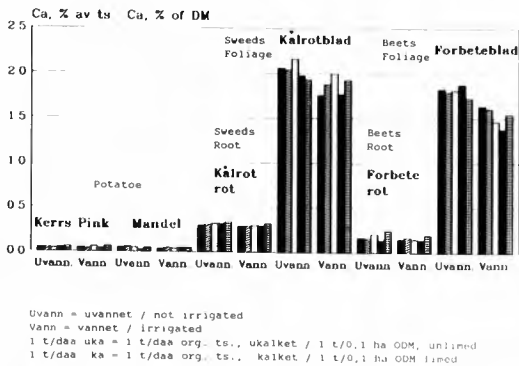
Kalsiumkonsentrasjonen i potetstørstoffet var ca. 0,05% og upåvirket av vanning og slam. Hos rotvekstene var det lavest innhold ved vanning (fig. 26). Uten og med vanning var konsentrasjonen i kålrotrot henholdsvis 0,32% og 0,30%, i kålrotblad 2,03% og 1,87% i forbeterot 0,18% og 0,16% og i forbeteblad 1,83% og 1,53%. Slam påvirket konsentrasjonen lite.

Opptatt mengde i plantene var avhengig av både slam og vanning. I potetknollene var det bare 150-300 g Ca pr. dekar, mens rotvekstene hadde fra 4 til 10 kg (fig. 27). I kålrot var 44% av opptatt mengde i rota uten vanning og 69% med vanning. De tilsvarende tall hos forbete var 20% og 24%.



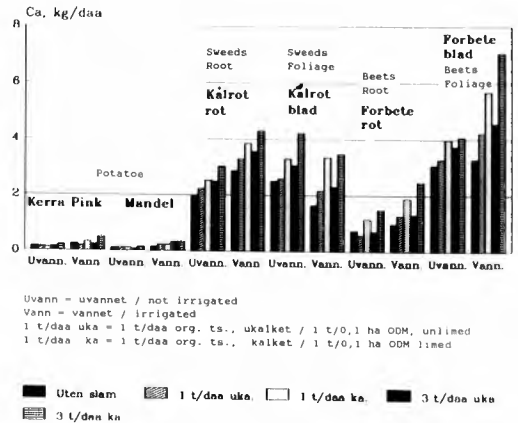
Figur 25. Mg-opptak i avlinga hos fire vekster i 1982, ved ulike slambehandlinger våren 1980, med og uten vanning. SFL Kise 1980-86.

Figure 25. Mg uptakes of four crops in 1982, with and without irrigation, after application of various types and quantities of sludge in 1980.



Figur 26. Ca-konsentrasjon i tørrstoffet hos fire vekster i 1982, ved ulike slambehandling våren 1980, med og uten vanning. SFL Kise 1980-86.

Figure 26. Ca concentrations in DM of four crops in 1982, with and without irrigation, after application of various types and quantities of sludge in 1980.



Figur 27. Ca-opptak i avlinga hos fire vekster i 1982, ved ulike slambehandling våren 1980, med og uten vanning. SFL Kise 1980-86.

Figure 27. Ca uptakes of four crops in 1982, with and without irrigation, after application of various types and quantities of sludge in 1980.

# Ferskt og lagret ukalket slam og ferskt kalket slam fra HIAS sammenlignet med fullgjødning på nydyrket morenejord

Korndyrking, Vie S., Stange, 1981-83

Vinteren 1980/81 ble det inngått avtale med Hans Hellum, på Søndre Vie i Stange om bruk av et nydyrket areal til slamforsøk. Hensikten med forsøket var å måle virkningen av kalket og ukalket slam på avling, produktkvalitet og jord, og å sammenligne virkningen av slam og kunstgjødning.

## MATERIALE OG METODER

Forsøket startet våren 1981 og ble avsluttet etter tre år. I nærheten av forsøksfeltet var det i november 1980 deponert slam fra Hedemarken Interkommunale Avløpssamband (HIAS). Det øvre laget (ca. 20-30 cm) fra dette deponiet var kompostert når våren kom. Dette laget ble brukt i forsøket og er i det følgende kalt "kompost". I tillegg ble det ved anlegg levert ferskt ukalket slam og ferskt kalket slam fra HIAS. Disse er i det følgende kalt henholdsvis "råslam" og "kalkslam". Disse tre slamtypene ble tørket og glødet for å kunne doseres i forhold til det organiske innhold. Det ble bestemt å prøve slammengder tilsvarende 1, 2 og 3 tonn organisk tørrstoff pr. dekar. Som referanse ble det tatt med et ledd uten slam og uten gjødning og et ledd med 50 kg fullgjødning D20-5-9 pr. dekar hvert år. Referanserutene i forbindelse med kalkslam ble kalket med mengder tilsvarende 310 kg CaO pr. dekar. Dette

ga fem forsøksledd pr. slamtype og med to gjentak ble det tilsammen 30 forsøksruter. Rutesørrelsen var 2,5 m x 6 m. For å unngå overføring av slam mellom rutene ble feltet frest våren 1981 og bare grunnharvet de to neste årene.

1981 ble som nevnt i forrige kapittel et av de beste kornår i distriktet. Det kom rikelig med nedbør i mai, juni og juli mens det var tørt og varmt i august, med gode høsteforhold. I 1982 og 1983 var det forsommertørke og reduserte avlinger.

Jorda på feltet var stein- og grusrik morene. Materialet under 2 mm, besto av 48% sand, 43% silt og 9% leir og et glødetap på 3,8%. Grusinnholdet var 20%. Den var dermed noe tørkesvak. Om sommeren ble det tatt rutevise prøver av matjordlaget med jevne mellomrom for å kontrollere variasjonen i pH og NO<sub>3</sub>-N-innholdet. Før skurtresking ble det tatt rutevise prøver fra 0,25 m<sup>2</sup> store ruter for bestemmelse av halmavling og halmens kjemiske innhold. Skurtreskinga ble utført av Hedmark forsøksring. Kornavlinga ble tatt med til Kise for kontroll. Etter skurtresking ble halmen fjernet fra feltet.

Resultatene av slamanalysene er vist i tabell 40. Både komposten og kalkslammet var askerikere enn råslammet - den første fordi organisk materiale var gått tapt i komposteringsperioden, den andre fordi det var tilført kalk. Dette førte til at komposten var

Tabell 40. Noen analyser av kloakkslam fra Hedemarken Interkommunale Avløpssamband (HIAS) påført våren 1981. Vie S. Stange 1981-83.

Table 40. Some analyses of sludge from HIAS, applied in spring 1981 at Vie S. Stange.

	Slamtype		
	Råslam 1) Fresh	Kompost 2) Composted	Kalkslam 3) Limed
Tørrstoff, % DM	21,2	31,6	27,2
Aske, % av ts. Ash	37,3	50,7	50,8
pH	6,2	6,2	9,6
N, % av ts. % of DM	3,06	3,42	2,17
P, "	1,53	2,80	1,19
K, "	0,32	0,34	0,30
Mg, "	0,06	0,05	0,11
Ca, "	1,44	2,01	12,00
NO <sub>3</sub> -N, mg/100 g	17	18	12
NH <sub>4</sub> -N, "	53	395	12

- 1) Direkte fra renseanlegget, ukalket Unstored, unlimed  
 2) Lagret ca. 2 måneder, ukalket Stored for 2 months  
 3) Direkte fra renseanlegget, kalket Unstored, limed

N- og P-rikest mens kalkslammet hadde mest Mg og Ca. Det var høye verdier av ammonium i komposten.

I tabell 41 er ført opp de mengder av slam og innholdsstoffer som tilsvarte 1 tonn organisk slam-tørrstoff. Det var liten forskjell i volum mellom slamtypene. Komposten inneholdt 40% mer N enn råslammet og 60% mer enn kalkslammet. Fosforinnholdet var over dobbelt så høyt i komposten som i de to andre slamtypene.

## RESULTATER OG DISKUSJON

### Jordanalyser høsten 1981

Høsten 1981 ble det tatt rutevise jordprøver av matjordlaget. Resultatene for en del kjemiske analyser er ført opp i tabell 42.

Jordreaksjonen ble ikke påvirket av ukalket slam. Kalking med 310 kg CaO pr. dekar hevet pH 1,5 enheter. Kalken i slammet hadde tilsvarende virkning på pH i jorda.

P-AL. Råslammet hadde liten virkning på P-AL-tallet i jorda. Det samme ble påvist i de to foregående omtalte forsøk. De to andre slamtypene ga økt P-AL-tall. I middel for de tre mengder kompost og kalkslam tilsvarte økningen ca. 6 kg eller 8% av tilført fosfor.

K-AL. Slammet hadde ingen virkning på analysetallene.

Mg-AL. Ukalket slam påvirket ikke analysetallene. Kalk alene hevet tallene betydelig. Kalkslam hevet tallene ca. 10 enheter i middel av de tre påførte mengder.

Ca-AL. Heller ikke her ble analysetallene påvirket av ukalket slam. Praktisk talt alt kalsium i

Tabell 41. Mengder pr. tonn organisk slamtørrstoff. Vie S., Stange 1981-83.

Table 41. Nutrient quantities per ton of organic dry matter in sludge applied at Vie S. Stange.

	Slamtype Type of sludge		
	Råslam Fresh	Kompost Composted	Kalkslam Limed
Slamvolum, m <sup>3</sup>	7,5	6,4	7,4
Volume			
Slamtørrstoff t.	1,59	2,03	2,01
Total DM			
N, kg	48,7	69,4	43,6
P, "	24,3	56,8	23,9
K, "	5,1	6,9	6,0
Mg, "	1,0	1,0	2,2
Ca, "	22,9	40,8	241,2
NO <sub>3</sub> -N, "	0,27	0,37	0,24
NH <sub>4</sub> -N, "	0,84	8,02	0,24

Tabell 42. Noen kjemiske egenskaper i matjorda høsten 1981. Gjødsel og slam nedfrest om våren. Vie S. Stange 1981-83.

Table 42. Some chemical properties of the topsoil in autumn 1981. Fertilizer and sludge incorporated the previous spring.

	Slam- type	50 kg/daa fullgj. T. org. slamts./daa				Sign.			
		D20-5-9	Org. DM in sludge, t/daa			T	M	TxM	
Sludge Fert.									
pH	rå.sl. fresh	5,8	5,6	5,9	5,8	5,8			
	komp. composted	5,6	5,6	5,5	5,5	5,3	**		
	ka.sl. limed	7,1 1)	7,1 2)	6,9 3)	7,1 4)	7,3 5)			
P-AL	rå.sl. fresh	4,2	4,1	4,6	4,7	5,2			
	komp. comp.	3,3	3,6	8,5	12,5	15,0	**	***	***
	ka.sl. limed	4,3	5,8	8,8	10,0	15,0			

Slam- type	50 kg/daa fullgj.					Sign.		
	D20-5-9	T. org. slamts./daa Org. DM in sludge, t/daa				T	M	TxM
		0	1	2	3			
	Sludge Fert.							
K-AL	rå.sl.	8,3	7,9	9,1	7,9	8,9		
	fresh							
	komp.	7,0	6,2	5,2	6,6	9,8		
	comp.							
Mg-AL	ka.sl.	9,3	9,4	10,5	6,1	7,4		
	limed							
	rå.sl.	4,4	4,3	5,2	4,2	5,1		
	fresh							
Ca-AL	komp.	4,6	4,2	3,8	5,4	5,4	*	**
	comp.							**
	ka.sl.	11,5	11,6	10,0	14,0	20,0		
	limed							
N, %	rå.sl.	87	90	105	96	113		
	fresh							
	komp.	96	85	78	101	97	*	**
	comp.							***
Org.C	ka.sl.	365	363	285	475	705		
	limed							
	rå.sl.	0,13	0,13	0,15	0,16	0,18		
	fresh							
%	komp.	0,13	0,12	0,16	0,21	0,24	*	***
	comp.							*
	ka.sl.	0,13	0,13	0,16	0,17	0,19		
	limed							
%	rå.sl.	1,55	1,55	1,65	1,65	1,90		
	fresh							
	komp.	1,60	1,50	1,75	2,50	2,55		**
	comp.							
%	ka.sl.	1,70	1,65	2,55	2,25	2,50		
	limed							

- 1) Påført kalk tilsvarende 310 kg CaO/daa CaO equiv. in lime  
 2) " " " 310 " "  
 3) " " " 290 " "  
 4) " " " 580 " "  
 5) " " " 870 " "

T = slamtype,  
sludge type  
\* P<0,05,

M = slammengde,  
sludge quant.  
\*\* P<0,01,

TxM = samspill  
interaction  
\*\*\* P<0,001

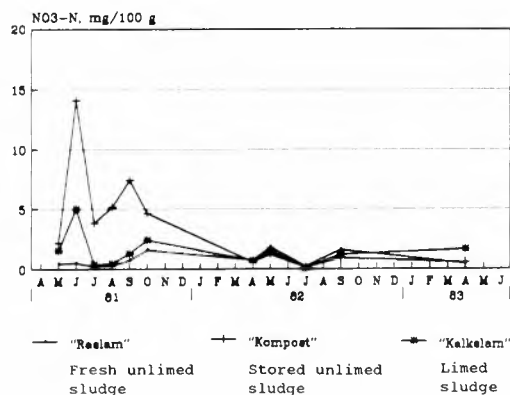
kalken ble funnet igjen som økte analysetall i jorda. For kalkslam tilsvarte økningen av Ca-AL-tallene ca. 70% av tilført kalsium i kalk.

N. Komposten ga betydelig høyere nitrogeninnhold i jorda enn de to andre slamtypene. I middel økte innholdet 0,0617% eller 49 kg tilsvarende 70% av det tilførte.

Organisk C. Slam hevet innholdet av organisk C, men analysetallene var svært variable. I middel for tre mengder og tre slamtyper økte innholdet 0,53%. Det tilsvarer ca. 440 kg C pr. dekar eller ca. 60% av det som var tilført med slammet.

### Nitrat og pII i jorda i forsøksperioden

Slammets virkning på nitratinnholdet i jorda er vist i figur 28. Råslammet hadde ingen virkning på analysetallene i vekstida første året. I september og oktober var det imidlertid en liten oppgang. I 1982 og 1983 var det bare små endringer. Kalkslammet ga høye verdier i juni i middel for de tre mengder, mens det i juli og august nærmest var tomt for nitrat. Om høsten var det markert stigning i tallene.



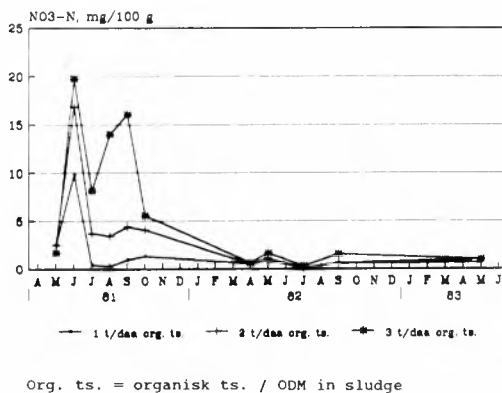
Figur 28. NO<sub>3</sub>-N i matjordlaget i forsøksperioden ved ulike slamtyper påført våren 1981. Vie S. Stange 1981-83.

Figure 28. Contents of nitrate-N in topsoil horizon from 1981 to 1983 after application of uncomposted, composted and limed sludge in spring 1981.

Slamvirkningen kunne også registreres i mai og september 1982. Komposten ga betydelig økning i nitratinnholdet i jorda i juni. I juli var det lavere verdier mens det var mye nitrat i jorda om høsten første året. De to siste årene var det liten virkning, også av kompost, på denne egenskapen.

Da komposten viste seg å frigjøre mye nitrat første sommeren er analysetallene for de tre mengder vist i figur 29. Største mengde, 3 t organisk slam-tørrstoff pr. dekar ga ekstremt mye nitrat i jorda om høsten første året. I september var analysetallet 15,5 enheter høyere enn kontrollledet. Det tilsvarer ca. 30 kg nitratnitrogen pr. dekar i matjordlaget. I 1982 var det liten virkning, også av største mengde, med analysetall tilsvarende 1,6 kg N pr. dekar i mai og noe mer i september. I 1983 kunne det ikke registreres virkning av største dose på denne egenskapen i jorda. Dette er et godt eksempel på stort tap av nitrat-N ved bruk av store slammengder.

På kontrollrutene varierte pH mellom 5,1 og 5,6. Variasjonen går fram av figur 30. Kalk i mengder tilsvarende 580 kg CaO pr. dekar hevet pH



Figur 29. NO<sub>3</sub>-N i matjordlaget i forsøksperioden ved ulike mengder kompostert slam påført våren 1981. Vie S. Stange 1981-83.

Figure 29. Contents of nitrate-N in topsoil horizon from 1981 to 1983 after application of increasing quantities of composted sludge in spring 1981.

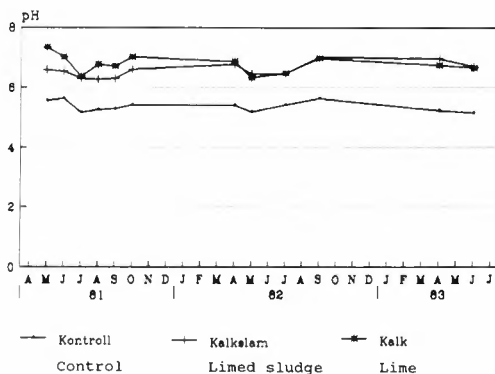
til over 7,0 våren 1981, mens kalkslam, med tilsvarende kalkmengder ga noe mindre pH-økning til å begynne med. Utover i 1982 og 1983 var det noe høyere pH etter kalkslam enn etter kalk. I tabell 43 er midlere pH for de tre ledd i tre år ført opp. Det var klar økning i analysetallene for kalkslam mens tallene var relativt stabile for kalk.

### Avling

Det første året hadde åkeren ulik vekstkraft for de tre slamtypene. Tidlig i veksttida var råslamåkeren utrivelig å se på mens kalkslamåkeren og spesielt kompoståkeren var frodigere og sunnere. Den 7. juli ble det tatt prøver fra 0,25 m<sup>2</sup> store ruter for kontroll. Planthøgde og tørrstoffavling er vist i tabell 44. Komposten ga lengst strå og størst avling mens råslammet var betydelig dårligere. Analyser av plantene viste at råslam og kalkslam ga omtrent samme innhold av både nitrat og total-N, mens komposten ga betydelig større innhold i plantene (tabell 45).

Utover sommeren rettet råslamåkeren seg opp og om høsten var det liten forskjell mellom denne og kalkslamåkeren (tabell 44). Kompoståkeren derimot var svært frodig og det ble betydelig legde for alle tre mengder, med størst kornavling for minste

mengde. Det var minst halmavling for råslam og noenlunde likt for kompost og kalkslam. Kornprosenten var 57 ved råslam og 46 i middel for de andre slamtypene. Det var betydelig forsinket modning for råslam og kompost.



Figur 30. Jordreaksjonen i matjordlaget i forsøksperioden ved ulik behandling våren 1981. Kalkmengder tilsvarende 580 kg CaO pr. dekar. Vie S. Stange 1981-83.

Figure 30. Soil reaction in topsoil horizon from 1981 to 1983 after application of lime and limed sludge in spring 1981.

Tabell 43. Middelerverdi for pH i forsøksperioden ved ulik behandling. Antall målinger i parentes. Vie S. Stange 1981-83.

Table 43. Mean soil pH values for different treatments during the trial period. Numbers of sampling times shown in parentheses. Vie S. Stange.

	1981 (12)	1982 (4)	1983 (2)
Kontroll Control	5,4	5,4	5,2
Kalkslam <sup>1)</sup> Limed sludge	6,4	6,7	6,8
Kalk <sup>1)</sup> Limed	6,8	6,7	6,7

<sup>1)</sup> 580 kg CaO/daa



N-innholdet i korn og halm om høsten økte med økende slammengde (tabell 45). Innholdet var omtrent likt for råslam og kalkslam mens komposten ga betydelig høyere analyseverdier spesielt de to største mengder. Største mengde ga 3,51% N i korn og 2,05% i halm. Tallene tilsvarer henholdsvis 21,9% og 12,8% protein i tørrstoffet.

I tabell 46 er ført opp hvor mye nitrogen som ble tilført med gjødsel og slam og hvor mye som ble tatt opp av plantenes overjordiske del i 1981. Uten gjødsel var det tatt opp 3-4 kg pr. dekar og med fullgjødsel, 10-12 kg. Økende slammengder ga økende opptak. Råslam hadde minst opptak og kompost mest. Utnyttingsgraden av tilført N er beregnet ut fra uggjødslet. Den var svært høy for

fullgjødsel, 66 til 82%. Dette er høyere verdier enn en vanligvis regner med. Årsaken er sannsynligvis de gode vekstvilkårene denne sommeren i tillegg til at fosforet i fullgjødsla muligens bidro i positiv lei. Utnyttingsgraden gikk ned med økende slammengder. Den var minst for råslam. For de andre slamtypene var den 19-20% for 1 tonn organisk slamtørrstoff pr. dekar. Dette er også høyere verdier enn en vanligvis regner med. Årsaken var den samme som for fullgjødsel - ekstremt gode vekstvilkår.

Plantenes fosforinnhold er vist i tabell 47. Den 7. juli var det ikke forskjell mellom slamtypene og heller ikke mellom de ulike mengder. Om høsten var det størst konsentrasjon i korn og halm uten

Tabell 46. Nitrogenregnskap 1981. Gunilla bygg. Vie S. Stange 1981-83.

Table 46. Nitrogen balance in barley 1981 following application of different quantities and types of sludge in spring.

Slam- type Sludge type	Org. slamts. t/daa Org. DM	N tilført kg/daa N applied	N i avlinga kg/daa N harvested	Utnyttings- grad % Recovery
Råslam	D50 1)	10	10,0	70
Fresh	0	0	3,0	-
sludge	1	49	8,6	11
	2	97	14,3	11
	3	146	16,7	9
Kompost	D50 1)	10	12,2	82
Composted	0	0	4,0	-
sludge	1	69	17,0	19
	2	139	24,0	14
	3	208	29,1	12
Kalkslam	D50 1)	10	10,6	66
Limed	0	0	4,0	-
sludge	1	44	12,7	20
	2	87	17,7	16
	3	131	18,2	11

1) 50 kg fullgjødsel d20-5-9 pr. dekar.  
50 kg/daa compound fert.

Tabell 47. Fosfor i byggplantene, prosent av tørrstoffet, 1981. Ulike slammengder påført våren 1981. Middell av tre slamtyper. Vie S. Stange 1981-83.

Table 47. Phosphorus contents of barley plants (% of DM) in 1981 following application of different quantities of sludge in spring 1981. Means of three types of sludge.

Org. slamts. t/daa Org. DM	Ved aksskyting	Ved høsting	
	At heading Hele planter Whole plant	At harvest Korn Halm Grain Straw	
D50 1)	0,29	0,37	0,05
0	0,28	0,44	0,10
1	0,29	0,39	0,07
2	0,32	0,37	0,07
3	0,30	0,35	0,06
LSD, 5%	0,04	0,04	0,06
Sign.	n.s.	P<0,05	n.s.

1) 50 kg fullgjødsele D20-5-9 pr. dekar.  
50 kg/daa compound fert.

Tabell 48. Fosforregnskap 1981. Gunilla bygg. Vie S. Stange 1981-83.

