

JTI-rapport
LANTBRUK & INDUSTRI
Nr 267

Flytgödselspridning på vall

Ny teknik under svenska förhållanden

Slurry application on ley – new techniques

Lena Rodhe
Per-Anders Algerbo
Chri Rammer

© Jordbrukstekniska institutet 2000
Enligt lagen om upphovsrätt är det förbjudet
att utan skriftligt tillstånd från copyrightinnehavaren
helt eller delvis mångfaldiga detta arbete.

Tryck: Jordbrukstekniska institutet, Uppsala 2000
ISSN 1401-4963

Innehåll

Förord.....	5
Sammanfattning	7
Summary.....	8
Inledning	9
Syfte	10
Genomförande.....	10
Yttre förutsättningar	11
Väderlek.....	12
Gödsling.....	13
Spridningsteknik.....	14
Kontaminering av grödan.....	15
Gödselns placering i markprofilen.....	16
Ammoniakavgång.....	17
Avkastning.....	18
Ensilering.....	18
Dragkraftsbehov	19
Ekonomi.....	20
Resultat.....	21
Kontaminering av grödan.....	21
Gödselns placering	22
Ammoniakavgång.....	22
Avkastning.....	24
Ensilering.....	24
Dragkraftsbehov	25
Ekonomi.....	26
Diskussion.....	30
Kontaminering av grödan och gödselns placering	30
Ammoniakavgång.....	31
Avkastning.....	31
Ensilering.....	31
Dragkrafts-/effektbehov.....	32
Ekonomi.....	32
Slutsatser	33
Referenser	34

Bilaga 1. Kalibreringsdata för spridare vid bestämning av lämplig körhastighet vid en giva av 25 ton flytgödsel per hektar	37
Bilaga 2. Kort beskrivning av JTI:s metod för mätning av ammoniak-emissioner från fält.....	39
Bilaga 3. Metodbeskrivning. Bestämning av kontaminering av gröda genom mätning av konduktivitet.....	41
Bilaga 4. Priser använda i de ekonomiska beräkningarna.....	43
Bilaga 5. Resultat från de ekonomiska beräkningarna för spridning av flytgödsel till vall	45

Förord

Idag finns ny teknik för att sprida flytgödsel i det övre markskiktet i vallar. Myllningen sker med billar eller med hjälp av hydrauliskt tryck i gödselstrålen. Kunskapen är dock bristfällig om hur teknikerna ska användas under svenska förhållanden och deras effekt på avkastning och foderkvalitet. I föreliggande studie har JTI på uppdrag av Svensk Mjök AB värderat ytmyllningstekniker ur olika aspekter. Studien omfattar fältförsök samt ekonomiska beräkningar i en datorbaserad modell. Agronom Bengt Everitt har varit kontaktperson vid Svensk Mjök.

Jordbrukstekniska institutet har ansvarat för alla studier förutom delen rörande ensilagekvalitet, som utförts av Agr.D. Chri Rammer vid institutionen för husdjurens utfodring och vård, SLU.

För undersökningens uppläggning och genomförande har forskningsledare Lena Rodhe ansvarat. Bearbetning av resultat och författande av rapporten har hon utfört tillsammans med forskningsledare Martin Sundberg, försöksassistent Marianne Tersmeden och forskningsassistent Jessica Berg. Avsnitten rörande dragkraftsmätningar har bitr. forskningsledare Per-Anders Algerbo genomfört och avrapporterat. Illustrationer har utförts av ingenjör Kim Gutekunst. Hushållningssällskapet i Stockholms och Uppsala län har skött och skördat fältförsöket. Vid den statistiska bearbetningen har Birgitta Vegerfors-Persson, institutionen för statistik, data och informationslära, SLU, konsulterats.

Vi vill rikta ett stort tack till Per Kjellström med medarbetare vid Ranaverken AB och Kenth Arwedsson vid Kverneland Sverige AB, vilka ställt spridare till vårt förfogande. Vi vill också tacka Tångapojkarna med lantbrukare Bengt Eriksson i spetsen, för att vi kunnat förlägga försöket till deras gård samt forskare Johan Arvidsson vid institutionen för markvetenskap, SLU, för data rörande körskador i vall.

Uppdraget är finansierat av Svensk Mjök AB enligt de villkor som gäller för intressentföretag i Stiftelsen Jordbruks- och Miljöteknisk Forskning.

Ultuna, Uppsala i mars 2000

Björn Sundell

Chef för Jordbrukstekniska institutet

Sammanfattning

I juni 1999 genomfördes ett fältförsök med syfte att i olika avseenden värdera ny spridningsteknik för flytgödsel på vall. Huvuddelen av studierna genomfördes i ett blockförsök där tre upprepningar av följande försöksled ingick:

- Ogödslat (kontroll)
- Bandspridning, släpslangsramp
- Ytmyllning, gödselstråle med högt tryck
- Ytmyllning med V-formad skivbill

I blockförsöket, som var utlagt på en vall med lättlera studerades gödselns placering i markprofilen, kontaminering av grödan, ammoniakavgång efter spridning, avkastning i andraskörd samt grödans ensilerbarhet. Studierna av gödselns placering i markprofilen utfördes också i en vall på styvare jord.

På ett intilliggande fält med samma jordart som i blockförsöket, utfördes dragkraftsmätningar med de två maskinerna för ytmyllning som användes i försöket.

Avslutningsvis gjordes, på underlag av de framkomna resultaten och sedan tidigare känd kunskap, en ekonomisk värdering av hantering och spridning med olika tekniker av flytgödsel till vall.

Resultaten visar att de myllningsmetoder som ingick i denna studie inte klarade att mylla gödseln tillfredsställande under mycket torra förhållanden på lerjordar. Gödselns placering i marken skiljde sig obetydligt mellan den lätta och styva jorden. Av utspridd mängd gödsel återfanns mellan 14 och 23 procent på grödans stubb. Inga statistiska skillnader i kontaminering av grödan kunde visas mellan de olika spridningsteknikerna.

På grund av dålig myllning och den varma och torra väderleken var ammoniakavgången hög efter spridning med samtliga tekniker. Avdunstningen uppgick till mellan hälften och hela mängden ammoniumkväve utspridd med flytgödseln. Ytmyllning med bill medförde signifikant högre ammoniakavgång jämfört med bandspridning och ytmyllning med tryck.

Avkastningen hos andra skörden var låg i samtliga led och några statistiskt säkra skillnader kunde inte visas mellan spridningsteknikerna.

Trots höga ts-halter hos skördad grönmassa påträffades förhöjda halter av klostridiesporer i samtliga ensilage oberoende av spridningsmetod. Ytmyllning med bill medförde signifikant bättre ensilagekvalitet jämfört med bandspridning och tendensen var att ytmyllning med bill medförde den bästa ensilagekvaliteten av de tre spridningsmetoderna.

Mätningar av traktorns dragkraft vid spridning på vall med två olika spridartankvagnar visar på dragkraftsbehov mellan 3 och 13 kN vid olika förutsättningar. Vid aktuella körhastigheter motsvarar det ett effektbehov av 4-36 kW.

Gödselns nettovärde är under uppsatta förutsättningar negativt förutom för ytmyllning vid gårdsstorleken 300 och 500 kor samt vid bandspridning på den större gården med 500 kor. Vid 50 och 100 kors besättning är det mer lönsamt med en 10 m³ tankvagn än en 15 m³ och det är den billigaste spridningstekniken (spridarplatta), som är mest lönsam. Det krävs stora mängder gödsel att hantera (strax

under 7000 m³/år) för att bandspridning och ytmyllning ska bli mer lönsam än bredspridning. Ytmyllning är vid dessa gårdsstorlekar mer lönsam än bandspridning.

Vid ytmyllning är spridning till andra skörd mest lönsamt. Vid bredspridning med en 15 m³ tankvagn är det ingen skillnad mellan spridningstidpunkterna ur lönsamhetssynpunkt. Om en 10 m³ tankvagn med spridarplatta används blir våren bästa spridningstidpunkt. Vid bandspridning är spridning till andra skörd bästa tidpunkt.

Ytterligare försök krävs för att kunna värdera de spridningsmetoder som ingått i studien under olika förhållanden.

Arbetet startade i april 1999 med fältstudier under juni-augusti. JTI har utfört studien på uppdrag av Svensk Mjök AB, som finansierat arbetet.

Summary

A field experiment was conducted in June 1999 in order to evaluate different aspects of new techniques for spreading slurry on grassland. Most of the studies were conducted in a block experiment where three replicates of the following treatments were included:

- Unfertilised (control)
- Band application, trailing hoses on a boom
- Shallow injection, slurry jet at high pressure (DGI)
- Shallow injection with a V-shaped rotating disc coulter.

