

Nr. 41 · 1995



Spredning af kommunalt spildevandsslam

Spreading of sewage sludge

Krister Persson og Martin Heide Jørgensen
Afd. for Jordbrugsteknik og Produktionssystemer

STATENS HUSDYRBRUGSFORSØG

Forskningscenter Foulum, Postboks 39, 8830 Tjele • Tlf. 89 99 19 00 • Fax 89 99 19 19

Forskningscenter Bygholm, Postboks 536, 8700 Horsens • Tlf. 75 60 22 11 • Fax 75 62 48 80

Statens Husdyrbrugsforsøg har til formål at gennemføre forskning samt indsamle og opbygge viden af betydning for erhvervsmæssigt husdyrbrug og jordbrugsteknik i Danmark. I forskningen skal der lægges vægt på ressourceudnyttelse, dyrevelfærd, internt og eksternt miljø, produkternes kvalitet og konkurrenceevne samt en hurtig og sikker formidling af resultaterne.

Institutionen omfatter følgende forskningsafdelinger: Afdeling for Ernæring, Afdeling for Råvarekvalitet, Afdeling for Avl og Genetik, Afdeling for Sundhed og Velfærd, Afdeling for Jordbrugsteknik og Produktionssystemer samt Centrallaboratorium. Servicefunktionerne varetages af Afdeling for Landbrugsdrift, Afdeling for

Stalddrift samt af Statens Husdyrbrugsforsøgs Sekretariat.

Husdyrforskningen finder fortrinsvis sted på Forskningscenter Foulum, mens den jordbrugstekniske forskning udføres på Forskningscenter Bygholm. Herudover har institutionen adgang til en række privat-/organisationsejede forsøgsstationer m.m.

Forskningsresultaterne publiceres i internationale, videnskabelige tidsskrifter samt i publikationer udgivet af Statens Husdyrbrugsforsøg. Abonnement på årsrapporter, forskningsrapporter, beretninger og informationsblad kan tegnes ved henvendelse til ovenstående adresse.

DANISH INSTITUTE OF ANIMAL SCIENCE

Research Centre Foulum, P.O. Box 39, DK-8830 Tjele • Tel +45 89 99 19 00 • Fax +45 89 99 19 19

Research Centre Bygholm, P.O. Box 536, DK-8700 Horsens • Tel +45 75 60 22 11 • Fax +45 75 62 48 80

The aim of the Danish Institute of Animal Science is to carry out research and accumulate knowledge of importance to animal husbandry and agricultural engineering. In the research, great importance is attached to the utilization of resources, environment, animal welfare, and to the quality and competitiveness of the agricultural products along with a rapid and efficient dissemination of the results.

The institute comprises six research departments: Dept. for Nutrition, Dept. for Product Quality, Dept. for Breeding and Genetics, Dept. for Animal Health and Welfare, Dept. for Agricultural Engineering and Production Systems, and a Cen-

tral Laboratory. Service departments include Dept. for Farm Management and Services, Dept. for Livestock Management, and a Secretariat.

The research departments for animal science together with management and service departments are located at Research Centre Foulum. The technical research takes place at Research Centre Bygholm.

Research results are published in international scientific journals and in publications from the Danish Institute of Animal Science. For subscription to reports and other publications please contact the above address.

Spredning af kommunalt spildevandsslam

Spreading og sewage sludge

Krister Persson og Martin Heide Jørgensen
Afd. for Jordbrugsteknik og Produktionssystemer

Indholdsfortegnelse

Indholdsfortegnelse	3
Contents	4
Sammendrag	5
Summary	6
1 Indledning	7
2 Materialer og metoder	7
2.1 SLAMTYPER	7
2.2 SPREDEUDSTYR	8
2.3 MÅLEMETODER OG OPGØRELSE	10
2.3.1 Fordeling på langs af kørselsretningen	10
2.3.2 Fordeling på tværs af kørselsretningen	10
3 Resultater og diskussion	12
3.1 UNDERSØGTE EGENSKABER VED BENYTTET SLAM	12
3.2 FORDELING PÅ LANGS AF KØRSELSRETNINGEN	13
3.3 FORDELING PÅ TVÆRS AF KØRSELSRETNINGEN	17
3.4 TOTAL FORDELING - KOMBINATION AF FORDELING PÅ LANGS OG PÅ TVÆRS AF KØRSELSRETNINGEN	20
4 Konklusioner	25
4.1 HOVEDKONKLUSION	25
4.2 SLAM	25
4.3 SPREDERE	25
5 Anerkendelser	26
6 Litteraturliste	27

Contents

Contents in Danish	3
Contents	4
Summary in Danish	5
Summary	6
1 Introduction	7
2 Materials and methods	7
2.1 SLUDGE TYPES	7
2.2 SPREADING EQUIPMENT	8
2.3 MEASURING METHODS AND DATA	10
2.3.1 Distribution along the direction of motion	10
2.3.2 Distribution across the direction of motion	10
3 Results and discussion	12
3.1 PROPERTIES TESTED OF APPLIED SLUDGE	12
3.2 DISTRIBUTION ALONG THE DIRECTION OF MOTION	13
3.3 DISTRIBUTION ACROSS THE DIRECTION OF MOTION	17
3.4 TOTAL DISTRIBUTION - COMBINATION OF DISTRIBUTION ALONG AND ACROSS THE DIRECTION OF MOTION	20
4 Conclusions	25
4.1 MAIN CONCLUSION	25
4.1 SLUDGE	25
4.3 SPREADERS	25
5 Acknowledgements	26
6 References	27

Sammendrag

Formålet med det gennemførte projekt har været at undersøge mulighederne for spredning af kommunalt spildevandsslam under hensyntagen til forskellige slamtyper og forskelligt spredeudstyr.

Undersøgelserne blev foretaget ved undersøgelse af fordelingen såvel på langs som på tværs af kørselsretningen for 4 repræsentative slamtyper samt for 10 spreder af forskelligt fabrikat og konstruktionsprincip.

Slamtyperne blev valgt efter tørstofindhold og afvandingsmetode. Tørstofindholdet varierede fra 16 til 30%. Afvandingsmetoderne var centrifugering og presning med sibåndspresse eller kammerfilterpresse.

Fordelingen på langs af kørselsretningen bestemtes stationært, idet den aftagende vægt af spredere og slam blev registreret hvert 10. sekund med henblik på at klarlægge det generelle tømningforløb. Fordelingen på tværs af kørselsretningen bestemtes ved udspreddning af slammet over $0,50 \times 0,50$ m store felter i en totalbredde på i alt 28 m. Sprededefeltet blev overkørt 8 gange, således at det målte sprederbillede svarede til et gennemsnitssprederbillede for hele læsset. Ved begge undersøgelser var den ønskede dosering 20 t/ha ved 12 m arbejdsbredde og en kørehastighed på 5 km/h.

Ved undersøgelse af spredjævnheden såvel på langs som på tværs blev variationskoefficienten beregnet, og værdien blev benyttet som målestok for det gennemførte arbejde. Variationskoefficienten under 15% anses for tilfredsstillende på lige fod med de krav, der stilles ved spredning af husdyr- og handelsgødning.

Resultaterne af undersøgelserne viser, at fordelingen på langs af kørselsretningen generelt er dårlig for både staldgødnings- og slamspreder, men fordelingen er stærkt afhængig af den slamkvalitet, der arbejdes med. For alle kombinationer af spreder og slamtyper med tørstofindhold under 20% viser undersøgelserne en generel tendens til, at doseringen fra sprederne er aftagende under tømningforløbet, idet doseringen i begyndelsen af tømningforløbet er 100-200% af gennemsnittet, mens den mod slutningen af tømningforløbet kun er 50%. For slamtyper med tørstofindhold over 20% er forskellene mindre, men her kan doseringen i stedet være påvirket af tilstopninger (brodannelse), så tømningforløbet bliver meget uensartet.

Fordelingen på tværs af kørselsretningen er efter modificering af udstyret generelt tilfredsstillende, og det er muligt at opnå en acceptabel arbejdsbredde. Ved starten af undersøgelserne viste arbejdet med tyndtflydende slamtyper, at slammet kunne trænge ud af maskinerne gennem utætheder og uden om spredeorganerne, hvorved fordelingsbilledet blev påvirket i uheldig retning.

Undersøgelserne har vist, at fordelingsjævnheden af spildevandsslam primært påvirkes af slamkvaliteten, og at der generelt er behov for opkoncentrering af slammet, så der opnås et tørstofindhold på mindst 25% og en homogen struktur, som muliggør en jævn dosering. Alternativt kan slammet fortyndes med vand og håndteres med udstyr, der benyttes ved udbringning af gylle.

