

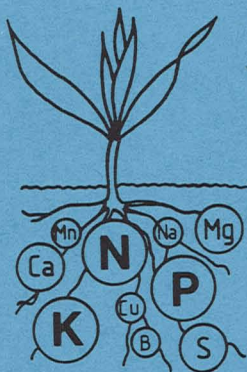


**SVERIGES  
LANTBRUKSUNIVERSITET**

# **Spridning av svinflytgödsel i växande gröda – pilotstudie med ny teknik**

**Application of Pig Slurry to Winter Wheat during  
the Growing Season**

**Jens Blomquist och Einar Gudmundsson**



---

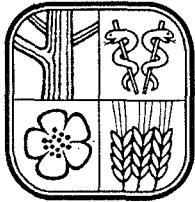
**Institutionen för markvetenskap  
Avd. för växtnäringslära**

**Swedish University of Agricultural Sciences  
Dept. of Soil Sciences  
Division of Soil Fertility**

**Rapport 173  
Report**

**Uppsala 1988  
ISSN 0348-3541  
ISBN 91-576-3351-7**

---

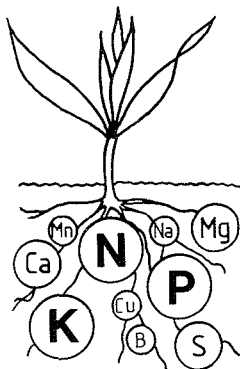


**SVERIGES  
LANTBRUKSUNIVERSITET**

# **Spridning av svinflytgödsel i växande gröda – pilotstudie med ny teknik**

**Application of Pig Slurry to Winter Wheat during  
the Growing Season**

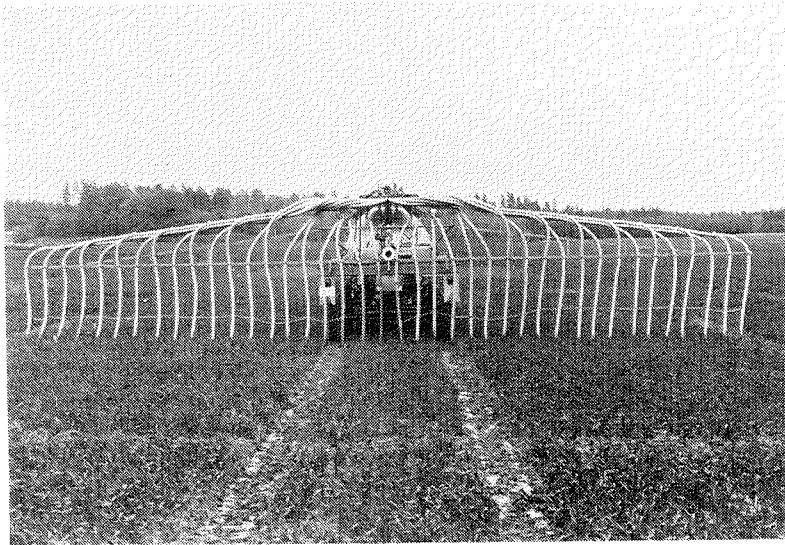
**Jens Blomquist och Einar Gudmundsson**



---

**Institutionen för markvetenskap  
Avd. för växtnäringslära  
Swedish University of Agricultural Sciences  
Dept. of Soil Sciences  
Division of Soil Fertility**

**Rapport 173  
Report  
Uppsala 1988  
ISSN 0348-3541  
ISBN 91-576-3351-7**



## FÖRORD

Vi riktar ett varmt tack till statskonsulent Sture Claesson och Magnus Elinder vars engagemang gjorde projektet möjligt och professor Jan Persson som lett våra växtnäringsstudier i rätt riktning. Vi är också ett stort tack skyldiga Ranflo AB (STAR) som trodde på oss och finansierade vår tekniska utrustning samt Lantbrukets Fond och Kungliga Skogs och Lantbruksakademien som ställde forskningsmedel till förfogande.

Tack Bleckert Lagerfelt för ditt intresse för oss och vårt projekt. Utan ditt höstvetete och dina traktorer, hade vi inte kommit till skott.

Tack Olle Kastensson för den eminenta gödseln.

Tack Staffan Steineck för litteratur och hjälpen med planeringen av fältförsöket.

Tack Birgitta Vegerfors, institutionen för statistik, data och informationslära för hjälpen med den statistiska bearbetningen av materialet.

Tack Östergötlands Läns Hushållningssällskap för tork och tröska.

Tack till personalen på avdelningen för växtnäringslära för varsam handledning i analysarbetet.

## INNEHALLSFÖRTECKNING

1	INTRODUKTION	1
1.1	<u>Bakgrund</u>	<u>1</u>
1.2	<u>Syfte</u>	<u>2</u>
1.3	<u>Hypotes</u>	<u>2</u>
2	LITTERATURGENOMGANG	3
2.1	<u>Spridning i växande gröda</u>	<u>3</u>
2.2	<u>Ammoniakavdunstning</u>	<u>6</u>
2.2.1	Vindhastighetens betydelse för ammoniakavdunstningen	7
2.2.2	Temperaturens betydelse för ammoniakavdunstningen	9
2.2.3	Vattenavgångens betydelse för ammoniakavdunstningen	12
2.3	<u>Ammoniakupptagning genom blad</u>	<u>17</u>
2.4	<u>Spridningsjämnhetens betydelse</u>	<u>20</u>
2.4.1	Biologiska krav	20
2.4.2	Tekniska krav	20
2.5	<u>Kol/kvävekotens betydelse för flytgödselkvävet</u>	<u>22</u>
2.6	<u>Tidigare försök</u>	<u>26</u>
3	MASKINELL UTRUSTNING	30
3.1	<u>Vogelsang/Star slangspridare</u>	<u>30</u>
3.1.1	Rotorkolvypump	30
3.1.2	Rotorfördelare	35
3.2	<u>Star bredspridare</u>	<u>36</u>
4	MATERIAL OCH METODER	38
4.1	<u>Försöksplan</u>	<u>38</u>
4.1.1	Försöksplan	38
4.1.2	Kommentarer till försöksplan	39
4.2	<u>Fältplan</u>	<u>39</u>
4.3	<u>Fältdata</u>	<u>40</u>
4.4	<u>Försöksåtgärder</u>	<u>41</u>
4.5	<u>Provtagning</u>	<u>42</u>
4.5.1	Flytgödsel	42
4.5.2	Jord	42
4.5.3	Gröda	43
4.6	<u>Analyser och analysmetoder</u>	<u>43</u>
4.6.1	Jordprov	43
4.6.2	Växtprov	45
5	RESULTAT-TEKNIK	46
5.1	<u>Flödesmätning</u>	<u>46</u>
5.2	<u>Spridningsjämnhet</u>	<u>48</u>
5.2.1	Slangspridare	48
5.2.2	Bredspridare	49
5.3	<u>Funktion</u>	<u>52</u>
6	RESULTAT-BIOLOGI	53
6.1	<u>Väderdata</u>	<u>53</u>

<u>6.2 Grödans utveckling</u>	<u>55</u>
6.2.1 Slutenhets vär	55
6.2.2 Frödighet och färg	57
6.2.3 Skott och ax per kvadratmeter	59
<u>6.3 Skörderesultat</u>	<u>61</u>
6.3.1 Kärnskördar och halmskördar	61
<u>6.4 Analysresultat</u>	<u>66</u>
6.4.1 Kväve i jord och växtmaterial	66
6.4.2 Proteinhalt i kärna	74
6.4.3 Tusenkornvikt och rymdvikt	76
6.4.4 Kvoten kärna/halm	78
<b>7 DISKUSSION</b>	<b>79</b>
<u>7.1 Orsaker till skördeutfallet</u>	<u>79</u>
<u>7.2 Praktisk användning</u>	<u>82</u>
7.2.1 Krav på flytgödseln	82
7.2.2 Körteknik	82
7.2.3 Hjulutrustning	83
7.2.4 Elektronisk övervakning av flytgödselspridare	84
7.2.5 Ekonomi	85
<u>7.3 Framtida utvecklingsmöjligheter</u>	<u>87</u>
<b>8 SAMMANFATTNING</b>	<b>88</b>
<b>9 SUMMARY</b>	<b>89</b>
<b>10 LITTERATURFÖRTECKNING</b>	<b>95</b>

## FIGURER

Utlakning av kväve på lerjord .....	3
Ammoniakflöde-vindhastighet .....	8
Vindprofil över gröda .....	9
Yttertemperatur och ammoniakförluster .....	11
Samband mellan TAN, pH och pNH <sub>3</sub> .....	13
Samband mellan vatten- och ammoniakförlust .....	15
Ammoniakprofiler i kvickrotsbestånd .....	18
Skörderesultat Baadsgaard .....	28
Rotorkolvpump .....	31
Pumpprincip .....	32
Flerkammarpump .....	33
Varvtal-flöde-effektbehovdiagram .....	34
Rotorfördelare .....	36
Centrifugalfördelare .....	37
Varvtalsberoende pumpmängd .....	46
Spridningsbild slangspredare .....	48
Delflödesprov bredspridare .....	50
Spridningsbild bredspridare .....	51
Nederbördsdata .....	53
Temperaturdata .....	54
Kärnskördar .....	63
kväveupptagning 95 kg-N nivån .....	68
Kväveupptagning 150 kg-N nivån .....	69
Elektronisk övervakning av flytgödselspredare .....	85

## TABELLER

Stallgödselns verkan vid olika spridningstidpunkter .	4
SMP:s gradering av spridningsjämnhet .....	21
Ekonomiskt och biologiskt optimal kvävegiva .....	22
Flytgödselanalyser .....	25
Flytgödselanalyser Baadsgaard .....	27
Slutenhet vår .....	56
Frodighet och färg .....	58
Skott per kvadratmeter .....	60
Kärnskördar .....	62
Halmskördar .....	65
Kväveinnehåll i växtmaterial .....	66
Kväveutnyttjandekoefficienter .....	71
Kväve i jordprov .....	72
Proteinhalter .....	74
TKV och rymdvikter .....	76
Kvoten kärnvikt/halmvikt .....	78



# 1 INTRODUKTION

## 1.1 Bakgrund

Dagens flytgödselhantering och i synnerhet gödselns spridning lämnar mycket övrigt att önska. Förhärskande teknik, bredspridning med spegelspridare, är knappast någon bra lösning sett från biologisk och växtnäringsmässig synpunkt. Tekniken där gödseln finfördelas och luftas innebär att ammoniakförlusterna kan bli avsevärda. Vidare sker ofta spridningen på bar mark och mera sällan i växande gröda. Ju längre avståndet är i tiden mellan spridning och sådd, desto mer växtnäringsförluster måste man räkna med i form av ytavrinning och utlakning.

Skulle man kunna tillföra grödan stallgödselkväve utan förluster vid spridningen har vi ändock svårt att bedöma gödselns kväveverkan. Stallgödselkvävet är starkt kopplat till markens organiska kväveomsättning, graden av koppling beroende på energiinnehållet i gödsel och mark. Detta gör att stallgödselkvävet i vissa fall undandras växterna under växtperioden för att sedan frigöras vid en senare tidpunkt. Detta leder till att det är svårt att bedöma stallgödselkvävet såväl momentana som sammanlagda verkan. Jordbrukaren har på så vis mycket svårt att räkna ut hur mycket handelsgödselkväve han kan ersätta med stallgödselkväve. Det leder ofta till att man för säkerhets skull påräknar en mycket liten effekt av stallgödseln med förluster av kväve ur systemet som följd.

På dessa växtnäringsförluster kan man lägga både ekonomiska och miljömässiga aspekter. Med stigande handelsgödselpriser är varje kilogram icke förflyktigt eller bortrunnet kväve

en icke föraktlig besparing för lantbrukaren. Handelsgödselinköpen skulle minska i samma takt som förlusterna reducerades om teknik funnes.

Från miljösynpunkt vore vidare en bättre synkronisering av spridning till grödor i tillväxt mycket önskvärd. Dagligen läser vi i såväl fack- som annan press om de stora läckage av närsalter som sker till vattendrag och slutligen hav och där jordbruket står för ett ansevärt bidrag.

Mot bakgrund av detta framstår dagens spridningsteknik mera som gårdagens och som en eftergift mer åt teknisk hänsyn än åt biologisk och miljömässig. Glädjande nog finns dock ett stort intresse bland jordbrukare för en vettigare hantering av stallgödseln, samtidigt som industrin funderar på nya bättre lösningar.

## 1.2 Syfte

Syftet med examensarbetet var att utröna om precisionsspridning av flytgödsel i växande gröda med hjälp av släp-slangsteknik är intressant från funktionell och biologisk synpunkt samt att detaljstudera växternas utnyttjande av flytgödselkväve i jämförelse med handelsgödselkväve.

## 1.3 Hypotes

Hypotesen som skulle provas var :

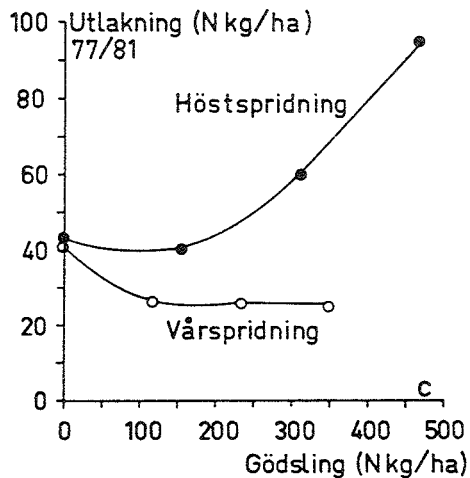
Ett system, som sprider jämnt med lågt tryck samt applicerar gödseln direkt på marken under ett bladverk , kan medverka till att man får en god och förutsägbar verkan av flytgödselns ammoniumkväveinnehåll.

## 2 LITTERATURGENOMGANG

### 2.1 Spridning i växande gröda

För närvarande sprids i Sverige ca 50 % av stallgödseln på hösten (Andersson, 1985).

Höstgödsling medför betydligt större utlakningsförluster än vårgödsling (Brink & Jernlås, 1982). Storleken på kväveförlusterna beror på bland annat nederbörd, tjäle, jordart och utspridd mängd gödsel. Se figur 1.



Figur 1. Utlakning av kväve på lerjord efter flytgödselspridning höst och vår. Angivna värden är summor för fyra år. (Brink & Jernlås, 1982).

Figure 1. Leaching of nitrogen on clay soil after slurry application in the autumn and the spring. Values given are sums for four years.

Följaktligen blir effekten av höstspridning i genomsnitt sämre än den som är att vänta av en vårspridning. Detta har

visats i åtskilliga försök. Iversen (1956) genomförde under åren 1938-1944 försök med olika spridningstidpunkter.

Tabell 1.

Tabell 1. Stallgödselns verkan på skörden av vårsäd och rotfrukter vid olika spridningstidpunkter (relativtal). Spridning i april = 100. (Iversen, 1956)

Table 1. Influence of manure on yields of spring cereals and root crops when spread at different times (relative values). Spreading in April = 100

Försöksplats Site	Spridningstidpunkt Time of spreading			
	okt	dec	feb	april
Askov, lerjord. clay	60	80	85	100
Lundgård, sandjord. sand	70	90	90	100
Lyngby, lerjord. clay	85	100	90	100

Av försöksresultaten framgår nederbördens inverkan på gödslingseffekten. Vid Askov föll i medeltal 350 mm under perioden oktober - april 1938-1944, medan under samma period endast 262 mm föll vid Lyngby. I oktober, december och april plöjdes gödseln ned direkt efter spridningen, medan den i februari plöjdes ned snarast möjligt. Det betydde vid Askov 7 dagar och vid Lyngby 21 dagar efter spridning. Detta är orsaken till att februarispridningen vid Lyngby hade sämre effekt än decemberspridningen.

En vårspridning av stallgödseln är alltså att föredra framför höst- och vinterspridning.

Emellertid visar sig sällan alternativet med vårspridning före sådd vara speciellt fördelaktigt . Spridningen måste då ske under en bråd tid och dessutom oftast på dåligt upptorkade jordar med ringa bärighet. Packningsskadorna på speciellt styva jordar blir ofta omfattande av de tunga spridarekipagen.

Ett alternativ för lantbrukare med vallodling är att sprida stallgödseln på vall. Nötgödselns höga kaliuminnehåll gör den till ett utmärkt vallgödselmedel, då vallen har ett stort kaliumbehov. Fördelen med vallspridning efter t ex skörd 1 och 2 är att marken är upptorkad, och att vallsvålen bidrar till bättre bärighet. Kväveeffekten vid flytgödselspridning på vallstubb är dock låg (Steineck, 1988b). Dessutom innebär alltid vallspridning av stallgödsel, kontaminerad med virulenta smittämnen, en risk att betande djur kan infekteras. Risken är störst vid direkt betning på stallgödslad vall, mindre vid utfodring med vallgröda i form av hö eller ensilage (Engvall, 1985).

Mot bakgrund av vad som anförts beträffande de spridningsalternativ som står till buds, framstår vårspridning i växande gröda i öppen odling som ett intressant alternativ.

Man kan här tänka sig minst tre olika tillförselsätt nämligen, bredspridning, myllning och applicering under bladverket.

Bredspridning innebär, att bladverket smutsas ned kraftigt med påföljande risk för brännskador.

Myllning har i försök visat sig överlägsen bredspridning med avseende på skördeutfallet (Kemppainen, 1986). Myllningens låga avverkning och de skador den åsamkar grödan gör dock, att myllningstekniken aldrig fått någon större omfattning i Sverige. Beräkningar av lönsamheten (Andersson &

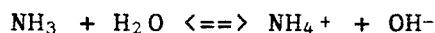
Svanäng, 1986) visar också att investering i dagens myllningsaggregat inte är företagsekonomiskt lönsam vid jämförelse med konventionell spridning med nedbrukning snarast därefter.

Beträffande det tredje alternativet, applicering under ett bladverk, finns inga tidigare svenska försök utförda, då tekniken för första gången provades i Sverige i och med detta examensarbete. Tyska försök med släpslangapplicerad svinflytgödsel i höstkorn (Hoffman, 1984) visar dock på lika höga kärnskördar som med optimala handelsgödselgivor, om flytgödseln liksom handelsgödseln delas i flera givor.

## 2.2 Ammoniakavdunstning

Mellan 50 och 90 % av totalkvävet i flytgödsel föreligger som ammoniumkväve (Steineck, 1988a).

Ammoniak (NH<sub>3</sub>) är vid normalt tryck och temperatur en gas som emellertid lätt reagerar med vatten under bildning av ammonium (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>). Jämviktsreaktionen kan skrivas



pka-värdet för jämvikten mellan NH<sub>3</sub> och NH<sub>4</sub><sup>+</sup> är vid 26 C° 9.22. Flytgödsel är anaerobt lagrad och reaktionen neutral. Vid pH 7 kommer förhållandet mellan NH<sub>3</sub>/NH<sub>4</sub><sup>+</sup> att vara ungefär 1/200.

Ammoniakavdunstningen vid och efter gödselns utspridning regleras av en mängd faktorer bl a gödselns luftning och finfördelning, jordens pH och katjonbytande förmåga, uppehållstid på markytan, inblandning i jorden, vindhastighet, temperatur och upptorkning.

I följande tre avsnitt behandlas förhållanden som kan anses vara till släpplangteknikens fördel med avseende på minskad ammoniakavdunstning.