The experiment, laid out on grassland growing on a loam, included studies of the slurry's placement in the soil profile, contamination of the crop, ammonia release after application, yield in the second cut, and ensilability of the crop. The studies of the slurry's placement in the soil profile were also made in grassland growing on a clay soil.

In a neighbouring field with the same soil type as the block experiment, measurements of the draught force requirement were made for the two tankers with the shallow injectors.

Finally, an economic evaluation of the handling and application of slurry to grassland using different techniques was made on the basis of the results obtained together with earlier knowledge.

The results illustrate that the shallow injection methods used in this study were unable to incorporate the slurry satisfactorily under very dry conditions on loam and clay soils. The placement of the slurry in the soil differed negligibly between the loam and the clay soils. Of the applied amount of slurry, between 14 and 23 per cent was recovered on the crop's stubble. No statistically significant differences in contamination of the crop's stubble could be demonstrated between the different application techniques.

As a result of the poor incorporation and the hot and dry weather, there was a high release of ammonia following application with all techniques. The ammonia emissions ranged between half and the entire amount of ammonia applied with

the slurry. Shallow injection with a coulter gave a significantly higher ammonia release compared with band application and shallow injection with high pressure.

The yield in the second cut was low in all treatments and no statistically significant differences could be demonstrated between the application techniques.

Despite the high dry matter contents, the harvested fresh material contained increased concentrations of clostridium spores in all silages, regardless of method of slurry application. Surface application with a disc coulter gave significantly better silage quality than band application, and shallow injection with a coulter showed a tendency to give the best silage quality of all three application methods.

Measurements of the tractor's power requirement when spreading slurry on grassland with two different tankers showed a draught force requirement between 3 and 13 kN under different conditions. At the driving speeds used, this corresponded to a power requirement between 4 and 36 kW.

The net value of the slurry under the supposed conditions was negative apart from the surface application at farm sizes of 300 and 500 cows, and for band application on the larger farm with 500 cows. At herd sizes of 50 and 100 cows it is more profitable to use a 10m³ tanker than a 15m³ tanker, and it is the cheapest application technique (splash plate) that is the most profitable. Large quantities of manure are required for handling (almost 7000 m³/year) if band application and shallow injection are to be more profitable than broadcasting.

When using shallow injection, application to the second cut is the most profitable. When broadcasting using a 15m³ tanker there is no difference between times of application as regards profitability. If a 10m³ tanker with a splash plate is used, the best time for application is in the spring. When using band spreading, application to the second cut is the best time.

Further experiments are needed to be able to evaluate the application methods used in the study under different conditions.

The project started in April 1999, with field studies during June to August. JTI conducted these studies at the request of Svensk Mjök AB, who also financed the work.

Inledning

Vid spridning av stallgödsel till vall ökar risken för försämrade mjölk kvaliteten (Malmquist & Spörndly, 1993). Gödselpartiklar som följer med grönmassan in vid skörd kan ge upphov till feljäst ensilage med höga halter av klostridiesporer (Rammer m.fl., 1994). Vid mjölkproduktion innebär höga halter av klostridiesporer i fodret en ökad risk för att sporer via gödseln kommer med i mjölken, vilket är ett stort problem för mejerierna vid tillverkning av vissa osttyper. Alltför höga sporhalter i den mjölk som levereras medför därför prisavdrag.

Fördelar med ytmyllning av flytgödsel till vall jämfört med ytspridning är enligt en nyligen avslutad litteraturstudie bl.a. förbättrad ensilagekvalitet, högre kväveutnyttjande, lägre ammoniakförluster och lägre luktemissioner (Rodhe, 1998). Som nackdelar framförs främst ökade spridningskostnader, ökat dragkraftsbehov men också risk för skador i vallgrödan. I en äldre brittisk studie (Nielsen, 1990)

drogs dock slutsatsen att det var ekonomiskt försvarbart att minska lukt- och ammoniakemissioner genom att utrusta spridaren med ytmyllare.

Idag saknas det kunskap om hur tekniken med ytmyllning fungerar under svenska förhållanden. Det är därför angeläget att den värderas ur olika aspekter för att ge beslutsunderlag till lantbrukare och andra intressenter. I ett tidigare arbete utfört på uppdrag av Svensk Mjök AB har JTI identifierat lämplig metodik för att mäta kontaminering av gröda respektive gödselns placering i mark efter ytmyllning av flytgödsel i vall (Rodhe, 2000). Denna metodik används i föreliggande studie.

Syfte

Denna studie utgör en del av ett långsiktigt arbete där det övergripande målet är att ta fram rekommendationer för val av spridaraggregat med hänsyn till arbetsresultat, energiförbrukning och ekonomi.

Syftet med denna studie var att i olika avseenden utvärdera ny teknik för ytmyllning av flytgödsel i vall under svenska förhållanden. Viktiga aspekter var gödselns placering, kontaminering av grödan, avkastning, ammoniakavgång och ekonomi.

Genomförande

Studierna omfattade ett försök vars praktiska delar utfördes i juni månad 1999. Försöket genomfördes i slåttervall hos en lantbrukare i norra Uppland, ca 5 mil nordost om Uppsala. De experimentella delarna startade med gödselspridning i mitten av juni, direkt efter det att lantbrukaren avslutat sin förstaskörd. I ett randomiserat blockförsök med tre upprepningar ingick följande försöksled med olika teknik för att applicera flytgödseln:

1. Ogödsel (kontroll)
2. Bandspridning, släpslangsramp
3. Ytmyllning, gödselstråle med högt tryck
4. Ytmyllning med V-formad skivbill

I blockförsöket, som var utlagt på en vall med lättlera (i fortsättningen benämnd Vall A), studerades följande responsvariabler:

- gödselns placering i markprofilen
- kontaminering av grödan
- ammoniakavgång efter spridning
- avkastning i andraskörd
- grödans ensilerbarhet

Statistiska analyser gjordes för att bestämma om det fanns några statistiskt säkra skillnader mellan leden och för att ta fram eventuella samband mellan variablerna (SAS Institute Inc, 1994).

För att få en uppfattning om jordartens betydelse för ytmyllarnas funktion utfördes studierna av gödselns placering i markprofilen även i en vall på styvare jord med högre lerhalt (i fortsättningen benämnd Vall B).

På ett intilliggande fält med samma jordart som i blockförsöket, utfördes dragkraftsmätningar med de två maskiner för ytmullning som användes i försöket. Dragkraftsmätningarna utfördes 2 dagar efter utläggningen av blockförsöket.

Avslutningsvis gjordes, på underlag av de framkomna resultaten och sedan tidigare känd kunskap, en ekonomisk värdering av den använda tekniken för att mylla flytgödsel.

Yttre förutsättningar

Vall A var en gräsdominerad andraårsvall med ca 5 % klöver. Vall B var en förstaårsvall med enbart gräs.

Jordprover från båda vallarna togs innan spridning och lämnades till institutionen för markvetenskap (SLU) för kemisk analys och klassificering av jordart. Dessutom togs 10 jordprov ned till fem cm djup från varje vall för bestämning av vattenhalten. Resultaten från markanalyserna återges i tabell 1.

Tabell 1. Karakterisering av de två jordarna i försöken. Värden inom parentes för vattenhalt avser standardavvikelse. Klassindelning enligt Wiklander, 1986.

	Vall A	Vall B
Jordart	Moig lättlera	Styv lera
Mullhalt, %	3,1	5,0
Vattenhalt*, viktprocent	10,7 (2,2)	22,5 (3,2)
pH-H ₂ O	6,6	6,4
pH-CaCl ₂	5,9	5,7
P-AL, mg/100 g torr jord	4,3 (klass III)	3,3 (klass III)
P-HCl, mg/100 g torr jord	60 (klass III)	50 (klass III)
K-AL, mg/100 g torr jord	4,5 (klass II)	15 (klass III)
K-HCl, mg/100 g torr jord	120 (klass III)	260 (klass IV)

* För Vall A medelvärde av 10 prov. För Vall B medelvärde för 6 prov, eftersom jordproppen i fyra av de prover som togs innehöll sprickor.

Den torra och varma väderleken (se nästa avsnitt) gjorde att markytan var mycket hård och torr vid spridningstillfället. För att få ett mått på jordens hårdhet utfördes i anslutning till spridningen mätningar med en så kallad penetrometer (Eijkelkamp handpenetrometer typ IB). Med denna registreras det maximala motstånd som uppstår när en konformad spets trycks ned i marken till ca 10 cm djup. Det avlästa värdet räknas sedan om till ett värde uttryckt i N/m².