Nøgleord: Spildevandsslam, spredning, slamtyper, spredertyper

Summary

The project was conducted with the object of studying the possibilities of spreading sewage waste when applying different types of sludge and different spreading techniques.

The tests included studies of the distribution along and across the direction of motion of four representative types of sludge and ten spreaders of different makes and principles of construction.

The sludge types were selected according to dry matter content and drainage methods. The dry matter content varied from 16 to 30%. The drainage methods consisted of centrifuging and pressing by means of a flat-belt separator or a plate filterpress.

The distribution along the direction of motion was determined for stationary arrangements where the decreasing spreader and sludge weights were registered every 10 seconds in order to clarify the general emptying process. The distribution across the direction of motion was determined by spreading the sludge over 0.50×0.50 m areas at a total width of 28 m. The spreading area was run over eight times, so that the recorded spreading pattern would correspond to the average spreading pattern of the entire load. For both studies the desired rate of application was 20 t/ha at a working width of 12 m and at a travelling speed of 5 km/h.

The coefficients of variation were calculated in both tests, and the findings were used as a criterion for the accomplished work. Coefficients of variation less than 15% are considered to be satisfactory on equal terms with the demands made on the spreading of farmyard manure and commercial fertilizer.

The results of the tests prove that, in general, the distribution along the direction of motion is poor, however strongly dependent on the quality of sludge in question. It was seen that for all combinations of spreaders and sludge types with a dry matter content less than 20%, the rate of application generally tended to decrease during the process of emptying. In the beginning of the process the rate of application was from 100 to 200% of the average, whereas towards the end it was only 50%. The differences were smaller for sludge types with a high dry matter content, but here the rate of application may be affected by cloggings (bridgings), resulting in a very irregular process of emptying.

After an alteration of the equipment, the average distribution across the direction of motion proved satisfactory, and an acceptable working width could be attained. At the beginning of the tests light-fluid sludge would leak from the machines unintentionally, which would affect the pattern of distribution unfavourably.

The tests showed that the primary factor influencing the distribution of sewage sludge was the sludge quality, and that there is a general need to upgrade the sludge to products with a minimum dry matter content of 25% and a homogenous structure which will permit an even rate of application.

Keywords: sewage sludge, spreading, sludge types, spreader types

1 Indledning

Anvendelse af kommunalt spildevandsslam på landbrugsarealer har i de seneste år været genstand for voldsom debat. Der har været diskussion, dels om slammets indhold af stoffer, der er uønskede i landbrugsproduktionen (tungmetaller, bakterier og miljøfremmede, organiske stoffer), dels om slammets spredbarhed samt om, hvorvidt det vil kunne ligestilles med andre gødningsstoffer, som traditionelt anvendes i landbruget.

Der findes i litteraturen en del materiale, der belyser effekten af slam anvendelse på landbrugsarealer, specielt med hensyn til langtidseffekt. Spredtegenskaber for slam synes ikke tidligere at

være undersøgt under laboratoriemæssige forhold i Danmark eller i udlandet, hvorfor belysning heraf har været projektets hovedformål.

Projektet er gennemført i 2 hovedfaser, idet der i efteråret 1994 blev gennemført undersøgelser for at konstatere, hvordan slam spredes i dag (fase 1), mens fase 2, gennemført i foråret 1995, havde til formål at vise, hvordan de pågældende slamtyper kan fordeles, hvis maskinerne optimeres teknisk og brugsmæssigt.

Undersøgelserne er gennemført ved Statens Husdyrbrugsforsøg, Forskningscenter Bygholm (FCB).

2 Materialer og metoder

2.1 SLAMTYPER

Undersøgelserne er gennemført med slamtyper, som anses for at være repræsentative for det slam, der i dag produceres i Danmark, og som for størstedelens vedkommende spredes i jordbruget. Det

slam, der blev anvendt i undersøgelserne, blev hentet fra 4 kommunale rensningsanlæg med forskellige behandlingssystemer. Slammets karakteristika fremgår af tabel 1.

Tabel 1 Oversigt over benyttede slamtyper fra 4 rensningsanlæg
Applied sludge types from four sewage disposal plants

Kommune <i>District</i>	Renseanlæg <i>Location of plant</i>	Stabiliserings- metode <i>Method of stabilization</i>	Afvandings- metode <i>Drainage method</i>	Opgivet tørstofindhold og konsistens <i>Quoted dry matter content and consistency</i>
Horsens	Horsens	Anaerob udrådnelse <i>Anaerobic digestion</i>	Centrifugering <i>Centrifuging</i>	20%, homogent <i>20%, homogenous</i>
Brædstrup	Brædstrup		Centrifugering <i>Centrifuging</i>	16%, homogent <i>16%, homogenous</i>
Silkeborg	Søholt	Kalkstabilisering <i>Lime stabilization</i>	Presning med sibåndspresse <i>Pressing with flat-belt separator</i>	30%, inhomogent ¹⁾ <i>30%, non-homogenous¹⁾</i>
Århus	Marselisborg	Langtidsluftning og anaerob udrådnelse <i>Long-term aeration and anaerobic di- gestion</i>	Presning med filterkammer- presse <i>Pressing with plate filter-press</i>	27-30%, homogent <i>27-30%, homogenous</i>

¹⁾ Ved inhomogen konsistens menes i denne forbindelse, at slammet fra sibåndspressen brækkes af i større eller mindre stykker, som i forbindelse med aflæsning kan give anledning til brodannelse
In this context "non-homogenous consistency" indicates that large or small pieces of sludge will break off from the flat-belt separator and may cause bridging during unloading

Slammet blev afhentet ved rensningsanlæggene på samme måde, som anvendes i praksis, ligesom det blev opbevaret i stakke efter forskrifter, der er givet i Slambekendtgørelsen (Miljøministeriet 1989) vedr. anvendelse af spildevandsslam. For 2 af slamtyperne var der forandringer i konsistensen fra efterår 1994 til forår 1995, grundet vejrpåvirkning samt produktionsændringer på rensningsanlæggene.

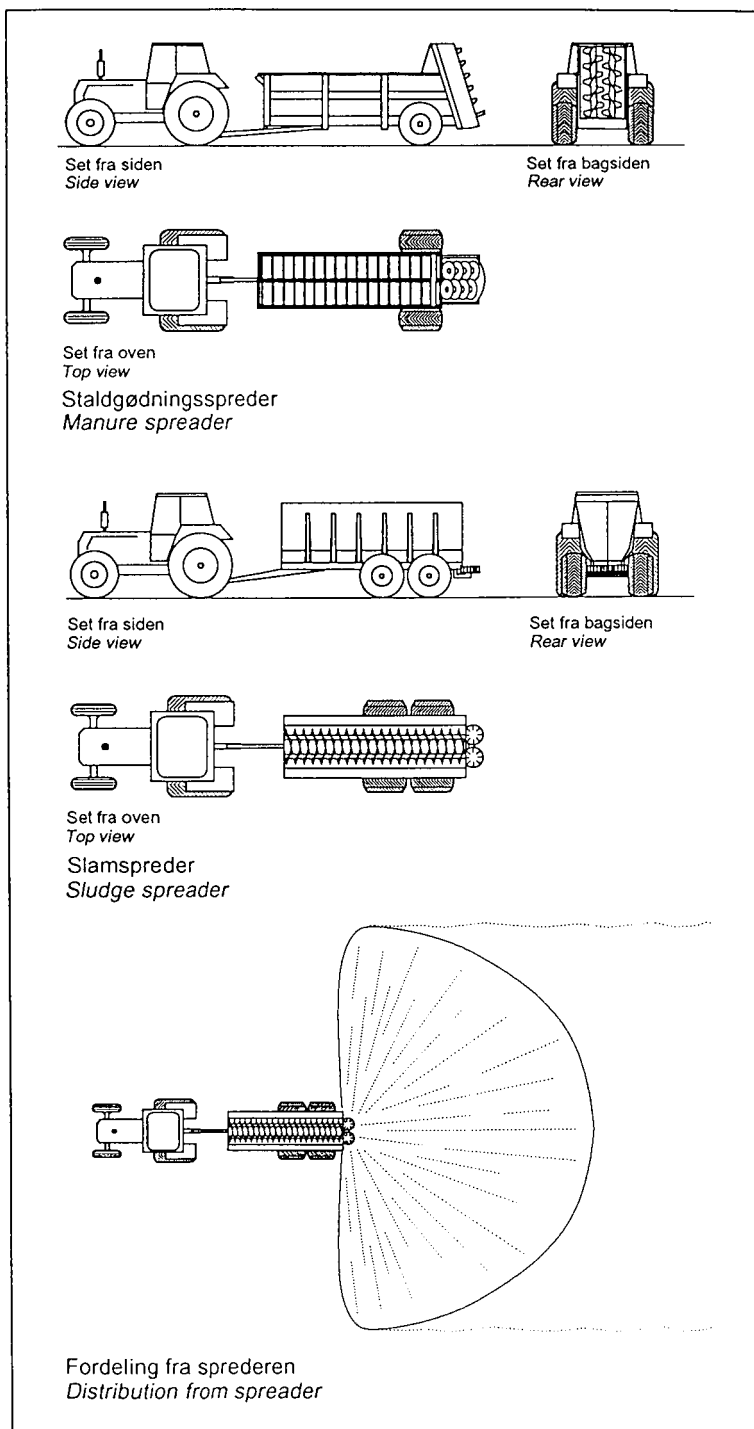
I forbindelse med afhentning og håndtering af slammet blev der gennemført analyser af slammet med hensyn til rumvægt og tørstofindhold.