### 2.2.1 Vindhastighetens betydelse för ammoniakavdunstningen

Den lösta ammoniak i flytgödseln står i jämvikt med ammoniak i omgivande luft. Förhållandet dem emellan ges av Henrys lag, dvs att "lösligheten av en gas i en vätska är proportionell mot gasens partialtryck över vätskan".

$$\text{NH}_3 \text{ (aq)} = \text{KH} * \text{pNH}_3$$

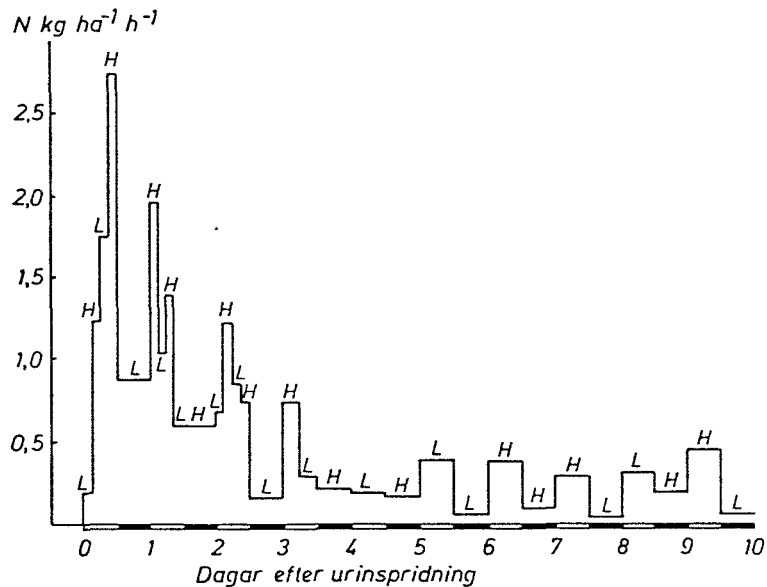
$$\text{NH}_3 \text{ (aq)} = \text{NH}_3\text{-koncentration i flytgödseln (molar)}$$

$$\text{KH} = \text{proportionalitetskonstant (molar/bar)}$$

$$\text{pNH}_3 = \text{partialtryck av NH}_3 \text{ i luften (bar)}$$

Om ammoniak går bort ur gasfasen i luften ovanför flytgödseln ersätts denna med ny ammoniak ur lösningen, tills jämvikt åter inställer sig. Av detta förstås att vinden har avgörande betydelse för avdunstningen.

Vertregt och Rutgers (1987) mätte ammoniakavdunstningen som funktion av vindhastigheten i ett försök med ytspridd urin, 607 kg N/ha. Vindhastigheten ändrades kontinuerligt från 0.5 till 1.5 m/s och tillbaka. Som framgår av figur 2. hade vindhastigheten ett avgörande inflytande på ammoniakavdunstningen.

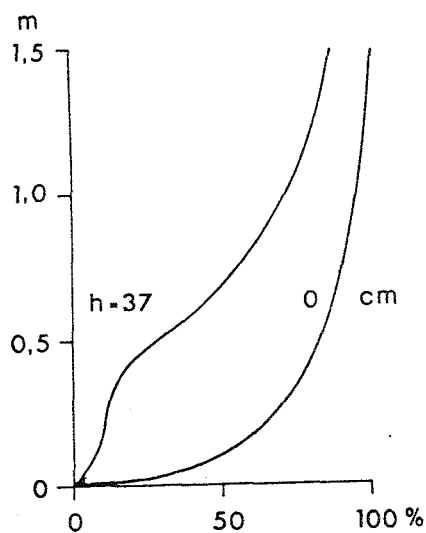


Figur 2. Förändring i ammoniakflöde med tiden efter urinspridning (607 kg N/ha) i ett försök med omväxlande vindhastigheter. L = 0.5 m/s, H = 1.5 m/s. (Vertregt & Rutgers, 1987).

Figure 2. Changes in flow of ammonia with time following spreading of urine (607 kg/ha N) in an experiment with variable wind speeds. L = 0.5 m/s, H = 1.5 m/s.

Hur vindhastigheten varierar med höjden över markytan visas i figur 3 för dels en obeväxt markyta, dels en beväxt markyta. Ovanför en obeväxt markyta kommer medelvindhastigheten att öka logaritmiskt med höjden. Införs ett vegetationstäck förändras vindprofilen. Vegetationstäckt mark utgör nämligen en i aerodynamiskt hänseende skrovlig yta som kraftigt reducerar vindhastigheten över men framför allt inne i beståndet (Mattson, 1979).





Figur 3. Vindprofilens utseende över en obeväxt markyta och över en potatisgröda med beståndshöjden  $h = 37$  cm. Vindhastigheten 1.5 m över den obeväxna markytan = 100 %. (Mattson, 1979).

Figure 3. Wind profile over unvegetated soil and over a potato crop with a stand height of 37 cm. Wind speed at 1.5 m above the vegetated soil = 100 %.

Man kan på goda grunder anta, att flytgödsel applicerad under ett växttäckte därför kommer att vara betydligt mindre utsatt för ammoniakavdunstning än den gödsel, som sprids på bar mark.

### 2.2.2 Temperaturens betydelse för ammoniakavdunstningen

Temperaturen har inflytande på  $\text{NH}_3$ -avdunstningen genom två olika processer.

För det första varierar pka-värdet för jämvikten mellan  $\text{NH}_3$  och  $\text{NH}_4^+$  enligt:

$$\text{pka} = 0.09018 + 2729.92/T$$

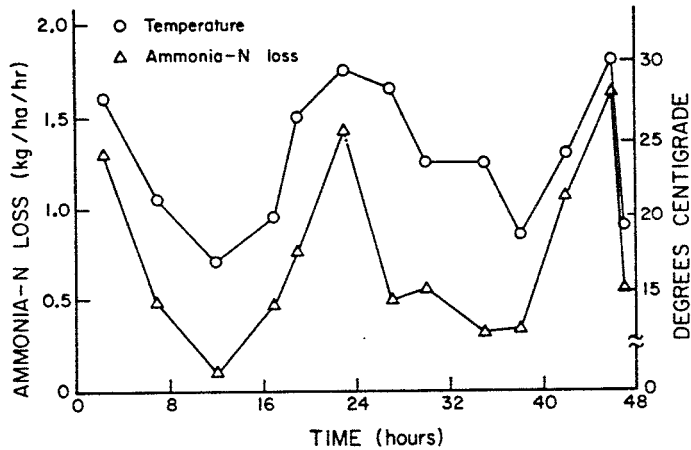
där T = absolut temperatur ( K)

En temperaturhöjning från 15° C till 25° C sänker pka-värdet från 9.57 till 9.25. Det betyder i sin tur att förhållandet  $\text{NH}_3/\text{NH}_4^+$  ändras från 1/372 till 1/177.

Koncentrationen av  $\text{NH}_3$  (aq) kommer således att öka med ökad temperatur, vilket leder till en ökning av partialtrycket av ammoniak (Henrys lag) och påföljande utsatthet för avdunstning.

För det andra minskar ammoniakens löslighet i vatten med ökad temperatur. Således löser sig 68.4 g  $\text{NH}_3$ /100 g vatten vid 10° C, men endast 51.8 g  $\text{NH}_3$ /100 g vatten vid 20° C.

Hoff et al (1981) visade i fältförsök på sambandet mellan yttemperatur och ammoniakavdunstning. Svinflyt gödsel ytspreds på obeväxt markyta och avdunstad ammoniak uppsamlades i svavelsyra. Resultatet visas i figur 4.



Figur 4. Yttertemperatur och ammoniakförluster från markyta som gödslats med svinflytgödsel. (Hoff et al, 1981)

Figure 4. Ambient temperature and losses of ammonia from soil which has been fertilized with pig slurry.

Tyvär framgår inte av uppsatsen, vilken av tre olika givror som bilden avser, men det kvalitativa sambandet framgår tydligt. Ammoniakavdunstningen var störst mitt på dagen, när också temperaturen var högst, och sjönk på eftermiddagen när temperaturen sjönk.

Frågan återstår, hur mycket ett växttäckte påverkar temperaturen på markytan. På en obeväxt markyta kommer temperaturen att fluktueras inom vida gränser under dygnet, beroende på markens höga värmekapacitet och stora värmeledningsförmåga. Luften ovanför markytan uppvärms av den varmare marken och inte tvärtom. På en beväxt markyta kommer emellertid växttäcktet att överta rollen som energiom-

sättningsyta, solstrålningen utsläcks och temperaturen på markytan blir lägre än i beståndets övre del (Mattson, 1979).

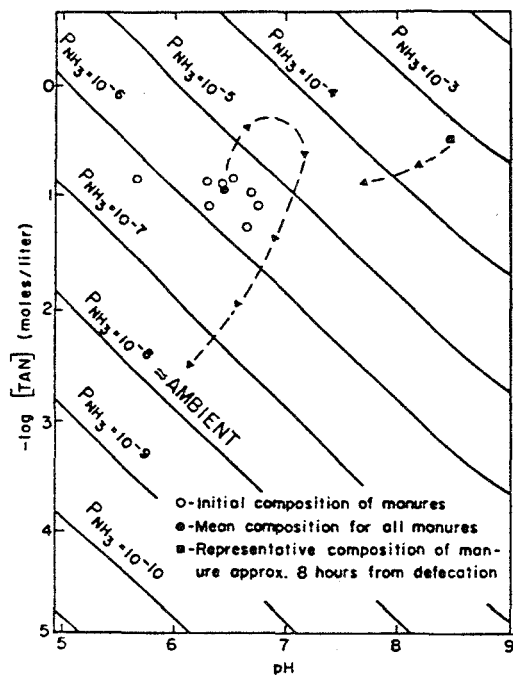
Således kommer temperaturen runt den gödsel som applicerats under ett bladverk att bli lägre än runt den som sprids på obeväxt markyta.

### 2.2.3 Vattenavgångens betydelse för ammoniakavdunstningen

Avdunstningsförhållandena - inkluderande alla meteorologiska variabler - tillsammans med nederbörden verkar vara de viktigaste faktorerna för ammoniakavdunstningen under fältförhållanden (Lauer et al, 1976). I försök med ytspridd kletgödsel (225 ton/ha) mättes ts-halt och TAN ( total ammoniacal nitrogen ) i insamlade gödselprover under försökstiden. TAN definieras som summan av koncentrationerna av  $\text{NH}_3$  och  $\text{NH}_4^+$ .

Under 22 dagar i april förlorades 83 % av TAN och under 26 dagar i augusti förlorades 99 % av TAN. Samtidigt mättes partialtrycket av  $\text{NH}_3$  ovanför gödseln. Det steg till värden som högst motsvarande 15 gånger det ursprungliga partialtrycket vid jämvikt. I medeltal uppmättes 3 respektive 7 gånger högre värden i april respektive augusti.

Orsaken till de höga avdunstningsförlusterna står att finna i partialtrycket av  $\text{NH}_3$  ovan gödseln relativt det i omgivande luft. Ammoniakens partialtryck bestäms i sin tur av ammoniakkoncentrationen i gödseln. Sambandet mellan TAN, pH och  $\text{pNH}_3$  visas i figur 5.



Figur 5. Samband mellan TAN, pH och ammoniakens partialtryck vid 25 °C. ( Lauer et al, 1976).

Figure 5. Relationship between total ammonia-N (TAN), pH and the partial pressure of ammonia at 25°C

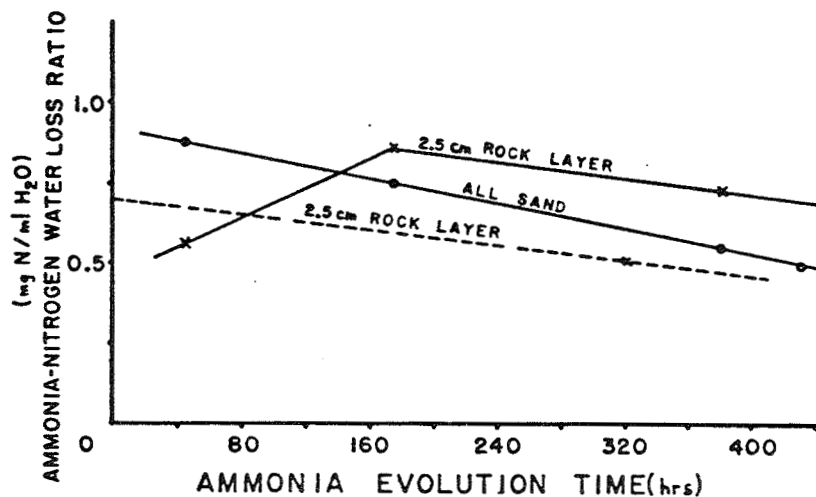
Färsk gödsel (träck och urin) uppvisar höga värden av TAN, pH och  $p_{NH_3}$ , eftersom urea i urinen snabbt reagerar med enzymet ureas i träcken. Ureahydrolysen höjer  $p_{NH_3}$ , och ammoniak går bort. Denna första fas av ammoniakavdunstning är orsak till de höga värden av ammoniak som uppmäts i och kring ladugårdar. Halveringstiden ~ tiden för 50 % reduktion av TAN - är mindre än en dag.

Den gödsel, som sprids i fält, "befinner" sig i mitten av figuren. Efter hand som gödseln torkar, och vatten går bort, ökar TAN. En samtidig ökning av pH-värdet, resulterar

i en kraftig ökning av  $p\text{NH}_3$ . Följden blir, att ammoniak avdunstar från gödseln i en strävan att återupprätta jämvikt. Under denna andra fas av ammoniakavdunstning, reglerad alltså av vattenavgången, bibehålls  $p\text{NH}_3$  på tillräckligt hög nivå för kontinuerlig ammoniakavdunstning. Halveringstiden anges till 2-4 dagar.

När det mesta av ammoniak avdunstat (>> 75 %), inträder den tredje fasen. Sammansättningen i gödseln ändras kontinuerligt till dess att  $p\text{NH}_3$  ovanför gödseln intagit omgivande lufts ammoniaktryck och jämvikt inställt sig.

Om ammoniakavdunstningen som funktion av vattenavdunstning rapporterar också Fenn och Escarzaga (1977). I ett laboratorieförsök placerades ammoniumsulfat (550 kg/ha N) på 5.1 cm djup i en sandbädd. En jämförelse bestod av samma kvävemängd på samma djup, men med 2.5 cm grus närmast kvävet och där ovan 2.5 cm sand. Resultatet visas i figur 6 enligt vilken ett klart samband existerar mellan ammoniakavdunstning och vattenavdunstning.



Figur 6. Samband mellan vatten- och ammoniakförlust från en sandbädd med och utan kapillaritetsbrytande skikt. (Fenn & Escarzaga, 1977).

Figure 6. Relationship between losses of water and ammonia from a bed of sand with and without a layer which breaks capillarity.

Ammoniakavdunstningen minskade snabbare än vattenavdunstningen i bäddarna med enbart sand, varför riktningskoefficienten på linjen blir negativ. I bäddarna med ett sand- och ett gruslager framskred förloppet i två faser. Först avdunstade vattnet i den kvävefria sanden. Sedan måste NH<sub>3</sub> och vatten i gasfas diffundera genom det kapillaritetsbrytande grusskiktet, varför totala vatten- och ammoniakavgången blev mindre utan att för den skull förändra förhållandet dem emellan.

Denmead et al (1976) mätte NH<sub>3</sub>-avdunstningen från dels betad och dels obetad klöver-gräsvall. De fann att ammoniakavdunstningen var störst när vattenavdunstningen var störst. Sambandet gav de i ekvationen

$$y = 0.0214x - 5.5 \quad (r = 0.74)$$

där  $y$  = flödet av  $\text{NH}_3$  (g N/ha/h)

$x$  = flödet av  $\text{H}_2\text{O}$  (kg/ha/h)

Interceptet på y-axeln var inte signifikant skilt från 0 ( $p < 0.05$ ), vilket tyder på att trots att ammoniak produceras kontinuerligt i markförnan avdunstar den inte förrän vattenavdunstningen börjar.

Vilka förhoppningar kan då ställas på släpslangtekniken med avseende på minskad ammoniakavdunstning orsakad av mindre vattenavdunstning ?

Potentiella evapotranspirationen ( $E_p$ ) definieras som summan av evaporation från markytan och transpiration från växterna från en ständigt våt yta.

Den aktuella evapotranspirationen ( $E_a$ ) är en funktion av grödans utveckling och tillgång på vatten och energi.

Kvoten  $E_a/E_p$  som funktion av en grödas marktäckning (Leaf Area Index, LAI) ökar till LAI-värdet 3, då kvoten blir 1. En marktäckning motsvarande LAI = 3 är alltså nödvändig för att uppnå potentiell evapotranspiration (Kristensen, 1974).

Man skulle kunna tänka sig att en gödselapplicering vid t ex LAI = 1 skulle vara gynnsam ur  $\text{NH}_3$ -avdunstningens synpunkt. Vid LAI = 1 är den aktuella evapotranspirationen bara ca 60 % av den potentiella. Emellertid är det intressanta i sammanhanget hur stor del av evapotranspirationen som representerar evaporation respektive transpiration vid olika LAI-värden. Brun et al (1972) visade att transpirationens del av den sammanlagda evapotranspirationen var starkt korrelerad till LAI-värdet. Vid LAI = 2 var 50 % av evapotranspirationen transpiration och vid LAI = 4 var 95 %



av evapotranspirationen transpiration. Detta beror förstås på att den tillgängliga energin för att avdunsta vatten från markytan är mycket begränsad när bladen beskuggar marken.

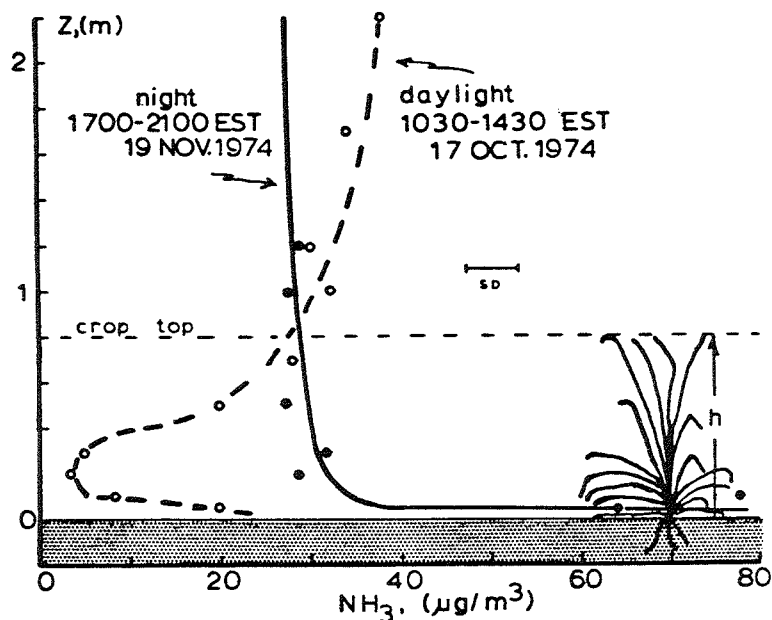
Ovanstående ger alltså vid handen, att vid en sen gödsling under ett marktäckande bestånd borde ammoniakavdunstningen från gödseln vara relativt liten.

### 2.3 Ammoniakupptagning genom blad

Växter kan ta upp ammoniak från omgivande luft genom klyvöppningarna (Hutchinson et al, 1972).

I försök med böna (Phaseolus vulgaris L.) konstaterade Farquhar et al (1980), att det existerar en kompensationspunkt för ammoniak på samma sätt som för koldioxid. Om partialtrycket av ammoniak i omgivande luft överstiger kompensationspunkten, sker ett nettoupptag av  $\text{NH}_3$ . Om partialtrycket istället understiger kompensationspunkten, sker en nettofrigörelse från växten. När trycket i luften är lika stort som det i intercellularerna i växten, sker inget flöde alls, och detta tryck motsvarar kompensationspunkten. Denna befanns öka med ökad temperatur.

Lemon och Van Houtte (1980) mätte  $\text{NH}_3$ -koncentrationen i ett tätt bestånd av kvickrot (Agropyron repens L.) och fann, att gräset under dagen tog upp ammoniak dels från luften ovan, dels från marken under beståndet. Se figur 7.



Figur 7. Dag och nattprofiler av ammoniak i ett bestånd av kvickrot. (Lemon & Van Houtte, 1980).

Figure 7. Day and night profiles of ammonia in a stand of *Agropyron repens* (couchgrass).