För att få en referens till de mätvärden som registrerats i juni, upprepades mätningarna i de två vallarna på fuktig jord i början av november. Resultaten från de båda mättillfällena återfinns i tabell 2.

Spridningen av gödsel utfördes den 17 juni i båda vallarna, dagen efter det att lantbrukaren avslutat förstaskörden. Stubbhöjden på grödan mättes i direkt anslutning till spridningen på 15 slumpvis utvalda platser i varje vall. I blockförsöket (Vall A) varierade höjden mellan 5 och 13 cm, med ett medelvärde på 8 cm. Även i Vall B var stubbhöjden i genomsnitt 8 cm, medan variationen var mellan 5,5 och 10 cm.

Tabell 2. Penetrationsmotstånd i markytan på de båda vallarna vid spridning och på senhösten i början av november. Värdena inom parentes avser antalet mätningar.

	Vall A		Vall B	
	Vid spridning	November	Vid spridning	November
Medelvärde, N/cm ²	338 (17)	149 (20)	455 (16)	163 (20)
Standardavvikelse	103	37	107	37

Väderlek

I mitten av maj månad skedde i östra Svealand ett omslag till varm och torr väderlek. Denna väderlekstyp bestod sedan i stort sett hela växetsäsongen ut. Detta framgår av tabell 3, där månadsmedelvärden för temperatur samt nederbörds mängder i förhållande till de normala återges. Även om värdena i tabellen har hämtats från Uppsala, kan de ändå ganska väl anses återspegla de förhållanden som rådde på försöksplatsen (knappt 50 km nordost om Uppsala).

Från senare delen av maj fram till och med juli var medeltemperaturen mycket över det normala. Eftersom denna period samtidigt var mycket nederbördsfattig, rådde i slutet av juli en svår torka i hela östra Svealand. Dessa nästan extrema förhållanden påverkade naturligtvis i hög grad de förutsättningar under vilka försöken genomfördes.

Tabell 3. Lufttemperatur i medeltal och nederbörd per månad april-augusti 1999 samt för perioden 1961-1990 i Uppsala (SMHI, 1999).

Månad	År	
	1999	1961-90
Temperatur, °C		
April	6,9	4,2
Maj	9,5	10,4
juni	16,5	15,2
juli	19,2	16,5
Aug	15,5	15,3
Medel april-augusti	13,5	12,3
Nederbörd, mm		
April	75	29
Maj	15	33
juni	30	45
juli	12	75
Aug	44	65
Totalt april-augusti	176	247

Eftersom vissa väderparametrar har stor betydelse för ammoniakavgången, gjordes egna registreringar av väderleken under den period dessa mätningar pågick. I anslutning till blockförsöket placerades en väderstation (Vicon) som registrerar och lagrar timvisa medelvärden på ett antal väderleksparametrar. I bild 1 återges registreringarna för de parametrar som inverkar mest på ammoniakavgången.

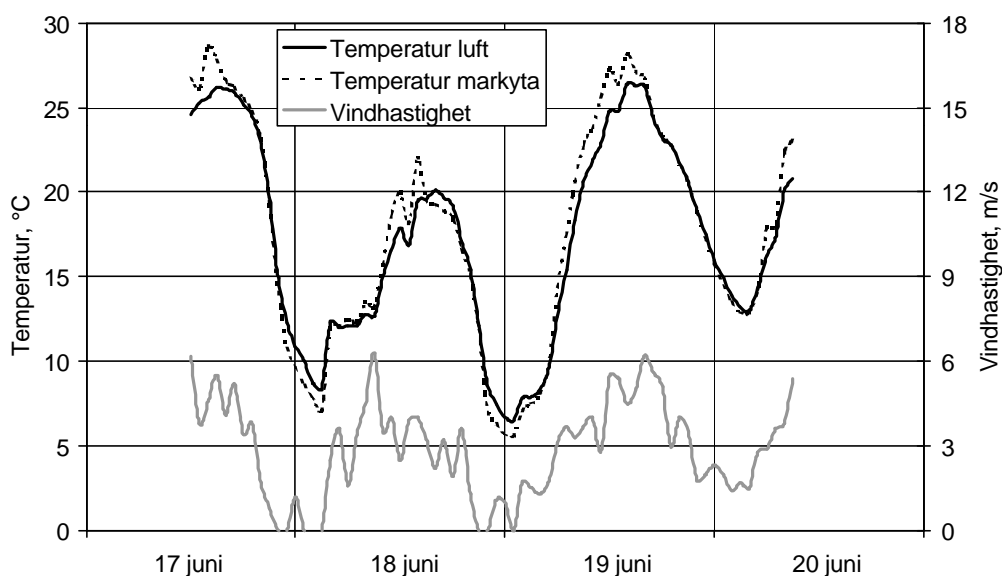


Bild 1. Luft- och markytetemperatur samt vindhastighet under den period då mätningar av ammoniakavgång pågick.

Under ammoniakmätningarna var den genomsnittliga lufttemperaturen 17,2°C, markytans temperatur 17,6°C och vindhastigheten 2,9 m/s. Inget regn föll under mätperioden.

Gödsling

I försöket användes genomgående gårdens egen nötflytgödsel. Innan spridning kalibrerades spridarna för att i alla gödslade led kunna tillföra en riktig på 25 ton/ha.

Ett representativt prov på gödseln togs ut ur behållaren efter det att flytgödseln rörts om väl. Provet lämnades till laboratorium (KM Lab) för kemisk analys, tabell 4. Dessutom mättes gödseln flytegenskaper (fluiditet) enligt metod beskriven av Malgeryd m.fl., 1993. Gödselns temperatur var 16°C. Av tabellen framgår bland annat att hälften av den totala mängden kväve i gödseln fanns i form av ammoniumkväve.

Tabell 4. Gödselns pH-värde, torrsubstanshalt, fluiditet och innehåll av växtnäring.

Ts-halt, %	pH	Fluiditet, s	Tot-N, kg/ton	NH ₄ -N, kg/ton	P, kg/ton	K, kg/ton
6,7	7,8	6,9	4,0	2,0	0,69	3,3

Spridningsteknik

Flytgödsel spreds med tre olika tekniker. I bild 2-4 visas skisser av de tre spridningstekniker, som använts i försöket.

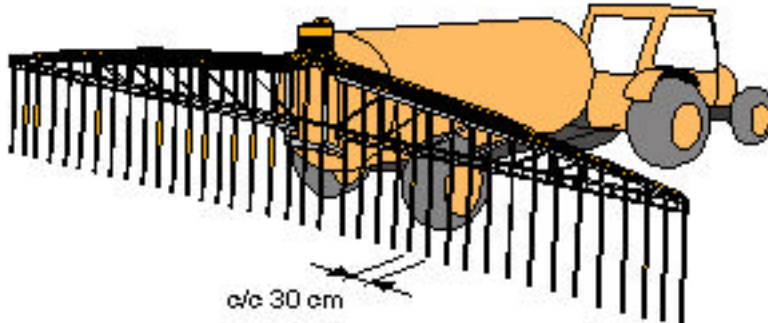


Bild 2. Bandspridning med släpplangsramp

Bandspridning med släpplangsramp: Spridaren med släpplangsramp tillhörde lantbrukaren på gården och var tillverkad av Ranaverken AB. Rampen hade arbetsbredden 12 m och avståndet mellan slangutloppen, som mynnade strax ovan markytan, var i medeltal 30 cm.

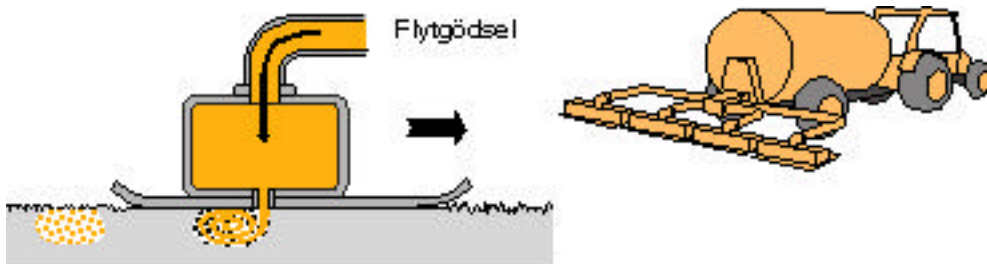


Bild 3. Ytmyllning, gödselstråle med högt tryck

Ytmyllning, gödselstråle med högt tryck: Svenska Kverneland AB ställde till förfogande en tankvagn med ett ytmyllningsaggregat benämnt DGI (Direct Ground Injection). Med hjälp av det hydrauliska trycket hos gödselstrålen ska gödseln injiceras i marken. Gödseln trycksätts av pumpen och släpps ut i pulser genom ett munstycke placerat undertill på en glidskida. Avståndet mellan munstyckena var 30 cm och arbetsbredden hos aggregatet var 6 m. Avståndet mellan pulserna i samma rad är beroende av körhastigheten och antalet pulser per tidsenhet. Efter spridning i försöket var det ca 13 cm mellan pulserna. Aggregatet var monterat på en Kverneland tankvagn 12 m³ (typbeteckning CX 12000), som var försedd med centrifugalpump (pto-varvtal 540 rpm) för spridning och kompressor för fyllning av tankvagnen.