2.2 SPREDEUDSTYR

Maskiner

De maskiner, der er benyttet i forbindelse med undersøgelserne, er primært typer, der aktuelt benyttes af maskinstationer landet over i forbindelse med spredning af slam. Udstyret er primært udlånt af spredrefabrikkerne og repræsenterer således det nyeste på markedet til det aktuelle formål.

De anvendte spredere kan primært kategoriseres i 2 grupper, nemlig egentlige slamspredere samt staldgødningsspredere, der er ændret med henblik på at kunne arbejde med slam. I figur 1 ses skematisk de forskellige spredertyper.



Figur 1 Principskitse af henholdsvis staldgødnings- og slamspreder
Schematic diagram of manure spreaders and sludge spreaders

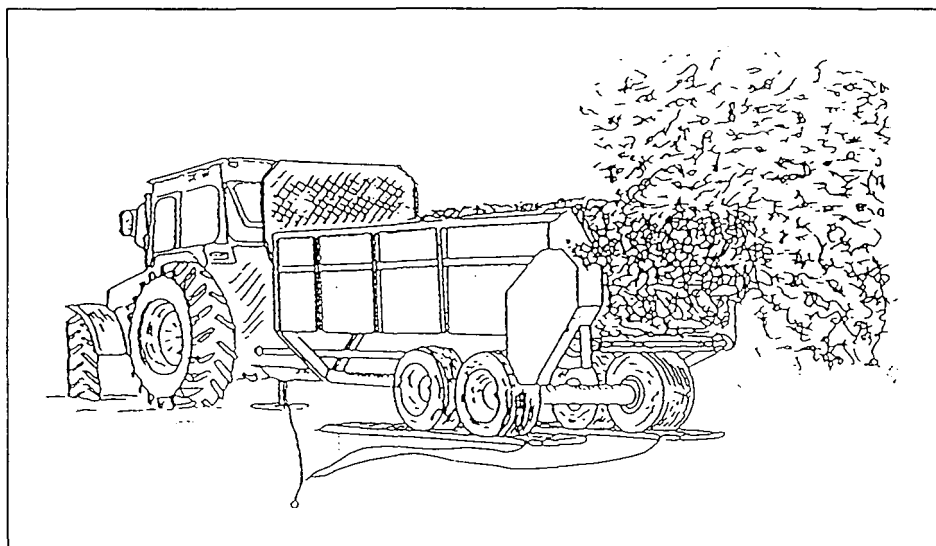
2.3 MÅLEMETODER OG OPGØRELSE

Undersøgelse af fordelingen på langs og på tværs af kørselsretningen er gennemført efter principper, angivet i CEN-standardforslag vedr. prøvningsmetoder for staldgødningsspredere.

2.3.1 Fordeling på langs af kørselsretningen

Fordelingen på langs af kørselsretningen blev undersøgt ved, at sprederen blev placeret på elektroniske platformvægte (maks. 5 stk.), således at tømningforløbet for et helt læs kunne registre-

res. Den udsprede mængde blev registreret hvert 10. sekund under spredning af et helt læs. Ved den valgte metode var det muligt at klarlægge det generelle tømningsforløb, men ikke specifikke variationer. Fastlæggelse af udsprede mængde, f.eks. hvert $\frac{1}{2}$ sekund, ville give anledning til væsentlige variationer, som i det store og hele ville være forårsaget af variationer i slammet eller uensartet fyldning af sprederen. Figur 2 viser det princip, hvorefter bestemmelsen af tømningsforløbet blev gennemført.



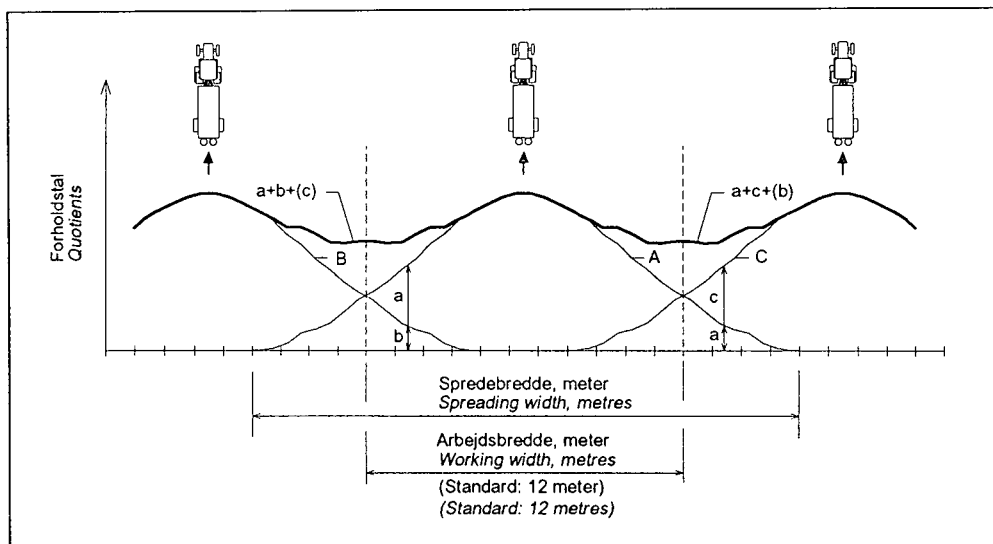
Figur 2 Metode for fastlæggelse af tømningsforløbet. Principskitse
Method of determining emptying process. Schematic diagram

2.3.2 Fordeling på tværs af kørselsretningen

Fastlæggelse af spredjævnheden på tværs af kørselsretningen er sket ved udspreddning af slammet på en betonbane ved FCB, hvor der har været udlagt eller opstillet en række opsamleplader eller -bakker på tværs af kørselsretningen. Opsamlepladerne eller -bakkerne, der har en dimension på $0,5 \times 0,5$ m, var i forbindelse med undersøgelserne placeret tæt ved siden af hinanden. Bredden af opsamlingsfeltet var 28 m. Fordelingen på tværs af kørselsretningen er blevet bestemt som det gennemsnitlige spredbillede ved spredning af et helt læs. Der er kørt hen over spredfeltet

8 gange, således at tilfældige variationer, f.eks. "klatter", har begrænset betydning for det endelige resultat. Efter spredning blev den udsprede masse bestemt for hvert felt ved vejning, og det gennemsnitlige fordelingsbillede på tværs af kørselsretningen blev beregnet ud fra den forudsætning, at spredningen sker ved kørsel rundt i marken.

På grundlag af det målte spredbillede er data blevet behandlet statistisk ved beregning af variationskoefficienten for arbejdsbredder fra 2 til 28 m.



Figur 3 Eksempel på spreddebillede på tværs af kørselsretningen med opbygning af spreddebilledet ved kørsel i samme retning over hele marken

Example of spreading pattern across the direction of motion. Spreading pattern created during motion of spreader in the same direction throughout the field

Ved vurdering af spreddeegenskaberne er der benyttet samme vurderingsskala som den, der benyttes ved bedømmelse af spreddeegenskaberne for handels- og husdyrgødningsspredere:

- 0 til < 5 % særdeles god
- 5 til < 10 % god
- 10 til < 15 % tilfredsstillende
- 15 til < 20 % ikke helt tilfredsstillende
- Over 20 % dårlig

Ved spredning af handelsgødning kan der under laboratoriemæssige forhold opnås variationskoefficienter under 10% ved arbejdsbredder op til 24 m, mens variationskoefficienten ved spredning af fast husdyrgødning er væsentligt højere (20-30%) ved mindre arbejdsbredder.