Table 48. Phosphorus balance in barley 1981 following application of different quantities of sludge in spring 1981. Means of three types of sludge.

Organisk slamts. t/daa Org. DM	P tilført kg/daa P applied	P i avlinga kg/daa P harvested	Utnyttings- grad %
			Recovery
D50	2,5	2,11	42
0	0	1,06	-
1	35,0	2,10	3,0
2	70,0	2,36	1,9
3	105,0	2,26	1,1

Tabell 44. Noen avlingsparametre hos bygg i 1981 ved ulike slamtyper og -mengder påført om våren. Vie S. Stange 1981-83.

Table 44. Some yield components of barley in 1981 following the application of different quantities and types of sludge in spring.

Slam- type Sludge type	Mengde slamts. t/daa Quantity org. DM	Ved aksskyting At treading			Ved høsting At harvest			
		Høyde cm	Ts. kg/daa	Korn %	Korn kg/daa	Vann %	Legde %	Halm kg/daa
		Height DM	DM	Grain	Grain	Moist.	Lodg.	Straw
Råslam	D50 1)	62	365	47	500	16,3	5	555
Fresh	0	32	100	50	172	16,3	0	175
sludge	1	44	135	57	416	22,6	0	316
(uncomp.)	2	50	189	56	577	28,9	0	451
	3	52	199	57	616	30,5	1	471
Kompost	D50 1)	65	392	43	584	15,9	0	781
Composted	0	39	155	58	263	16,3	0	189
sludge	1	65	328	52	654	23,9	20	611
	2	71	440	43	549	29,1	33	733
	3	61	367	44	558	27,6	30	716
Kalkslam	D50 1)	61	373	53	566	16,9	0	506
Limed	0	40	164	49	233	16,6	0	239
sludge	1	53	293	41	480	17,4	0	687
	2	64	345	49	654	19,4	0	678
	3	61	323	46	647	23,0	0	753

Signifikans:

Significance:

Slamtype	*	***					
Sl. type							
Slammengde	***	***		***	***	*	***
Sl. quantity							
Samspill	*	*		**		*	
Interaction							

\*  $P < 0,05$ , \*\*  $P < 0,01$ , \*\*\*  $P < 0,001$

1) 50 kg fullgjødsel D20-5-9 pr. dekar (uten slam).

50 kg/daa compound fert. (without sludge).

Tabell 45. Byggplantenes N-innhold i tørrstoffet 1981, ved ulike slamtyper og -mengder påført våren 1981. Vie S. Stange 1981-83.

Table 45. Nitrogen contents in barley plants in 1981 (% of DM) following the application of different quantities and types of sludge in spring.

Slam- type Sludge type	Mengde org. slamts. t/daa Quantity org. DM	Ved aksskyting At heading Hel plante Whole plant		Ved høsting At harvest Korn Grain		Halm Straw
		N %	NO <sub>3</sub> -N %	%	%	%
Råslam Fresh sludge	D50 1)	2,69	0,22	1,70	0,60	
	0	1,87	0,03	1,57	0,47	
	1	2,37	0,02	2,03	0,52	
	2	3,33	0,14	2,37	0,70	
	3	3,94	0,31	2,48	0,93	
Kompost Composted sludge	D50 1)	2,57	0,14	1,75	0,53	
	0	1,71	0,01	1,51	0,35	
	1	3,92	0,73	2,25	0,86	
	2	4,43	1,35	3,19	1,46	
	3	4,73	1,40	3,51	2,05	
Kalkslam Limed sludge	D50 1)	2,80	0,16	1,89	0,36	
	0	1,62	0,02	1,70	0,31	
	1	1,91	0,03	2,23	0,62	
	2	3,22	0,10	2,51	0,65	
	3	3,95	0,40	2,51	0,69	
Signifikans:						
Significance:						
Slamtype		**	*	*	*	
Sl. type						
Slammengde		***	***	***	***	
Sl. quantity						
Samspill			***	*	***	
Interaction						

\* P<0,05, \*\* P<0,01, \*\*\* P<0,001

1) 50 kg fullgjødsel 020-5-9 pr. dekar.  
50 kg/daa compound fert.

gjødsling mens økende slammengder ga synkende innhold, spesielt i kornet. Det var heller ikke nå forskjell mellom slamtypene.

Tabell 48 viser fosforregnskapet for 1981. Det var tatt opp minst uten gjødsling mens det var liten forskjell mellom fullgjødelse og de tre ulike slammengder. Det var heller ikke forskjell mellom slamtypene i denne egenskap. Utnyttingsgraden var 42% for fullgjødelse. For slam varierte den mellom 3,0 og 1,1%, med best utnyttelse for minste slammengde.

På grunn av tørken i 1982 ble feltet vannet en gang. Dette ga brukbart avlingsnivå. Det var betydelig slamvirkning og største slammengde ga samme avling som 50 kg fullgjødelse D20-5-9 pr. dekar (tabell 49). Slammet hadde ingen virkning på modningen av kornet dette året. Det kunne ikke påvises forskjeller i gjødselvirkning mellom slamtypene i første ettervirkningsår.

Også dette året ble avlinga analysert for nitrogen, fosfor og kalium i tørrstoffet. Ugjødset ga

høye verdier både i korn og halm (tabell 50). Det var slamvirkning for nitrogen og fosfor både i korn og halm. For nitrogen var det økende verdier med økende slammengder, for fosfor var det motsatt. Det samme var også tilfelle i 1981. For kalium var det liten og usikker ettervirkning.

Tredje forsøksår, 1983, var det fortsatt tydelig virkning av slam på kornavlinga (tabell 51). Det var heller ikke dette året forskjell mellom slamtypene. Slammet hadde ingen virkning på modninga, målt ved vannprosenten ved høsting.

Totalavlinga og meravlinga for slam og gjødelse i forsøksperioden er vist i tabell 52. I sum for tre år ga minste slammengde 64% avling i forhold til avlinga ved 50 kg fullgjødelse D20-5-9 pr. dekar. Mellemsle slammengde ga 83% og største slammengde 93%.

På dette feltet, med fullgjødelse og kontrolledd, er det mulig og beregne verdien av slam til erstatning for kunstgjødelse. Hvis vi ser bort fra utgifter i forbindelse med transport, spredning, nedmolding

Tabell 49. Korn- og halmavling og vann i kornet ved høsting 1982 ved ulike slammengder påført våren 1981. Mustang havre. Vie S. Stange 1981-83.

Table 49. Grain and straw yields of oats in 1982 after application of different sludge quantities in spring 1981.

Org. slamts. t/daa Org. DM	Korn kg/daa Grain	Vann % Moisture	Halm kg/daa Straw
D50 1)	409	14,8	388
0	104	18,3	71
1	219	15,7	223
2	350	15,1	319
3	420	14,9	372
LSD 5%	36	1,1	58
Sign.	P<0,001	P<0,001	P<0,001

1) 50 kg fullgjødelse D-5-9 pr. dekar hvert år.  
50 kg/daa compound fert. each year.

Tabell 50. N, P og K i avlinga, prosent av tørrstoffet, 1982 ved ulike slammengder påført våren 1981. Mustang havre. Vie S. Stange 1981-83.

Table 50. Contents of N, P and K in the oat crop (% of DM) in 1982 after application of different sludge quantities in spring 1981.

Org. slamts. t/daa Org. DM	Korn Grain			Halm Straw		
	N	P	K	N	P	K
D50 1)	1,86	0,34	0,37	0,25	0,03	2,13
0	2,05	0,43	0,41	0,44	0,38	2,49
1	1,92	0,42	0,40	0,28	0,09	2,31
2	1,97	0,37	0,38	0,29	0,04	2,03
3	2,28	0,38	0,38	0,35	0,03	2,11
LSD 5%	0,21	0,04	0,03	0,06	0,04	0,54
Sign.	P<0,01	P<0,01	P<0,05	P<0,001	P<0,001	n.s.

1) 50 kg fullgjødelse D20-5-9 pr. dekar.  
50 kg/daa compound fert.

Tabell 51. Avling og vann i kornet ved høsting 1983 ved ulike slammengder påført våren 1981. Gunilla bygg. Vie S. Stange 1981-83.

Table 51. Yields and moisture contents of barley in 1983 after application of different sludge quantities in spring 1981.

Org. slamts. t/daa Org. DM	Korn kg/daa Grain	Vann % Moisture	Halm kg/daa Straw
	D50 1)	390	11,4
0	97	12,0	101
1	138	11,9	127
2	176	12,0	131
3	226	11,8	172
LSD 5%	31	5,3	51
Sign.	P<0,001	n.s.	P<0,001

1) 50 kg fullgjødelse D20-5-9 pr. dekar.  
50 kg/daa compound fert.

Tabell 52. Totalavling av korn i forsøksperioden, kg pr. dekar, og årlig meravling for bruk av gjødsel og slam. Middel for tre slamtyper. Vie S., Stange 1981-83.

Table 52. Total grain yield over whole three-year trial period, and annual responses for fertilizer and sludge application. Means of three types of sludge.

	Total avling i 3 år Total yield	Meravling for slam/gjødsel Yields response for sludge/fert.		
		1981	1982	1983
Ingen gjødsel Unfertilized	423	-	-	-
50 kg/daa fullgj. D20-5-9	1350	327	305	297
50 kg/daa compound fert.				
1 t/daa org. ts. Org. DM	858	294	115	41
2 t " " " "	1119	370	246	79
3 t " " " "	1251	384	316	129

Tabell 53. Verdien av slamm ved korndyrking, kr pr. daa, som erstatning for fullgjødsel når fullgjødsel-prisen er kr 2,50 pr. kg. Vie S., Stange 1981-83.

Table 53. The fertilizer value (Nkr/daa) of sewage sludge for cereal production, assuming a compound fertilizer price of Nkr. 2,50 per kg.

Mengde slam brukt Quantity of sludge used	År fra tilførsel Years from applic.			Sum Total	Slam- verdi kr/m <sup>3</sup> Value of sludge pr. m <sup>3</sup>
	1	2	3		
1 t/daa org.ts. Org. DM	113	47	17	177	25
2 t/daa " " " "	141	101	33	275	20
3 t/daa " " " "	147	130	54	331	16

Tabell 54. Hektolitervekt og 1000 kornvekt i middel for 1981 og 1982 ved ulike slammengder. Vie S. Stange 1981-1983.

Table 54. Grain bulk density (kg/100 l) and thousand-grain weights after application of different sludge quantities. Means of 1981 and 1982.

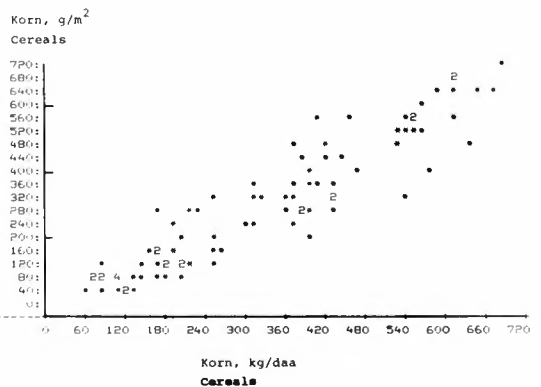
Org. slamts. t/daa Org. DM	Hl.v. kg Bulk density	1000 kv. g 1000 grain weight
D50	61,9	40,9
0	60,5	37,7
1	61,4	40,7
2	61,2	41,7
3	61,0	42,1
LSD 5%	0,5	1,7
Sign.	P<0,01	P<0,01

m.m. vil verdien av slammet, i mengder tilsvarende 1, 2 og 3 tonn organisk slamtørrstoff pr. dekar, bli henholdsvis 25, 20 og 16 kroner pr. m<sup>3</sup> de tre første årene, tabell 53. Det er da ikke differensiert mellom slamtypene. På sur jord må en regne med at kalkslammet blir noe verdifullere. Langtidsvirkningen av slam vil øke verdiene noe med årene.

I 1981 og 1982 ble kornets hektolitervekt og 1000-kornvekt bestemt. Fullgjødning ga høyest og uggjødning lavest hektolitervekt. Økende slammengder ga tendens til lavere hektolitervekt (tabell 54). 1000-kornvekta var lavest uten gjødning. Økende slammengder ga stigende verdier.

I forbindelse med kontroll av halmavlinga ble, som før nevnt, 0,25 m<sup>2</sup> høstet for hånd fra hver rute like før skurtresking. Disse småbanda ble tresket på akstreskeverk og korn- og halmavling bestemt. Figur 31 viser sammenhengen mellom kornavlinga fra 0,25 m<sup>2</sup> og fra 14,70 m<sup>2</sup> for 90 sammenligninger. I middel ble avlinga 333 kg pr. dekar for skurtresking og 316 for 0,25 m<sup>2</sup> 's ruter ( $r = 0,94^{***}$ ). Bruk av småruter synes å gi relativt korrekte resultater, og er blant annet en enkel måte å bestemme halmmengden på. Ved handhøsting vil også hele strået bli

kontrollert, ved skurtresking og oppsamling vil bare deler av halmen bli høstet.



Figur 31. Sammenhengen mellom kornavlinga målt på 14,7 m<sup>2</sup> store ruter (x-aksen) og 0,25 m<sup>2</sup> (y-aksen).  $Y = 1,013 * X - 21,22$  ( $n = 90$ ,  $P < 0,001$ ). Vie S. Stange 1981-83.

Figure 31. The relationship between grain yields measured on large (14.7 m<sup>2</sup>) and small (0.25 m<sup>2</sup>) plots.



# Ukalket og kalket, ferskt og lagret (1 år) slam fra HIAS og to kalkingsmidler på nydyrket sandjord

Korndyrking, Hoel Ø., Vang 1982-85

Det stilles ofte spørsmål om hvordan kalktilsetningen til slam påvirker jord og avling og om lagret slam har like god gjødselvirkning som ferskt slam. Dette forsøket tok sikte på å bidra til å klarlegge disse spørsmål.

## MATERIALE OG METODER

Våren 1981 ble ukalket og kalket slam fra Hedemarken Interkommunale Avløpssamband (HIAS) deponert på Kise. Våren 1982 ble dette slam og ferskt ukalket og ferskt kalket slam fra HIAS brukt i et forsøk på nydyrket sandjord. Slammet ble analysert med tanke på å bruke like mengder organisk materiale pr. arealenhet. I forsøket ble det også tatt med to kalkingsmidler, kalkstensmel og brent kalk, for om mulig å kunne sammenligne virkningen av kalk i slam med bare kalk. Forsøksleddene går fram av tabell 58. Rutestørrelsen var 6,4 m x 6,4 m med fire gjentak. Senere ble de delt i to med ulike gjødselmengder. Det ble dyrket bygg og havre hvert år. I de fire årene som forsøket varte ble det brukt Agneta bygg i 1982 og Gunilla de tre siste årene. Havresorten var etter tur Mustang, Mustang, Phuti og Phuti.

Ved anlegg ble slam og kalk frest inn i jorda. Om høsten ble halmen brent eller fjernet og arealet frest. Om våren ble feltet harvet grunt, før gjødsling.

Matjordlaget hadde noe leir og organisk materiale og relativt stor vannkapasitet, mens undergrunnsjorda var nærmest leir- og humusfri og med lite vannlager (tabell 55). Jorda var dermed tørkesvak. I 1982 og 1983 var det tørt i juni, juli og august, mens det i 1984 var passende med nedbør i hele veksttida. I 1985 var det betydelig mer nedbør enn plantene trengte. Feltet ble ikke vannet.

Resultatene av noen fysiske og kjemiske analyser av slammet, er vist i tabell 56. Tørrstoffinnholdet var høyest i kalkslam, mens volumvekta før opptørring var den samme for alle fire slamtypene. Da slammet ble tørket var kalkslammet tyngst, og lagret kalkslam betydelig tyngre enn ferskt. Dette er et uttrykk for at en del av det organiske materiale var dekomponert i lagringstida. Dette ga askerikt slam. Det var imidlertid liten forskjell mellom ferskt og lagret ukalket slam i denne egenskap. Årsaken er trolig at de var forskjellige i utgangspunktet. Det var mest nitrogen og fosfor i ukalket slam og mest magnesium og kalsium i kalket slam. Konsentrasjonen av nitrogen, magnesium og kalsium i tørrstoffet hos slammet synes også å vise at komposteringen hadde gått raskest hos kalkslam. Det var betydelig mer ammonium i ukalket enn i kalket slam.

Ut fra de fysiske analysene ble mengden beregnet (tabell 57). Det gikk med fra 19 til 30 m<sup>3</sup> pr. dekar. Det tilsvarende slamlag på rutene var 19 til 30 mm tykt. Det ble påført størst mengde tørrstoff, kalsium og magnesium med lagret kalkslam, mens

Tabell 55. Noen egenskaper i jorda på Hoel Ø. Vang 1982-85, målt før anlegg våren 1982.

Table 55. Some soil properties at Hoel Ø., Vang, measured before sludge application in spring 1982.

	Mat- jord Topsoil	Under- grunn Subsoil
Frasikt, >2 mm, %	5	0
Gravel		
Sand, 2,0-0,06 mm, %	85	94
Sand		
Silt, 0,06-0,002 mm, %	11	5
Silt		
Leir, <0,002 mm, %	4	1
Clay		
Glødetap, %	3,7	1,0
Ignition-loss		
Jordtetthet, t/m <sup>3</sup>	1,29	1,46
Bulk density		
Luft v/ pF 2,0, vol. %	26,9	34,4
Air capacity		
Vann, pF 2-3, vol. %	7,9	4,4
Water pF 2-3		
Vann, pF 3-4,2, vol. %	10,3	2,8
Water pF 3-4.2		
pH	5,4	4,6
Reaction		

nitrogenmengden varierte fra 125 til 160 kg pr. dekar for de ulike slamtyper.

I ferskt kalket slam ble det påført 840 kg hydrat-kalk, tilsvarende 1140 kg kalkstensmel, pr. dekar (tabell 57). Det komposterte kalkslammet påførte mer enn tre ganger så mye kalk pr. arealenhet.

## RESULTATER OG DISKUSJON

### Jordanalyser

Høsten 1984, etter tre vekstsesonger, ble det tatt prøver av matjordlaget fra alle 40 forsøksruter for kjemisk analyse. Resultatet er vist i tabell 58.

Jordreaksjonen var ikke påvirket av ukalket slam, mens begge kalkslamtypene hadde hevet pH

fra 5,4 til over 7. På kalkfeltet var pH nå 6,2 til 6,4 for minste kalkmengde, og over 7 for største. Det syntes som om kalken i slammet hadde fullgod virkning på jordreaksjonen.

Lettløselig fosfor. AL-enheten tilsvarer 2,5 kg i 20 cm dybde i denne jorda. Alle fire slamtypene hadde ført til høyere analysetall. Oppgangen var størst for kalket slam, og tilsvarte 28% og 24% av tilført fosfor for henholdsvis fersk og lagret kalkslam. Tilsvarende oppgang for ukalket slam var 13% og 12% av det tilførte. I motsetning til de tre foregående forsøksfelt ble det økning i P-AL-tallet for ukalket ferskt slam. Det er muligens forskjell i jordart og kjemiske forhold i jorda som er årsaken til ulik virkning.

Tabell 56. Noen analyser av kloakkslam fra Hedemarken Interkommunale Avløpssamband (HIAS), våren 1982. Hoel Ø. Vang 1982-85.

Table 56. Some analyses of sewage sludge from HIAS in spring 1982, used at Hoel Ø., Vang.

	Fersk ukalket unlimed	Fresh kalket limed	Lagret 1) ukalket unlimed	Stored kalket limed
Tørrstoff, % DM	18,4	26,8	19,0	34,7
Vol.vekt, rå, t/m <sup>3</sup> BD, wet.	0,96	0,97	0,96	0,98
Vol.vekt, tørr, t/m <sup>3</sup> BD, dry	0,18	0,25	0,19	0,34
Aske, % av ts. Ash	30,1	39,8	31,5	60,6
pH	6,2	8,2	5,9	8,2
N, % av ts. % of DM	3,67	2,86	3,63	1,67
P, " " " "	2,34	1,96	2,68	1,79
K, " " " "	0,30	0,32	0,30	0,30
Mg, " " " "	0,13	0,39	0,17	1,14
Ca, " " " "	1,65	9,18	1,53	18,06
NO <sub>3</sub> -N, mg/100g	1	1	1	12
NH <sub>4</sub> -N, "	124	56	275	15

1) Lagret 1 år.  
Stored for 1 year

Tabell 57. Slammengder påført med 3 tonn organisk tørrstoff pr. dekar ved Hoel Ø. Vang 1982-85.

Table 57. Quantities of sludge applied at Hoel Ø., Vang, equivalent to 3 t/daa organic dry matter.

	Fersk ukalket unlimed	Fresh kalket limed	Lagret ukalket unlimed	Stored kalket limed
Slam, m <sup>3</sup> /daa Sludge	30	19	24	22
Slamtørrstoff, t/daa DM	4,3	5,0	4,4	7,5
N, kg/daa	158	143	160	125
P, "	101	98	118	129
K, "	13	15	13	23
Mg, "	6	20	7	85
Ca, "	71	459	67	1351
CaO i hydratkalk, kg/daa (beregnet)	-	543	-	1803
Lime equivalent				
NO <sub>3</sub> -N kg/daa	0,04	0,05	0,04	0,9
NH <sub>4</sub> -N "	5,33	2,80	12,10	1,13

På kalkfeltet ga største mengde kalkstensmel og brent kalk større analysetall enn kontrollleddet men differansen var ikke signifikant.

Lettløselig magnesium. Kalket slam førte til betydelig økning i analysetallene, mens det tilførte

magnesium i ukalket slam, 6-7 kg pr. dekar, ikke påvirket dem. Måleteknikken som er brukt er sannsynligvis ikke følsom nok for så små differanser.

Kalkingsmidlene hevet Mg-AL-tallene og mest for brent kalk.

Tabell 58. Noen analyser av matjordlaget høsten 1984 etter påførsel av 3 t/daa organisk tørrstoff i ulike slamtyper og to mengder kalk i ulike kalkslag våren 1982. Hoel Ø., Vang 1982-85.

Table 58. Some chemical analyses of topsoil at Hoel Ø., Vang in autumn 1984, after the application in 1982 of 3 t/daa organic DM in various types of sludge and of 2 quantities of various liming materials.

Forsøksledd Treatment	CaO kg/daa	pH	P-AL mg/100 g	Mg-AL	Ca-AL	Org.C %
<b>Slamfelt</b>						
<b>Sludge trial</b>						
Kontroll Control		5,4	7,6	1,9	38	1,4
Fersk, ukalket Fresh, unlimed		5,5	12,9	1,7	38	1,6
Fersk, kalket Fresh, limed	540 1)	7,1	18,5	8,7	211	1,8
Lagret, ukalket Stored, unlimed		5,6	13,2	2,3	47	1,9
Lagret, kalket Stored, limed	1800 1)	7,3	24,8	16,2	288	2,3
LSD, 5%		0,5	6,6	4,1	87	0,9
Sign.		***	***	***	***	n.s.
<b>Kalkfelt</b>						
<b>Lime trial</b>						
Kontroll Control		5,4	10,4	1,5	31	1,3
Kalkstensmel Ground lime	300	6,2	11,5	2,3	101	1,5
Kalkstensmel Ground lime	1000	7,1	13,9	3,8	296	1,6
Brent kalk Burnt lime	300	6,4	9,5	4,0	81	1,3
Brent kalk Burnt lime	1000	7,3	14,3	9,9	208	1,6
LSD, 5%		0,4	5,7	2,2	101	0,8
Sign.		***	n.s.	***	***	n.s.

n.s. = ikke signifikant \*\*\* =  $P < 0,001$

<sup>1)</sup> Innblandet ved rensanlegget.