Bild 4. Ytmyllning med V-formad skivbill

Ytmyllning med V-formad skivbill: Ranaverken AB ställde till förfogande en tankvagn (Star modell Proffs 15000) med ytmyllningsaggregat med billar (Jako ZBM 640). Ytmyllningsbillarna bestod av V-formade skivor (diameter 0,3 m, bredd 20 mm) med bakomliggande gödselutlopp. Centrumavståndet mellan billarna var 20 cm och totala arbetsbredden hos aggregatet 6,4 m. Skivbillarna var svängbara och försedda med stenutlösning.

Tankvagnens centrifugalpump kan drivas från traktorns kraftuttag med pto-varvtal 540 rpm eller 1000 rpm. I försöket användes det lägre varvtalet för att få en rimlig körhastighet vid givan 25 ton/ha.

Kalibrering av gödsel flöde hos spridare: Vid användning av spridare utan speciell styrning eller kontroll av utspridd giva, krävs kalibrering för att bestämma pumpens flöde och därmed beräkna vilken körhastighet, som ska hållas för att uppnå önskvärd giva. Flödet hos spridartankvagnarnas pumpar bestämdes genom att väga spridarna före och efter spridning och att mäta tiden för att sprida gödselmängden. I bilaga 1 redovisas resultaten samt beräknad körhastighet.

Ingen kontroll utfördes av spridningsjämnheten i sidled hos spridningsaggregaten, utan endast en visuell kontroll gjordes av att det flödade gödsel ur samtliga utlopp.

Kontaminering av grödan

Graden av kontaminering av gödsel i grödan kvantifierades genom att skölja grödan i vatten och därefter mäta konduktiviteten (elektriska ledningsförmågan) i sköljvattnet, bild 5.

Direkt efter gödselspridningen klipptes tre provrutor (à 0,3 m * 0,4 m) per parcell med en handsax försedd med uppsamlingsplåtar. Givan 25 ton/ha motsvarar mängden 0,3 kg gödsel tillfört på respektive provruta. Grödan klipptes så nära marken som möjligt, dock utan att någon förna kom med i provet. Provsaxen sköljdes med avjoniserat vatten, varvid sköljvattnet samlades upp i en hink tillsammans med den klippa grödan. Hinken förslöts med lock och placerades svalt.

I laboratoriet tvättades gröddelarna med avjoniserat vatten, varefter gröddelarna silades bort och gödsellösningen vägdes. Efter omrörning av sköljvattnet togs ett prov ut för konduktivitetsmätning vid 20°C. För att få ett referensvärde mättes

även konduktiviteten på gödseln efter spädning 1:10. Dessutom bestämdes konduktiviteten i det avjoniserade vattnet samt i sköljvattnet från en ej gödslad gröda.

Andelen av den utspridda gödseln som hamnat på grödan beräknades sedan enligt bilaga 3.

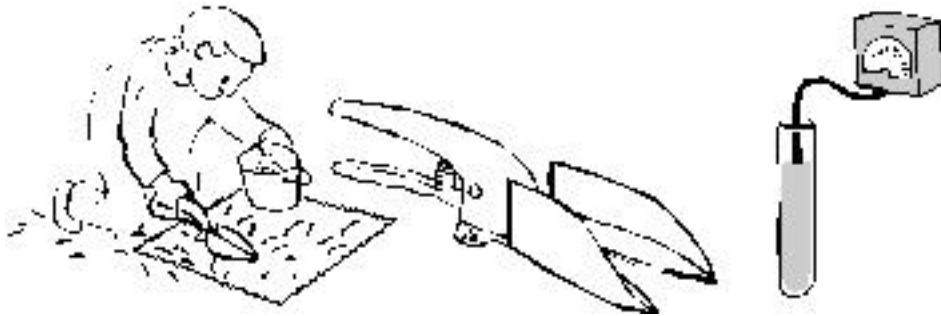


Bild 5. Uppsamling av gröda med flytgödsel i fält för senare analys av elektrisk konduktivitet hos sköljvatten.

Gödselns placering i markprofilen

Gödselsträngarnas placering i markprofilen undersöktes direkt efter spridning. I blockförsöket (vall A) gjordes på tre slumpvis utvalda platser per parcell ett snitt i marken tvärs gödselsträngen med en trädgårdsspade, bild 6. Mätningarna utfördes på bägge sidorna om körspåren utan att störa ammoniakmätningarna. Med linjal mättes i snittet strängens bredd vid markytan och maximala höjden hos gödselsträngen i tvärsnittet. Fotografier togs av tvärsnittet samt även av gödselsträngarna uppifrån sett. För ytmyllaren med gödselstråle med högt tryck mättes gödselns placering i injiceringspunkterna. I vall B mättes placeringen efter de två ytmyllarna på vardera fem platser.

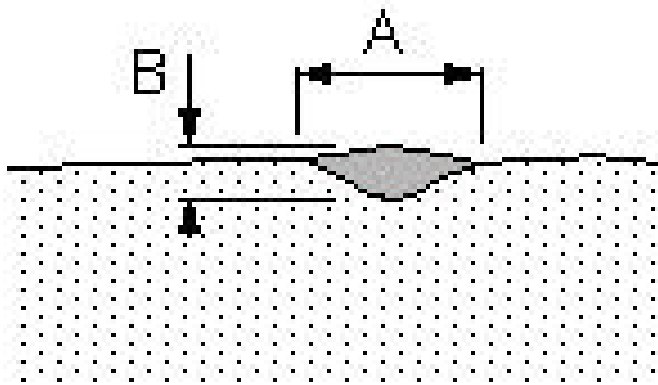


Bild 6. Mätning av gödselsträngens bredd (A) och höjd (B) i snitt tvärs körriktningen.

Ammoniakavgång

Ammoniakavgången mättes i de gödslade rutorna under 4-5 mätperioder efter spridning samt även i en av de tre ogödslade rutorna under en mätperiod.

Mätningarna utfördes med en mikrometeorologisk differensmetod utvecklad vid JTI i samarbete med Institutet för vatten- och luftvårdsforskning (IVL). Mätningarna sker nära markytan med passiva diffusionsprovtagare där jämviktskoncentrationen, omgivande luftens koncentration samt överföringstalet bestäms. En kort beskrivning av metoden finns i bilaga 2. Utrustningen i fält (bild 7) består av ventilerade kammare, s.k. kyvetter, i vilka jämviktskoncentrationen av ammoniak mäts. Omgivande koncentration och överföringstal mäts med provtagare placerade utanför kyvetten. På varje ruta användes två kyvetter och en omgivningsprovtagare. Tidpunkt och längd på mätperioderna visas i tabell 6. Ammoniakkoncentrationen i kyvetterna mättes även momentant med ett handinstrument med detektionstuber (Kitagawa) för att kunna bestämma lämpliga exponeringstider för provtagarna i de olika rutorna.

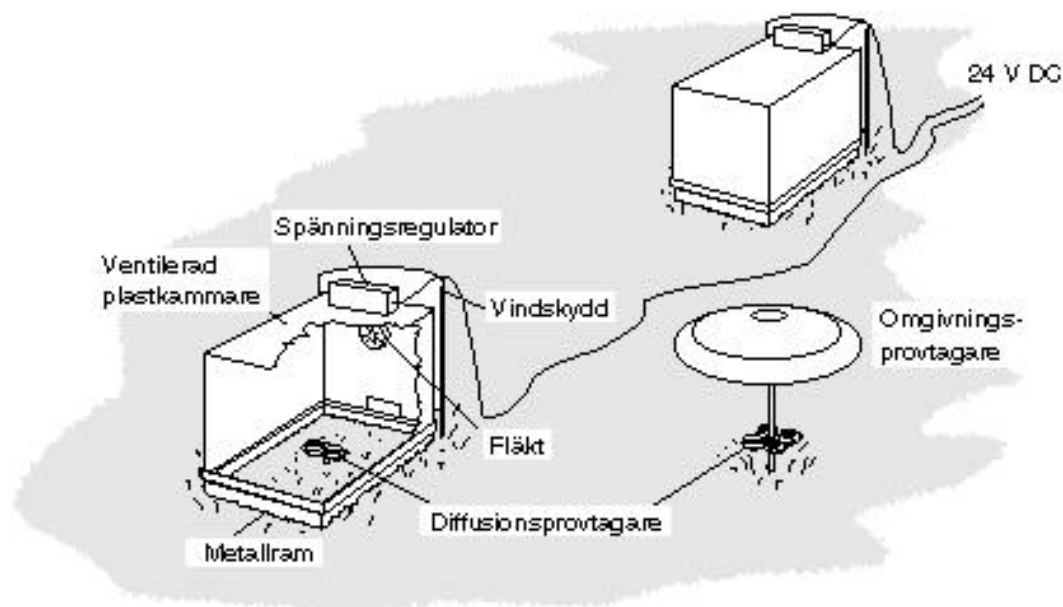


Bild 7. Utrustning för ammoniakmätning i fält. Två kyvetter och en omgivningsmätare användes per ruta.