3 Resultater og diskussion

3.1 UNDERSØGTE EGENSKABER VED BENYTTET SLAM

De benyttede slamtyper er i forbindelse med levering eller anvendelse blevet undersøgt med hensyn til vægtfylde og tørstofindhold. De nævnte parametre benyttes i international sammenhæng i

forbindelse med karakterisering af tilsvarende "spildprodukter", som fordeles på jordbrugsarealer. Tabel 2 viser de aktuelle værdier for tørstofindhold og vægtfylde.

Tabel 2 Tørstofprocent og vægtfylde for benyttet slam

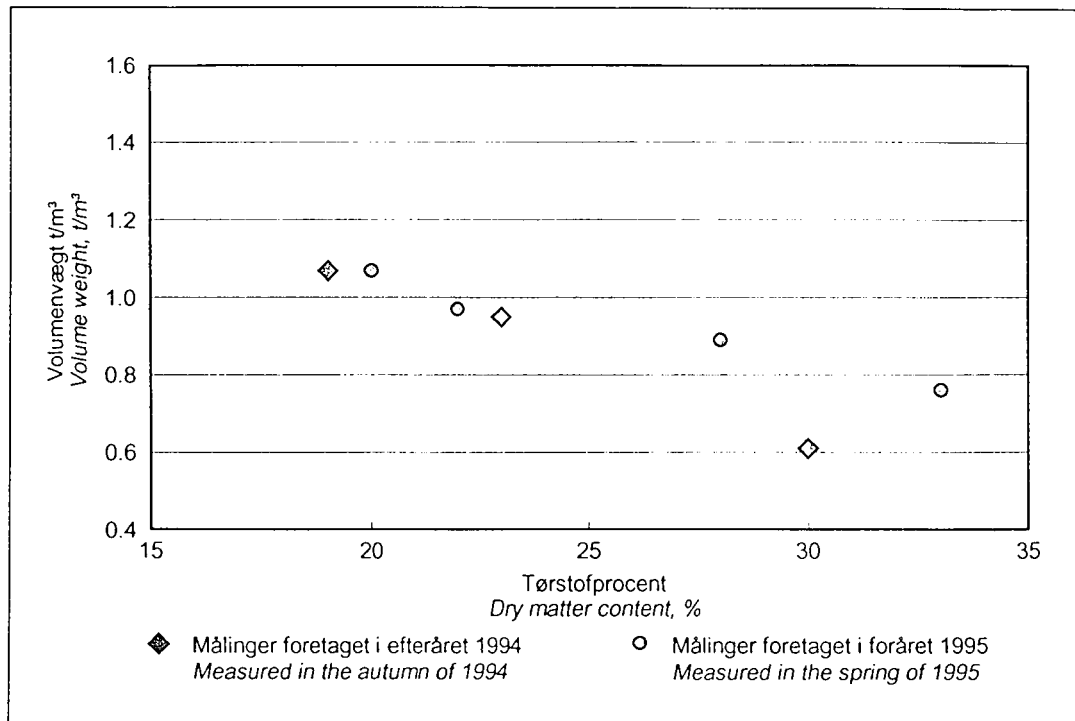
Dry matter percentage and specific gravity of applied sludge

Slam fra <i>Sludge from</i>	Projektfase 1, efterår 1994 <i>Project phase 1, autumn 1994</i>		Projektfase 2, forår 1995 <i>Project phase 2, spring 1995</i>	
	Tørstofindhold <i>Dry matter content</i> %	Vægtfylde ton/m ³ <i>Specific gravity</i> tonnes/m ³	Tørstofindhold <i>Dry matter content</i> %	Vægtfylde ¹⁾ ton/m ³ <i>Specific gravity¹⁾</i> tonnes/m ³
Horsens	19	1,07	22	0,97
Brædstrup	17		20	1,07
Silkeborg	30	0,61	33	0,76
Århus	23	0,95	28	0,89

¹⁾ Vægtfylde, beregnet ud fra vejedata fra tømningforsøg og skønnet effektivt ladvolumen
Specific gravity, calculations based on weighing data from emptying tests and estimated actual platform volume

Af figur 4 ses sammenhængen mellem tørstofprocent og volumenvægt. Denne sammenhæng vil dog i høj grad afhænge af afvandingsmetoden og dermed strukturen i slammet. Opbevaring af slam i markstakke, der til dato har været en almindeligt

benyttet opbevaringsmetode, har stor indflydelse på de ændringer, der kan ske i slammets konsistens. Afvanding af og/eller fordampning fra markstakke vil bevirke en ændring af tørstofprocenten og dermed også af spredeegenskaberne.



Figur 4 Sammenhæng mellem tørstofprocent (%) og volumenvægt (t/m^3), målt i forbindelse med projektet

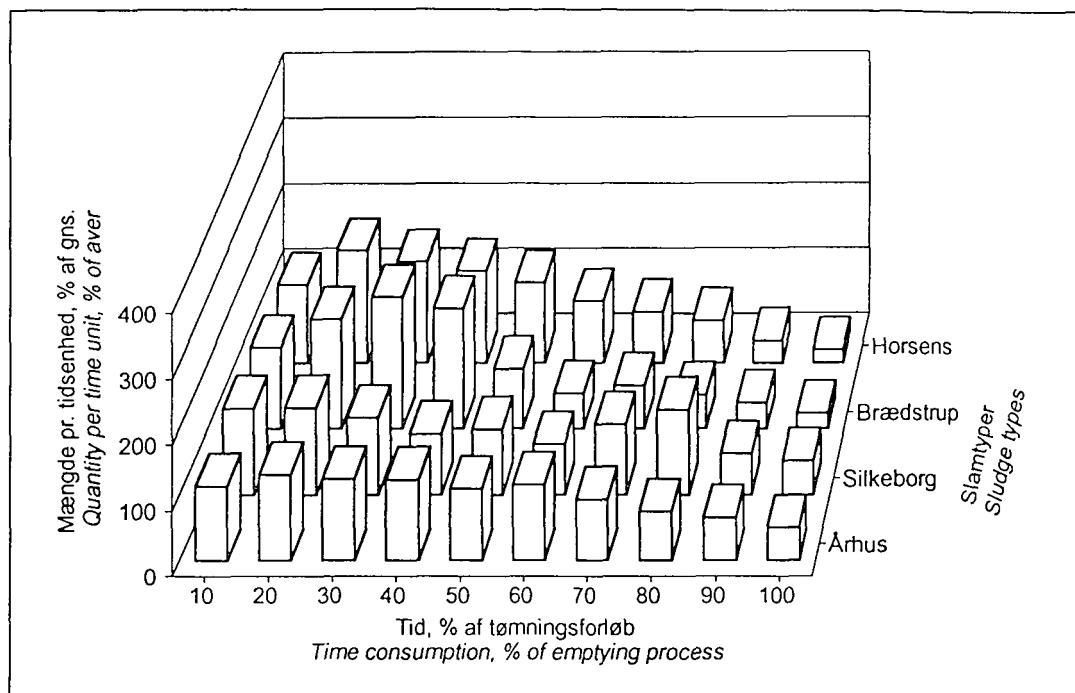
Correlation between dry matter content (%) and volume weight (t/m^3), project measurements

3.2 FORDELING PÅ LANGS AF KØRSELS-RETNINGEN

Undersøgelserne har, som tidligere nævnt, været opdelt i fastlæggelse af fordelingen på langs af kørselsretningen samt fordelingen på tværs af kørselsretningen.

Det var på forhånd ventet, at de egentlige slamspredere var i stand til at dosere slammet relativt jævnt på langs af kørselsretningen, idet doseringen sker ved snegle. Ved sammenligning af figur 5 og figur 6 fremgår det imidlertid, at tendensen for begge spredertyper er ens.

I projektfase 2 er det lykkedes at opnå et bedre tømningforløb, hvilket skyldes de forbedringer, fabrikkerne har gennemført, samt fabrikanternes øgede erfaringer med slammet. Generelt ses dog, at de "tynde" slamtyper er vanskelige at dosere. I praksis vil traktorføreren visuelt kunne følge tømningforløbet og vil kunne tilpasse hastigheden således, at der kan ske en vis kompensation for den nedgang i tømme kapaciteten, der er problemet ved "flydende" slamtyper.