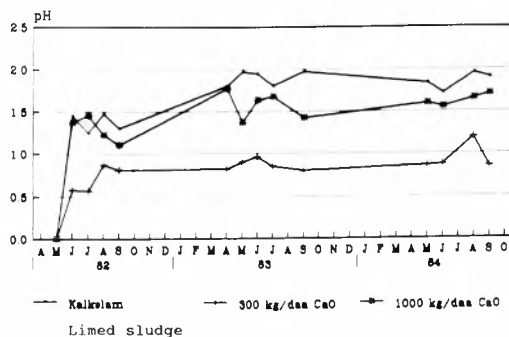
Mixed at source

Lettløselig kalsium. Økningen i Ca-AL-tallet for ferskt kalket slam tilsvarte 10% mer enn tilført, mens økningen for lagret kalket slam tilsvarte bare nesten halvparten av det tilførte. Resultatet viser at beregningene er noe usikre, men det synes klart at kalsium fra kalken bindes noe ved lagring av slammet.

På kalkleddet tilsvarte økningen i Ca-AL-tallet 82% og 93% av tilført kalk for henholdsvis minste og største mengde kalkstensmel. For brent kalk var økningen mindre, henholdsvis 58% og 62% for de to mengder.

Jordas humusinnhold ble målt som organisk karbon. Økningen i analysetallene for slam var ikke signifikant. Også her er sannsynligvis årsaken at måleteknikkprosedyren ikke er nøyaktig nok. I middel for de fire slamledd var det 0,5% høyere innhold av organisk karbon enn for kontrollleddet. Det tilsvarer en oppgang på 0,85% humus. Sett på denne måten er 70% av tilført organisk materiale i slam intakt etter 3 år. Dette er tilsvarende nivå som i forsøket på Kise 1980-86 hvor 63% var intakt etter 5 år.

Jordas pH og innhold av nitrat i matjordlaget ble



Figur 32. Virkningen på pH i matjordlaget i forsøksperioden av kalkslam i mengder tilsvarende 1170 kg CaO pr. dekar og to kalkmengder. Hoel Ø. Vang 1982-85.

Figure 32. The increases in topsoil reaction from 1982 to 1984 after application of limed sludge with equivalent CaO content of 1170 kg/daa and two rates of liming (300 and 1000 kg CaO/daa).

målt med ulike mellomrom gjennom tre vekstsesonger. I 1982 var pH-økningen for kalket slam og største mengde kalk temmelig lik (figur 32). De to siste årene var virkningen noe større og nå var den

Tabell 59. Økningen i pH i matjordlaget av to mengder kalk i middel for kalkstensmel og brent kalk, og av kalket slam, middel for ferskt og 1 år gammelt. Hoel Ø. Vang 1982-85.

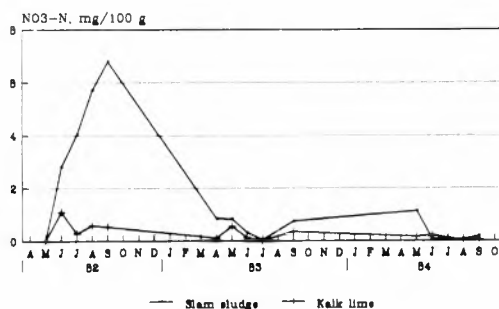
Table 59. Increases in topsoil pH at Hoel Ø., Vang, caused by two levels of liming (means of two materials) and by the use of limed sewage sludge (means of fresh and stored sludge).

Ant. prøvetakinger No. samplings	Brent kalk/ kalkstensmel Burnt lime/ ground lime		Kalket slam Limed sludge
	300 1)	1000 1)	ca. 1200 1)
1982	10	0,65	1,32
1983	6	0,88	1,58
1984	5	0,92	1,62

1) = kg/daa CaO-ekvivalent  
CaO-equivalent

størst for kalket slam, det samme ble påvist i forsøket hos Vie. Middeltallene for pH-økningen er vist i tabell 59. I 1984 var pH gått opp 0,92 enheter for 300 kg CaO pr. dekar i kalk, det tilsvarer 325 kg CaO pr. pH-enhet, eller 680 kg kalkstensmel pr. dekar på denne jorda.

Nitratinnholdet i jorda på slamfeltet er vist i figur 33. Prøvene ble tatt på ugjødslet jord og viser nitratinnholdet i matjordlaget i middel for fire kalkledd og middel for de fire slamtypene. I 1982 ble slammet spredd for hånd og frest inn i jorda 26. mai, og kornet sådd 27. mai. Den 11. juni, 2 uker etter anlegg, var det frigjort 6 kg NO<sub>3</sub>-N pr. dekar fra ferskt slam og 10 kg fra lagret slam. Siste prøvetaking, 1. september viste 16 kg fra lagret slam og 18 kg fra ferskt slam. På dette tidspunkt var nitratinnholdet uten slam også høyt, nærmere 5 kg pr. dekar, Dette skyldes det tørre året og at avlinga for lengst var høstet på dette tidspunkt. I 1983 og 1984 var det relativt små verdier av nitrat i jorda, men det var tydelig slamvirkning, figur 33. I begge



Figur 33. Virkningen på NO<sub>3</sub>-N analysetallene i matjordlaget i forsøksperioden av slam-mengder tilsvarende 3 t organisk tørrstoff pr. dekar og kalkmengder tilsvarende 650 kg CaO per dekar. Hoel Ø. Vang 1982-85.

Figure 33. Increases in topsoil nitrate-N contents from 1982 to 1984 after application of sludge at 3 t/daa organic DM and lime at 650 kg/daa CaO.

år økte innholdet etter høsting og mest for slam. Det var ikke forskjell mellom slamtypene i disse årene.

### Avling

I 1982 og 1983 var det, grunnet tørken, relativt liten virkning av slam, både på gjødslet og ugjødslet jord (tabell 60). I 1984 derimot var det store avlinger. Slamvirkning var dette året nærmere 300 kg korn pr. dekar der det ikke var gjødslet. Ved gjødsling ble det en god del legde på slamrutene og moderat virkning av slammet. I 1985 var det mye nedbør og mye legde i åkeren. Uten gjødsling ble det på slamrutene notert 20 til 40% legde, og ved gjødsling 50-80%. Det ble, i middel for slamleddene, 140 kg korn mer pr. dekar med enn uten slam der det ikke var tilført gjødsel. Ved gjødsling var det liten slamvirkning dette året, på grunn av for sterk legde.

Da legda i 1985 var avlingsreducerende bidrog den altså til å redusere slamvirkningen. Ved å vurdere årene 1982 til 84 får en et mere realistisk bilde av slamtypenes avlingsfremmende virkning. I disse årene ga lagret slam 27 kg (7%) korn mer pr. dekar enn ferskt, og kalket slam 43 kg (11%) mer enn ukalket ( $P < 0,01$ ).

Både kalkstensmel og brent kalk ga avlingsøkning (tabell 61). Kalken førte til mere legde. Denne ga avlingsnedgang i 1985. For brent kalk var det ikke forskjell i avling mellom minste og største mengde. Største mengde kalkstensmel ga imidlertid 34 kg mere korn pr. dekar enn minste mengde i middel for 1982 til 1984 ( $P < 0,01$ ).

Det ble som før nevnt dyrket bygg og havre hvert år. Virkningen av slam på de to artene går fram av tabell 62. Alle fire slamledd ga større avlingsframgang hos havre enn hos bygg, mens differansen mellom fersk og lagret og ukalket og kalket slam var den samme for begge arter.

Avlingsøkningen for kalkingsmidlene var tilnærmet lik for begge arter. Det var heller ikke forskjell mellom de ulike kalkmengder for de to artene. Kornets vannprosent ved høsting var ikke påvirket av forsøksbehandlingen. Kornkvaliteten, målt ved

Tabell 60. Korn, kg pr. dekar, for ulike slamtyper i mengder tilsvarende 3 tonn organisk tørrstoff pr. dekar, påført våren 1982. Middell for bygg og havre, Hoel Ø., Vang 1982-85.

Table 60. Grain yields (kg/daa) after application of different types of sludge equivalent to 3 t/daa organic DM at Hoel Ø., Vang, in spring 1982. Means of barley and oats.

År Year	N i fullgj. Uten N-fert. slam		Fersk Fresh		Lagret Stored		Slam- virkning Sludge effect
	kg/daa	No. sl.	uka. unli.	ka. limed	uka. unli.	ka. limed	
1982	0	286	307	291	333	371	40
1983	0	250	317	286	310	379	73
1984	0	254	459	549	534	650	294
1985	0	206	331	317	358	377	140
	Middel Mean	249	354	361	384	444	
	Slam- virkning Sludge effect		105	112	135	195	
1982	4	262	311	331	316	356	67
1983	6	259	315	360	357	366	91
1984	10	625	669	746	616	679	51
1985	10	383	428	385	380	416	19
	Middel Mean	382	431	456	417	454	
	Slam- virkning Sludge effect		49	74	35	72	

hektolitervekt og 1000-kornvekt var heller ikke påvirket.

#### Næringsstoffer i avlinga

I 1982 ble en del næringsstoffer i kornplantene midt i juli kontrollert. Resultatet er vist i tabell 63. På slamfeltet var alle fem analyserte stoffer påvirket av behandlingen. Konsentrasjonen av N var gått opp 26% i middel for de fire slamtypene i forhold til uten slam. Tilsvarende oppgang for K var 21%, for Ca 22%. For Mg var oppgangen størst for kalket slam, 86%, mens den var bare 17% for ukalket. For fosfor var det nedgang for ferskt ukalket slam, mens de andre slamtypene hadde konsentrasjonsøk-

ning fra 8 til 15%. Nedgangen i P-konsentrasjon i plantene for ferskt ukalket slam viser, som i flere andre forsøk, at fosforet fra denne slamtypen blir tungt tilgjengelig for plantene.

På kalkfeltet var det mindre økning i stoffkonsentrasjon enn på slamfelta, men konsentrasjonen av kalium økte 24% for kalking. For de andre stoffene var ikke økningen signifikant.

Om høsten ble korn og halm analysert for N, P og K. Slam førte til N-rikere korn og halm ved høsting (tabell 64). Halmen ble kaliumrikere for slam.

Kalkingsmidlene påvirket ikke N-, P- og K-innholdet i korn og halm (tabell 64).

Tabell 61. Korn, kg pr. dekar, i middel for bygg og havre, ved ulike kalkslag og kalkmengder påført våren 1982. Hoel Ø., Vang 1982-85.

Table 61. Grain yields (kg/daa) after application of different amounts and types of liming material at Hoel Ø., Vang, in spring 1982. Means of barley and oats.

År Year	N i fullgj. Uten N-fert. kalk		Kalkstens- mel Ground lime		Brent kalk Burnt lime		Kalk- virkning Lime effect
	kg/daa	No. lime	300	1000	300	1000 1)	
1982	5	206	269	297	259	316	79
1983	6	259	315	360	357	366	91
1984	8	556	633	672	667	660	103
1985	8	354	444	360	346	407	35
	Middel	344	415	422	407	437	
	Mean						
	Kalk- virkning Lime effect		71	78	63	93	76
1982	10	214	257	291	260	301	63
1983	12	255	290	329	350	262	53
1984	12	564	618	636	670	652	80
1985	12	427	387	297	408	387	- 57
	Middel	365	388	388	422	401	
	Mean						
	Kalk- virkning Lime effect		23	23	57	36	35
Legde, %, 1985:							
Lodging in 1985							
	8	20	53	80	63	53	
	12	25	75	96	65	55	

1) kg CaO/daa.  
CaO-equivalent



Tabell 62. Slamvirkning, kg korn pr. dekar, i middel for 1982 til 1984. Hoel Ø. Vang 1982-85.

Table 62. Mean annual grain yield responses (kg/daa) for three years after application of 3 t/daa organic DM at Hoel Ø., Vang.

		Kloakkslam, 3 t org. ts. pr. dekar Sludge			
		fersk fresh	lagret stored	ukalket unlimed	kalket limed
Bygg	Barley	61	79	51	89
Havre	Oats	97	116	89	124

Tabell 63. Noen plantenæringsstoffer i kornplantene 14. juli 1982. Middel for bygg og havre og to gjødselmengder. Hoel Ø. Vang 1982-85.

Table 63. Some nutrient contents in whole plants on 14. July 1982 at Hoel Ø., Vang. Means of barley and oats and two fertilizer levels.

		Prosent av tørrstoffet % of DM				
		N	P	K	Mg	Ca
Slamfelt						
Sludge trial						
	Kontroll	2,47	0,26	1,87	0,18	0,54
	Control					
	Fersk, ukalket	3,03	0,25	2,28	0,20	0,66
	Fresh, unlimed					
	Fersk, kalket	3,23	0,30	2,36	0,33	0,67
	Fresh, limed					
	Lagret, ukalket	3,21	0,28	2,47	0,22	0,74
	Stored, unlimed					
	Lagret, kalket	3,01	0,29	2,31	0,34	0,69
	Stored, limed					
	LSD, 5%	0,44	0,03	0,51	0,05	0,14
		P<0,5	P<0,5	P<0,5	P<0,01	P<0,5
Kalkfelt						
Lime trial						
	Kontroll	2,44	0,27	1,81	0,17	0,51
	Control					
	Kalkstensmel, 300	2,66	0,26	2,40	0,19	0,52
	Ground lime					
	Kalkstensmel, 1000	2,80	0,28	2,35	0,21	0,65
	Ground lime					
	Brent kalk, 300	2,45	0,29	2,21	0,25	0,53
	Burnt lime					
	Brent kalk, 1000	2,73	0,28	2,57	0,23	0,56
	Burnt lime					
	LSD, 5%	0,36	0,07	0,43	0,08	0,21
		n.s.	n.s.	P<0,5	n.s.	n.s.



# Felt i forsøksringer 1978-82

En del forsøksringer på Østlandet har hatt forsøk med kloakkslam. Hensikten var å få oversikt over slammets innhold og dets avlingsfremmende virkning, og å motivere til bruk av slam i jordbruket i eget distrikt.

## MATERIALE OG METODER

Det ble gjennomført fire forsøk, alle med korn som forsøksvekst. En del opplysninger om feltene er vist i tabell 65. Hos Jørgen Lahus, Telemark, var jorda stiv leire (52% leir), mens det var morenejord hos Jacob Onsrud og Halvor Gjestvang, Toten og hos Iver Traaseth, Lillehammer. Det ble ikke tatt jordprøve hos Jacob Onsrud. På de tre andre feltene var det en god del variasjon i målte egenskaper i jorda. Hos Gjestvang var det relativt høyt moldinnhold mens det var betydelig lavere på de to andre feltene. Det var lave verdier av lettøselig fosfor hos Gjestvang. De andre analysene viste tilfredsstillende nivå på alle felt. Både pH og innhold av magnesium og kalsium i slammene stiger ved kalktilsetning. Som det framgår av tabell 65 var det ferske slammene hos Gjestvang og slammene hos Lahus uten kalk, mens de tre andre slamtypene var kalket, og mest hos Onsrud. Ellers var det store variasjoner mellom slamtypene i innhold av nitrogen og fosfor og også tørrstoff og aske. De to slamtypene som ikke var tilsatt kalk var nitrogenrike. Det var lite fosfor i slammene hos Onsrud, mens det var mye hos Lahus.

Hos Onsrud ble det brukt rotorharv for å få slammene inn i jorda, på de andre feltene plog.

Ved skurtresking ble det tatt rutevise prøver for kvalitetsanalyse av kornet.

De brukte slammengder går fram av resultattabellene.

## RESULTATER OG DISKUSJON

### J. Onsrud

Det ble dyrket Runar hvete i begge år. I 1978 var det avlingsøkning for slam der det ikke var gjødslet (tabell 66), mens det ikke var signifikant økning året etter. Ved full gjødsling var det ingen påviselig slamvirkning i noen av årene.

En mulig årsak til den dårlige virkningen av slam var at det kammerfilterpressede slammene ikke ble oppløst i forsøksperioden, men fortsatt lå som kaker i jorda i tillegg til at det ble brukt små mengder. Virkningen av 12 kg N pr. dekar i fullgjødsel maskerte slamvirkningen.

### H. Gjestvang

Slammengden på dette feltet var i overkant av det tillatte på nydyrket jord. Forsøket hadde bare to gjentak, og det var en del ugrasproblem enkelte år. Dette kan forklare noe av variasjonene i resultatene. Begge slamtypene ga imidlertid klar avlingsøkning i alle år (tabell 67). Som ventet var det størst virkning første året, og med avtagende virkning ved stigende mengder tilleggsjødsel. Råslam hadde større avlingsfremmende virkning enn komposten de to første årene. Årsaken er sannsynligvis forskjell i nitrogenmengde. Med råslam ble det påført 169 kg nitrogen høsten 1978 mot 110 kg med kompost.

Tabell 65. Noen opplysninger om jorda og slammet på felt i forsøksringene 1978-82.

Table 65. Some properties of the soil and sewage sludges used in local trials 1978-82.

Forsøksring Locality	Toten	Toten	Sør-Gudbr. M. Telem.		
Vert Host	J. Onsrud	H. Gjestvang	I. Traaseth	J. Lahus	
Varighet Period	1978-79	1979-82	1978-80	1979-81	
Jordart Soil type	Morene Loam	Morene Loam	Morene Loam	Stiv leir Heavy clay	
Slamtype Sludge type	-	Fersk Lagret Fresh Stored	-	-	
<u>Jordanalyser:</u> <u>Soil analyses:</u>					
Glødetap, % Ignition-loss		8,1	5,0	4,0	
pH		6,0	6,1	7,3	
P-AL, mg/100 g		3,1	18,0	16,0	
K-AL, "		11,0	9,7	20,0	
Mg-AL, "		22,0	5,0	44,0	
Ca-AL, "		183	118	174	
<u>Slamanalyser:</u> <u>Sludge analyses:</u>					
pH	10,6	5,6	7,1	7,7	6,8
Tørrstoff, % DM	34,1	24,2	35,3	22,5	43,2
Aske, % av ts. Ash	40,2	21,0	55,3	60,6	43,7
N, "	2,22	3,02	1,86	1,43	3,22
P, "	0,63	1,26	1,13	1,31	2,59
K, "	0,12	0,13	0,16	0,12	0,14
Mg, "	0,82	0,14	0,56	0,41	0,14
Ca, "	11,0	0,87	4,61	3,95	0,56

I 1982 ble hele arealet gjødslet likt med 50 kg fullgjødselel D20-5-9 pr. dekar. Med så sterk gjødsling blir vanligvis slamvirkningen maskert. Råslammet økte imidlertid avlinga med 49 kg pr. dekar og komposten med 9 kg, uten at økningene var signifikante.

#### I. Traaseth

I 1978 var det markert virkning av slammet ved begge gjødselnivåer, mens det i 1980 var beskjedne virkning uten gjødsling og ingen virkning ved gjødsling (tabell 68). I 1979 ble feltet, ved et uhell, gitt lik gjødsling, 45 kg fullgjødselel C16-7-12 pr. dekar. Som før nevnt var det stor legdebelastning dette året. Avlinga ble størst uten slam, tabell 69. Økende slammengder ga økende vannprosent i kornet ved høsting og økende legde. Dette viser at slamvirkningen var til stede og ville sannsynligvis gitt avlingssøkning ved moderat gjødsling.

#### J. Lahus

På dette feltet ble slammengdene beregnet i forhold til innholdet av organisk materiale. De brukte slammengder, 2 og 4 tonn organisk tørrstoff pr. dekar, tilsvarte 3,6 og 7,1 tonn tørrstoff. Det ble altså brukt store slammengder på dette feltet. På grunn av uhell ble feltet gjødslet likt i 1980 og bare deler av feltet ble forsøkshestet 1981. Resultatene ble allikevel ganske entydige. Uten gjødsling var det markert slamvirkning på avlinga både i 1979 og 1981. Med gjødsling var det slamvirkning på avlinga i 1979 og på legda i alle tre årene (tabell 70).

Resultatene fra de spredte feltene viser store variasjoner i slammets virkning på kornavlinga. De viktigste årsaker er variasjon i slammengde, nitrogeninnhold i slammet, værforhold, ugrasforhold o.a. I figur 34 er slamvirkningen, 1., 2., og 3. høstear, uten gjødseltilllegg, sett i forhold til påført nitrogen

Tabell 66. Korn (Runar hvete), kg pr. dekar, ved tre slammengder og to gjødselmengder. J. Onsrud, Ø. Toten.

Table 66. Wheat yields (kg/daa) at different levels of sludge and fertilizer application. J. Onsrud, Ø. Toten.

N, kg/daa i fullgj. N-fert.	0			12		
Slam, t ts./daa	0	1,5	3,0	0	1,5	3,0
Sludge						
N i slam, kg/daa	-	33	66	-	33	66
N in sludge						
1978	110	182	224	414	409	454
1979	227	258	265	504	516	507
Middel Mean	169	220	245	459	463	481
Slamvirkning Sludge effect	-	51	76	-	4	22

Tabell 67. Korn, kg pr. dekar, ved kontrolledd og to slamtyper og tre gjødselmengder. Lise bygg i 1979, Runar hvete i 1980 og 1981. H. Gjestvang, Ø. Toten.

Table 67. Grain yields (kg/daa) with different types of sludge and at different levels of fertilizer application. H. Gjestvang, Ø. Toten.

Slammengde Sludge type	Ingen None	5,6 t ts/daa råslam fresh	5,9 t ts/daa kompost composted	Slam- virkning Sludge effect
N i slam, kg/daa	0	169	110	
Ugjødslet Unfertilized				
1979	152	395	378	235
1980	203	366	269	115
1981	163	232	191	49
Middel	173	331	266	126
Mean				
Slamvirkning	-	158	93	
Sludge effect				
25 kg/daa fullgjødsel D20-5-9 25 kg/daa compound fert.				
1979	365	478	443	96
1980	355	453	409	76
1981	307	433	345	82
Middel	342	455	399	85
Mean				
Slamvirkning	-	113	57	
Sludge effect				
50 kg/daa fullgjødsel D20-5-9 50 kg/daa compound fert.				
1979	464	470	515	29
1980	423	510	429	47
1981	357	440	462	94
Middel	415	473	469	56
Mean				
Slamvirkning	-	58	54	
Sludge effect				

Tabell 68. Korn, kg pr. dekar, ved ulik gjødsling og ulike slammengder 1. og 3. forsøksår. Lise bygg, I. Traaseth, Lillehammer.

Table 68. Barley yields (kg/daa) at two levels of fertilizer in the first and third years after application of sludge. I. Traaseth, Lillehammer.

N, kg/daa N-fert.	0			6 (8 i 1980)		
	0	2	4	0	2	4
Slamts. t/daa						
Sludge DM						
N i slam, kg/daa	-	29	57	-	29	57
N in sludge						
1978	85	228	287	160	234	273
1980	144	152	183	391	392	362
Slamvirkning Sludge effect	-	75	120	-	37	42

Tabell 69. Noen avlingsparametre ved stigende slammengder 2. avlingsår (1979). Lise bygg, 45 kg fullgjødsel C16-7-12 pr. dekar. I. Traaseth, Lillehammer.

