

## Éngangstilførsel af slam fra rensningsanlæg til landbrugsjord

*Once for all application of sewage sludge to agricultural land*

S. Damgaard-Larsen<sup>1)</sup>, P. Søndergaard Klausen, K. E. Larsen

INDHOLDSFORTEGNELSE		Side
Resumé .....		387
Summary .....		388
1. Indledning .....		388
2. Forsøgenes gennemførelse .....		389
2.1 Forsøgs- og gødningsplan .....		389
2.2 Slamtyper .....		389
2.3 Afgrøder og sædskifte .....		391
2.4 Afgrødeanalyse .....		392
2.5 Jordbundsanalyser .....		392
3. Resultater .....		392
3.1 Tørstofudbytte .....		392
3.2 Kvælstof- og mineralstofindhold .....		393
3.3 Jordbundsanalyser .....		395
4. Diskussion .....		396
5. Konklusion .....		398
6. Litteratur .....		398
Hovedtabeller I-V .....		399

### Resumé

Forsøg med éngangstilførsel af slam fra rensningsanlæg til landbrugsjord er i årene 1973–76 gennemført ved Askov og Lundgård forsøgsstationer på henholdsvis ler- og sandjord.

Der blev tilført maksimalt 30 t slamtørstof pr. ha 1. år (1973), og de følgende år blev der målt eftervirkning af slam anvendelse.

Forsøgsplanen omfattede en lavt og en højt metalbelastet slamtype. Afgrøderne var byg, bederoer og ital. rajgræs.

I udbringningsåret gav den lavt metalbelastede slam en bedre gødningsvirkning end den højt metalbelastede. 2. og 3. forsøgsår var der efter begge slamtyper en sikker udbyttmæssig eftervirkning.

Koncentrationerne af kvælstof (N), kalium (K), natrium (Na), calcium (Ca), magnesium (Mg), mangan (Mn), kobolt (Co), bly (Pb) og krom (Cr) i planterne var upåvirket af slamtilførslen. Indholdet af fosfor i græs og roer var alle forsøgsår højere end efter kunstgødning. Kobberindholdet steg i 1. forsøgsår, men der var ingen udslag i eftervirkningsårene.

<sup>1)</sup> Nuværende adresse: Teknisk Forlag, Skelbækgade 4, 1717 København V.

Planternes indhold af zink (Zn), nikkel (Ni) og cadmium (Cd) steg betydeligt efter tilførsel af højt metalbelastet slam og indhold af Zn efter den lavt metalbelastede slam. Det forhøjede niveau var konstant i alle 4 års afgrøder uden hensyn til den tidsmæssige afstand fra tidspunktet for slamtilførsel.

Jordbundsanalyser efter 4 års forsøg viste, at anvendelse af begge slamtyper havde medført højere Ft, Cut og Znt-niveau. Stigende slamtilførsel med stigende Pb- og Cd-indhold i slam medførte en kraftig stigning i overjordens (0–25 cm) indhold af bly og cadmium, og efter 4 forsøgsår blev der ikke konstateret nedsivning under pløjelaget.

**Nøgleord:** Slam fra rensningsanlæg, éngangstilførsel, gødningsværdi, tungmetaller, koncentrationer i afgrøde og jord.

## Summary

Experiments with single heavy applications of sewage sludge to agricultural land were carried out in 1973–76 at the Danish experimental stations at Askov and Lundgård.

Two types of sludge with low (sludge I) and high contents (sludge II) of heavy metals were tested, being applied to barley, beet and Italian ryegrass on sand and sandy loam soils. Sludge was applied in 1973 at 10 and 30 tons/ha dry matter and the after-effects were measured in the following years.

The highest fertilizing value was obtained in the year of application from sludge with a low heavy metal content. In the second and third years, both types of sludge showed significant after effects on crops.

There was no significant effect on N, K, Na, Ca, Mg, Mn, Co, Pb and Cr contents of crops. Beet and grass contained more P after sludges in all years than when treated with fertilizers. Cu content was increased in the year of application.

Sludge with high heavy metal content resulted in considerable contents of Zn, Ni and Cd in crops but, after low metal sludge only Zn increased. The increased level of metals in crops remained constant throughout the period of experiment.

High Pb and Cd content in sludge and increasing the amount applied gave greatly increased Pb and Cd contents in the top 25 cm of soil and there was no leaching.

Plant-available phosphorus, zinc and copper contents of the soil increased.

**Key words:** Sewage sludge, once for all application, fertilizing effect, heavy metal concentration in crops and soils.

## 1. Indledning

Anvendelse af slam fra kommunale rensningsanlæg som gødning eller jordforbedring i landbruget betyder en potentiel risiko for toksisk virkning af tungmetaller og andre stoffer i slammet. Undersøgelser har således vist, at tilførsel af slam har medført en øgning af tungmetalindhold i jorden (Andersson og Nilsson, 1971), og dette har blandt andet været medvirkende til, at der er rejst tvivl om det hensigtsmæssige i at tilføre jorden dette affald. Betænkeligheden opstår, fordi der savnes viden vedrørende langtidsvirkningen af slamudbringning på plantesammensætningen. En

afklaring af dette spørgsmål vil være medvirkende til at give svar på, om en fortsat øgning af totalmængden af tungmetaller i jorden kan accepteres eller må forebygges.

Med det formål at vurdere plantetilgængeligheden på langt sigt af tungmetaller, som tilføres jorden ved slamudbringning, gennemføres ved statens forsøgsstationer fastliggende markforsøg. Slammet blev tilført ved forsøgets begyndelse i 1973, hvorefter dets indflydelse på planter og jord undersøgte de følgende år. I denne beretning omtales resultaterne fra årene 1973–76.

## 2. Forsøgenes gennemførelse

### 2.1. Forsøgsplan- og anlæg

Forsøgene gennemføres som fastliggende markforsøg på lerjord ved Askov forsøgsstation og på sandjord ved Lundgård forsøgsstation. Forsøgsarealernes tekstur er vist i tabel 1.

Slamtilførsel fandt kun sted ved forsøgenes begyndelse i 1973. I forsøgsplanen indgår 2 slamty-

per valgt ud fra deres indhold af tungmetaller, en med et lavt tungmetalinhold og en med et højt tungmetalinhold, i beretningen benævnt henholdsvis slam I og slam II. Begge slamtyper blev tilført i 2 mængder.

Til sammenligning er der medtaget forsøgsled med udelukkende kunstgødningstilførsel, kvælstof- og fosforgødning.

