

28 JUNI 1989

Årlig og periodisk tilførsel af kvæggødning i sædskifte.
Mark- og lysimeterforsøg.

Udbytte, udvaskning og balancer for næringsstoffer samt
jordbundsforhold.

Yearly and periodic supply of cattle slurry or solid cattle
manure in a crop rotation.

Field and lysimeter experiments.

Crop yields, nutrients and leaching and soil conditions.

K. E. Larsen og V. Kjellerup
Afdeling for Landbrugsplanternes Ernæring
Askov, Vejen

Statens Planteværnscenter
Sekretariatet
Lottenborgvej 2
2800 Lyngby

Tidsskrift for Planteavl's Specialserie



Statens
Planteavl'sforsøg

Beretning nr. S 1979 - 1989

Årlig og periodisk tilførsel af kvæggødning i sædskifte.

Mark- og lysimeterforsøg.

Udbytte, udvaskning og balancer for næringsstoffer samt jordbundsforhold.

Yearly and periodic supply of cattle slurry or solid cattle manure in a crop rotation.

Field and lysimeter experiments.

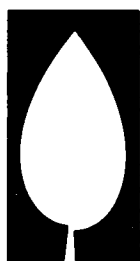
Crop yields, nutrients and leaching and soil conditions.

K. E. Larsen og V. Kjellerup

Afdeling for Landbrugsplanternes Ernæring

Askov, Vejen

Tidsskrift for Planteavls Specialserie



Statens
Planteavlsforsøg

Beretning nr. S 1979 - 1989

INDHOLD

	Side
1. RESUME	5
2. SUMMARY	7
3. INDLEDNING, INTRODUCTION	9
4. MARKFORSØG, FIELD EXPERIMENTS	10
4.1 Forsøgenes gennemførelse, <i>Experimental</i>	10
4.2 Resultater, <i>Results</i>	15
4.2.1 Kvæggødning til forskellige afgrøder, <i>Cattle manure to various crops</i>	15
4.2.2 Kvæggødning i sædskiftet, <i>Cattle manure</i> <i>in crop rotation</i>	23
4.3 Tilførsel og bortførsel af næringsstoffer, <i>Supply</i> <i>and removal of nutrients</i>	26
4.4 Næringsstofbalancer for sædskifter, <i>Nutrient balances</i> <i>for crop rotation</i>	42
4.5 Diskussion, <i>Discussion</i>	46
5. LYSIMETERFORSØG, <i>LYSIMETER EXPERIMENTS</i>	48
5.1 Forsøgets gennemførelse, <i>Experimental</i>	48
5.2 Resultater, <i>Results</i>	53
5.2.1 Udbytter, <i>Yields</i>	53
5.2.2 Næringsstofudvaskning, <i>Leaching losses of nutrients</i>	57
5.2.2.1 Kvælstof, <i>Nitrogen</i>	58
5.2.2.2 Fosfor og kalium, <i>Phosphorus and potassium</i>	63
5.2.2.3 Andre næringsstoffer, <i>Other nutrients</i>	64
5.3 Næringsstofbalancer, <i>Nutrient balances</i>	65
5.3.1 Balancer for de enkelte afgrøder, <i>Balances for</i> <i>individual crops</i>	65
5.3.2 Balance for sædskifte, <i>Balance for crop rotation</i>	72
5.3.3 Kvælstofbalance for perioden 1974-83, <i>Nitrogen balance</i> <i>for periodic 1974-83</i>	75
5.4 Diskussion, <i>Discussion</i>	77

6. JORDBUNDSUNDERSØGELSER, <i>SOIL STUDIES</i>	79
6.1 Jordfysiske parametre, <i>Physical conditions</i>	79
6.2 Jordbundstal i markforsøg, <i>Soil indices in field experiments</i>	81
6.3 Kulstofindhold, <i>Content of carbon</i>	87
6.4 Jordens mikrobielle biomasse, <i>Soil microbial biomass</i>	88
6.5 Denitrifikation, <i>Denitrification</i>	90
6.6 Regnorme, <i>Earthworms</i>	92
7. SAMMENDRAG, <i>DANISH SUMMARY</i>	95
8. LITTERATUR, <i>LITERATURE</i>	98

1. RESUME

Årlig tilførsel af moderate mængder kvæggødning (gylle eller fast gødning) blev sammenlignet med større mængder gødning anvendt med års mellemrum. Sammenligningen blev gennemført i fastliggende mark- og lysimeterforsøg på ler- og sandjord ved anvendelse af et 4-markssædskifte med roer, vårbyg, forårsudlagt ital. rajgræs (majs på sandjord) og vårbyg. Resultaterne omfatter 12 års markforsøg (3 sædskifterotationer) og 10 års lysimeterforsøg.

Årlig tilførsel af moderate mængder kvæggødning gav på lerjord større udbytte end den dobbelte eller firdobbelte mængde hvert 2. eller 4. år. På sandjord blev der ved samlet anvendelse af 100 t gødning pr. ha over en 4 årig periode opnået bedst virkning ved udbringning af hele gødningsmængden ad en gang til roeafgrøden i sædskiftet. Ved anvendelse af mere end 100 t/ha i sædskiftet på sandjord gav en deling af gødningstilførslen større udbytter.

Forskellen mellem tilført og optaget N viste, at der efter årlig tilførsel af 100 t gødning pr. ha over en årrække blev efterladt en betydelig kvælstofmængde, især ved anvendelse af fast gødning.

Efter årlig tilførsel af 25 t gylle pr. ha var der balance mellem tilført og optaget fosfor. Samme mængde fast gødning gav en gennemsnitlig overskudstilførsel på 30 kg P pr. ha pr. år.

Afgrødernes bortførsel af kalium var dækket ind ved tilførsel af 25 t gylle eller fast gødning pr. ha til byg, 50 t til majs, mens 100 t pr. ha var nødvendig for at opveje roe- og græsafgrødernes bortførsel af kalium.

Tilførsel af Na, Mg, Mn, Cu og Zn med 25 t kvæggødning pr. ha dækkede afgrødernes behov med undtagelse af Na til bederoer. Bederoerne fjernede mere Na end tilført med 100 t gødning pr. ha.

Udvaskning af plantenæringsstoffer blev målt i lysimeterforsøg.

Kvælstofudvaskning efter anvendelse af husdyrgødning var stærkt afhængig af, til hvilken afgrøde gødningen blev udbragt. Udvaskningen var størst efter byg, mindre efter roer og mindst efter græs.

Udvaskningen af kvælstof efter anvendelse af handelsgødning var mindre end efter anvendelse af kvæggødning indeholdende tilsvarende mængder total-kvælstof. Der var ikke større forskel i kvælstofudvaskningen efter anvendelse af gylle og fast gødning. Udvaskningen på ler- og sandjord var stort set ens.

Udvaskningen af fosfor var mindre end 300 g pr. ha uanset tilførte mængder gødning og gødningstyper.

Kaliumudvaskningen var større på sandjord end på lerjord, men var den samme for husdyr- og handelsgødning og efter forskellige afgrøder.

Årlig anvendelse af fast gødning medførte på lerjord en væsentlig forøgelse af stabile aggregater i jorden, et større porevolumen, og gav anledning til en større mikrobiel biomasse.

Tilførsel af kvæggødning øgede antallet af regnorme i forhold til anvendelse af handelsgødning. Artssammensætningen var forskellig efter gylle og fast gødning. Vådvægten af regnorme blev ikke påvirket i samme grad.

Jordbundsanalyser viste, at de anvendte årlige mængder fast gødning gav en betydelig stigning i fosforsyretilfældene. Tilførsel af 50 t pr. ha husdyrgødning og derover resulterede i en forøgelse af jordens kalium og magnesiumindhold.

Nøgleord: Kvæggylle, fast kvæggødning, årlig og periodisk tilførsel i sædskifte, næringsstoffoptagelse, næringsstoffudvaskning, næringsstoffbalancer, jordbundsforhold, regnormepopulation, markforsøg, lysimeterforsøg.

2. SUMMARY

Field and lysimeter experiments were carried out during 1973-1985 at Askov and Lundgaard Experimental Stations to compare the supply and removal of plant nutrients following the applications of moderate and heavy dressings of cattle slurry and solid cattle manure in a crop rotation. The treatments included 25, 50 and 100 t manure per ha applied every year and higher doses applied every second or every fourth year to sandy loam and coarse sand soil.

The cropping sequence was beet roots, spring barley, Ital. ryegrass established in spring (maize on the coarse sand) and spring barley. The results include 12 years of field and 10 years of lysimeter experimentation.

The highest yield (crop rotation average) on coarse sand soil was obtained by using 100 t manure per ha given as a single dressing to beet roots. When more than 100 t was used, split applications produced higher yields than single applications. On sandy loam soil, an annual application of moderate quantities of manure was better than heavier dressings applied every second or every fourth year.

Based on the wet weight of the manure, slurry produced higher yields in beet and spring barley than did solid manure. When compared on the basis of ammonium content, slurry and solid manure were equally effective in terms of yield increases.

The difference between the amount of nitrogen applied to, and removed by, the crops demonstrated that 100 t cattle manure per ha caused a surplus of nitrogen, in particular when solid manure was applied.

Balance between applied and removed phosphorus was achieved with an annual application of 25 t of slurry per ha, whereas the equivalent dressing of solid manure produced a surplus of 30 kg P per ha per year.

Potassium uptake was met when 25 t of manure was applied to spring barley, whereas 50 t was needed for maize and 100 t per ha for beets and grass crops.

The amounts of Na, Mg, Mn, Cu and Zn applied with 25 t of cattle manure exceeded crop requirements except for the sodium demand of beets. Beets removed more Na than was applied with 100 t manure per ha.

Lysimeter experiments demonstrated that the leaching of nitrogen was less after mineral fertilizer than after equivalent amounts of mineral-N given in cattle slurry or solid cattle manure. The nitrogen leaching was greatest after spring barley, less after beets and least after grass.

Leaching of phosphorus was less than 300 g per ha, irrespective of type and amounts of fertilizer applied. Potassium leaching was larger on coarse sand than on sandy loam but similar after different crops.

Previous studies in the field experiments on the sandy loam demonstrated that solid manure caused a significant increase in the content of aggregate stability, a larger soil pore volume and resulted in a higher microbial biomass compared to mineral fertilizer.

Studies on earthworms populations showed that application of farmyard manure gave higher numbers of worms than mineral fertilizer. The use of slurry had negative effect on *A. longa* and *L. terrestris*.

Yearly application of solid cattle manure to the same field in 12 year caused an increase of the P-content in the soil. Use of 50 t manure per ha or more resulted in an increase of the K-content and a higher Mg level.

Key words: Cattle slurry, solid cattle manure, yearly and periodic supply in crop rotation, nutrients uptake, leaching of nutrients, nutrients balance, soil investigation, earthworms population, field experiments, lysimeter experiments.

3. INDLEDNING

Landbrugets specialisering med koncentration af husdyrholdet på færre, men større enheder har medført ændrede driftsformer og har åbnet for nye perspektiver i relation til en gødskningsmæssig korrekt anvendelse af husdyrgødningen.

Højtydende afgrøder med stort næringsstofbehov og lang vækstperiode som rodfrugtafgrøder og majs udnytter husdyrgødningen bedst.

Med stort husdyrhold i forhold til jordtilliggende, samt i landbrug hvor driften er baseret på svinehold og kornavl, anvendes husdyrgødning imidlertid også til afgrøder med forholdsvis kort vækstperiode som f.eks. korn.

Med det formål at belyse virkningen af årlig tilførsel af kvæggødning til forskellige afgrøder sammenholdt med større mængder gødning med års mellemrum, etableredes i 1973 ved Askov og i 1974 ved Lundgård fastliggende markforsøg med gylle og fast gødning.

I 1974 anlagdes desuden ved Askov forsøgsstation lysimeterforsøg med sand- og lerjord efter samme forsøgsplan som markforsøget. Formålet var at belyse såvel optagelse i afgrøden som udvaskning af plantenæringsstoffer efter anvendelse af stigende gødningsmængder.

I lysimeterforsøg opsamles hele den gennemsnitlige vandmængde og den samlede næringsstofudvaskning fra rodzonen kan derfor bestemmes.

Forsøgene er gennemført i et 4-marks sædskifte. Resultater fra markforsøgene af de 4 første forsøgsår er tidligere publiceret af Nemming (1978). Resultater fra både mark- og lysimeterforsøg er publiceret af Nemming (1977) og Kofoed og Nemming (1980).

Nærværende beretning redegør for resultaterne af 12 års markforsøg (3 sædskifterotationer) og 10 års lysimeterforsøg.

Undersøgelserne har været støttet af Landbrugets Samråd for forskning og forsøg i forbindelse med "De 11 forskningsprogrammer" under programområde nr. 5: "Håndtering og undersøgelse af affaldstoffer i jordbruget".

4. MARKFORSØG

4.1 Forsøgenes gennemførelse

Forsøgene er gennemført som fastliggende markforsøg ved Askov på grov sandblandet lerjord (JB. 5) og ved Lundgård på grovsandet jord (JB. 1).

Jordbundsforhold

I forbindelse med anlæg af forsøgene blev der udtaget jordprøver til teksturanalyse (tabel 1).

Tabel 1. Tekstur og humus i pct. ved anlæg af forsøg.

Texture and humus, per cent at the start of the experiments.

	< 0,002 mm	0,002-0,02 mm	0,02-0,2 mm	0,2-2,0 mm	
Dybde i cm	ler	silt	finsand	grovsand	%
Depth in cm	clay	silt	fine sand	coarse sand	humus
* Askov (JB 5)					
0- 25	10,9	11,5	35,4	37,7	4,6
25- 50	15,1	11,6	37,0	33,7	2,1
50- 75	20,7	11,8	36,3	31,1	0,9
75-100	20,2	10,1	38,2	31,4	0,3
100-125	19,5	9,5	38,5	32,5	0,4
125-150	19,0	9,6	40,2	31,1	0,5
150-175	20,0	9,6	39,0	31,2	0,4
175-200	18,9	10,1	41,3	29,7	0,3
** Lundgård (JB 1)					
0- 25	4,7	5,1	20,7	66,9	2,6
25- 50	4,4	4,4	20,5	68,8	1,9
50- 75	4,1	3,4	20,3	69,0	1,2
75-100	6,5	2,5	20,7	69,6	0,7
100-125	3,7	2,5	18,8	74,6	0,4
125-150	4,6	2,6	19,9	72,5	0,4
150-175	4,6	3,3	26,7	64,9	0,5
175-200	2,8	2,1	14,6	80,0	0,5

*) JB 5 = grov sandbl. lerjord, *coarse sandy loam soil*

**) JB 1 = grov sandjord, *coarse sand soil*

Forsøgsplan

Forsøgene blev anlagt i 2 afdelinger med tilførsel af henholdsvis fast kvæggødning og kvæggylle (4 gentagelser pr. forsøgsled).

Tabel 2. Forsøgsplan.
Experimental layout.

1.	1/2 NPK i handelsgødning.				
	1/2 NPK in mineral fertilizer.				
2.	1 NPK i handelsgødning.				
3.	2 NPK - -				
4.	25 t husdyrgødning/ha hvert år.				
	25 t animal manure/ha, annually.				
5.	50 t husdyrgødning/ha hvert år.				
6.	100 t - - - -				
7.	50 t husdyrgødning/ha hvert 2. år.				
	50 t animal manure/ha, every 2nd year.				
8.	100 t - - - -				
9.	200 t - - - -				
10.	100 t husdyrgødning/ha hvert 4. år.				
	100 t animal manure/ha, every 4th year.				
11.	200 t - - - -				
12.	400 t - - - -				

Afgrøder

Ved Askov indgik roer, vårbyg, forårsudlagt italiensk rajgræs og vårbyg i et 4-marks sædskifte. På sandjord ved Lundgård indgik majs i stedet for græsafgrøden (tabel 3).

Tabel 3. Sædskifte.
Crop rotation.

<u>Askov</u>	<u>Lundgård</u>
Roer, beet	Roer, beet
Byg, barley	Byg, barley
Ital. rajgræs, Ital. ryegrass	Majs, maize
Byg, barley	Byg, barley

Roeafgrøden var ved Askov bederoer. På Lundgård var der bederoer i 1. og 2. sædskifterotation og kálroer i 3. rotation.

Gødskning

Den anvendte husdyrgødning blev analyseret for indhold af plantenæringsstoffer, og de gennemsnitlige indhold fremgår af tabel 4.

Tabel 4. Næringsstofindhold i kvæggødning, gns. 29 prøver.

Nutrient content in cattle manure, average of 29 samples.

	Gylle	Fast gødning
	<i>Slurry</i>	<i>Solid manure</i>
% i foreliggende stof		
<i>per cent in fresh manure</i>		
Tørstof - <i>dry matter</i>	7,18	22,83
Total-N	0,39	0,55
NH ₄ -N	0,23	0,16
P	0,11	0,19
K	0,32	0,32
Na	0,06	0,04
Ca	0,11	0,26
Mg	0,05	0,09
ppm i foreliggende stof		
<i>ppm in fresh manure</i>		
Cu	4	16
Mn	20	56
Zn	17	36

Husdyrgødningens indhold af plantenæringsstoffer er meget varierende, og det gælder også den kvæggødning, der blev anvendt i disse forsøg. Indholdet af total-N i gyllen varierede mellem 0,22 og 0,57%, P-indholdet var 0,03-0,12% og K-indholdet 0,18-0,42%. For den faste gødning var værdierne 0,41-0,76% for total-N, 0,09-0,33% for P og 0,19-0,45% for K.

Variationen i husdyrgødningens indhold af N, P og K har betydet en variation i tilførselen af næringsstoffer i de enkelte forsøgsår. Den gennemsnitlige, samt mindste og største tilførsel af plantenæringsstoffer ved årlig tilførsel af 50 tons kvæggødning fremgår af tabel 5.

Tabel 5. Næringsstofftilførsel ved 50 t kvæggødning/ha pr. år (1973-85).

Supply of nutrients in 50 t cattle manure per ha. (1973-85).

	Gylle		Fast gødning	
	<i>Slurry</i>		<i>Solid manure</i>	
	Gns.	Variation	Gns.	Variation
	<i>Average</i>	<i>Variation</i>	<i>Average</i>	<i>Variation</i>
	kg/ha			
Total-N	192	109-283	272	203-381
NH ₄ -N	114	55-165	77	45-127
P	36	13- 58	91	57-146
K	161	92-211	157	96-223
Na	28	11- 40	22	12- 42
Mg	24	8- 37	46	33- 71
Cu	0,2	0,1-0,5	0,8	0,4-1,7
Mn	1,0	0,4-1,8	2,7	1,2-5,5

Af tabel 5 fremgår, at tilførslen af total-N, P og mikronæringsstoffer var størst ved anvendelse af fast husdyrgødning. Med gylle tilførtes mere NH₄-N, idet en væsentlig større andel af kvælstofindholdet i denne gødning er til stede på ammoniumform.

Husdyrgødningen blev udbragt i december-januar måned og nedpløjet straks efter udbringningen. De store mængder husdyrgødning, der tilførtes hvert 4. år (forsøgsled 10-12, tabel 2) blev givet til roer.

Tilførsel af husdyrgødning hvert 2. år (forsøgsled 7-9) blev på Askov givet til roer og forårsudlagt rajgræs samt ved Lundgård til roer og majs.

Hvor afgrøden var forårsudlagt italiensk rajgræs blev husdyrgødningsmængden fordelt med 50% udbragt om vinteren og 25% efter henholdsvis 1. og 2. slæt. Samme fordelingsmønster er anvendt for handelsgødningskvælstof, hvor de 50% er udbragt umiddelbart før såning af græsafrøden.

Gødsning med kvælstof (kas.) i forsøgsledene 1-3 (tabel 2) er anført i tabel 6.

Tabel 6. Kvælstof-tilførsel i handelsgødning.

Supply of nitrogen in mineral fertilizer.

Forsøgsled	Afgroder	
	Crop	
Byg	Roer, majs, græs	
<i>Treatment</i>	<i>Barley</i>	<i>Beet, maize, grass</i>
kg N/ha		
1. 1/2 NPK	40	80
2. 1 NPK	80	160
3. 2 NPK	160	320

Den tilførte mængde P og K svarer til tilførslen med 25, 50 og 100 t husdyrgødning pr. ha (forsøgsled 4-6).

Udbyttebestemmelser

Korn: kerne og halm. Roer: rod og top. Majs: kolber og stængel. Græs: grønmasse.

Udbytterne af de enkelte afgrøder er omregnet til afgrødeenheder (a.e.), hvor 1 a.e. svarer til 100 foderenheder (f.e.). Der er anvendt følgende antal kg tørstof til 1 f.e.:

Afgrøde	kg tørstof/f.e.	
<i>Crop</i>	<i>kg DM/pr. feed unit</i>	
Byg, barley.....	kerne, grain 0,87	halm, straw 3,33
Roer, beet.....	rod, root 1,03	sandfri top, leaves without sand 1,20
Majs, maize.....	kolbe, cob 1,00	stængel + blade, stalk + leaves 1,30
Ital. rajgræs,		
Ital. ryegrass....	1,16	

Afgrødeanalyser

Afgrøderne er analyseret for tørstof, total-N, P, K, Na, Ca, Mg, Cu, Mn og Zn.

Vækstbetingelser

I tabel 7 er vist en oversigt over nedbørsforholdene i perioden 1. april - 31. august ved Askov i årene 1976 og 1983, som adskilte sig væsentligt fra det normale.

Lundgård forsøgsstation ligger kun ca. 5 km fra Askov, hvorfor nedbørsmængderne antages at være de samme som ved Askov.

Tabel 7. Nedbørsforhold ved Askov i 1976 og 1983.

Precipitation at Askov in the years 1976 and 1983.

Nedbør, precipitation, mm				
År/måned	Maj	Juni	Juli	August
<u>Year/month</u>	<u>May</u>	<u>June</u>	<u>July</u>	<u>August</u>
Normal 1931-60	43	50	89	102
<u>Average</u>				
1976	77	12	21	24
1983	161	29	12	5

Det fremgår af tabel 7, at nedbørsmængderne i juni, juli og august i disse to år var langt under normalen. I 1976 var afgrøden på sandjorden ved Lundgård majs, og især kolbeudviklingen var stærkt påvirket af tørkeperioden. I 1983 var forsøgsafgrøden på Askov forårsudlagt ital. rajgræs. På grund af de tørre vækstforhold blev der dette år kun høstet ialt to slæt.

4.2 Resultater

4.2.1 Kvæggødning til forskellige afgrøder

Rør

Tabel 8 og 9 viser de gennemsnitlige tørstofudbytter af rod og sandfri top efter tilførsel af henholdsvis stigende mængder kvæg- og handelsgødning.

Tabel 8. Stigende mængder kvæggødning til roer. Tørstofudbytte af rod og sandfri top i hkg/ha (gns. 3 forsøgsår).

Application of cattle manure to beet. Yield of dry matter in root and sandfree leaves in dt/ha (average of 3 experimental years).

Gødskning <i>Fertilizer</i>	Askov				Lundgaard			
	Gylle		Fast gødn.		Gylle		Fast gødn.	
	<i>Slurry</i>		<i>FYM</i>		<i>Slurry</i>		<i>FYM</i>	
	rod root	top tops	rod root	top tops	rod root	top tops	rod root	top tops
25 t/ha	74,0	26,6	57,5	25,0	64,3	14,7	63,3	14,3
50 -	77,5	29,1	67,7	27,9	91,9	24,1	82,2	20,8
100 -	88,8	34,9	75,3	32,6	110,2	33,1	102,6	30,7
200 -	103,5	40,4	86,3	34,8	114,7	39,0	115,3	39,6
400 -	114,4	46,3	90,6	38,8	109,6	42,3	113,9	45,0

Tabel 9. Stigende mængder handelsgødning til roer. Tørstofudbytte af rod og sandfri top i hkg/ha (gns. 6 forsøgsår).