Table 69. Some yield components with increasing levels of sludge, in second year after application (1979). Fertilized with 45 kg/daa compound fert. I. Traaseth, Lillehammer.

	Slam t. ts./daa våren 1978 Sludge DM t/daa spring 1978		
	0	2	4
Korn, kg/daa	361	335	340
Grain			
Vann, %	27,6	30,8	31,3
Moisture			
Legde, %	23	52	82
Lodging			

Tabell 70. Kornavling og legde ved ulike slammengder og ulike gjødslemengder. J.Lahus, Bø, Telemark.

Table 70. Grain yield and lodging with different levels of sludge and fertilizer application. J. Lahus, Bø, Telemark.

N, kg/daa 1)	0			10,0		
N-fert.						
Slam, t org. ts. t/daa	0	2	4	0	2	4
Sludge org. DM						
N i slam, kg/daa	-	114	229	-	114	229
N in sludge						
1979, Runar hvete						
Wheat						
Korn, kg/daa	112	258	233	185	277	279
Grain						
Legde, %	0	20	33	0	25	33
Lodging						
1980, Møyjar bygg 2)						
Barley						
Korn, kg/daa				477	497	487
Grain						
Legde, %				10	32	46
Lodging						
1981, Møyjar bygg						
Barley						
Korn, kg/daa	135	222	290	362	357	361
Grain						
Legde, %	0	0	0	3	43	50
Lodging						

Slamvirkning kg korn/daa - 116 138 - 36 35  
 Sludge effect (grain)

1) I fullgjødsel C16-7-12  
 Compound fert.

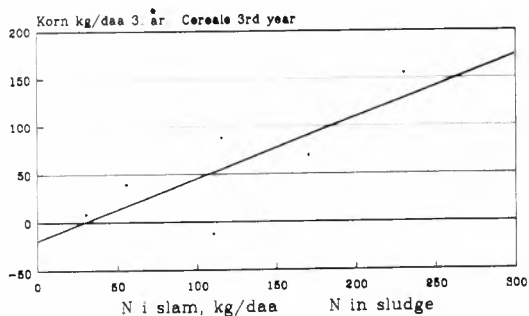
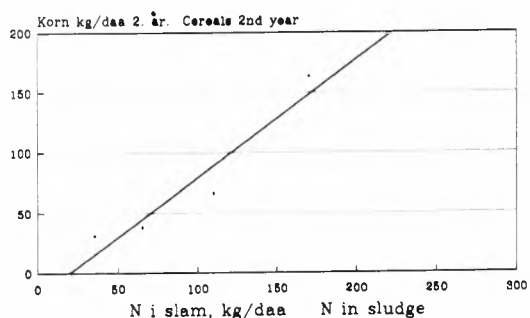
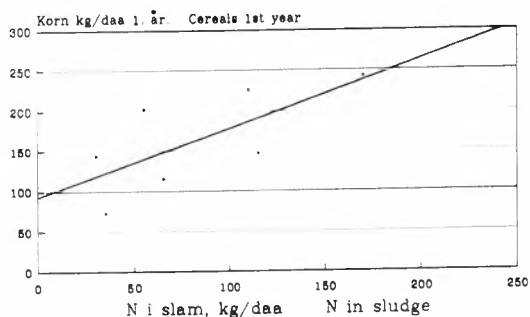
2) Hele arealet gjødslet med 50 kg fullgjødsel D20-5-9 pr. dekar.  
 Whole trial fertilized with 10 kg/daa N.



med slammet. På grunn av de tidligere omtalte uhell ved feltene ble det ikke likt antall hvert år, og ett ledd med stor legdebelastning og dermed avlingsreduksjon første høsteår er utelatt.

På tross av få felt og flere variasjonsårsaker er det tydelig god sammenheng mellom påført nitrogen med slammet og den avlingsfremmende virkning. Tabell 71 viser avlingsøkningen pr. kg nitrogen i slammet i forsøksperioden. Første høsteår var den ca. 2 kg korn pr. kg N, andre år ca. 0,8 kg og tredje år ca. 0,5 kg. På grunn av bl. a. legde var forsøksfeilen størst første året, senere var det statistisk sikker sammenheng mellom variablene.

Kornkvaliteten ble målt som hektolitervekt og 1000-korn vekt. Uten slam og ved minste og største slammengde var middeltallene for hektolitervekt henholdsvis 72,1, 71,8 og 71,2 kg uten at differansen var signifikant ( $P=11,2$ ). Slammet påvirket ikke 1000 kornvekta.



Figur 34. Virkningen på kornavlinga 1., 2. og 3. høsteår av slam med ulike mengder nitrogen. Spredte felt 1978-82.

Figure 34. Increases in cereal yields the first three years after sludge application. Calculated according to N-content in sludge.

Tabell 71. Avlingsøkning for nitrogen i slammet i forsøksperioden. Uten gjødsling.  
Felt i forsøksringer 1978-81.

Table 71. Yield increases for nitrogen in sludge; derived from regression equations  
using data from unfertilized local trials.

Høsteår siden anlegg Years from applic.	Antall ledd No.levels	Kg korn pr. kg N i slam Kg grain/ kg N in sludge	R <sup>2</sup>	P,%
1. First	7	1,98	0,50	7,1
2. Second	4	0,79	0,90	5,0
3. Third	6	0,54	0,79	2,0

# Nedbryting av slam fra hauger i friluft. SFL Kise 1977-84

Det blir ofte stilt spørsmål om gammelt slam har noe verdi. I forbindelse med de forestående undersøkelser ble det i 1977 bestemt å kontrollere nedbryting av slam i friluft. Hensikten var å kunne si noe om gjødselvirkingen av slam som er lagret i noen tid og som ønskes fjernet fra lageret.

## MATERIALE OG METODER

I 1977 ble 10 m<sup>3</sup> ukalket HIAS-slam kjørt til Kise for lagring. Haugen lå i ei svak helling på godt drenert morenejord. Den ble jevnet ut til 90 cm høyde.

I forbindelse med kasseforsøk på Kise i 1979 ble ukalket HIAS-slam, kalket slam fra Lillestrøm og husdyrgjødsel deponert i nærheten av den to år gamle slamhaugen. Disse haugene var på omtrent samme størrelse som den første.

Det ble tatt sjiktvis prøver av slamhaugene i oktober hvert år fram til og med 1984.

Det var til dels kraftig vegetasjon på haugene. Den ble forsøkt holdt nede ved håndluking eller med ljå.

## RESULTATER OG DISKUSJON

Alle slamhaugene sank sammen til 2/3 høyde innen høsten første året. Senere var synkningen moderat. I tabell 72 er noen analyser av sjiktvis prøver første

høst listet opp. Slammet var mest opptørket og mest omsatt i øvre sjikt med gradvis nedgang mot bunnen. Det er særlig tallene for tørrstoff, aske og fosfor som viser dette.

I tabell 73 er middeltallene for de ulike sjikt listet opp for mai og oktober første året og for oktober de neste årene.

Tørrstoffprosenten økte de første årene, senere varierte den med høstnedbøren.

Askekonsentrasjonen i tørrstoffet økte i forsøksperioden. For 1979-haugene var det entydig økning mens 1977-haugen stabiliserte seg etter 4 år.

pH i HIAS-slammet varierte fra år til år uten noen spesiell trend. I kalkslammet gikk pH ned 3,4 enheter første sommeren for deretter å holde seg tilnærmet konstant. For husdyrgjødsel var det en forsurende trend i hele lagringstiden.

Nitrogenkonsentrasjonen i tørrstoffet gikk ned utover i forsøksperioden for alle tre slamhaugene, mens den gikk opp i husdyrgjødsel. Årsaken til sistnevnte forandring er ikke klarlagt.

Fosforkonsentrasjonen økte i lagringstiden. Mot slutten var det en del usikre tall, men trenden er klar. Årsaken er at organisk materiale går tapt mens fosforet i alt vesentlig forblir i slammet.

Kaliumkonsentrasjonen økte til det 3-4 dobbelte i lagringstiden i alle tre slamhaugene. Det er vanskelig å si noe om årsaken, men noe kalium kan være trekt opp fra jorda med ugrasplanter og noe av mark o.l. I husdyrgjødselhaugen var kaliuminnholdet gått ned til 1/10 etter 5 1/2 år. Her må

Tabell 72. Noen fysiske og kjemiske egenskaper i ulike sjikt i deponiet i oktober etter deponering i mai samme år. SFL Kise.

Table 72. Some physical and chemical properties of sludge and farmyard manure at different levels within the heaps. The heaps were made in spring and sample in October the same year.

Sjiktet cm fra bakken Level, cm above ground	Tørrst. DM %	Aske Ash % av ts.	pH	% av tørrstoffet % of DM				
				N	P	K	Mg	Ca
Hiaslam 1977 (ukalket):								
Ur-limed sludge 1977								
55-60	39,2	48,5	6,9	2,88	1,11	0,14	0,19	1,03
45-50	36,0	44,6	6,9	2,97	1,14	0,12	0,18	1,03
35-40	32,1	40,8	7,3	3,13	1,02	0,12	0,16	0,84
25-30	30,6	41,0	7,2	3,24	1,01	0,13	0,16	0,88
15-20	27,5	40,0	7,1	3,35	0,97	0,11	0,15	0,83
5-10	26,2	38,8	6,7	3,23	0,98	0,10	0,15	0,84
Hiaslam 1979 (ukalket):								
Unlimed sludge 1979								
40-60	24,6	50,8	6,7	2,70	1,80	0,29	0,23	0,87
20-40	19,2	45,9	7,3	2,46	1,50	0,31	0,26	0,98
0-20	18,6	43,7	5,9	-	1,50	0,26	0,23	0,91
RA II-slam 1979 (kalket):								
Limed sludge 1979								
40-60	41,5	79,1	8,6	1,04	1,00	0,35	1,15	11,9
20-40	38,3	77,6	8,3	1,03	1,11	0,35	1,15	10,7
0-20	33,5	74,7	8,3	1,11	1,09	0,27	1,20	13,5
Husdyrgjødsel 1979:								
Farmyard manure 1979								
40-60	16,9	15,8	8,5	2,61	0,89	3,02	0,44	1,00
20-40	19,1	17,2	9,1	2,08	0,65	3,95	0,35	0,63
0-20	19,1	14,1	9,2	1,57	0,51	3,72	0,28	0,55

nedvaskingen ha tatt med seg kaliumet fra det organiske materialet.

Magnesiumkonsentrasjonen i slamtørrstoffet varierte en del uten noen spesiell trend.

Kalsiumkonsentrasjonen derimot gikk ned i kalkslam og opp i husdyrgjødsel.

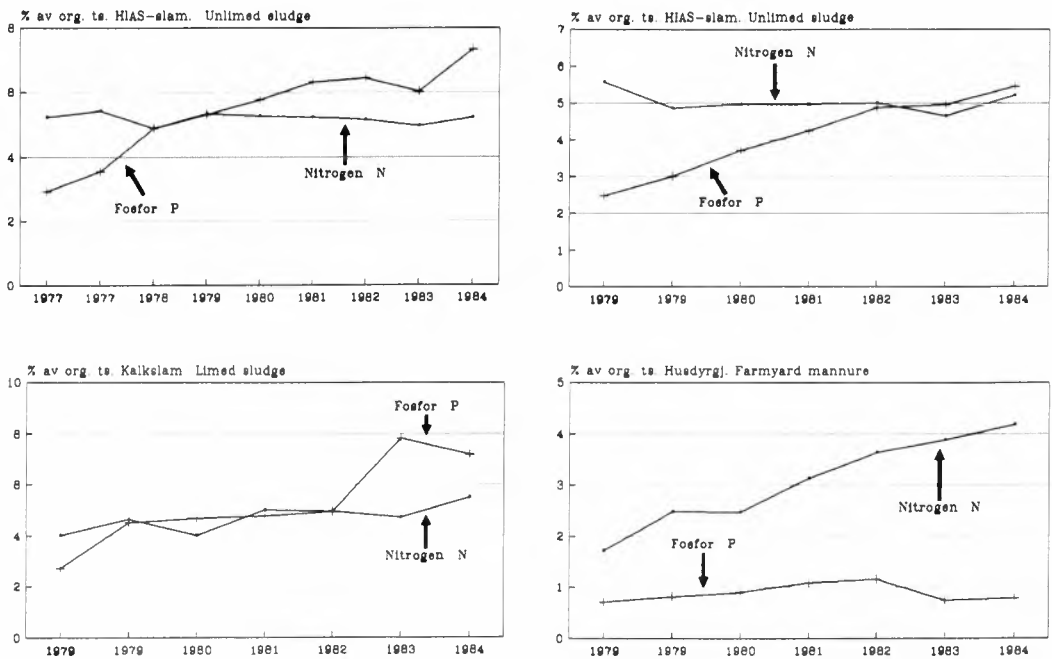
Figur 35 viser andelen nitrogen og fosfor i det

organiske materialet i de fire haugene. Ukalket slam fra HIAS hadde relativt stabilt innhold av N i alle år, i middel 5,19% av det organiske materiale i 1977-haugen og 5,03 i 1979-haugen. Analysetallene fra kalkslamhaugen var noe ujevne med et middel på 4,70% N av det organiske materialet. I husdyrgjødselhaugen var det en sterk stigende trend for N-

Tabell 73. Noen fysiske og kjemiske egenskaper i deponiet. I mai/juni og oktober i startåret, senere årlig i oktober. SFL Kise.

Table 73. Some physical and chemical properties of heaped sludge and farmyard manure at time of deposition (May/June) and thereafter at yearly intervals each October.

No. samples	Antall prøver	Tørrst. % DM	Aske % av ts. Ash	pH	N	P	K	Mg	Ca	% av org.ts.		
										N	P	Org.
Hiasslam 1977, ukalket:												
Unlimed 1977												
1977	4	18,7	32,9	6,6	3,5	2,0	0,10	0,09	1,4	5,2	2,9	
1977	6	31,9	42,3	7,0	3,1	2,0	0,12	0,16	0,9	5,4	3,5	
1978	6	34,5	48,6	6,3	2,5	2,5	0,17	0,19	1,0	4,9	4,9	
1979	5	29,7	52,5	6,3	2,5	2,5	0,20	0,19	1,0	5,3	5,3	
1980	4	35,7	53,5	6,0	2,5	2,7	0,18	0,17	0,8	5,3	5,8	
1981	2	31,7	54,1	6,2	2,4	2,9	0,15	0,24	1,2	5,2	6,3	
1982	2	36,2	55,0	5,9	2,3	2,9	0,34	0,15	1,1	5,2	6,4	
1983	2	36,1	53,6	6,1	2,3	2,8	0,34	0,09	1,1	5,0	6,0	
1984	2	39,3	53,9	-	2,4	3,4	0,40	0,03	0,5	5,2	7,3	
Hiasslam 1979, ukalket:												
Unlimed 1979												
1979	1	17,6	42,8	6,7	3,2	1,4	0,25	0,23	1,0	5,6	2,5	
1979	3	20,8	46,8	6,6	2,6	1,6	0,29	0,24	0,9	4,9	3,0	
1980	4	24,8	52,0	7,1	2,4	1,8	0,25	0,25	1,1	5,0	3,7	
1981	2	40,6	54,8	6,9	2,2	1,9	0,36	0,11	1,5	5,0	4,3	
1982	2	38,4	56,6	6,4	2,2	2,1	0,48	0,18	0,8	5,0	4,9	
1983	2	33,2	57,0	7,0	2,0	2,1	0,48	9,11	1,7	4,7	5,0	
1984	2	35,8	58,1	-	2,2	2,3	0,65	0,05	0,6	5,2	5,4	
RA II-slam 1979, kalket:												
Limed 1979												
1979	1	33,5	69,8	11,8	1,2	0,8	0,33	1,63	18,2	4,0	2,7	
1979	3	37,6	71,2	8,4	1,1	1,0	0,32	1,17	12,0	4,7	4,5	
1980	4	46,8	74,6	8,2	1,0	1,2	0,35	1,09	11,5	4,0	4,7	
1981	2	56,2	79,9	8,0	1,0	1,4	0,51	0,70	14,3	5,0	6,8	
1982	2	62,9	84,3	7,9	0,8	1,1	0,95	0,98	11,2	5,0	6,9	
1983	2	53,0	82,2	8,2	0,8	1,3	0,85	1,45	11,6	4,7	7,8	
1984	2	58,8	85,1	-	0,8	1,1	1,24	0,63	7,6	5,5	7,2	
Husdyrgjødsel 1979:												
Farmyard manure 1979												
1979	1	22,0	13,2	8,1	1,5	0,6	3,27	0,33	0,6	1,7	0,7	
1979	3	18,4	15,7	8,9	2,1	0,7	3,56	0,36	0,7	2,5	0,8	
1980	4	19,2	15,9	7,5	2,1	0,8	3,12	0,35	0,8	2,5	0,9	
1981	2	17,7	16,3	7,6	2,6	0,9	2,76	0,53	1,3	3,1	1,1	
1982	2	16,6	18,6	6,3	3,0	1,0	1,67	0,53	2,1	3,6	1,2	
1983	2	35,3	19,9	5,9	3,1	0,6	0,40	0,44	2,2	3,9	0,7	
1984	2	28,3	21,6	-	3,3	0,6	0,33	0,33	1,4	4,2	0,8	



Figur 35. Beregnet prosentvis mengde nitrogen og fosfor i forhold til igjenværende mengde organisk tørrstoffmateriale i forsøksperioden for ulike slamtyper og husdyrgjødsel lagret i hauger i friluft. Lagringsforsøk SFL Kise 1977-84.

Figure 35. Concentrations of nitrogen and phosphorus over 7 years, calculated as percentages of the organic dry matter remaining in outdoor heaps of various types of sludge and of farmyard manure.

innholdet - både i tørrstoffet (tabell 73) og i den organiske delen (tabell 73 og fig. 35). I forsøksperioden økte sistnevnte analysetall fra 1,7% til 4,2%.

Fosforkonsentrasjonen, beregnet i forhold til den organiske delen, viste en sterk økende trend med årene i de tre slamhaugene (figur 35), mens den var praktisk talt stabil i husdyrgjødsel.

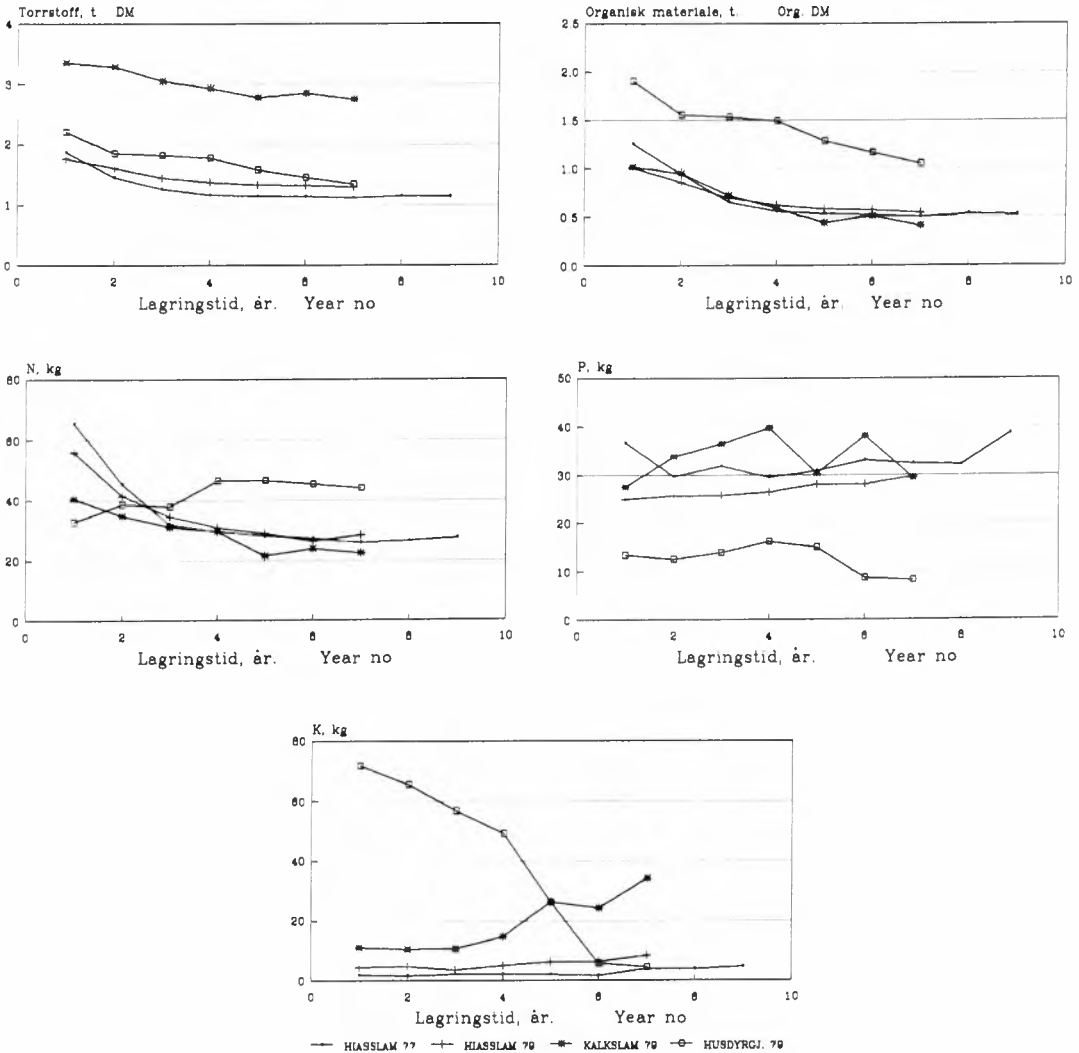
Ved å forutsette at den uorganiske delen av slam og husdyrgjødsel er intakt i lagringstiden har en kunnet beregne mengden av de andre stoffene. Resultatene er vist i figur 36. Det er en del usikkerhet i denne måten å beregne innholdsstoffene på. En mener ihvertfall at de viktigste trender i lagringstiden kommer fram.

Tørrstoffmengden i 10 m<sup>3</sup>-haugene sank betydelig hos HIAS-slam de to første årene, senere var den

tilnærmet konstant. For kalkslam og husdyrgjødsel var det gradvis nedgang i hele perioden.

Mengden organisk materiale ved start var ca. 1200 kg i middel for de tre slamhaugene (fig. 36). Første høst var det 77 % tilbake. De neste årene var det tilbake henholdsvis 58 %, 49 %, 43 %, 42 % og 41 % av det opprinnelige. Det var med andre ord størst tap de første 3-4 årene. Husdyrgjødsel hadde noe jevnere og saktere tap av organisk stoff. Etter 5 1/2 år lagring var 55 % av det opprinnelige inntakt.

Nitrogenmengden var ca. 60 kg ved starten i ukalket slam og 40 kg i kalket. I og med at det meste av nitrogenet er organisk bundet vil nedgangen følge nedgangen i organisk materiale ( $r = 0,99$ ,  $P < 0,001$  for de sju første målinger i middel for



Figur 36. Beregnet mengde av noen innholdsstoffer i 10 m<sup>3</sup> for ulike slamtyper og husdyrgjødsel lagret i hauger i friluft. Lagringsforsøk SFL Kise 1977-84.