**Tabel 1.** Pløjelaget (0–25 cm) tekstur angivet i vægtprocent  
*Texture of the top soil as per cent of weight*

	Ler <i>clay</i> <0,002 mm	Silt <i>silt</i> 0,02–0,002 mm	Finsand <i>fine sand</i> 0,2–0,02 mm	Grovsand <i>coarse sand</i> 2,0–0,2 mm	Humus <i>humus</i>
Askov .....	11	13	38	36	2,7
Lundgård .....	4	5	24	65	2,3

Da slammet ikke indeholdt nævneværdigt kalium blev dette næringsstof tilført som grundgødning til hele forsøgsarealet. Forsøgsplanen fremgår af følgende:

### Gødningsplan 1973

1. Ingen forsøgs-gødning  
*Control*
2. Slam I: 10 t tørstof/ha  
*Sludge I: 10 t DM/ha*
3. Slam II: 10 t tørstof/ha  
*Sludge II: 10 t DM/ha*
4. Kunstgødning: 150 kg N og 31 kg P/ha  
*Fertilizer: 150 kg N and 31 kg P/ha*
5. Slam I: 30 t tørstof/ha  
*Sludge I: 30 t DM/ha*
6. Slam II: 30 t tørstof/ha  
*Sludge II: 30 t DM/ha*
7. Kunstgødning: 300 kg N og 62 kg P/ha  
*Fertilizer: 300 kg N and 62 kg P/ha*

Til korn, halv mængde af slam og kunstgødning  
*For cereal, half amount of sludge and fertilizer*  
Grundgødning: 200 kg kalium/ha  
*Fertilization: 200 kg potassium/ha.*

De følgende forsøgsår blev både N, P og K givet som grundgødning for at opnå samme udbytniveau i alle forsøgsled og dermed undgå, at

afhængighed mellem udbytte og koncentration af mineralstoffer i planterne skulle øve indflydelse på planternes endelige mineralstofindhold og vanskeliggøre tolkningen af resultaterne. Hermed er det klart, at det navnlig er plantekvalitet efter slamtilførsel, der ønskes belyst i eftervirkningsårene. Nedenstående oversigt viser tilførte mængder af anvendte grundgødninger i årene 1974–76 i form af kunstgødning.

### Gødningsplan 1974–76

Byg: 84 kg N, 16 kg P og 40 kg K (NPK 21-4-10)  
Øvrige afgrøder: 147 kg N, 28 kg P og 70 kg K (NPK 21-4-10)  
Ital. rajgræs: Extra 78 kg N i kalkammonsalpeter.

### 2.2. Slamtyper

I tabel 2 er vist analyser af de to anvendte slamtyper. Den kemiske sammensætning er anført dels som indhold i tørstof og dels som indhold i sandfrit tørstof.

Begge slamtyper var udrådne og afvandede. Det ses af tabellen, at der er dobbelt så meget sand i slam I som i slam II. Dette skyldtes forskellig tørringsmetode, idet slam I var afvandet på sandbed og slam II ved centrifugering.

Ved anvendelse af slam i praksis vil en analyse på foreliggende tørstof være retningsgivende for,

**Tabel 2.** Slamanalyser, pct. eller ppm i tørstof og sandfrit tørstof  
*Analyses of sludge, p.c. or ppm in dry matter and dry matter without sand*

	i tørstof (in dry matter)		i sandfrit tørstof (dry matter without sand)	
	Slam I (Sludge I)	Slam II (Sludge II)	Slam I (Sludge I)	Slam II (Sludge II)
	pct. tørstof (dry matter) . . . . .	35,25	24,75	35,25
pct. sand*) . . . . .	68,90	31,10		
- total-N . . . . .	1,56	2,60	5,02	3,77
- P . . . . .	0,70	2,02	2,25	2,93
- K . . . . .	0,04	0,08	0,13	0,12
- Na . . . . .	0,02	0,09	0,06	0,13
- Ca . . . . .	2,00	4,39	6,43	6,37
- Mg . . . . .	0,10	0,27	0,32	0,39
ppm Cu . . . . .	80	1390	257	2017
- Mn . . . . .	488	440	1569	639
- Zn . . . . .	810	3010	2605	4369
- Pb . . . . .	140	2795	450	4057
- Cd . . . . .	3	77	10	112
- Ni . . . . .	31	390	100	566
- Cr . . . . .	41	725	132	1052
- Co . . . . .	9	127	29	184
- Hg . . . . .	2	20	8	29

\*) syreopløselig aske (in acid insoluble ash)

hvor stor mængde der tilføres. På forsøgsbasis vil en sammenligning af de to slamtyper være mere realistisk, når der korrigeres for det forskellige sandindhold, og udbringning sker på grundlag af sandfrit tørstof.

Omregnet til sandfrit tørstof ses det af tabel 2, at den lavt metalbelastede slam (I) indeholder en del mere kvælstof end den højt metalbelastede slam (II). For P, K, Ca og Mg er indholdet i de 2 slamtyper nogenlunde ens og for Na et noget større indhold i slamtype II. Med hensyn til tungmetallindhold er der stor forskel på de 2 slamtyper, hvor den højt metalbelastede (II) indeholder ca. 10 gange mere Cu, Pb, Cd og Cr end den lavt metalbelastede slam (I). For Ni, Co og Hg er forholdet ca. 5 gange og for Zn ca. 2 gange. En undtagelse er Mn med ca. dobbelt så højt indhold i slam I som i slam II.

En oversigt over den samlede mængde slam og dets indhold af mineralstoffer ved tilførsel af 30 t sandfrit tørstof pr. ha (led 5 og 6) i første forsøgsår 1973 er vist i tabel 3.

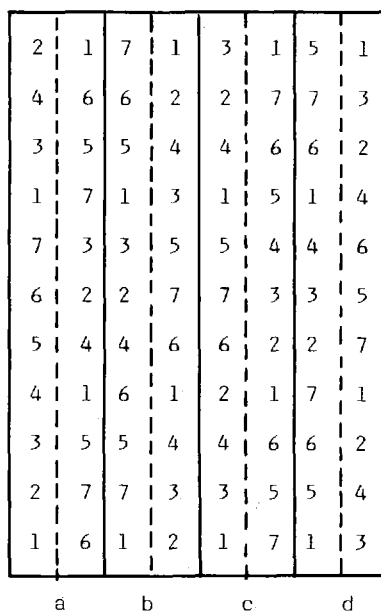


Fig. 1. Markplan: a-d = sædskifter, 1-7 = forsøgsled.  
 Plan showing fields and crops (a-d) and treatments (1-7).

**Tabel 3. Tilførsel af slam og mineralstoffer år 1973**  
*Amount of applied sludge and mineral elements 1973*

Forsøgsstation <i>Experimental station</i> Forsøgsled 5 og 6 <i>Treatment 5 and 6</i>	Slam I		Slam II		
	Askov	Lundgård	Askov	Lundgård	
	30 t ts/ha (DM/ha)		30 t ts/ha (DM/ha)		
Foreliggende stof t/ha .....	274	150	157	150	
<i>Available matter</i>					
Tørstof (ts) t/ha .....	97	53	39	37	
<i>Dry matter (DM)</i>					
Sandfrit tørstof t/ha .....	30	16	27	26	
<i>Organic matter</i>					
<b>Mineralstofftilførsel kg/ha</b>					
<i>Mineral elements</i>					
Kvælstof	Total-N	1509	823	1012	966
Fosfor	P	677	369	786	750
Kalium	K	39	21	31	30
Natrium	Na	19	11	35	33
Calcium	Ca	1935	1055	1709	1631
Magnesium	Mg	97	53	105	100
Kobber	Cu	7,7	4,2	54,1	51,6
Mangan	Mn	47,2	25,8	17,1	16,4
Zink	Zn	78,4	42,7	117,2	111,8
Bly	Pb	13,5	7,4	108,8	103,8
Cadmium	Cd	0,3	0,2	3,0	2,9
Nikkel	Ni	3,0	1,6	15,2	14,5
Crom	Cr	4,0	2,2	28,2	26,9
Cobolt	Co	0,9	0,5	4,9	4,7
Kviksølv	Hg	0,2	0,1	0,8	0,7

I tabel 3 ses det, at der for Lundgårds vedkommende er meget stor forskel i tilførte mængder slam I og II. Dette skyldes, at der ikke blev taget hensyn til forskel i sandindholdet i de 2 slamtyper.

### 2.3. Afgrøder og sædskifte

Forsøget gennemføres med følgende afgrøder: Byg, bederoer og italiensk rajgræs.