Application of mineral fertilizer to beet. Yield of dry matter in root and sandfree leaves in dt/ha (average of 6 experimental years).

Gødskning <i>Fertilizer</i>	Askov		Lundgaard	
	rod	top	rod	top
	<i>root</i>	<i>tops</i>	<i>root</i>	<i>tops</i>
1/2 NPK	83,4	30,3	78,8	22,7
*) 1 NPK	104,2	37,7	85,8	25,6
2 NPK	116,8	47,8	87,1	33,0

*) 1 NPK = 160 kg N/ha. P og K som ved 50 t husdyrgødning.

1 NPK = 160 kg N/ha. P and K supply equals 50 t animal manure.

Ved Askov var der stigende udbytter for alle de tilførte mængder husdyrgødning. Den største mængde kvælstof tilført med 400 tons husdyrgødning pr. ha (1653 kg total N pr. ha i gylle og 2361 kg i fast gødning) gav samme udbytte

som anvendelse af 320 kg N pr. ha i handelsgødning.

Ved Lundgaard har husdyrgødning givet større udbytte end handelsgødning. Der har været stigende udbytte i rod for tilførsel op til 200 t gødning pr. ha.

Ved tilførsel af samme mængde gylle og fast gødning i tons pr. ha blev der på lerjorden ved Askov opnået større udbytter efter anvendelse af gylle (tabel 8). På sandjorden ved Lundgaard var det samme tilfælde med tilførsel af op til 100 tons gødning pr. ha, men ved tilførsel af 200 og 400 t pr. ha var der ingen signifikant forskel i virkning af de to gødningstyper.

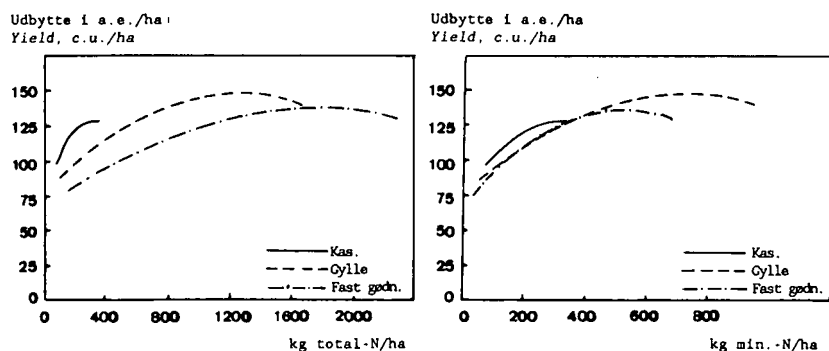


Fig. 1. Udbytte i roer efter kvælstoftilførsel i form af kvæggødning og kalkkammonsalpeter (kas.). Gns. 6 forsøg ved Askov/Lundgaard.

Relation between beet yields in crop units and the supply of nitrogen expressed as total-N or as mineral-N ($CAN = NH_4^-N + NO_3^-N$ and manure = NH_4^-N).

Figur 1 viser udbytteforholdene som funktion af dels total-N og dels mineralsk-N. Mineralsk-N betyder i dette tilfælde for kalkkammonsalpeter (kas.) tilførsel af $NH_4^-N + NO_3^-N$ og for husdyrgødningens vedkommende NH_4^-N . Udbytterne er anført som afgrødeenheder (sum af rod + top).

Når virkningen af de 2 husdyrgødningsformer belyses som funktion af tilført mængde totalkvælstof (figur 1, venstre halvdel), har gylle givet et større udbytte end fast gødning.

Sammenlignes virkningen derimod af gylle og fast gødning på basis af til-

førsel af mineralsk-N (ammoniumkvælstof) er virkningen stort set ens (figur 1, højre halvdel).

Denne forskel i virkningen af de to gødningsformer med hensyn til totalkvælstof skyldes, at en større del af kvælstoffet i gylle er tilstede som ammonium, og at husdyrgødningens første års virkning hovedsagelig er knyttet til indholdet af ammoniumkvælstof. I den kvæggylle, som blev anvendt i disse forsøg, udgjorde ammoniumkvælstoffet ca. 60% af det totale kvælstofindhold imod ca. 30% i den faste gødning (tabel 4).

Majs

På sandjorden ved Lundgård blev der efter anvendelse af stigende mængder handels- og husdyrgødning til majs opnået de i tabel 10 viste udbytter.

Tabel 10. Tørstofudbytte i majs i hkg/ha. Gns. 3 forsøgsår på sandjord.

Yield of dry matter in maize, dt/ha. Average 3 experimental years.

Gødning <i>Fertilizer</i>	Kvæggødning <i>Cattle manure</i>		Handelsgødning <i>Fertilizer</i>
	Gylle <i>slurry</i>	Fast gødning <i>FYM</i>	NPK <i>NPK</i>
25 t/ha	60,7	73,8	
50 -	72,3	86,6	
100 -	92,5	107,2	
200 -	104,5	115,8	
1/2 NPK *)			72,6
1 NPK			83,9
2 NPK			88,6

*) 1 NPK = 160 kg N/ha. P og K som ved 50 t husdyrgødning.

*1 NPK = 160 kg N/per. ha. P and K supply equals 50 t
animal manure.*

Der har været god virkning for anvendelse af såvel gylle som fast husdyrgødning til majs. For begge gødningstyper gælder, at der er stigende udbytter med stigende tilførsel af gødning. Fast gødning har givet et større udbytte end gylle for samme tilførte mængde pr. ha.

Byg

I tabel 11 og 12 er vist de gennemsnitlige udbytter af kerne og halm efter tilførsel af henholdsvis stigende mængder husdyr- og handelsgødning.

Tabel 11. Stigende mængder kvæggødning til byg. Udbytte af kerne og halm i hkg/ha (85% tørstof). Gens. 6 forsøgsår.

Application of cattle manure to barley. Yield of grain and straw in dt/ha (85% DM). Average of 6 experimental years.

Gødskning <i>Fertilizer</i>	Askov				Lundgaard			
	Gylle		Fast gødn.		Gylle		Fast gødn.	
	<i>Slurry</i>		<i>FYM</i>		<i>Slurry</i>		<i>FYM</i>	
	kerne <i>grain</i>	halm <i>straw</i>	kerne <i>grain</i>	halm <i>straw</i>	kerne <i>grain</i>	halm <i>straw</i>	kerne <i>grain</i>	halm <i>straw</i>
25 t/ha	42,9	32,3	40,0	30,9	15,5	9,4	17,8	10,5
50 -	50,2	44,3	48,5	40,3	22,5	18,3	27,5	20,9
100 -	48,4	54,0	48,5	57,7	26,5	24,3	37,5	33,6

Tabel 12. Stigende mængde handelsgødning til byg. Udbytte af kerne og halm i hkg/ha (85% tørstof). Gens. 12 forsøgsår.

Application of fertilizer to barley. Yield of grain and straw in dt/ha (85% DM). Average 12 experimental years.

Gødskning <i>Fertilizer</i>	Askov		Lundgaard	
	Kerne	Halm	Kerne	Halm
	<i>Grain</i>	<i>Straw</i>	<i>Grain</i>	<i>Straw</i>
1/2 NPK	39,0	29,1	22,0	16,2
*) 1 NPK	47,5	41,2	31,6	26,2
2 NPK	41,8	54,4	32,5	37,0

*) 1 NPK = 80 kg N/ha. P og K som ved 50 t husdyrgødning

1 NPK = 80 kg N per ha. P and K supply equals 50 t animal manure.

Af tabel 11 ses det, at der til byg på lerjord ikke var udbyttemæssig baggrund for at anvende mere end 50 t kvæggødning pr. ha.

Sammenlignes udbytterne efter gylle og fast gødning ved tilførsel af samme mængde i t pr. ha, er der på lerjorden opnået de største udbytter efter gylle.

I figur 2 er udbytteforholdene (afgrødeenheder = sum af kerne + halm) vist dels ud fra den totale kvælstoftilførsel med husdyr- og handelsgødning og dels ud fra tilførsel af mineralsk-N.

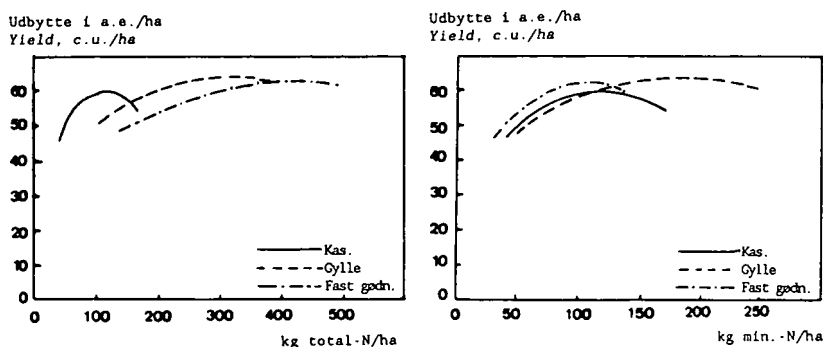


Fig. 2. Relation mellem udbytte i byg (kerne + halm) og kvælstoftilførsel. Gns. 6 forsøgsår ved Askov.

Relationship between barley yields in crop units and supply of nitrogen expressed as total-N or as mineral-N ($CAN = NH_4^-N + NO_3^-N$ and manure = NH_4^-N). Average of 6 experiments at Askov.

Det ses, at gylle har virket bedst såfremt de opnåede udbytter sættes i relation til tilførsel af total-N pr. ha (figur 2, venstre halvdel). Belyses virkningen derimod som funktion af den tilførte mængde mineralsk-N (d.v.s. ammoniumkvælstof) har fast gødning virket lige så godt eller endog bedre end gylle.

På sandjorden (tabel 11) har der for begge husdyrgødningsformer været stigende udbytte for stigende tilførte mængder, og den faste gødning har virket bedst.

Med 50 t gylle blev der tilført 170 kg total-N, hvoraf de 100 kg var på ammoniumform. For samme mængde fast gødning var indholdet 269 kg total-N og 88 kg NH_4^-N .

Græs

Græs indgik kun i forsøgene på lerjorden (tabel 3), hvor forårsudlagt ital. rajgræs var afgrøde i 3., 7. og 11. forsøgsår (1975, 1979 og 1983).

Som det tidligere er anført, var der i 1983 usædvanligt lave nedbørsmængder i juni, juli og august (tabel 7), hvilket bevirkede, at der dette år kun blev høstet to slæt imod fire i de øvrige forsøgsår.

De tørre vækstforhold indvirkede især på udbytteresultaterne efter anvendelse af husdyrgødning. Udbyttet efter tilførsel af henholdvis 100 t husdyrgødning pr. ha (293 kg total-N/ha i gylle og 593 kg i fast gødning) og 320 kg N/ha i handelsgødning i 1983 ses af tabel 13. En af årsagerne til den meget ringe virkning af husdyrgødning kan være gunstige betingelser for ammoniakfordampning.

Tabel 13. Udbytte af forårsudlagt ital. rajgræs i 1983.
Yield of ital. ryegrass in 1983.

Tilførsel <i>Supply</i>	Udbytte, hkg tørstof/ha <i>Dry matter, dt/ha</i>
Kvæggødning 100 t/ha <i>Cattle manure 100 t/ha</i>	23,1
Handelsgødning 320 kg N/ha <i>Mineral fertilizer 320 kg N/ha</i>	73,5

Udbringning af gødning til græs var i henhold til forsøgsplanen for husdyrgødning fordelt med 50% udbragt i forbindelse med pløjning i dec.-jan., og den resterende mængde som overfladegødskning efter 1. og 2. slæt. Samme fordelingsmønster blev anvendt for handelsgødning, hvor de 50% blev udbragt umiddelbart før såning af græsafgrøden.

Da 1. slæt i 1983 imidlertid først blev høstet i begyndelsen af august, blev fordelingsmønstret for gødning ændret, således at hele den resterende mængde gødning dette år blev tilført efter 1. slæt.

I tabel 14 er vist tørstofudbyttet i græs efter anvendelse af stigende mængde husdyr- og handelsgødning som gennemsnit af forsøgsårene 1975 og 1979, hvor der var gode vækstbetingelser.

Tabel 14. Udbytte af forårsudlagt ital. rajgræs i hkg tørstof/ha. Gns. 2 forsøgsår ved Askov (1975 og 1979).

Dry matter yields of ital. ryegrass established in spring on Askov soil (dt/ha). Average of 2 experimental years (1975 and 1979).

Gødskning <i>Fertilization</i>	Gylle <i>Slurry</i>	Fast gødning <i>FYM</i>	NPK <i>NPK</i>
25 t/ha	46,3	38,1	
50 -	58,2	50,9	
100 -	79,4	74,8	
200 -	93,3	95,6	
1/2 NPK *)			46,5
1 NPK			68,7
2 NPK			87,5

*) 1 NPK = 160 kg N/ha. P og K som ved 50 t kvæggødning.

1 NPK = 160 kg N/ha. P and K supply equals 50 t animal manure.

Der opnåedes stigende udbytte for stigende mængde husdyrgødning. Ved tilførsel af indtil 100 t pr. ha blev der fundet højere udbytter efter anvendelse af gylle end efter fast gødning. Den væsentligste årsag til denne forskel er antagelig gødningsvirkningen i forbindelse med overfladeudbringning af gødning efter 1. og 2. slæt.

Forsøgene er gennemført uden mulighed for vanding og dermed har risiko for et større ammoniakfordampningstab fra den faste gødning været til stede.

Sammenlignes udbytterne efter anvendelse af husdyrgødning med anvendelse af handelsgødning ses det (tabel 14), at der for at opnå samme udbytte i husdyrgødning som efter tilførsel af 320 kg N pr. ha i kalkammonsalpeter (4 NPK) skal udbringes op imod 200 t husdyrgødning pr. ha. Med 200 t husdyrgødning er der i disse forsøg i gennemsnit af de 2 forsøgsår tilført 896 kg total-N pr. ha i gylle og 1257 kg total-N pr. ha med fast gødning.

4.2.2 Kvæggødning i sædskiftet

Det gennemsnitlige udbytte af sædskiftet efter tilførsel af henholdsvis moderate mængder husdyrgødning hvert år eller større mængder hvert 2. eller 4. år er vist i tabel 15.

Tabel 15. Udbytte (a.e./ha) ^{*} som gns. af sædskiftet på Askov og Lundgaard.
Yield in c.u. per ha ^{*}. Average of crop rotation (4 year) on Askov and Lundgaard.

Gødskning Fertilization	Askov		Lundgaard	
	Gylle Slurry	Fast staldg. FYM	Gylle Slurry	Fast staldg. FYM
25 t hvert år - - every year	55,6	48,5	40,0	43,9
50 - hvert 2. år - - every 2nd year	46,6	47,9	46,6	46,5
100 - hvert 4. år - - every 4th year	46,3	46,2	49,3	50,4
50 t hvert år - - every year	66,2	59,4	57,6	61,3
100 - hvert 2. år - - every 2nd year	58,9	58,8	59,1	60,7
200 - hvert 4. år - - every 4th year	56,0	53,3	53,6	64,4
100 t hvert år - - every year	73,6	68,1	72,0	81,6
200 - hvert 2. år - - every 2nd year	72,0	70,5	68,3	74,5
400 - hvert 4. år - - every 4th year	65,5	63,2	58,0	73,4

*) 1. a.e. = 100 f.e = 1 hkg bygkerne.

1. crop unit (c.u.) = 100 feed unit = equal to 100 kg grain of barley.

I forsøgsplanen indgik udbringning af husdyrgødning henholdsvis hvert år, hvert 2. og 4. år. (afsnit 4.1, tabel 2).

Med denne gødningsfordeling er der i løbet af en 4 års periode (sædskifte) tilført samme mængde husdyrgødning til flere forsøgsled. Led 4, 7 og 10 har således alle fået 100 t pr. ha ialt, men fordelt ad 4, 2 og 1 gange. Efter samme fordeling har led 5, 8 og 11 fået ialt 200 t pr. ha og endelig led 6, 9 og 12 ialt 400 t pr. ha.

For at kunne sammenligne det gennemsnitlige udbytte i en 4 års periode (sædskifte) er der foretaget en omregning af udbytterne af de forskellige afgrøder til afgrødeenheder pr. ha (se "Udbyttebestemmelser" afsnit 4.1). Forsøgsperioden var på ialt 12 år, hvorfor der i alt foreligger resultater fra 3 sædskifterotationer.

Sammenlignes udbyttet efter årlig tilførsel af 25 t husdyrgødning pr. ha med 50 t hvert 2. år og 100 t hvert 4. år (tabel 15) ses, at en forholdsvis mindre mængde gylle eller fast gødning hvert år på lerjorden ved Askov har givet større udbytte end tilførsel af større mængder med års mellemrum. Det samme gælder ved højere gødningsniveauer.

På sandjorden ved Lundgård er forholdet ikke det samme. Ved anvendelse af 100 t husdyrgødning pr. ha over en 4 årig periode blev på denne jordtype opnået det gennemsnitligt højeste udbytte ved at tilføre hele gødningsmængden ad en gang.

Ved anvendelse af 200 t pr. ha eller mere var det en fordel at dele husdyrgødningstilførslen i lighed med lerjorden.

Tabel 16 viser, hvorledes fordeling af husdyrgødning indvirkede på forholdet mellem udbytterne af de forskellige afgrøder, der indgik i sædskiftet. Til dette formål er afgrødeudbytterne udtrykt ved den procentdel de udgør af det samlede sædskifteudbytte. Da der kun er små forskelle i procentværdierne efter anvendelse af 100, 200 og 400 t husdyrgødning, er procenterne givet som gennemsnitstal for de 3 gødningsmængder.

Tabel 16. Procentisk fordeling af afgrødeudbytter i sædskiftet.

Gns. af 100, 200 og 400 t/ha.

*Crop yields distribution as per cent of crop rotation.**Average of 100, 200 and 400 t/ha.*

Sædskifte	Gødning, manure		
	Hvert år	Hvert 2. år	Hvert 4. år
<u>Crop rotation</u>	<u>Every year</u>	<u>Every 2nd year</u>	<u>Every 4th year</u>
<u>Gylle, slurry</u>			
	Askov		
Roer, beet	41	48	59
Byg, barley	23	16	20
Græs, grass	15	20	9
Byg, barley	21	16	12
<u>Fast gødning, FYM</u>			
Roer, beet	38	43	50
Byg, barley	25	18	24
Græs, grass	15	19	11
Byg, barley	22	20	15
<u>Gylle, slurry</u>			
	Lundgaard		
Roer, beet	48	56	64
Byg, barley	12	7	8
Majs, maize	29	31	23
Byg, barley	11	6	5
<u>Fast gødning, FYM</u>			
Roer, beet	41	50	54
Byg, barley	12	8	10
Majs, maize	33	34	29
Byg, barley	14	8	7

Udbytterne af roeafgrøderne udgør på sandjorden en større procentdel af det samlede sædskifteudbytte end på lerjorden. Dette skyldes ikke mindst, at bygudbytterne på sandjorden indgår med væsentlig mindre del af det samlede ud-

bytte.

Tilførsel af husdyrgødning hvert 2. år er som tidligere anført sket til roer og ital. rajgræs på lerjorden samt roer og majs på sandjorden og hvert 4. år til roer på begge jordtyper. De mellemliggende års bygafgrøder har derfor næringsstofmæssigt måttet klare sig med husdyrgødningens eftervirkning, hvilket har givet et relativt lavt udbytte.

Udbringning af større mængde gødning hvert 4. år har medført en større eftervirkning således, at udbyttet af 1. bygafgrøde udgør en større procentdel af det samlede sædskifteudbytte. Fordelingsmønstret for de to jordtyper viser en større eftervirkning af husdyrgødningen på lerjorden.

For de to gødningstyper har der på begge jordtyper været større eftervirkning efter tilførsel af fast gødning end efter gylle.

4.3 Tilførsel og bortførsel af næringsstoffer

I det følgende er vist eksempler på balancer for tilført og med afgrøderne bortført kvælstof, fosfor, kalium, natrium, magnesium, mangan, kobber og zink.

Opgørelserne over tilførte næringsstoffer omfatter udelukkende de med gødning tilførte mængder. Ved vurdering af balancerne bør der imidlertid også tages hensyn til, at der sker en tilførsel af næringsstoffer ved atmosfærisk tør og våd afsætning. I henhold til undersøgelser af luftens og nedbørens kemiske sammensætning i danske landområder (Jørgensen 1978) blev der ved Askov i perioden 1970/71 til 1976/77 i gennemsnit fundet følgende afsætning (bulkafsætning): 15,1 kg kvælstof, 4,1 kg kalium, 38,9 kg natrium og 4,2 kg magnesium pr. ha.

Med hensyn til afgrødernes bortførsel af næringsstoffer er kun inkluderet de bortførte mængder, som er fjernet fra marken med de indhøstede afgrøder. Bortførslen er således beregnet på grundlag af afgrødeanalyser og udbyttet af de indhøstede afgrødedele (stråså: kerne og halm; roer: rod og top; majs: kolbe og stængel; samt græstørstof.

Roer

En opgørelse over tilførsel og bortførsel af kvælstof efter anvendelse af stigende mængder kvæg- og handelsgødning er vist i tabel 17.

Tabel 17. N-balance efter tilførsel af kvæg- og handelsgødning til roer,
kg N/ha. Gns. af 6 forsøg (Askov og Lundgaard).
N-balance after application of cattle manure and fertilizer to beet,
kg N/ha. Average of 6 experiments (Askov and Lundgaard).

	Kvæggødning, t/ha <i>Cattle manure, t/ha</i>					Handelsgødning <i>Fertilizer</i>		
	25	50	100	200	400	1/2	1	2
	Gylle, <i>slurry</i>					NPK		
<u>kg N/ha</u>								
Tilført, <i>applied</i>	102	204	408	815	1630	80	160	320
Høstet, <i>harvested</i>	103	139	203	258	302	130	169	241
Difference	-1	65	205	557	1328	-50	-9	79
	Fast gødning, <i>FYM</i>							
Tilført, <i>applied</i>	144	288	575	1150	2300			
Høstet, <i>harvested</i>	99	132	186	243	278			
Difference	45	156	389	907	2022			

Det ses, at der efter tilførsel af 25 t gylle pr. ha var balance mellem tilført og bortført kvælstof. Ved 50 t gylle pr. ha (204 kg N pr. ha) har der været en overskudstilførsel på 65 kg N pr. ha.

Tilførsel af tilsvarende mængder fast staldgødning medfører større positiv balance som følge af denne gødning's højere kvælstofindhold.

Efter tilførsel af 100 t husdyrgødning og derover, bliver der efterladt betydelige mængder organisk bundet kvælstof i jorden.

Ved vurdering af overskudsmængder af kvælstof i disse balancer skal der i midlertid tages hensyn til, at tab af kvælstof ved denitrifikation og udvaskning ikke indgår i differencen mellem tilført og bortført N mængde.

Balancerne efter anvendelse af handelsgødningskvælstof viser, at tilførsel af 160 kg N pr. ha ikke helt har kunnet dække roernes kvælstofbehov, mens anvendelse af den dobbelte kvælstofmængde (320 kg N pr. ha) har resulteret i en overskudstilførsel.

Tilførsel af P med husdyr- og handelsgødning samt afgrødernes bortførsel af samme næringsstof er vist i tabel 18.

Tabel 18. P-balance efter tilførsel af kvæg- og handelsgødning til roer, kg P/ha. Gns. af 6 forsøg (Askov og Lundgaard).
P-balance after application of cattle manure and fertilizer to beet, kg P/ha. Average of 6 experiments (Askov and Lundgaard).