Figure 36. Calculated quantities of some sludge constituents (per 10 m<sup>3</sup>) in outdoor heaps of various types of sludge and farmyard manure.

slamhaugene). Av en eller annen grunn ble det økning i N-mengden i lagringstiden for husdyrgjødsel. Ved start hadde haugen ca. 33 kg N. Mengden steg til ca. 47 kg tredje høst, og var relativt stabil de siste årene (fig. 36).

Beregningene for fosformengdene i haugene ga

variable resultater. For slam økte mengden noe i lagringstiden, mens det var tydelig nedgang i husdyrgjødsel de to siste årene (fig. 36). Årsaken er at husdyrgjødsel har liten bindingsevne for fosfor på grunn av lite mineralmateriale.

Kaliummengden økte i slamhaugene og gikk ned

i husdyrgjødselhaugen i lagringstiden (fig. 36). I 1977-haugen var det 1,9 kg kalium våren 1977. Mengden økte til 4,6 kg etter 7 1/2 år. Ukalket slam i 1979-haugen inneholdt 4,4 kg K ved start og 8,4 kg 5 1/2 år senere. De tilsvarende tall for kalkslammet var 11,1 kg og 34,1 kg. I husdyrgjødselhaugen var det 71,9 kg K ved start og 4,4 kg 5 1/2 år senere. Årsaken til disse variasjoner skyldes sannsynligvis forskjell i K-binding. Husdyrgjødsel inneholder små mengder mineralmateriale og har liten K-bindingskapasitet. Slam med mye silt- og leirpartikler har større evne til å holde på kaliumioner, med størst evne for kalket slam.



# Avrenning fra kasser med 1 m<sup>3</sup> slam, SFL Kise 1978-84

Etter forespørsel fra forurensningstilsynet i Hedmark ved Thor Nordhagen og Hedemarken Interkommunale Avløpssamband (HIAS) ved Arvid Wahl vedtok styret for SFL Kise å påta seg arbeidet med å registrere avrenning fra råslam lagret i små kasser. Formålet med undersøkelsen var å klarlegge hvor mye vann som fordamper og hvor mye som renner ut fra deponert slam. I tillegg var en interessert i avrenningsvannets innhold av nitrogen, fosfor og organisk materiale.

## MATERIALE OG METODER

### Det ble i alt gjennomført tre forsøk

**Kasseforsøk I.** Dette forsøket varte fra 30. august 1978 til 1. september 1979. To trekasser med plass til 1 m<sup>3</sup> slam (1 m x 1 m x 1 m) ble dekket innvendig med 5 cm isopor og helsveiset plastduk med avløp. I bunnen ble det påfylt et 10 cm lag (100 l) med vasket singel for å unngå tetting av avløpsrøret. Kassene ble fylt med ferskt ukalket råslam fra HIAS. Over den ene kassa ble det montert tak for skjerming mot nedbøren. Mellom kassekanten og taket var det 20-30 cm klaring og kassene ble plassert på en 0,8 m høy sokkel.

**Kasseforsøk II.** Forsøket varte fra 22. mai 1979 til 3. juli 1980. Det ble brukt fem kasser. De var lik kassene i forsøk I. To kasser ble fylt med ferskt ukalket HIAS-slam. Den ene var påbygd 30 cm i høyden og forsynt med et 30 cm tykt matjordlag i

bunnen. Hensikten var å måle filteregenskapen hos dette materiale. To kasser ble fylt med to typer kalket slam fra RA II ved Lillestrøm og den siste kassa med fast relativt fersk kalvegjødsel.

**Kasseforsøk III.** Det siste forsøket hadde 8 kasser og varte fra 7. september 1981 til oktober 1984. Det ble brukt fire slamtyper med og uten 70 cm jordfilter i kassene. Avrenningsvannet ble målt fram til 7. juni 1982, mens slammet ble analysert for en del stoffer i oktober hvert år.

Det var tele i kassene hver vinter. Nedbøren ble målt på værstasjonen Kise på Hedmark 400 m unna.

## RESULTATER OG DISKUSJON

### Kasseforsøk I

Det ble utført en del målinger og analyser av slammet ved starten og ved avslutningen av forsøket. Slamvolumet var betydelig redusert etter 1 års lagring, tabell 74. Kassa med tak hadde da minst volum og tørrest slam. De fysiske og kjemiske analyser gjør det mulig å beregne stoffmengdene før og etter lagring. Beregningene viser at ca. halvparten av det organiske materiale og nitrogenet ble borte i lagringstiden, mens mineralstoffene var nesten intakt. Det var liten forskjell mellom åpen og dekket kasse i disse egenskaper.

Det kom 447 mm nedbør i forsøksperioden, derav 67 mm om høsten. Vannavrenningen fra

Tabell 74. Analyser av ferskt HIAS-slam og samme slamm lagret 1 år i drenerte kasser uten og med tak. Kasseforsøk I, 30.08.78 - 01.09.79.

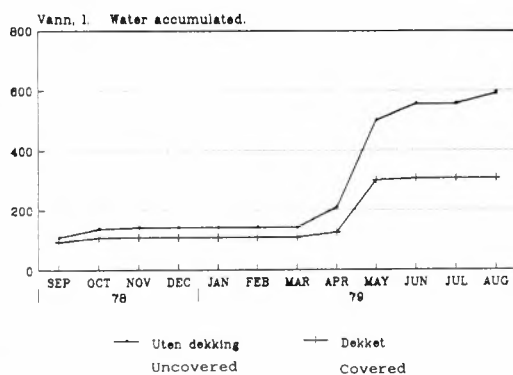
Table 74. Analyses of fresh sewage sludge in 1978 and of the same sludge stored for one year in freely drained containers with and without roof coverings.

	30.08.78	01.09.79	
		uten tak uncovered	med tak covered
Slamvolum, dm <sup>3</sup>	1000	650	580
Sludge volume			
Volumvekt, rå, kg/dm <sup>3</sup>	1,03	0,62	0,39
BD, wet			
Volumvekt, tørr, "	0,22	0,21	0,22
BD, dry			
Tørrstoff, prosent	21,1	33,5	60,2
DM %			
Aske, prosent av ts.	26,4	42,0	42,8
Ash % of DM			
N "	3,61	2,92	3,44
P "	1,60	2,27	2,30
K "	0,10	0,16	0,17
Mg "	0,14	0,18	0,19
Ca "	1,02	1,42	1,47

kassene er vist i tabell 75 og i figur 37. Om høsten kom det totalt 141 l vann fra åpen kasse og 110 l fra kassa med tak. Etter teledøsning om våren rant det ut mye vann fra slamm og mest fra åpen kasse. Totalt ble det målt 590 l fra åpen kasse og 306 l fra dekket kasse. Fordampingen gjennom året var ca. 400 l (400 mm) fra begge kassene (beregnet).

Slamvannets innhold av nitrogen, fosfor og organisk materiale er vist i tabell 75. For nitrogen var det betydelig høyere konsentrasjon sommeren 1979 enn høsten før. Konsentrasjonen var høyest fra åpen kasse. Det var også høyere fosforkonsentrasjon i slamvannet i 1979 enn høsten før, men ikke så markert som for nitrogen. KOF-analysen viste tilsvarende variasjon.

Figur 38 viser avrent nitrogen, fosfor og organisk materiale i forsøksperioden. Det kom lite



Figur 37. Vannavrenning fra 1 m<sup>3</sup> ferskt ukalket slam. Kasseforsøk I SFL Kise 03.08.78 - 01.09.79.

Figure 37. The amount of percolation water from 1 m<sup>3</sup> fresh unlimed sludge. Container expt. I, 03.08.78 - 01.09.79.

Tabell 75. Nedbør, slamvann og vannets innhold av nitrogen, fosfor og kjemisk oksygenforbruk (KOF) fra to 1 m<sup>3</sup> store kasser med slam. Kasseforsøk I, 30. 08.78 - 01.09.79.

Table 75. Amounts of precipitation and percolation water, and chemical analyses of the latter, from two 1 m<sup>3</sup> containers filled with sludge. Container expt. I, 30.08.78 - 01.09.79.

	Åpen kasse Open container					Kasse med tak Covered container			
	Nedbør Precip. mm	Vann Percol. l	N mg/l	P mg/l	KOF COD g/l	Vann Percol. l	N mg/l	P mg/l	KOF COD g/l
31.08.78	0	17	11	9	4	16	12	8	2
02.09.78	3	43	6	2	4	38	0	2	5
05.09.78	18	21	1	1	8	15	1	1	8
07.09.78	2	7	1	2	9	7	2	1	8
11.09.78	9	10	2	2	9	8	3	2	9
15.09.78	0	7	2	2	12	6	1	2	14
20.09.78	1	5	2	3	14	5	0	2	15
09.10.78	24	19	2	2	18	9	3	5	14
23.10.78	7	6	2	2	23	3	4	4	12
30.10.78	0	2	3	1	28	1	25	4	10
13.11.78	3	4	3	1	28	2	25	4	10
24.04.79 <sup>1)</sup>	134	68	19	11	46	15	9	9	78
04.05.79	35	104	17	7	92	54	11	9	88
11.05.79	1	50	67	8	86	46	7	11	72
16.05.79	1	64	60	8	64	45	9	7	63
21.05.79	9	72	85	7	36	31	41	6	69
01.06.79	28	49	206	10	44	3	209	14	37
08.06.79	0	7	117	13	33	2	58	12	4
14.08.79	173	35	248	19	7	0	-	-	-
Tils. Sum	448	590				306			

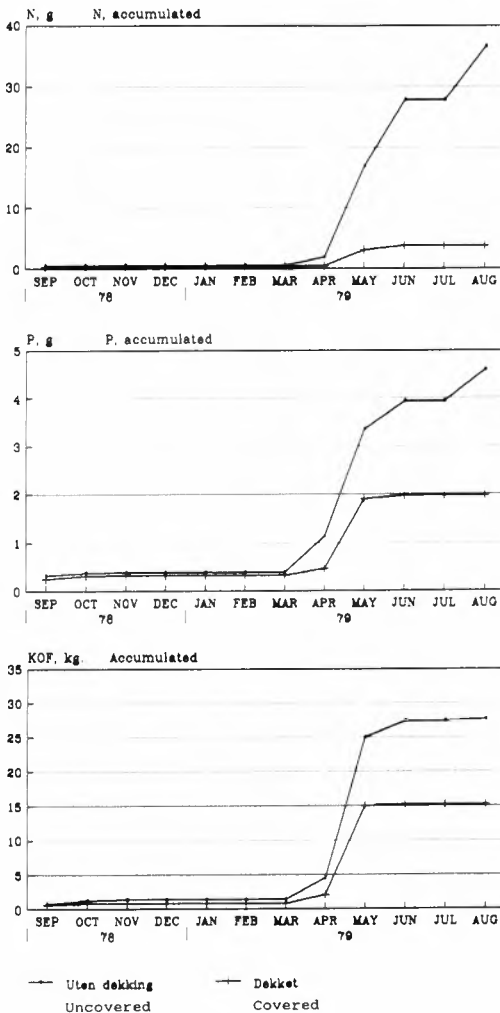
<sup>1)</sup> desember 1978 - april 1979.

nitrogen med avløpsvannet høsten 1978, men i mai og juni kom det målbare mengder fra den åpne kassa. Totalt i forsøksperioden kom det 37 g fra åpen kasse og 4 g fra dekket. Det er små mengder i forhold til det som ble beregnet tapt, 3,8 kg fra åpen kasse og 3,4 kg fra dekket kasse.

Det ble målt noe fosfortap høsten 1978 fra begge

kassene, men betydelig mer våren 1979 (fig. 38). Totalt i forsøksperioden kom det 5 g fosfor med avløpsvannet fra åpen kasse og 2 g fra dekket. Dette er svært lite i forhold til de totale fosformengder i slam, ca. 3 kg pr. kasse.

Figur 38 viser at det var lite organisk materiale i avløpsvannet høsten 1978 men betydelig mer etter



Figur 38. Nitrogen, fosfor og organisk materiale i slammet fra 1 m<sup>3</sup> ukalket slam. Organisk materiale målt som kjemiske oksygenforbruk. Kasseforsøk I SFL Kise 03.08.78 - 01.09.79.

Figure 38. Nitrogen and phosphorus contents, and chemical oxygen demand of percolation water from 1 m<sup>3</sup> unlimed sludge. Container expt. I, 03.08.78 - 01.09.79

teleløsningen våren 1979. Også her ble det målt mest fra åpen kasse.

### Kasseforsøk II

Det kunne ikke påvises forskjell i avrenning mellom kasse med og uten 30 cm matjordfilter og heller ikke mellom de to kalkslamtypene. Resultatene slås dermed sammen og en omtaler bare ukalket og kalket slam, og husdyrgjødsel. Tabell 76 viser noen analyseresultater av slammet ved start og ved avslutning av forsøket. Hos begge slamtypene gikk både tørrstoffprosenten og askeprosenten opp i lagringstiden. Det siste er et uttrykk for at nedbryting av organisk materiale har funnet sted. Dette har tydeligvis ikke vært tilfelle for husdyrgjødsel, da analysetallene ikke har endret seg vesentlig. Det var, som vanlig, mer nitrogen og fosfor i ukalket enn i kalket slam. I lagringstiden gikk konsentrasjonen opp for fosfor og ned for nitrogen i begge slamtypene. Kaliumkonsentrasjonen i husdyrgjødsel sank betydelig i forsøksperioden. Konsentrasjonen av magnesium og kalsium gikk opp i ukalket slam og ned i kalket, og pH hadde gått ned 3,6 enheter i kalket slam. I tabell 77 er nedbør, vannavrenning og avrenningsvannets konsentrasjon av nitrogen og fosfor listet opp. Etter at kassene var fylt begynte det å renne vann med en gang fra ukalket slam, mens det kom lite fra kalket slam og husdyrgjødsel. Fram til høsten ble det målt 307 l vann fra kassene med ukalket slam, 130 l fra kassene med kalket slam og 174 l fra husdyrgjødselkassa. Om våren gikk telen raskest i kalkslam og husdyrgjødsel, men når først telen gikk i ukalket slam kom det store mengder vann derfra. Totalt kom det nær dobbelt så mye vann fra ukalket som fra kalket slam (fig. 39).

Slamvannets konsentrasjon av nitrogen var relativt likt for ukalket og kalket slam første sommer mens den var størst hos ukalket slam i 1980, (tabell 77). Avrenningsvannet fra husdyrgjødsel hadde jevnt høye verdier av nitrogen i hele forsøksperioden.

Fosforkonsentrasjonen varierte i slamvannet uten noen spesiell trend, og var relativt lik for ukalket og

Tabell 76. Analyser av ukalket og kalket slam, og husdyrgjødsel før og etter 14 måneders lagring i 1 m<sup>3</sup> store kasser. Kasseforsøk II, 22.05.79 - 03.07.80.

Table 76. Analyses of unlimed and limed sludge and of farmyard manure before and after storage for 14 months in 1 m<sup>3</sup> drained containers. Container expt. II, 22.05.79 - 03.07.80.

	Ukalket slam Unlimed sludge		Kalket slam 40 kg CaO/m <sup>3</sup> Limed sludge		Husdyr- gjødsl FYM	
	-79	-80	-79	-80	-79	-80
Vol.v. rå kg/dm <sup>3</sup>		0,71		0,70		0,83
BD, wet						
Vol.v. tørr "		0,24		0,33		0,19
BD, dry						
Tørrstoff, %	17,0	32,5	33,0	47,6	22,0	22,5
DM %						
Aske, % av ts.	42,8	52,5	67,3	77,8	13,2	13,3
Ash % of DM						
N, "	3,18	2,14	1,22	1,08	1,49	1,51
P, "	1,42	1,88	0,82	1,16	0,62	0,66
K, "	0,25	0,21	0,33	0,30	3,27	2,42
Mg, "	0,23	0,26	1,63	1,28	0,33	0,35
Ca, "	1,04	1,21	18,15	14,45	0,61	0,79
Ledn.evne mS/m	95	196	276	87	5,10	4,57
El. conduct.						
pH	6,7	7,1	11,8	8,2	8,1	8,0

kalket slam, tabell 77, mens den var mye høyere fra husdyrgjødsel.

Mengde nitrogen i avløpsvannet i forsøksperioden er vist i figur 39. Totalt kom det 29 g fra kalket slam, 167 g fra husdyrgjødsel og 490 g fra ukalket slam. De største mengder kom våren 1980.

Avrenningsvannet fra slamkassene inneholdt lite fosfor, mens husdyrgjødsel ga fra seg mer (figur 39). Totalt ble det registrert 0,9 g fra kalkslam, 3,1 g fra ukalket slam og 60 g fra husdyrgjødsel.

Det var lite organisk materiale i vannet fra kalkslam, noe mer fra husdyrgjødsel og mest fra ukalket slam (figur 39). De største mengder kom etter teleløsningen om våren.

### Kasseforsøk III

Før start ble det tatt prøver av slammet for tungmetallanalyser og senere på høsten ble vannprøver undersøkt for de samme stoffer. Resultatene er vist i tabell 78. Kalket slam hadde mer kadmium, kobolt, nikkel og bly enn ukalket slam. For kobber og kvikksølv var det tendens til det motsatte. SFT's grenseverdier ble overskredet for kadmium i kalket slam, krom i Hias-slam og mangan i Brumunddal-slam (tabell 1 og 78).

Slamvannet hadde målbare verdier av kobber, mangan og nikkel, uten noen spesiell trend for kalktilsetning. De andre stoffene var stort sett i ikke målbare mengder.

Tabell 77. Nedbør, avrent vann og vannets innhold av nitrogen og fosfor. Kasseforsøk II, 22.05.79 - 03.07.80.

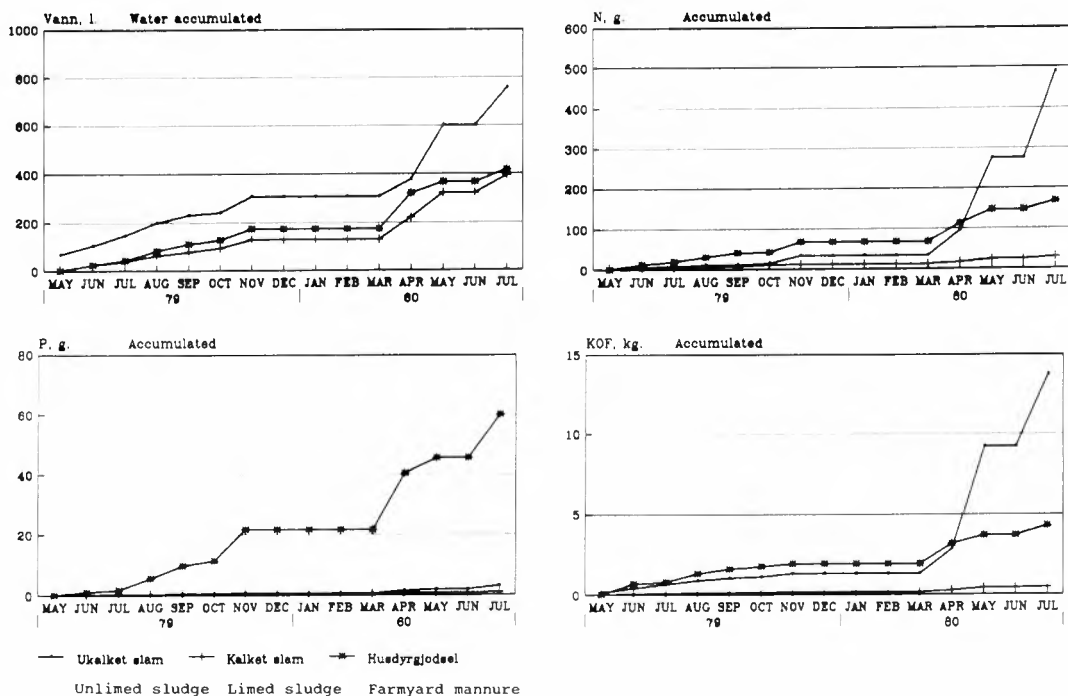
Table 77. Amounts of precipitation and percolation water and chemical analyses of the latter. Container expt. II, 22.05.79 - 03.07.80.

	Nedbør			Vann, l			N, mg/l			P, mg/l		
	mm	Precip.		Percol.			Uka	Ka	Hu	Uka	Ka	Hu
		Uka	Ka	Hu	Unl.	Lim.						
23.05.79	0	21	0	0	7	-	-	2,6	-	-		
25.05.79	3	27	0	0	9	-	-	1,7	-	-		
28.05.79	22	21	0	0	12	-	-	1,5	-	-		
01.06.79	3	10	7	3	109	22	672	0,9	1,1	30		
05.06.79	0	6	8	8	146	83	432	1,5	0,8	13		
08.06.79	0	5	4	5	73	43	537	1,5	1,0	71		
18.06.79	17	15	6	9	190	73	527	2,9	1,0	55		
19.07.79	60	43	14	18	140	189	368	1,7	1,3	40		
09.08.79	34	25	8	8	136	123	262	2,5	2,2	34		
14.08.79	61	27	16	32	138	138	281	2,3	2,1	112		
03.09.79	37	30	14	27	28	34	377	1,5	2,0	151		
10.10.79	34	12	17	17	232	207	70	2,3	8,0	102		
20.11.79	119	65	36	47	301	20	548	2,6	7,3	220		
11.04.80		0	3	35	-	44	294	-	2,5	128		
14.04.80		0	18	35	-	46	385	-	2,1	137		
16.04.80		0	23	18	-	46	295	-	2,8	177		
23.04.80	129 <sup>1)</sup>	44	35	48	800	54	253	10,5	2,0	105		
25.04.80	0	26	13	11	995	45	360	6,3	2,9	117		
08.05.80	7	122	78	39	903	71	700	1,8	1,1	115		
19.05.80	0	104	23	7	678	74	770	2,7	0,6	107		
03.07.80	163	156	70	50	1371	76	420	7,0	0,9	289		

Tils.            689        759 393 417

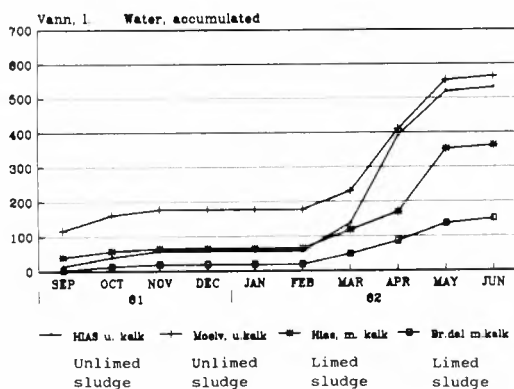
Uka = ukalket slam  
 Unl. = unlimed sludge  
 Ka = kalket slam  
 Lim. = limed sludge  
 Hu = husdyrgjødsel  
 FYM = farmyard manure

<sup>1)</sup> November 1979 - april 1980.



Figur 39. Avrent vann og nitrogen, fosfor og organisk materiale i vannet fra  $1 \text{ m}^3$  ukalket og kalket slam og fra husdyrgjødsel. Organisk materiale målt som kjemisk oksygenforbruk. Kasseforsøk II SFL Kise 22.05.79 - 03.07.80.