Det første år (1973) indgik i forsøget tillige afgrøderne: spinat, gulerod og kartofler, men de udgik af forsøgene efter 1973 af forskellige grunde.

For at få alle afgrøder med hvert år er forsøgsarealet, som vist i fig. 1, opdelt i 4 sædskifter betegnet med bogstaverne a-d. Hvert sædskifte omfatter 2 parcelrækker med i alt 22 parceller, der

er fordelt med 4 fællesparceller af forsøgsled 1 = ugødet og 3 fællesparceller af de øvrige 6 forsøgsled (se plan).

Fordelingen af fællesparcellerne er foretaget således, at virkningen af en eventuelt forekommende skråplanvariation i jordens frugtbarhed er elimineret.

Hvorledes afgrødefølgen har været, ses af følgende oversigt:

	Sædskifte/år			
	1973	1974	1975	1976
a.	byg	byg	bederoer	ital. rajgr.
b.	ital. rajgr.	byg	bederoer	ital. rajgr.
c.	bederoer	ital. rajgr.	byg	bederoer
d.	kartofler gulerod spinat	bederoer	ital. rajgr.	byg

Som det fremgår af sædskifteoversigten, indgår i stedet for afgrøderne kartoffel, gulerod og spinat en af de 3 tilbageværende afgrøder byg, bederoer og ital. rajræs på skift i 2 sædskifter de følgende forsøgsår (eftervirkning efter slamtilførsel 1973).

#### 2.4. Afgrødeanalyse

Til bestemmelse af total-N og mineralstofindhold er udtaget en prøve pr. forsøgsled hvert forsøgssted. For græssets vedkommende er der efter tørstofbestemmelse og formaling af prøverne fra de enkelte slæt foretaget en sammenvejning af prøverne fra alle slæt til en prøve pr. forsøgsled pr. forsøgssted.

Bestemmelse af total-N, P, K, Na, Ca og Mg er foretaget i alle afgrødeprøver. Analyseringen er foretaget af laboratoriet ved Askov forsøgsstation.

Desuden er der i afgrøderne fra forsøgsled 1, 5, 6 og 7, det vil sige forsøgsleddet uden forsøgsgødning og forsøgsleddene med éngangstilførsel af største mængde slam og kunstgødning, analyseret for Cu, Mn, Zn, Ni, Cr, Pb, Co og Cd. Analysering for disse metaller er udført enten ved Statens Planteavls-Laboratorium, Vejle, eller ved Mineralogisk Institut, Danmarks tekniske Højskole. Indholdet af Cu, Mn og Zn bestemmes efter tørforaskning ved 550°C og oplukning med saltsyre på atomabsorptionsspektrofotometer med flammeudstyr. Ni, Cr, Pb, Co og Cd måles efter vådforskning med salpetersyre og perchlorsyre ved atomabsorptionsspektrofotometer med grafitatomiser.

#### 2.5. Jordbundsanalyser

Før forsøgenes anlæg blev der udtaget jordprøver. Prøverne blev udtaget i dybderne 0–25 cm, 25–50 cm, 50–75 cm og 75–100 cm på begge forsøgssteder.

Efter 4 års forsøg blev der i forsøgsled 5, 6 og 7 udtaget prøver i forannævnte dybder, d.v.s. hvor der 1. forsøgsår blev tilført 30 t slamtørstof eller 300 kg N + 62 kg P pr. ha. I de øvrige forsøgsled blev der kun udtaget prøver af overjorden, 0–25 cm.

Jordprøverne er analyseret på Statens Plante-

avls-Laboratorium, Vejle, for Rt, Ft, Kt, Nat, Mgt, Cat, Mnt, Cut, og Znt.

De anvendte symboler og enheder er følgende:

Benævnelse	For-kortelse	1 enhed modsvare
Fosforsyretal	FT	3 mg P/100 g jord
Kaliumtal	Kt	1 mg K/100 g jord
Natriumtal	Nat	1 mg Na/100 g jord
Magnesiumtal	Mgt	1 mg Mg/100 g jord
Calciumtal	Cat	1 mg Ca/100 g jord
Mangantal	Mnt	1 mg Mn/1000 g jord
Kobbertal	Cut	1 mg Cu/1000 g jord
Zinktal	Znt	1 mg Zn/1000 g jord
Reaktionstal	Rt	pH i CaCl <sub>2</sub> + 0,5

Reaktionstallet er udtryk for jordens surhedsgrad, medens de øvrige »tal« er et udtryk for stoffernes »tilgængelighed« i jorden.

Der er endvidere foretaget bestemmelse af jordens indhold af syreextraherbart Mn, Cu, Zn, Ni, Cr, Co, Pb og Cd efter følgende behandling: 10 g jord koges med 50 ml 7 n salpetersyre (150°C) i 4–5 timer med tilbagesvaling.

### 3. Resultater

Hovedtabellerne I–V sidst i beretningen viser udbytte og afgrødeanalyser for de forskellige afgrøder i de enkelte forsøgsår som gennemsnit af forsøgssteder. I tabellerne er kun medtaget resultater fra de forsøgsled, hvor der er gennemført analysering for tungmetallindhold.

I beretningen er ikke medtaget resultater af afgrøderne spinat, gulerod og kartoffel, som udgik af forsøget efter 1973.

#### 3.1. Tørstofudbytte

I tabel 4 vises de gennemsnitligt opnåede udbytter pr. forsøgsled de enkelte forsøgsår.

Det fremgår af resultaterne fra udbringningsåret for slam (1973), at der blev opnået lavere udbytter efter slam anvendelse (led 2, 3, 5 og 6) sammenlignet med kunstgødningstilførsel (led 4 og 7). Af de 2 slamtyper havde den lavt metalbelastede slam (led 2 og 5) en bedre gødningsvirkning end den højt metalbelastede slam (led 3 og 6).

Resultaterne fra de følgende år (1974–76), hvor alle forsøgsled blev gødet med samme mængde N, P og K i kunstgødning, viser en sikker eftervirk-

**Tabel 4.** Udbytte i 100 foderenheder pr. ha. Gns. af afgrøderne byg, roer og græs  
Yield in 100 feed units per hectare. Average of crops, barley, beet and grass

År, year Led, treatment	1973	1974	1975	1976
1	23,7	62,7	61,8	50,4
2	39,7	68,7	64,0	48,9
3	34,9	66,1	64,1	47,1
4	52,8	62,1	61,7	48,3
5	54,6	74,8	66,9	50,3
6	50,3	73,7	67,0	52,3
7	61,2	62,4	62,2	48,4

1 fe = 1 kg kerne, 4 kg halm, 1,1 kg rodtørstof, 1,3 kg toptørstof og 1,25 kg græstørstof  
1 feed unit = 1 kg grain, 4 kg straw, 1.1 kg DM in root, 1.3 kg DM in leaves and 1.25 kg DM in grass

ning efter slam anvendelse i 2. og 3. forsøgsår. Ved mineralisering af slammet er der frigjort næringsstoffer, der har givet sig udslag i, at der i disse forsøgsår høstes de største udbytter i de slamgødgede forsøgsled.

Variationerne i de enkelte års udbytter er en følge af vækstbetingelserne. På Askov var udbytterne i 1973 lave på grund af, at slammet først blev udbragt om foråret med mindre godt såbed til følge. Samme sted blev der i 1976 høstet små udbytter på grund af stort nedbørsunderskud i månederne juni, juli og august.