	Kvæggødning, t/ha <i>Cattle manure, t/ha</i>					Handelsgødning <i>Fertilizer</i>		
	25	50	100	200	400	1/2	1	2
	Gylle, <i>slurry</i>					NPK		
<u>kg P/ha</u>								
Tilført, <i>applied</i>	18	36	70	141	281	18	36	70
Høstet, <i>harvested</i>	20	24	31	36	40	25	28	34
Difference	-2	12	39	105	241	-7	8	36
	Fast gødning, <i>FYM</i>					NPK		
Tilført, <i>applied</i>	53	105	210	420	840	53	105	210
Høstet, <i>harvested</i>	20	26	33	37	40	24	30	38
Difference	33	79	177	383	800	29	75	172

Der er betydelig forskel i den mængdemæssige tilførsel af fosfor med gylle og med fast gødning. I henhold til forsøgsplanen (tabel 2) er forsøgsled 1-3 (handelsgødning: 1/2, 1 og 2 NPK) tilført samme mængde P og K som med henholdsvis 25, 50 og 100 t af de to husdyrgødningsformer.

Roeafgrødens forbrug af fosfor er dækket ind ved anvendelse af 50 t gylle pr. ha (tabel 18), medens der efter tilførsel af 25 t fast gødning pr. ha er et overskud på 33 kg P pr. ha.

Tabel 19. K-balance efter tilførsel af kvæg- (gns. af gylle og fast gødning) og handelsgødning til roer, kg K/ha. Gns. af 12 forsøg (Askov og Lundgård).
K-balance after application of cattle manure (average of slurry and FYM) and fertilizer to beet, kg K/ha. Average of 12 experiments (Askov and Lundgaard).

	Kvæggødning, t/ha Cattle manure, t/ha					Handelsgødning Fertilizer		
	25	50	100	200	400	1/2	1	2
<u>kg K/ha</u>								
Tilført, <i>applied</i>	85	170	339	678	1356	85	170	339
Høstet, <i>harvested</i>	170	223	307	399	504	226	291	404
Difference	-85	-53	32	279	852	-141	-121	-65

I tabel 19 er vist balance for tilført og bortført kalium. Da de med gylle og fast gødning mængder kalium ikke afveg væsentligt, og idet det samme er tilfældet for bortførsel med afgrøderne, er der i tabel 19 vist gennemsnitstal for K-tilførsel med husdyrgødning og planteoptagelse på de to jordtyper. En roeafgrødes bortførsel af kalium er dækket ind ved tilførsel af 100 t husdyrgødning pr. ha.

Tilsvarende balancer for tilført og bortført natrium, magnesium, mangan, kobber og zink er vist i tabellerne 20-24.

Tabel 20. Na-balance efter tilførsel af kvæggødning til bederoer, kg Na/ha.

Gns. af 10 forsøg (Askov og Lundgård).

Na-balance after application of cattle manure to beet, kg Na/ha.

Average of 10 experiments (Askov and Lundgaard).

	Kvæggødning, t/ha Cattle manure, t/ha				
	25	50	100	200	400
<u>kg Na/ha</u>					
Tilført, <i>applied</i>	14	28	56	112	224
Høstet, <i>harvested</i>	40	52	67	81	96
Difference	-26	-24	-11	31	128

Bederoer optager betydelige mængder natrium, og bortførsel af natrium har i disse forsøg (tabel 20) ved tilførsel af 100 t/ha kvæggødning og derunder været større end de med gødningen tilførte mængder. Optagelsen var nogenlunde ens efter anvendelse af gylle og fast gødning.

Tabel 21. Mg-balance efter tilførsel af kvæggødning til bederoer, kg Mg/ha.

Gns. af 6 forsøg (Askov og Lundgård).

Mg-balance after application of cattle manure to beet, kg Mg/ha.

Average of 6 experiments (Askov and Lundgaard).

	Kvæggødning, t/ha				
	Cattle manure, t/ha				
	25	50	100	200	400
<u>kg Mg/ha</u>	Gylle, slurry				
Tilført, <i>applied</i>	12	25	49	97	195
Høstet, <i>harvested</i>	15	18	22	28	33
Difference	-3	7	27	69	162
<u>kg Mg/ha</u>	Fast gødning, FYM				
Tilført, <i>applied</i>	25	50	99	198	396
Høstet, <i>harvested</i>	14	18	22	28	30
Difference	11	32	77	170	366

Tabel 21 viser, at der tilføres dobbelt så stor mængde magnesium med fast gødning som med gylle. Afgrødernes bortførsel har været ens på ler- og sandjord, og bortset fra anvendelse af 25 t gylle er der med husdyrgødningen tilført mere, end der er optaget.

Tabel 22. Mn-balance efter tilførsel af kvæggødning til bederoer, kg Mn/ha.

Gns. af 2 forsøg (Askov og Lundgård).

*Mn-balance after application of cattle manure to beet, kg Mn/ha.**Average of 2 experiments (Askov and Lundgaard).*

	Kvæggødning, t/ha				
	Cattle manure, t/ha				
	25	50	100	200	400
<u>kg Mn/ha</u>	Askov. Gylle, <i>slurry</i>				
Tilført, <i>applied</i>	0,86	1,73	3,45	6,90	13,80
Høstet, <i>harvested</i>	0,44	0,42	0,45	0,51	0,93
Difference	0,42	1,31	3,00	6,39	12,87
<u>kg Mn/ha</u>	Askov. Fast gødning, <i>FYM</i>				
Tilført, <i>applied</i>	2,08	4,15	8,30	16,60	33,20
Høstet, <i>harvested</i>	0,33	0,34	0,39	0,41	0,48
Difference	1,75	3,81	7,91	16,19	32,72
<u>kg Mn/ha</u>	Lundgaard. Gylle, <i>slurry</i>				
Tilført, <i>applied</i>	0,60	1,20	2,40	4,80	9,60
Høstet, <i>harvested</i>	0,48	0,79	1,03	1,27	1,91
Difference	0,12	0,41	1,37	3,53	7,69
<u>kg Mn/ha</u>	Lundgaard. Fast gødning, <i>FYM</i>				
Tilført, <i>applied</i>	1,50	3,00	5,90	11,80	23,60
Høstet, <i>harvested</i>	0,42	0,60	0,85	1,06	1,14
Difference	1,08	2,40	5,05	10,74	22,46

Af tabel 22 fremgår det, at der tilføres ca. 2,5 gange så meget mangan med fast gødning som med gylle. For begge jordtyper viser balancerne, at roernes manganforsyning har været rigelig dækket ind selv ved den mindste tilførsel af husdyrgødning (25 t/ha). Medens der på lerjorden ikke har været væsentlig forskel i afgrødernes optagelse af mangan ved stigende tilførsel af husdyrgødning, steg optagelsen på sandjorden ved stigende tilførsel.

Tabel 23. Cu-balance efter tilførsel af kvæggødning til bederoer, kg Cu/ha.
 Gns. af 4 forsøg (Askov og Lundgård).
Cu-balance after application of cattle manure to beet, kg Cu/ha.
Average of 4 experiments (Askov and Lundgaard).

	Kvæggødning, t/ha				
	Cattle manure, t/ha				
	25	50	100	200	400
<u>kg Cu/ha</u>	Gylle, slurry				
Tilført, <i>applied</i>	0,13	0,26	0,52	1,05	2,10
Høstet, <i>harvested</i>	0,06	0,08	0,10	0,11	0,11
Difference	0,07	0,18	0,42	0,94	1,99
<u>kg Cu/ha</u>	Fast gødning, FYM				
Tilført, <i>applied</i>	0,44	0,88	1,80	3,50	7,00
Høstet, <i>harvested</i>	0,06	0,07	0,09	0,10	0,11
Difference	0,38	0,81	1,71	3,40	6,89

Tabel 24. Zn-balance efter tilførsel af kvæggødning til bederoer, kg Zn/ha.
 Gns. af 4 forsøg (Askov og Lundgård).
Zn-balance after application of cattle manure to beet, kg Zn/ha.
Average of 4 experiments (Askov and Lundgaard).

	Kvæggødning, t/ha				
	Cattle manure, t/ha				
	25	50	100	200	400
<u>kg Zn/ha</u>	Gylle, slurry				
Tilført, <i>applied</i>	0,34	0,69	1,38	2,75	5,50
Høstet, <i>harvested</i>	0,27	0,34	0,43	0,49	0,52
Difference	0,07	0,35	0,95	2,26	4,98
<u>kg Zn/ha</u>	Fast gødning, FYM				
Tilført, <i>applied</i>	1,27	2,54	5,08	10,15	20,30
Høstet, <i>harvested</i>	0,25	0,33	0,42	0,50	0,52
Difference	1,02	2,21	4,66	9,65	19,78

Kobber- og zinktilførsel med husdyrgødning har ved anvendelse af fast gødning været 3-4 gange større end efter gylle (tabel 23 og 24). Til trods for denne store forskel i tilførsel efter de to gødningstyper, var afgrødernes optagelse af disse mineralstoffer den samme. Med husdyrgødning tilføres rigeligt til at forsyne roernes behov for kobber og zink.

Majs

Balancer for tilført og bortført kvælstof, fosfor og kalium i majs beregnet på grundlag af resultaterne fra forsøgene på sandjord ved Lundgård er vist i tabellerne 25 - 27.

Tabel 25. N-balance efter tilførsel af kvæg- og handelsgødning til majs på Lundgaard (kg N/ha). Gns. af 3 forsøg.

N-balance after application of cattle manure and fertilizer to maize on Lundgaard soil (kg N/ha). Average of 3 experiments.

	Kvæggødning, t/ha				Handelsgødning		
	Cattle manure, t/ha				Fertilizer		
	25	50	100	200	1/2	1	2
<u>kg N/ha</u>	Gylle, <i>slurry</i>				NPK		
Tilført, <i>applied</i>	97	193	386	773	80	160	320
Høstet, <i>harvested</i>	64	81	113	145	76	102	124
Difference	33	112	273	628	4	58	196
	Fast gødning, <i>FYM</i>						
Tilført, <i>applied</i>	126	252	503	1007			
Høstet, <i>harvested</i>	77	105	141	159			
Difference	49	147	362	848			

Tilførselen af kvælstof med husdyrgødningen har generelt været større end bortførselen med majsafgrøderne (tabel 25), og efter mere end 100 t gødning pr. ha er der betydelige kvælstofmængder i overskud.

Efter anvendelse af 80 kg N pr. ha i handelsgødning er der balance, medens 320 kg N pr. ha har resulteret i en overskudstilførsel af kvælstof.

Tabel 26. P-balance efter tilførsel af kvæg- og handelsgødning til majs på Lundgård (kg P/ha). Gns. af 3 forsøg.

P-balance after application of cattle manure and fertilizer to maize on Lundgaard soil (kg P/ha). Average of 3 experiments.

	Kvæggødning, t/ha				Handelsgødning		
	Cattle manure, t/ha				Fertilizer		
	25	50	100	200	1/2	1	2
<u>kg P/ha</u>	Gylle, <i>slurry</i>				NPK		
Tilført, <i>applied</i>	20	39	78	157	20	39	78
Høstet, <i>harvested</i>	16	17	22	26	15	18	20
Difference	4	22	56	131	5	21	58
	Fast gødning, <i>FYM</i>				NPK		
Tilført, <i>applied</i>	45	90	179	359	45	90	179
Høstet, <i>harvested</i>	18	23	32	37	18	20	24
Difference	27	67	147	322	27	70	155

Ved tilførsel af 20 kg P i 25 t gylle pr. ha eller 20 kg P pr. ha i handelsgødning er der balance mellem tilført og optaget P. Som følge af det højere P-indhold i den faste gødning medførte anvendelsen af denne gødningsform en stor overskudstilførsel af P.

Tabel 27. K-balance efter tilførsel af kvæg- og handelsgødning til majs på Lundgård (kg K/ha). Gns. af 6 forsøg.

K-balance after application of cattle manure and fertilizer to maize on Lundgaard soil (kg K/ha). Average of 6 experiments.

	Kvæggødning, t/ha				Handelsgødning		
	Cattle manure, t/ha				Fertilizer		
	25	50	100	200	1/2	1	2
<u>kg K/ha</u>							
Tilført, <i>applied</i>	83	166	332	663	83	166	332
Høstet, <i>harvested</i>	85	115	160	195	93	129	169
Difference	-2	51	172	468	-10	37	163

50 t husdyrgødning pr. ha opvejede majsafgrødens bortførsel af kalium. Anvendelse af større gødningsmængder medførte overskudstilførsel.

Tabel 28. Na, Mg, Mn, Cu og Zn balancer efter tilførsel af kvæggødning til majs på Lundgård.

Balance on Na, Mg, Mn, Cu and Zn after application of cattle manure to maize at Lundgaard soil.

	Gylle, t/ha, slurry				Fast gødning, t/ha, FYM			
	25	50	100	200	25	50	100	200
Na, kg/ha ^{*)}								
Tilført, <i>applied</i>	14	27	54	108	12	24	47	94
Høstet, <i>harvested</i>	1	2	3	3	2	3	3	3
Difference	13	25	51	105	10	21	44	91
Mg, kg/ha ^{*)}								
Tilført, <i>applied</i>	14	28	57	113	21	42	84	169
Høstet, <i>harvested</i>	8	10	12	14	10	13	17	16
Difference	6	18	45	99	11	29	67	153
Mn, kg/ha ^{**)}								
Tilført, <i>applied</i>	0,50	1,02	2,02	4,07	1,11	2,22	4,43	8,89
Høstet, <i>harvested</i>	0,15	0,23	0,24	0,36	0,15	0,18	0,18	0,19
Difference	0,35	0,79	1,78	3,71	0,96	2,04	4,25	8,70
Cu, kg/ha ^{**)}								
Tilført, <i>applied</i>	0,09	0,18	0,37	0,73	0,38	0,75	1,50	3,00
Høstet, <i>harvested</i>	0,01	0,02	0,02	0,02	0,03	0,02	0,02	0,02
Difference	0,08	0,16	0,35	0,71	0,35	0,73	1,48	2,98
Zn, kg/ha ^{**)}								
Tilført, <i>applied</i>	0,35	0,70	1,40	2,80	0,83	1,65	3,30	6,60
Høstet, <i>harvested</i>	0,10	0,15	0,15	0,26	0,16	0,15	0,17	0,17
Difference	0,25	0,55	1,25	2,54	0,67	1,50	3,13	6,43

^{*)} Na og Mg balance: gns. af 3 forsøg.

Na and Mg balance: Average of 3 experiments.

^{**)} Mn, Cu og Zn balance: 1 forsøgsår.

Mn, Cu and Zn balance: 1 experimental year.

For alle de i tabel 28 anførte mineralstoffer gælder, at der med de anførte mængder kvæggødning tilføres meget mere end majsafgrøderne bortfører.

Byg

En opgørelse over tilførsel og bortførsel af kvælstof med byg efter anvendelse af husdyr- og handelsgødning er vist i tabel 29.

Tabel 29. N-balance efter tilførsel af kvæg- og handelsgødning til byg, kg N/ha. Gns. 6 forsøg med kvæg og 12 forsøg med handelsgødning.
N-balance after application of cattle manure to barley on loam- and sand soil, kg N/ha. Average 6 experiments with cattle manure and 12 with fertilizer.

	Gylle, t/ha Slurry, t/ha			Fast gødning t/ha FYM, t/ha			Handelsgødning Fertilizer		
	25	50	100	25	50	100	1/2	1	2
	NPK								
kg N/ha	Askov								
Tilført, <i>applied</i>	99	199	397	127	254	509	40	80	160
Høstet, <i>harvested</i>	69	104	134	70	95	126	59	82	116
Difference	30	95	263	57	159	383	-19	-2	44
	Lundgaard								
Tilført, <i>applied</i>	85	170	340	135	269	539	40	80	160
Høstet, <i>harvested</i>	27	48	67	31	52	85	33	55	87
Difference	58	122	273	104	217	454	7	25	73

Ud fra udbytteresultaterne for byg (tabel 11) var der på lerjorden ikke udbyttemæssig baggrund for at tilføre mere end 50 t husdyrgødning pr. ha. I tabel 29 ses det, at kvælstoftilførselen med denne mængde må anses for at være tilstrækkelig, når der også tages hensyn til tab ved denitrifikation og udvaskning af kvælstof.

Efter anvendelse af 80 kg N pr. ha i handelsgødningskvælstof har der på lerjorden praktisk taget været balance, idet der i gennemsnit af 12 forsøg er

målt en optagelse på 82 kg N pr. ha.

Af tabel 29 fremgår, at afgrøderne på sandjorden i forhold til lerjorden kun har optaget ca. den halve mængde kvælstof. Denne forskel i kvælstofoptagelse på ler- og sandjord er i overensstemmelse med udbytteresultaterne i tabel 11.

Tabel 30. P-balance efter tilførsel af kvæggødning til byg (kg P/ha). Gns. af 6 forsøg.

*P-balance after application of cattle manure to barley (kg P/ha).
Average of 6 experiments.*

	Gylle, t/ha			Fast gødning t/ha		
	<i>Slurry, t/ha</i>			<i>FYM, t/ha</i>		
	25	50	100	25	50	100
<u>kg P/ha</u>	Askov					
Tilført, <i>applied</i>	18	36	72	42	85	170
Høstet, <i>harvested</i>	16	20	22	17	21	25
Difference	2	16	50	25	64	145
Lundgaard						
Tilført, <i>applied</i>	17	35	70	40	80	159
Høstet, <i>harvested</i>	6	9	12	8	12	19
Difference	11	26	58	32	68	140

Tabel 30 viser for lerjordens vedkommende balance mellem tilført og optaget P efter anvendelse af 25 t gylle pr. ha.

Et større P-indhold i den faste gødning medfører, at der gennemgående blev tilført betydelige større mængder P end bygplanterne kunne udnytte.

Tabel 31. K-balance efter tilførsel af kvæggødning til byg (kg K/ha). Gns. af 6 forsøg.

K-balance after application of cattle manure to barley (kg K/ha).

Average of 6 experiments.

	Gylle, t/ha			Fast gødning t/ha		
	Slurry, t/ha			FYM, t/ha		
	25	50	100	25	50	100
<u>kg K/ha</u>	Askov					
Tilført, <i>applied</i>	87	173	347	76	153	305
Høstet, <i>harvested</i>	49	75	104	49	73	108
Difference	38	98	243	27	80	197
	Lundgaard					
Tilført, <i>applied</i>	68	137	274	68	137	273
Høstet, <i>harvested</i>	13	23	35	15	26	43
Difference	55	114	239	53	111	230

For kalium har der for alle anvendte husdyrgødningsmængder været en positiv balance (tabel 31).

Bortførsel af natrium, magnesium, mangan, kobber og zink (tabel 32) er anført som gennemsnitstal for de to jordtyper. I forhold til sandjord var bortførslen af de enkelte mineralstoffer med afgrøderne lidt højere på lerjord som følge af de større udbytter på denne jordtype. For alle mineralstofferne gælder, at det kun er små mængder der bortføres med afgrøderne i forhold til, hvad der tilføres med husdyrgødning.

Tabel 32. Na-, Mg-, Mn-, Cu- og Zn balance efter tilførsel af kvæggødning til byg. Gns. af forsøg på Askov og Lundgård.

Balance on Na, Mg, Mn, Cu and Zn after application of cattle manure.

Average of experiments on Askov and Lundgaard soil.

	Gylle, t/ha, <i>slurry</i>			Fast gødning, t/ha, <i>FYM</i>		
	25	50	100	25	50	100
<i>Na, kg/ha</i> ^{*)}						
Tilført, <i>applied</i>	13	26	51	11	22	43
Høstet, <i>harvested</i>	2	2	3	2	2	3
Difference	11	24	48	9	20	40
<i>Mg, kg/ha</i> ^{*)}						
Tilført, <i>applied</i>	12	24	46	22	44	88
Høstet, <i>harvested</i>	4	5	6	4	6	7
Difference	8	19	40	18	38	81
<i>Mn, kg/ha</i> ^{**)}						
Tilført, <i>applied</i>	0,56	1,12	2,24	1,59	3,18	6,36
Høstet, <i>harvested</i>	0,07	0,11	0,16	0,07	0,09	0,13
Difference	0,49	1,01	2,08	1,52	3,09	6,23
<i>Cu, kg/ha</i> ^{**)}						
Tilført, <i>applied</i>	0,12	0,23	0,46	0,32	0,64	1,28
Høstet, <i>harvested</i>	0,02	0,02	0,03	0,01	0,01	0,02
Difference	0,10	0,21	0,43	0,31	0,63	1,26
<i>Zn, kg/ha</i> ^{**)}						
Tilført, <i>applied</i>	0,34	0,68	1,36	0,82	1,63	3,23
Høstet, <i>harvested</i>	0,10	0,15	0,19	0,10	0,13	0,18
Difference	0,24	0,53	1,17	0,72	1,50	3,05

*) Na og Mg balance: Gns. af 12 forsøg
Na and Mg balance: Average of 12 experiments

**) Mn, Cu og Zn balance: Gns. af 5 forsøg
Mn, Cu and Zn balance: Average of 5 experiments

Græs

Tabel 33 viser N-, P- og K-balancer for ital. rajgræs på lerjorden på grundlag af resultaterne fra forsøgsårene 1975 og 1979, hvor der var normale vækstbetingelser.

Balancerne for kvæggødning er gennemsnit for gylle og fast gødning.

Tabel 33. N-, P- og K-balance efter tilførsel af kvæg- og handelsgødning til forårsudlagt ital. rajgræs, kg/ha. Gns. af 4 forsøg (1975 og 1979).
N-, P- and K-balance after application of cattle manure and fertilizer to Ital. ryegrass, established in spring, kg/ha. Average of 4 experiments (1975 and 1979).

	Kvæggødning, t/ha Cattle manure, t/ha				Handelsgødning, kg/ha Fertilizer, kg/ha		
	25	50	100	200	1/2	1	2
	NPK						
	N, kg/ha						
Tilført, <i>applied</i>	135	269	538	1076	80	160	320
Høstet, <i>harvested</i>	88	122	195	287	96	166	276
Difference	47	147	343	789	-16	-6	44
	P, kg/ha						
Tilført, <i>applied</i>	38	75	151	301	38	75	151
Høstet, <i>harvested</i>	15	20	32	46	15	27	39
Difference	23	55	119	255	23	48	112
	K, kg/ha						
Tilført, <i>applied</i>	83	166	333	665	83	166	333
Høstet, <i>harvested</i>	143	196	328	455	162	278	430
Difference	-60	-30	5	210	-79	-112	-97

Det fremgår (tabel 33) at tilførsel af de anførte mængder kvælstof i handelsgødning har medført omtrentlig balance mellem tilført og optaget N ved 160 kg N pr. ha. Tilførsel af 25 t husdyrgødning eller mere medførte positiv balance.

Græsafgrødernes fosforbehov har været dækket ind ved tilførsel af 25 t husdyrgødning.

For kaliums vedkommende var forholdene væsentlig anderledes, idet der her skulle tilføres 100 t husdyrgødning pr. ha for at opnå balance mellem tilført og bortført K. Ved tilførsel af samme mængde kalium i handelsgødning var bortførslen større.

Tabel 34. Na og Mg balance efter tilførsel af kvæggødning til ital. rajgræs på Askov. Gns. af 2 forsøg (1975 og 1979).

Na and Mg balance after application of cattle manure to Ital. ryegrass on Askov soil. Average of 2 experiments (1975 and 1979).