Figure 39. The amount of percolation water and its nitrogen and phosphorus contents and chemical oxygen demand from  $1 \text{ m}^3$  containers filled with unlimed sludge, limed sludge and farmyard manure. Container expt. II, 22.05.79 - 03.07.80



Figur 40. Akkumulert vannavrenning fra kasser med  $1 \text{ m}^3$  slam fra fire typer slam. Middel for kasser med og uten 70 cm jordfilter. Kasseforsøk III SFL Kise 1981-84.

Figure 40. Cumulative percolation from  $1 \text{ m}^3$  sludge containers with four types of sludge. Means of containers with and without a 70 cm soil filter. Container expt. III, 1981-1984.

Tabell 78. Analyser av tungmetaller i slam og avrenningsvann høsten 1981. Kasseforsøk III, sept 1981 - okt. 1984.

Table 78. Analyses of heavy metals in sludge and percolation water, autumn 1981. Container expt. III, Sept. 1981 - Oct. 1984.

Slamtype/ Renseanlegg Sludge type/ Sewage works	ppm								
	Cd	Co	Cu	Cr	Hg	Mn	Ni	Pb	Zn
Slam:									
Sludge									
Uka. Hias	9	3	580	688	3	495	22	125	685
Uka. Moelv	7	6	470	29	2	170	18	112	805
Ka. Hias	16	9	420	325	1	425	50	180	555
Ka. Br.dal	22	16	205	27	1	595	48	170	565
Slamvann:									
Percolation									
Uka. Hias	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<1	3	0,1	<0,25	<0,1
Uka. Moelv	<0,05	0,16	3,0	<0,05	<1	2	0,4	<0,25	0,2
Ka. Hias	<0,05	<0,05	1,0	<0,05	<1	1	0,2	<0,25	<0,1
Ka. Br.dal	<0,05	<0,05	0,2	<0,05	<1	13	<0,1	<0,25	0,1

Uka. = ukalket unlimed

Ka = kalket limed

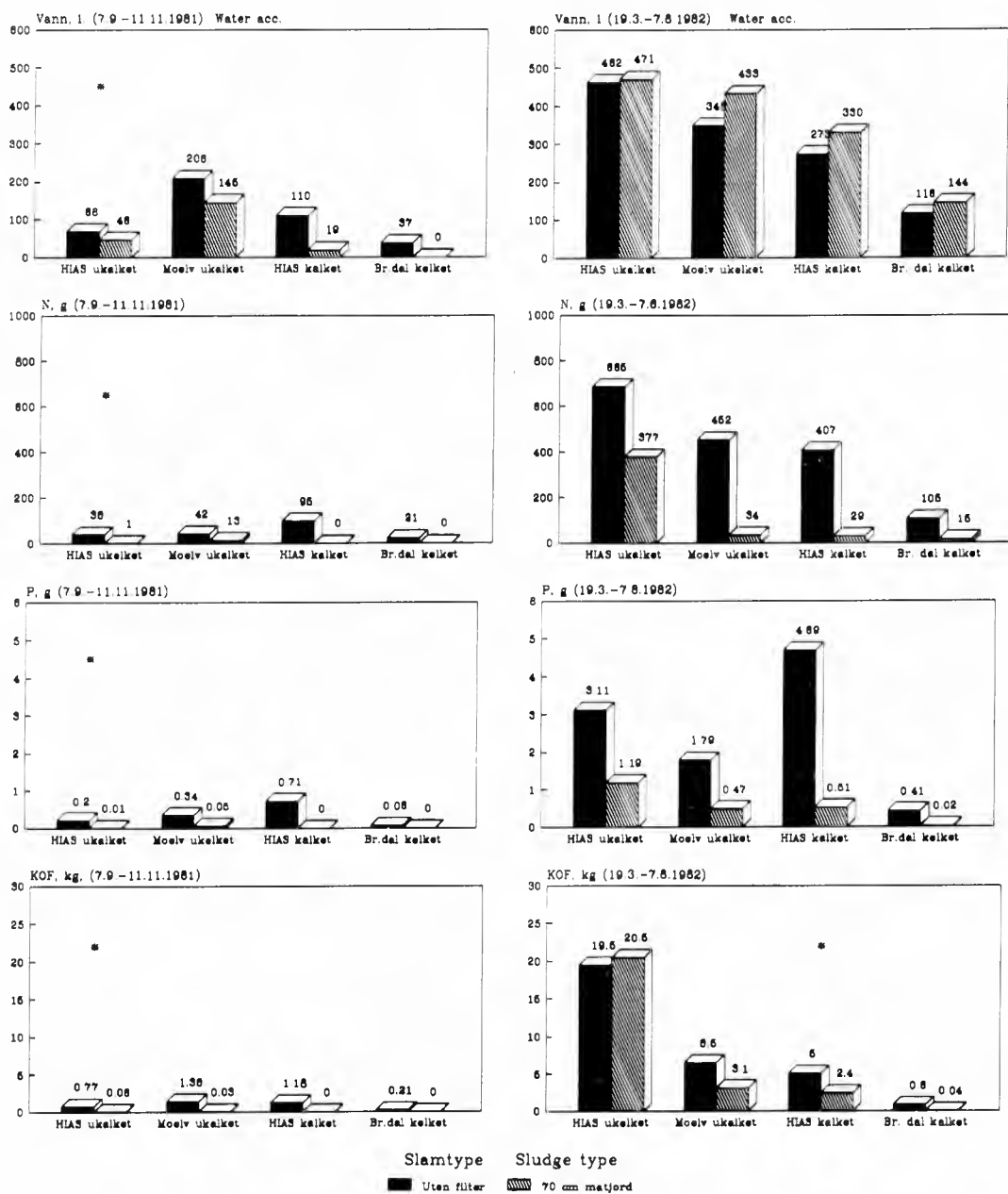
Tabell 79. Nedbør og avrent vann fra slamkasser, liter pr. måned. Kasseforsøk III, sept. 1981 - okt. 1984.

Table 79. Amounts of precipitation and percolation water (l/month) from sludge containers. Container expt. III, Sept. 1982 - Oct. 1984.

	Nedbør Precip. mm	Uten jordfilter No soil filter				70 cm jordfilter 70 cm soil filter			
		Uten kalk Unlimed		Med kalk Limed		Uten kalk Unlimed		Med kalk Limed	
		HIAS	Moelv	HIAS	Br.dal	HIAS	Moelv	HIAS	Br.dal
Sept.-81	26	28	153	78	3	0	78	0	0
Okt.	49	22	43	25	22	28	46	13	0
Nov.	76	18	12	7	12	18	21	6	0
Mars -82 <sup>1)</sup>	131	25	0	0	0	134	107	106	61
April	31	233	129	128	24	279	230	174	47
Mai	58	203	201	132	78	49	86	37	24
Juni	0	11	11	13	14	13	10	7	12
Totalt Sum	371	540	549	383	153	521	578	343	144

<sup>1)</sup> Desember - mars





Figur 41. Avrenning av slamvann og vannets innhold av nitrogen, fosfor og organisk materiale fra kasse med 1 m<sup>3</sup> slam høsten 1981 og våren 1982. Organisk materiale målt som kjemisk oksygenforbruk. Med og uten 70 cm jordfilter. Kasseforsøk III SFL Kise 1981-84.

Figure 41. Amounts of percolation water and its contents of nitrogen and phosphorus and chemical oxygen demand from 1 m<sup>3</sup> containers filled with sludge. Autumn 1981 (left) and spring 1982 (right). Container expt. III, 1981-1984. With and without a 70 cm soil layer.

Månedsvise vannavrenning fra de åtte kassene er vist i tabell 79, mens akkumulert avrenning fra de fire slamtypene er vist i figur 40 i middel for kasser med og uten 70 cm jordfilter. Om høsten var det minst avrenning fra kassene med jordfilter (fig. 41). Det kom i middel 53 l pr. kasse med filter og 106 l uten. Og det var mest fra ukalket slam, i middel 117 l mot 42 l fra kalket slam. Om våren begynte det å renne først fra kassene med jordfilter. Det kom da mye vann, spesielt fra kassene med ukalket slam. I denne perioden kom det mest vann fra kassene med jordfilter (fig 41). Målingene ble avsluttet 7. juni 1982. I middel var det da målt 406 l vann fra kassene uten jordfilter og 397 l fra kassene med jordfilter - altså like mengder. Ukalket slam fra HIAS og Moelv hadde mest avrenning og kalkslam fra Brumunddal minst.

Mengde nitrogen i slamvannet er også vist i figur 41. Jordfilteret holdt tilbake det meste av

nitrogenet unntatt for ukalket HIAS-slam hvor det ble målt nærmere 400 g i vårperioden. Fra kassene uten jordfilter ble det om høsten målt mest N fra kalket HIAS-slam, 96 g, og under halvparten fra de andre slamtypene. Om våren kom det mest fra ukalket HIAS-slam, 685 g, og minst fra Brumunddal-slam, 105 g.

Jordfilteret fanget opp det meste av oppløst fosfor i avrenningsvannet (figur 41). Størst mengde, 1 g, ble målt om våren fra ukalket HIAS-slam. Om høsten var det lite fosfor i avrenningsvannet fra kasser uten jordfilter. Det var mest, 0,7g, fra kalket HIAS-slam. Om våren var det fortsatt mest fosfor fra samme kasse, 4,7 g.

Mengden organisk stoff i slamvannet er vist som kjemisk oksygenforbruk i figur 41. Om høsten så slamvannet rent ut fra kassene med jordfilter mens det var mørkfarget fra kassene uten jordfilter. Om våren var slamvannet fra ukalket HIAS-slam sterkt

Tabell 80. Noen analyser av slam lagret i kasser. Prøvene fra oktober hvert år. Middel av fire kasser og to prøver pr. kasse. Kasseforsøk III, sept. 1981 - okt. 1984.

Table 80. Some analyses of sludge stored in containers. Samples taken in October each year. Means of four containers and two samples per container. Container. expt. III, Sept. 1981 - Oct. 1984.

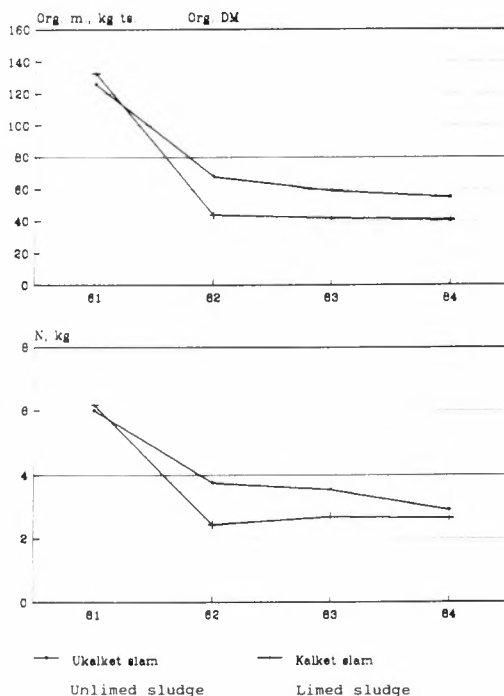
	Vol.vekt kg/dm <sup>3</sup>		Ts. Aske			% av ts. % of DM						
	BD rå	tørr dry	DM %	Ash %	pH	N	P	K	Mg	Ca	NO <sub>3</sub> -N	NH <sub>4</sub> -N
Ukalket slam:												
Unlimed sludge												
1981	0,99	0,17	17	28	6,5	3,4	1,6	0,24	0,11	2,3	0,003	0,119
1982	0,46	0,21	49	46	6,1	3,2	2,5	0,31	0,15	2,8	0,188	0,510
1983	0,60	0,20	34	45	5,9	3,3	2,8	0,34	0,22	2,9	0,597	0,338
1984	0,66	0,21	31	47	6,0	2,8	3,2	0,39	0,09	1,4	0,236	0,260
Kalket slam:												
Limmed sludge												
1981	1,03	0,29	25	48	11,6	2,4	1,4	0,18	0,92	13,8	0,004	0,009
1982	0,71	0,33	47	73	8,0	1,5	1,5	0,24	1,32	17,1	0,231	0,031
1983	0,70	0,30	42	74	8,1	1,7	1,6	0,23	1,26	16,9	0,353	0,009
1984	0,79	0,33	42	74	8,1	1,6	1,8	0,26	1,14	15,7	0,237	0,059

mørkfarget fra begge kassene. Avrenningsvannet fra Brumuddalslammet var nesten fritt for organisk materiale i hele forsøksperioden.

Slamkassene sto urørt fram til høsten 1984 uten å måle avrenninga. I oktober hvert år ble det tatt slamprøver for å registrere nedbrytingen av organiske materiale og for å kontrollere næringsstoffinnholdet. Prøvene ble tatt med jordprøvetaker, flere stikk, til full dybde. En del analyseresultater er vist i tabell 80 i middel for ukalket og kalket slam. Alle tall er i middel av 8 prøver. Tørrestoffprosenten var gått opp andre høsten. Senere var den avhengig av høstnedbøren. Askeprosenten viser at det var sterk nedbryting av organisk materiale første året, senere var den moderat. Nitrogenkonsentrasjonen i tørrestoffet gikk ned og fosforkonsentrasjonen opp i lagringstiden.

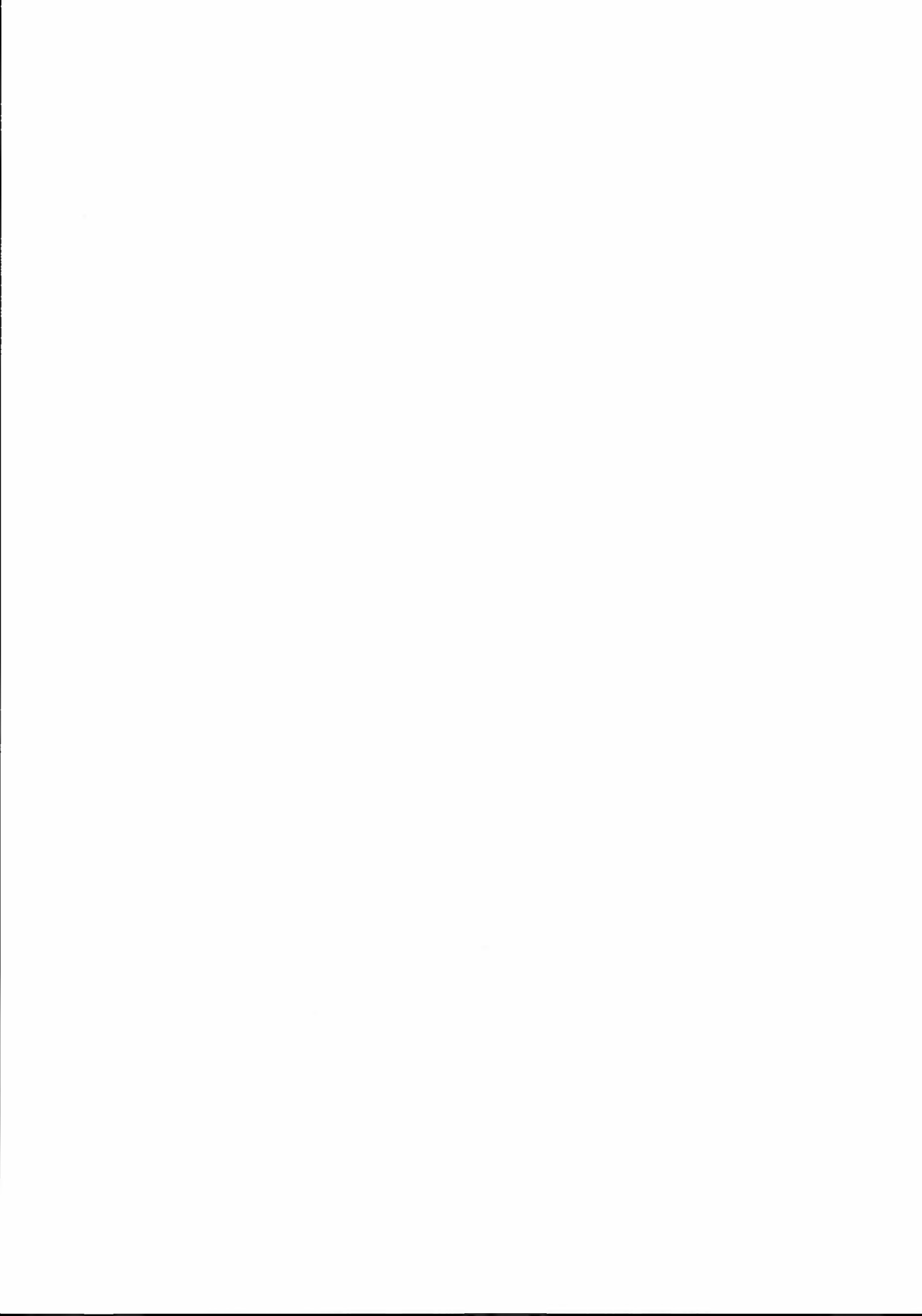
Ved å forutsette at askestoffene i slammet i alt vesentlig forblir i kassene kan en bl. a. beregne mengden organisk materiale og nitrogen ved hver prøvetaking. Beregningene er noe usikre, men da slammet var i kasser regner en med at de er noe sikrere enn resultatene fra slamhaugene.

I kassene med ukalket slam gikk mengden av organisk materiale ned fra 126 kg høsten 1981 til 68 kg høsten 1982, mens den i kalket slam gikk ned fra 133 kg til 44 kg (figur 42). Ukalket slam hadde dermed mistet 46% organisk materiale første året og kalket slam 67%. Lignende beregninger for nitrogen viser ca. 40% tap for ukalket slam og ca. 60% for kalket (figur 42). De to siste årene kunne det ikke registreres tap hos kalket slam og bare moderat tap hos ukalket slam. Tapsprosenten av organisk materiale og nitrogen er større enn det som ble funnet tapt i nedmoldet slam i markforsøk. Det er tenkelig at temperaturen var lågere i jorda enn i kassene. Dette kunne forårsake senere nedbryting av organisk materiale i jorda enn i kassene.



Figur 42. Beregnet mengde organisk materiale og nitrogen forutsatt konstant mengde uorganisk materiale i forsøksperioden. Prøver tatt i oktober hvert år. Middel for fire kasser ukalket slam og fire kalket. Kasseforsøk III, SFL Kise 1981-84.

Figure 42. Calculated amounts of organic matter and nitrogen in 1 m<sup>3</sup> sludge containers, assuming constant levels of inorganic matter. Samples taken in October each year. Means of four containers with unlimed and four with limed sludge. Container expt. III, 1981-1984.



## Samlet vurdering

Denne meldinga behandler resultatene av alle forsøk med kloakkslam som er styrt fra SFL Kise, unntatt ett forsøk i solbær (Kongsrud 1986). De fleste resultater er tidligere publisert som delmeldinger (Ekeberg 1981 og 1983) eller som foredrag og rapporter til ansatte ved renseanlegg og andre interesserte. Resultatene fra Kise-forsøkene samsvarer bra med andre forsøk i Norge (Martinsen 1976, Hvatum 1976, Torp 1980, Vigerust 1984) og i utlandet (Damgaard-Larsen et. al. 1979, Paccolat 1979, Coker et. al. 1987 A).

### C/N-FORHOLDET

Det kan være greit å sitere hva professor Jostein Goksøyr sier om dette: "Når mikroorganismer vokser på et organisk materiale, vil de bruke en del av materialet til å skaffe seg energi. Denne delen vil forbrenne fullstendig til karbondioksyd og vann. Resten vil bli brukt til å bygge opp nytt cellemateriale. Grovt sett vil halvparten bli brukt til energi, og halvparten bli omdannet til mikrobe-celler. Mikrobe-cellene har et C/N-forhold på ca. 10. Det betyr at dersom C/N-forholdet er 20 i det materialet mikroorganismene lever av, vil alt nitrogenet bli brukt til å bygge opp cellemateriale. Er forholdet høyere enn 20, blir det bruk for mer nitrogen, f.eks. i form av ammonium dersom alt karbonet skal kunne omsettes. Dersom forholdet er mindre, vil det være et overskudd av nitrogen".

Av dette går det fram at organisk materiale med C/N-forhold under 20 er et N-gjødselmiddel med det

samme det kommer i rotsonen, mens stoffer med C/N-forhold over 20 blir N-gjødselmiddel etter noen tid.

C/N-forhold i noen stoffer, ca:

Bløtgjødsel	9
Humus og mikrober	10
Kloakkslam, kompostert	15
Husdyrgjødsel, halmbl.	25
Halm	40
Torv	60
Bark	130
Sagflis	500

Oppstillingen viser at lagret kloakkslam er et N-gjødselmiddel umiddelbart etter nedmolding og at f.eks. sagflis er et "anti-N-gjødselmiddel" de første årene.

### AVRENNING FRA SLAM

Avvannet ukalket HIAS-slam har 800 l vann pr. m<sup>3</sup>. På Hedemarken blir mye av slammet lagret i deponier i nærheten av brukeraarealet. Hvis disse slamhaugene er 1 m høye har de en vannmengde tilsvarende 800 mm. Når årsnedbøren er ca. 500 mm, og fordampingen tilsvarende, er det klart at mye av slamvannet må renne ut fra slamhaugene. I de tre kasseforsøkene på Kise er det målt 550-600 mm pr. år. Mange har erfart at jorda under slamhaugene er temmelig oppbløtt når slammet skal spres. Av denne grunn blir det anbefalt å legge slamdeponiene på lett-drenert jord.

Avvannet kalket slam har ca. 650 l vann pr. m<sup>3</sup>. Kassene med kalkslam ga derfor mindre avrenning tilsvarende 350-400 mm pr. år i 1 m høye deponier.

Et av formålene med kasseforsøkene var å måle avrenning av forurensende stoffer dvs. nitrogen, fosfor og organisk materiale.

Nitrogenmengden som fulgte med slamvannet var 500-800 g pr. kasse, tilsvarende 500-800 kg pr. dekar for 1 m høye deponier - minst for kalkslam og mest for ukalket slam. Dette er 50-80 ganger mer enn ei kornavling tar opp. Når slamvannet fikk passere et 70 cm jordsjikt ble ca. halvparten fanget opp fra ukalket slam og det aller meste fra kalket slam. Resten, ca. 400 g pr. kasse, er enten bundet som ammoniumioner til kolloidene, noe kan være bundet i organisk form og silt fra, noe kan være tilstede som nitrat og noe kan være fordunstet som ammoniakk. Det er ikke tvil om at det er store mengder nitrogen i jorda under slamdeponiene. I tillegg har den vært dominert av reduserende forhold. Dette er vel noe av årsaken til dårlige vekst-vilkår de første årene på tomtene etter slamdeponier.

Kassene hadde ca. 5 kg N i slam ved starten av forsøkene og ca. halvparten etter ett år. Det vil med andre ord si at bare 20-30% av nedbrutt nitrogen fulgte med slamvannet ut fra kassene.

Fosfor er viktig i forurensningssammenheng. Det ble ikke målt mer enn 5 g fosfor i slamvannet over ett år. Det tilsvarer 5 kg pr. dekar for 1 m høye slamhauger, eller det dobbelte av det ei kornavling trenger. Etter passering av jordsjiktet på 70 cm ble det maksimalt målt 1 g pr. kasse, altså beroligende små mengder.