Figur 5 Tømningsforløb for slamsprederne. Gennemsnit af alle fabrikater. Projektfase 1

Tidsforløbet er beregnet som procent af hele tømningen

Mængden er anført som forholdstal i forhold til gennemsnit

For de 4 slamtyper er variationskoefficienten i gennemsnit:

Slam fra Horsens: 50,9 %

Slam fra Brædstrup: 64,3 %

Slam fra Silkeborg: 28,8 %

Slam fra Århus: 27,6 %

Process of emptying sludge spreaders. Average for all makes. Project phase 1

Time calculated in percent of entire emptying process

Quantities quoted as quotients in proportion to average

Coefficients of variation of the four sludge types quoted as average:

Sludge from Horsens: 50.9 %

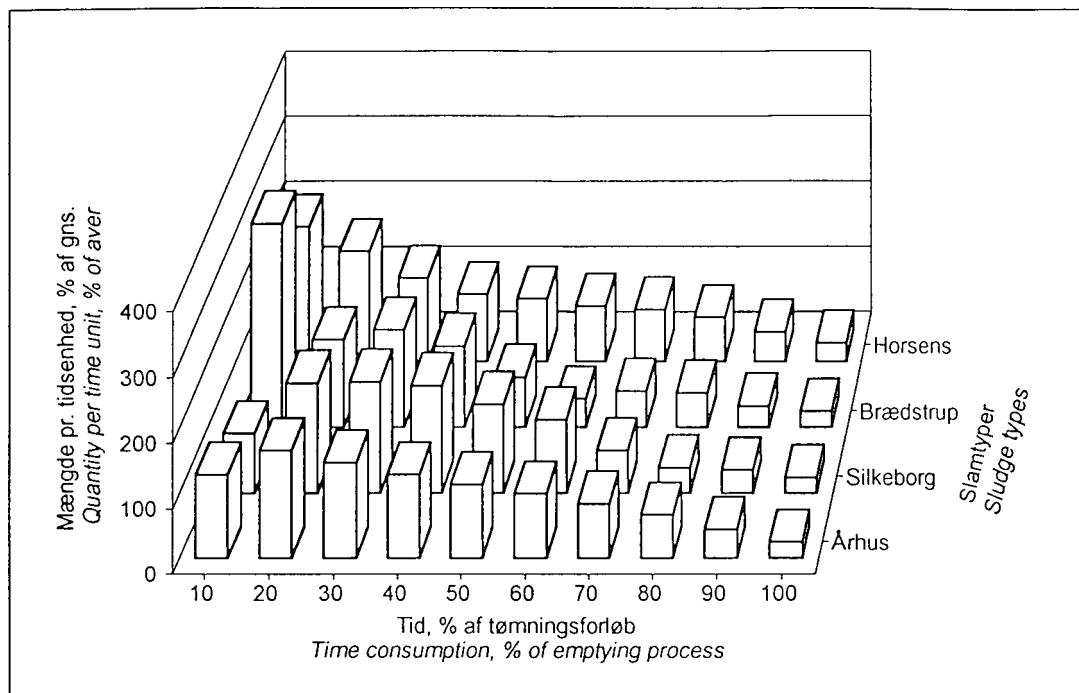
Sludge from Brædstrup: 64.3 %

Sludge from Silkeborg: 28.8 %

Sludge from Århus: 27.6 %

Tabel 3 Spredjævnhed på langs af kørselsretningen. Variationskoefficient (%)
Slamspredere. Projektfase 2
 Spreading evenness along the direction of motion. Coefficients of variation (%)
 Sludge spreaders. Project phase 2

Slam fra <i>Sludge from</i>	Tørstofindhold % <i>Dry matter content, %</i>	Variationskoefficient <i>Coefficients of variation</i>		
		Gns. <i>Aver.</i>	Min. <i>Min.</i>	Maks. <i>Max.</i>
Horsens	22	35,3	9,1	54,6
Brædstrup	20	64,0	39,1	80,3
Silkeborg	33	41,0	24,4	63,0
Århus	28	53,5	14,4	97,1



Figur 6 Tømningensforløb for staldgødningssprederne. Gennemsnit af alle fabrikater. Projekt fase 1
Tidsforløbet er beregnet som procent af hele tømningen
Mængden er anført som forholdstal i forhold til gennemsnit
For de 4 slamtyper er variationskoefficienten i gennemsnit:

Slam fra Horsens: 54,4 %
Slam fra Brædstrup: 86,0 %
Slam fra Silkeborg: 57,5 %
Slam fra Århus: 45,0 %

Process of emptying manure spreaders. Average for all makes. Project phase 1
 Time calculated in percent of entire emptying process
 Quantities quoted as quotients in proportion to average
 Coefficients of variation of the four sludge types quoted as average:

Sludge from Horsens: 54.4 %
 Sludge from Brædstrup: 86.0 %
 Sludge from Silkeborg: 57.5 %
 Sludge from Århus: 45.0 %

Tabel 4 Variationskoefficienter på langs af kørselsretningen
Staldgødningsspredere. Projektfase 2
Coefficients of variation along the direction of motion
Manure spreaders. Project phase 2

Slam fra <i>Sludge from</i>	Tørstofindhold % <i>Dry matter content, %</i>	Variationskoefficient, % <i>Coefficient of variation, %</i>		
		Gns. <i>Aver.</i>	Min. <i>Min.</i>	Maks. <i>Max.</i>
Horsens	22	28,4	21,3	40,4
Brædstrup	20	97,1	—	—
Silkeborg	33	49,5	24,5	81,7
Århus	28	47,7	11,2	121,0

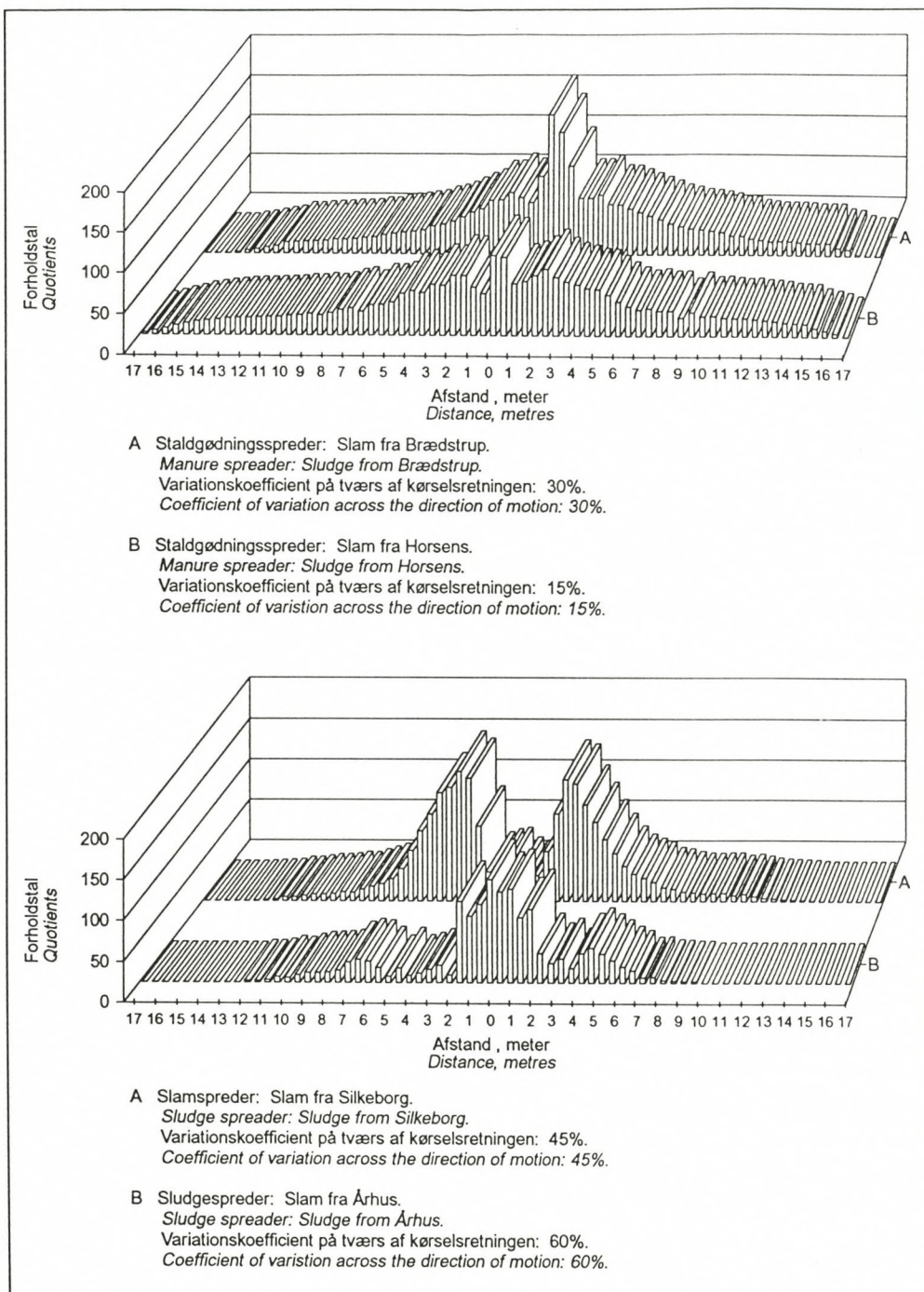
3.3 FORDELING PÅ TVÆRS AF KØRSELS- RETNINGEN

Fordelingen på tværs af kørselsretningen er påvirket af flere faktorer, dels maskinen (spredeorgan og beholdertæthed), dels de faktiske muligheder for at styre slammet til spredeorganerne.