Ammoniakavgången mellan två mätperioder har beräknats från interpolerade värden, som korrigerats efter väderleksförhållandena under intervallet.

Vid första mättillfället användes två typer av provtagare i alla kyvetter för att kunna bestämma värdet på överföringstalet i kyvetterna.

Tabell 6. Exponeringstider och tidpunkter för olika mättillfällen (timmar efter spridning) vid mätning av ammoniakavgång. Spridningsdagen = Dag 0

Led	Spridnings- tidpunkt	Mätperiod				
		1	2	3	4	5
Ogödslat	Ingen spridning	7,5 h				
Bandspridning	Kl. 14	0-1,2 h Dag 0	1,2-4 h Dag 0	4-5,5 h Dag 0	20-24,8 h Dag 1	43-66,7 h Dag 2-3
Ytmyllning med tryck	Kl. 11.30	0-1,2 h Dag 0	1,2-4 h Dag 0	4-7,2 h Dag 0	22-26,9 h Dag 1	45-69 h Dag 2-3
Ytmyllning bill	Kl. 16.10	0-1,5 h Dag 0	1,5-2,7 h Dag 0	16-21,4 h Dag 1	40-63,6 h Dag 2-3	

Vid utplacering av provtagarna eftersträvades placering på representativa ytor för de olika spridningsmetoderna (giva 25 ton/ha). Eftersom c/c-avstånden mellan gödselutloppen var olika för spridarna betydde det att kyvetterna placerades olika beroende på teknik. Vid c/c-avstånd 30 cm mellan gödselutloppen (bandspridning och ytmyllning med högt tryck) placerades kyvetten (täckande yta = 30 cm * 40 cm) i längdled över en sträng och vid c/c-avstånd 20 cm (ytmyllning med billar) placerades kyvetterna tvärs två strängar. Platserna för kyvetternas placering i kördraget slumpades, dock placerades en på vardera sidan om körspåren. Omgivningsmätaren placerades mellan dessa båda kyvetter och mellan körspåren.

Avkastning

Rutorna i blockförsöket skördades på förmiddagen den 3 augusti. Skörden utfördes av Hushållningssällskapet med en parcellskördare. Skördemaskinen, försedd med 1,5 m bred knivbalk, skördade ett drag i mitten av parcellen som var 10 m långt. Grönmassans vikt i varje parcell registrerades, vilket tillsammans med bestämningar av torrsubstanshalten utgjorde underlag för beräkning av avkastningen i kg ts/ha. Avkastningen i kg ts/ha analyserades statistiskt med hjälp av proceduren GLM (General Linear Model) (SAS Institute Inc, 1990).

Ensilering

Den grönmassa som skördats för bestämning av avkastning (se föregående avsnitt) användes sedan i ensileringsförsöket. På grund av begränsade ekonomiska resurser i projektet fick det ogödslade kontrolledet utgå i denna del. Omfattningen begränsades således till de tre gödslade försöksleden (2-4).

För att minska risken för kontaminering mellan de gödslade försöksleden skördades alla tre parcellerna i samma led i direkt följd efter varandra. Innan skörd av

ett nytt led påbörjades, skördades en ogödslad parcell för att rensa maskinen. Den ordning i vilken försöksleden skördades var: 3 (Ytmyllning gödselstråle med högt tryck), 4 (Ytmyllning med V-formad skivbill) och 2 (Bandspridning).

Grönmassan från varje parcell fylldes i plastbackar och kördes till Kungsängens forskningscentrum där ensileringsförsöken utfördes. I en stationärt uppställd exakthack (Taarup SE 2100) hackades grönmassan ledvis och i samma ordningsföljd som vid skörd. För att undvika kontaminering mellan leden kasserades det först hackade materialet från ett led och användes inte i försöken. Efter hackning togs ett prov av grönmassan från varje parcell för analys av råprotein (Kjeldahl), vattenlösliga kolhydrater – WSC (Larsson och Bengtsson, 1983) och buffertkapacitet bestämd med mjölksyra (Weissbach, 1992) samt klostridiesporer. Klostridiesporer bestämdes på reinforced clostridial agar (RCA, Oxoid CM 151) som kompletterats med 0,2 g cycloserine och 0,05 g neutral rött per liter (Jonsson 1990).

Grönmassan packades sedan i 1,7 liters modellsilor (tre silor per försöksruta). Alla silor förslöts samtidigt med vattenlåsförsedda lock och lagrades vid konstant temperatur 25°C. Samtliga silor var fyllda och förslutna ca sex timmar efter skörden.

Efter 100 dagars lagring öppnades silorna och prover togs ut för bestämning av ammoniakthal, pH-värde och antal klostridiesporer. Ammoniakthal (mängd ammoniakkväve i procent av totalkväve) bestämdes genom direktdestillation med Kjeltex autosystem 1030. pH bestämdes med en Metrohm 654 pH-meter.

Skillnader mellan försöksleden vad gäller kemisk sammansättning och klostridieinnehåll (Niemi, 1984), både när det gällde gröda och ensilage, bestämdes med proceduren GLM i datorprogrammet SAS 6.12 (SAS Institute Inc, 1994).

Dragkraftsbehov

För de två spridartankvagnarna utrustade med ytmyllare mättes dragkraften vid olika hastigheter och med olika fyllnadsgrader av gödsel. Ytmyllaren med högttrycksinjektorer var monterad på en 12 m³ tankvagn från Kverneland medan ytmyllaren med skivbillar var monterad på en 15 m³ tankvagn från Ranaverken AB. Som dragfordon användes en traktor MF 8160 med 147 kW motoreffekt (200 hk).

Dragkraften mättes med en kraftsensor, utformad som en pinnbult, med vilken spridaren var kopplad till traktorn. Sensorn gav en elektrisk spänning som var linjärt proportionell mot den påverkande kraften, vilken registrerades i N (Newton).

En sträcka av 250 m mättes upp under vilken mätningarna genomfördes vid spridning i bägge körriktningarna. Fältet med vall var relativt platt, dock med en svag lutning från söder till norr. Båda spridarna framfördes med två olika hastigheter, ytmyllaren, högt tryck vid 5,1 km/h och 8,5 km/h och ytmyllaren, billar vid 5,0 km/h och 9,7 km/h.

En dragkraftsmätning med ytmyllaren med billar gjordes dessutom på ett kornfält med lucker ytstruktur.

Ekonomi

En ekonomisk värdering av olika tekniker för spridning av flytgödsel till vall utfördes. En ekonomisk modell, som tidigare utvecklats vid JTI (Brundin & Rodhe, 1990), för värdering av hanteringssystem för stallgödsel uppdaterades och beräkningar utfördes med de förutsättningar som presenteras i tabell 7. I modellen beräknas intäkterna som värdet av den växtnäring (kväve, fosfor och kalium) som tillförs grödan. Mängden växtnäring har justerats med hänsyn till förluster och variationer i gödselns kväveinnehåll. Beträffande kväve har förluster i stallet, under lagring efter spridning och som följd av utlakning beräknats var för sig. På kostnadssidan har kostnader för gödsellager, maskiner, arbete och körskador (Arvidsson, pers. medd.) beaktats. Lönsamheten i gödselhanteringen presenteras som nettovärdet av stallgödseln uttryckt i kr per ton utspridd gödsel. Gödselvärdet har beräknats vid en optimal fördelning av den årligen tillgängliga gödseln på två olika spridningsperioder. I resultatdelen presenteras gödselns värde exklusive lagringskostnaden. Vid beräkningarna har 1999 års prisnivå använts och körskadedata erhöles från Arvidsson vid inst. för markvetenskap, SLU (pers. medd.), se bilaga 4.

Tabell 7. Förutsättningar vid beräkning av gödselns värde efter hantering.