Det var andre dimensjoner over fosforavrenning fra husdyrgjødsla. Den ene kassa som ble kontrollert hadde 60 g fosfor i avrenningsvannet - altså 12 ganger mer enn fra ukalket slam og 60 ganger mer enn fra kalket slam. Årsaken synes å være at husdyrgjødsla har for lite P-affiniterte stoffer dvs. jordpartikler som kan danne kalsium-, jern-, og aluminiumfosfater.

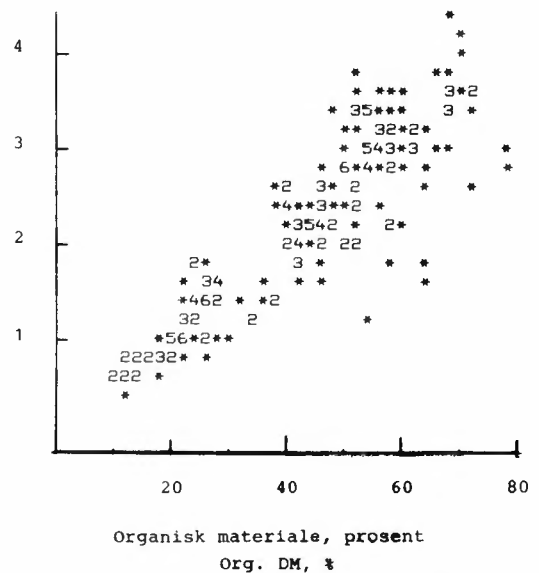
Slamvannet inneholdt også organisk materiale. Enkelte ganger kunne det være temmelig brunt.

Analysene viste fire ganger mer organisk materiale fra ukalket enn fra kalket slam. En del passerte også et 70 cm jordsjikt, særlig fra ukalket slam.

#### LAGRING AV SLAM

Ved lagring i friluft blir deler av det organiske materialet i slammet raskt nedbrutt. Senere er det avtagende nedbrytingshastighet. Analyser av slammet viste at det var sammenheng mellom tap av organisk materiale og tap av nitrogen, og at nitrogeninnholdet var ca. 5% av det organiske materiale til enhver tid (tabell 73 og 81). Det samme er funnet av Hvattum (1976). Sammenhengen mellom nitrogen og organisk materiale (glødetapet) i slamtørrstoff-

N, prosent av tørrstoffet  
% of DM



Figur 43. Sammenhengen mellom nitrogen og organisk materiale i slamtørrstoffet.  $N\% = 0,1085 + 0,0495**\%$  glødetap ( $n=223$ ,  $P<0,001$ ).

Figure 43. The relationship between nitrogen concentration and loss-on-ignition of sewage sludge dry matter.

fet er vist i figur 43. Sammenhengen kan uttrykkes ved ligningen:

$$N \% = 0,1085 + 0,0495 \cdot \% \text{ glødetap}$$

(P < 0,001 n=223)

Av dette går det fram at nitrogenet grovt sett kan måles på to måter - ved Kjeldahl-analyse og ved glødetapsanalyse.

Tabell 81 viser noen analyser og beregninger for alle analyserte slamprøver i forsøkene. Materialet er delt i fire; ferskt ukalket slam, lagret ukalket slam, ferskt kalket slam og lagret kalket slam. Det var ulikt antall for hver gruppe. De eldste slamprøver i gruppen "lagret" var 7 år gamle. Slam fra HIAS dominerte, men sju andre renselanlegg var også

representert. Tabellen kan muligens gi en viss rettleiding ved deklarerer av slam.

#### VIRKNING PÅ JORD

I korndistrikter er det ofte mangel på organiske gjødselstoffer. Kloakkslam kan være et alternativ, også i økologisk jordbruk. I denne sammenheng er det fokusert på at slam er et jordforbedringsmiddel. I disse forsøkene er det funnet at den vannholdende evnen, ihvertfall på tørkesvak jord, er økt med 4 mm vann for 5 tonn slamtørrestoff pr. dekar. Dette er tilsvarende mengder som Kick og Platzen (1972) fant. Hvis jorda har 80 mm tilgjengelig vann vil økningen tilsvare 5%. Denne forbedringen kan neppe merkes

Tabell 81. Middeltall for noen analyser av ulikt behandlet kloakkslam brukt i forsøkene 1977-90.

Table 81. Average values for some analyses of differently treated sewage sludge used in trials during the period 1977-1990.

	Ukalket Unlimed		Kalket Limed	
	Fersk Fresh	Lagret Stored	Fersk Fresh	Lagret Stored
Antall prøver No. samples	30	107	18	68
pH	6,5	6,5	10,9	8,2
Tørrstoff, %	18	40	30	52
DM				
Organisk ts, % av ts.	67	51	47	23
OM				
NO <sub>3</sub> -N	0,01	0,23	0,08	0,19
NH <sub>4</sub> -N	0,12	0,21	0,02	0,03
Tot-N	3,4	2,7	2,0	1,2
Tot-N i org. m. (beregnet) (calculated)	5,0	5,4	4,2	5,3
P, % av ts.	1,8	2,3	1,1	1,3
K, "	0,17	0,26	0,20	0,41
Mg, "	0,15	0,19	0,76	1,11
Ca, "	1,2	1,5	13,0	13,9

i praksis. Den er allikevel tilstede og bidrar i positiv lei. Noe av forbedringen skyldes silt- og leirpartiklene og er tilnærmet evigvarende mens forbedringen som skyldes humusstoffene har begrenset levetid.

I disse forsøkene er det klarlagt at fosfor i ukalket ferskt slam bindes meget sterkt i jorda. Det hadde liten eller ingen virkning på P-AL-tallet og ofte negativ virkning på fosforoptaket hos plantene. Det samme fant Torp (1980) i sine undersøkelser. Når slammet ble tilsatt kalk, derimot, var det positiv virkning på P-AL-tallene og tilsvarende som for lagret slam. Årsaken synes å være av kjemisk karakter. I kalket slam vil frigjort fosfor binde seg til kalsiumioner og danne monokasiumfosfat,  $(Ca(H_2PO_4)_2)$ , som er lettøselig eller di- og trikalsiumfosfat  $(CaPO_4, Ca_3(PO_4)_2)$  som er tyngre løselig. Når ferskt ukalket slam nedbrytes ved jordkontakt vil det frigjorte fosfor binde seg til jern- og alluminiumioner og danne jernfosfat  $(Fe(OH)_2 H_2PO_4)$  og alluminiumfosfat  $(Al(OH)_2 H_2PO_4)$  i sur jord. Disse fosfatene er svært tungt løselig og bidrar ikke som fosforgjødsel i nær framtid. De andre tilførte mineralstoffer i slammet ga økt analysesettall i jorda.

Det kan være vanskelig å registrere nedbrytingshastigheten av slam etter nedmolding. I friluft var ca. halvparten av det organiske materiale nedbrutt etter ett år. I jord, med mindre luft og lavere temperatur, går nedbrytingen saktere. I denne forsøksserien hadde ett felt ca. 30% nedbrutt etter 3 år, to felt 40% etter 5 år og ett felt 60% etter 9 år. Dette viser at slam er et gjødselmiddel lenge etter nedmolding.

Kalken som var innblandet i slammet hadde, etter noen tid, samme virkning på jordas pH som vanlige kalkingsmidler. Det er derfor viktig å bruke "riktige" mengder kalkslam i forhold til jordart, pH og bruken av jorda. Overdosering bør unngås. Dette er i tråd med rettleiding for praksis (Vigerust et. al. 1983).

Det var mye mineralisert nitrogen i jorda om våren før planteveksten satte fart. I den mest intensive vekstperioden tømtes lagrene. Etter at kornet var modent økte innholdet igjen. Utslaget var

størst første året og var mest markert ved store slammengder. I ettervirkningsårene var det ubetydelige mengder om høsten. Det synes ganske klart at der det er brukt store mengder slam blir det stor avrenning av mineralnitrogen, særlig om høsten. Korn dyrking gir størst avrenning mens vekster med lang veksttid kan ta opp frigjort nitrogen lenger utover høsten. Det er allikevel mange forhold som tilsier at det bør dyrkes korn første året (Vigerust 1984). Gjenlegg for grasfrødyrking skulle også passe utmerket.

#### VIRKNING PÅ AVLINGA

Når en planlegger å bruke slam på et areal må en vurdere virkningen både på avling, avlingskvalitet og forurensning. En ønsker bl.a. best mulig utnyttelse av nitrogenet i slammet. Det vil samtidig minske faren for avrenning av mineralnitrogen. I denne forbindelse har en prøvd å beregne utnyttelsen av nitrogenet i slammet i markforsøkene i denne forsøksserien. Da ikke all avling er analysert, har en satt inn middelveier. Det er kalkulert med 22 g N i kornplanta pr. kg korn med 15% vann. For engvekster er det brukt 17 g N pr. kg høy med 15% vann.

Beregningene for de ulike forsøksfelt er ført opp i tabell 82. Avlingsøkningen pr. kg N i slam varierte fra 1,5 kg til 15,3 kg og den prosentvise utnyttelsen av N, unntatt N i røttene, fra 3,4 til 33,7. Utnyttelsen var best ved små slammengder. I felt hos Vie (1981-83) f. eks. var utnyttelsen 18%, 14% og 11% for henholdsvis 54, 108 og 162 kg N pr. dekar i slam. Den relativt gode utnyttelsen skyldes at det var gode vekstvilkår og tilfredsstillende avlinger i alle tre årene. Feltet på SFL Kise (1980-86) hadde imidlertid ennå bedre utnyttelse av N i slammet. Årsaken er at det var enkelte år med store avlinger og at det var slamvirkning på avlinga i alle 7 årene. Ved minste slammengde, 10m<sup>3</sup> med 40 kg N pr. dekar, kunne 34% av nitrogenet registreres i meravlinga. Ved 3-dobbel mengde slam var utnyttelsen 15%.



Tabell 82. N tilført med slam, meravling for slam uten tilleggsgjødsling, utnyttelse av N i slam og verdien av meravlinga for slam. Feltforsøk 1977-90.

Table 82. N applied with sludge, effect of sludge in yields in all field trials 1977-90.

Vert	Vekst- slag	Ant. år	1)	2)	3)	4)	5)
Host	Crop	No years					
SFL Kise 1977-90	Korn	8	400	983	2,5	5,4	26
	Cereal	8	600	1296	2,2	4,8	22
	Høy	11	400	1989	5,0	8,5	36
	Hay	11	600	2976	5,0	8,4	36
Hemstad 1977-82	Korn	5	75	395	5,3	11,6	97
	Cereal	5	150	605	4,0	8,9	74
		5	225	795	3,5	7,8	65
		5	300	860	2,9	6,3	53
SFL Kise 1979-83	Korn	5	38	196	5,2	11,3	45
	Cereal	5	113	174	1,5	3,4	13
SFL Kise 1980-86	Flere	7	40	612	15,3	33,7	156
	Cereal	7	120	824	6,9	15,1	70
	Potatoe						
	Forage crop Onion						
Vie 1981-83	Korn	3	54	450	8,3	18,3	165
	Cereal	3	108	696	6,4	14,2	127
		3	162	823	5,1	11,2	100
Hoel 1982-85	Korn	4	147	547	3,7	8,2	59
	Cereal						
J. O. 1978-79	Korn	2	50	127	2,5	5,6	40
	Cereal						
H. G. 1979-81	Korn	3	90	377	4,2	9,2	45
	Cereal						
I. T. 1978-80	Korn	3	43	293	6,8	15,0	51
	Cereal						
J. L. 1979-81	Korn	3	170	381	2,2	4,9	81
	Cereal						

<sup>1)</sup> Beregnet:

Calculated:

Korn: 22 g N i korn og halm pr. kg korn med 15% vann

Cereal: 22 g N in grain and straw per kilogram grain  
with 15% moisture

Høy: 17 g N pr. kg med 15% vann

Hay: 17 g N per kilogram with 15% moisture

- 1) N i slam kg/daa  
N in sludge
- 2) Meravl. kg/daa  
Effect on yields
- 3) Kg avl. pr. kg N i slam  
Kg yields per kg N in sludge
- 4) N i avl./N i slam, %  
N in yields/N in sludge
- 5) Verdi av meravling for slam kr. m<sup>3</sup>  
The value of crop response for sludge kr/m<sup>3</sup>

Store slammengder og gode vekstvilkår førte ofte til mye legde med nedsatt avling og kvalitet som følge. Virkningen var størst første året men det samme gjentok seg ofte neste år ved tilleggsgjødsling. Ved moderate slammengder kunne det ikke registreres kvalitetsforringelse.

Store mengder kalkslam på lett jord ga høy pH og mye skurv på poteter. Andre kvalitetsforringelser er ikke registrert i denne forsøksserien.

#### VERDIEN AV SLAMMET

Motivasjonen for å bruke slam er at det skal lønne seg for brukeren. Det mest praktiske er å sammenligne slam og kunstgjødsel. I felt hos Vie (1981-83) ble dette gjort. Resultatet viser at slam kanskje kan være mer verdifullt enn mange tror. Det har gjødselverdi, det har jordforbedringsverdi på skrinn jord og i tillegg har kalkslam kalkverdi på sur jord. Størst verdi får det ved jevn spredning av moderate mengder ved god vanntilgang og med riktig tilleggsgjødsling. Hos Vie var slammet verdt 25 kroner pr. m<sup>3</sup> etter 3 år ved bruk av 1 tonn organisk tørrstoff pr. dekar. Torp (1980) beregnet kunstgjødselverdien til 10 1980-kroner pr. m<sup>3</sup> ferskt ukalket råslam.

I tabell 82 er bruttoverdien av meravlinga pr. m<sup>3</sup> slam listet opp. Kiloprisen er satt til kr. 2,60 for korn og kr. 1,80 for høy. Verdien av meravlinga for slam varierte fra kr. 13 til kr. 165 pr. m<sup>3</sup>. På alle felt med mer enn en slammengde var minste

mengde mest verdifull. Utgifter i forbindelse med transport, lagring og spredning er ikke tatt med.

#### ANBEFALTE MENGDER

I denne serien ble det brukt mange typer slam med variert innhold av nitrogen. I middel var det 5,8 kg N pr. m<sup>3</sup> slam ved spredning. Alle forhold tatt i betraktning synes det å være riktig å anbefale ca. 10 m<sup>3</sup> slam pr. dekar. Dette vil inneholde 50-60 kg nitrogen. Ved 10-12% utnyttelse første året vil over halvparten av N-gjødselbehovet til korn være dekket. Ved mangel av N-analyser av slammet kan samme mengde anbefales uansett slamtyper og alder. Ved deklarerer må analysene tas kort tid før spredning. I dette tilfelle anbefales mengder tilsvarende 50-60 kg N pr. dekar. Høstspredning ga gode resultater i ett felt i denne forsøksserien (Hemstad 1977-82) men vårspredning er nok å anbefale (Coker et.al. 1987 B) med tanke på virkning på avlinga. Som resurs (N-gj.) og mulig forurensningskilde vil en anbefale kortest mulig lagringstid fordi nedbrytingshastigheten i jord, som har lav temperatur og liten luft sirkulasjon, er lavere enn i friluft. Slik sett bør slam spres og nedmoldes hele tiden med telefri jord og lagelige fuktighetsforhold. På skrinn jord og under andre forhold hvor det er ønskelig med slam bør det gis anledning til å bruke slam med jevne mellomrom, da den positive virkningen står i forhold til påførte mengder. Etter hvert som vi får "renere" slam må det gis anledning til å dyrke alle slags vekster.

## Litteraturliste

- Coker, E. G., J. E. Hall, C. H. Charlton-Smith & R. D. Davis, 1987 A. Field investigations into the manurial value of liquid undigested sewage sludge when applied to grassland. *J. agric. Sci. Camb.* 109, 479-494.
- Coker, E. G., J. E. Hall, C. H. Charlton-Smith & R. D. Davis 1987 B. Field investigations into the manurial value of logvan-matured digested sewage sludge. *J. agric. Sci. Camb.* 109, 467-478.
- Damgaard-Larsen, S., P. Søndergaard Klausen & K. E. Larsen, 1979. Årlig tilførsel af slam fra rensningsanlæg til landbrugsjord. *Tidsskr. for Planteavl*, bd 83. 3:349-386.
- Damgaard-Larsen, S., P. Søndergaard Klausen & K. E. Larsen 1979. Engangstilførsel af slam fra rensningsanlæg til landbrugsjord. *Tidsskr. for Planteavl*, bd 83. 3:387-403.
- Ekeberg, E. 1981. Kloakkslam som jordforbedringsmiddel. Resultater av forsøk på SFL Kise. *Aktuelt fra SFFL nr. 2: 66-72.*
- Ekeberg, E. 1983. Bruk av kalkbehandlet kloakkslam i jordbruket. *Aktuelt fra SFFL nr. 1:30-38.*
- Goksøyr, J. 1980. Mikroskopisk liv i jorda. Sopp og bakterier, hvilken rolle spiller de? *Naturen, Universitetsforlaget*, nr. 6:249-258.
- Hvatum, O. Ø. 1976. Kjemisk binding av stoffer i jord. Jord som resipient. Rapporter fra forskningsprogram for rensing av avløpsvann, NLH: 145-172.
- Kick, H. und H. Platzen, 1982. Der Einfluss hoer Mullklarschlammkompost - und Klarchlammgaben auf der Wassergehalt von verfullem Lössmateriale. *Landw. Fo. Sonderhaft 27/1.*
- Kongsrud, K. L. 1986. Kloakkslam og dryppvatning til solbær. *Forsk. Fors. Landbr. 37:45-52.*
- Martinsen, J. 1976. Bruk av septiktankslam og råslam ved dyrking av korn. *Inst. for Jordkultur, NLH PRA 3.3.54 s.*
- Paccolat, B. 1979. Agricultural use of sewage sludge. The swiss experience. *Phosphorus in agriculture nr. 75, 33rd year-march 1979:29-38.*
- Torp, M. 1980. Kloakkslam til jordbruksformål. Hovedoppgave ved NLH, 125 s.
- Vigerust, E. & J. G. Weng 1983. Kalkholdig kloakkslam. Metoder, virkning og bruk. *Inst. for Jordkultur, NLH serie B 4183 31s.*
- Vigerust, E. 1984. Kloakkslam og avfallskompost på landbruksarealer. *NLVF sluttrapport nr. 495. 12s.*
- Vigerust, E. & A. R. Selmer-Olsen 1985. Tungmetalloptak i planter ved bruk av kloakkslam. *Inst. for Jordkultur, NLH serie B 2/85 58s.*

# Vedlegg 1.

Tabell 1. Analyser av slam gruppert etter kalkbehandling og lagringstid.

Table 1. Sludge analyses with different lime treatment and storing time.

a = renseanlegg, 1 = HIAS, 2 = Brumunddal, 3 = Nes, 4 = Moelv, 5 = RA II Lillestrøm, 6 = Kapp, 7 = Lillehammer, 8 = Bø

b = tørrstoff, % DM

c = aske, % Ash

d = pH

e = N, %

f = NO<sub>3</sub>-N, %

g = NH<sub>4</sub>-N, %

h = P, %

i = K, %

j = Mg, %

k = Ca, %

l = N i org. m., % N in ODM

## UKALKET SLAM / UNLIMED SLUDGE

	a)	b)	c)	d)	e)	f)	g)	h)	i)	j)	k)	l)
<b>A: Fersk / Fresh</b>												
1	18,5	29,2	6,3	4,19			1,89		0,09	1,27	5,92	
1	21,1	26,3	6,3	3,57			1,62	0,10	0,14	1,04	4,84	
1	20,7	30,4	6,4	3,66			1,78	0,15	0,15	0,90	5,26	
1	18,3	38,6	6,7	3,14			1,89	0,13	0,24	1,42	5,11	
1	18,5	37,8	7,0	3,19			2,01		0,02	1,41	5,13	
1	18,0	38,5	6,7	3,44	0,050	0,052	1,60	0,21	0,18	1,10	5,59	
1	18,4	31,7	6,7	3,42			1,89	0,10	0,16	0,94	5,01	
1	15,8	30,7	6,1	4,50	0,008	0,195	2,28	0,18	0,20	1,11	6,49	
1	21,1	37,6	6,0	3,06	0,026	0,053	1,05	0,15	0,18	1,23	4,90	
1	19,2	31,8	6,5	3,85			1,88		0,09	1,48	5,65	
1	19,6	29,9	6,2	3,65	0,001	0,135	2,32	0,30	0,12	1,68	5,21	
1	17,0	42,8	6,7	3,18	0,007	0,005	1,42	0,25	0,23	1,04	5,56	
1	21,3	37,0	6,4	3,06	0,009	0,052	1,54	0,20	0,17	1,20	4,86	
1		32,0	6,7	3,04	0,001	0,360	2,56	0,30	0,06	1,50	4,47	

a)	b)	c)	d)	e)	f)	g)	h)	i)	j)	k)	l)
1	17,7	32,2	6,5	3,93			1,72	0,16	0,17	0,77	5,80
1	16,8	28,9	6,4	4,37	0,006	0,195	2,16	0,18	0,23	1,56	6,15
6	23,9	20,1	5,6	3,05			1,26	0,13	0,14	0,87	3,82
1	17,1	30,2	6,2	3,68	0,001	0,112	2,36	0,30	0,13	1,62	5,27
1	22,5	46,2	6,5	2,73			1,42		0,11	1,27	5,07
1	17,9	26,4	6,4	3,69			2,15	0,07	0,13	0,96	5,01
1	20,0	43,7	6,3	3,22	0,010	0,012	2,59	0,14	0,14	0,56	5,72
1	21,1	26,4	6,3	3,65			1,57	0,09	0,13	1,00	4,96
1	17,8	31,7	6,4	3,42			2,09	0,08	0,12	0,90	5,01
6	24,5	21,9	5,6	2,99			1,25	0,13	0,14	0,87	3,83
1	2,30	39,0	6,9	2,29			1,22	0,12	0,19	1,02	3,75
1	21,9	46,8	7,0	2,35			1,41	0,16	0,29	0,87	4,42
1	17,5	36,9	6,7	3,28			1,94	0,16	0,16	0,96	5,20
1	18,7	34,8	6,9	3,23			1,73	0,10	0,15	1,05	4,95
1		32,6	6,6	3,07	0,001	0,408	2,56	0,30	0,06	1,50	4,55

**B: Lagret % år / Stored % year**

1	24,6	58,9	6,7	2,70	0,195	0,026	1,80	0,29	0,23	0,87	6,57
1	39,2	48,5	6,9	2,88			1,11	0,14	0,19	1,03	5,59
1	19,2	49,9	7,3	2,46	0,195	0,026	1,50	0,31	0,26	0,98	4,91
1	18,6	46,6	5,9	2,60	0,195	0,026	1,50	0,26	0,23	0,91	4,87
1	32,1	40,8	7,3	3,13			1,02	0,12	0,16	0,84	5,29
1	36,0	44,4	6,9	2,97			1,14	0,12	0,18	1,03	5,34
1	30,6	41,0	7,2	3,24			1,01	0,13	0,16	1,88	5,49