Resultaterne fra projektfase 1 viser store forskelle i spredejævnheden på tværs af kørselsretningen, dels på grund af spredeudstyrets udformning, dels på grund af forstyrrelse fra "slamklatter", der falder ukontrolleret af under spredningen. Disse klatter kommer enten fra beholderne, fordi tæt-

ningen omkring f.eks. bundkæder er mangelfuld, eller fra spredeorganerne, hvor slammet ikke styres korrekt og ikke spredes effektivt af sprede-skiverne/-valserne.

Figur 7 viser eksempler på fordelingsbilleder på tværs af kørselsretningen fra undersøgelserne i efteråret 1994, hvor spredebilledet er påvirket, dels af dårlig spredning fra spredeorganet, dels af slamklatter, der falder ukontrolleret ned fra vognen.



Figur 7 Fordelingsbilleder på tværs af kørselsretningen. Gennemsnit af 8 overkørsler. Projektfase 1

Distribution patterns across the direction of motion. Project phase 1. Average of 8 runs

Resultaterne af undersøgelserne i foråret 1995 (projektfase 2) viser forbedringer med hensyn til spredjævnheden på tværs af kørselsretningen. Det øgede kendskab til det slam, der spredes, har givet firmaerne mulighed for at finde en bedre indstilling, ligesom tekniske ændringer på udstyret har været medvirkende til en bedre fordeling.

Vedrørende fordelingen på tværs af kørselsretningen kan det konstateres, at det er muligt at opnå en god eller tilfredsstillende fordeling. Resultatet afhænger imidlertid af kombinationen af slam, udstyr og den valgte indstilling af maskinen. De opnåede resultater fremgår af tabel 5 og 6.

Tabel 5 Spredjævnhed på tværs af kørselsretningen
Gennemsnit for alle slamspredere. Variationskoefficient (%). Projektfase 2
 Spreading evenness across the direction of motion
 Average for all sludge spreaders. Coefficients of variation (%). Project phase 2

Slam fra <i>Sludge from</i>	Tørstofindhold % <i>Dry matter content, %</i>	Variationskoefficient <i>Coefficients of variation</i>		
		Gns. <i>Aver.</i>	Min. <i>Min.</i>	Maks. <i>Max.</i>
Horsens	22	36,3	15	93,7
Brædstrup	20	18,8	6	27,9
Silkeborg	33	34,7	17,8	64,8
Århus	28	37,6	21	68,7

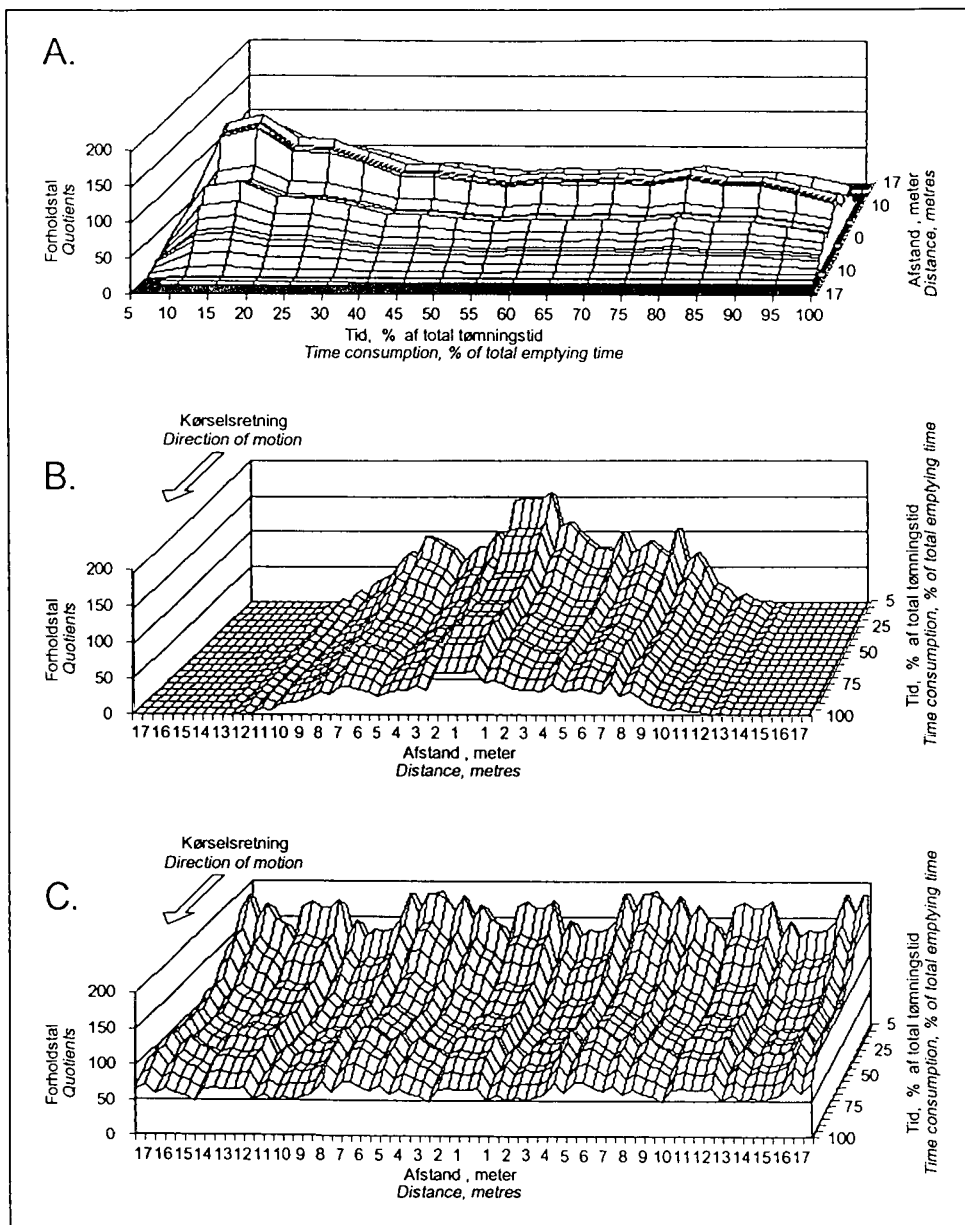
Tabel 6 Variationskoefficienter på tværs af kørselsretningen
Staldgødningsspredere. Projektfase 2
 Spreading evenness across the direction of motion
 Average for all manure spreaders. Coefficients of variation (%). Project phase 2

Slam fra <i>Sludge from</i>	Tørstofindhold % <i>Dry matter content, %</i>	Variationskoefficient <i>Coefficients of variation</i>		
		Gns. <i>Aver.</i>	Min. <i>Min.</i>	Maks. <i>Max.</i>
Horsens	22	21,0	12,3	38,7
Brædstrup	20	21,4	—	—
Silkeborg	33	18,9	8,7	33,5
Århus	28	19,1	11,8	25,3

3.4 TOTAL FORDELING - KOMBINATION AF FORDELINGEN PÅ LANGS OG PÅ TVÆRS AF KØRSELSRETNINGEN

Resultatet af det endelige stykke arbejde, som udføres i marken, vil være en kombination af fordelingen på langs og på tværs af kørselsretningen. For at få et overblik over det totale spre-

debillede er der for enkelte sprederesultater foretaget en beregning af denne fordeling. Resultaterne ses i figur 8-11, som er eksempler på såvel den tværgående som den langsgående fordelings indflydelse på den totale fordeling. De viste resultater er blandt de bedste, der er opnået i forbindelse med undersøgelserne.