For at opnå et rimeligt udbyttensniveau på sandjorden ved Lundgård var det nødvendigt at vande med 40 mm i maj 1974 og med 2 gange 50 mm i juni 1975 og 76. Undersøgelser af vandingsvandet viste, at tilførsel af næringsstoffer og tungmetaller ved denne vanding var uden betydning.

### 3.2. Kvælstof- og mineralstofindhold

Tabel 5 viser, hvorledes afgrødernes N, P, Cu, Zn, Pb og Cd-indhold har været i de forskellige forsøgsår, når indholdet i de prøver, hvortil der er gødet med kunstgødning (led 7) er sat til = 100.

Afgrødernes indhold af K, Na, Ca, Mg, Mn, Cr og Co er ikke medtaget i tabellen, idet tilførsel af slam ikke har medført signifikante ændringer i afgrødernes indhold af disse stoffer i forhold til de øvrige forsøgsled.

**Tabel 5.** Forholdstal for kvælstof og mineralstofindhold i afgrøder. Kunstgødningstilførsel, led 7 = 100  
Proportionals for nitrogen and content of mineral elements. Fertilizer, treatment 7 = 100

År, year Led, treatment	1973	1974	1975	1976
			N	
1	66	92	96	99
5	56	106	101	104
6	77	100	100	103
			P	
1	100	97	96	99
5	104	104	100	113
6	110	107	106	119
			Cu	
1	105	96	85	110
5	140	103	95	115
6	123	105	101	115
			Zn	
1	76	97	91	93
5	132	146	131	147
6	112	135	127	131
			Pb	
1	126	121	94	95
5	91	110	96	107
6	106	113	109	125
			Cd	
1	71	87	96	88
5	100	115	101	92
6	232	193	173	169

Som det fremgår af tabel 5, var der i udbringingsåret for slam væsentligt lavere kvælstofindhold i slamgødgede afgrøder (led 5 og 6) i forhold til det kunstgødgede (led 7), og det til trods for, at der med slam blev tilført jorden 3-5 gange så stor kvælstofmængde. Resultaterne antyder, at kvælstoffet i slam altovervejende er til stede som tungt nedbrydelige forbindelser. I de følgende år er der fundet højere indhold efter tilførsel af slam end efter kunstgødning, men forøgelserne er dog gennemgående små.

Forholdstallene for fosfor viser, at afgrødernes fosforindhold har været lidt højere i de slamgødgede forsøgsled end i de øvrige. Det må dog tages i betragtning, at der er tilført ca. 10 gange så meget fosfor i slam som i kunstgødning.

Tilførsel af slam har forårsaget en stigning i planternes indhold af kobber, men i eftervirkningsårene er der ingen udslag for kobbertilførsel.

Den fundne forskel i udbringningsåret for slam skyldes primært et højere kobberindhold i halm og græs, hvilket fremgår af hovedtabellerne I-V.

Tabel 5 viser et meget sikkert sammenhæng mellem slamgødskning og øget zinkindhold i planter. Af forholdstallene fremgår det, at det ikke kun er i det år, hvor slam er tilført, at indholdet i afgrøderne forøges, men zinkindholdet er også i de efterfølgende år 30-40 pct. højere efter slamtilførsel. De to slamtypers indvirkning kan ikke statistisk adskilles, men det synes som om, der er en tendens til lidt højere indhold i afgrøderne efter tilførsel af den lavt metalbelastede slam, selvom der med denne slamtype reelt tilføres mindre zink.

De forskellige afgrøders indhold af zink efter de 2 slamtyper er vist i tabel 6.

Af tabel 6 fremgår endvidere afgrødernes indhold af nikkel, bly og cadmium, og det ses, at tilførsel af den højt metalbelastede slam (slam II

led 6) giver højere koncentrationer af nikkel i afgrøderne end den lavt metalbelastede slam (slam I led 5). Variansberegning har vist, at der efter anvendelse af den lavt metalbelastede slam ikke er fundet et nikkelindhold i afgrøderne, som er statistisk forskellig fra det indhold, der er målt i de øvrige forsøgsled 1 og 7.

Med hensyn til planternes blyindhold er der ikke fundet sikre forskelle hverken mellem forsøgsleddene eller mellem forsøgsstederne, hvilket er overraskende i henhold til de mængder bly, der er givet med slam (tabel 3).

Cadmiumindholdet i plantetørstof (tabel 6) er i alle afgrøder især steget efter tilførsel af den højt metalbelastede slam (led 6) og har medført et væsentligt højere indhold alle forsøgsår. I forhold til de øvrige forsøgsled har denne forøgelse i gennemsnit for alle afgrøder været på 70-132 pct.

Af hovedtabellerne I-V ses det, at cadmiumindholdet i bygkerne påvirkes meget lidt, og at

**Tabel 6.** Afgrødens indhold af Zn, Ni, Pb og Cd efter slamtilførsel. ppm i tørstof, gns. Askov, Lundgård  
*Zn, Ni, Pb and Cd content after application of sludge. ppm in dry matter, average exp. places*

Led, treatment År, year	Slam I forsøgsled 5				Slam II forsøgsled 6			
	1973	1974	1975	1976	1973	1974	1975	1976
	Zn							
Byg, kerne, grain	53	43	47	38	45	36	42	26
Barley, halm, straw	52	36	39	21	46	26	32	15
Bederoer, rod, root	72	40	46	58	53	34	52	53
Beet, top, leaves	117	57	60	90	114	68	62	75
Ital. rajgræs Italian raygrass	47	31	51	49	46	33	53	50
	Ni							
Byg, kerne, grain	0,1	0,1	0,3	0,8	0,3	0,2	0,4	0,9
Barley, halm, straw	0,8	0,2	0,5	1,1	0,5	0,2	0,4	1,2
Bederoer, rod, root	0,1	0,6	0,9	2,2	1,2	0,9	1,4	2,4
Beet, top, leaves	1,2	1,0	2,7	2,9	5,1	1,5	3,2	3,5
Ital. rajgræs Italian raygrass	1,9	1,4	1,2	2,1	2,9	2,5	3,3	3,5
	Pb							
Byg, kerne, grain	0,3	0,2	0,3	0,3	0,3	0,1	0,3	0,4
Barley, halm, straw	1,9	1,9	0,9	1,3	1,9	2,1	0,9	1,7
Bederoer, rod, root	0,2	1,0	1,1	1,7	0,5	1,3	1,3	2,8
Beet, top, leaves	2,6	5,0	4,8	9,0	3,3	6,6	5,0	8,0
Ital. rajgræs Italian raygrass	2,3	1,8	2,9	3,1	2,0	1,7	3,5	3,0
	Cd							
Byg, kerne, grain	0,10	0,04	0,13	0,06	0,11	0,07	0,16	0,08
Barley, halm, straw	0,28	0,17	0,24	0,16	0,27	0,30	0,43	0,22
Bederoer, rod, root	0,33	0,29	0,30	0,50	0,92	0,55	0,50	0,85
Beet, top, leaves	0,65	0,58	0,78	1,04	1,93	1,13	1,23	1,95
Ital. rajgræs Italian raygrass	0,18	0,22	0,24	0,22	0,57	0,35	0,48	0,55



kontaminering er særlig stor i bederoer og græs, hvilket også fremgår tydeligt af resultaterne i tabel 6.

### 3.3. Jordbundsanalyser

Før forsøgets anlæg (1973) og efter 4 års forsøg (1976) blev der udtaget jordprøver. Resultaterne af analyseringen af overjorden, 0–25 cm, er vist i tabel 7.