	Gylle, t/ha, slurry				Fast gødning, t/ha, FYM			
	25	50	100	200	25	50	100	200
	Na, kg/ha							
Tilført, <i>applied</i>	15	29	57	115	11	21	42	84
Høstet, <i>harvested</i>	2	3	5	7	2	3	5	7
Difference	13	26	52	108	9	18	37	77
	Mg, kg/ha							
Tilført, <i>applied</i>	13	26	52	103	27	53	106	212
Høstet, <i>harvested</i>	6	8	11	16	6	8	12	17
Difference	7	18	41	87	21	45	94	195

Ved anvendelse af husdyrgødning blev der tilført større mængder natrium og magnesium end græsafgrøden bortførte (tabel 34). Selvom der med fast gødning blev tilført den dobbelte mængde magnesium, var bortførsel med afgrøderne den samme efter gylle og fast gødning.

Analysen for mangan, kobber og zink blev kun medtaget i et enkelt forsøg efter tilførsel af gylle og et efter tilførsel af fast gødning. Resultaterne fra disse to analyser viser overensstemmende, at der med husdyrgødning tilføres langt mere Mn, Cu og Zn end græsafgrøden optager. Ved en tilførsel af 25 til 200 t gødning pr. ha varierede mængden af optaget mangan fra 0,28 til 0,47 kg pr. ha og af kobber fra 0,03 til 0,08 kg pr. ha. For zink varierede optagelsen fra 0,13 til 0,33 kg pr. ha.

4.4 Næringsstofbalancer for sædskifter

I tabellerne 35, 36 og 37 er vist eksempler på balancer for tilført og bortført kvælstof, fosfor og kalium, hvor der gennem en årrække årligt blev tilført henholdsvis handels- og husdyrgødning til samme areal.

Tabel 35. N-balance efter årlig tilførsel af kvælstof i handels- og kvæggødning til samme areal gennem 12 år (kg N/ha).

N-balance after yearly application of nitrogen in fertilizer and cattle manure to same area during 12 years (kg N/ha).

	Handelsgødning			Gylle, t/ha			Fast gødning, t/ha		
	Fertilizer			Slurry			FYM		
	1/2	1	2	25	50	100	25	50	100
	NPK								
kg N/ha	Askov								
Tilført, <i>applied</i>	720	1440	2880	1203	2408	4811	1650	3300	6594
Høstet, <i>harvested</i>	986	1468	2192	985	1385	1829	910	1214	1699
Difference	-266	-28	688	218	1023	2982	740	2086	4895
Gns. årlig diff.	-22	-2	57	18	85	248	62	174	408
Average annual diff.									
kg N/ha	Lundgaard								
Tilført, <i>applied</i>	720	1440	2880	1103	2206	4405	1607	3214	6420
Høstet, <i>harvested</i>	809	1098	1588	614	975	1489	700	1085	1661
Difference	-89	342	1292	489	1231	2916	907	2129	4759
Gns. årlig diff.	-7	29	108	41	103	243	76	177	397
Average annual diff.									

Af kvælstofbalancen i tabel 35 ses, at hvor der i løbet af 12 år på samme areal mark i alt blev tilført 1440 kg pr. ha (årligt gns. 120 kg N pr. ha) i handelsgødning (1 NPK) til sædskiftet (roer, byg, græs eller majs og byg) er der omtrent balance mellem tilført og bortført kvælstof.

Anvendes husdyrgødning vil der efter årlig tilførsel af 50 t gylle på ler-

jorden være en overskudstilførsel på 85 kg N pr. ha og på sandjorden 103 kg N pr. ha i gennemsnit pr. år. Efter 100 t kvæggylle efterlades ca. 3 gange så meget.

Som^cdet tidligere er anført, skal der ved vurdering af disse mængder tages hensyn til et eventuelt tab ved NH_3 -fordampning, udvaskning og denitrifikation, som ikke er medregnet.

Tilførsel af tilsvarende mængder fast kvæggødning har medført en større positiv balance som følge af denne gødningsforms højere kvælstofindhold. På lerjorden var overskudstilførsel af kvælstof efter 50 t fast gødning pr. ha årligt dobbelt så stor som efter gylle.

Opgørelsen for fosfor (tabel 36) viser balance mellem tilført og bortført fosfor, hvor der til sædskiftet i gennemsnit tilførtes 18 kg P pr. ha årligt enten med 1/2 NPK i handelsgødning eller 25 t gylle.

Med 25 t fast gødning blev der tilført mere fosfor (gennemsnitlig 48 og 43 kg P årligt på henholdsvis ler- og sandjord). Det har resulteret i, at der allerede efter denne mængde husdyrgødning var en overskudstilførsel af fosfor på i gennemsnit 30 kg P pr. år.

Tabel 36. P-balance efter årlig tilførsel af fosfor i handels- og kvæggødning til samme areal gennem 12 år (kg P/ha).

P-balance after yearly application of phosphorous in fertilizer and cattle manure to same area during 12 years (kg P/ha).

[illegible]

Tabel 37. K-balance efter årlig tilførsel af kalium i handels- og kvæggødning til samme areal gennem 12 år (kg K/ha).

K-balance after yearly application of potassium in fertilizer and cattle manure to same area during 12 years (kg K/ha).

	Handelsgødning			Gylle, t/ha			Fast gødning, t/ha		
	Fertilizer			Slurry			FYM		
	1/2	1	2	25	50	100	25	50	100
	NPK								
<u>kg K/ha</u>	Askov								
Tilført, <i>applied</i>	1008	2015	4027	1008	2015	4027	996	1990	3977
Høstet, <i>harvested</i>	1404	2201	3379	1285	1724	2368	1080	1517	2246
Difference	-396	-186	648	-277	291	1659	-84	473	1731
Gns. årlig diff.	-33	-16	54	-23	24	138	-7	39	144
Average annual diff.									
<u>kg K/ha</u>	Lundgaard								
Tilført, <i>applied</i>	919	1838	3671	919	1838	3671	887	1774	3543
Høstet, <i>harvested</i>	1076	1396	1899	755	1221	1803	828	1276	1905
Difference	-157	442	1772	164	617	1868	59	498	1638
Gns. årlig diff.	-13	37	148	14	51	156	5	42	137
Average annual diff.									

Af tabel 37 ses, at afgrødernes samlede kaliumoptagelse (sum af 12 år) har været væsentligt højere på lerjorden end på sandjorden. Dette forhold skyldes i særlig grad, at der indgik en græsafgrøde i sædskifte på lerjorden, en afgrøde som optager meget kalium.

Dette forhold har medført, at der på sandjorden var positiv kaliumbalance, hvor der årligt blev tilført 25 t husdyrgødning, medens overskudstilførsel først viste sig på lerjorden efter 50 t gødning pr. ha.

4.5 Diskussion

Gennem korrekt gødsning bør der sigtes imod, at det økonomiske og det økologiske optimum falder så tæt sammen som muligt, idet der derved opnås den relativt mindste forureningsrisiko.

I forbindelse med anvendelse af husdyrgødning kan det være vanskeligt at nå dette mål, fordi husdyrgødningen i modsætning til handelsgødning indeholder en betydelig mængde organisk bundet kvælstof, der først ved mineralisering i jorden kan gøres tilgængelig for planterne. Endvidere vil der altid, uanset til hvilken afgrøde husdyrgødningen anvendes være en rest af gødningskvælstoffet tilbage i jorden. Dele af denne rest vil efterhånden blive mineraliseret, og sker dette udenfor vækstperioden er der risiko for udvaskning.

Resultaterne fra de omtalte forsøg viser, at tilførsel af meget store mængder husdyrgødning årligt eller med års mellemrum vil resultere i en væsentlig overskudstilførsel af plantenæringsstoffer. Herved opnås der ikke tilstrækkelig god udnyttelse af de tilførte næringsstoffer og dermed øges risikoen for uønskede miljømæssige konsekvenser.

I et sædskifte med roer, vårbyg, græs og vårbyg vil tilførsel af ca. 50 t kvæggødning af almindelig kvalitet anvendt årlig på rette måde være forsvarligt. Til afgrøder med stor produktion som roer og majs kan der anvendes større mængder, til korn eller andre afgrøder med kortere vækstperiode bør der anvendes mindre mængder.

På sandjorden har der i disse forsøg været bedre gødningsvirkning efter anvendelse af fast gødning i forhold til gylle. Det gælder ikke mindst i majs og vårbyg, (tabel 10 og 11). Når det har været tilfældet, skal det tages i betragtning, at udbringning af husdyrgødningen blev foretaget i december-januar måned, og såfremt betingelser for nitrificering er tilstede i tidsrummet mellem udbringning af gødning og plantevækst, vil der være risiko for nedvaskning af kvælstof. Dette gælder især for gylle, hvor halvdelen eller mere af totalkvælstofindholdet er på ammoniumform. I tilfælde af kvælstofnedvaskning vil der derfor efter tilførsel af fast gødning være større mængder kvælstof til rådighed for mineralisering i vækstsæsonen end efter tilførsel af gylle. Der til kommer, at gødningstilførslen i forsøgene blev beregnet på udbringning af samme mængde af de to gødningsformer i tons pr. ha, hvilket har betydet at der med den faste gødning blev tilført betydelig mere totalkvælstof end med gylle.

Den bedste udnyttelse af husdyrgødnings plantenæringsstoffer opnås, når

udbringning sker så nær vækstperioden som muligt.

I sædskiftet på lerjorden indgik forårssået ital. rajgræs, og som resultaterne viser, blev der ved tilførsel af op til 100 t gødning pr. ha målt større udbytter efter gylle end efter tilførsel af fast gødning. Dette kan sikkert henføres til, den måde gødningen blev fordelt på i vækstperioden, med halvdel udbragt og nedpløjet i december/januar og de resterende mængder overfladeudbragt efter 1. og 2. slæt. Medens udbyttet i 1. slæt var nogenlunde ens for de to gødningsformer, blev der i de efterfølgende slæt høstet et større udbytte efter gylletilførsel. Dette skyldes antagelig, at der med den letflydende gylle er opnået en bedre jordkontakt, ved at noget af gødningen er sivet ned i det øverste jordlag. Det skal dog pointeres, at forsøgene er gennemført uden mulighed for vanding, og dermed har risiko for et større ammoniakfordampningstab fra den faste gødning også været til stede. Ved direkte nedfældning af gylle opnåes bedre gødningsvirkning (Larsen & Keller, 1985a, 1985b; Meincke 1985).

Hvis husdyrgødningens indhold af kvælstof lægges til grund for tilførsel af husdyrgødning til de enkelte afgrøder, vil der i reglen ske en overskudstilførsel af fosfor. Overskudstilførsel af fosfor vil indgå som reserve i jorden, der delvis vil være til rådighed de følgende år. De opstillede balancer for tilført og bortført fosfor viser, at anvendelse af 25-50 t husdyrgødning pr. ha ved de opnåede udbytter har været nok til at dække afgrødernes fosforbehov.

For så vidt angår kalium, er der større forskel på de enkelte afgrødernes optagelse af dette næringsstof. Medens der kun skal mindre mængder husdyrgødning til for at opveje byg- og majsafgrødernes bortførsel af kalium, har der først været balance efter tilførsel af 100 t gødning til roer og græs.

Ved tilførsel af husdyrgødning har de i sædskiftet anvendte afgrødernes behov med hensyn til natrium, magnesium, mangan og kobber været dækket ind. En undtagelse har været natrium for bederoernes vedkommende, hvor selv tilførsel af 100 t gødning pr. ha ikke kunne dække bortførslen.

5. LYSIMETERFORSØG

5.1 Forsøgets gennemførelse

Metodik

Lysimeteranlægget består af 124 lysimeterkar fordelt på 2 dobbeltrækker. Mellem rækkerne er placeret en underjordisk gang, hvor beholderne til opsamling af gennemsivningsvandet fra lysimeterkarrene er placeret.

I fig. 3 er vist et snit af et lysimeterkar og dets placering.

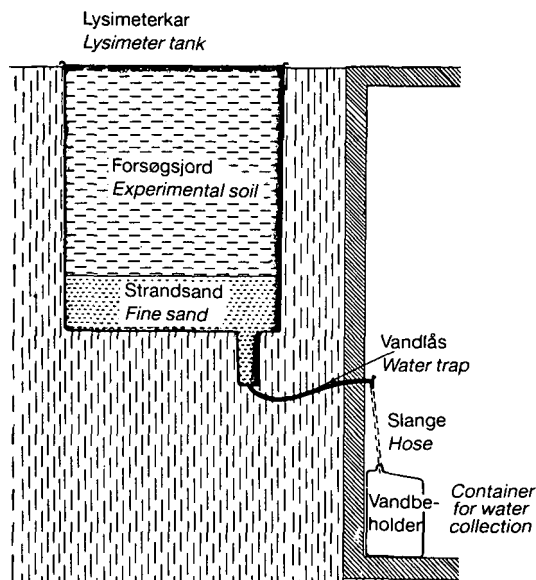


Fig. 3. Snit af lysimeteranlæg.

Sectional view of lysimeter installation.

Lysimeterkarret er cirkulært og fremstillet af glasfiberarmeret polyester, som er indifferent overfor jord og jordvædske. Karret har en diameter på 1,03 m (areal 0,83 m²) og er 1,5 m dybt, hvoraf de nederste 25 cm består af en studs på 10 cm i diameter. På studsen er fastspændt en armeret plastslange, som fører ind til den underjordisk gang, hvor nedsivningsvandet opsamles i 25 l plastdunke.

For at undgå indtrængning af atmosfærisk luft i bunden af karret er dræns-langen placeret, så den danner vandlås. I tuden og i de nederste 25 cm af karret er anbragt fint strandsand (Kristensen og Aslyng 1971).

Forsøgsplan

Til forsøget blev anvendt 36 lysimeterkar. I 12 blev der fyldt sandjord (Lundgård JB 1) og 24 kar lerjord (Rønhave JB 7).

Jorden blev i sommeren 1973 udtaget i marken lagvis 0-25, 25-40 og 40-100 cm dybde, ved henholdsvis Lundgård og Rønhave forsøgsstation. De enkelte lag blev derefter sigtet og blandet og anbragt lagvis i lysimeterkarrene uden pakning. Jorden lå derefter ubevokset hen til foråret 1974, hvor forsøget startede. Samtidig med ifyldningen blev der udtaget prøver til texturanalyse (tabel 38).

Tabel 38. Tekstur i pct. ved anlæg af lysimeterforsøg.

Textur in per cent prior to start of lysimeter experiment.

Dybde i cm	Ler	Silt	Finsand	Grovsand
Depth, cm	Clay	Silt	Fine sand	Coarse sand
* Rønhave (JB 7)				
0- 25	13	18	46	23
25- 40	17	16	48	19
40-100	21	19	33	21
** Lundgaard (JB 1)				
0- 25	7	3	23	67
25- 40	6	3	29	62
40-100	6	3	23	68

* JB 7 = lerjord, *loam soil*

** JB 1 = grov sandjord, *coarse sand soil*

Forsøget på lerjord blev anlagt i 2 afdelinger, en for tilførsel af kvæggylle og en for fast gødning. På sandjord blev kun anlagt 1 afdeling for gylletilførsel.

I forsøgsplanen indgik de samme 12 forsøgsled som i markforsøget, med stigende tilførsel af NPK i handelsgødning, udbringning af husdyrgødning henholdsvis hvert år, hvert 2. og 4. år (se afsnit 4.1, tabel 2).

Afgrøder

Der blev anvendt samme sædskifte som i markforsøget ved Askov (se afsnit 4.1), og afgrødefølgen var bederoer, vårbyg, forårssået ital. rajgræs uden dæksæd og vårbyg.

Forsøgsperioden var 10 år, d.v.s. at der i sædskiftet har været 2 1/2 rotation. Roerne indgik 3 gange, byg 5 gange og græs 2 gange i forsøgsperioden.

Gødskning

Husdyrgødningsmængderne tilført årligt i forsøgsled 4-6 var 2,5, 5,0 og 10 kg pr. m² svarende til 25, 50 og 100 t gødning pr. ha.

Gødningstilførsel hver 2. år i forsøgsled 7-9 udgjorde 5,0, 10 og 20 kg pr. m² og hvert 4. år henholdsvis 10, 20 og 40 kg i forsøgsledene 10-12.

Husdyrgødning til roer og byg blev tilført i december-januar og straks nedgravet. Til forårsudlagt ital. rajgræs blev husdyrgødning tildelt med 50 pct. i samme periode og derefter med 25 pct. efter henholdsvis 1. og 2. slæt.

Gødskning med handelsgødning i forsøgsledene 1-3 er anført i tabel 39.

Tabel 39. N-tilførsel i kalkammonsalpeter, g/m².
Supply of N in CAN, g/m².

Forsøgsled	Afgrøde	
	Crop	
	Byg	Roer, græs
<u>Treatment</u>	<u>Barley</u>	<u>Beet, grass</u>
1 1/2 NPK	4	8
2 1 NPK	8	16
3 2 NPK	16	32

P og K blev tilført i samme mængde som med husdyrgødning, forsøgsleddene 4 til 6.

Handelsgødning til byg blev tilført ved såning. Til roer blev hele mængden af P og K, samt halvdelen af N udbragt ved såning, og den resterende mængde N blev tilført midt i juni måned.

Handelsgødning til græs er fordelt med 50% ved såning og 25% efter henholdsvis 1. og 2. slæt.

Staldgødningens næringsstofindhold

Den anvendte husdyrgødning blev hvert år analyseret for indhold af plantenæringsstoffer. Det gennemsnitlige indhold i henholdsvis kvæggylle og fast kvæggødning fremgår af tabel 40.

Tabel 40. Næringsstofindhold i kvæggødning (gns. af 1974-83).

Content of nutrients in cattle manure (average of 1974-83).

	Kvæggylle	Fast kvæggødning
	<i>Cattle slurry</i>	<i>FYM</i>
% i foreliggende stof		
% in fresh material		
Tørstof (dry matter)	7,99	23,56
Sand		7,29
Kvælstof, total-N	0,431	0,551
Amm. kvælstof, $\text{NH}_4\text{-N}$	0,261	0,173
Fosfor, P	0,078	0,179
Kalium, K	0,340	0,319
Natrium, Na	0,060	0,052
Calcium, Ca	0,116	0,294
Magnesium, Mg	0,050	0,096
ppm i foreliggende stof		
ppm in fresh material		
Kobber, Cu	4	18
Mangan, Mn	24	60
Zink, Zn	13	52

I tabel 41 er anført den gennemsnitlige næringsstofftilførsel med husdyrgødning i led 5.

Tabel 41. Gennemsnitlig tilførsel af plantenæringsstoffer i kvæggylle og fast kvæggødning ved tilførsel af 5 kg gødning pr. m² (1974-83).
Average supply of plant nutrients in cattle slurry and FYM after application of 5 kg per m² (1974-83).

	total-N	NH ₄ -N	P	K ₂	Na	Ca	Mg	Cu	Mn	Zn
				g/m				mg/m		
Kvæggylle										
Cattle slurry										
Roer	19,9	12,2	3,9	16,3	2,5	5,4	2,2	18	110	57
Beets										
Byg	20,8	12,2	4,1	16,1	2,6	4,9	2,4	18	103	52
Barley										
Grass	22,1	13,7	3,9	17,1	3,6	8,4	2,7	16	122	91
Grass										
Fast kvæggødning										
FYM										
Roer	24,9	6,7	9,4	15,6	1,7	13,9	4,9	83	247	202
Beets										
Byg	28,6	10,4	8,0	16,6	2,4	10,2	4,5	50	217	146
Barley										
Grass	27,3	6,4	10,9	14,5	3,1	24,6	5,3	165	455	486
Grass										

Med fast gødning er tilført større mængder total-kvælstof, fosfor, calcium, magnesium, kobber, zink og mangan end med gylle, medens der med gyllen er tilført mere ammoniumkvælstof (tabel 41). Tilførsel af kalium og natrium er praktisk taget ens for de to gødningstyper.

Udbyttebestemmelser

Udbytteerne af de enkelte afgrøder er omregnet til foderenheder (f.e.) pr. m². Ved beregning er anvendt de samme omregningsfaktorer som i markforsøget (4.1 Udbyttebestemmelser).

Analyser

Afgrøderne er analyseret for total-N (Kjeldahl), P (ammoniumvanadatmetode), K, Na, Ca og Mg (atomabsorptionsflammetometri).

Gennemsnitsvandet (drønvandet) er opsamlet hver anden uge og analyseret for NO_3 -N. I vandprøver opsamlet i perioderne fra afstrømningens begyndelse til 1. december, fra 1. december til 1. februar, og fra 1. februar til afstrømningen er sluttet, er der foretaget bestemmelse af vandopløseligt P (ascorbinsyremetode), Cl (elektrometrisk titrering med AgNO_3), K, Na, Ca og Mg (samme metode som afgrøden), SO_4 -S (titreringsanalyse, indikator, thorin) samt HCO_3 og ledningsevne (mho).

Til kontrol af analyseresultaterne er der for hver vandprøve foretaget beregning af anion-kationbalance.

5.2 Resultater

5.2.1 Udbytter

I tabel 42 er vist det gennemsnitlige udbytte af de forskellige afgrøder efter årlig tilførsel af handels- og husdyrgødning. Bederøer indgik i forsøgsperioden som afgrøde i 1., 5. og 9. forsøgsår, byg i 2., 4., 6., 8. og 10. forsøgsår og græs i 3. og 7. forsøgsår.

Der har været god virkning for anvendelse af gylle til bederøer og græs på sandjorden. I vårbyg har handelsgødning givet større udbytte end husdyrgødning.

På lerjorden er der generelt målt højere udbytter efter tilførsel af handelsgødning.

Tabel 42. Afgrødeudbytter (f.e./m²) i lysimeterforsøg (1974-83).
Yields of crops (feed unit/m²) from lysimeter experiment (1974-83).

Afgroeder)) Crops	Handelsgødning			Kvæggødning, kg/m ² /år		
	Mineral fertilizer			Cattle manure, kg/m ² /year		
	1/2	1	2	2,5	5,0	10,0
	NPK					
	Lundgaard					
				Gylle, slurry		
Bederøer, beet	1,08	1,65	2,01	1,09	1,52	2,25
Byg, barley	0,40	0,61	0,81	0,59	0,52	0,65
Græs, grass	0,33	0,53	0,78	0,38	0,54	0,74
	Rønhave					
				Gylle, slurry		
Bederøer, beet	1,82	2,03	2,77	1,67	1,81	2,20
Byg, barley	0,62	0,82	1,09	0,60	0,73	0,85
Græs, grass	0,49	0,62	0,90	0,43	0,65	0,87
				Fast gødning, FYM		
Bederøer, beet	1,82	2,03	2,77	1,83	2,03	2,06
Byg, barley	0,62	0,82	1,09	0,59	0,68	0,81
Græs, grass	0,49	0,62	0,90	0,37	0,50	0,75

*) Bederoer, gns. 3 forsøgsår, byg 5 og græs 2 forsøgsår.

Beet, average 3 years, barley 5 and grass 2 years.

Virkning af mineralsk-N

For at sammenligne kvælstofvirkningen af handels- og husdyrgødning er udbytterne af de enkelte afgrøder sat i relation til den tilførte mængde mineralsk N (fig. 4).

For husdyrgødningens vedkommende er mineralsk N lig med tilførsel af ammoniumkvælstof. For handelsgødning (kalkammonsalpeter = kas.) er mineralsk kvælstof lig med ammonium + nitratkvælstof.