Koncentrationskurvans form visar, att vegetationen absorberade ammoniak från båda håll och reducerade koncentrationen till ett minimum på 20 cm höjd. Författarna påpekar, att den stora skillnaden mellan dag- och nattprofilerna tyder på att ammoniakupptaget står under kontroll av stomatas öppning och stängning. Den höga ammoniakkoncentrationen i omgivande luft berodde på att vinden låg på från en nedvissnande lucerngröda. Den likaså höga ammoniakkoncentrationen närmast markytan (nattprofilen) berodde på skörderester från sojabönor, som skördats tidigare.

En koncentrationsgradient av liknande karaktär konstruerade Denmead et al (1976) efter mätningar i en klöver-gräsvall. De mätte dessutom storleken och riktningen på ammoniakflödet med en mikrometeorologisk teknik. De kunde med kännedom om flödet konstatera hur mycket ammoniak, som lämnade beståndet. Stora mängder ammoniak frigjordes från markytan och avdunstade, men endast små mängder lämnade beståndet. Skillnaden dem emellan utgjorde alltså vallens nettoupptagning. När de jämförde den konstaterade upptagningen med den maximalt möjliga genom stomatadiffusion, fann de, att upptagningen genom dessa var mindre än den mätta upptagningen. De framkastade då hypotesen, att ammoniak löser sig i vattenfilmen på bladytorna. Där övergår den i ammoniumjoner och omsätts på samma sätt som bladgödselad urea.

Sammantaget leder dessa resultat till antagandet, att den ammoniak, som avdunstar från släpplangapplicerad gödsel under ett bladverk, borde kunna fångas upp om inte helt och hållet så åtminstone delvis.

## 2.4 Spridningsjämnhetens betydelse

### 2.4.1 Biologiska krav

Enligt praxis mäts spridningsjämnheten över hela spridningsbredden. Uppsamlingsstrågen varierar vanligen mellan 30 och 50 cm bredd. Från växtens synpunkt bör man även ta hänsyn till variationen inom denna 30-50 cm nivå.

Vid provning av bredspridare anser man att så länge som spridningsjämnheten på 50-cm nivån är godtagbar är den det också på hela spridningsbredden. Vid provning av radaplicerare bör man dela upp problemet i två delproblem:

1. Huruvida varje slang/bill ger lika stor mängd.
2. Huruvida c/c-avståndet mellan slangarna/billarna är tillräckligt litet för att säkerställa samtliga plantors växtnäringstillgång.

Vid nedmyllning av flytgödsel har 30 cm radavstånd visat sig vara tillfredsställande, trots att en viss randighet i bestånden kan urskiljas på försommaren (Kara, 1980).

### 2.4.2 Tekniska krav

Variationskoefficienten används som ett relativt mått på spridningsjämnheten. Formel:

$$VK\% = \left( \frac{\sigma_{n-1}}{\bar{x}} \right) * 100$$

Standardavvikelse är lika med :  $\sigma_{n-1}$

och medeltalet utspridd mängd per bill eller provyta =  $\bar{x}$

Statens Maskinprovningar ( SMP ) anger spridningsjämnheten enligt följande gradering. Tabell 2.

Tabell 2. SMP:s gradering av spridningsjämnhet för handelsgödselspridare.

Table 2. Scale used by the Swedish National Machinery Testing Institute (SMP) for evenness of spreading given by fertilizer distributors.

Variationskoefficient %	Fördelning
C.V.	Dispersion
0 - 5	God. Good
5 - 10	Tillfredställande Satisfactory
10 - 20	Ej tillfredställande Not satisfactory
20 -	Dålig. Poor

Hellquist ( 1986 ) har gjort en beräkning av variationskoefficientens betydelse för den optimala kvävegivan till korn. Både ekonomiskt och biologiskt optimal kvävegiva sjunker till följd av ojämnt fördelat kväve. Detta beror på att produktionsfunktionen ändrar utseende när hänsyn tas till ojämn giva. Hellquist anger att en maximalt acceptabel variationskoefficient skulle vara 15 %. Tabell 3.

Tabell 3. Ekonomiskt och biologiskt optimal kvävegiva till korn vid ojämn spridning. ( Hellquist 1986 ).

Table 3. Economical and biological optimum N-rates to barley in uneven spreading.

Variations- koefficient % C.V.	Ekonomiskt optimal giva. kg N/ha Economically optimum rate	Biologiskt optimal giva. kg/ha Biologically optimum rate
0	100	160
15	98	159
40	87	140
60	74	120

## 2.5 Kol/kvävekotens betydelse för flytgödselkvävet växttillgänglighet

En komplikation med flytgödsel jämfört med handelsgödselkväve är att flytgödsel, förutom kväve, innehåller organisk substans. Detta kan leda till att en del av ammoniumkvävet i flytgödseln, som i och för sig är växttillgängligt, kommer att immobiliseras och på så vis undandras växterna. Immobilisering definieras som en mikrobiell assimilation av oorganiskt kväve ( $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{NH}_3$ ,  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{NO}_2^-$ ,) under bildning av organiskt kväve.

Immobiliseringsförloppet kan ses som en följd av mikrobiell populationsökning. De heterotrofa markorganismerna använder energin i den organiska substansen för sin tillväxt och förökning. Förutom energi behövs kväve vid tillväxten och uppbyggnaden av mikrobiomassan (Jansson & Persson, 1982). Avgörande för den omedelbara växtnäringseffekten av stall-

gödsel är förhållandet mellan energi (kol) och näring (kväve) i stallgödselels organiska substans. Vid en hög C/N-kvot är energiinnehållet i stallgödselels så högt att näringsinnehållet inte räcker till vid heterotrofernas omsättning av det organiska materialet. Följden blir att stallgödselels innehåll av mineraliskt kväve immobiliseras i mikrobmassa (Haynes, 1986). Detta kväve kan sedan åter frigöras vid remineralisering, eventuellt redan samma växtsäsong, eller undandras växterna för en längre tid som svårtillgängliga humussubstanser (Persson, 1987). Vid en låg C/N-kvot å andra sidan är näringsinnehållet högre än vad som krävs för mikrobernas tillväxt och uppförökning. En nettomineralisering av kväve från det organiska materialet sker då, och mera kväve blir växttillgängligt. Detta resonemang är en grov uppskattning av vad som verkligen sker vid stallgödselels omsättning i åkermarken. Till exempel gör man vid beräkningar av C/N-kvoten ingen distinktion mellan det kol som föreligger som lättomsättbar energi, och det kol som är mycket svårnedbrytbart. Omsättbarheten i det organiska materialet är alltså inte samma sak som det organiska materialets C/N-kvot.

Tillför vi handelsgödselkväve, blir immobiliseringens storlek beroende av energistatusen i marken. Då denna oftast är låg under odlingssäsongen, märker vi inte någon immobilisering vid användning av handelsgödselkväve, trots att en sådan kan förekomma även med handelsgödsel-N.

Jansson (1958) visade i ett intressant halmomsättningsförsök hur tillförsel av organisk substans påverkade mängden mineralkväve i marken. Halmnedmyllningens påverkan på mineralkvävet i marken och det tillförda kolets mineraliseringshastighet var utgångspunkter i Janssons resonemang. Ett stadium i halmnedbrytningsprocessen som visade sig vara karaktäristiskt var när nettoimmobiliseringen av mineralkväve förbyttes i en nettomineralisering. Vid detta stadium eller vändpunkt (turning point) når nettoimmobiliseringen sitt maximum och kvoten mellan mängden organiskt bundet kväve och kol i halmresterna har ett bestämt värde.

Jansson utförde omsättningsförsöket i fem olika lerjordar (ML) med olika odlingshistoria och olika kemiska och biologiska egenskaper. Generellt för samtliga jordar var att vändpunkten nåddes efter 17-38 dagars inkubation. I jordarna med neutral till basisk reaktion (pH 7.5 och pH 6.8) var nettoimmobiliseringen och andelen omsatt kol störst, när vändpunkten nåddes ( C/N = 15.0 och 17.7). I de sura jordarna (pH mellan 5.1 - 5.8) var immobiliseringen liksom halmomsättningen lägre vid vändpunkten ( C/N = 25.1 - 25.7) troligen beroende på att mikrofloran reagerade negativt för det låga pH värdet.

Bättre förståelse för C/N-kvotens betydelse för stallgöd-selns omedelbara kväveverkan skulle vara ett kraftfullt instrument att skatta flytgödselkvävet momentana kväveeffekt. Som exempel kan här nämnas den flytgödsel som använts i detta försök och som jämförelse gårdens egen flytgödsel. Tabell 4.



Tabell 4. Bearbetat analysresultat av flytgödsel. Tolefors (T) gödsel är från nöt, medan Skäfstorps (S) är från slaktsvin. Kolet antas utgöra 45% av torrsubstansen ( C/N TOT = kvoten kol/kväve kalkylerat på TS-halt och totalkväve, C/N ORG = kol/kvävekvoten kalkylerat på kväveinnehållet i torrsubstansen, N.org = mängd kväve som åtgår till omsättningen av den organiska substansen vid turning point, VT N = kalkylerat direkt växttillgängligt kväve dvs. totalkväve minus N.org)

Table 4. Processed analytic results on slurry. The Tolefors (T) slurry is from cattle, whereas the Skäfstorp (S) slurry is from growing pigs. The carbon is assumed to comprise 45 % of the dry matter (C/N TOT = the ratio of carbon/nitrogen calculated on the dry matter content and total-N, C/N ORG = the carbon/nitrogen ratio calculated on the basis of the N-content of the dry matter, N.org = the amount of nitrogen used in metabolizing the organic matter at the turning-point, VT N = calculated direkt plant-avaivable N,i,e, total-N minus N.org).

GÅRD	TS DM	TOT-N	NH4-N	ORG.-N	C/N	C/N	N.org	VT N
FARM	KG	KG	KG	KG	TOT	ORG	C/N=	C/N=
	/TON	/TON	/TON	/TON			20	20
T	67	2.0	1.2	0.8	15	37,7	1.52	0.5
S	32	3.3	2.6	0.7	4.4	20.5	0.72	2.6

Den praktiska erfarenheten av Tolefors flytgödsel är, att den omedelbara kväveeffekten är mycket dålig. Att vi i detta exempel valt att kalkylera med en C/N kvot på 20 är en uppskattning men kalkylen stämmer ganska väl med verkligheten. Klart är att dessa två gödselmedel med så olika C/N kvoter inte kan jämföras som kvävegödselmedel.

Svårigheten i detta resonemang är att bedöma, vilken kol/kvävekquot systemet skall anses stå i jämvikt med, dvs hur många kilo kol det åtgår per kilo immobiliserat kväve. Dagens forskningsläge medger inte att kvoten kan preciseras närmare.

Antar vi att vändpunkten nås vid C/N = 20 kan man ur flytgödselns totala C/N-kvot dra vissa slutsatser. Tolefors gödsel har en C/N-kvot på 15, dvs att  $15/20 \cdot 100 = 75\%$  av totalkväveinnehållet kommer att vara icke växttillgängligt under en begynnelsefas. I fallet Skäfstorps blir resultatet att  $4.4/20 \cdot 100 = 22\%$  av totalkvävet kommer att undandras växterna. Se N.org i tabell 4.

## 2.6 Tidigare försök

Baadsgaard (1987) redovisar ett treårigt försök (1983-1986) med tillförsel av svinflytgödsel till höstsäd. Flytgödseln bredspriddes till höstvet, höstråg och höstkorn vid tre olika tidpunkter: höstspridning, då flytgödseln antingen plöjdes eller harvades ner i samband med sådd, vinterspridning i januari-februari på barfrost, snöbelagd eller upp-töad, blöt mark och vårspridning, som utfördes under mitten av april, så snart fälten bar utan att spår uppstod.

Flytgödseln i försöket var i samtliga fall svingödsel. Analysresultaten är sammanställda i tabell 5.

Tabell 5. Sammanställning av flytgödselanalyser i försöket av Baadsgaard (1987). Analysintervall för 11 analyser

Table 5. Slurry analyses in the experiments by Baadsgaard (1987). Range of 11 analyses

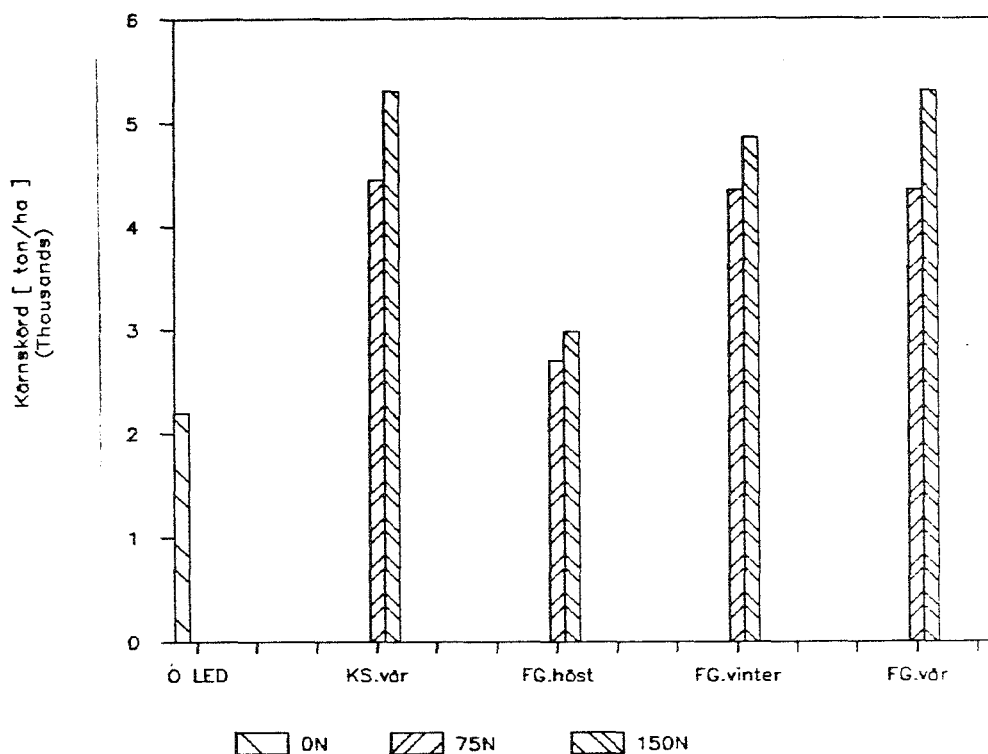
TS %	TOT N	NH <sub>4</sub> -N	ORG-N	C/N	C/N
DM %	KG/TON	KG/TON	KG/TON	TOT	ORG
2.3-7.0	4.2-5.8	2.9-4.0	1.1-2.2	2.2-5.5	8.4-17.6

Enligt resonemanget ovan indikerar kol/kväve-kvoterna, att man inte bör förvänta någon större immobilisering av ammoniumkvävet i dessa flytgödselmedel.

Baadsgaard konkluderar, att höstspridning ger en mycket dålig kväveeffekt. Vid en så tidig spridningstidpunkt är mikrobaktiviteten fortfarande så hög, att ammoniumkvävet nitrifieras för att sedan urlakas under senhöst och vår. Vinterspridning har gett goda kväveeffekter när spridningen ägt rum på snöbelagd eller upptöad mark. Detta är dock inte utan problem med tanke på bl.a. spårbildning och risken för avrinning. Vinterspridning på barfrost till växande gröda är dock mycket riskabel. Man fick skörderereduktioner på mellan 4 och 81 % p.g.a. brännskador. Skadans storlek var beroende av flytgödselgiva/ha och växtslag. Höstkorn var känsligast följt av höstråg, och minst känsligt var höstvetete.

Vårspridningen av flytgödseln, som utfördes vid samma tidpunkt som kalkkamonsalpeteren, gav en mycket god kväveverkan. I genomsnitt för de tre grödorna hade ammonium-

kvävet i flytgödseln lika god effekt som handelsgöd-  
selkvävet. Figur 8.



Figur 8. Körnavkastning för höstsäd, ton/ha. (Efter Baadsgaard 1987).

Figure 8. Grain yield of winter cereals, tonnes/ha. (körnskörd = grain yield, KS.vår = calcium nitrate applied in the spring, FG.höst = pig slurry spread just before planting in the autumn, FG.vinter = pig slurry spread during the winter, FG.vår = pig slurry spread to winter cereals in the spring).

Larsen (1986) jämförde i majs bredspridning, myllning och applicering mellan raderna av nötflytgödsel. De tre olika behandlingarna skedde vid tre olika tidpunkter: vid upp-

komst, vid 15 cm planthöjd och vid 40 cm planthöjd. Vid 15 cm beståndshöjd var myllningen överlägsen både bredspridning och radapplicering. När majsens höjd nått 40 cm var dock skillnaden mellan radapplicering och myllning liten, medan båda dessa var överlägsna bredspridning. Försöket indikerar, att radapplicering kan vara ett med hänsyn till kväveeffekten likvärdigt alternativ med myllning.

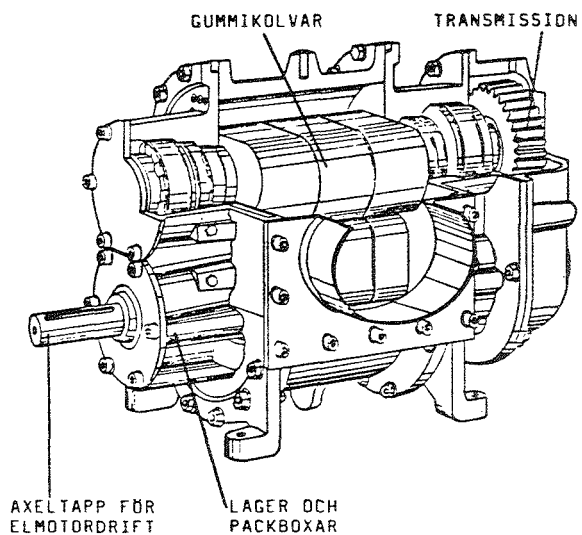
### 3 MASKINELL UTRUSTNING

#### 3.1 Vogelsang/Star slangspredare

Tankvagnen rymmer 6 m<sup>3</sup> , är varmgalvaniserad och utrustad med en självstyrande boggie. Boggien är utrustad med lågprofildäck (400\*22.5), med ett rekommenderat lufttryck på 0,08 MPa. Den kraftuttagsdrivna pumpen är en rotorkolvpump med gummikolvar. Pumpen ger ett flöde om 4.6 liter per varv. Gödseln pumpas antingen till en rotorfordelare för spridning eller i retur till tank. En hydraulmotor driver rotorn, som fördelar gödseln likformigt till 40 stycken slangar (ID=38 mm) monterade längs fördelarens periferi. Slangarna är med 300 mm c/c-avstånd fördelade över en 12 meter bred, hydrauliskt manövrerad ramp. Slangändarna släpar på marken. Det nya med denna flytgödselspredare är främst pump och fördelare. Dessa skall därför förklaras närmare nedan.

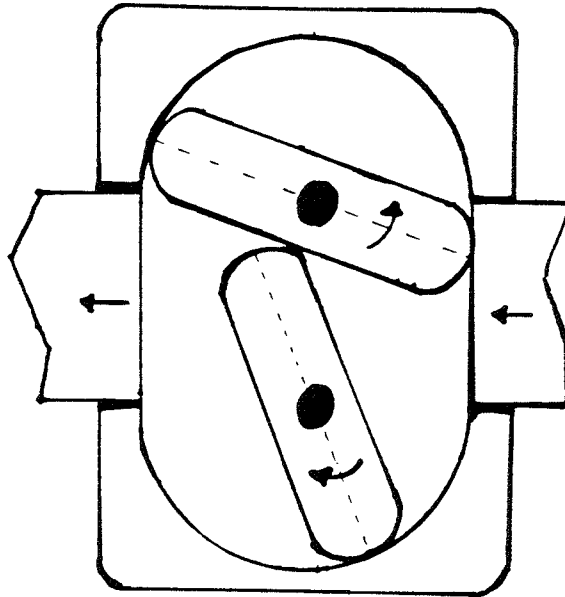
##### 3.1.1 Rotorkolvpump

Till skillnad från vanliga kolvpumpar, vars kolvar har en fram- och återgående rörelse, roterar i en rotorkolvpump två parallella kolvaxlar med motsatt rotationsriktning. Figur 9 och 10.