Figur 8 Eksempel på total fordeling for slam fra Horsens. Staldgødningsspreder

A: Total fordeling, set på langs af kørselsretningen. 1 enkelttræk

B: Total fordeling, set på tværs af kørselsretningen. 1 enkelttræk

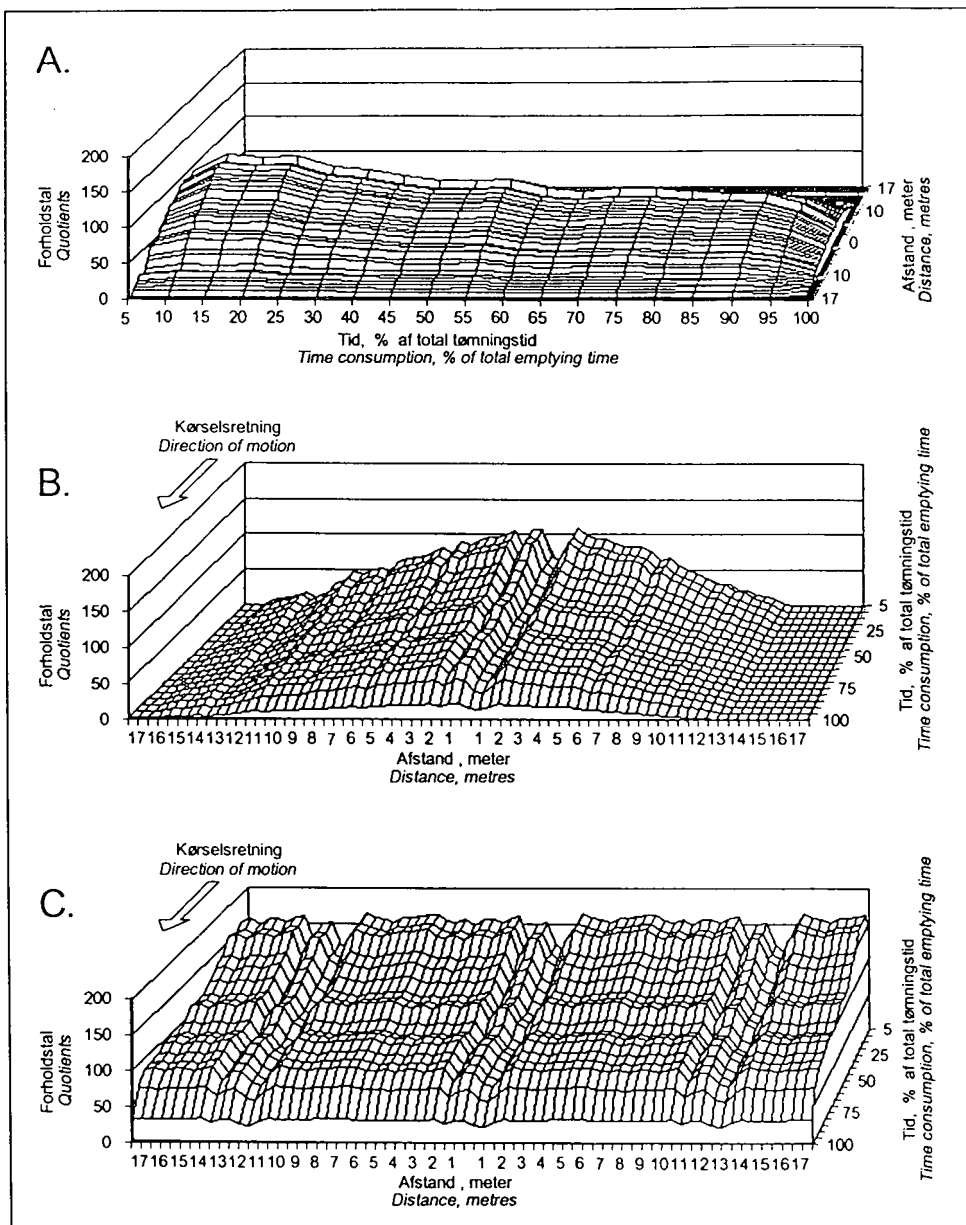
C: Total fordeling, set på tværs af kørselsretningen. 3 træk ved siden af hinanden

Example of total distribution of sludge from Horsens. Manure spreader

A: Distribution along the direction of motion, 1 run

B: Distribution across the direction of motion, 1 run

C: Distribution across the direction of motion, 3 runs side by side



Figur 9 Eksempel på total fordeling for slam fra Brædstrup. Slamspreder

A: Total fordeling, set på langs af kørselsretningen. 1 enkelttræk

B: Total fordeling, set på tværs af kørselsretningen. 1 enkelttræk

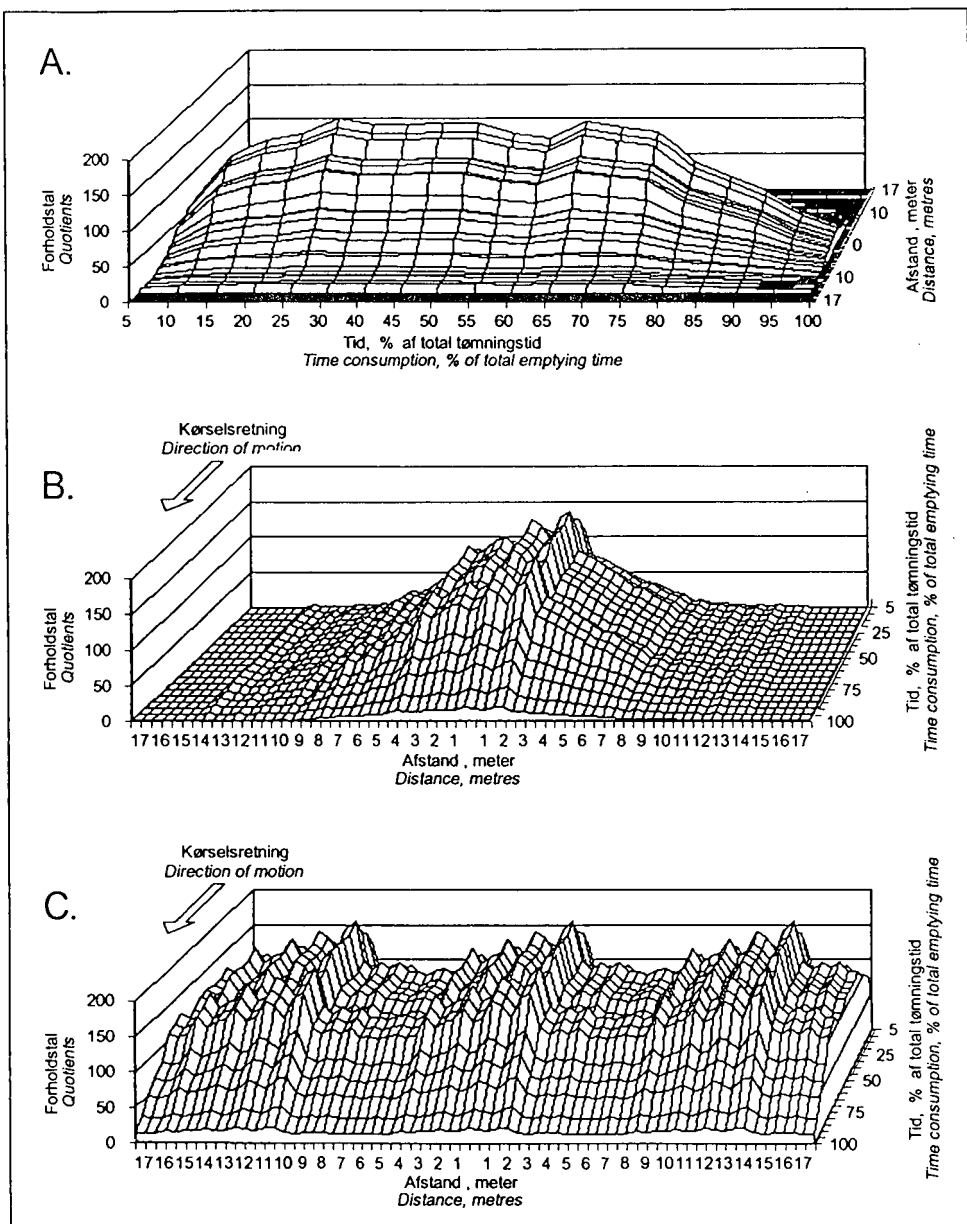
C: Total fordeling, set på tværs af kørselsretningen. 3 træk ved siden af hinanden