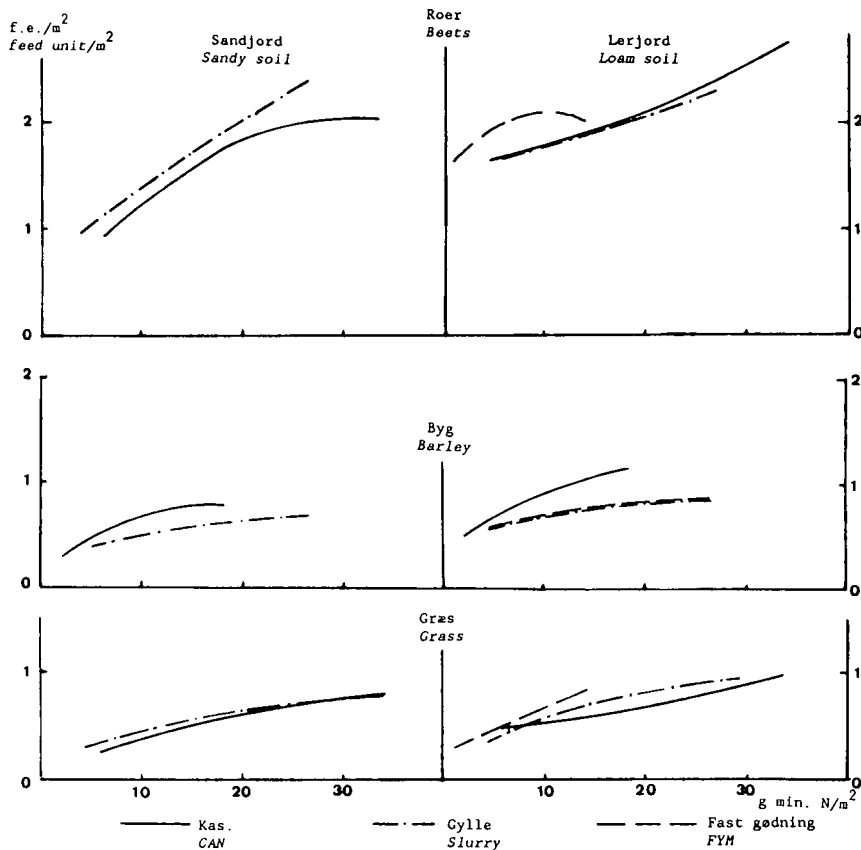


Fig. 4. Udbytter (f.e./m²) ved stigende kvælstoftilførsel i form af kvæg- og handelsgødning (1974-83).

Yield in dry matter (feed unit/m²) after increased application of nitrogen in cattle manure or mineral fertilizer (1974-83).

Til roer på sandjord har gylle givet større udbytte end en tilsvarende mængde mineralisk kvælstof i handelsgødning. På lerjord har fast gødning virket bedst, medens der for gylle og handelsgødningskvælstof er opnået omtrent samme udbytte.

I byg er det modsatte tilfældet, mens der i græs ikke fandtes en større forskel mellem de 3 gødningstyper.

Forskel i virkning kan bl. a. tilskrives forskelle i længden af de 3 afgrøders vækstperiode. I modsætning til vårbyg, kan roer og græs, som følge af deres lange vækstperiode, udnytte det kvælstof, der senere på sommeren frigøres ved mineralisering af organisk bundet kvælstof i husdyrgødningen.

Sædskifte

I figur 5 er vist udbyttet i sædskiftet på grundlag af tilført mineralsk kvælstof.

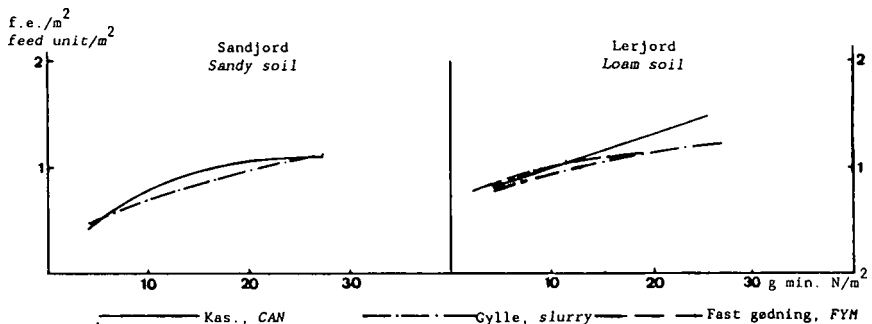


Fig. 5. Gennemsnitsudbytte (f.e./m^2) af sædskiftet efter anvendelse af kvæg- og handelsgødning (1974-83).

Crop yield (feed unit, f.u./m^2) as average of rotation after use of cattle manure and fertilizer (1974-83).

Med det anvendte sædskifte har der på sandjord været samme gødningsvirkning efter tilførsel af samme mængde mineralsk-N i handelsgødning og i gylle. Udbyttetstigningen ved stigende kvælstoftilførsel har praktisk taget været den samme.

På lerjord har de tre gødningstyper ved lavt N-niveau givet samme udbytte. Ved stigende tilførsel af kvælstof tenderer handelsgødning mod at give højere udbytte end gylle og fast kvæggødning.

5.2.2 Næringsstofudvaskning

Mængden af gennemsivningsvand varierer såvel med årene som med afgrødeudbytte. I tabel 43 er vist mængden af opsamlet gennemsivningsvand i afstrømningsperioden efterår til forår, udtrykt som gennemsnit af sædskiftet.

Tabel 43. Mængden af gennemsivningsvand opsamlet i afstrømningsperioden efterår-forår (1974-83).

The average amount of water leached during the period from autumn to spring (1974-83).

	Handelsgødning			Kvæggødning, kg/m ²		
	Mineral fertilizer			Cattle manure, kg/m ²		
	1/2	1	2	2,5	5	10
	NPK					
Vandmængde, mm	483	472	437	481	473	448
Leach water, mm						

Det ses, fig. 6, at forskelle i mængden af gennemsivningsvand som følge af forsøgsbehandling navnlig forekommer i afstrømningsperioden efterår til 1. december. I denne periode blev der fundet en forskel i vandmængde på ca. 45 mm efter tilførsel af mindste (1/2 NPK) og største N-mængde (2 NPK).

Stigende gødskning har bevirket større afgrøder og dermed større vandforbrug, således at der efter høst skulle væsentligt mere nedbør til at "fylde" jorden til markkapacitet, hvor der var gødet kraftigst.

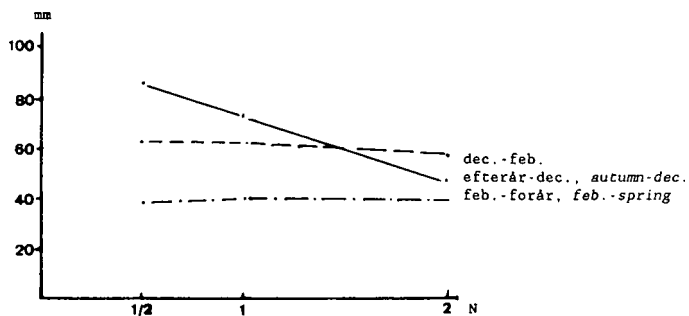


Fig. 6. Mængde af gennemsivningsvand (mm) i delperioderne efterår - 1. december, 1. december - 1. februar og 1. februar til forår. Gns. af 1974-83.

The amount of water leached during different periods. Average of 1974-83.

5.2.2.1 Kvælstofudvaskning

Kvælstofkoncentration i afstrømningsvandet

I figur 7 er vist koncentration i gennemsivningsvandet for afstrømningsperioden i relation til total kvælstoftilførsel.

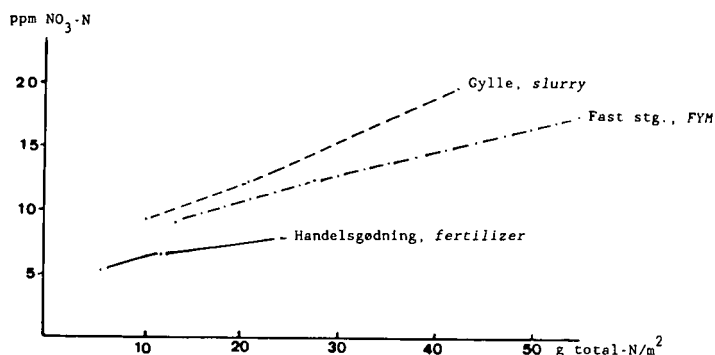


Fig. 7. Nitratkoncentration (ppm NO₃-N) i gennemsivningsvandet. Gns. af 1974-83.

NO₃-N concentration in percolation water. Average of 1974-83.

Kvælstofkoncentrationene har været svagt stigende med øget kvælstoftilførsel. Mindst stigning er målt efter tilførsel af handelsgødning. En fordobling af N-tilførsel fra 12 til 24 g N pr. m² har kun forøget kvælstofkoncentrationen fra 6,5 til 8,0 mg NO₃-N pr. liter gennemsvivningsvand.

Den højere kvælstofkoncentration i gennemsvivningsvandet efter tilførsel af kvæggylle skyldes sandsynligvis mineralisering fra gyllens let mineraliserbare organiske stof, idet mængden af mineralsk kvælstof (ammonium-N) tilført med gyllen har været den samme som tilført med handelsgødning.

Der blev ikke fundet signifikante forskelle i kvælstofkoncentrationen mellem ler- og sandjord efter tilførsel af handelsgødning. Samme forhold gør sig også gældende for kvæggylle tilført de to jordtyper.

Kvælstofudvaskning efter de enkelte afgrøder

Kvælstofudvaskning i første del af afstrømningsperioden hidrører formodentligt primært fra mineralisering af organisk bundet N i rod- og stubrester og fra den tilførte husdyrgødning. Senere falder nitrat-koncentrationen og dermed kvælstofudvaskningen til et lavere niveau, hvor den holder sig nogenlunde konstant resten af afstrømningsperioden. Denne udvaskning må formodentligt primært stamme fra jordens baggrundsmineralisering.

I nærværende undersøgelse er husdyrgødningen udbragt i december-januar måned. I tilfælde af relativt høje temperaturer i sidste del af afstrømningsperioden (d.v.s. marts-april) kan der ske en nitrificering af det med husdyrgødningen tilførte ammoniumkvælstof med en heraf følgende kvælstofudvaskning. Denne udvaskning har således ikke relation til den foregående afgrøde eller dennes gødningstilførsel.

Med baggrund i ovennævnte forhold er kvælstofudvaskningen efter de forskellige afgrøder opgjort i perioden fra afstrømningens begyndelse om efteråret og til omkring 1. februar (fig. 8).

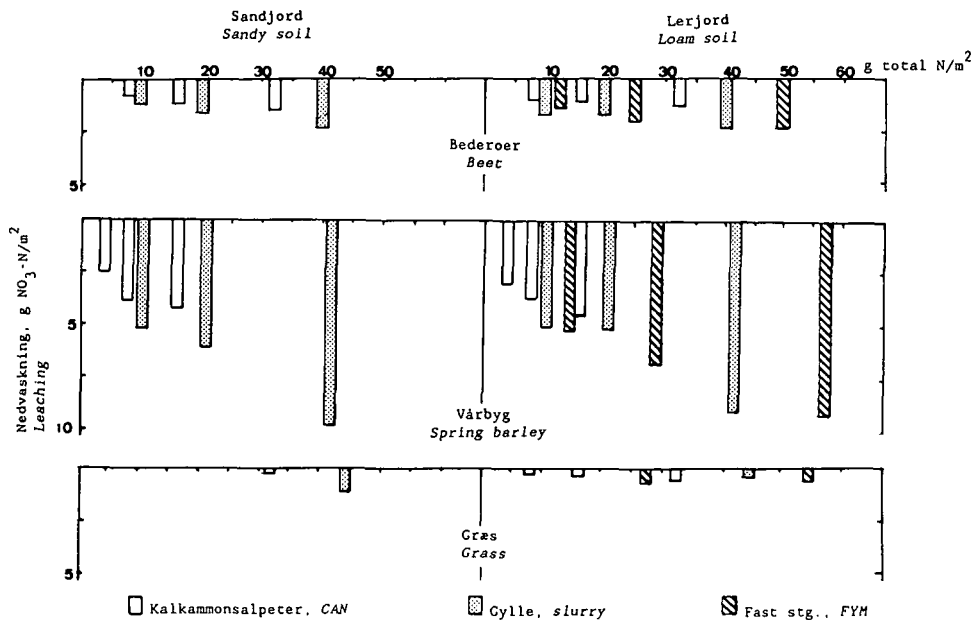


Fig. 8. Kvælstofudvaskning ($\text{g NO}_3\text{-N/m}^2$) i perioden efterår til 1. februar efter stigende tilførsel af husdyr- og handelsgødning (1974-83).
 Leaching of N ($\text{g NO}_3\text{-N/m}^2$) during the period autumn to 1. Februar after application of increasing amounts of cattle manure and mineral fertilizer (1974-83).

Det ses, at kvælstofudvaskningen er størst efter vårbyg, mindre efter roer og mindst efter græs. Kvælstofudvaskningen efter byg, hvor der er tilført 8 og 16 g kvælstof pr. m² i kalkammonsalpeter (80 og 160 kg N pr. ha), har i gennemsnit været 3,7 og 4,3 g N pr. m² svarende til 37 og 43 kg N pr. ha. Kvælstofudvaskning har været større efter tilførsel af husdyrgødning (gylle og fast kvæggødning).

Ved tilførsel af 2,5 kg gylle pr. m² (25 t pr. ha) er der i gennemsnit udvasket 5,1 g N pr. m², hvilket svarer til 51 kg N pr. ha. Fordobles gyllemængden er udvaskningen steget til 6,0 g N pr. m², og med en husdyrgødningstilførsel på 10 kg pr. m² blev der udvasket 9,3 g N pr. m² eller 93 kg N pr. ha.

Afgrøder med en længere vækstsæson (roer og græs) optager også kvælstof i eftersommeren, hvorfor kvælstofudvaskningen herfra er væsentlig mindre.

Efter husdyrgødning til roer har kvælstofudvaskningen været 1,4-2,3 g N pr. m², og udvaskningen har kun været lidt påvirket af gødningsmængden.

Når jorden er græsdækket vil det frigjorte kvælstof blive optaget af græsset, og udvaskningen bliver derfor lille. Ved tilførsel af 100 t husdyrgødning pr. ha eller 320 kg N pr. ha i kalkammonsalpeter er der i gennemsnit målt en udvaskning på henholdsvis 0,7 og 0,6 g pr. m².

Kvælstofudvaskning i sædskiftet

Fig. 9 viser kvælstofudvaskningen i gennemsnit af sædskiftet med bederoer, byg, græs og byg på ler- og sandjord efter årlig tilførsel af kvæg- og handelsgødning.

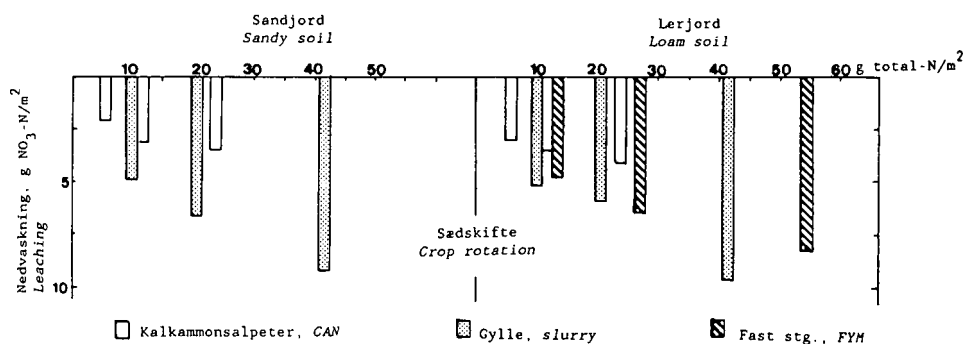


Fig. 9. Sædskiftets gennemsnitlige kvælstofudvaskning (g NO₃-N/m²), (1974-83).
The average leaching of N (g NO₃-N/m²) from the crop rotation (1974-83).

Det ses, at den gennemsnitlige årlige kvælstofudvaskning ved samme tilførsel af total-N var større efter anvendelse af husdyrgødning end efter anvendelse af handelsgødning. Derimod var der ikke større forskel i N-udvaskningen efter gylle og fast gødning. Udvasningen efter anvendelse af husdyrgødning på ler- og sandjord var stort set den samme.

Kvælstofudvaskning efter periodisk tilførsel af kvæggødning

I lighed med markforsøget indgik der i lysimeterforsøget også periodisk udbringning af kvæggødning til sædskiftet (hvert anden og hvert fjerde år).

Kvælstofudvaskning som gennemsnit af sædskiftet efter tilførsel af moderate mængder husdyrgødning hvert år i forhold til udbringning af større mængder hvert anden eller hvert fjerde år er vist i tabel 44.

Tabel 44. Kvælstofudvaskning ($\text{g NO}_3\text{-N/m}^2$) efter årlig eller periodisk tilførsel af kvæggødning. Gns. af sædskiftet (1974-83).
Leaching of N ($\text{g NO}_3\text{-N/m}^2$) after yearly or periodic application of cattle manure. Average of crop rotation (1974-83).

Tilført gødningsmængde	Kvælstofudvaskning, $\text{g NO}_3\text{-N/m}^2/\text{år}$ <i>N-leaching, $\text{g NO}_3\text{-N/m}^2/\text{year}$</i>		
	Gylle, <i>slurry</i>	Fast stg., <i>FYM</i>	
	Lundgaard	Rørhave	Rørhave
2,5 kg/m^2 hvert år, <i>every year</i>	2,9	2,9	2,9
5,0 - hvert 2. år, <i>every 2nd year</i>	2,0	1,9	2,6
10,0 - hvert 4. år, <i>every 4th year</i>	2,3	2,7	2,0
5,0 - hvert år, <i>every year</i>	3,4	2,9	4,0
10,0 - hvert 2. år, <i>every 2nd year</i>	2,1	2,3	3,3
20,0 - hvert 4. år, <i>every 4th year</i>	2,6	2,3	2,6
10,0 - hvert år, <i>every year</i>	5,7	5,2	5,4
20,0 - hvert 2. år, <i>every 2nd year</i>	3,0	3,0	4,3
40,0 - hvert 4. år, <i>every 4th year</i>	3,6	4,0	4,5

Som ventet er der målt stigende udvaskning ved stigende gylletilførsel, og N-udvaskningen i sædskiftet har været størst efter årlig tilførsel.

Fast staldgødning har generelt givet lidt større N-udvaskning end gylle, hvilket kan skyldes det større total-N-indhold i fast staldgødning.

5.2.2.2 Fosfor og kaliumudvaskning

Udvaskningen af vandopløseligt fosfor har været mindre end 0,03 g pr. m² eller svarende til 300 g pr. ha, og var ikke påvirket af de anvendte gødningsmængder.

Tabel 45. Kaliumudvaskning efter forskellige afgrøder (g K/m²).
Leaching of potassium after different crops (g K/m²).

Afgrøde Crops	Handelsgødning Mineral fertilizer			Kvæggødning kg/m ² *) Animal manure, kg/m ²		
	1/2	1	2	2,5	5	10
NPK						
Lundgaard						
Roer, beet	1,3	1,3	1,6	1,3	1,2	1,5
Byg, barley	1,3	1,2	1,7	1,2	1,1	1,5
Græs, grass	1,3	1,1	1,4	1,1	1,0	1,7
Rørhave						
Roer, beet	0,4	0,4	0,3	0,4	0,4	0,3
Byg, barley	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3
Græs, grass	0,4	0,4	0,3	0,4	0,4	0,3

*) Kun gylle på sandjord, only slurry on sand soil.

Der har ikke været forskel i kaliumudvaskning hverken mellem de forskellige afgrøder eller gødningstyper (tabel 45).

Derimod var der forskel i udvaskningen fra de to jordtyper. På sandjorden har kaliumudvaskningen varieret mellem 1,0 og 1,7 g pr. m² (10 til 17 kg K/ha)², mens den var væsentlig mindre efter afgrøderne på lerjorden, 0,3-0,4 g pr. m² (3 til 4 kg K/ha).

5.2.2.3 Udvaskning af andre næringsstoffer

Tabel 46. Udvaskning af Na, Ca, Mg, Cl og SO_4 -S (g/m^2) efter tilførsel af kvæg- og handelsgødning (1974-83). Gns.

Leaching of Na, Ca, Mg, Cl and SO_4 -S (g/m^2) after supply of cattle manure and fertilizer (1974-83). Average.

	Handelsgødning			Kvæggødning, cattle manure, kg/m^2					
	Mineral fertilizer			Gylle, slurry			Fast gødning, FYM		
	1/2	1	2	2,5	5	10	2,5	5	10
NPK									
Lundgaard									
Na	2,6	2,8	3,1	3,9	5,0	6,8			
Ca	26,3	31,7	42,7	27,8	32,3	36,5			
Mg	0,9	1,0	1,3	0,9	1,0	1,2			
Cl	9,2	13,4	22,0	8,3	10,2	13,6			
SO_4 -S	5,8	8,2	13,1	4,5	4,5	5,4			
Rørhave									
Na	2,6	2,4	1,9	3,5	4,4	4,6	3,4	3,7	4,5
Ca	45,3	49,8	61,5	43,1	42,0	47,9	41,4	46,8	47,8
Mg	1,9	2,0	2,5	1,9	1,8	2,0	1,9	2,1	2,0
Cl	8,8	12,3	20,6	6,9	9,1	12,5	6,6	7,1	8,9
SO_4 -S	8,1	12,1	19,8	4,8	4,8	5,1	4,7	5,2	5,8

Udvaskning af andre plantenæringsstoffer er vist i tabel 46.

På lerjorden var udvaskningen af de forskellige stoffer nogenlunde ens efter anvendelse af de to former for husdyrgødning.

Natriumudvaskning efter gylletilførsel har været større på sandjord end på lerjord. For begge jordtyper gælder, at udvaskningen efter anvendelse af husdyrgødning er større end efter handelsgødning. Da der ikke er anvendt en speciel natriumholdig kvælstofgødning i forsøgsleddene med handelsgødning må denne forskel være et udtryk for udvaskning af en del af det med husdyrgødningen tilførte natrium.

Der blev målt en betydelig calciumudvaskning, stigende med stigende tilførsel.

sel af gødning og størst på lerjord.

I forhold til handelsgødning har tilførsel af husdyrgødning ikke givet større udvaskning af magnesium.

Udvaskningen af klorid og sulfat-S er væsentlig større efter anvendelse af handelsgødning sammenholdt med husdyrgødning. Baggrunden for denne forskel er sikkert forbundet med kloridtilførsel med kaliumgødning og sulfat-S efter superfosfatgødsning.

5.3 Næringsstofbalancer

5.3.1 Balancer for de enkelte afgrøder

Næringsstofbalancer efter anvendelse af husdyr- og handelsgødning er opstillet efter følgende ligning:

$$\text{Tilført} \div (\text{Høstet} + \text{Udvasket}) = \text{Difference}$$

Lægges tab af næringsstof ved udvaskning til den mængde der bortføres fra marken med afgrøden (høstet) fås et udtryk, der dækker over, hvor meget af næringsstoffet, der er blevet tilbageholdt i jorden i form af langsomt omsættelige forbindelser, og for kvælstofs vedkommende desuden forsvundet ved luftformige tab (ammoniakfordampning og denitrifikation).

I tabel 47 og 48 er vist kvælstofbalancer for de afgrøder, som indgik i sædskiftet. Tilførsel af kvælstof fra atmosfæren er ikke medregnet i balancerne.

Efter tilførsel til roer af 5 kg husdyrgødning pr. m² (50 t pr. ha), indeholdende 20 g total-N pr. m² (200 kg N/ha) har der, når kvælstofudvaskningen medregnes, næsten været balance. Hvis gødningsmængden derimod øges til det dobbelte, 100 t pr. ha, har afgrøderne ikke kunnet udnytte det tilførte kvælstof, hvilket bl.a. har resulteret i en stigning i N-udvaskning som tidligere omtalt.