Det har været forsvarligt at slå tallene sammen fra de 2 forsøgssteder og vise dem som gennemsnitstal, idet der kun er konstateret forskel i niveau mellem forsøgsstederne, men ingen forskel i indvirkning af slam og kunstgødningstilførsel de 2 steder.

Tabellens øverste halvdel viser virkningen af slam- og kunstgødningstilførsel på jordens reaktionstal og øvrige undersøgte jordbundstal.

**Tabel 7.** Jordprøver fra overjorden, 0–25 cm udtaget før anlæg og efter 4 års forsøg, gns. Askov, Lundgård  
*Results of soil analyses prior to and 4 years after application of sludge, average exp. places*

	Jordbundstal, indices								
	Rt	Ft	Kt	Nat	Mgt	Cat	Mnt	Cut	Znt
1973	6,0	6,6	11,0	3,9	1,8	96	13,4	2,3	2,6
Før anlæg prior to appl. 1976									
led 2	6,0	7,4	10,2	2,2	1,9	90	15,1	3,5	4,6
3	6,1	7,2	9,1	2,5	2,0	100	15,4	4,9	5,7
4	6,0	6,8	8,9	1,7	1,9	88	17,3	3,1	3,5
5	6,1	9,5	6,0	3,1	2,0	104	13,4	3,5	6,9
6	6,4	9,6	6,4	1,6	2,5	126	11,5	7,7	12,2
7	5,8	8,1	7,5	1,8	1,8	83	16,4	2,6	3,3

Jordens indhold af mineralstoffer, ppm i tør jord  
*Content of mineral elements in soil, ppm in dry soil*

	Cu	Mn	Zn	Ni	Cr	Pb	Co	Cd
1973	8,0	250	22	3	8	10	1,7	0,14
Før anlæg prior to appl. 1976								
led 2	8,1	223	27	4	8	13	1,5	0,17
3	8,4	225	29	4	8	16	1,4	0,28
4	8,2	251	25	4	7	11	1,6	0,20
5	9,3	210	31	4	8	12	1,6	0,20
6	14,8	214	36	6	8	25	1,8	0,59
7	8,4	268	24	3	7	10	1,7	0,19

Tilførsel af slam har forårsaget en stigning af jordens Ft-niveau, hvilket er naturligt, idet der er tilført 400–800 kg fosfor. Der er også en mindre stigning efter største kunstgødningsmængde (led 7).

Stigende slam- og kunstgødningstilførsel (led 5, 6 og 7) har ført til et stærkt fald i jordens kaliumtal (Kt), hvilket harmonerer med, at stigende udbytter tærer på jordens kaliumindhold.

De anførte tal for Nat, Mgt, Cut og Mnt viser, at slam anvendelse ikke har væsentlig indvirkning på disse enheder.

For Cut og Znt ses det, at tilførsel af begge slamtyper har ført til et højere niveau for disse mineralstoffer, hvor de største ændringer er sket efter tilførsel af den højt metalbelastede slam (led 3 og 6).

Af nederste halvdel af tabel 7 fremgår det, at

tilførsel af den højt metalbelastede slam har medført en kraftig stigning i jordens bly- og cadmiumindhold, og at dette merindhold var stigende med stigende slamtilførsel.

Cobolt-, crom- og nikkelinholdet efter tilførsel af slam ligger på linie med det, der er fundet efter kunstgødning.

Tabel 8 viser jordbundstal og jordens syreextraherbare indhold af de mineralstoffer, hvor variansberegning kun har vist signifikans mellem dybder. Som det ses, falder reaktionstallet i dybden. Ft og Cat falder stærkt fra overjorden (0–25 cm) til de underliggende jordlag, medens der for mangan både i mangantal og totalindhold på lig-

**Tabel 8.** Jordbundstal og mineralstofindhold i jorden i 4 år efter slamtilførsel, 0–100 cm dybde, gns. Askov, Lundgård, forsøgsled 5–7

*Content of mineral elements in soil (0–100 cm). Average exp. places, treatments 5–7, the 4th year after application of sludge*

Dybde, cm, <i>Depth, cm</i>	Jordbundstal <i>Soil analysis indices</i>					ppm i tør jord <i>ppm in dry soil</i>		
	Rt	Ft	Mnt	Cat	Co	Cr	Ni	Mn
0– 25 .....	6,1	9,1	13,8	104	1,7	8	4	230
25– 50 .....	5,8	2,9	4,1	78	2,8	9	5	204
50– 75 .....	5,5	2,4	3,3	77	4,2	11	7	170
75–100 .....	5,0	2,9	6,4	54	6,5	14	9	250

nende måde først er et stærkt fald for derefter igen at stige i jordlaget 75–150 cm. Indholdet af Co, Cr og Ni stiger med stigende dybde og med højeste indhold i det nederste undersøgte jordlag.

Af tabel 9 ses det, at det ikke kun er i overjor-

den 0–25 cm men også i jordlaget 25–50 cm, at slamtilførsel (led 5 og 6) har resulteret i, at der i dette jordlag er målt højere værdier for Cut og Znt end efter kunstgødningsanvendelse (led 7).

Forskellen i de enkelte forsøgsleds indhold af

**Tabel 9.** Jordbundstal for kobber og zink 4 år efter slamtilførsel, 0–100 cm dybde, gns. Askov, Lundgård  
*Indices for Cu and Zn in soil (0–100 cm), the 4th year after application of sludge, average exp. places*

Led, <i>treatment</i>	Cut			Znt		
	5	6	7	5	6	7
Dybde, <i>depth</i>						
0– 25 .....	3,5	7,7	2,6	6,9	12,2	3,3
25– 50 .....	0,6	1,2	0,2	1,1	1,8	0,6
50– 75 .....	0,2	0,3	0,2	0,5	0,6	0,6
75–100 .....	0,6	0,4	0,5	0,9	0,9	0,7

Pb og Cd i overjorden er statistisk sikker, hvori- mod der ikke er nogen sikker forskel på de underliggende jordlags indhold af disse mineralstoffer.

Bly- og cadmiumindhold i jorden indtil 1 m's dybde er vist i tabel 10.

#### 4. Diskussion

De gennemførte forsøg har vist, at slam- anvendelse giver øget optagelse i planterne af Zn, Ni og Cd. Dette er i overensstemmelse med resultater af udenlandske forsøg med slam (Andersson og

**Tabel 10.** Bly og cadmiumindhold i jorden 4 år efter slamtilførsel, 0–100 cm dybde, gns. Askov, Lundgård  
*Content of lead and cadmium in soil, the 4th year after application of sludge, average exp. places*

Led, treatment	Bly lead			Cadmium cadmium		
	5	6	7	5	6	7
Dybde i cm, depth cm						
0– 25 .....	12	25	10	0,20	0,59	0,19
25– 50 .....	9	9	4	0,08	0,13	0,10
50– 75 .....	6	6	5	0,05	0,06	0,08
75–100 .....	6	6	4	0,07	0,05	0,05

Nilsson, 1972 og 1976). Af tabel 5 og 6 fremgår det, at virkningen har holdt sig usvækket i 4 år efter éngangstilførsel.

Denne fortsatte ensartede effekt af slammet må skyldes en fremadskridende mineralisering, der trods afhængighed af vejrlig, især temperatur og fugtighedsforhold, er af en sådan karakter, at en nogenlunde konstant mængde frigøres til planteoptyagelse.

Da forgiftningssymptomer for planterne m.h.t. koncentrationer af tungmetaller ikke er set, må det modsat betyde, at mineraliseringen ikke er så hurtig og frigørelsen af metaller så stor, at plantetoxiske koncentrationer af frie metalioner opnås.