Figur 9. Bild av uppskuren rotorkolvpump med gum-  
mikolvar. Förklaringar i bilden.

Figure 9. A rotary piston pump with rubber pistons. (gum-  
mikolvar = rubber pistons, axeltapp för elmo-  
tordrift = axle for electric motor, lager och  
packboxar = bearings and packing boxes).



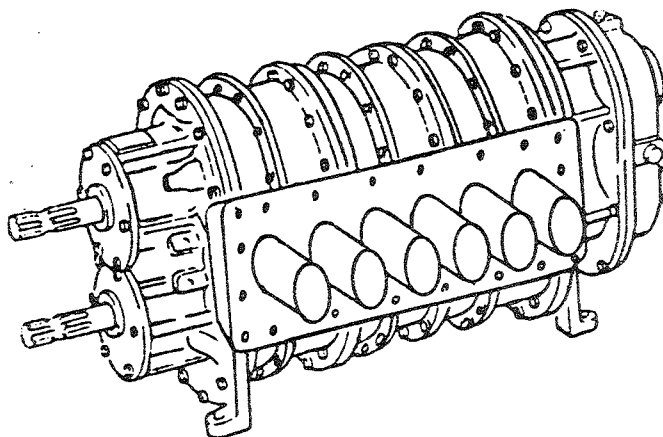
Figur 10. Bild av kolvumpens pumpprincip. Pumpens båda axlar är försedda med tappar för kraftöverföringsaxel. Den nedre splinsade axeltappen används normalt för drift och den övre tappan för att reversera pumpriktningen vid stoppar.

Figure 10. Illustration showing the pumping principle used by the piston pump. The two axles of the pump are fitted with journals for the p.t.o. axle. The lower splined journal is normally used for operation and the upper journal to reverse the direction of the pumps if stoppages occur.

Rotorkolvumpen har fast displacement. Det innebär att pumpen ger en bestämd vätskevolym per slag.



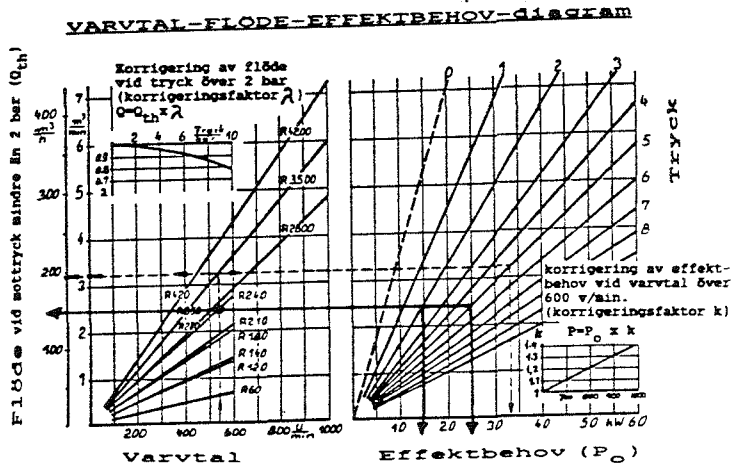
Pumpens uppbyggnad gör, att den är lätt att bygga i olika utföranden. Både pumpkammarna och pumpens totala storlek (=kapacitet) kan varieras helt efter behov. Flerkammarpumpen är ett exempel på detta. Figur 11.



Figur 11. Vogelsang/Star flerkammarpump som egentligen är sex separata pumpar, monterade i serie.

Figure 11. The Vogelsang/Star multi-chamber pump, which consists, in fact, of six separate pumps which are mounted in series.

Rotorkolvypumpen är sjävsugande med en sughöjd av 6-8 meter, variationen beroende på gödselns trögflutenhet. Pumpen som försöksvagnen var utrustad med (R240 S) ger maximalt ett tryck av 6.5 bar. Maximalt arbetstryck är 5.0 bar. Pumpen ger enligt tillverkaren 2500 l/minut vid 540 rpm (4.63 l/varv). Figur 12.



Figur 12. Varvtal - flöde - effektbehovdiagram. Vid 540 varv per minut ger pumptyp R 240 ett teoretiskt flöde av 2500 liter/min. Vid ett mottryck av 5 bar (dimensionerande tryck) reduceras flödet till  $2500 \times 0.95 = 2375$  liter/min. Effektbehovet blir 25 kW och behöver enligt diagrammet ej korrigeras vid varvtal lägre än 600 varv per minut. Arbetstrycket vid spridning överstiger inte 2 bar, varför flödeskorrektion inte behöver göras. Effektbehovet vid spridning blir då 15 kW (ca 20 hk).

Figure 12. A speed-flow-effect requirement diagram. At 540 RPM a R 240 pump gives a theoretical flow of 2500 litres/min. At a counter-pressure of 5 bar (dimensioning pressure) the flow is reduced to  $2500 \times 0.95 = 2375$  litres/min. The power requirement will be 25 kW and, according to the diagram, need not be corrected at speeds lower than 600 RPM. The working pressure at spreading does not exceed 2 bar and, consequently, there

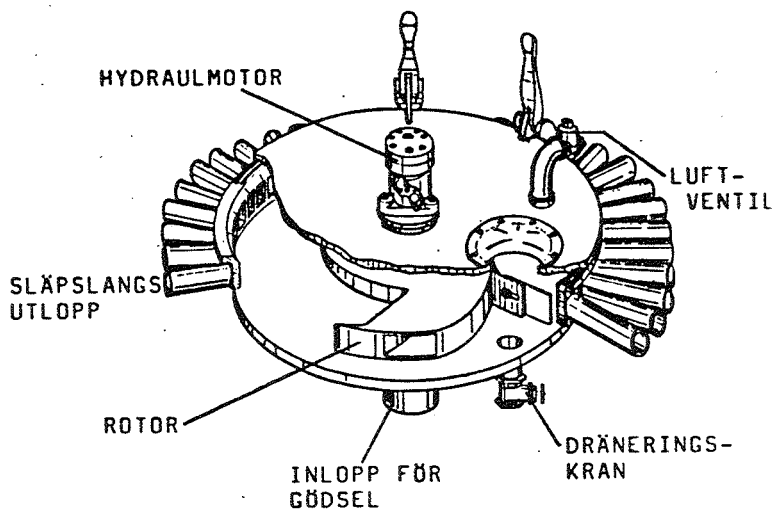
is no need for flow correction. The power requirement at spreading will then be 15 kW (about 20 hp). (Flöde vid mottryck mindre än 2 bar = Flow at back pressure < 2 bar, Varvtal = RPM, Effektbehov = Power requirement, Tryck = Pressure, Korrigering av flöde vid tryck över 2 bar = Correction factor of flow at pressure > 2 bar, Korrigering av effektbehov vid varvtal över 600 v/min = Correction of power requirement at speeds of more than 600 RPM).

I och med att pumpflödet är proportionellt mot varvtalet, kan pumpen även fungera som flödesmätare och t ex ange den aktuella spridningsmängden per ha. Den kompletteras då med en utrustning, som mäter framkörningshastighet och pumpvarvtal. Sådan utrustning finns hos tillverkaren i Tyskland och vidareutvecklas för närvarande av Ranflo AB.

Pumpen tål viss tomkörning (ca. 5 min.) och är relativt okänslig för främmande föremål. Genom sitt arbetssätt homogeniserar den gödseln väl under returspolning, så att kokor och dylikt sönderdelas. Pumpen har en vibrationsfri gång och tål varvtal över 540 rpm. Varvtalet begränsas av risken för kavitation vid höga varvtal.

### 3.1.2 Rotorfördelare

Rotorn drivs av en hydraulmotor, som ger 400 rpm vid ett oljeflöde av 25 l/minut. Kritik har framförts mot fördelaren, då den anses ge ett pulserande flöde. Då rotorn ger cirka 13 pulser per sekund, verkar denna kritik ogrundad. Tillverkaren uppger, att pumpen fungerar störningsfritt med väl omrörd flytgödsel. Den är dock känslig för okrossbara föremål större än 30 mm. Rotorfördelarens konstruktion framgår av figur 13.

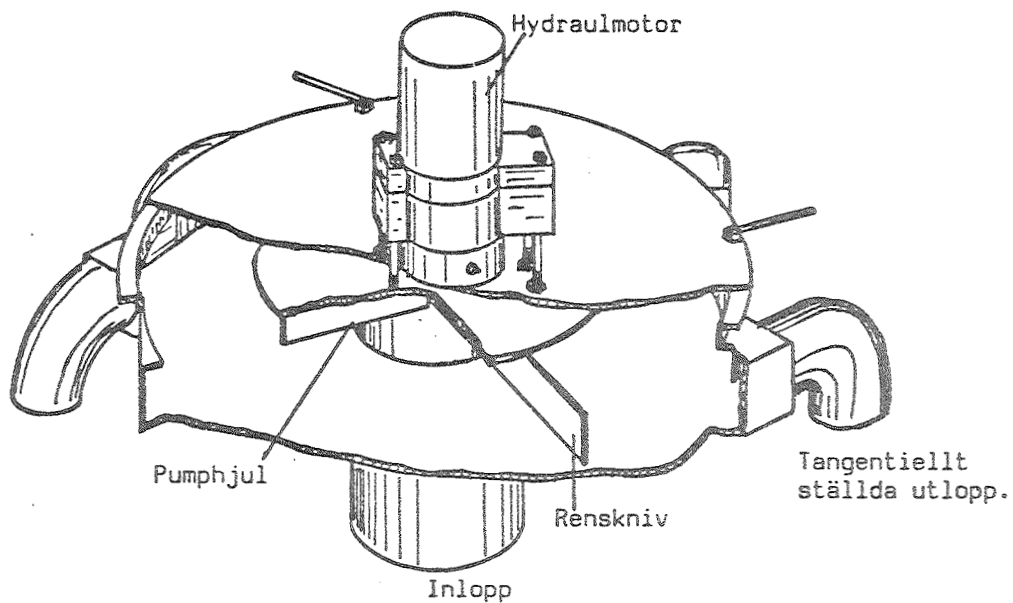


Figur 13. Principskiss av Vogelsang/Star rotorfördelare.

Figure 13. Basic principles of the Vogelsang/Star rotary distributor. ( Släpslang's utlopp = Outlet for tubes, Inlopp för gödsel = Inlet for manure, Dräneringskran = Drainage tap, Luft ventil = Air valve).

### 3.2 Star bredspridare

Tankvagnen har en 10 m<sup>3</sup> tank av stålplåt utrustad med rotorkolvpump, centrifugalfördelare och en 6 meters sidoställd ramp. Centrifugalfördelaren är i princip en centrifugalpump med i detta fall fyra utlopp. Gödseln leds in i centrum på fördelaren, där ett hydraulmotordrivet pumphjul fördelar gödseln ut till fyra stycken tangentiellt ställda utlopp. Figur 14. Gödseln leds i slangar ut till spridarplattor monterade med 150 cm c/c och placerade cirka 80 cm över marken. Rampen med spridarplattorna monterades sidoställd för att möjliggöra spridning sex meter ut från centrum av vagnen.



Figur 14. Star centrifugalfördelare med tangentiellt ställda utlopp.

Figure 14. The Star centrifugal distributor with tangentially angled outlets. (Pumphjul = Pump wheel, Inlopp = Inlet, Renskniv = Cleaning knife, Tangentiellt ställda utlopp = Tangentially angled outlet).

## 4 MATERIAL OCH METODER

### 4.1 Försöksplan

#### 4.1.1 Försöksplan

Försöksplan med tänkta kvävegivor och behandlingar. Slutliga kvävegivor efter flytgödselanalys inom parentes.

Led	Kalksalpeter NO <sub>3</sub> -N April (25/4) kg/ha N	Kalksalpeter NO <sub>3</sub> -N Maj (28/5) kg/ha N	Flytgödsel NH <sub>4</sub> N Maj (29/5) kg/ha N
A. 0 N			
B. Kalksalpeter	40		
C. Kalksalpeter	40	55	
D. Kalksalpeter	40	110	
E. Slangspredare	40		55 (62)
F. Slangspredare	40		110 (117)
G. Slangspredare + harv	40		55 (62)
H. Slangspredare + harv	40		110 (117)
I. Bredspredare	40		55 (64)
J. Bredspredare	40		110 (128)
K. Slangspredare			150 (163)
L. Slangspredare praktik	95		55 (62)
M. Konventionell ks	95	55	

#### 4.1.2 Kommentarer till försöksplan

Tanken var att gödseln skulle appliceras under ett välutvecklat bladbestånd. I syfte att säkerställa höstvetets tidiga utveckling tillfördes 40 kg NO<sub>3</sub>-N/ha vid den tidpunkt vetet normalt tillförs den första delgivan. A-ledet har inte tillförts någon form av växtnäring och B-ledet är med för att fånga upp effekten av 40 kg N/ha givan. Slangspridning och bredspridning har i försöket jämförts med kalksalpeter på två olika kvävenivåer. Leden G och H är upprepningar av leden E och F, men här harvades med en långfingerharv för att undersöka vilken effekt en lätt myllning kan ha. K-ledet representerar ett extremförhållande gentemot A-ledet. Här tillfördes flytgödseln sent med tanke på att ledet inte alls kvävegödslats tidigare.

Leden L och M representerar vad vi anser vara en lämplig praktisk modell för flytgödselspridning i växande gröda. I Östergötland tillför man vanligtvis en större tidig giva, vilken sedan kompletteras med en mindre till en totalgiva, som kan anses lämplig för beståndet. I L-ledet har kalksalpetern ersatts av 62 kg NH<sub>4</sub>-N/ha i flytgödsel. Den tidiga handelsgödselgivan säkerställer beståndets kvävetillgång, och man kommer på detta sätt ner i lämpliga flytgödselgivor. Sextio kg ammoniumkväve per ha representerar cirka 20 till 30 ton flytgödsel per hektar.

#### 4.2 Fältplan

Försöket lades upp som två block med försöksrutor på 16\*12 meter. Av försökstekniska skäl var blocken skilda åt av en 24 meter bred gång. Leden slumpades i vanlig ordning. Försöksmaskinerna kördes genom rutornas mitt. Ena halvan av rutan skördades, och den andra halvan utnyttjades för provtagning. Den halva försöksruta, som användes till provtagning.

ing, delades in i ytterligare 5 stycken smårutor, där varje småruta motsvarade en provtagnings-tidpunkt. Provtagnings-tidpunkterna för de 5 smårutorna slumpades ut vid försöks-utläggningen. En sådan försöksutläggning tillåter en jämförelse av kväveskördarna i de olika leden vid de olika provtagningsstillfällena enligt den statistiska modellen för split-plot försök vid randomiserade block. Man kan dessutom med en sådan modell testa om det existerar något samspel mellan behandlingarna och provtagnings-tidpunkterna.

BLOCK II 14C G D K B M A I E F J H L26

BLOCK I 1D J B C H L G M K F A E13

#### 4.3 Fältdata

Försöksplats: Tolefors gård, Malmslätt, 10 km SV Linköping

Bruttonruta:  $16 \cdot 12 = 192 \text{ m}^2$

Skörderuta:  $12.7 \cdot 2.4 = 30.48 \text{ m}^2$

Gröda: Höstvete, Kosack

Förfrukt: Höstvete

Förförfrukt: Årtor

Jordart: Måttligt mullhaltig styv lera

Kalktillstånd: Block I och II  $\text{pH}(\text{H}_2\text{O}) = 6.8$

Växtnäringstillstånd: Block I P-AL = 4.6 klass III





07-04 Provtagning 3  
 07-08 Graderade grönhet och frodighet  
 07-25 Provtagning 4  
 07-29 Räknade ax/m<sup>2</sup>  
 08-16 Provtagning 5  
 09-24 Skördade försöket

#### 4.5 Provtagning

##### 4.5.1 Flytgödsel

Ammoniuminnehållet i flytgödseln bestämdes före varje spridningstillfälle med hjälp av Agros kväveburk. Gödseln var då väl omrörd och homogeniserad. Delprov från varje bestämning slogs samman till ett slutprov som analyserades på laboratorium. Se nedan.

TS KG/TON	TOT-N KG/TON	NH <sub>4</sub> -N KG/TON	P KG/TON
32	3.3	2.6	1.0
K KG/TON	Mg KG/TON	ASKA % av TS	pH
2.3	0.33	32	7.7

Ammoniuminnehållet enligt kväveburken bestämdes till 2.4 kg NH<sub>4</sub>-N/ton flytgödsel. Givorna i försöket har justerats enligt laboratorieanalysen.

##### 4.5.2 Jord

Generalprov av matjord togs ut blockvis med ca 15 borrhstick/block.

Vid fem tillfällena under växtsäsongen provtogs matjorden rutvis för bestämning av mineralkväve. Inom en ram med bredden 30 cm och längden 25 cm grävdes matjorden ut till

23 cm djup. Ramen lades tvärs över en gödselsträng i de led där släpplangmaskinen körts. De ca 17 liter jord som grävdes ut blandades om noggrant och 1 liter jord togs ut för bestämning på laboratorium. Proverna frystes direkt för att förhindra mineralisering.

#### 4.5.3 Gröda

Vid samma fem tillfällen som matjorden provtogs, gjordes provtagningar av grödan rutvis för bestämning av totalkväve. Inom en ram med bredden 30 cm och längden 25 cm klipptes vetet av vid stråbasen. Inom varje ruta gjordes 5 stycken klippningar över 5 sårader och 5 stycken klippningar över 3 sårader, sammanlagt 25 sårader. Provytan blev alltså:  $25 \text{ sårader} * 25 \text{ cm} * 0.125 \text{ cm} = 0.78125 \text{ m}^2$ . I de bredspridda leden sköljdes den provtagna grödan av i vatten, för att inte gödselrester på bladen skulle komma med i totalkväveanalysen. Den provtagna grödan torkades lufttorr före analys på laboratorium

### 4.6 Analyser och analysmetoder

#### 4.6.1 Jordprov

##### Provpreparering

Jordproven förvarades och transporterades frysta fram till provprepareringen. De frysta proverna maldes otinade på jordkvarn.

##### Analyser

På det homogeniserade jordprovet bestämdes dels vattenhalt, dels ammonium- och nitratkväve.

Analysmetod - ammonium och nitratkväve

Till 100 g markfuktig jord sattes 250 ml 2M kaliumklorid. Proven skakades under 12 timmar, och filtrerades därefter. Filtratets ammonium- och nitratkväve bestämdes spektrofotometriskt på en Technicon Autoanalyser II.

Följande reagenser användes vid ammoniumbestämningen:

Natriumdikloroisocyanuratlösning (0.5 %)

Working buffert : natriumtartratlösning (20 %)

buffertlösning av natriumhydroxid

natriumhydroxid (20 %)

Natriumsalicylat / natriumnitroprussidlösning

Natriumkloridlösning

Ammoniummätningarna utfördes vid 660 nm våglängd

Följande reagenser användes vid nitratbestämningen

Ammoniumkloridlösning

Färglösning : Sulfanilamid

fosforsyra

N-1-naftyletylendiamindihydroklorid

Kadmiumpulver mättat med kopparsulfat i reduktorkolonn

Nitratmätningarna utfördes vid 520 nm våglängd

#### 4.6.2 Växtprov

##### Provpreparering

Det torkade växtmaterialet från de fem provtagningstillfällena samt kärna och halm från skördetillfället maldes på knivkvarn.

##### Analyser

På det malda växtmaterialet bestämdes dels vattenhalt, dels totalkväve. Uppgifter om tusenkornvikt och rymdvikt på kärna erhöles från provcentralen.