Bygafgrøderne har efterladt mere kvælstof i marken end bederoerne, og selv om det har medført en væsentlig større udvaskning efter høst, har anvendelse af 5 kg husdyrgødning pr. m² resulteret i en positiv kvælstofbalance.

For græssets vedkommende har tilførsel af 5 kg husdyrgødning pr. m² (50 t pr. ha) og derved medført et væsentlig overskud af kvælstof.

Tabel 47. N-balance (g/m^2) efter anvendelse af kvæggylle og handelsgødning på
Lundgaard. Gns 1974-83.
N-balance (g/m^2) after use of slurry and fertilizer on Lundgaard
soil. Average 1974-83.

Lundgaard	Handelsgødning, NPK			Gylle, kg/m^2		
	Fertilizer, NPK			Slurry, kg/m^2		
	1/2	1	2	2,5	5	10
Roer, beets						
Tilført total N <i>Supplied</i>	8,0	16,0	32,0	10,0	19,9	39,8
Høstet <i>Harvested</i>	9,8	15,5	26,2	10,3	14,6	24,0
Udvasket <i>Leaching</i>	0,8	1,1	1,5	1,2	1,6	2,3
Difference	-2,6	-0,6	4,3	-1,5	3,7	13,5
Byg, barley						
Tilført total N <i>Supplied</i>	4,0	8,0	16,0	10,4	20,8	41,5
Høstet <i>Harvested</i>	5,0	8,3	12,3	5,5	7,6	11,1
Udvasket <i>Leaching</i>	2,5	3,8	4,2	5,1	6,0	9,7
Difference	-3,5	-4,1	-0,5	-0,2	7,2	20,7
Græs, grass						
Tilført total N <i>Supplied</i>	8,0	16,0	32,0	11,1	22,1	44,3
Høstet <i>Harvested</i>	5,7	11,4	22,4	6,5	10,7	16,9
Udvasket <i>Leaching</i>	< 0,1	< 0,1	0,2	< 0,1	< 0,1	1,1
Difference	2,3	4,6	9,4	4,6	11,4	26,3

Tabel 48. N-balance (g/m²) efter anvendelse af kvæg- og handelsgødning på Rønhave jord. Gns. 1974-83.
 N-balance (g/m²) after use of animal manure and fertilizer on Rønhave soil. Average 1974-83.

Rønhave	Handelsgødning, NPK			Kvæggødning, cattle manure, kg/m ²					
	Fertilizer, NPK			Gylle, slurry			Fast gødning, FYM		
	1/2	1	2	2,5	5	10	2,5	5	10
Roer, beets									
Tilført total N	8,0	16,0	32,0	10,0	19,9	39,8	12,4	24,9	49,7
<u>Supplied</u>									
Høstet	18,4	23,0	34,2	17,2	18,9	29,7	18,9	22,9	26,1
<u>Harvested</u>									
Udvasket	1,0	1,1	1,3	1,7	1,7	2,3	1,4	2,0	2,4
<u>Leaching</u>									
Difference	-11,4	-8,1	-3,5	-8,9	-0,7	7,8	-7,9	0,0	21,2
Byg, barley									
Tilført total N	4,0	8,0	16,0	10,4	20,8	41,5	14,3	28,6	57,1
<u>Supplied</u>									
Høstet	7,3	9,9	15,2	7,8	10,9	14,6	7,7	9,6	13,0
<u>Harvested</u>									
Udvasket	3,0	3,7	4,4	5,0	5,1	9,0	5,2	6,8	9,2
<u>Leaching</u>									
Difference	-6,3	-5,6	-3,6	-2,4	4,8	17,9	1,4	12,2	34,9
Græs, grass									
Tilført total N	8,0	16,0	32,0	11,1	22,1	44,3	13,6	27,3	54,5
<u>Supplied</u>									
Høstet	9,3	14,0	24,4	8,4	12,9	20,7	7,6	9,9	16,4
<u>Harvested</u>									
Udvasket	0,3	0,4	0,7	< 1	< 1	0,4	< 1	0,7	0,6
<u>Leaching</u>									
Difference	-1,6	1,6	6,9	2,7	9,2	23,2	7,0	16,7	37,5

Generelt vil overskud af kvælstof være større efter anvendelse af fast staldgødning end efter samme mængde gylle, idet den faste gødning har et relativt større indhold af organisk bundet kvælstof.

Tabellerne 49-52 viser balance for P og K.

Tabel 49. P-balance (g/m^2) efter anvendelse af kvæggylle og handelsgødning på
Lundgård jord. Gns. 1974-83.
P-balance (g/m^2) after use of slurry and fertilizer on Lundgaard
soil. Average 1974-83.

Lundgaard	Handelsgødning, NPK			Gylle, kg/m^2		
	Fertilizer, NPK			Slurry, kg/m^2		
	1/2	1	2	2.5	5	10
Roer, beets						
Tilført total P <u>Supplied</u>	1,9	3,8	7,8	1,9	3,9	7,7
Høstet <u>Harvested</u>	2,1	3,6	3,9	2,2	3,2	5,2
Udvasket <u>Leaching</u>	< 0,03			< 0,03		
Difference	-0,2	0,2	3,9	-0,3	0,7	2,5
Byg, barley						
Tilført total P <u>Supplied</u>	2,0	4,1	8,1	2,0	4,1	8,1
Høstet <u>Harvested</u>	1,1	1,8	2,1	1,2	1,6	2,2
Udvasket <u>Leaching</u>	< 0,03			< 0,03		
Difference	0,9	2,3	6,0	0,8	2,5	5,9
Græs, grass						
Tilført total P <u>Supplied</u>	2,0	4,0	8,0	2,0	3,9	7,8
Høstet <u>Harvested</u>	1,1	2,1	3,6	1,4	2,2	3,3
Udvasket <u>Leaching</u>	< 0,03			< 0,03		
Difference	0,9	1,9	4,4	0,6	1,7	4,5

Tabel 50. P-balance (g/m^2) efter anvendelse af husdyr- og kvæggødning på Rønhave jord. Gns. 1974-83.

P-balance (g/m^2) after use of cattle manure and fertilizer on Rønhave soil. Average 1974-83.

Rønhave	Handelsgødning, NPK			Kvæggødning, cattle manure, kg/m^2					
	Fertilizer, NPK			Gylle, slurry			Fast gødning, FYM		
	1/2	1	2	2,5	5	10	2,5	5	10
Roer, beets									
Tilført total P <i>Supplied</i>	1,9	3,9	7,8	1,9	3,9	7,8	4,7	9,4	18,8
Høstet <i>Harvested</i>	4,1	4,5	6,6	4,0	4,1	5,4	4,3	4,5	5,1
Udvasket <i>Leaching</i>	< 0,03			< 0,03			< 0,03		
Difference	-2,2	-0,6	1,2	-2,1	-0,2	2,4	0,4	4,9	13,7
Byg, barley									
Tilført total P <i>Supplied</i>	2,0	4,1	8,1	2,0	4,1	8,1	4,0	8,0	15,9
Høstet <i>Harvested</i>	2,0	2,5	3,3	2,1	2,5	2,8	2,3	2,6	3,3
Udvasket <i>Leaching</i>	< 0,03			< 0,03			< 0,03		
Difference	0,0	1,6	4,8	-0,1	1,6	5,3	1,7	5,4	12,6
Græs, grass									
Tilført total P <i>Supplied</i>	2,0	4,0	8,0	2,0	3,9	7,8	5,5	10,9	21,9
Høstet <i>Harvested</i>	2,1	2,7	4,4	1,9	2,9	4,2	1,9	2,6	4,3
Udvasket <i>Leaching</i>	< 0,03			< 0,03			< 0,03		
Difference	-0,1	1,3	3,6	0,1	1,0	3,6	3,6	8,3	17,6

I roerne har der stort set været balance ved årlig tilførsel af 50 t gylle/ha på sandjord. Tilførsel af 25 t gylle/ha til byg og græs har kunnet dække afgrødernes P-behov.

På grund af større fosforindhold i fast staldgødning (ca. dobbelt så højt indhold som i gylle), har der for anvendelse af denne gødning været en overskudstilførsel af fosfor, da optagelse og udvaskning praktisk taget har været den samme som for gylle (tabel 50).

Tabel 51. K-balance (g/m^2) efter anvendelse af kvæggylle og handelsgødning på Lundgård jord. Gns 1974-83.
K-balance (g/m^2) after use of slurry and fertilizer on Lundgaard soil. Average 1974-83.

Lundgaard	Handelsgødning, NPK			Gylle, kg/m^2		
	Fertilizer, NPK			Slurry, kg/m^2		
	1/2	1	2	2,5	5	10
Roer, beets						
Tilført total K <i>Supplied</i>	8,3	16,6	33,2	8,2	16,3	32,7
Høstet <i>Harvested</i>	17,3	25,6	38,8	17,2	25,5	41,9
Udvasket <i>Leaching</i>	1,3	1,3	1,6	1,3	1,2	1,5
Difference	-10,3	-10,3	-7,2	-10,3	-10,4	-10,7
Byg, barley						
Tilført total K <i>Supplied</i>	8,1	16,3	32,6	8,1	16,1	32,3
Høstet <i>Harvested</i>	4,2	7,5	11,7	4,0	5,4	9,3
Udvasket <i>Leaching</i>	1,3	1,2	1,7	1,2	1,1	1,5
Difference	2,6	7,6	19,2	2,9	9,6	21,5
Græs, grass						
Tilført total K <i>Supplied</i>	8,7	17,4	34,8	8,6	17,1	34,5
Høstet <i>Harvested</i>	10,5	22,9	41,8	12,3	21,2	35,7
Udvasket <i>Leaching</i>	1,3	1,1	1,4	1,1	1,0	1,7
Difference	-3,1	-6,6	-8,4	-4,8	-5,1	-2,9

Tabel 52. K-balance (g/m^2) efter anvendelse af husdyr- og kvæggødning på Rønhave jord. Gns. 1974-83.

K-balance (g/m^2) after use of cattle manure and fertilizer on Rønhave soil. Average 1974-83.

Rønhave	Handelsgødning, NPK			Kvæggødning, cattle manure, kg/m^2					
	Fertilizer, NPK			Gylle, slurry			Fast gødning, FYM		
	1/2	1	2	2,5	5	10	2,5	5	10
Roer, beets									
Tilført total K <i>Supplied</i>	8,1	16,2	32,5	8,2	16,3	32,7	7,8	15,6	31,7
Høstet <i>Harvested</i>	34,6	41,4	62,6	32,6	33,8	48,8	35,9	41,5	47,4
Udvasket <i>Leaching</i>	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,2	0,5	0,4	0,4
Difference	-26,8	-25,5	-30,4	-24,7	-17,8	-16,3	-28,6	-26,3	-16,1
Byg, barley									
Tilført total K <i>Supplied</i>	8,2	16,5	32,9	8,1	16,1	32,3	8,3	16,6	33,3
Høstet <i>Harvested</i>	6,9	10,7	17,2	6,5	8,4	11,3	6,7	8,6	11,9
Udvasket <i>Leaching</i>	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,2	0,2	0,2
Difference	1,0	5,5	15,4	1,3	7,4	20,7	1,4	7,8	21,2
Græs, grass									
Tilført total K <i>Supplied</i>	8,0	16,0	32,0	8,6	17,1	34,3	7,2	14,5	28,9
Høstet <i>Harvested</i>	19,3	28,2	44,4	17,0	27,6	44,0	14,8	21,4	35,8
Udvasket <i>Leaching</i>	0,4	0,4	0,3	0,3	0,4	0,3	0,4	0,4	0,3
Difference	-11,7	-12,6	-12,7	-8,7	-10,9	-10,0	-8,0	-7,3	-7,2

Med de anvendte gødningsmængder har roe- og græsafgrødernes bortførsel af kalium ikke været dækket ind. Der er en negativ balance for roernes vedkommende, der omregnet til kg K/ha ligger på 161-304 kg K på lerjord og 72-107 kg K på sandjorden. Ved græs er de tilsvarende underskud på 72-127 kg K på lerjord

og 29-84 kg K/ha på sandjord (tabel 51 og 52).

For byggens vedkommende har det været omvendt, idet der selv ved tilførsel af mindre husdyrgødningmængder (25 t/ha) blev tilført større mængder kalium end bygafgrøden bortførte.

5.3.2 Balance for sædskifte

I tabel 53-55 er vist balancer for henholdsvis kvælstof, fosfor og kalium efter årlig tilførsel af enten husdyr- eller handelsgødning til samme areal gennem en årrække.

Tabel 53. N-balance som gennemsnit af sædskifte (g N/m^2), (1974-83).
N-balance as average of crop rotation (g N/m^2), (1974-83).

	Handelsgødning, NPK			Kvæggødning, cattle manure, kg/m^2					
	Fertilizer, NPK			Gylle, slurry			Fast gødning, FYM		
	1/2	1	2	2,5	5	10	2,5	5	10
Lundgaard									
Tilført N	6,0	12,0	24,0	10,4	20,8	41,6			
<u>Supplied N</u>									
Høstet	6,3	10,9	18,0	6,9	10,1	15,8			
<u>Harvested</u>									
Udvasket	2,0	2,9	3,3	4,5	6,0	8,5			
<u>Leaching</u>									
Difference	-2,3	-1,8	2,7	-1,0	4,7	17,3			
Rørhave									
Tilført N	6,0	12,0	24,0	10,4	20,8	41,6	13,6	27,2	54,4
<u>Supplied N</u>									
Høstet	10,2	14,1	21,6	10,4	13,4	19,9	10,5	13,0	17,1
<u>Harvested</u>									
Udvasket	2,6	3,2	3,8	4,6	5,3	8,7	4,3	6,0	7,7
<u>Leaching</u>									
Difference	-6,8	-5,3	-1,4	-4,6	2,1	13,0	-1,2	8,2	29,6

På sandjorden med sædskiftet roer, byg, græs og byg, hvor der i gennemsnit er anvendt 6,0 og 12,0 g N/m^2 /år (60 og 120 kg N/ha) i handelsgødning, er der næsten opnået balance mellem tilført og høstet kvælstofmængde.

Derimod viser resultaterne for lerjorden, at afgrøderne ved disse mængder kvælstof har optaget mere end der er tilført, og at der først ved anvendelse af 24,0 g N pr. ha (240 kg N/ha) i gennemsnit tilføres mere kvælstof end der fjernes med afgrøderne.

Efter tilførsel af 5 kg kvæggylle pr. m² (50 t/ha) årligt er der en mertilførsel af kvælstof på 4,7 g N pr. m² på sandjorden og 2,1 g på lerjorden. Med disse mængder vil der ikke være tale om nogen væsentlig akkumulering af kvælstof i jorden, hvorimod dette vil være tilfældet med tilførsel af 100 t gylle pr. ha.

Efter anvendelse af samme mængde fast kvæggødning (50 t/ha) har overskudsmængden været større som følge af denne gødningstypes relativ større indhold af organisk bundet kvælstof.

Tabel 54. P-balance som gennemsnit af sædskifte (g P/m²), (1974-83).
P-balance as average of crop rotation (g P/m²), (1974-83).

	Handelsgødning, NPK			Kvæggødning, cattle manure, kg/m ²					
	Fertilizer, NPK			Gylle, slurry			Fast gødning, FYM		
	1/2	1	2	2,5	5	10	2,5	5	10
Lundgaard									
Tilført P <i>Supplied P</i>	2,0	4,0	8,0	2,0	4,0	8,0			
Høstet <i>Harvested</i>	1,4	2,3	2,9	1,5	2,2	3,2			
Udvasket <i>Leaching</i>	< 0,03			< 0,03					
Difference	0,6	1,7	5,1	0,5	1,8	4,8			
Rønhave									
Tilført P <i>Supplied P</i>	2,0	4,0	8,0	2,0	4,0	8,0	4,5	9,0	18,0
Høstet <i>Harvested</i>	2,6	3,3	4,7	2,5	3,0	3,8	2,7	3,1	4,0
Udvasket <i>Leaching</i>				< 0,03					
Difference	-0,6	0,7	3,3	-0,5	1,0	4,2	1,8	5,9	14,0

Af opgørelsen for fosfor (tabel 54) fremgår, at der er nogenlunde balance mellem tilført og optaget P, hvor der i sædskiftet gennemsnitlig er tilført 2 g P pr. m² (20 kg P pr. ha) enten med handelsgødning eller kvæggylle.

Hvor der er tilført mere end 40 kg P/ha, er der i det aktuelle sædskifte sket en overskudstilførsel.

Tabel 55. K-balance som gennemsnit af sædskifte (g K/m²), (1974-83).
K-balance as average of crop rotation (g K/m²), (1974-83).

	Handelsgødning, NPK			Kvæggødning, cattle manure, kg/m ²					
	Fertilizer, NPK			Gylle, slurry			Fast gødning, FYM		
	1/2	1	2	2,5	5	10	2,5	5	10
Lundgaard									
Tilført K	8,3	16,6	33,2	8,3	16,6	32,8			
<u>Supplied K</u>									
Høstet	9,1	15,9	26,0	9,4	14,4	24,0			
<u>Harvested</u>									
Udvasket	1,8	1,7	2,2	1,8	1,7	2,6			
<u>Leaching</u>									
Difference	-2,6	-1,0	5,0	-2,9	0,5	6,2			
Rørhave									
Tilført K	8,3	16,3	33,2	8,2	16,3	32,8	8,0	15,9	31,8
<u>Supplied K</u>									
Høstet	17,0	22,8	35,7	15,7	19,5	28,9	16,0	20,0	26,7
<u>Harvested</u>									
Udvasket	0,4	0,4	0,4	0,5	0,5	0,4	0,4	0,5	0,4
<u>Leaching</u>									
Difference	-9,1	-6,6	-2,9	-8,0	-3,6	3,5	-8,4	-4,6	4,7

For kalium (tabel 55) har der på sandjorden i gennemsnit af sædskiftet været balance ved tilførsel af 5 kg kvæggylle pr. m² (50 t/ha), medens der som følge af afgrødernes større K-optagelse på lerjorden i gennemsnit skal anvendes en større husdyrgødningsmængde for at opnå balance.

5.3.3 Kvælstofbalance for perioden 1974-83

Både ved ifyldning af jorden ved lysimeterforsøgets anlæg og ved optagning efter forsøgets afslutning blev jordmængden i de enkelte lag vejet, og der blev bestemt tørstof- og totalkvælstofprocent. På grundlag heraf er der foretaget en beregning af jordens samlede kvælstofindhold i de enkelte lysimeterkar.

Resultatet af disse beregninger er i tabel 56 og 57 sammenholdt med kvælstofbalancer, der viser forholdet mellem tilført kvælstof, enten med handels- eller husdyrgødning, og den med afgrøderne og gennemsivningsvandet bortførte N-mængde.

Tabel 56. N-balance (g N/m^2) for Rørhave jord efter 10 års tilførsel af kvæg- og handelsgødning. Lysimeterforsøg 1974-83.
N-balance (g N/m^2) on Rørhave soil after 10 years application of animal manure or fertilizer. Lysimeter experiment 1974-83.

Rørhave	kg/m^2 Cattle manure, kg/m^2								
	Kvæggødning, kg/m^2			Gylle			Fast gødning		
	Handelsgødning, NPK			Fertilizer, NPK			Slurry		
	Fast gødning			FYM			1/2 1 2		
	1/2	1	2	2,5	5	10	2,5	5	10
g N/m^2									
<u>Tilført, applied</u>	60	120	240	109	213	420	141	277	548
<u>Høstet, harvested</u>	117	153	234	114	143	210	117	143	182
<u>Udvasket, leached</u>	29	33	40	49	56	91	44	61	78
Difference	-86	-66	-34	-54	14	119	-20	73	288
<u>N i jord, N in soil</u>									
Ved afsl., end of exp.	807	878	947	876	882	934	929	985	1098
<u>Ved start, initially</u>	984	977	999	943	884	884	988	995	988
Difference	-177	-99	-52	-67	-2	50	-59	-10	110
<u>Gasformigt N-tab</u> *)									
	91	33	18	13	16	69	39	83	178

*) Gasformigt N-tab = (N i jord ved start + N-tilført) - (N-fjernet + N-udvasket + N i jord ved optagning).

Tabel 57. N-balance (g N/m^2) for Lundgaard jord efter 10 års tilførsel af kvæggylle og handelsgødning. Lysimeterforsøg 1974-83.
N-balance (g N/m^2) on Lundgaard soil after 10 years supply of slurry and fertilizer. Lysimeterexperiment 1974-83.

Lundgaard	Handelsgødning, NPK			Kvæggylle, kg/m^2		
	Fertilizer, NPK			Slurry, kg/m^2		
	1/2	1	2	2,5	5	10
g N/m^2						
<u>Tilført, supply</u>	60	120	240	112	216	424
Høstet, <i>harvested</i>	76	122	193	82	114	173
Udvasket, <i>leached</i>	31	42	50	54	70	99
Difference	-47	-44	-3	-24	32	152
<u>N i jord, N in soil</u>						
Ved afsl., <i>end of exp.</i>	512	565	586	546	620	666
Ved start, <i>initially</i>	636	647	643	636	647	656
Difference	-124	-82	-57	-90	-27	10
Gasformigt tab	77	38	54	66	59	142

Af balancerne for kvælstof tilført med gødning og det med afgrøderne og gennemsnitsvandsvandet bortførte kvælstof (tabel 56 og 57 øverst) fremgår, at der har været en overskudstilførsel af kvælstof, når der årligt er tilført 5 og 10 kg husdyrgødning pr. m^2 (50 og 100 t/ha). Efter tilførsel af 5 kg husdyrgødning pr. m^2 årligt i 10 år er der et overskud af kvælstof efter gylleanvendelse på henholdsvis 14 og 32 g og for fast gødning på 73 g.

For begge jordtyper ses det af balancerne for kvælstof i jorden ved lysimeterforsøgets start og afslutning (tabel 56 og 57 nederst), at dette kvælstofoverskud imidlertid ikke genfindes i jorden ved forsøgets afslutning.

Efter forsøgets afslutning er der en negativ differens mellem jordens kvælstofindhold ved start og forsøgsafslutning. Ved anvendelse af 10 kg husdyrgødning pr. år er noget af den overskydende kvælstofmængde genfundet i jorden men langt mindre end overskudstilførslen.

Ved anvendelse af handelsgødning og 2,5 kg husdyrgødning årligt er forskel

mellem jordens N-indhold ved start og afslutning større end differenserne mellem tilført og bortført kvælstof.

Årsagen til disse forskelle i N-balancer må sikkert for en stor dels vedkommende tilskrives omdannelse af mineralsk kvælstof (nitrat) til luftformige kvælstofforbindelser, der kan tabes til atmosfæren (denitrifikation). Tab ved denitrifikation er ikke undersøgt i dette forsøg men søgt belyst på grundlag af differenserne mellem, hvad der er tilført i gødning og jordens kvælstofindhold ved forsøgets start, minus det som er fjernet med afgrøderne, udvasket og genfundet i jorden ved forsøgets afslutning.

Kvælstoftabets størrelse ved denitrifikation kan dog ikke generaliseres ud fra de anførte værdier, kun tendensen i talmaterialet. Christensen (1985) fandt ved målinger i en sandblandet lerjord dyrket med vårbyg et luftformigt kvælstoftab fra april til november på 45 og 71 kg N/ha efter tilførsel af henholdsvis 40 og 160 kg N/ha i kalkammonsalpeter, mens 30 og 70 kg N/ha blev tabt efter tilførsel af 25 og 100 tons svinegylle pr. ha. Det skal også anføres at såvel jordtype som klima har betydelige indflydelse på det luftformige tab af kvælstof ved denitrifikation.