Gårdsstorlek, antal kor	50, 100, 300, 500 (motsvarande gödselvolym och transportavstånd nedan)
Gödselvolym/år, m ³	1.200, 2.400, 7.000, 11.800
Medeltransportavstånd, km	1,5, 2, 5, 9
Jord, lerhalt	25 %
Spridningsintervall	3 år
Giva	30 ton/ha
Traktorer (endast rörliga kostnader)	118 kW/160 hk (10 m ³ tankvagn), 147 kW/200 hk (15 m ³ tankvagn)
Spridningstekniker	Bredspridning, bandspridning, ytmyllning
Möjliga spridningstider	Vår (till första skörd), sommar (till andra skörd)

För alla gårdsstorlekar utfördes beräkningar för spridartankvagn (15 m³) i kombination med tre olika spridningstekniker. På de två mindre gårdarna utfördes även beräkningar med en mindre tankvagn (10 m³) med bred- eller bandspridningsutrustning. Investeringskostnaden för den mindre spridartankvagnen har satts till 153.600 kr och för den större 220.100 kr (1999 års prisnivå). Kostnaden för spridaraggregatet tillkommer, tabell 8. Vid beräkningarna sattes ammoniakförlusterna efter bred- och bandspridning enligt kalkylprogrammet STANK (Jordbruksverket, 1999) och för ytmyllaren förutsattes en låg ammoniakavgång enligt Nederländska forskningsresultat (Huijsmans m.fl., 1997).

Tabell 8. Specificering av spridningsaggregaten.

	Bredspridning med spridarplatta	Bandspridning med ramp med släpplangor	Ytmyllnings- aggregat
Arbetsbredd, m	12	12	6
Ammoniakavgång vår, % av NH ₄ -N i gödseln	40	30	5
Ammoniakavgång sommar, % av NH ₄ -N i gödseln	70	50	5
Investeringskostnad spridar- aggregat, kr	10 000	120 000	200 000

Resultat

Kontaminering av grödan

Efter spridning i vall A återfanns i medeltal 14-23 % av gödseln på vallstubben, bild 8. Störst andel gödsel på grödan återfanns efter ytmyllning med tryck och lägst efter ytmyllning med bill. Skillnaderna var dock inte statistiskt signifikanta.

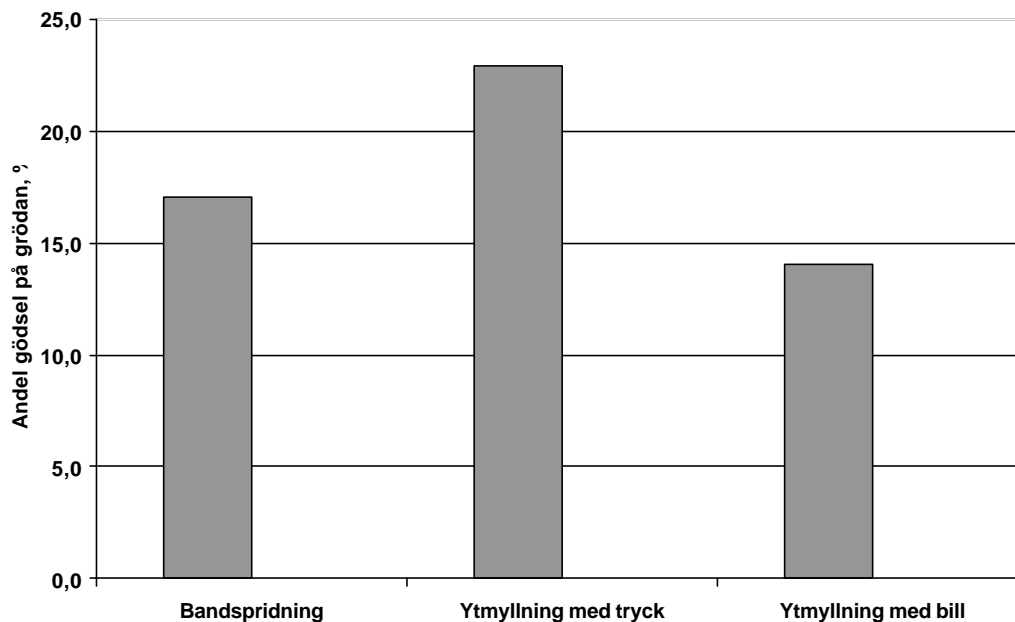


Bild 8. Andel gödsel på grödan, %, efter spridning på vall A. Inga signifikanta skillnader mellan försöksleden kunde påvisas.

Gödselns placering

I tabell 9 redovisas medelvärde och standardavvikelse för mätningarna av gödselsträngen i blockförsöket, vall A. Ytmyllarna hade myllat gödseln några cm ned i marken. Medelhöjden hos gödselsträngen var 2,8 cm i pulserna för ytmyllaren med gödselstråle med högt tryck och avståndet mellan pulserna var ca 13 cm i respektive gödselsträng. Medelhöjden hos gödselsträngen var 2,5 cm för ytmyllaren med billar. Den senare hade i medeltal smalast gödselsträng uppifrån sett. Avståndet mellan billarna var dock endast 20 cm jämfört med 30 cm för de andra teknikerna. Omräknat till billavståndet 0,3 m var det liten skillnad i strängbredd mellan de tre teknikerna.

Tabell 9. Höjd och bredd (medelvärde) hos gödselsträng efter spridning i vall A (9 upprepningar). Gödselsträngens höjd var signifikant mindre efter bandspridning jämfört med ytmyllningsteknikerna.

Spridningsteknik	Höjd, cm	Bredd, cm
Bandspridning	0,9 ^a	8,8
Ytmyllning med tryck	2,8 ^b	8,4
Ytmyllning bill	2,5 ^b	5,2 [*]

* För arbetsbredden 0,3 m motsvarar det i medeltal en gödselbredd av 7,8 cm

^{a,b} Medelvärden med olika bokstäver inom varje kolumn är signifikant skilda ($p < 0,05$)

I vall B utfördes motsvarande mätningar för de två ytmyllarna, dock i mer begränsad omfattning, tabell 10. Värdena skiljer obetydligt mot de uppmätta i den lättare jorden.

Tabell 10. Höjd och bredd (medelvärden och standardavvikelse) hos gödselsträng efter spridning i vall B (5 upprepningar).

Spridningsteknik	Höjd, cm		Bredd, cm	
	Medeltal	Standardavvikelse	Medeltal	Standardavvikelse
Ytmyllning med tryck	3,2	0,3	7,4	1,7
Ytmyllning bill	2,3	1,6	5,0	1,2

Ammoniakavgång

Ammoniakavgången var mycket hög efter spridning med alla tre spridningsmetoderna. Totalt avgick 55-109 % av gödselns ammoniumkväve som ammoniak, se tabell 11. Ammoniakavgången efter ytmyllning med billar var signifikant högre än för de övriga teknikerna.

Tabell 11. Ammoniakavgången i absoluta värden, kg N/ha, och andel av utspridd mängd kväve efter spridning av flytgödsel till vall med tre olika tekniker. Givan var 25 ton/ha.

Spridningsteknik	Riktgiva		Ammoniakavgång		
	Kg NH ₄ -N/ha	Kg Tot-N/ha	Kg N/ha	Andel av utspridd NH ₄ -N, %	Andel av utspridd total mängd kväve, %
Bandspridning	50	100	27 ^a	55	27
Ytmyllning med tryck	50	100	39 ^a	77	39
Ytmyllning bill	50	100	54 ^b	109	54

^{a,b} Medelvärden med olika bokstäver inom varje kolumn är signifikant skilda ($p < 0,05$)

I bild 9 visas kumulativa ammoniakavgången efter spridning. Under de första timmarna efter spridning uppträdde omkring hälften av den totala ammoniakavgången.