Example of total distribution of sludge from Brædstrup. Sludge spreader

A: Distribution along the direction of motion, 1 run

B: Distribution across the direction of motion, 1 run

C: Distribution across the direction of motion, 3 runs side by side

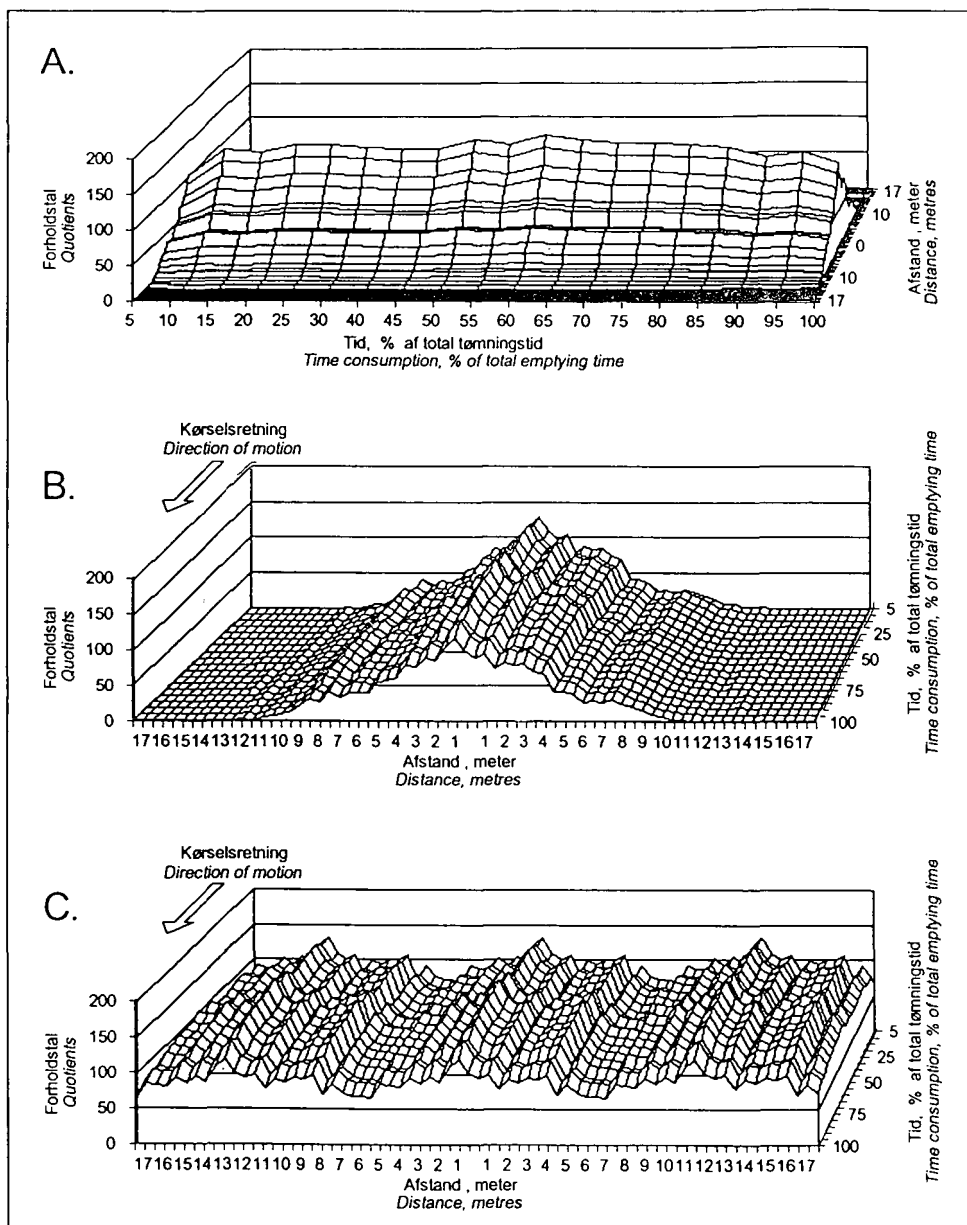


Figur 10 Eksempel på total fordeling for slam fra Silkeborg. Staldgødningsspreder

- A:** Total fordeling, set på langs af kørselsretningen. 1 enkelttræk
B: Total fordeling, set på tværs af kørselsretningen. 1 enkelttræk
C: Total fordeling, set på tværs af kørselsretningen. 3 træk ved siden af hinanden

Example of total distribution of sludge from Silkeborg. Manure spreader

- A:** Distribution along the direction of motion, 1 run
B: Distribution across the direction of motion, 1 run
C: Distribution across the direction of motion, 3 runs side by side



Figur 11 Eksempel på total fordeling for slam fra Århus. Staldgødningsspreder

A: Total fordeling, set på langs af kørselsretningen. 1 enkelttræk

B: Total fordeling, set på tværs af kørselsretningen. 1 enkelttræk

C: Total fordeling, set på tværs af kørselsretningen. 3 træk ved siden af hinanden

Example of total distribution of sludge from Århus. Manure spreader

A: Distribution along the direction of motion, 1 run

B: Distribution across the direction of motion, 1 run

C: Distribution across the direction of motion, 3 runs side by side

4 Konklusioner

4.1 HOVEDKONKLUSION

Med baggrund i de gennemførte undersøgelser kan det konkluderes, at det generelt er vanskeligt at opnå en jævn fordeling af spildevandsslam ved spredning af de slamtyper, der er benyttet i forbindelse med det gennemførte projekt. I forbindelse med projektet er der sket forbedringer af flere spredrefabrikater, hvilket har bevirket, at fordelingen på tværs af kørselsretningen er blevet forbedret.

4.2 SLAM

Fordelingen på langs af kørselsretningen er stærkt afhængig af slamkonsistensen. Ændringer i slamkvaliteterne vil derfor kunne forbedre den totale fordelingsjævnhed

- Slamtyper med tørstofindhold op til ca. 20% kan betragtes som væsker og er meget vanskelige at dosere fra beholdere, hvor materialet doseres ud i bunden. Doseringen kan i det første minut efter spredningens påbegyndelse generelt være 3-4 gange højere end ved spredningens afslutning.
- Slamtyper med tørstofindhold op til 25% bør spredes med lukkede spredere, dvs. egentlige slamspredere eller staldgødningsspredere, som er specielt tætnet til formålet, idet tyndt-flydende slam let trænger ud af vognlad med selv små åbninger (f.eks. ved bundkæder etc.).
- Slamtyper med tørstofindhold over 25% og med en meget grov struktur (kalkstabiliseret/sibåndspresst - store partikler) lader sig kun vanskeligt dosere, idet der er risiko for brodannelse i læsset.

- I kommunerne bør der med henblik på fremstilling af håndterbare slamtyper ske ændringer i de processer, der benyttes ved fremstilling af slam. Hvilken kvalitet, der specifikt bør arbejdes hen imod, kan ikke defineres ud fra de gennemførte undersøgelser, men det synes klart, at tørstofprocenter over 25 bør tilstræbes, ligesom materialet bør struktureres, så der kan ske en volumenmæssigt ensartet dosering. Alternativt bør slammet fortyndes til en pumpbar væske, som kan spredes med kendt teknik på lignende måde som gylle.

4.3 SPREDERE

- For hovedparten af de prøvede spredere gælder, at der af fabrikanten bør ske en klar afgrænsning af, hvilke slamtyper de forskellige spredere er egnede til, specielt med henblik på en jævn dosering på langs af kørselsretningen.
- Med henblik på spredning af "tynde" slamtyper bør maskinerne tætnes, så der kun kan komme slam ud af beholderen gennem doserings-/spredesystemet.
- Doseringssystemet bør, især ved staldgødningsspredere, udvikles med henblik på at opnå bedre doseringsegenskaber ved "flydende" slamtyper (under 25% tørstof) og slamtyper, stabiliseret med polymer.
- Spredeskiverne bør have en stor diameter, så der sikres et bredt sprederbillede, som er mindre følsomt over for afvigelse i køreafstanden.

5 Anerkendelser

Styregruppen, bestående af Bente Andersen, Landbrugets Rådgivningscenter, Jens J. Høy, Landbrugets Rådgivningscenter, Vagn Johansen, Hede-selskabet, Mogens Kjeldal, Landsforeningen Danske Maskinstationer, samt Niels Bie, Niels Bie's

Maskinstation takkes for deres aktive deltagelse i planlægning og styring af projektet. Desuden takkes maskinfabrikanter, kommuner og slamleve-randører, som har bidraget til projektets gennem-førelse.

6 Litteraturliste

- CEN/TC 144/WG 3/AH 3, Manure spreaders - Specifications for the environmental safety. Spreaders for solid manure (Proposals). Part 1: Requirements. Part 3: Test methods.
- Malgeryd, J., Wetterberg, C. & Rohde, L., 1993. Stallgödselns fysikaliska egenskaper. JTI-rapport 166. Uppsala, Sverige.
- Malm, P., 1994. Utvärdering av karakteriseringsmetoder för stallgödsel. JTI-rapport 173. Uppsala, Sverige.
- Miljøministeriet, 1989. Bekendtgørelse om anvendelse af slam, spildevand og kompost m.v. til jordbrugsformål. Bekendtgørelse nr. 736 af 26. oktober 1989.
- Technique and Methods for the Type-testing of Fertilizer and Manure Spreaders, 1994. TYP-93 Final Report. Uppsala, Sverige.

50,- kr.