5.4 Diskussion

Sammenlignes handelsgødning, kvæggylle og fast kvæggødning på grundlag af tilført mineralsk kvælstof, er der på lerjord i gennemsnit af sædskiftet roer, vårbyg, græs og vårbyg opnået størst udbytte efter handelsgødning ved højt kvælstofniveau, medens der på de lavere kvælstofniveauer og på sandjord ikke har været forskel i virkningen på udbyttet af de tre gødningstyper.

Kvælstofudvaskningen er størst efter vårbyg, mindre efter roer og mindst efter græs. Den større udvaskning fra vårbyg skyldes, at kvælstofoptagelsen praktisk taget ophører inden udgangen af juli måned. Mineralisering af kvælstoffet fra husdyrgødningen eller fra jordens øvrige pulje af organisk bundet kvælstof kan derfor medføre udvaskning i den efterfølgende afstrømningsperiode.

Afgrøder med længere vækstsæson (roer og græs) optager også kvælstof i eftersommeren, hvorfor kvælstofudvaskningen herfra er væsentligt mindre.

Generelt har kvælstofudvaskningen været størst efter tilførsel af husdyrgødning (gylle og fast kvæggødning). Lignende forhold er bl. a. vist af Klausen (1987).

Med det anvendte sædskifte har tilførsel af husdyrgødning hvert andet år givet mindre N-udvaskning end tilførsel hvert år eller hver fjerde år.

Udvaskning af vandopløslig fosfor har været mindre end hvad der svarer til 300 g P/ha og ens for alle gødningstyper og gødningsmængder.

På sandjord har der været en udvaskning på 17-26 kg K/ha, medens der på lerjorden har været mindre end 5 kg K/ha, tilsvarende tal fandt Kjellerup (1979) i markforsøg.

Næringsstofbalancer (tilført minus høstet og udvasket næringsstof) viser som gennemsnit af sædskiftet, at ved tilførsel af 5 kg kvæggylle (50 t/ha) er der en mertilførsel af total-N på sandjord på 47 kg N/ha og 21 kg N/ha på lerjord. For fosfor er de tilsvarende tal 18 og 10 kg P/ha. For kalium er der en overskudstilførsel på sandjord på 5 kg K/ha, og på lerjord en underskudstilførsel på 36 kg K/ha.

Ved vurdering af balancerne for P og K, skal det erindres, at bortførselsmængderne ved de mindste husdyrgødningsmængder er lavere, end de vil være hvor husdyrgødningskvælstof suppleres med handelsgødningskvælstof.

6. JORDBUNDSUNDERSØGELSER

6.1 Jordfysiske parametre

I forbindelse med markforsøget på lerjorden ved Askov blev der udført en række undersøgelser for at belyse husdyrgødningens indflydelse på jordbundens struktur.

Efter hver sædskifterotation d.v.s. 4, 8 og 12 år efter forsøgets anlæg (1976, 1980 og 1984) blev der udtaget jordprøver i følgende 6 forsøgsled:

1. 1 NPK i handelsgødning
4. 25 t fast husdyrgødning/ha årlig
5. 50 t - - -
6. 100 t - - -
9. 200 t fast husdyrgødning/ha hvert 2. år
12. 400 t - - - hvert 4. år

På jordprøverne blev der bestemt aggregatstabilitet og porøsitetsforhold. Målingerne blev foretaget af Statens forsøgsstation, Højer (Institut for Jordbearbejdning og Jordfysik).

Tabel 58. Procent vådstabile aggregater (2-8 mm diameter) i lerjord ved Askov tilført handelsgødning og varierende mængder fast kvæggødning.
Per cent of water stable aggregates (2-8 mm diameter) in Askov soil after application of mineral fertilizer and cattle manure (FYM).

Handelsgødning, NPK		Fast kvæggødning t/ha				
Fertilizer, NPK		FYM t/ha				
		25	50	100	200	400
		årlig			hvert 2. og 4. år	
		every year			every 2nd and 4th year	
% vådstabile aggregater, % water stable aggregates						
1976	67,9	72,8	73,9	71,6	77,8	75,2
1980	73,0	79,4	80,5	83,4	85,7	82,3
1984	72,0	76,4	76,1	75,9	78,3	76,4
Gns., average	71,0	76,2	76,8	77,0	80,6	78,0

I tabel 58 er vist resultater fra vådsigtningssanalyse til bestemmelse af stabile aggregater i jorden. De i tabellen angivne værdier viser procenten af aggregater (2-8 mm i diameter) som efter 5 minutters sigtning ikke er sønder-slået til en diameter mindre end 1 mm.

Det fremgår af tabellen, at de husdyrgødede forsøgsled ved alle 3 prøveud-tagningstidspunkter har haft en større procent stabile aggregater end det han-delsgødede led. Antallet og stabiliteten af aggregater har betydning for jor-dens evne til at modstå erosion og tilstemning med efterfølgende skorpedannel-se i såbedet.

Tabel 59. Porevolumen (%) i lerjord ved Askov tilført handelsgødning og varie-rende mængder fast kvæggødning. Gennemsnit af 3 prøveudtagninger (1976, 80 og 84).

Pore-volume (vol. %) in Askov soil after application of mineral fer-tilizer and cattle manure (FYM). Average of samplings in 1976, 1980 and 1984.

Handelsgødning, NPK		Fast kvæggødning t/ha				
Fertilizer, NPK		FYM t/ha				
		25	50	100	200	400
		årlig		hvert 2. år		4. år
		every year		every 2nd yr.		4 th yr.
Forestørrelse		Porevolumen, vol. %				
Pore-size						
< 30 μ m	32,1	31,3	32,3	33,1	33,8	34,0
≥ 30 μ m	9,9	12,6	13,5	14,0	11,8	10,7
Ialt, total	42,0	43,9	45,8	47,1	45,6	44,7

Tabel 59 viser jordens porevolumen. I alle forsøgsled med tilførsel af hus-dyrgødning er der fundet et større porerumfang end i handelsgødet jord. Effek-ten øgedes ved årlig tilførsel af husdyrgødning.

Porers > 30 μ m har i særlig grad betydning for luftskiftet og bortledning af overskudsvand.

Ved årlig tilførsel af husdyrgødning har stigningen i jordens porøsitet i-sær fundet sted for porer større end 30 μ m, en forøgelse på 2,7 til 4,1% i

forhold til handelsgødet jord.

Periodisk tilførsel af meget store husdyrgødningsmængder (200 t pr. ha hvert 2. år og 400 t pr. ha hvert 4. år) har ikke øget det samlede porerumfang i samme grad som årlig tilførsel af gødning. Det lavere volumen af grovporer ($> 30 \mu\text{m}$) efter denne forsøgsbehandling kan formentlig henføres til en skadelig virkning på jordstrukturen som følge af en pakning/æltning ved tilførsel og indblanding af så store mængder husdyrgødning.

6.2 Jordbundstal i markforsøg

Der blev udtaget jordprøver før forsøgenes anlæg og efterfølgende hvert år i november/december umiddelbart før udbringning af husdyrgødning.

Prøverne blev udtaget til 2 meters dybde med intervaller på 25 cm. Prøveudtagningen blev foretaget med et hollandsk bor med 5 cm diameter og med plads i selve boreaggregatet til jordprøven. Der blev foretaget en boring pr. forsøgsled.

Jordprøverne er analyseret for pH, Lt, total-N, $\text{NH}_4\text{-N}$, $\text{NO}_3\text{-N}$, Ft, Kt, Mgt, Clt, Cut og Znt. De anvendte symboler og enheder er følgende:

Benævnelse, forkortelse	1 enhed modsvarer	ppm	kg/ha
Fosforsyretal, Ft	3 mg P/100 g jord	30	75 P
Kaliumtal, Kt	1 mg K/100 g jord	10	25 K
Magnesiumtal, Mgt	1 mg Mg/100 g jord	10	25 Mg
Chloridtal, Cut	1 mg Cl/100 g jord	10	
Kobbertal, Cut	1 mg Cu/1000 g jord	1	2,5 Cu
Zinktal, Znt	1 mg Zn/1000 g jord	1	2,5 Zn

Statistiske beregninger har vist, at der kun er målt større forskelle i jordbundstallene som følge af de forskellige forsøgsbehandlinger i de øvre jordlag. I det følgende er derfor kun omtalt analyseresultater fra disse jordlag.

Resultater fra analysering af jordprøver udtaget før forsøgenes anlæg er anført i tabel 60.

Tabel 60. Jordprøver udtaget før anlæg af markforsøg.

Results of soil analyses at the start of field experiments.

Jorddybde, cm Soil depth, cm	Jordbundstal Indices				
	Ft	Kt	Mgt	Out	Znt
Askov					
0-25	5,6	11,3	3,3	2,0	2,1
25-50	1,2	9,6	6,8	1,5	1,9
Lundgaard					
0-25	6,6	6,6	3,6	2,4	2,4
25-50	3,2	4,1	2,3	0,4	0,7

I tabel 61 og 62 er vist resultater for fosfor (Ft) og kalium (Kt) i jordprøver udtaget efter 12 års forsøg, hvor der årligt er tilført 25, 50 og 100 t husdyrgødning pr. ha eller tilsvarende mængder P og K med handelsgødning.

Sammenlignes fosforsyrealtallene efter 12 års forsøg (tabel 61) med de ved forsøgenes anlæg målte værdier ses det, at de årlig anvendte mængder husdyrgødning 25, 50 og 100 t pr. ha (bortset fra gødsning med 25 t gylle på lerjorden) har forårsaget en stigning i Ft i overjorden (0-25 cm). Stigningen er størst efter fast staldgødning. Det er i overensstemmelse med at der med denne gødning er tilført mere end dobbelt så meget fosfor som med gylle.

Tilførsel af ialt 216 kg P pr. ha i form af 25 t gylle årligt har ikke større indvirkning på Ft på lerjorden. Dette harmonerer med, at der efter anvendelse af denne gødningsmængde har været balance mellem tilført og den af afgrøderne optagne P-mængde (se tabel 36).

Tabel 61. Ft i jord (0-50 cm) ved anlæg af forsøg og efter årlig tilførsel af fosfor med husdyr- og handelsgødning igennem 12 år.

Indices for P in soil (0-50 cm) prior to start and after yearly application of P in animal manure and mineral fertilizer during 12 years.

	Ved anlæg	Gylle eller handelsg.			Fast kvægg. eller handelsg.		
	At start	Slurry or fertilizer			FYM or fertilizer		
Askov							
kg P/ha/12 år		216	432	860	579	1154	2304
0-25 cm					*)		
					Ft		
Husdyrg., manure	5,6	5,5	6,6	8,4	8,4	9,9	15,6
Handelsg., fertilizer		6,8	6,9	9,5	8,7	11,7	19,3
25-50 cm							
Husdyrg., manure	1,2	1,9	2,3	2,6	3,6	3,7	7,4
Handelsg., fertilizer		2,3	2,1	2,4	4,0	2,9	3,7
Lundgaard							
kg P/ha/12 år		219	439	872	514	1027	2049
0-25 cm					*)		
					Ft		
Husdyrg., manure	6,6	8,6	9,5	11,4	10,6	12,9	17,2
Handelsg., fertilizer		8,0	9,8	12,2	11,3	14,5	21,9
25-50 cm							
Husdyrg., manure	3,2	3,3	4,2	3,8	4,8	5,1	7,5
Handelsg., fertilizer		3,4	3,4	3,9	3,5	4,7	7,9

^{*)} P-index = 3 mg P/100 g soil (sulphuric acid extraction)

Ft er efter tilførsel af de store P-mængder højere i jord tilført handelsgødning end i jord tilført de samme mængder P i husdyrgødning (tabel 61). For at undersøge om dette forhold havde relation til analysemetoden, blev der foretaget en sammenligning af Ft med to andre metoder til bestemmelse af P i jord, henholdsvis anionbyttemetoden (P-resin) og ekstraktion med en kationbytter (Fot-tal). Ved begge disse metoder blev der også fundet højere P-værdier, hvor der var tilført fosfor med handelsgødning.

Tabel 62. Kt i jord (0-50 cm) ved anlæg af forsøg og efter årlig tilførsel af kalium med kvæg- og handelsgødning igennem 12 år.

Indices of K in soil (0-50 cm) prior to start and after yearly application of K in cattle manure or mineral fertilizer during 12 years.

	Ved anlæg	Gylle eller handelsg.			Fast kvægg. eller handelsg.		
	At start	Slurry or fertilizer			FYM or fertilizer		
Askov							
kg K/ha/12 år		1008	2015	4027	996	1990	3977
0-25 cm Kt							
Husdyrg., manure	11,3	10,5	14,2	21,9	10,2	14,4	27,2
Handelsg., fertilizer		12,6	13,7	16,2	8,8	11,1	19,1
25-50 cm							
Husdyrg., manure	9,6	10,4	11,5	21,8	7,6	15,3	22,6
Handelsg., fertilizer		7,9	10,1	10,4	6,5	8,8	13,7
Lundgaard							
kg K/ha/12 år		919	1838	3671	887	1774	3543
0-25 cm Kt							
Husdyrg., manure	6,6	7,8	7,8	10,5	7,0	6,9	13,8
Handelsg., fertilizer		7,2	10,6	16,3	6,3	9,5	16,5
25-50 cm							
Husdyrg., manure	4,1	4,6	6,0	7,9	5,2	6,0	14,0
Handelsg., fertilizer		3,7	5,6	12,9	3,6	5,0	8,8

Med hensyn til kalium ses det (tabel 62), at der efter tilførsel af ialt 900-1000 kg kalium i den 12 årige forsøgsperiode, uanset om det er sket med 25 t husdyrgødning pr. ha årligt eller med samme mængde kalium i handelsgødning, er målt kaliumtal af samme størrelsesorden som ved forsøgenes anlæg. Det vil sige, at der med en gennemsnitlig kaliumtilførsel på 75-80 kg pr. år ikke har været overskudstilførsel, hvilket svarer til hvad der tidligere er vist ved K-balancen (tabel 37). Anvendelse af større årlige mængder kvæggødning har resulteret i betydelig forøgelse af jordens kaliumindhold i løbet af de 12 år.

Der blev ikke tilført ekstra magnesium eller kobber til de forsøgsled, som gennem hele forsøgsperioden blev gødet med handelsgødning.

I tabel 63 og 64 er derfor kun vist, hvorledes 12 års husdyrgødningstilførsel influerer på jordens indhold af disse mineralstoffer.

Tabel 63. Mgt i jord (0-50 cm) ved anlæg af forsøg og efter årlig tilførsel af kvæggødning igennem 12 år.

Indices for Mg in soil (0-50 cm) prior to start and after yearly application of cattle manure during 12 years.

	Ved anlæg At start	Gylle, t/ha/år Slurry, t/ha year			Fast gødning, t/ha/år FYM, t/ha/year		
		25	50	100	25	50	100
Askov							
kg Mg/ha/12 år		145	289	575	285	574	1140
Mgt							
0-25 cm	3,3	4,5	6,0	7,2	5,5	10,4	10,7
25-50 cm	6,8	4,2	5,1	5,2	4,8	6,4	10,0
Lundgaard							
kg Mg/ha/12 år		143	288	570	271	545	1080
Mgt							
0-25 cm	3,6	2,9	5,4	7,5	5,1	6,1	7,3
25-50 cm	2,3	1,7	2,2	3,8	2,2	4,1	5,8

Tilførsel af 50 og 100 t gødning årligt har med begge gødningstyper ført til et højere niveau af jordens magnesiumindhold (tabel 63). De største ændringer er sket efter tilførsel af fast gødning, hvor der tilføres dobbelt så meget magnesium som med gylle.

Tabel 64. Cut i jord (0-50 cm) ved anlæg af forsøg og efter årlig tilførsel af kvæggødning igennem 12 år.

Indices for Cu in soil (0-50 cm) prior to start and after yearly application of cattle manure during 12 years.

	Ved anlæg	Gylle, t/ha/år			Fast gødning, t/ha/år		
	At start	Slurry, t/ha/year			FYM, t/ha/year		
		25	50	100	25	50	100
Askov							
kg Cu/ha/12 år		1,35	2,70	5,40	4,62	9,24	18,48
Cut							
0-25 cm	2,0	2,6	1,5	1,4	1,5	1,9	2,2
25-50 cm	1,5	1,4	0,9	0,7	0,9	0,8	1,0
Lundgaard							
kg Cu/ha/12 år		1,05	2,10	4,20	4,10	8,20	16,40
Cut							
0-25 cm	2,4	2,3	2,4	2,6	3,2	3,4	4,3
25-50 cm	0,4	0,6	0,7	1,0	0,8	0,9	1,7

De anførte tal for Cut (tabel 64) viser i forhold til Cut ved forsøgenes anlæg, at gylleanvendelse ikke har haft indvirkning på kobbertallene. For fast kvæggødning, hvor kobbertilførslen har været mellem 3,5-4 gange større end i gylle, er der ikke fundet nogen ændring på lerjorden, hvorimod det på sandjorden har ført til højere indhold både i overjorden 0-25 cm og i det underliggende lag.

Med hensyn til zinktallene ses det (tabel 65), at der for lerjordens vedkommende kun i det øverste jordlag 0-25 cm er større forskelle mellem Znt målt før anlæg af forsøg og efter 12 års tilførsel af kvæggødning. På sandjorden har de største tilførsler af zink resulteret i, at der også i jordlaget 25-50 cm er målt højere værdier. For begge jordtyper gælder, at først en samlet zinktilførsel på ca. 10 kg/ha og derover har medført ændret zinkstatus i jorden.

Tabel 65. Znt i jord (0-50 cm) ved anlæg af forsøg og efter årlig tilførsel af kvæg-gødning igennem 12 år.

Indices for Zn in soil (0-50 cm) prior to start and after yearly applica-tion of cattle manure during 12 years.

	Ved anlæg	Gylle, t/ha/år			Fast gødning, t/ha/år		
	At start	Slurry, t/ha year			FYM, t/ha/year		
		25	50	100	25	50	100
Askov							
kg Zn/ha/12 år		3,65	7,3	14,6	11,75	23,5	47,0
Znt							
0-25 cm	2,1	1,5	2,4	3,8	3,0	5,9	7,1
25-50 cm	1,9	0,3	0,5	0,7	1,1	1,0	1,2
Lundgaard							
kg Zn/ha/12 år		3,57	7,15	14,3	9,4	18,8	37,6
Znt							
0-25 cm	2,4	2,1	2,7	4,4	3,3	5,5	7,5
25-50 cm	0,7	0,4	0,8	1,4	0,9	1,6	2,9

6.3 Kulstofindhold

I tabel 66 er vist analyseresultater fra lysimeterforsøget af jordens indhold af kulstof henholdsvis ved forsøgets start og afslutning.

Sammenholdt med jordens kulstofindhold ved forsøgets anlæg fremgår det af resultaterne for lerjorden (Rønhave), at årlig tilførsel af organisk stof med gylle ikke har bidraget til en øgning af kulstofindhold i jordlaget fra 0-40 cm. For at opnå en stigning af jordens kulstofindhold har det været nødvendigt at tilføre 10 kg fast gødning (100 t/ha) årligt.

På sandjorden (Lundgård), hvor forsøget kun omfattede tilførsel af gylle, har denne gødning haft positiv indflydelse på kulstofindholdet både i pløjela-get og i det underliggende jordlag.

Tabel 66. Kulstofindhold i jorden før anlæg af forsøg og efter 10 års årlig anvendelse af husdyr- og handelsgødning. Lysimeterforsøg.
Content of carbon in soil at the start of experiment and after 10 years yearly use of animal manure and mineral fertilizer. Lysimeterexperiment.

	Ved anlæg <i>At start</i>	Handelsgødning, NPK			Kvæggødning kg/m ²					
		Fertilizer, NPK			Gylle, <i>slurry</i>			Fast gødning, FYM		
		1/2	1	2	2,5	5	10	2,5	5	10
Dybde		C % i jord, per cent in soil								
Depth		Rørhave								
0-20 cm	1,38	1,09	1,12	1,17	1,12	1,13	1,40	1,22	1,39	2,01
20-40 cm	0,89	0,68	0,81	0,99	0,65	0,67	0,85	0,82	0,85	1,00
		Lundgaard								
0-20 cm	1,15	1,09	1,10	1,07	1,17	1,36	1,30			
20-40 cm	0,59	0,65	0,80	0,93	0,79	0,90	0,84			

Ensidig handelsgødning igennem 10 år har, som det ses, resulteret i et mindre fald af kulstofindhold i overjorden 0-20. Forskellen i indhold i det underliggende jordlag (20-40) mellem de forskellige forsøgsled må antages at have relation til stigende planteproduktion og dermed større rodmasse som følge af stigende gødningstilførsel.

6.4 Jordens mikrobielle biomasse

Målinger af størrelsen og aktiviteten af jordens mikrobielle biomasse er i årene 1978-80, udført ved Afdelingen for Jordbundsbiologi og -kemi, Statens Plan-teavlslaboratorium, Lyngby.

Der blev i markforsøget på lerjorden ved Askov i 1978-80 udtaget jordprøver i de forsøgsled, hvor der siden forsøgets start i 1974 årligt var tilført 100 t husdyrgødning, samt i det forsøgsled som var gødet med 80 kg N i NPK-gødning.

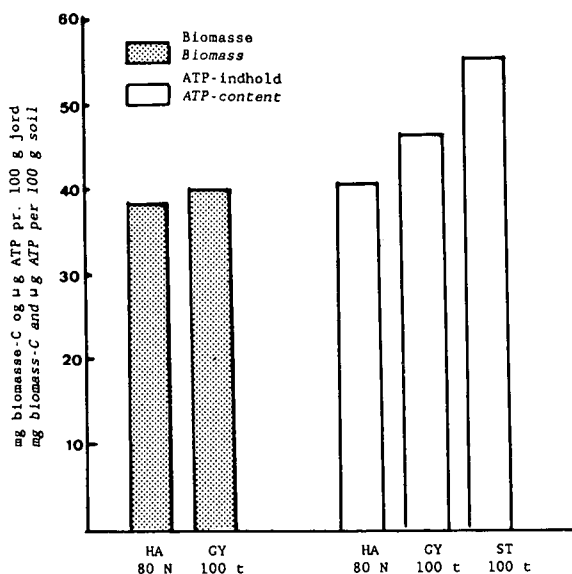


Fig. 10. Mikrobiel biomasse og ATP-indhold fra handelsgødet (HA) og husdyrgødet (GY = gylle, ST = fast gødning) jord. Gns. 3 udtagnings tidspunkter 1978. N = kg N/ha/år og t = t gødning (ha/år).

Microbial biomass and ATP-content in soil fertilized with mineral fertilizer (HA) and cattle manure (GY = slurry and ST = FYM). Average of soil samples taken three times (25/4, 15/8 and 3/10 in 1978). N = kg N/ha/year and t = t manure/ha/year. (after Eiland 1981 A).

I figur 10 er vist den gennemsnitlige mikrobielle biomasse i jordprøver udtaget på 3 tidspunkter i 1978 (25/4, 15/8 og 3/10).

Mens størrelsen af biomassen i det handelsgødede led og efter anvendelse af gylle var stort set ens, ses ATP-indholdet i jorden, at være større i de husdyrgødede led sammenholdt med det handelsgødede led.

Tabel 67. Skøn over indholdet af C og N i jordens mikrobielle biomasse (0-20 cm dybde). Prøver indsamlet oktober 1980 (efter Eiland 1981 B).

An estimate of the content of C and N in the soil microbial biomass (0-20 cm depth). Samples collected October 1980 (Eiland 1981 B).