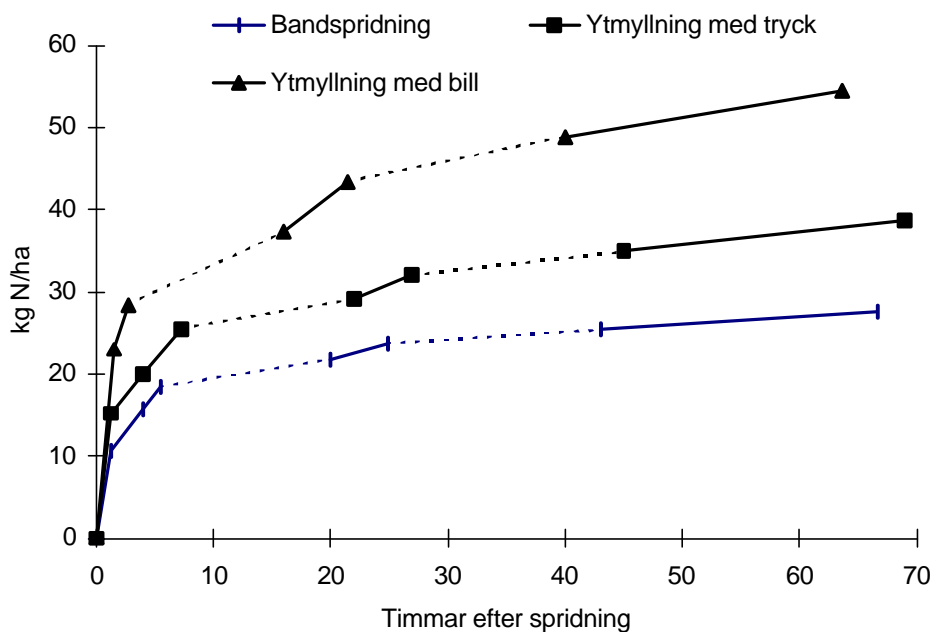


Bild 9. Kumulativa kväveförluster i form av ammoniak efter spridning av flytgödsel till vall med tre olika tekniker. Under perioderna markerade med streckade linjer har ammoniakemissionen bestämts efter interpolation och korrigering för rådande väderförhållanden.

Det gick inte att visa något signifikant linjärt samband mellan ammoniakavgång och avkastning.

Avkastning

De mycket torra förhållandena efter förstaskörden medförde en svag tillväxt av grödan fram till återväxtskörd. Visuellt konstaterades också att utvecklingen varit ojämn på den försöksruta som användes för blockförsöket. Det fanns tydliga stråk med grönare och betydligt bättre utvecklade gröda som skar snett över parcellerna.

Avkastningen varierade stort inom ogödslad led och inom ledet med bandspridd flytgödsel, bild 10. Denna stora variation kan ha medverkat till att någon signifikant skillnad i skördenivå mellan de olika försöksleden inte kunde påvisas.

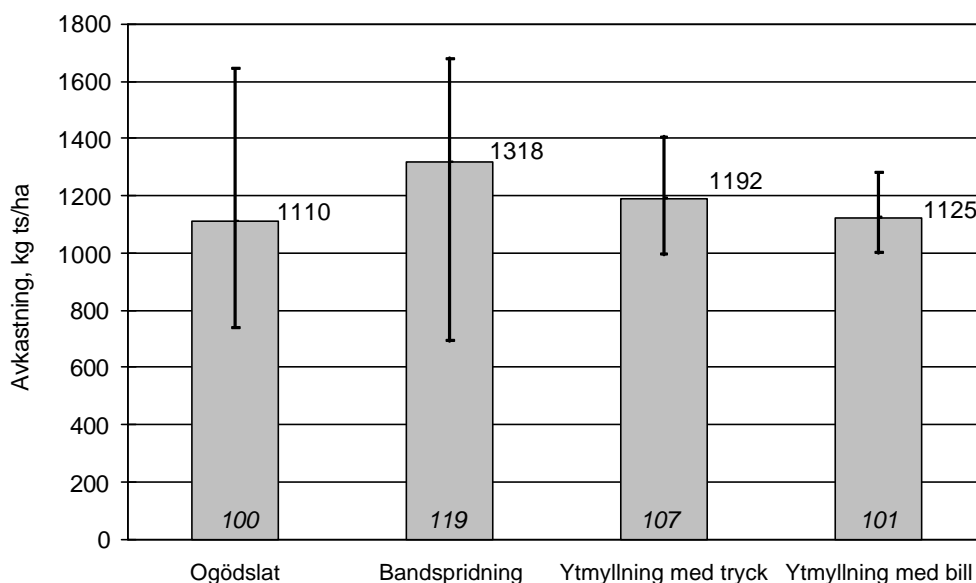


Bild 10. Medelvärden (staplar) samt max- och minvärden för avkastning i blockförsöket. Värdena i botten på staplarna är relativt där det ogödslade ledet satts till 100.

Ensilering

Resultaten av grönmassanalyserna har sammanställts i tabell 12. Det fanns inga signifikanta skillnader i grönmassans sammansättning som berodde på gödslingsmetod. I samtliga fall var innehållet av klostridiesporer under detektionsgränsen (100 sporer/g).

Tabell 12. Grönmassans kemiska sammansättning före inläggning. Medelvärden för tre uppreningar.

Försöksled	Ts-halt, %	Råprotein, g/kg ts	WSC, g/kg ts	Buffertkapacitet g HLac / kg ts
2 Bandspridning	27,2	129	131	48
3 Ytmyllning med tryck	28,3	137	131	45
4 Ytmyllning med bill	29,2	141	123	45

På grund av det mycket torra och soliga vädret var torrsubstanshalten hög trots direktskörd. Sockerinnehållet var högt och buffertkapaciteten måttlig, vilket sammantaget innebär att grönmassan kan betraktas som lättensilerad.

Resultaten av analyserna på det färdiga ensilaget efter lagring finns redovisade i tabell 13. När det gäller torrsubstanshalt och pH-värde fanns inga större skillnader mellan försöksleden. Att torrsubstanshalten i ensilaget var ca 10 procentenheter högre än i grönmassan beror till största del på att grönmassan hann torka under tiden från provtagning till inläggning. Vid de torrsubstanshalter som här förelåg, kan pH-värden runt 4,7- 4,8 betraktas som normalt för ett bra ensilage. Även ammoniakhalten visar att samtliga ensilage höll en god kemisk kvalitet (ammoniaktalet bör ligga under 8). I samtliga fall var dock antalet klostridiesporer något högt.

Tabell 13. Ensilagens kemiska sammansättning och innehåll av klostridiesporer efter 100 dygns lagring. Medelvärden för nio silor.

Försöksled	Ts-halt, %	pH-värde	Ammoniakthal	Klostridiesporer cfu/g ensilage
2 Bandspridning	37,6	4,73	6,7 ^a	6 300 ^a
3 Ytmyllning med tryck	36,7	4,73	6,0 ^b	2 000 ^{ab}
4 Ytmyllning med bill	39,9	4,70	5,7 ^c	1 000 ^b

^{a, b, c} För medelvärden med olika bokstäver är skillnaden signifikant ($p < 0,05$)

När det gäller ammoniakthal förelåg signifikanta skillnader mellan alla försöksleden, där ytmyllning med bill hade det lägsta värdet. Detta försöksled gav också lägst antal klostridiesporer i ensilaget, där skillnaden gentemot bandspridning var signifikant. Även ytmyllning med tryck tenderade att ge ensilage med lägre sporinnehåll än bandspridning.

Dragkraftsbehov

Vallens hårda markyta medförde att knappt någon gödsel trängde in i markytan vid spridning med ytmyllaren med trycksatt gödsel. Skivorna på spridaren med billar förmådde ej heller nämnvärt att tränga ner i marken utan rullade ovanpå markytan. Det innebär att de uppmätta dragkrafterna till största delen åtgick för att dra spridartankvagnen.

I tabell 14 anges de dragkrafter som i genomsnitt uppmättes för de båda spridarna vid olika hastigheter. Min anger dragkraftsbehov/effektbehov med tom spridartank och medlut. Max anger dragkraftsbehov/effektbehov med full spridartank och motlut. Vid mätningarna vid transport med upplyft aggregat var spridarna fullt lastade. Effekten i kW är beräknad genom att multiplicera spridningshastigheten (m/s) med dragkraftsbehovet (kN).

Tabell 14. Dragkrafts- och effektbehov för flytgödselspridare utrustade med myllningsaggregat. Min anger dragkraftsbehov/effektbehov med tom spridartank och medlut. Max anger dragkraftsbehov/effektbehov med full spridartank och motlut.

Spridartankvagn med aggregat	Hastighet, km/h	Dragkraft, kN			Effekt, kW		
		Medel	Min	Max	Medel	Min	Max
Ytmyllare, tryck	5,1	3,0*	2,6	3,7*	4,2*	3,7	5,2*
Ytmyllare, tryck	8,5	4,9	3,0	7,9	11,6	7,1	18,1
Transport med spridartankvagn, ytmyllare tryck	12,0	4,0			13,3		
Ytmyllare, bill	5,0	7,3	5,6	11,4	10,1	7,8	15,8
Ytmyllare, bill	9,7	9,6	6,9	13,5	25,9	18,7	36,4
Transport med spridartankvagn, ytmyllare bill	12,0	6,1			20,3		

* Dragkraftsbehov med helt full spridare är ej inräknad, vilket drar ner medeldragkraftsbehovet något.