**C: Lagret 1 år / Stored 1 year**

1	62,2	41,4	6,8	3,62	0,062	0,095	2,27	0,16	0,17	1,42	6,18
1	58,6	46,0	6,5	2,88	0,185	0,440	2,00	0,16	0,16	1,30	5,33
1	33,5	45,9	6,2	3,10	0,063	0,039	2,47	0,17	0,22	1,67	5,73
1	19,7	52,0	7,0	2,34	0,265	0,027	1,70	0,26	0,24	1,00	4,88
1	40,2	63,2	7,3	1,77	0,110	0,168	1,40	0,30	0,48	0,80	4,81
1	54,7	44,2	6,6	3,54	0,058	0,079	2,38	0,18	0,21	1,52	6,34
1	79,7	47,8	6,6	3,44	0,085	0,261	1,80	0,20	0,18	1,30	6,59
1	39,2	41,2	6,3	2,83	0,037	0,063	2,25	0,16	0,18	1,40	4,81
1	33,9	57,1	7,5	2,23	0,500	0,352	2,00	0,26	0,26	1,10	5,20
1	34,0	55,5	7,4	2,22	0,730	0,142	1,90	0,27	0,29	1,40	4,99
1	62,4	45,3	6,4	3,48	0,058	0,048	2,41	0,20	0,22	1,57	6,36
1	54,4	45,9	6,6	3,41	0,058	0,060	2,44	0,19	0,22	1,58	6,30
1	46,1	43,1	6,6	3,30	0,058	0,085	2,26	0,17	0,19	1,54	5,80
1	31,2	53,9	7,0	2,40	0,125	0,030	1,90	0,23	0,21	0,84	5,21
6	35,8	53,9	7,2	1,92			1,09	0,16	0,57	4,41	4,16
1	66,5	41,0	6,7	3,17	0,041	0,074	2,19	0,15	0,18	1,39	5,37
1	64,9	43,4	6,2	3,74	0,400	0,851	2,00	0,17	0,14	1,20	6,61
1	35,6	49,4	6,5	2,80	0,800	0,331	2,40	0,20	0,26	2,20	5,53
1	32,4	34,7	6,0	1,94	0,017	0,041	1,98	0,13	0,13	1,18	2,97
1	45,9	53,2	6,5	2,89	0,365	0,194	2,40	0,20	0,22	1,60	6,19
6	34,8	56,6	7,0	1,81			1,17	0,15	0,54	4,80	4,17
1	20,6	50,8	7,1	2,39	0,165	0,034	1,70	0,28	0,30	1,30	4,86
1	27,5	54,3	7,1	2,38	0,190	0,037	1,80	0,23	0,24	1,20	5,21
1	35,0	46,5	6,2	2,09	0,258	0,262	1,70	0,19	0,20	0,92	3,91

a)	b)	c)	d)	e)	f)	g)	h)	i)	j)	k)	l)
1	29,7	55,7	7,6	2,27	0,232	0,230	1,90	0,23	0,30	1,50	5,12
1	30,6	57,4	7,4	2,05	0,295	0,212	2,10	0,23	0,28	1,30	4,81
1	62,7	42,3	6,8	3,59	0,060	0,090	2,28	0,17	0,18	1,41	6,22
1	19,0	31,3	5,9	3,59	0,001	0,324	2,64	0,30	0,16	1,50	5,23
1	55,3	43,7	6,5	3,17	0,235	0,623	2,10	0,15	0,15	1,40	5,63
1	29,4	53,4	5,9	1,63	0,350	0,074	1,40	0,25	0,34	0,79	3,50
1	34,7	49,8	7,2	2,16	0,430	0,185	1,80	0,20	0,24	1,10	4,30
1	18,9	31,7	5,9	3,66	0,001	0,226	2,72	0,30	0,18	1,56	5,36
1	38,5	44,1	6,4	3,14	0,055	0,065	2,37	0,17	0,19	1,56	5,62
1	30,4	48,5	5,7	2,99	0,940	0,163	2,40	0,19	0,20	1,60	5,81
1	47,0	42,8	6,7	3,20	0,053	0,079	2,23	0,16	0,19	1,48	5,59
1	31,0	46,3	6,5	2,90	0,128	0,581	2,40	0,20	0,17	1,50	5,40
1	33,5	44,1	5,2	3,40	0,350	0,120	2,10	0,18	0,12	0,63	6,08
1	50,6	50,0	6,4	3,06	0,250	0,552	2,20	0,20	0,19	1,30	6,12
1	39,5	45,8	6,1	3,08	0,300	0,637	2,30	0,19	0,16	1,40	5,68
1	28,1	35,2	6,7	1,69	0,145	0,214	1,90	0,14	0,14	1,20	2,61
1	40,0	46,3	5,9	3,39	0,540	0,686	2,20	0,20	0,20	1,40	6,31
1	33,3	43,4	5,9	3,02	0,040	0,018	2,47	0,16	0,15	1,11	5,34
1	69,3	44,3	6,8	2,82	0,085	0,378	2,10	0,19	0,18	1,20	5,06
1	63,4	41,4	6,7	3,30	0,050	0,079	2,22	0,17	0,18	1,42	5,63

## D: Lagret 2 år / Stored 2 years

1	29,2	47,7	6,0	3,60	0,262	0,915	3,72	0,34	0,10	2,22	6,88
1	25,4	42,7	6,8	2,52			2,10	0,15	0,18	0,94	4,40
1	31,0	60,0	6,6	2,51	0,165	0,058	2,50	0,18	0,20	1,20	6,28
1	27,3	47,2	5,9	3,44	0,315	0,675	3,68	0,34	0,10	2,22	6,52
4	73,7	36,7	5,7	3,20	0,004	0,315	1,28	0,30	0,20	3,06	5,06
4	80,6	34,1	6,4	2,70	0,008	0,168	1,32	0,18	0,16	3,18	4,10
1	24,9	40,8	6,2	2,31			2,15	0,14	0,16	0,90	3,90
1	39,5	58,5	5,9	2,37	0,060	0,055	2,40	0,20	0,14	0,50	5,71
1	45,4	59,0	6,8	2,06	0,090	0,034	1,90	0,20	0,36	1,32	5,02
1	31,6	59,3	6,3	2,40	0,103	0,058	2,50	0,19	0,17	0,78	5,90
1	35,8	58,5	6,9	2,42	0,125	0,028	1,94	0,20	0,12	1,62	5,83
2	63,9	52,2	6,4	2,09			2,39	0,17	0,21	1,15	4,37
1	54,0	46,0	6,3	3,41	0,090	0,855	3,64	0,34	0,10	2,28	6,31
1	26,5	50,1	6,0	2,74			2,51	0,18	0,20	1,07	5,49
1	23,0	60,3	6,4	2,67	0,435	0,084	2,60	0,21	0,24	1,20	6,73
1	38,5	53,1	6,3	2,79			2,52	0,17	0,20	1,04	5,95
1	43,1	46,7	6,2	3,51	0,150	0,780	3,68	0,34	0,12	2,40	6,59
1	29,3	52,7	5,8	2,62			2,51	0,19	0,18	0,78	5,54
4	42,0	41,4	6,1	3,03	0,366	0,270	1,48	0,34	0,20	3,78	5,12
4	44,7	34,5	6,3	2,80	0,307	0,099	1,30	0,30	0,20	3,42	4,27
1	23,3	59,6	6,1	2,71	0,410	0,084	2,60	0,20	0,22	1,20	6,71

## E: Lagret 3 år / Stored 3 years

1	39,4	53,7	6,8	2,32	0,145	0,038	2,60	0,19	0,15	0,58	5,01
1	32,4	48,5	5,8	3,20	0,652	0,570	3,60	0,30	0,20	1,68	6,21
1	29,7	50,1	5,6	3,50	0,615	0,615	4,40	0,34	0,14	2,40	7,01
1	34,6	53,8	6,9	2,45	0,250	0,044	2,70	0,18	0,17	0,96	5,30
1	40,2	47,8	6,0	3,80	0,465	0,750	3,72	0,34	0,16	2,70	7,28
4	31,8	42,1	6,4	3,10	0,660	0,060	1,62	0,30	0,24	4,32	5,35

a)	b)	c)	d)	e)	f)	g)	h)	i)	j)	k)	l)
2	34,8	58,0	7,5	2,27			2,07	0,18	0,32	2,60	5,40
1	31,9	52,7	6,7	2,63	0,500	0,044	2,70	0,17	0,18	0,94	5,56
4	33,1	40,5	5,9	3,40	0,444	0,063	1,68	0,30	0,22	3,66	5,71
4	41,7	43,7	5,6	2,90	0,594	0,113	1,34	0,48	0,36	3,48	5,15
1	39,6	56,5	6,4	2,19	0,021	0,038	2,07	0,48	0,18	0,90	5,03
1	36,7	53,9	6,9	2,38	0,205	0,034	2,70	0,18	0,17	0,88	5,16
1	26,9	49,1	4,9	2,95	0,618	0,456	3,96	0,34	0,16	1,38	5,80
4	33,2	40,0	6,5	3,30	0,720	0,075	1,88	0,30	0,22	3,90	5,50
1	37,1	56,7	6,4	2,14	0,025	0,045	2,14	0,48	0,17	0,78	4,94

**F: Lagret 4 år / Stored 4 years**

1	48,1	48,1		2,80	0,070	0,280	4,56	0,37	0,05	0,90	5,39
4	46,4	46,4		2,55	0,104	0,200	1,84	0,37	0,12	2,04	4,76
1	50,7	50,7		2,47	0,144	0,357	4,60	0,40	0,05	0,96	5,01
1	56,2	56,2		2,30	0,044	0,238	2,36	0,58	0,04	0,51	5,25
1	27,4	57,8	7,2	2,56	0,240	0,053	2,80	0,34	0,08	1,74	6,07
4	44,6	44,6		2,88	0,042	0,224	2,04	0,37	0,11	2,22	5,20
1	45,4	45,4		3,17	1,200	0,265	4,32	0,37	0,04	0,60	5,81
1	49,7	49,7		2,80	0,182	0,338	4,72	0,40	0,04	0,75	5,57
1	36,0	58,4	6,1	2,53	0,149	0,045	3,00	0,34	0,07	1,20	6,08
4	47,3	47,3		2,45	0,116	0,225	1,80	0,44	0,13	1,86	4,65
1	59,9	59,9		2,05	0,034	0,233	2,20	0,72	0,06	0,63	5,11
4	45,4	45,4		3,05	0,024	0,189	2,00	0,37	0,12	2,16	5,59

**G: Lagret 5 år / Stored 5 years**

1	37,0	55,1	5,9	2,30	0,060	0,051	2,84	0,34	0,16	1,14	5,12
1	32,1	56,8	6,7	1,98	0,010	0,018	2,13	0,48	0,11	1,50	4,58
1	35,3	54,8	5,9	2,33	0,079	0,051	2,96	0,34	0,14	1,02	5,15
1	34,2	57,2	7,2	2,01	0,020	0,017	1,96	0,48	0,10	1,92	4,70

**H: Lagret 6 år / Stored 6 years**

1	36,8	53,1	5,8	2,37	0,018	0,022	2,68	0,34	0,10	0,90	5,05
1	35,4	54,0	6,3	2,23	0,074	0,018	2,92	0,34	0,10	1,38	4,85

**I: Lagret 7 år / Stored 7 years**

1	54,2	54,2		2,40	0,078	0,240	3,36	0,40	0,04	0,51	5,24
1	53,6	53,6		2,40	0,038	0,253	3,40	0,40	0,03	0,45	5,17

**KALKET SLAM / LIMED SLUDGE**

**J: Fersk / Fresh**

2	39,5	46,9	11,8	2,03	0,021	0,005	0,87	0,18	0,72	12,00	3,82
1	28,3	52,9	10,0	2,15	0,007	0,009	0,92	0,15	0,14	13,20	4,56
1	26,0	48,6	9,4	2,18	0,017	0,015	0,94	0,15	0,50	10,80	4,24
1	28,6	60,6	11,6	2,52	0,075	0,013	1,43	0,30	1,20	16,88	6,40
5	31,0	65,6	10,9	1,36	0,010	0,002	0,92	0,31	1,39	14,10	3,95
1	25,7	38,9	8,0	2,89	0,001	0,057	1,99	0,30	0,38	8,88	4,73

	a)	b)	c)	d)	e)	f)	g)	h)	i)	j)	k)	l)
3	26,0	61,7	11,8	1,42	0,370	0,038	1,10	0,13	0,39	18,20	3,71	
3	27,5	62,1	11,8	1,57	0,350	0,050	1,20	0,23	0,47	15,80	4,14	
2	33,8	45,2	10,6	1,34	0,175	0,005	0,52	0,15	0,30	8,00	2,45	
5	36,0	74,0	12,7	1,05	0,013	0,002	0,71	0,34	1,87	22,20	4,04	
6	34,1	40,2	10,6	2,22			0,63	0,12	0,82	11,00	3,71	
1	27,9	40,7	8,3	2,83	0,001	0,054	1,93	0,30	0,40	7,48	4,77	
2	36,3	54,6	11,8	2,03	0,014	0,005	0,88	0,12	0,92	13,44	4,47	
2	30,2	56,3	12,1	1,89	0,012	0,004	0,95	0,06	1,08	14,16	4,32	
2	29,7	56,8	12,2	1,72	0,012	0,004	0,95	0,10	1,02	14,36	3,98	
1	22,4	38,6	10,9	3,61	0,050	0,008	1,86	0,15	0,38	9,84	5,88	
5	31,0	65,6	10,9	1,36	0,010	0,002	0,92	0,31	1,39	14,10	3,95	
2	31,9	41,6	10,2	1,88	0,225	0,018	0,94	0,13	0,29	10,20	3,22	

## K: Lagret ½ år / Stored ½ year

5	32,0	74,9	8,1	1,20	0,133	0,033	1,20	0,32	1,10	10,90	4,78	
5	42,1	85,4	8,4	0,90	0,124	0,026	0,92	0,37	1,20	10,60	6,16	
5	34,9	80,9	8,5	1,01	0,078	0,027	0,97	0,21	1,30	16,00	5,29	
5	36,5	76,5	8,5	1,20	0,220	0,033	1,30	0,32	1,10	10,70	5,11	
5	45,6	87,7	8,7	0,87	0,235	0,018	0,69	0,37	1,20	13,10	7,07	
5	34,5	77,7	8,2	1,16	2,285	0,041	1,30	0,32	1,10	10,70	5,20	

## L: Lagret 1 år / Stored 1 year

5	44,9	77,3	8,4	0,98	0,180	0,014	1,10	0,34	1,10	11,50	4,32	
5	52,1	80,3	8,4	0,90	0,060	0,020	0,98	0,30	1,50	16,50	4,57	
5	48,9	74,0	8,0	1,07	0,063	0,024	1,30	0,33	1,10	12,00	4,12	
5	51,7	72,7	8,2	0,95	0,120	0,017	1,20	0,36	1,10	11,90	3,49	
5	55,7	79,4	8,0	1,02	0,018	0,023	1,10	0,25	1,20	14,70	4,95	
5	49,5	78,9	8,2	0,99	0,200	0,023	0,97	0,31	1,40	18,70	4,69	
5	38,3	76,8	8,2	1,05	0,088	0,023	1,20	0,30	1,20	12,70	4,53	
5	44,2	69,8	8,1	1,09	0,088	0,017	1,30	0,36	1,10	12,00	3,61	
5	48,0	70,7	8,0	1,12	0,225	0,011	1,20	0,34	0,87	12,00	3,82	
5	55,5	81,1	8,3	0,73	0,120	0,017	0,83	0,39	1,20	9,10	3,86	
5	46,2	76,2	8,2	1,14	0,130	0,023	1,40	0,31	1,10	11,70	4,79	
5	46,1	76,5	8,1	1,03	0,085	0,024	1,30	0,33	1,10	11,70	4,38	
2	33,5	66,4	7,9	1,46	0,340	0,037	1,40	0,11	0,88	14,00	4,35	
5	52,7	76,5	8,0	1,19	0,083	0,023	1,30	0,29	1,10	11,80	5,06	
5	41,8	74,5	8,3	1,13	0,120	0,017	1,30	0,31	1,10	11,30	4,43	
5	42,4	76,6	8,3	1,25	0,140	0,023	1,30	0,31	1,20	12,50	5,34	
5	43,5	77,2	8,2	1,04	0,235	0,017	0,99	0,31	1,50	17,10	4,56	
1	37,0	70,2	8,0	1,76	0,014	0,020	1,78	0,30	1,09	18,60	5,91	
1	32,3	71,2	8,4	1,58	0,010	0,009	1,68	0,30	1,18	17,52	5,49	

## M: Lagret 2 år / Stored 2 years

2	41,6	76,5	7,6	1,37	0,324	0,054	1,24	0,18	1,44	17,28	5,83	
2	45,6	75,4	8,2	1,34	0,102	0,011	1,28	0,18	1,48	16,02	5,45	
5	58,4	82,6	8,4	0,84	0,055	0,013	0,89	0,31	0,74	14,36	4,83	
1	43,8	75,2	8,1	1,46	0,225	0,022	1,76	0,30	1,36	18,06	5,89	
2	46,0	73,5	7,5	1,60	0,183	0,010	1,20	0,18	1,44	17,80	6,04	
1	45,1	72,1	8,0	1,76	0,095	0,028	1,92	0,30	1,16	16,28	6,31	



a)	b)	c)	d)	e)	f)	g)	h)	i)	j)	k)	l)
5	57,9	79,2	8,4	1,07	0,060	0,012	1,46	0,31	0,68	12,36	5,14
5	53,5	78,3	7,9	1,16	0,080	0,010	1,02	0,24	0,60	16,45	5,35
1	38,6	72,1	8,0	1,40	0,456	0,042	1,76	0,30	1,12	17,40	5,02
5	55,6	80,2	8,3	0,98	0,060	0,014	0,97	0,31	0,78	14,00	4,95
3	64,9	88,7	8,5	0,67	0,025	0,020	0,72	0,44	0,62	15,08	5,93
2	72,6	73,1	8,1	1,40	0,012	0,007	1,06	0,18	1,24	16,32	5,20
1	37,9	73,5	7,9	1,50	0,450	0,066	1,80	0,30	1,32	17,64	5,66
3	48,6	86,1	9,7	0,72	0,019	0,011	0,88	0,34	0,54	17,50	5,18

**N: Lagret 3 år / Stored 3 years**

5	61,2	81,4	7,9	0,88	0,025	0,012	1,28	1,02	0,89	9,36	4,73
2	46,3	73,6	8,1	1,54	0,201	0,005	1,28	0,18	1,28	16,40	5,83
1	41,2	71,0	7,9	1,60	0,606	0,017	1,88	0,30	1,20	18,60	5,52
2	44,1	75,5	8,3	1,90	0,062	0,004	1,60	0,18	1,36	16,40	7,76
2	35,1	74,9	8,2	1,90	0,080	0,004	1,58	0,18	1,36	17,14	7,57
5	60,0	82,7	7,9	0,92	0,034	0,010	1,20	0,80	0,96	13,32	5,32
5	62,1	85,5	7,9	0,72	0,012	0,014	1,02	0,94	1,01	11,16	4,97
1	40,1	70,6	8,0	1,55	0,564	0,009	1,76	0,26	1,16	14,64	5,27
1	38,9	72,7	7,9	1,50	0,564	0,015	1,68	0,30	1,16	18,60	5,49
2	43,5	70,4	8,3	1,70	0,183	0,004	1,26	0,18	1,24	16,38	5,74
5	67,9	87,4	8,0	0,58	0,006	0,013	0,84	1,02	1,07	11,04	4,60
1	42,7	74,7	8,0	1,46	0,558	0,009	1,82	0,26	1,28	16,80	5,77

**O: Lagret 4 år / Stored 4 years**

5	84,6	84,6		0,78	0,018	0,080	1,08	1,20	0,60	8,28	5,06
5	86,7	86,7		0,80	0,010	0,060	0,96	1,27	0,72	8,46	6,02
2	73,2	73,2		1,53	0,048	0,042	1,36	0,24	1,08	14,04	5,71
1	73,6	73,6		1,70	0,104	0,085	2,24	0,28	1,02	17,46	6,44
2	76,1	76,1		1,64	0,220	0,060	1,48	0,20	1,26	15,30	6,86
1	75,3	75,3		1,49	0,172	0,052	2,04	0,31	1,14	15,84	6,03
1	70,7	70,7		1,77	0,870	0,065	2,12	0,31	1,20	14,76	6,04
5	79,4	79,4		1,05	0,018	0,070	1,56	1,04	0,48	7,38	5,10
2	74,6	74,6		1,53	0,148	0,040	1,24	0,20	1,14	16,20	6,02
5	84,5	89,5		0,63	0,012	0,060	0,68	1,43	0,72	6,12	6,00
1	73,1	73,1		1,80	0,240	0,075	2,04	0,28	1,02	15,12	6,69
2	76,5	76,5		1,53	0,090	0,052	1,52	0,20	1,20	16,92	6,51

**P: Lagret 5 år / Stored 5 years**

5	50,7	78,7	8,2	1,00	0,007	0,007	1,64	0,74	1,24	12,24	4,69
5	49,3	79,3	8,2	0,96	0,006	0,007	1,56	0,74	1,20	13,20	4,64
5	56,7	86,1	8,2	0,60	0,002	0,007	0,94	1,02	1,72	10,56	4,32
5	55,3	84,5	8,2	0,80	0,002	0,006	1,20	0,88	1,64	10,56	5,16

	a)	b)	c)	d)	e)	f)	g)	h)	i)	j)	k)	l)	Antall No.
MIDDEL / MEAN													
A:	18,2	33,5	6,4	3,38	0,011	0,144	1,83	0,17	0,15	1,14	5,09	5,09	29
B:	28,6	47,2	6,9	2,85	0,195	0,026	1,30	0,20	0,20	0,93	5,44	5,44	7
C:	41,7	46,9	6,6	2,81	0,218	0,220	2,08	0,20	0,23	1,48	5,29	5,29	44
D:	39,7	49,6	6,3	2,76	0,193	0,299	2,42	0,23	0,18	1,73	5,56	5,56	21
E:	34,9	49,8	6,3	2,84	0,422	0,210	2,61	0,30	0,20	2,08	5,63	5,63	16
F:	46,4	50,8	6,7	2,63	0,196	0,221	3,02	0,42	0,08	1,30	5,37	5,37	12
G:	34,7	56,0	6,4	2,16	0,042	0,034	2,47	0,41	0,13	1,40	4,89	4,89	4
H:	36,1	53,6	6,1	2,30	0,046	0,020	2,80	0,34	0,10	1,14	4,95	4,95	2
I:	53,9	53,9		2,40	0,058	0,247	3,38	0,40	0,04	0,48	5,21	5,21	2
J:	30,3	52,8	10,9	2,00	0,080	0,017	1,09	0,20	0,76	13,04	4,24	4,24	18
K:	37,6	80,5	8,4	1,06	0,513	0,030	1,06	0,32	1,17	12,00	5,60	5,60	6
L:	45,5	75,1	8,2	1,13	0,122	0,020	1,24	0,31	1,16	13,54	4,54	4,54	19
M:	50,7	77,6	8,2	1,23	0,153	0,023	1,28	0,28	1,04	16,18	5,48	5,48	14
N:	48,6	76,7	8,0	1,35	0,241	0,010	1,43	0,47	1,16	14,99	5,71	5,71	12
O:	77,4	77,8		1,35	0,163	0,062	1,53	0,58	0,97	12,99	6,04	6,04	12
P:	53,0	82,2	8,2	0,84	0,004	0,007	1,34	0,85	1,45	11,64	4,70	4,70	4