##### Analysmetod - totalkväve

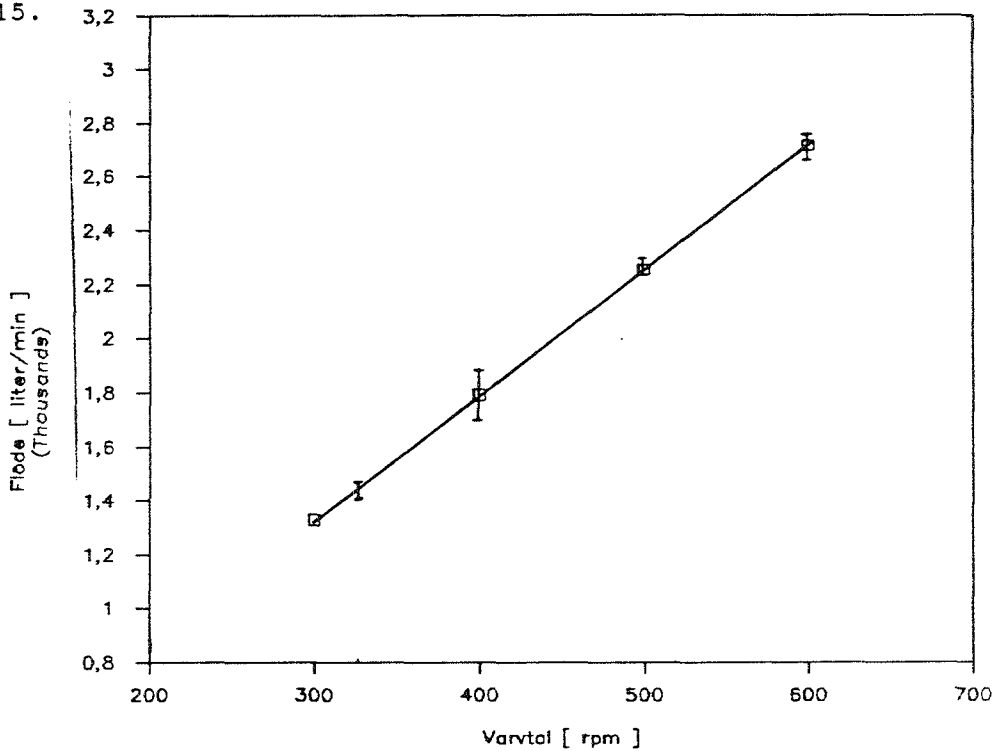
Växtmaterialets kväveinnehåll bestämdes genom analys enligt Kjeldahl. I denna metod bryts organiskt kväve ner till ammoniumkväve. Ammoniumkvävet bestäms från den mängd ammoniak som frigörs vid destillation i basisk miljö. Namnet till trots - totalkväveanalys - kommer inte allt, utan bara en del, oxiderat kväve som nitrat och nitrit med vid analysen (Bremner & Mulvaney, 1982).

200 mg växtprov vägdes in i kjeldahlkolvar. Till proven sattes 2 g kaliumsulfat för att höja kokpunkten, 40 mg kopparselen som katalyserar oxidationen av det organiska materialet och 5 ml koncentrerad svavelsyra. Proven uppslötts i ca två timmar, varefter de fick svalna. Därefter tillsattes 12 ml vatten. Till de uppslutna proven sattes 50 ml koncentrerad natriumhydroxid och bildad ammonium destillerades över till förlag av 0.051 N svavelsyra + metylrött. Överskottet av vätejoner titrerades mot 0.051 N natriumhydroxid.

## 5 RESULTAT-TEKNIK

### 5.1 Flödesmätning

I syfte att testa pumpens varvtalsberoende flöde utfördes en provning vid olika varvtal. Provet utfördes så att vagnen vägdes före och efter pumpning. Den använda gödseln var nötflytgödsel med 6.7 % TS. Resultatet återges i figur 15.



Figur 15. Varvtalsberoende pumpmängd Vogelsang/Star rotor-kolvpump R 240. Pumpmängd per varv, medeltal av åtta prov vid fyra varvtal = 4.62 l/varv.  $R^2 = 0.98$ .

Figure 15. The R 240 Vogelsang/Star rotary piston pump, the pumping volume of which is dependent on the

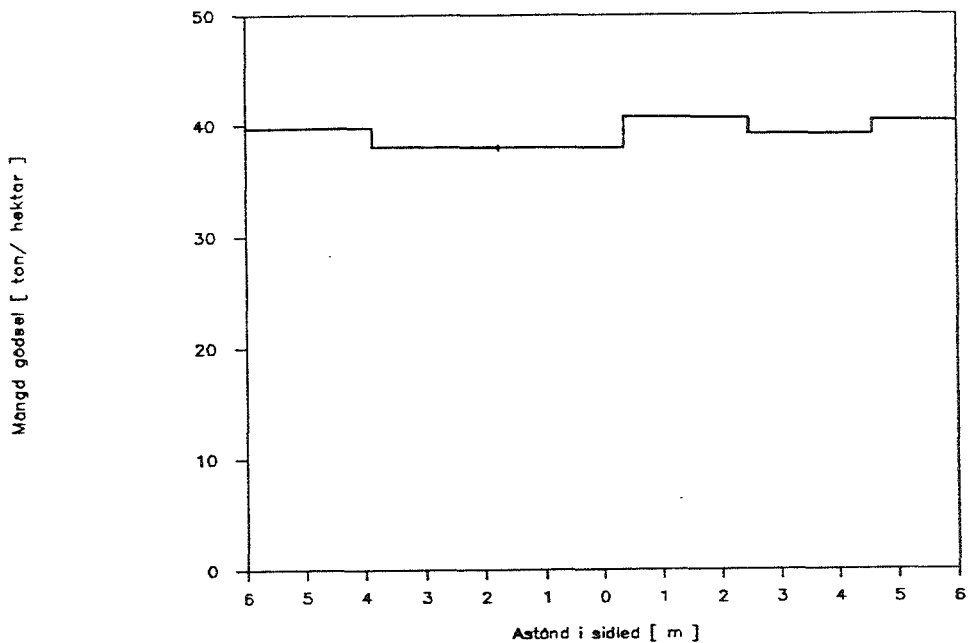
speed. Amount pumped per revolution, means of eight tests at four speeds = 4.62 litres/revolution.  $R^2 = 0.98$ .

Enligt tillverkaren ger pumpen 4.63 liter/varv. Se figur 12. Överensstämmelsen mellan provningen och tillverkarens uppgifter är således god. Provningen genomfördes med olika fyllnadsgrad i tanken. Av testet framgick att fyllnadsgraden inte påverkade flödet. Dessa provningsresultat bekräftas av Norges jordbrukstekniska institut som provat en vogelsangpump under 1987.

## 5.2 Spridningsjämnhet

### 5.2.1 Slangspredare

Slangspredarens spridningsjämnhet testades över hela rampens bredd. Rampen testades sektionvis, med sju slangar per tråg, då det ansågs rimligt att variationen mellan enskilda slangar var försumbar. Testet utfördes stationärt med nötflytgödsel, 6.7 % TS. Se figur 16.



Figur 16. Spridningsbild Vogelsang/Star slangspredare, arbetsbredd 12 m. Provningsresultaten omräknade till ton/hektar. Variationskoefficient 2.4 - 4.7 %.

Figure 16. Dispersal pattern for the Vogelsang/Star tube spreader, working width 12 m. The test results are calculated to tonnes/hectare. Coefficient

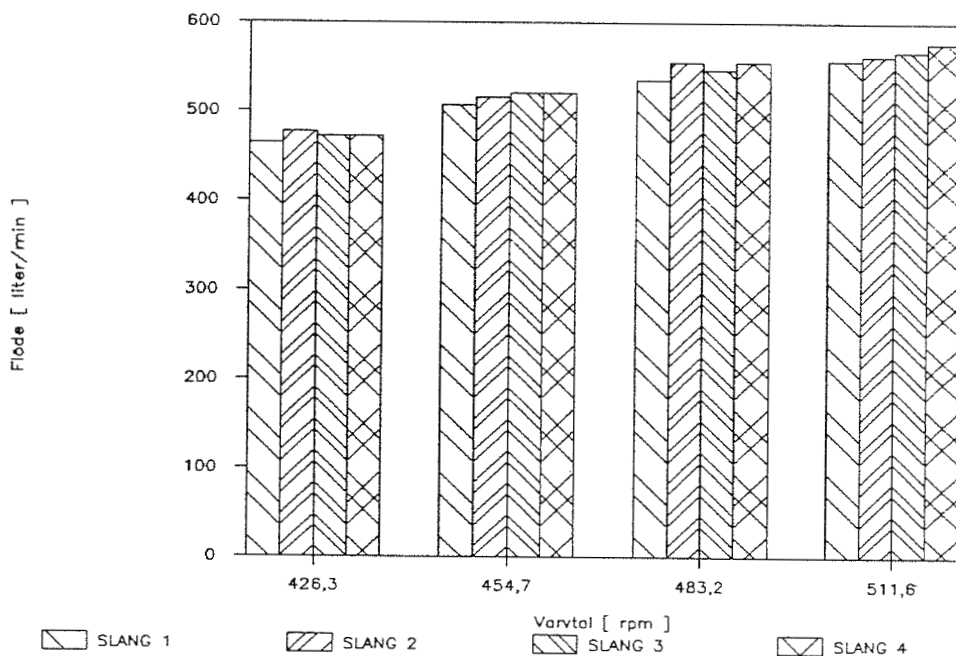


of variation 2.4 - 4.7 %. (Mängd gödsel = Amount of manure, Avstånd i sidled = Distance laterally).

Enligt tyska provningar ( Isensee & Thamsen, 1985 ) ligger variationskoefficienten (vk) för denna spridare mellan 5 och 16 % med ett vanligtvärde på 12 %. Våra resultat med en variationskoefficient av 2.4 - 4.7 % ligger i underkanten av detta intervall och detta beror troligen på att testet utfördes stillastående. Fördelaren som användes i denna provning är dessutom en modifierad förbättrad modell. Enligt figur 5.2. varierar hektargivan mellan ca 38 och 40 ton/ha. Med ett innehåll av 2 kg ammonium-N/ton skulle kvävegivan då variera mellan 76 och 80 kg N/ha, vilket får betraktas som en mycket god spridningsprecision.

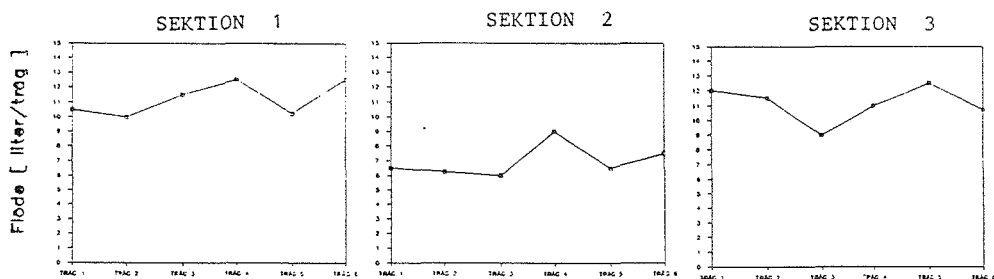
#### 5.2.2 Bredspridare

Testningen av bredspridaren delades upp i två delprovningar. Först testades delflödena fram till speglarna. Se figur 17. Sedan mättes spridningsjämnheten mellan två speglar, i tre olika delprov. Se figur 18. Vid första testet användes samma gödsel som ovan, medan spridningsjämnheten provades med vatten.



Figur 17. Delflödesprov på Star bredspridare med centrifugalfördelare. Provingen utförd vid fyra olika varvtal med nötflytgödsel, 6.7 % TS. Medelvärde av två pumpningar vid varje varvtal. Variationskoefficient 3.5 - 4.6 %.

Figure 17. Separate flow pattern tests made on the Star broadcaster with a centrifugal distributor. The tests were made at four different speeds with cattle slurry, 6.7 % d.m. Means of two pumpings at each speed. Coefficient of variation 3.5 - 4.6 %. (Flöde = Flow, Slang = tube)



Figur 18. Spridningsbild Star bredspridare. Tre oberoende delprov, uppsamlingstrågens vidd = 25 cm. Testet utförd med vatten. Variationskoefficient: sektion 1 = 10 %, sektion 2 = 16 %, sektion 3 = 11 %.

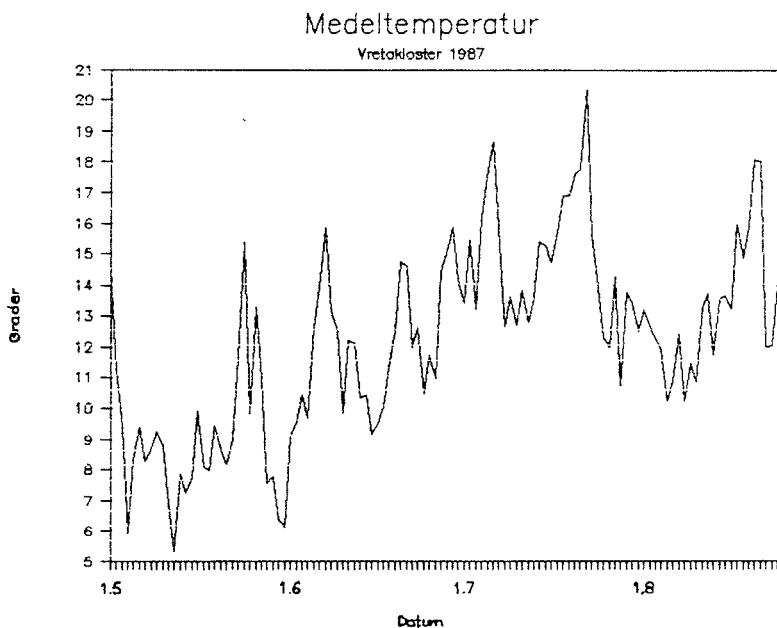
Figure 18. Spreading pattern given by the Star broadcaster. Three independent tests, width of collection channel = 25 cm. Test conducted using water. Coefficient of variation: section 1 = 10 %, section 2 = 16 %, section 3 = 11 %. (Flöde = Flow).

Variationen mellan delflödena är tillfredsställande låg. Svårigheten att erhålla en jämn spridningsbild ligger i att speglarna inte fungerar bra. Eftersom vattenplymerna möts mellan två speglar är utformningen av dessa känslig. Spridningsbilden från en spegel är dessutom mycket känslig för spegelns vinkel till markplanet.

### 5.3 Funktion

Ett tjugotal lass spreds med respektive vagn. Spridningsmängden kunde varieras mellan 15 och 50 ton per hektar genom att variera pumpvarvtalet och framkörningshastigheten. Funktion och hållbarhet har varit god. Vid ett tillfälle orsakades ett stopp i pumpen av en träbit. Emellertid kan pumpen lätt reverseras så problemet löstes på så vis.





Figur 20. Temperatur för Vreta Kloster under perioden 05-01 - 08-31.

Figure 20. Temperature for Vreta Kloster during the period May 1 - August 31. (Medeltemperatur = Mean temperature, Grader = degrees centigrade, Datum = Date).

Vid flytgödselspridningen var lufttemperaturen  $12^{\circ}$  C, mulet och lätt vind.

Under månaden efter flytgödselspridningen föll cirka 60 mm regn, i ett område som normalt karakteriseras av försommartorka. Perioden var relativt sval med en dygnsmedeltemperatur pendlande mellan  $6$  och  $16^{\circ}$  C.

Odlingsåret kännetecknas av en mycket utdragen mognadsperiod. Under slutet av juli och halva augusti föll cirka 80 mm regn och även denna period var relativt sval.

## 6.2 Grödans utveckling

För att ge en bild av grödans utveckling i de olika behandlingsleden har de graderingar och räkningar som gjordes sammanställts i detta avsnitt.

Under hela maj månad var höstvetets tillväxt och utveckling långsam. Flytgödselspridningen var från början tänkt att ske i mitten av maj, men då inte tillräckligt med bladmassa hade utvecklats förrän i slutet av månaden, fick spridningen uppskjutas till dess.

### 6.2.1 Slutenhet vår

Vart och ett av de två blocken upptog en yta av ett fjärdedels hektar. Det var därför förenat med vissa svårigheter att finna en försöksplats där grödan var tillräckligt jämn för att uppfylla kraven på likhet inom blocket. Här kan tilläggas att gården fick så om halva höstvetearealen.

En gradering av slutenhet gjordes 05-10. Tabell 6.

Tabell 6. Gradering av slutenhet vår (05-10). Helt slutet bestånd = 100. (ss = slangspredare, ssh = slangspredare + harv, bs = bredspridare)

Table 6. Grading of stand cover in the spring (May 10). A completely closed stand = 100 (ss = tube spreader, ssh = tube spreader + harrow, bs = broadcaster)

Led Treatment	Block I	Block II
	0-100	0-100
A. 0 N	100	90
B. 40 ks-N	100	90
C. 40 ks-N + 55 ks-N	80	80
D. 40 ks-N + 110 ks-N	70	90
E. 40 ks-N + 62 fg-N ss	100	100
F. 40 ks-N + 117 fg-N ss	90	90
G. 40 ks-N + 62 fg-N ssh	90	90
H. 40 ks-N + 117 fg-N ssh	90	90
I. 40 ks-N + 64 fg-N bs	90	80
J. 40 ks-N + 128 fg-N bs	80	100
K. 163 fg-N ss	90	80
L. 95 ks-N + 62 fg-N ss	90	100
M. 95 ks-N + 55 ks-N	90	85



Plantantalet räknades på tio slumpvis valda platser inom försöket. Medeltalet blev 310 plantor per kvadratmeter med ett konfidensintervall på +/- 50 plantor. Försöket lades med stor omsorg på en plats med relativt jämn övervintring. Trots detta kan man konstatera att ledet D i block I är avvikande.

#### 6.2.2 Frodighet och färg

Gradering av frodighet och färg gjordes 40 dagar efter slutgödsling. Syftet var att få en uppfattning om hur kvävegivan och kväveformen påverkade dessa visuella parametrar. Eftersom led M som fått en stor kalksalpetergiva tidigt, var grönast och frodigast vid graderingstillfället sattes den till realtivtal 100. Tabell 7.

Tabell 7. Gradering av frodighet och färg 07-08 (EC 55) dvs 40 dagar efter slutgödsling. Led M = 100 ( ks = kalksalpeterled, ss = slangspidningsled med flytgödsel, ssh = slangspidning + harvning, bs = bredspridningsled med flytgödsel )

Table 7. Grading of lushness and colour on July 8 (EC 55), i.e, 40 days after the final application of fertilizer. Treatment M = 100 (ks = calcium nitrate treatment, ss = tube spreading treatment with slurry, ssh = tube spreading + harrowing, bs = broadcasting treatment with slurry)

Led Treatment	Färg	Frodighet	Färg	Frodighet
	Colour	Lushness	Colour	Lushness
	Block I	Block I	Block II	Block II
A.0	40	35	45	45
B.ks	55	55	55	55
C.ks	80	80	75	80
D.ks	85	75	95	90
E.ss	80	75	80	80
F.ss	95	90	95	90
G.ssh	75	70	75	75
H.ssh	95	85	95	85
I.bs	75	70	75	75
J.bs	80	80	95	85
K.ss	80	70	80	65
L.ks+ss	90	95	95	95
M.ks+ks	100	100	100	100

Resultatet av graderingen är att ammoniumkvävet i flytgödseln haft nästan lika god effekt som nitratkvävet i kalksalpeteren. Ledet K var i det närmaste gult i början av

juni, men återhämtade sig bra och var glest men grönskande under resten av säsongen. I mitten av augusti bedömde vi bestånden i leden F, J och H såsom likvärdiga D, E bättre än I och L likvärdig M.

### 6.2.3 Skott och ax\_per\_kvadratmeter

Skott och axräkning utfördes under odlingssäsongen i syfte att få en uppfattning om hur de olika behandlingarna påverkat dessa parametrar. Räkningen utfördes på en sträckmeter per ruta men inte samma sträckmeter vid de två olika räkningarna. Tabell 8.