Nedenstående skitserede formler viser de reaktioner, metallerne må formodes at undergå i jorden.



Metallet i slam ( $M_s$ ) må formodes at være knyttet til et organisk stof ( $O_s$ ) eller foreligge som et tungt opløseligt salt.

Ved mineralisering af den organiske fraktion fraspaltes metallet som ion ( $M_s^+$ ). I denne form kan metallet være plantetilgængeligt, hvis planten har en affinitet over for det pågældende metal.

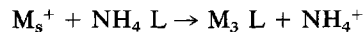
En fastlægning af metalionen kan ske i form af udfældning f.eks. som sulfider eller fosfater ( $R^-$ ):



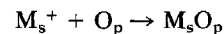
og danne tungtopløselige salte ( $M_sR$ ), der lejrer sig inaktivt i jorden.

Metalionen kan også ionbytte med andre posi-

tive ioner i lerminerale (L), og indlejres her, hvorved andre let ombyttelige ioner frigøres. Dette kan f.eks. være  $NH_4^+$ , som visse forskere har vist udbydes til nitrificering ved tilsætning af metalsalte (Nielsen, 1978).



Endvidere kan metalionen overgå til nye organiske komplekser f.eks. fra planterester ( $O_p$ ):



Hvilke af disse processer, der er fremherskende, er afhængig af det fysiske kemiske miljø i jorden, og om der er planter tilstede.

Da der ikke er fundet væsentlig nedsivning af metaller, må der imellem ovenstående processer i overjorden eksistere en balance. Det er imidlertid et spørgsmål, om kapaciteten for denne balance kan opretholdes ved længere tids påvirkning. Jordens ionbytningskapacitet er begrænset, udfældningen af salte må have en grænse ved jordens indhold af »syrester«, og endelig er jordens organiske indhold i reglen ret konstant, og dermed begrænset, når der ikke fortsat tilføres organisk gødning f.eks. slam.

En fortsat frigørelse af metalioner vil derfor på et tidspunkt kunne føre til et overskud, der giver øget optagelse i planterne og/eller nedvaskning til dybere liggende jordlag og vand, så risiko for vandforureninger opstår.

I dette forsøg er denne grænse imidlertid ikke nået, og jordens kapacitet for metaller er dermed ikke klarlagt.

Da man imidlertid under ingen omstændigheder ønsker planternes indhold af cadmium forøget, kan man med de her foreliggende resultater diskutere betimeligheden i at anvende slam som gødning, hvilke slamtyper, der kan anvendes, og i hvilke mængde, de må tilføres.

Desuden bør plantearter, vækststadier og jordtyper inddrages i vurderingen.

Anvendelse af en lavt og en højt metalbelastet slam i forsøget viste, at der var en klar forskel i de 2 slamtypers virkning på afgrødernes cadmiumindhold, hvor stigende cadmiumtilførsel resulterede i øget cadmiumindhold. På baggrund af disse forsøg kan der ikke være tvivl om, at anvendelse af slamtyper som den højt metalbelastede ikke bør ske i jordbruget.

Selvom tilførsel af den lavt metalbelastede slam ikke har givet sig udslag i væsentlig cadmiumoptagelse, er langtidsvirkningerne ikke kendte. Cadmiumindholdet må være afgørende for, hvilke mængder der bør anvendes af en sådan slamtype. De af Miljøstyrelsen (1975) satte grænser for cadmiumtilførsel til landbrugsjord på max. 30 g Cd/ha/år bør derfor bibeholdes en årrække endnu.

Generelt er der konstateret lavest metalkoncentration i sandjorden, stemmende overens med denne jords mindre ler- og siltindhold og dermed mindre bindingsevne. Dette er i overensstemmelse med *Tjell* og *Hovmand* (1978), der påviser nær korrelation mellem jordens metalindhold og dens ler- + siltindhold. Overensstemmende hermed er, at zink og nikkel lettere optages af planterne i sandjord, idet de frigjorte metalioner her vanskeligere vil kunne fastlægges i jorden ved ionbytning. At dette ikke også er gældende for cadmium, kan ikke umiddelbart forklares.

## 5. Konklusion

De gennemførte forsøg med éngangstilførsel af slam fra rensningsanlæg har vist, at grundet meroptagelse af cadmium både i året for slamtilførsel og indtil 3 år derefter bør højt metalbelastet slam ikke anvendes i jordbruget.

Den lavt metalbelastede slamtype har ikke vist denne effekt og vil derfor kunne anvendes. Da langtidsvirkningerne af slamtilførsel stadig er usikre, og denne slam også indeholder skadelige stoffer, må disse faktorer tages i betragtning ved anvendelse af slam. De tilførte mængder bør afpasses således, at belastningen af jorden specielt med cadmium ikke øges.

Med hensyn til afgrødevalg kan der på grundlag af disse forsøg konkluderes, at hvis man ser på risiko for cadmiumoptagelse, vil denne være mindst ved avl af kornafgrøder.

## 6. Litteratur

- Andersson, A. og Nilsson, K. O.* (1971): Växttilgængeligheten hos ett antal grundämnen i rötslam. Resultat från et ramförsök. Rapp. fra Avdeln. Växtnäringslära, nr. 37. Uppsala.
- Andersson, A. og Nilsson, K. O.* (1972): Enrichment of trace elements from sewage sludge fertilizer in soils and plants. *Ambio* 1, 176-179.
- Andersson, A. og Nilsson, K. O.* (1976): Influence on the levels of heavy metals in soil and plant from sewage sludge used as fertilizer. *Swedish Journal of Agricultural Research* 6, 151-159.
- Miljøstyrelsen* (1975): Rapport om slam og fast stof fra spildevand. Karakterisering og forslag vedrørende håndtering, transport og slutdisponering. Kapitel 4. Slutdisponering af slam, 48-67.
- Nielsen, K. B.* (1978): Inkubationsforsøg over kvælstofmineraliseringen i landbrugsjord tilført spildevandsslam beriget med tungmetallerne, kobber, zink, cadmium og bly. Specialopgave i økologisk botanik, Københavns Universitet.
- Tjell, J. C. og Hovmand, M. F.* (1978): Metal concentrations in Danish arable soils. *Acta Agricultura Scandinavica* 28, 81-89.

Manuskript modtaget den 26. marts 1979.

**Hovedtabel I.** Éngangstilførsel af slam. Askov, Lundgård 1973–76. Byg-kerne: Udbytte og afgrødeanalyse. Gns. forsøgssteder  
*Once for all application of sewage sludge. Askov, Lundgård 1973–76. Barley-grain: Yield and crop analyse, average of places*