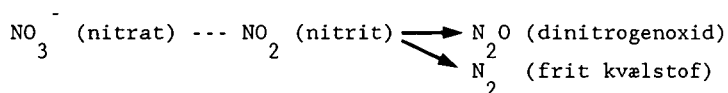
Gødningsbehandling <i>Fertilizer treatment</i>	kg/ha i biomasse	
	C	N
80 kg N i handelsgødning/ha/år <i>80 - N in mineral fertilizer/ha/year</i>	620	93
100 t gylle/ha/år <i>100 t slurry/ha/year</i>	780	117
100 t fast gødning/ha/år <i>100 t FYM/ha/year</i>	800	120

Tabel 67 viser et skøn over størrelsen af jordens mikrobielle biomasse baseret på jordprøver udtaget i 1980. I tabellen er biomassen udtrykt ved dens indhold af kulstof og kvælstof. Anvendelse af 100 t husdyrgødning pr. ha pr. år i 7 år har medført en forøgelse af jordens biomasse på gennemsnitlig 170 kg C og 26 kg N pr. ha.

6.5 Denitrifikation

Omdannelsen af mineralsk kvælstof (nitrat) til luftformige kvælstofforbindelser (denitrifikation) er knyttet til jordbundens bakterier. Skønsmæssig er mellem 5 og 20% af bakterierne i jorden i stand til at denitrificere.

Tabet af kvælstof til luftform ved biologisk denitrifikation kan beskrives således:



hvor begge sidtnævnte luftformige kvælstofforbindelser kan tabes til atmosfæren.

Ved anvendelse af husdyrgødning tilføres jorden betydelige mængder organisk stof samt kvælstof på såvel mineralsk som organisk form. En del af det organiske stof i husdyrgødningen er letomsættelig og kan således levere energi til denitrifikationsprocessen samtidig med at der mineraliseres kvælstof. Da der også tilføres mineralsk kvælstof (i form af ammonium som i jorden omdannes til nitrat), må anvendelsen af husdyrgødning især i større mængder antages at give gode betingelser for denitrifikation.

Undersøgelser over jordluftens indhold af N_2O blev gennemført i markforsøget ved Askov i årene 1980-82. Der blev målt på forskellige tidspunkter i løbet af vækstperioden i forsøgsled såvel tilført kvæg- som handelsgødning. Undersøgelsen blev foretaget af Afdelingen for Jordbundsbiologi og -kemi, Statens Plan-teavlslaboratorium, Lyngby.

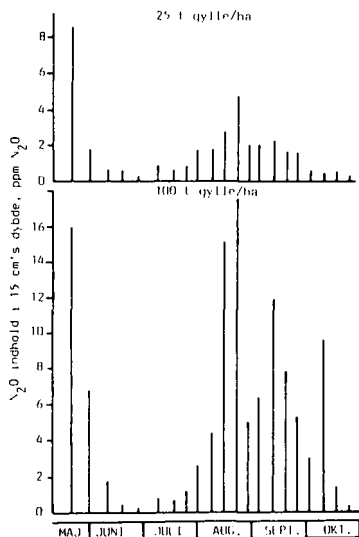


Fig. 11. Jordluftens indhold af N_2O i 15 cms dybde efter tilførsel af 25 eller 100 t gylle/ha til byg ved Askov 1980, (Christensen 1981).

N_2O content in soil air of 15 cm depth after application of 25 or 100 t slurry/ha to barley at Askov 1980, (Christensen 1981).

I figur 11 er vist N_2O koncentrationen i pløjelaget (15 cm dybde) efter tilførsel af kvæggylle til byg. For begge behandlinger (25 og 100 t gylle/ha) var perioderne med højt N_2O -indhold koncentreret om foråret og tidligt efterår, mens der blev fundet et lavt niveau for N_2O -koncentration i jordluften i juni og juli, svarende til atmosfærens baggrundsindhold på 0,3 ppm N_2O . Senere på året faldt indholdet p.g.a. den lave jordtemperatur og dermed lavere mikrobiel aktivitet.

I modsætning hertil blev der i jordluft under en roeafgrøde i juni-juli fundet et højt niveau af N_2O , mens indholdet igen faldt til et minimum fra sensommer og i de første efterårsmåneder (Lind, 1985).

Overfladeafgivelse af N_2O blev i et af årene målt 3 gange. Disse målinger sammenholdt med målinger af jordluftens N_2O -koncentration viser, at høje niveauer for N_2O -koncentration samtidig giver høje niveauer for N_2O -afgivelse.

6.6 Regnorme

I perioden fra 1976 til 1980 er der udført målinger af regnormepopulationens størrelse og sammensætning i markforsøget på Askov. Disse undersøgelser er udført af Zoologisk Institut, Landbohøjskolen.

Sammenholdt med handelsgødning bevirkede tilførsel af husdyrgødning en stigning i antallet af regnorme. I perioden 1976-78 (figur 12) var det gennemsnitlige antal regnorme 123 pr. m^2 efter tilførsel af 120 kg N i gennemsnit pr. ha pr. år med handelsgødning. Ved tilførsel af henholdsvis 50 og 100 t fast gødning pr. ha pr. år var antallet 185 og 219 pr. m^2 . Tilsvarende gyllemængder gav 197 og 237 regnorme pr. m^2 .

Sammenlignes antallet af regnorme i de forskellige behandlinger med vådvægten af orme (fig. 12), ses vægten af regnorme at være den samme i det handelsgødede forsøgsled, og i forsøgsleddet tilført 50 t husdyrgødning, hvilket giver et andet billede af husdyrgødningens indflydelse på regnormepopulationer end antallet af orme. Ved anvendelse af 100 t husdyrgødning pr. ha pr. år fandtes en forøget vådvægt af regnormene.

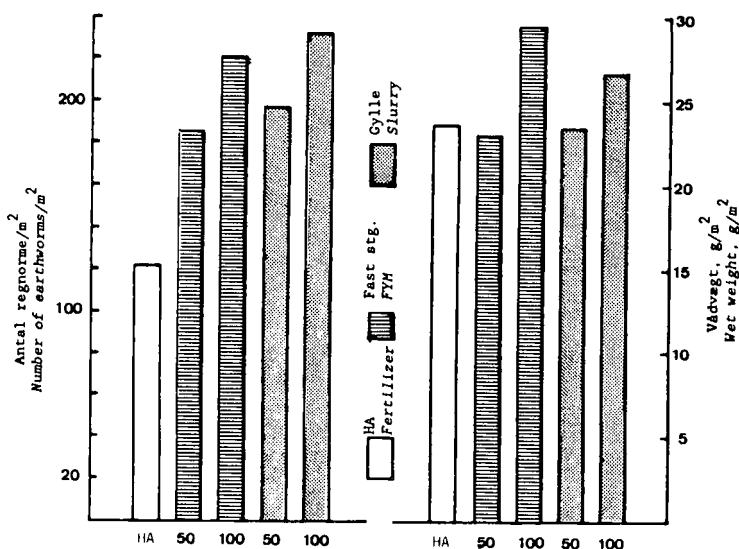


Fig. 12. Antal og vædvægt af regnorme efter anvendelse af handelsgødning (HA), staldgødning og gylle 50 og 100 t/ha/år. Anførte værdier er gennemsnit af indsamlingerne i perioden 1976-1978 (efter Andersen, 1983).
Number and wet weight of earthworms in soil treated with mineral fertilizer (HA) and FYM and slurry 50 and 100 t/ha/yearly. Average of collections in the period 1976-78 (Andersen, 1983).

Virkningen af de to typer kvæggødning er særlig tydelig på artsniveau (fig. 13). Efter tilførsel af fast gødning dominerer de to arter lang orm (*Allolobophora longa*) og grå orm (*A. caliginosa*), hvor tilførsel af 100 t pr. ha pr. år har givet anledning til en forøgelse af vægten af disse arter. Anvendelse af fast gødning har ligeledes medført en forøgelse af vægten af stor regnorm (*Lumbricus terrestris*).

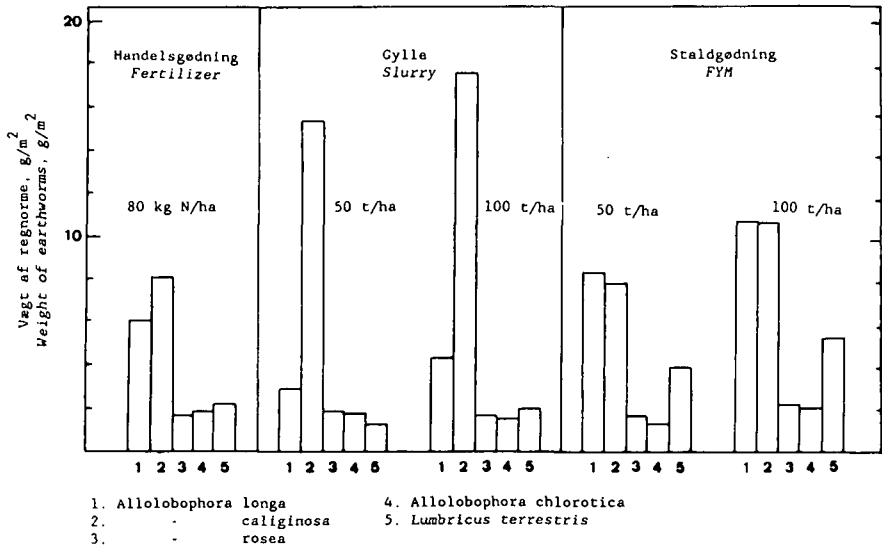


Fig. 13. Vådvægt af regnorme i jord tilført handelsgødning (80 N = 80 kg N/ha/år) eller husdyrgødning (fast gødning og gylle = 50 t og 100 t/ha/år), (Andersen, 1983).

Wet weight of earthworms in soil treated with mineral fertilizer (80 N = 80 kg N/ha/year) or cattle manure (FYM and slurry, 50 t and 100 t/ha/year), (Andersen, 1983).

Ved anvendelse af gylle ses specielt en stigning i vægten af grå orm (*A. caliginosa*), hvorimod gylle har stærk negativ indvirkning på de to store arter, lang orm (*A. longa*) og stor regnorm (*L. terrestris*). Når de to store arter i særlig grad rammes er det fordi deres gangsystemer har relative store åbninger på overfladen, hvor gyllen kan løbe ned, og enten dræbes nogle af ormene i gangene direkte af gylle eller tvinger dem til overfladen, hvor de omkommer.

7. SAMMENDRAG

Virkningen af store mængder kvæggylle og fast gødning med års mellemrum sammenlignet med tilførsel af moderate mængder hvert år er belyst i fastliggende mark- og lysimeterforsøg på ler- og sandjord ved Askov og Lundgård forsøgsstationer fra 1973-85.

I sædskifter med bederoer, vårbyg, forårsudlagt ital. rajgræs (majs på sandjord) og vårbyg blev der tilført følgende mængder kvæggødning:

25, 50 og 100 t pr. ha hvert år til samtlige afgrøder.

50, 100 og 200 t pr. ha hvert 2. år til enten roer, majs eller græs.

100, 200 og 400 t pr. ha hvert 4. år til roer.

Til sammenligning blev der givet stigende mængder handelsgødning.

Markforsøg

I roer blev der på lerjord opnået størst udbytte med den største gødningsmængde, og på sandjord ved tilførsel af 200 t pr. ha. Ved anvendelse af så store mængder som 200-400 t pr. ha vil der være en meget dårlig udnyttelse af planteringsstofferne i husdyrgødningen.

Der var på sandjord god virkning for anvendelse af såvel gylle som fast gødning til majs. For begge gødningstyper gælder, at der var stigende udbytter med stigende tilførsel af gødning, og der blev målt større udbytter end med handelsgødning. Fast gødning virkede bedre end gylle for samme tilførte mængde pr. ha.

Bedst virkning af kvæggødning til byg blev på lerjorden opnået ved tilførsel af 50 t pr. ha. På sandjorden blev der også målt merudbytte efter anvendelse af 100 t gødning pr. ha, men af hensyn til miljøbelastning vil tilførsel af så store mængder pr. ha ikke være acceptabelt.

I forårsudlagt ital. rajgræs på lerjord, hvor halvdelen af kvæggødningen blev tilført i forbindelse med vinterpløjning og den resterende mængde fordelt efter 1. og 2. slæt, skulle der tilføres 200 t pr. ha for at opnå samme virkning som 320 kg N i handelsgødning. Ved tilførsel af indtil 100 t pr. ha blev der fundet højere udbytter efter anvendelse af gylle end efter fast gødning. Forsøgene blev gennemført uden vanding.

Sammenlignes virkningen af gylle og fast gødning til byg og roer på basis af tilført mængde totalkvælstof har gylle givet større udbytte end fast gødning. Betragtes udbyttets størrelse som funktion af den tilførte mængde ammo-

niumkvælstof var virkningen stort set ens.

Kvæggødning tilført i moderate mængder hvert år gav på lerjord større udbytte end tilførsel af større mængder med års mellemrum, når gennemsnitsudbyttet for en 4 års periode (sædskifteomgang) lægges til grund for sammenligningen. På sandjorden blev der ved anvendelse af 100 t gødning pr. ha ialt i sædskiftet (gns. af 4 år) opnået størst udbytte ved engangstilførsel af gødningsmængden til roeafgrøden. Hvis mængderne øgedes gav en deling af husdyrgødningen bedst virkning.

Kvælstofbalancer beregnet på grundlag af tilført og bortført med afgrøderne viste, at hvor der i gennemsnit af sædskifter over en 12 årlig periode var anvendt 120 kg N i handelsgødning, var der omtrent balance mellem tilført og bortført kvælstof. På lerjorden var der efter tilførsel af 50 t gylle årligt pr. ha en overskudstilførsel af kvælstof på 85 kg N pr. ha og på sandjord 103 kg pr. ha i gennemsnit pr. år, og efter samme mængde fast gødning var der henholdsvis 174 og 177 kg N pr. ha, når der ikke tages hensyn til denitrifikation og udvaskningstab. Efter 100 t gødning pr. ha årligt var værdierne ca. 2 1/2 til 3 gange større.

Tilsvarende balancer for tilført og bortført fosfor viste, at afgrødernes fosforbehov vil være dækket ind ved anvendelse af 25 t kvæggødning pr. ha med undtagen ved gylleanvendelse til roer, hvor der var balance efter tilførsel af 50 t pr. ha.

For kaliums vedkommende var bygafgrødernes behov dækket ind efter anvendelse af 25 t gødning pr. ha og efter 50 t til majs, mens der til roer og græs skulle tilføres 100 t gødning pr. ha for at opnå balance mellem tilført og bortført kalium.

Der vil gennemgående blive tilført betydelig større mængder natrium, magnesium, mangan, kobber og zink med kvæggødning end planterne kan udnytte. En undtagelse var i disse forsøg tilførsel af natrium til roer, hvor der blev bortført mere, end der var tilført med 100 t gødning.

Lysimeterforsøg

Kvælstofudvaskningen var mindre efter anvendelse af handelsgødningkvælstof end efter tilsvarende mængder kvælstof tilført i form af kvæggylle eller fast gødning. Derimod var der ikke større forskel i N-udvaskning efter gylle og fast gødning og mellem ler- og sandjord. Kvælstofudvaskningen vil være stærkt afhængig af hvilken afgrøde der tilføres husdyrgødning, idet udvaskningen var

størst efter vårbyg, mindre efter roer og mindst efter græs.

Udvaskning af fosfor var mindre end 300 g pr. ha uanset tilførte mængder og gødningstyper.

Der blev målt større kaliumudvaskning på sandjord end på lerjord. Udvaskningen var ens fra husdyr- og handelsgødningsanvendelse til de forskellige afgrøder i sædskiftet ved samme tilførselsniveau.

Jordbundsundersøgelser

Undersøgelser over kvæggødningens indflydelse på jordens struktur og fysiske forhold viste, at tilførsel af fast gødning medførte en forøgelse af mængden af stabile aggregater, og der opnåedes større porevolumen efter anvendelse af kvæggødning end efter handelsgødning, navnlig som følge af et forøget volumen af grovporer.

Husdyrgødningstilførsel øger jordens mikrobielle biomasse aktivitet. Størrelsen af jordens biomasse, udtrykt ved dens indhold af kulstof og kvælstof viste, at 100 t kvæggødning pr. år øgede biomassens kulstofindhold med gennemsnitlig 170 kg og kvælstofindholdet med 26 kg pr. ha.

Undersøgelser over husdyrgødningens indflydelse på jordens regnormepopulationen viste, at der var en betydelig årsvariation i antallet af regnorme, men også at der var væsentlig flere orme, hvor der blev tilført kvæggødning. Vådvægten af orm var mindre afhængig af gødningstypen end individantallet var. Artssammensætningen af regnormepopulationen varierede med gødningstyperne, idet anvendelse af kvæggylle havde negativ virkning på de to store arter *L. terrestris* og *A. longa*.

Jordbundsundersøgelser efter 12 års tilførsel af kvæggødning til samme areal gav som resultat, at de årlige anvendte mængder gødning med undtagelse af 25 t gylle på lerjord medførte stigning af jordens fosforindhold i de øverste 0-50 cm dybde. Den største stigning blev fundet efter fast gødning idet der med denne gødning blev tilført mere end dobbelt så meget fosfor som med gylle. Anvendelse af større årlige mængder kvæggødning (50 g 100 t/ha) resulterede i en betydelig forøgelse af jordens kaliumindhold og førte til et højere indhold af magnesium, størst for begges vedkommende efter fast gødning. Gylleanvendelse havde ingen indvirkning på kobbertallet, hvorimod der efter tilførsel af fast gødning blev fundet højere kobberindhold på sandjorden.

8. LITTERATUR

- Andersen, N. C. 1983. Nitrogen turnover by earthworms in arable plots treated with farmyard manure and slurry. *Earthworm Ecology*. J. E. Satchell (ed.) Chapman, E. Hall, London, 139-151.
- Christensen, S. 1981. Vandring af kvælstof fra jord til atmosfære. Bilag til Statens Planteavlsmøde 1981, 49-52.
- Christensen, S. 1985. Denitrification in a sandy loam soil as influenced by climatic and soil conditions. *Tidsskr. Planteavl* 89, 351-365.
- Eiland, F. 1981. A. The effects of high doses of slurry and farmyard manure in microorganisms in soil. *Tidsskr. Planteavl* 85, 125-157.
- Eiland, F. 1981. B. Organic manure in relation to microbiological activity in soil. p. 154-156 in Proc. 16th Coll. Int. Potash Institute, Bern: Agricultural Yield Potentials in Continental Climates.
- Jørgensen, V. 1978. Luften og nedbørens kemiske sammensætning. Danske landområder. Chemical composition of air and precipitation in danish agricultural area. *Tidsskr. Planteavl* 82, 633-656.
- Kjellerup, V. og Kofoed, A. Dam 1979. Kvælstofgødskningens indflydelse på drænvandets indhold af plantenæringsstoffer. Nitrogen fertilizing in relation to plant nutrients in drainage water. *Tidsskr. Planteavl* 83, 330-348.
- Klausen, P. S. 1987. Nitratudvaskning fra landbrugsjord ved gødskning med gylle og handelsgødning. Statens Planteavlsforsøg Grøn Viden, Landbrug nr. 10.
- Kofoed, A. Dam og Nemming, O. 1980. Experiments on heavy application of animal manure to land. Proceeding of EEC Workshop: Effluents from livestock. J. K. R. Gasser (ed). Applied Science Publishers, 184-217.
- Kristensen, K. J. og Aslyng, H. C. 1971. Lysimetres with rainfall and soil water control. *Nordic Hydrology* 2, 79-82.
- Larsen, K. E. og Keller. 1985 a. Nedfældning af kvæggylle til byg og bederoer. Injection of slurry to barley and fodder beet. *Tidsskr. Planteavl* 89, 11-18.
- Larsen, K. E. og Keller. 1985 b. Nedfældning af gylle til græs. Injection of slurry to grass. *Tidsskr. Planteavl* 89, 19-24.
- Lind, Anne-Margrethe 1985. Soil air concentration of N_2O over 3 years of field experiments with animal manure and inorganic N-fertilizer. *Tidsskr. Planteavl* 89, 331-340.

- Meincke, J. 1985. Kvæggylle til majs i vækstperioden. Cattle slurry applied to maize during the growth period. Tidsskr. Planteavl 89, 25-29.
- Nemming, O. 1977. Staldgødningsanvendelse og -forurening. Bilag til Statens Planteavlsmøde 1977, 49-62.
- Nemming, O. 1978. Belastning af jorden med stigende mængder husdyrgødning. Statens Planteavlsforsøg. Meddelelse nr 1446.

Institutter m.v. under Statens Planteavlsvforsøg

Administrationscentret

Statens Planteavlskontor, Skovbrynet 18, 2800 Lyngby	45 93 09 99
Informationstjenesten, Skovbrynet 18, 2800 Lyngby	45 93 09 99
Afdeling for Biometri og Informatik, Lottenborgvej 24, 2800 Lyngby	45 93 09 99
Afdeling for Bisygdomme, Skovbrynet 18, 2800 Lyngby	45 93 09 99

Landbrugscentret

Fagligt Sekretariat, Forsøgsanlæg Foulum, 8830 Tjele	86 65 25 00
Afdeling for Industriplanter og Frøavl, Ledreborg Allé 100, 4000 Roskilde	42 36 18 11
Statens Forsøgsareal, Bornholm, Rønnevej 1, 3720 Åkirkeby	53 97 53 10
Statens Biavlsvforsøg, Ledreborg Allé 100, 4000 Roskilde	42 36 18 11
Statens Forsøgsstation, Rønnehave, Hestehave 20, 6400 Sønderborg	74 42 38 97
Statens Forsøgsstation, Forsøgsvej 30, 9382 Tylstrup	98 26 13 99
Afdeling for Sortsafprøvning, Teglværksvej 10, 4230 Skælskør	53 59 61 14
Afdeling for Grovfoder, Forsøgsanlæg Foulum, 8830 Tjele	86 65 25 00
Statens Forsøgsstation, Vestergade 46, Borris, 6900 Skjern	97 36 62 33
Statens Forsøgsstation, Oddesundvej 65, Silstrup, 7700 Thisted	97 92 15 88
Afdeling for Landbrugsplanternes Ernæring, Vejenvej 55, Askov, 6600 Vejen	75 36 02 77
Statens Forsøgsstation, Kongeåvej 90, Lundgård, 6600 Vejen	75 36 01 33
Afdeling for Kulturteknik, Flensborgvej 22, St. Jyndeved, 6360 Tinglev	74 64 83 16
Statens Forsøgsstation, Amdrupvej 22, Ødum, 8370 Hadsten	86 98 92 44
Statens Planteavlsv-Laboratorium, Lottenborgvej 24, 2800 Lyngby	45 93 09 99
Centrallaboratoriet, Forsøgsanlæg Foulum, 8830 Tjele	86 65 25 00
Jordbrugsmeteorologisk Tjeneste, Forsøgsanlæg Foulum, 8830 Tjele	86 65 25 00

Havebrugscentret

Institut for Grønsager, Kirstinebjergvej 6, 5792 Årslev	65 99 17 66
Institut for Væksthuskulturer, Kirstinebjergvej 10, 5792 Årslev	65 99 17 66
Institut for Frugt og Bær, Kirstinebjergvej 12, 5792 Årslev	65 99 17 66
Institut for Landskabsplanter, Granlidevej 22, Hornum, 9600 Års	98 66 13 33

Planteværnscentret

Institut for Pesticider, Lottenborgvej 2, 2800 Lyngby	42 87 25 10
Botanisk, Virologisk og Zool. Afd. og Oplysningstjen., Lottenborgvej 2, 2800 Lyngby ..	42 87 25 10
Planteværnsafdelingen i Skejby, Udkærvej 15, Skejby, 8200 Århus N	86 10 30 88
Institut for Ukrudtsbekæmpelse, Flakkebjerg, 4200 Slagelse	53 58 63 00
Analyselaboratoriet for Pesticider, Flakkebjerg, 4200 Slagelse	53 58 63 00