Tabell 8. Antal skott per kvadratmeter 06-15 ( EC 37 ) och antal ax per kvadratmeter 07-29 ( EC 77 )

Table 8. Number of shoots per square meter on June 15 (EC 37) and number of ears per square meter on July 29 (EC 77)

Led	Block I	Block II	Block I	Block II
	skott/m <sup>2</sup>	skott/m <sup>2</sup>	ax/m <sup>2</sup>	ax/m <sup>2</sup>
Treatment	shoots	shoots	ears	ears
A.0	344	400	352	344
B.ks	592	440	376	376
C.ks	560	584	504	480
D.ks	560	560	504	592
E.ss	528	424	472	544
F.ss	504	560	536	512
G.ssh	608	528	608	480
H.ssh	680	480	616	528
I.bs	552	400	472	392
J.bs	752	576	568	464
K.ss	488	352	440	480
L.ks+ss	504	600	560	544
M.ks+ks	600	760	640	528

I flera fall är axantalet större än skottantalet inom rutan. Förklaringen ligger delvis i den bristfälliga graderingen, dvs att inte samma sträckmeter användes vid de två olika räkningarna. Dock ledde den nederbördsrika sommaren till att bestockningen pågick under lång tid. Bestånd, som såg glesa ut i maj månad, tätade förvånansvärt fram till midsommar. Den goda tillgången på vatten

minskade också skottreduktionen. Både bestockning och skottreduktion regleras i hög grad av vatten- och kvävetillgång.

Skottutvecklingen i led K skiljer sig mycket lite ifrån det ogödslade ledet A. Detta förklaras av att kvävetillgången under bestockningsfasen var låg. I övriga led verkar bestockningen vara en funktion av kvävenivå mer än kväveform.

Antalet ax per kvadratmeter är en återspeglning av kvävenivån utom i ledet K där trots hög kvävegiva den sena gödningen inte kunnat frambringa så många ax. Jämför man leden K och A framgår det att axantalet är större i ledet K.

Sammanfattningsvis kan man konstatera, att verkan av ammoniumkvävet i flytgödseln varit jämförbar med nitratkvävet i kalksalpetern.

### 6.3 Skörderesultat

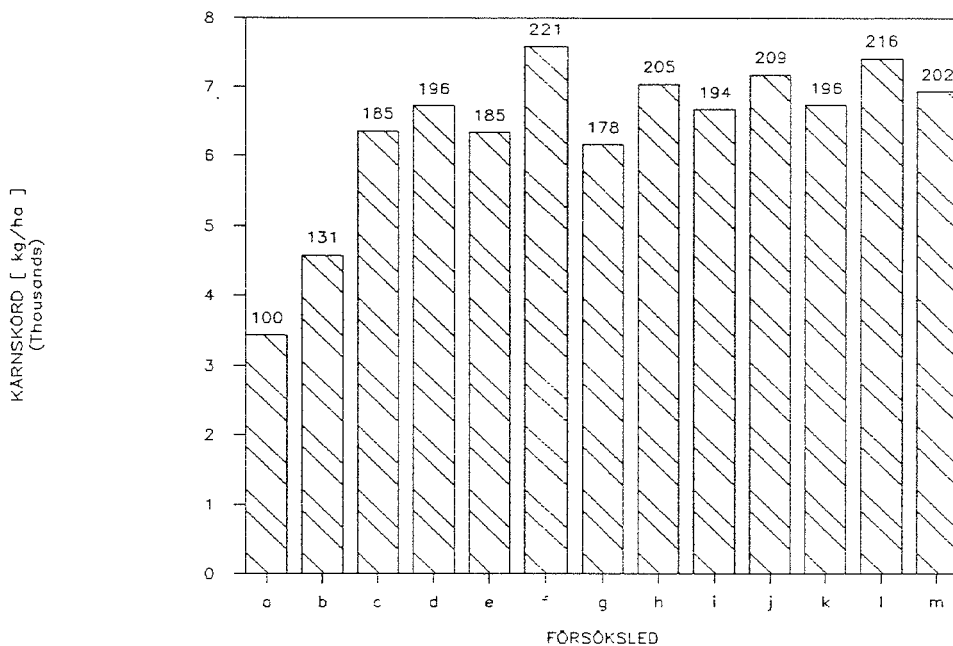
#### 6.3.1 Kärnskördar och halmskördar

I tabell 9 och figur 21 visas kärnskördarna från de två blocken och medeltal för leden. Vid skörd var vattenhalten i kärnan mellan 25 och 32 %. I samtliga rutor stod grödan upp.

Tabell 9. Kärnskördar block I, block II och medeltal. Ren skörd, 15 % vattenhalt

Table 9. Grain yields in block I, block II and means. Clean yield, 15 % moisture content.

Försöksled Treatment	Block I kg/ha	Block II kg/ha	Medel Means kg/ha	Rel A=100
A. 0 N	3613	3250	3432	100
B. 40 ks-N	4885	4278	4582	131
C. 40 ks-N + 55 ks-N	6298	6425	6362	185
D. 40 ks-N + 110 ks-N	6306	7154	6730	196
E. 40 ks-N + 62 fg-N ss	6073	6601	6337	185
F. 40 ks-N + 117 fg-N ss	7615	7542	7578	221
G. 40 ks-N + 62 fg-N ssh	6158	6173	6166	178
H. 40 ks-N + 117 fg-N ssh	7239	6850	7044	205
I. 40 ks-N + 64 fg-N bs	-	6697	6675	194
J. 40 ks-N + 128 fg-N bs	6701	7652	7176	209
K. 163 fg-N ss	7015	6455	6735	196
L. 95 ks-N + 62 fg-N ss	7371	7459	7415	216
M. 95 ks-N + 55 ks-N	6956	6920	6938	202



Figur 21. Kärnskördar, 15 % vattenhalt. Led A = 100

Figure 21. Grain yields, 15 % moisture content. Treatment A = 100. (Kärnskörd = Grain yield, Försöksled = Treatment).

Tröskningen av ledet I i block I misslyckades. Vid den statistiska behandlingen framkom att block II i medeltal gav 44 kg/ha högre skörd än block I, varför medeltalet för led I korrigerats för detta.

Den statistiska analysen av skörderesultaten ger en signifikant skillnad mellan de olika behandlingarna ( $p < 0.0001$ ). Om enskilda parvisa jämförelser görs på 5 % signifikansnivån blir minsta signifikanta skillnad (LSD) mellan två behandlingsmedelvärden 796 kg/ha. Av tabell 6.4. framgår att den enda intressanta statistiskt säkerställda skillnaden är den mellan leden D och F. Med andra ord ger med 95 % säkerhet led F högre skörd än led D.

Utöver detta kan några reflexioner göras. Försöket karaktäriseras av höga skördar. Grundskörden i det ogödslade A-ledet är nästan 3500 kg/ha. Icke desto mindre har de olika behandlingarna gett intressanta utslag.

På den högre kvävenivån (ca 150 kg N/ha) har led F gett den högsta skörden, 13 % mer än kalksalpeterjämförelsen D. Myllningen i ledet H har haft en negativ effekt i jämförelse med ledet F. Myllningen tycktes inte åsamka grödan skador men har troligen gjort det. Atgärden att i detta led minska ammoniakavdunstningen genom en grund myllning, sattes aldrig på prov pga den rikliga nederbörden. Det bredspridda ledet J har också gett högre skörd än kalksalpeterreferensen D, men är underlägsen ledet F. Ledet K, som fått hela sin kvävegiva sent som flytgödsel, har också hävdat sig bra, främst beroende på den regniga sommaren.

Samma tendens, dvs att flytgödselkvävet har gett kraftigare utslag än handelsgödselkvävet, återfinns i de praktiska leden L och M. Led L som fått kompletteringsgiva i form av flytgödsel, har gett 7 % högre skörd än det rena handelsgödselledet M.

Halmskördarna visas i tabell 10.



Tabell 10. Halmskördar block I, block II och medeltal. 15 % vattenhalt. Stubbhöjd cirka 15 cm

Table 10. Straw yields in block I, block II and means. 15 % moisture content. Stubble height about 15 cm.

Försöksled Treatment	Block I	Block II	Medeltal Average
	kg/ha	kg/ha	kg/ha
A. 0 N	2694	2924	2809
B. 40 ks-N	4321	4523	4422
C. 40 ks-N + 55 ks-N	5315	6526	5920
D. 40 ks-N + 110 ks-N	5284	6507	5895
E. 40 ks-N + 62 fg-N ss	4905	5988	5447
F. 40 ks-N + 117 fg-N ss	6556	6218	6387
G. 40 ks-N + 62 fg-N ssh	4733	6042	5387
H. 40 ks-N + 117 fg-N ssh	5991	5713	5853
I. 40 ks-N + 64 fg-N bs	5414	5202	5308
J. 40 ks-N + 128 fg-N bs	5473	6960	6216
K. 163 fg-N ss	5615	5723	5669
L. 95 ks-N + 62 fg-N ss	6666	7171	6918
M. 95 ks-N + 55 ks-N	6248	7046	6647

Halmskörden stiger med ökad kvävegiva, men varierar också med gödslingsstidpunkten. I K-ledet där kvävetillgången var låg under bestockningsfasen, var den vegetativa tillväxten liten, vilket återspeglas i en låg halmskörd. Det motsatta gäller leden L och M där bestockningen gynnades av en stor, tidig kvävegiva och som också har de högsta halmskörderna.

## 6.4 Analysresultat

### 6.4.1 Kväve i jord\_och\_växtmaterial

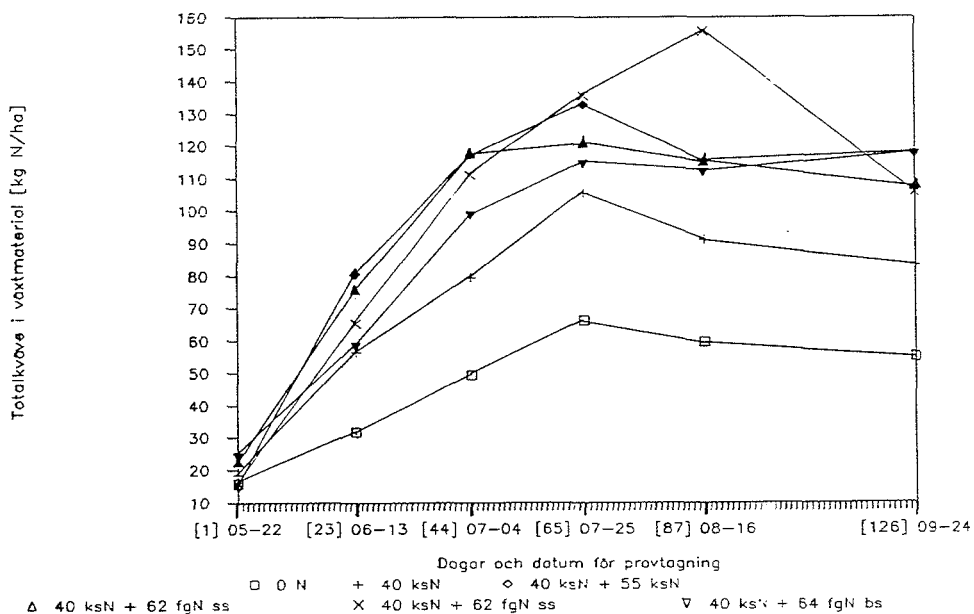
Vid fem tillfällena under försöksperioden provtogs jord och gröda som beskrivits tidigare. Provtagningarna gjordes för att få en uppfattning om kvävet omsättning under växtperioden. Kväveinnehållet i växtmaterialet visas i tabell 11.

Tabell 11. Kväveinnehåll i växtmaterial. Totalkväveanalys enligt Kjeldahl. K = kärna, H = halm

Table 11. Nitrogen content in plant material. Total-N analysis according to Kjeldahl. K = kernel, H = straw

Led	P1	P2	P3	P4	P5	K+H
<b>Treatment</b>	05-22	06-13	07-04	07-25	08-16	09-24
	EC23	EC37	EC55	EC75	EC85	EC93
	kg/ha	kg/ha	kg/ha	kg/ha	kg/ha	kg/ha
A.0	15.9	31.8	49.5	66.2	59.6	55.1
B.ks	18.5	56.4	79.5	105.3	91.1	83.2
C.ks	14.9	80.3	117.1	132.7	115.3	117.4
D.ks	16.4	95.2	163.9	172.8	172.6	138.8
E.ss	22.6	75.8	117.6	120.7	115.0	107.4
F.ss	22.1	75.1	136.6	162.8	176.5	147.8
G.ssh	15.5	65.3	110.9	135.5	155.5	105.8
H.ssh	19.5	73.1	136.9	148.8	175.0	141.6
I.bs	24.0	58.0	98.6	114.3	111.7	117.3
J.bs	21.2	60.8	145.9	153.8	152.1	136.8
K.ss	11.3	42.6	131.8	163.9	161.9	141.9
L.ks+ss						146.0
M.ks+ks						141.5

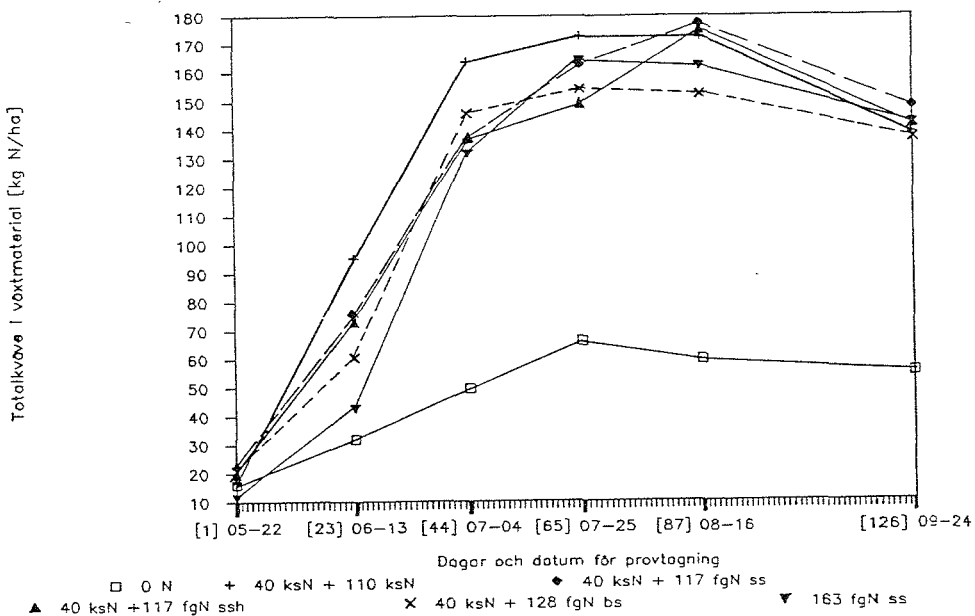
Den statistiska analysen av kväveskördarna ger ett signifikant samspel mellan tidpunkt för provtagning och behandling ( $p < 0.0001$ ). Om kväveskördarna för de olika behandlingarna jämförs vid samma provtagningstidpunkt blir minsta signifikanta skillnad (LSD) mellan två behandlingsmedelvärden 25 kg N/ha på 5 % signifikansnivån. Av tabell 11 framgår att vid provtagning 2 är led J signifikant lägre än led D. Vid provtagning 3 är både led F och H signifikant lägre än led D. Vid provtagningarna 4 och 5 är skillnaderna i kväveskördar utjämnade, och inga signifikanta skillnader finns mellan leden på den högre kvävenivån. Vid provtagning 5 är dock på den lägre kvävenivån led G signifikant högre än led C. Kväveupptagningen i plantorna under odlingssäsongen redovisas även i Figur 22 och Figur 23.



Figur 22. Kväveupptagning i plantor under odlingssäsongen. ( 95 kg-N nivån ).

Figure 22. Nitrogen uptake in plants during the growing season (95 kg-N level). (Totalkväve i växtmaterial = Total-N i plant material, Dagar och datum för provtagning = Days and date of sampling).

Skillnaden i upptagningshastighet av kväve är på 95 kg-N nivån mycket liten. Här tillfördes 55 kg nitratkväve/ha jämfört med 62 kg ammoniumkväve utöver startgivan. Kväveinnehållet i provet från G-ledet 08-16 avviker markant. Då kväveinnehållet i skörden inte avviker ifrån övriga led bör man bortse ifrån detta prov.



Figur 23. Kväveupptagning i planter under odlingssäsongen. ( 150 kg-N nivån ).

Figure 23. Nitrogen uptake of plants during the growing season (150 kg-N level). (Totalkväve i växtmaterial = Total-N in plant material, Dagar och datum för provtagning = Days and date of sampling).

Nitratkvävet i kalksalpeteren har på 150 kg-N nivån tagits upp snabbare än ammoniumkvävet i flytgödseln. Förklaringar till detta kan vara flera. Antingen att ammoniumkvävet tillfälligtvis immobiliserats eller att ammoniumkvävet varit mindre tillgängligt. Ammoniums rörlighet i marken är nämligen väsentligt lägre än nitratets. Då sommaren var nederbördsrik är det troligt att ammoniumkvävet snabbt nitrifierades till nitrat, varför rörligheten av flytgödsel-

kvävet inte borde begränsa upptagningen. Troligare är då att en del av kvävet undandragits växterna under en tillfällig immobiliseringsfas för att senare under sommaren åter bli tillgängligt. För detta talar det faktum att plantorna i slangspridarleden under perioden 07-04 - 08-16 tagit upp cirka 40 kg N/ha medan plantorna i kalksalpeterleden endast tagit upp cirka 10 kg N/ha.

Att kväveinnehållet i skördad halm och kärna är så mycket lägre än kväveinnehållet i plantorna 08-16 kan synas något förvånande. Normalt sjunker kväveinnehållet lite under mognadsperioden då en del blad och dylikt faller av. Orsaken till den stora skillnaden som redovisas här beror på att stubbhöjden vid skörd var högre än vid provtagningarna samt att agnar och boss inte togs tillvara vid tröskningen. Dessutom kan grödan ha förlorat kväve som ammoniak under åldrandet.

Skillnaden i upptagningshastighet är större på den högre kvävenivån än på den lägre. Om antagandet om immobiliseringen är riktigt kan detta förklara skillnaden. På den höga nivån kommer absolut sett mer kväve att immobiliseras än på den låga nivån i jämförelse med kalksalpeterkvävet, förutsatt att procentuellt lika mycket kväve immobiliseras.

Kväveutnyttjandet kan uttryckas som en kväveutnyttjandekoefficient enligt:

N i behandlad gröda - N i 0 led

N-giva till behandlad gröda

Kväveutnyttjandekoefficienter för skördetidpunkten ges i tabell 12.

Tabell 12. Kväveutnyttjandekoefficienter för skördetidpunkten

Table 12. Nitrogen utilization coefficients for time of harvest

Försöksled	kväveutnyttjande- koefficient
Treatment	N-utilization coefficient
B. 40 ks-N	0.70
C. 40 ks-N + 55 ks-N	0.66
D. 40 ks-N + 110 ks-N	0.56
E. 40 ks-N + 62 fg-N ss	0.51
F. 40 ks-N + 117 fg-N ss	0.59
G. 40 ks-N + 62 fg-N ssh	0.50
H. 40 ks-N + 117 fg-N ssh	0.55
I. 40 ks-N + 64 fg-N bs	0.60
J. 40 ks-N + 128 fg-N bs	0.49
K. 163 fg-N ss	0.53
L. 95 ks-N + 62 fg-N	0.58
M. 95 ks-N + 55 ks-N	0.58

Kväveutnyttjandet sjunker som väntat med stigande kvävegiva i leden B, C och D. Likadant gör det i leden I och J. Det omvända mönstret uppvisas dock i leden E och F respektive G och H. Duthion (1979) fastslår att kväveutnyttjandekoefficienterna för flytgödsel alltid är lägre än de för ammonium/nitrat-handelsgödsel, även om enbart hänsyn tas till mineralkväveinnehållet i flytgödseln såsom gjorts i tabell 6.7. Några långtgående slutsatser ska inte dras av

det lilla materialet, men det är intressant att kväveutnyttjandet i släpplängden F och H varit lika högt som det i kalksalpeterledet D.