Led/år <i>Treatment/year</i>	Udbytte*) <i>Yield*)</i> hkg/ha, dt/ha	N	P	K	Na	Ca	Mg	Cu	Mn	Zn	Ni	Cr	Pb	Co	Cd
		% i tørstof <i>per cent in dry matter</i>								ppm i tørstof <i>ppm in dry matter</i>					
<i>1973</i>															
1 .....	12,5	1,92	0,43	0,65	0,01	0,08	0,13	7,7	20	40	0,1	0,2	0,6	0,16	0,05
5 .....	26,5	2,23	0,43	0,57	0,01	0,07	0,13	7,4	20	53	0,1	0,3	0,2	0,10	0,10
6 .....	22,8	2,07	0,43	0,61	0,01	0,06	0,13	7,6	19	45	0,3	0,2	0,3	0,12	0,11
7 .....	25,0	2,47	0,46	0,60	0,01	0,07	0,13	8,1	20	53	0,1	0,2	0,3	0,05	0,09
<i>1974</i>															
1 .....	43,1	1,61	0,39	0,40	0,01	0,05	0,11	3,5	17	30	0,2	0,7	0,2	0,03	0,03
5 .....	53,2	1,91	0,38	0,35	0,01	0,05	0,11	3,8	11	43	0,1	0,7	0,2	0,02	0,04
6 .....	52,9	1,70	0,41	0,39	0,01	0,05	0,11	4,0	17	36	0,2	0,7	0,1	0,04	0,07
7 .....	46,2	1,73	0,37	0,37	0,01	0,05	0,11	3,2	10	29	0,1	0,6	0,2	0,04	0,03
<i>1975</i>															
1 .....	34,1	2,12	0,42	0,58	0,01	0,06	0,14	5,6	18	35	0,3	0,2	0,3	0,04	0,12
5 .....	39,8	2,27	0,35	0,51	0,02	0,06	0,13	5,9	16	47	0,3	0,2	0,3	0,04	0,13
6 .....	39,2	2,19	0,38	0,54	0,02	0,06	0,13	6,0	14	42	0,2	0,2	0,3	0,04	0,16
7 .....	34,2	2,23	0,39	0,56	0,02	0,07	0,12	6,1	18	36	0,3	0,4	0,7	0,04	0,13
<i>1976</i>															
1 .....	35,9	2,07	0,29	0,53	0,02	0,06	0,11	4,1	21	28	0,8	1,0	0,3	0,04	0,05
5 .....	34,6	2,22	0,31	0,54	0,03	0,06	0,11	4,2	19	38	0,8	1,0	0,3	0,04	0,06
6 .....	35,8	2,20	0,30	0,56	0,03	0,06	0,12	4,2	18	36	0,9	1,0	0,4	0,04	0,08
7 .....	35,2	2,09	0,26	0,52	0,03	0,06	0,11	3,2	20	28	0,8	1,0	0,3	0,04	0,06

\*) Udbytte beregnet med 15% vand. *Yield calculated to 15 per cent moisture.*

**Hovedtabel II.** Éngangstilførsel af slam. Askov, Lundgård 1973-76. Byg-halm: Udbytte og afgrødeanalyse. Gns. forsøgssteder  
*Once for all application of sewage-sludge. Askov, Lundgård 1973-76. Barley-straw: Yield and crop analyse, average of places*

Led/år <i>Treatment/year</i>	Udbytte*) <i>Yield*)</i> hkg/ha, dt/ha	N	P	K	Na	Ca	Mg	Cu	Mn	Zn	Ni	Cr	Pb	Co	Cd
		% i tørstof <i>per cent in dry matter</i>								ppm i tørstof <i>ppm in dry matter</i>					
<i>1973</i>															
1 .....	8,5	1,09	0,22	1,38	0,04	0,52	0,09	7,1	47	38	0,5	1,3	1,6	0,14	0,21
5 .....	24,8	0,98	0,18	1,16	0,04	0,49	0,07	11,3	48	52	0,8	0,6	1,9	0,18	0,28
6 .....	20,7	0,92	0,17	1,14	0,04	0,46	0,08	5,9	45	36	0,5	0,6	1,9	0,13	0,27
7 .....	28,0	1,19	0,18	1,20	0,04	0,57	0,08	5,3	35	41	0,4	0,6	1,9	0,12	0,21
<i>1974</i>															
1 .....	34,7	0,50	0,07	1,13	0,05	0,32	0,04	2,0	8	19	0,2	0,5	2,2	0,07	0,06
5 .....	43,8	0,71	0,09	1,12	0,08	0,38	0,04	1,8	9	36	0,2	0,4	1,9	0,08	0,17
6 .....	41,4	0,60	0,08	1,14	0,08	0,35	0,05	1,6	15	26	0,2	0,4	2,1	0,11	0,30
7 .....	36,6	0,56	0,08	0,98	0,08	0,37	0,04	1,5	14	18	0,2	0,4	2,2	0,08	0,13
<i>1975</i>															
1 .....	21,6	0,67	0,12	2,05	0,12	0,52	0,09	4,0	21	22	0,5	0,4	0,9	0,05	0,18
5 .....	24,6	0,69	0,11	1,80	0,18	0,56	0,09	5,0	29	39	0,5	0,3	0,9	0,04	0,24
6 .....	23,1	0,71	0,14	1,95	0,14	0,62	0,10	4,7	24	32	0,4	0,3	0,9	0,05	0,43
7 .....	19,5	0,75	0,13	1,96	0,15	0,64	0,09	4,9	38	26	0,3	0,3	1,0	0,04	0,20
<i>1976</i>															
1 .....	36,9	0,54	0,06	0,90	0,13	0,39	0,06	2,9	16	9	1,1	1,0	1,2	0,04	0,16
5 .....	39,3	0,67	0,08	1,01	0,17	0,47	0,06	3,4	17	21	1,1	1,0	1,3	0,05	0,16
6 .....	39,1	0,59	0,09	0,85	0,14	0,44	0,06	3,7	12	15	1,2	1,0	1,7	0,05	0,22
7 .....	36,4	0,59	0,06	0,83	0,15	0,39	0,05	3,7	19	10	1,1	1,0	1,3	0,04	0,14

\*) Udbytte beregnet med 15% vand. *Yield calculated to 15 per cent moisture.*

**Hovedtabel III.** Éngangstilførsel af slam. Askov, Lundgård 1973-76. Ital. rajgræs. Tørstofudbytte og afgrødeanalyser. Gns. forsøgssteder  
*Once for all application of sewage sludge. Askov, Lundgård 1973-76. Italian rye grass. Dry matter and crop analyse, average of places*

Led/år <i>Treatment/year</i>	Udbytte <i>Yield</i> hkg/ha, dt/ha	N	P	K	Na	Ca	Mg	Cu	Mn	Zn	Ni	Cr	Pb	Co	Cd
		% i tørstof <i>per cent in dry matter</i>							ppm i tørstof <i>ppm in dry matter</i>						
<i>1973</i>															
1 .....	16,1	1,67	0,27	2,54	0,02	0,65	0,13	7,1	77	29	0,5	0,6	1,9	0,58	0,15
5 .....	54,8	2,61	0,35	3,57	0,06	0,60	0,16	12,0	98	47	1,9	0,4	2,3	0,73	0,18
6 .....	52,1	2,58	0,35	3,45	0,06	0,62	0,15	13,3	122	46	2,9	0,7	2,0	0,76	0,57
7 .....	69,0	3,25	0,32	3,60	0,05	0,71	0,16	9,0	93	44	0,7	0,4	2,5	0,51	0,25
<i>1974</i>															
1 .....	64,3	2,37	0,39	3,00	0,05	0,65	0,15	2,8	108	27	1,0	0,8	2,2	0,40	0,20
5 .....	86,4	2,54	0,41	2,98	0,07	0,71	0,15	3,2	58	31	1,4	0,6	1,8	0,32	0,22
6 .....	77,5	2,48	0,42	3,06	0,06	0,68	0,15	3,3	30	33	2,5	0,5	1,7	0,39	0,35
7 .....	69,7	2,90	0,40	3,03	0,08	0,72	0,14	3,5	63	29	1,1	0,7	1,9	0,31	0,19
<i>1975</i>															
1 .....	53,8	3,61	0,40	3,40	0,14	0,79	0,17	9,8	99	38	1,1	0,4	2,9	0,09	0,24
5 .....	57,1	3,81	0,44	3,28	0,17	0,87	0,19	11,6	103	51	1,2	0,5	2,9	0,13	0,24
6 .....	57,1	3,79	0,45	3,31	0,17	0,88	0,20	13,3	77	53	3,4	0,5	3,5	0,17	0,48
7 .....	49,7	3,80	0,43	3,54	0,16	0,81	0,17	14,8	115	43	1,4	0,3	2,8	0,10	0,23
<i>1976</i>															
1 .....	49,0	3,70	0,36	3,64	0,15	0,82	0,17	8,9	101	40	1,9	1,6	2,7	0,19	0,27
5 .....	48,8	3,65	0,38	3,39	0,21	0,84	0,18	10,8	81	49	2,1	1,8	3,1	0,23	0,22
6 .....	50,1	3,67	0,41	3,41	0,20	0,82	0,19	11,1	79	50	3,5	2,0	3,0	0,23	0,55
7 .....	45,0	3,61	0,38	3,42	0,19	0,83	0,17	10,3	100	42	2,6	1,9	3,2	0,14	0,34