Summa mineralkväve i matjorden visas i tabell 13.

Tabell 13. Summa nitrat- och ammoniumkväve i jordprov.  
Provdjup 23 cm

Table 13. The sum of nitrate-N and ammonia-N in soil samples. Sampling depth 23 cm.

Led Treatment	P1	P2	P3	P4	P5
	05-22 kg/ha	06-13 kg/ha	07-04 kg/ha	07-25 kg/ha	08-16 kg/ha
A.0	15.38	11.78	8.81	7.61	9.50
B.ks	36.38	12.35	9.89	7.44	8.27
C.ks	49.75	24.26	9.90	6.80	7.90
D.ks	54.11	89.35	17.3	8.32	8.88
E.ss	33.40	33.82	24.97	8.64	8.09
F.ss	40.44	69.86	21.06	19.91	11.48
G.ssh	52.83	56.51	13.10	8.83	7.60
H.ssh	38.85	108.96	34.77	9.59	11.95
I.bs	53.02	39.26	11.54	8.39	7.55
J.bs	35.54	56.00	21.54	10.72	9.82
K.ss	14.37	145.70	49.29	11.38	10.07

Om man jämför minskningen i mineralkväveförrådet med ökningen i kväveinnehåll i grödan i tabell 6.6. mellan två olika tidpunkter, borde dessa båda skillnader vara ungefär lika stora. Exakt lika stora kan de förstås inte vara, eftersom grödan tar upp kväve från alven, vilken vi inte provtagit. Kväveminskningen i matjorden kan också bero på att kväve



utlakats eller lämnat densamma som gasformiga kväveförluster. Jämför man emellertid skillnaden i mineralkväve i matjorden med skillnaden i grödans kväveinnehåll mellan två ex provtagning 1 och 2, och hänsyn tas till gödslingen, finner man att avvikelserna är mycket stora i ungefär hälften av leden. Övriga led visar en hygglig till god överensstämmelse. En orsak till den dåliga överensstämmelsen kan vara sättet på vilket jordprovtagningen gjordes.

#### 6.4.2 Proteinhalt i kärna

Proteinhalterna i kärnan ges i tabell 14.

Tabell 14. Proteinhalter i kärna

Table 14. Protein contents in grain

Försöksled Treatment	Proteinhalt (% av TS)		
	Protein content (% of DM)		
	Block I	Block II	Medeltal Average
A. 0 N	10.00	10.52	10.26
B. 40 ks-N	11.46	11.01	11.23
C. 40 ks-N + 55 ks-N	11.31	10.86	11.08
D. 40 ks-N + 110 ks-N	12.39	11.39	11.89
E. 40 ks-N + 62 fg-N ss	10.24	10.99	10.62
F. 40 ks-N + 117 fg-N ss	11.81	11.64	11.72
G. 40 ks-N + 62 fg-N ssh	10.06	11.23	10.64
H. 40 ks-N + 117 fg-N ssh	11.96	11.53	11.75
I. 40 ks-N + 64 fg-N bs	10.60	11.01	10.80
J. 40 ks-N + 128 fg-N bs	11.68	11.50	11.59
K. 163 fg-N ss	12.58	11.61	12.10
L. 95 ks-N + 62 fg-N ss	11.43	11.19	11.31
M. 95 ks-N + 55 ks-N	10.92	11.86	11.39

Enligt Bengtsson (1985) har proteinhalten i Kosack mellan åren 1982-1985 legat på 10.4 och 11.6 % av ts vid en kvävegiva på 100 respektive 150 kg N/ha. Proteinhalterna i försöket ligger någon eller ett par tiondels procent över dem som Bengtsson anger, trots att skördenivåerna i

försöket är högre. Om man jämför proteinhalterna i leden D, F och H, finner man att de skiljer sig åt mycket lite, trots en betydligt högre skördenivå i framför allt led F.

Den högsta proteinhalten noteras i ledet K. Den sena kvävegödslingen har reducerat den vegetativa tillväxten, och lett till ett relativt glest bestånd. På detta sätt har potentialen i stärkelseproduktionen inte utnyttjats, och kvävet i kärnan har inte spätts ut. Intressant att notera är att kombinationen stor - liten kvävegiva har lett till lägre proteinhalter än kombinationen liten - stor giva. Samma resonemang som ovan kan appliceras på denna iakttagelse.

### 6.4.3 Tusenkornvikt och rymdvikt

Tusenkornvikter och rymdvikter visas i tabell 15.

Tabell 15. Tusenkornvikt (TKV) och rymdvikt. Medeltal av block I och II

Table 15. 1000-grain-weight (TGW) and bulk density. Means for block I and II.

Försöksled Treatment	TKV TGW gram	Rymdvikt Bulk density gram/liter
A. 0 N	47.18	836.2
B. 40 ks-N	51.82	832.1
C. 40 ks-N + 55 ks-N	48.71	846.2
D. 40 ks-N + 110 ks-N	48.68	847.4
E. 40 ks-N + 62 fg-N ss	48.24	858.6
F. 40 ks-N + 117 fg-N ss	49.87	857.0
G. 40 ks-N + 62 fg-N ssh	50.38	846.1
H. 40 ks-N + 117 fg-N ssh	48.97	855.5
I. 40 ks-N + 64 fg-N bs	49.73	848.6
J. 40 ks-N + 128 fg-N bs	49.55	857.6
K. 163 fg-N ss	46.60	827.8
L. 95 ks-N + 62 fg-N ss	47.80	858.2
M. 95 ks-N + 55 ks-N	49.00	855.6

Enligt Bengtsson (1985) är tusenkornvikten och rymdvikten hos sorten Kosack 42.9 g respektive 796 g/l (femårsmedeltal).

Försökets rymdvikter och tusenkornvikter ligger klart över medelvärdena för sorten, vilket indikerar att kärnfyllnaden pågått under lång tid. Förutom i ledet K är variationerna mellan leden små. I ledet K hade vi väntat oss att skörden skulle byggas upp av stora kärnor. Istället visade det sig att tusenkornvikt och rymdvikt är lägst i K. Axantalet var lägst i detta led, och kompensationen har skett genom ett ökat antal kärnor per ax. God kvävetillgång under blomläggningen har lett till en minskad blomreduktion.

#### 6.4.4 Kvoten\_kärna/halm

I tabell 16 visas kvoten kärnvikt/halmvikt.

Tabell 16. Kvoten kärnvikt/halmvikt vid 15 % vattenhalt.  
Grödan skördades med cirka 15 cm stubbhöjd

Table 16. The ratio of grain (g) weight/straw (s) weight  
at 15 % moisture content. The crop was harvested  
with a stubble height of about 15 cm.

Försöksled Treatment	kvoten kärna/halm Ratio of g/s medeltal BI + BII means of BI +BII
A. 0 N	1.22
B. 40 ks-N	1.04
C. 40 ks-N + 55 ks-N	1.07
D. 40 ks-N + 110 ks-N	1.09
E. 40 ks-N + 62 fg-N ss	1.16
F. 40 ks-N + 117 fg-N ss	1.19
G. 40 ks-N + 62 fg-N ssh	1.14
H. 40 ks-N + 117 fg-N ssh	1.20
I. 40 ks-N + 64 fg-N bs	--
J. 40 ks-N + 128 fg-N bs	1.16
K. 163 fg-N ss	1.19
L. 95 ks-N + 62 fg-N ss	1.07
M. 95 ks-N + 55 ks-N	1.04

Kvoten har påverkats av kväveform såtillvida att nitratkväve i form av kalksalpeter har lett till lägre kvoter än flytgödsel.

## 7 DISKUSSION

### 7.1 Orsaker till skördeutfallet

Odlingsåret har varit ovanligt för svenska förhållanden och i synnerhet för östsvenska förhållanden. Nederbörden har varit riklig och relativt jämnt fördelad över sommaren, vilket är ovanligt för området. Frågan som ställts i examensarbetet - att undersöka kväveeffekten av flyt gödsel applicerad under ett växttäck - har egentligen inte besvarats såtillvida att även den bredspridda flyt gödseln har fungerat bra. Arbetshypotesen har därmed inte satts på prov. Trots allt finns en tendens att bredspridning fungerat sämre än applicering med slangar, då både kväveupptagningen och kärnskördarna är lägre. Ett torrare år riskerar man både brännskador och stora ammoniakförluster vid bredspridning i växande gröda. Släp slangtekniken har visat sig vara ett skonsamt, och i år även ett kväveeffektivt, sätt att applicera flyt gödsel. Frågan är hur släp slangappliceringen hävdar sig ett normalt år, och om harvningen har positiva eller negativa effekter ett torrår. En bättre jordkontakt borde minska ammoniakavdunstningen, samtidigt som skadorna på grödan då blir mer uttalade. Skadorna på grödan överväger troligen vid sena appliceringstidpunkter.

Från kvävesynpunkt kan flera faktorer ha gynnat flyt gödselleden jämfört med handelsgödselleden. Flyt gödselleden fick en något högre giva mineralkväve, en del av det organiskt bundna kvävet kan ha mineraliserats och plantorna i flyt gödselleden har haft tillgång till två kväveformer. Skördeökningar som ett resultat av tillsats av ammonium till nitratodlade plantor har observerats av bland andra Cox och Reisenauer (1973). Man kan också tänka sig att tillsatsen av organiskt material har stimulerat mineralis-

eringen av kväve i marken, en så kallad "priming effect". Under förutsättning att resonemanget om en tillfällig immobilisering och remineralisering av en del av ammoniumkvävet i flytgödselleden är riktigt, är detta kanske den troligaste förklaringen till skördeutfallet. I kalksalpeterleden togs nitratkvävet snabbt upp, och förbrukades till vegetativ tillväxt. Det långsamma bladåldrandet, till följd av den goda vattentillgången, har eventuellt hämmat translokeringen av kväve till axet. I motsats härtill, har plantorna i flytgödselleden haft god tillgång till mineralkväve, genom ett långsamt frigörande av immobiliserat kväve, som har gynnat kärnutvecklingen.

Spridningsmetoden där flytgödseln appliceras i strängar medför att en relativt stor mängd gödsel placeras på en liten yta. Vid bredspridning av t ex 25 ton/ha flytgödsel motsvarar detta 2.5 mm gödsel på markytan medan det med slangar medför cirka 7.5 mm. Detta medför sannolikt att de i gödseln lösta näringsämnena transporteras ned i matjordsskiktet ( Börje Linden, 1987, pers.medd.). Dels ökar tillgängligheten i och med detta, dels förhindras ammoniakavdunstning bland annat beroende på bättre jordkontakt.

Med så mycket regn som föll under sommaren kan man lätt dra slutsatsen att utlakningsförlusterna varit stora. Detta skulle då ha gynnat flytgödselleden. Emellertid ger en överslagsberäkning vid handen att nederbördsöverskottet varit litet eller negativt. Under perioden juni till och med halva augusti föll cirka 150 mm regn. Räknar man med en nettoevapotranspiration av 3 mm/dygn under denna period blir underskottet 75 mm. Dessutom var troligtvis inte marken mättad till fältkapacitet vid spridningstillfället.



Kväveförlusterna genom denitrifikation har i sommar varit större än under ett genomsnittsår (Börje Linden, 1987, pers. medd.). Denna kväveförlust kan inte ha ansetts verka till varken handelsgödselledens eller flytgödselledens fördel. Tillsatsen av organiskt material i flytgödselleden kan ha främjat denitrifikationen, men samtidigt har en del av kvävet där varit skyddat genom immobilisering.

Fosfor- och kaliumtillförseln med flytgödseln kompenseras inte i handelsgödselleden. K-A1 klasserna är emellertid höga och lerjordarnas goda kaliumlevererande förmåga gör, att grödan inte borde ha reagerat positivt för kaliumgödslingen. Fosforklasserna är emellertid relativt låga. Mellan 100 och 115 kg P/ha fanns i växttillgänglig form i handelsgödselleden enligt markkarteringsanalys. I flytgödselleden spreds mellan 24 och 62 kg P/ha beroende på ledets giva. Från denna fosforeffekt kan man inte helt bortse, men den kan inte förklara de stora skördeskillnaderna.

Sammanfattningsvis kan vi utifrån årets erfarenheter konstatera att flytgödseln som kvävekälla är långtifrån det hopplösa näringsmedel som ofta görs gällande. Mot ammoniakavdunstningsproblematiken talar gödselns neutrala pH-värde och ammoniums löslighetsprodukt. Med teknik som är anpassad till de biologiska förutsättningarna och ett system som bygger på spridning under växtperioden bör kväveförlusterna kunna minimeras. Dock återstår komplikationerna med kvävet växttillgänglighet om och när det mineraliska kvävet binds i organisk substans.

## 7.2 Praktisk användning

### 7.2.1 Krav på flytgödseln

Båda spridarna har visat sig klara flytgödseln bra. Den gödsel som provats får anses vara av god kvalitet i bemärkelsen att den inte varit särskilt bemängd med halm. Det finns dock ingen anledning att betvivla tekniken så länge TS-halten inte överstiger 8-10 %. Svämtäcke och halmsuddar sönderdelas effektivt av pumpen under förutsättning att man kör med omrörning mellan brunn och fält.

Utrustningens begränsning ligger i att den inte klarar större fasta föremål. Detta problem kan på sikt klaras på olika sätt. Ett alternativ är att utrusta tankvagnen, alternativt pumparna vid lagringsanläggningen med någon form av avskiljare. Ett annat och billigare alternativ vore att rena vid källan. Trästickor från sågspånen avlägsnas, när spånet strös i stallet, brunnarna kan rensugas med slamsugare vartannat år osv.

Kravet på att en flytgödselspridare skall klara flytgödseln i vilken form den än förekommer får anses föråldrat. Skall vi i framtiden kunna applicera gödseln på ett biologiskt riktigt sätt, måste vi också ställa krav på hanterbarheten. Som jämförelse kan nämnas, att vi idag ställer mycket höga krav på handelsgödselns utseende, exempelvis kornstorlek, kornstorleksfördelning och hållbarhet. Dessa egenskaper får vi ingalunda gratis.

### 7.2.2 Körteknik

Att sprida flytgödsel i växande gröda ställer stora krav på planeringen. Med 12 meters arbetsbredd har man 833.3 meter effektiv körsträcka per ha. Om man inte skall åsamka grödan

alltför stor skada, skall man sträva efter att bara köra en gång i draget. Detta innebär, att man med en 10 m<sup>3</sup> tankvagn och en 20 tons hektargiva får en maximal draglängd på 416 meter. Önskar man sprida större givor, minskar körsträcken linjärt med ökad giva. Detta innebär, att man måste planera körningen innan körspåren läggs upp. Dels kan man vid planeringen ta hänsyn till den flytgödselgiva som är lämplig med hänsyn till draglängden på fältet, dels kan t.ex. mycket stora fält sås så att draglängderna blir lagom långa.

Att så ett fält med kortare drag än brukligt orsakar ökad körning på vändtegen och ökad arbetstidsförbrukning. Detta skall då ställas mot det bättre utnyttjandet av flytgödseln.

Flytgödselspridning är till stor del ett transportproblem. För att undvika onödiga packningsskador är det i många fall lämpligt att lägga upp fasta transportvägar på fältet. I första hand används befintliga markvägar, men transportkörning på fält kan inte helt undvikas. Kalkstabilisering och särskild dränering under körstråken kan vara lämpliga åtgärder.

### 7.2.3 Hjulutrustning

Spridning av flytgödsel i växande gröda innebär således att man skall ut i fält med stora laster med risk för allvarliga skador på jord och gröda. Målsättningen bör vara att kombinera relativt smala däck med lågt lufttryck. Tre principiellt skilda lösningar är möjliga.

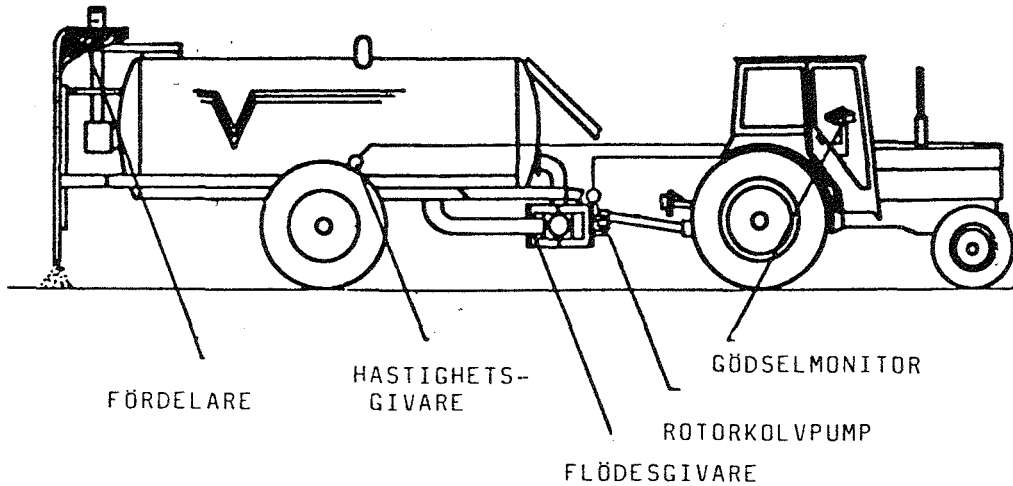
1. Breda lågprofildäck (500-700 mm breda) i en standardbogie. Dessa däck möjliggör lågt lufttryck men ger troligtvis relativt stora körskador på grödan.

2. Smala hjul (400-500 mm breda) med stor diameter ( max 36" fälg). Med t.ex. fyra stycken 16.9\*36 däck i en boggie kan man åstadkomma lågt lufttryck med en rimlig däcksbredd. Tekniskt är det dock mycket svårt att bygga in dessa i en tankvagn. Dessutom blir vridningen i boggien kraftig vid svängning, beroende på att c/c avståndet mellan axelcentra blir stort.

3. Trippelboggier dvs tre hjul i rad i en boggie i stället för två. Dessa förekommer på kontinenten. Problemet med trippelboggier är att de är relativt dyra. En 10 m<sup>3</sup> tankvagn utrustad med sex stycken 400-26.5 gör det möjligt att komma ner i lufttryck under 0.1 MPa (1 kp/cm<sup>2</sup>).

#### 7.2.4 Elektronisk övervakning av flytgödselspridare

I dagsläget är det svårt att styra givans storlek. Bristfällig teknik i kombination med för få analyser av gödselns växtnäringsinnehåll försvårar precisionen i arbetet. Pumpar med fast displacement, dvs pumpar med varvtalsberoende flöde, ger möjlighet att relativt enkelt mäta flödet indirekt. Ett system som Vogelsang utvecklat mäter med induktiva givare pumpens varvtal och antalet hjulvarv. En processor i traktorn med förprogrammerade data om pumpkaraktäristika, hjuldiameter och gödselns ammoniuminnehåll omvandlar signalerna till hektargiva gödsel eller kväve, körd areal och totalt utspridd mängd. Processorn kan även användas till andra ändamål, t ex övervakning av växtskyddssprutans funktioner. Se figur 21.



Figur 24. Principskiss av elektronisk övervakning av flyt-gödselspridare.

Figure 24. Drawing showing the principle of how slurry spreaders can be monitored electronically. (Fördelare = distributor, Hastighetsgivare = Speedmeter, Flödesgivare = Flow meter, Rotorkolvpump = Rotary piston pump, Gödselmonitor = monitor).

Ett enkelt test av däckens funktion som hastighetsgivare utfördes vid olika fyllnadsgrad i tanken och vid olika däckstryck. Det visade att hastighetsangivelsen var tillräckligt exakt (mindre än 5 % avvikelse).

#### 7.2.5 Ekonomi

Merkostnaden för slangspridaren jämfört med konventionell spegelspridare kan uppskattas till mellan 8000 - 20000 kr i ökad maskinkostnad per år. Förutsättningen för att investeringen skall vara lönsam är att man kan öka utnyttjandet av gödselns växtnäringsinnehåll tillräckligt mycket.

Minskade ammoniakförluster, spridning till växande gröda samt en ökad precision i arbetet är faktorer som i hög grad ökar växtnäringsutnyttjandet.

Med ett förbättrat utnyttjande av gödsels ammoniuminnehåll kan handelsgödselinköpen reduceras lika mycket som man ökar utnyttjandegraden av stallgödseln. På tex den gård där försöket utförts, Tolefors Gård, finns cirka 9600 kg ammoniumkväve i årsproduktionen av flytgödsel. Detta kväve motsvarar ett värde av 62400 kr vid ett kvävepris på 6.50 kr/kg N. Om utnyttjandet ökas från idag uppskattningsvis 30 % till 80 % skulle detta betala en merinvestering på 156000 kr räknat på 20 % årlig maskinkostnad.

Jämn spridning av flytgödsel är en förutsättning för ett gott utnyttjande även av gödsels fosforinnehåll eftersom fosforns rörlighet i marken är mycket liten. Detta är inte minst viktigt, då fosfor ofta förrådsgödslas i form av flytgödsel.

En förflyttning av spridningstidpunkten från vårbruk till spridning i växande gröda ger en positiv läglighetseffekt och minskad jordpackning. Spridning i växande gröda jämfört med vinterspridning ökar däremot problemen med jordpackning. Att sprida en gårds årsproduktion av gödsel i växande gröda, förutsätter dock att gödseln kan lagras ett helt år. Med dagens kostnader för ökade lagringsutrymmen kan inte ett ökat utnyttjande av gödseln betala investeringen. De gödselbrunnar som finns på den svenska marknaden är orimligt dyra. En billigare metod att bygga brunnar eller investeringsstöd till jordbrukaren är ett måste. I USA anläggs ofta jorddammar (earth ponds) som blir täta efter en tid.

### 7.3 Framtida utvecklingsmöjligheter

I dagsläget utvecklas ny teknik för spridning av flytgödsel intensivt inom industrin. Den brist på teknik, som har existerat inom området kan till stor del förklaras av bristande intresse för avancerad, av nöden, dyr teknik. Stigande handelsgödselpriser och ett ökat miljömedvetande har förändrat läget. Mycket återstår dock, inte minst vad gäller behandlingen av stallgödseln före spridning. Konvertering av fast- och kletgödsel till flytgödsel är ett intressant område liksom kompostering av flytgödsel. Bra metoder för att öka hanterbarheten och stallgödselns växtnäringseffekter är mycket viktiga utvecklingsmål. Teknikutvecklingen hämmas dock av våra brister i biologiskt kunnande. En djupare förståelse för flytgödselkvävet's organiska omsättning i marken som funktion av gödselns energi- och näringsstatus, är en förutsättning för bättre utnyttjande av flytgödselkvävet. Författarna menar därför, att de största forskningsinsatserna primärt bör satsas på biologiska försök inom området. Dessa forskningsframsteg bör sedan leda till att medel ställs till förfogande till industrin och teknikforskningen, för att dessa i samarbete skall kunna lösa de tekniska problemen kring gödselhanteringen.

## 8 SAMMANFATTNING

En pilotstudie med släpslangteknik genomfördes under våren och sommaren 1987. Syftet med projektet var att testa den nya tekniken från funktionell och biologisk synpunkt. Dessutom detaljstuderades växternas utnyttjande av flytgödselkväve i jämförelse med handelsgödselkväve och konventionell bredspridning av flytgödsel.

Vid fem tillfällen under vegetationsperioden provtogs gröda och matjord. Grödan analyserades på innehåll av totalkväve, och matjorden på innehåll av ammonium och nitrat. Kärnskörd och halmskörd analyserades också på innehåll av totalkväve.

Släpslangtekniken har visat sig fungera bra. Tekniken tillåter jämn applicering av flytgödsel i växande gröda. Variationskoefficienten, som är ett relativt mått på spridningsjämnheten, visade sig ligga mellan 2.4 och 4.7 %.

Analysresultaten visar att flytgödselkvävet har fungerat bättre än handelsgödselkvävet under försöksåret 1987. En stor del av förklaringen ligger i den nederbördsrika växtsäsongen, som reducerat ammoniakförlusterna och befrämjat kvävet omsättning i marken i flytgödselleden. På grund av låg kol/kvävekvot i flytgödseln och god markfuktighet har immobiliseringen varit liten och relativt kortvarig. Immobiliseringen i flytgödselleden har troligen verkat i positiv riktning på växternas kväveförsörjning under kärnfyllnadsperioden. Jämfört med i handelsgödselleden har i flytgödselleden kväveupptagningen gått långsammare, men har å andra sidan skett under en längre tid.

Slutsatsen av arbetet är att man med bättre teknik och djupare biologiska kunskaper om kvävet organiska omsättning i marken i framtiden bör kunna utnyttja flytgödselkvävet till fullo.



## 9 SUMMARY

Title: Application of pig slurry to winter wheat during the growing season.

Spreading of slurry is today mostly carried out in an unsatisfactory way from both economical and environmental points of view. Commonly, neither the nitrogen content nor the amount of slurry applied is known. Furthermore, losses due to ammonia volatilization can be considerable when slurry is spread under high evaporative conditions. This, together with uneven spreading, leads to a poor utilization of the slurry nitrogen, with losses from the system as a result.

During the spring and summer of 1987 a pilot study into the operation a slurry pump tanker equipped with rear applicator consisting of 40 flexible tubes was accomplished. The tubes were dragged on the ground which made it possible to apply the slurry beneath the crop canopy. The object of the project was to examine the new technique from functional and biological points of view. In addition, tube application, conventional slurry spreading and fertilizer application were compared with regard to efficiency of nitrogen uptake in a field trial.

As the tubes are dragged on the ground and the slurry is spread at low pressure, ammonia volatilization losses ought to be reduced. If, as in this project, the slurry is also applied beneath a crop canopy, then the temperature, air speed and general evaporative conditions around the slurry are low, which should further lessen ammonia losses.

The tube application technique has proved very satisfactory. The mode of action allows even application of slurry on growing crops. The coefficient of variation, which is a criterion of evenness of application, is between 2.4 and 4.7 %.

In the field trial slurry was spread conventionally and also with the tube applicator in late May. At this stage the wheat was at the beginning of stem elongation (EC 30). Slurry treatments were based on the mineral nitrogen content of the pig slurry, which was 2.6 kg/ton  $\text{NH}_4\text{-N}$ . The slurry used was low in organic matter. The total C/N-ratio was 4.4 and the organic C/N-ratio 20.5.

Fertilizer (kg/ha NO<sub>3</sub>-N) and slurry (kg/ha NH<sub>4</sub>-N) treatments.

Treatment	Fertilizer	Fertilizer	Slurry
	NO <sub>3</sub> -N	NO <sub>3</sub> -N	NH <sub>4</sub> -N
	April 25th	May 28th	May 29th
	kg/ha N	kg/ha N	kg/ha N
A. 0 N			
B. Fertilizer	40		
C. Fertilizer	40	55	
D. Fertilizer	40	110	
E. Tube application	40		62
F. Tube application	40		117
G. Tube appl. + harrow	40		62
H. Tube appl. + harrow	40		117
I. Conventional appl.	40		64
J. Conventional appl.	40		128
K. Tube application			163
L. Tube application	95		62
M. Fertilizer	95	55	

On five occasions during the growth season plants and soil were sampled. Plants were analyzed in respect of total nitrogen and soil in respect of mineral nitrogen. At harvest grain yield and straw yield were analyzed in respect of total nitrogen.

Nitrogen content in plants on five occasions (P1 -P5) and at harvest (G = grain, S = straw), kg/ha N. Analysis according to Kjeldahl.

Treat- ment	P1	P2	P3	P4	P5	G+S
	05-22	06-13	07-04	07-25	08-16	09-24
	EC23	EC37	EC55	EC75	EC85	EC93
	kg/ha	kg/ha	kg/ha	kg/ha	kg/ha	kg/ha
A.0	15.9	31.8	49.5	66.2	59.6	55.1
B.	18.5	56.4	79.5	105.3	91.1	83.2
C.	14.9	80.3	117.1	132.7	115.3	117.4
D.	16.4	95.2	163.9	172.8	172.6	138.8
E.	22.6	75.8	117.6	120.7	115.0	107.4
F.	22.1	75.1	136.6	162.8	176.5	147.8
G.	15.5	65.3	110.9	135.5	155.5	105.8
H.	19.5	73.1	136.9	148.8	175.0	141.6
I.	24.0	58.0	98.6	114.3	111.7	117.3
J.	21.2	60.8	145.9	153.8	152.1	136.8
K.	11.3	42.6	131.8	163.9	161.9	141.9
L.						146.0
M.						141.5

Grain yield, 85 % DM, block I, block II and average for treatment.

Treatment	Block I kg/ha	Block II kg/ha	Mean kg/ha	Rel A=100
A.	3613	3250	3432	100
B.	4885	4278	4582	131
C.	6298	6425	6362	185
D.	6306	7154	6730	196
E.	6073	6601	6337	185
F.	7615	7542	7578	221
G.	6158	6173	6166	178
H.	7239	6850	7044	205
I.	-	6697	6675	194
J.	6701	7652	7176	209
K.	7015	6455	6735	196
L.	7371	7459	7415	216
M.	6956	6920	6938	202

The results show that slurry nitrogen performed better than fertilizer nitrogen in 1987, partly because of the high precipitation during the summer season. The abundant rainfall reduced ammonia volatilization and encouraged the nitrogen mineralization in the soil in the slurrytreated plots. Due to a low C/N-ratio in the slurry and sufficient soil moisture, immobilization was low and of short duration. Immobilization in slurrytreated plots presumably had a positive effect on nitrogen supply during grain filling. Compared to plants in fertilizertreated plots, the plants in the slurry plots had a slower but longer period of nitrogen uptake.

Consequently, with better slurry application techniques and better understanding of nitrogen metabolism in soil, the slurry nitrogen can be more completely utilized in the future.

## 11 LITTERATURFÖRTECKNING

- Andersson, R. 1985. Nitratutlakning från åker i Sverige - problem och åtgärder. Stencil. Statens naturvårdsverk, forskningsavdelningen.
- Andersson, A-K. & Svanäng, K. 1986. Ökad användning av icke försurande gödselmedel och åtgärder för att minska ammoniakavgången från åkermark - företagsekonomiska konsekvenser. Stencil s 26-28. Institutionen för ekonomi och statistik, Sveriges Lantbruksuniversitet, Uppsala.
- Baadsgaard, A. 1987. Svinegylle til vintersaed i vaekstperioden. Beretning nr.1900. Danish Journal of plant and soil science. Bind 91. Haefte 3, 223-227.
- Bengtsson, A. 1985. Stråsäd, trindsäd, oljeväxter - sortval 1986. Aktuellt från lantbruksuniversitetet 348. Mark - växter.
- Bremner, J.M. & Mulvaney C.S. 1982. Nitrogen - total. I: Methods of soil analysis, Part 2. Chemical and microbiological properties. Agronomy, monografi nr.9. 2:a uppl.
- Brink, N. & Jernlås, R. 1982. Utlakning vid spridning höst och vår av flytgödsel. Ekohydrologi 12, 3-14.
- Brun, L.J., Kanemasu, E.T. & Powers, W.L. 1972. Evapotranspiration from soybean and sorghum fields. Agronomy journal vol. 64, 145-148.

- Cox, W.J. & Reisenauer, H.M. 1973. Growth and ion uptake by wheat supplied with nitrogen as nitrate or ammonium, or both. *Plant and Soil* 38, 363-380.
- Denmead, O.T., Freney J.R. & Simpson, J.R. 1976. A closed ammonia cycle within a plant canopy. *Soil Biol. Biochem.* vol. 8, 161-164.
- Duthion, C. 1979. Landspreddning av vätskegödsel: 1. effekter på skörd och kvalitet av grödor. I: Gasser, J.K.R., (red.), *Effluents from livestock*. London: Applied science publishers ltd.
- Engvall, A. 1985. Fodermedelshygieniska aspekter vid spridning av stallgödsel på vall. I: *Stallgödsel i växtodlingen - kunskap och forskningsbehov*. SJFRs programgrupp. Stockholm.
- Farquhar, G.D., Firth, P.M., Wetselaar, R. & Weir, B. 1980. On the gaseous exchange of ammonia between leaves and the environment: determination of the ammonia compensation point. *Plant Physiol.* 66, 710-714.
- Fenn, L.B. & Escarzaga, R. 1977. Ammonia volatilization from surface applications of ammonium compounds to calcareous soils: VI. Effects of initial soil water content and quantity of applied water. *Soil Sci. Soc. Am. J.* vol. 41, nr. 2, 358-363.



- Haynes, R.J. 1986. The decomposition process: mineralization, humus formation and degradation: In: Haynes, R.J. (red.), Mineral nitrogen in the plant - soil system. Orlando: Academic Press.
- Hellquist, K. 1986. Investeringsutrymme för bättre teknik vid spridning av stallgödsel. JTI rapport 81. Uppsala.
- Hoff, J.D., Nelson, D.W. & Sutton, A.L. 1981. Ammonia volatilization from liquid swine manure applied to cropland. J. Environ. Qual., vol 10, nr.1, 90-95.
- Hoffmann, H. 1984. Gulle - ein wertvoller Wirtschaftsdünger. Auswertungs- und Informationsdienst für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten, nr 149.
- Hutchinson, G.L., Millington, R.J. & Peters, D.B. 1972. Atmospheric ammonia: absorption by plant leaves. Science 175, 771-772.
- Isensee, E. & Thamsen, R. 1985. Verteilgenauigkeit bei Güllewagen II. Rationalisierungs - Kuratorium für Landwirtschaft. Kiel.
- Iversen, K. 1956. Stalgödningens opbevaring og udbringning. Tidsskr. Planteavl 60, 1-19.
- Jansson, S.L. 1958. Tracer studies on nitrogen transformations in soil with special attention to mineralisation-immobilization relationships. Kungl. Lantbrukshögskolans Annaler vol 24, 195 - 255.

- Jansson, S.L. & Persson, J. 1982. Mineralization and immobilization of soil nitrogen. In: Stevenson, F.J. (red.), Nitrogen in agricultural soils. Agronomy 22, 229 - 252. Wisconsin.
- Kara, O. 1980. Spridning och nedmyllning av flytgödsel. NJF-seminarium. Stallgödsel som växtnäringskälla och miljörisk. Tune, Danmark, 15-17 december 1980.
- Kemppainen, E. 1986. Effect of cattle slurry injection on the quantity and quality of barely and grass yield. I: Kofoed, A. D., Williams, J. H. & L'Hermite, P., (red.), Efficient land use of sludge and manure, 64-72. London: Elsevier applied science publishers ltd.
- Kristensen, K.J. 1974. Actual evapotranspiration in relation to leaf area. Nordic Hydrology 5, 173-182.
- Larsen, K.E. 1986. Injection of cattle slurry to barley, beet, grass and maize. I: Kofoed, A.D., Williams, J.H. & L'Hermite, P., (red.), Efficient land use of sludge and manure, 73-77. London: Elsevier applied science publishers ltd.
- Lauer, D.A., Bouldin, D.R. & Klausner S.D. 1976. Ammonia volatilization from dairy manure spread on the soil surface. J. Environ. Qual., vol 5, nr.2, 134-141.
- Lemon, E. & Van Houtte, R. 1980. Ammonia exchange at the land surface. Agronomy journal vol 72, 876-883.

- Mattsson, J-O. 1979. Mikro- och lokalklimatologin. Malmö:  
Liber Läromedel.
- Persson, J. 1987. Skördenivåns och skörderestbehandlings  
inverkan på den organiska substansen. KSLA:s  
tidskrift. Supplement 19, 21-28.
- Steineck, S. 1988a. Stallgödsel. Stencil. Avdelningen för  
växtnäringslära, Sveriges Lantbruksuniver-  
sitet, Uppsala.
- Steineck, S. 1988b. Flytgödsel till vall. Rapport 172.  
Avdelningen för växtnäringslära, Sveriges  
lantbruksuniversitet, Uppsala.
- Vertregt, N. & Rutgers, B. 1987. Ammonia volatilization  
from urine patches in grassland. CABO, Wa-  
geningen, Nederländerna. ( Under tryckning).
- Personliga meddelanden:
- Linden, B. 1987. Avd. för växtnäringslära. SLU. Uppsala.

Förteckning över samtliga rapporter erhålles kostnadsfritt. I mån av tillgång kan tidigare nummer köpas från avdelningen.

A list of all Reports can be obtained free of charge. If available, issues can be bought from the division.

- 160 1984 Gyula Siman: Undersökning av Si-Mn-slagg från Öye Smelteverk A/S särskilt med hänsyn till dess skördehöjande verkan och kemiska markeffekter.  
**Investigation of Si-Mn-slag from Öye Smelteverk A/S Norway, with particular regard to its effect on plant and soil.**
- 161 1985 Karl Olof Nilsson: Allsidig växtnäringstillförsel V. Fältsförsök i västra försöksdistriktet.  
**Balanced supply of complete plant nutrient V. Field trials in the Western Experimental District.**
- 162 1985 Jan Persson: Kalkningseffekt - betydelsen av kalkslag och siktkvalitet.  
**Effect of lime correlated to kind of lime and particle size.**
- 163 1985 Göte Bertilsson och Jan Persson: Kalkfraktioner och kalkningseffekt.  
**Particle size and efficiency of lime.**
- 164 1985 Lennart Mattsson: Markbördighetsförsök i Norrland.  
**Soil fertility experiments in North Sweden.**
- 165 1986 Gyula Simán: Mark- och skördeeffekter i de permanenta kalkningsförsöken under en 20-årsperiod, 1962-1982.  
**Effects on crop yields and soil properties of lime and fertilizers in the long-term liming experiments from 1962 to 1982.**
- 166 1986 Käll Carlgren: Bladgödsling med cocktail-preparat till höstvetete.  
**Foliar application of plant nutrients to winter wheat.**
- 167 1986 Torbjörn Lindén och Lennart Mattsson: Variationer i markens mineralkväveförråd. En undersökning på olika jordar i Uppland och Västergötland.  
**Variations in soil mineral nitrogen. An investigation on different soils in two areas of Sweden.**
- 168 1986 Holger Kirchmann: Kisel i mark-växt-systemet med särskild hänsyn till slaggsilikater. En litteraturgenomgång.  
**Silicon in the soil-plant-system with special referense to slag silicates. A literature review.**

- 169 1987 Lennart Mattsson: Kvävegödslingseffekt i höstvetete med och utan behandling med CCC, fungicid och insekticid.  
**Nitrogen response in winter wheat with and without treatment with CCC, fungicide and insecticide.**
- 170 1987 Lennart Mattsson: **Long-term effects of N fertilizer on crops and soils.**  
Långtidseffekter av kvävegödsling på gröda och mark.
- 171 1988 Käll Carlgren: Bladgödsling med mangan i kärl- och fältförsök.  
**Foliar application of manganese in pot and field trials.**
- 172 1988 Staffan Steineck: Flytgödsel till vall.  
**Slurry applied to grass and mixed ley.**
- 173 1988 Jens Blomquist och Einar Gudmundsson: Spridning av svinflytgödsel i växande gröda - pilotstudie med ny teknik.  
**Application of pig slurry to winter wheat during the growing season.**

I denna serie publiceras forsknings- och försöksresultat från avdelningen för växtnäringslära, Sveriges lantbruksuniversitet. Serien finns tillgänglig vid avdelningen och kan beställas därifrån.

This series contains reports of research and field experiments from the Division of Soil Fertility, Swedish University of Agricultural Sciences. The series can be ordered from the Division of Soil Fertility.

---

DISTRIBUTION:

Sveriges lantbruksuniversitet  
Avdelningen för växtnäringslära  
750 07 Uppsala

Tel. 018-671249

---