**Hovedtabel IV.** Éngangstilførsel af slam. Askov, Lundgård 1973-76. Bederoer-rod: Tørstofudbytte og afgrødeanalyse. Gns. Forsøgssteder  
*Once for all application of sewage sludge. Askov, Lundgård 1973-76. Beet-root: Dry matter and crop analyse, average of places*

Led/år <i>Treatment/year</i>	Udbytte <i>Yield</i> hkg/ha, dt/ha	N	P	K	Na	Ca	Mg	Cu	Mn	Zn	Ni	Cr	Pb	Co	Cd
		% i tørstof <i>per cent in dry matter</i>								ppm i tørstof <i>ppm in dry matter</i>					
<i>1973</i>															
1 .....	32,5	0,82	0,18	1,92	0,11	0,21	0,10	3,9	31	34	0,2	0,8	0,5	0,11	0,19
5 .....	64,3	1,28	0,17	1,87	0,13	0,26	0,09	3,8	38	72	0,1	1,4	0,2	0,14	0,33
6 .....	64,1	0,95	0,20	1,92	0,13	0,20	0,10	3,4	38	53	1,2	1,6	0,5	0,33	0,92
7 .....	67,5	1,52	0,15	2,07	0,14	0,26	0,09	3,2	40	43	0,3	1,6	0,3	0,11	0,30
<i>1974</i>															
1 .....	82,1	0,80	0,16	1,50	0,10	0,16	0,08	1,4	29	31	0,4	0,5	1,1	0,31	0,25
5 .....	86,6	0,88	0,17	1,45	0,11	0,19	0,08	1,7	23	40	0,6	0,8	1,0	0,38	0,29
6 .....	89,0	0,90	0,18	1,48	0,11	0,20	0,09	1,8	30	34	0,9	0,9	1,3	0,45	0,55
7 .....	73,0	0,86	0,17	1,49	0,10	0,20	0,08	1,8	21	31	0,6	0,7	0,7	0,53	0,31
<i>1975</i>															
1 .....	65,9	1,30	0,17	2,10	0,22	0,27	0,09	6,4	32	37	0,9	0,4	1,1	0,08	0,35
5 .....	70,4	1,28	0,18	2,01	0,28	0,31	0,09	6,9	29	46	0,9	0,4	1,1	0,08	0,30
6 .....	71,0	1,28	0,18	2,00	0,22	0,32	0,09	7,2	31	52	1,4	0,4	1,3	0,10	0,50
7 .....	61,5	1,22	0,17	2,06	0,23	0,30	0,09	6,9	31	42	1,0	0,5	1,0	0,09	0,33
<i>1976</i>															
1 .....	69,1	1,04	0,14	1,64	0,25	0,30	0,11	5,2	48	33	1,8	1,8	1,1	0,28	0,43
5 .....	67,2	1,11	0,16	1,52	0,21	0,37	0,11	6,7	43	58	2,2	1,9	1,7	0,31	0,50
6 .....	71,2	1,15	0,16	1,54	0,19	0,33	0,11	6,7	41	53	2,4	2,5	2,8	0,40	0,85
7 .....	66,3	1,11	0,14	1,52	0,18	0,36	0,11	5,8	54	39	1,8	2,4	1,4	0,28	0,45



**Hovedtabel V.** Éngangstilførsel af slam. Askov, Lundgård 1973-76. Bederoer-top: Tørstofudbytte og afgrødeanalyse. Gns. forsøgssteder

*Once for all application of sewage sludge. Askov, Lundgård 1973-76. Beet-leaves: Dry matter and crop analyse, average of places*

Led/år <i>Treatment/year</i>	Udbytte <i>Yield</i> hkg/ha, dt/ha	N	P	K	Na	Ca	Mg	Cu	Mn	Zn	Ni	Cr	Pb	Co	Cd
		% i tørstof <i>per cent in dry matter</i>						ppm i tørstof <i>ppm in dry matter</i>							
<i>1973</i>															
1 .....	18,4	1,69	0,18	2,74	0,68	0,96	0,25	10,7	128	56	0,9	3,5	4,9	1,43	0,56
5 .....	37,5	2,35	0,21	2,25	0,52	1,46	0,31	11,6	176	117	1,2	3,5	2,6	1,50	0,65
6 .....	29,9	1,91	0,23	2,50	0,76	1,19	0,34	12,9	175	114	5,1	3,0	3,3	2,53	1,93
7 .....	39,0	2,44	0,21	2,32	0,63	1,38	0,31	10,7	166	89	1,5	4,5	3,5	0,97	0,68
<i>1974</i>															
1 .....	33,0	1,77	0,22	2,49	0,53	1,13	0,22	3,6	50	31	0,8	1,5	5,8	0,66	0,54
5 .....	40,5	1,97	0,23	2,31	0,57	1,24	0,22	3,5	24	57	1,0	1,3	5,0	0,71	0,58
6 .....	45,1	1,89	0,25	2,32	0,53	1,18	0,23	3,6	71	68	1,5	2,4	6,6	1,27	1,13
7 .....	29,2	1,63	0,23	2,22	0,57	1,11	0,23	4,7	38	43	1,1	2,2	6,1	0,82	0,69
<i>1975</i>															
1 .....	37,9	2,38	0,23	2,68	0,90	1,44	0,32	9,3	109	43	2,2	2,0	4,5	1,15	0,77
5 .....	39,0	2,67	0,26	2,33	1,01	1,64	0,36	10,4	99	60	2,7	2,2	4,8	1,10	0,78
6 .....	38,7	2,53	0,26	2,20	0,89	1,54	0,37	11,8	102	62	3,2	2,3	5,0	1,20	1,23
7 .....	37,5	2,53	0,24	2,28	0,86	1,55	0,31	9,8	118	43	2,0	2,0	4,5	1,10	0,93
<i>1976</i>															
1 .....	27,1	2,70	0,23	2,77	1,48	1,51	0,36	9,4	146	53	2,5	2,9	9,0	0,70	0,93
5 .....	28,7	2,80	0,25	2,10	1,80	1,67	0,40	10,5	106	90	2,9	2,9	9,0	0,71	1,04
6 .....	29,3	2,71	0,25	2,46	1,40	1,54	0,38	10,0	130	75	3,5	3,5	8,0	0,79	1,95
7 .....	26,7	2,76	0,24	2,37	1,67	1,59	0,31	8,2	111	57	2,5	3,4	6,8	0,75	1,02