Dragkraftsbehovet för spridartankvagnen med ytmyllare, billar var ca två gånger så stort som för spridartankvagnen med ytmyllare, tryck oavsett hastighet, vilket beror på totalt tyngre spridare och skillnader i spridningsaggregatens funktion. Om man antar att rullningsmotståndet vid transport på väg (underlag asfalt) är ungefär lika stort som på den torra, hårda vallen går det att beräkna skillnaden i dragkraft mellan spridning i fält och transport på väg (upplyft spridningsaggregat). Jämförelsen visar att vid spridning stod ytmyllningsaggregaten för ca 40 % (ytmyllare, bill, 9,7 km/h) av det totala dragkraftsbehovet respektive 20 % (ytmyllare, tryck 8,5 km/h). Vid spridning i kornåker stod ytmyllningsaggregatet (ytmyllare, bill, 9 km/h) för ca 60 % av det totala dragkraftsbehovet.

I bild 11 visas inverkan av fyllnadsgrad respektive fältlutning på dragkraftsbehovet. Dragkraftsbehovet påverkades främst av rullmotståndet hos spridartankvagnen med inverkan av faktorer såsom fyllnadsgrad, typ av ytmyllningsaggregat, med-/motlut vid spridningen och spridningshastigheten.

Ekonomi

I bild 12 presenteras gödselns nettovärde (kr/ton) vid spridning av flytgödsel till vall med olika teknik och vid olika storlek på mjölkogårdarna. Kostnaden för lager ingår ej. Gödselns värde är negativt förutom för ytmyllningstekniken vid gårdsstorleken 300 och 500 kor (7.000 respektive 11.800 m³ gödsel/år) samt vid bandspridning på den största gården med 500 kor. Vid 50 och 100 kors besättning är det mer lönsamt med en 10 m³ tankvagn än en 15 m³ stor tankvagn (bilaga 5) och det är den billigaste spridningstekniken (spridarplatta), som på dessa gårdar är mest lönsam. Det krävs stora mängder gödsel att hantera (strax under 7.000 m³/år) för att bandspridning och ytmyllning ska bli mer lönsamma tekniker än bredspridning. Ytmyllning är vid den gödselmängden mer lönsam än bandspridning.

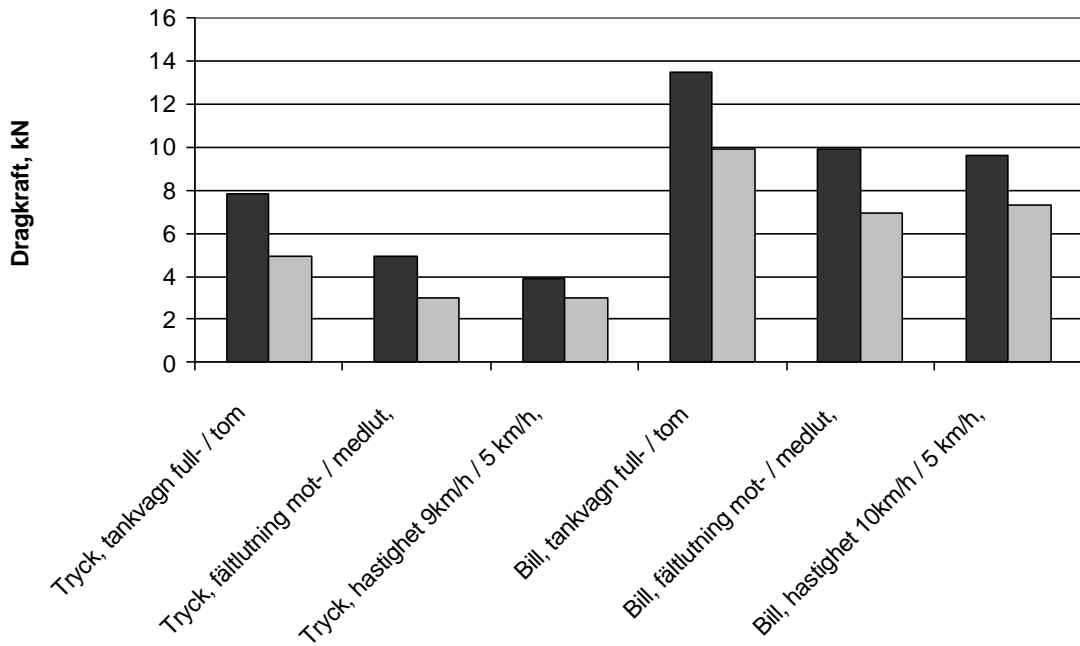


Bild 11. Exempel på skillnader i dragkraftsbehov för spridartankvagnar utrustade med ytmyllare, tryck- respektive billar vid olika inverkanse parametrar såsom fyllnadsgrad, fälltutning samt körhastighet.

Gödselvärde vid användning av 200 hk traktor och 15 m³ tankvagn

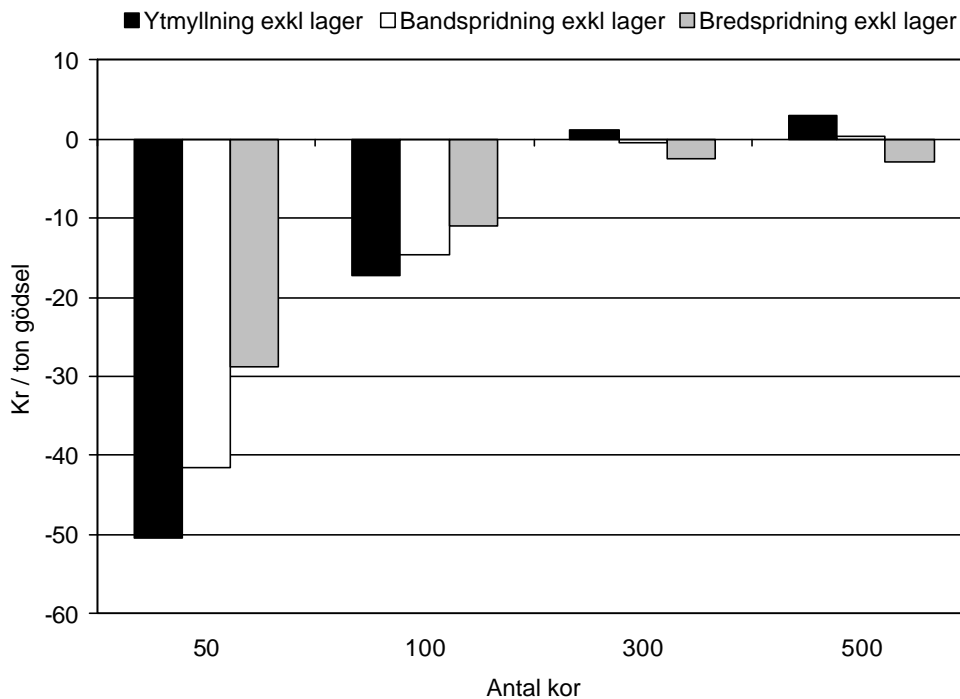


Bild 12. Gödselns nettovärde, kr/ton, vid hantering av gödsel från en mjölkbesättning inklusive rekrytering med olika spridningssystem. Spridartankvagnen har volymen 15 m³. Kostnader för lager samt eventuell läglighetskostnad är ej medtagen.

Med ökad gårdsstorlek minskar den fasta kostnaden för spridarna per ton gödsel samtidigt som den rörliga kostnaden per ton gödsel för transport ökar (längre transporter). Minskningen av fasta kostnaden per ton gödsel är en följd av att investeringskostnaderna kan fördelas på större mängd hanterad gödsel.

Jordpackningen är beroende av spridartankvagn och oberoende av gårdsstorlek förutsatt att spridartankvagn med samma egenskaper används vid likartade markförhållanden.

I bilaga 5 redovisas intäkter, kostnader och gödselns värde (kr/ton) i tabeller för de olika gårdsstorlekarna. Gödseln är optimalt fördelad på de två tidpunkterna och utspridd med respektive spridningsteknik. Den optimala fördelningen blir sådan att 8 månaders lagringskapacitet (enligt förutsättningar) sprids på mest lönsamma tidpunkten och resten vid den andra tidpunkten. Under förutsättningen att flytgödsel sprids vart tredje år blir intäkten av fosfor och kalium maximal. Mängden kväve tillgänglig för växterna efter hantering samt med hänsyn till efterverkan hos organiska kvävedelen blir dock olika beroende av spridningstidpunkt och spridningsteknik. I tabell 15 redovisas andel kväve av ursprunglig mängd som är tillgänglig för växterna efter hantering (stall, lager, spridning), utspridd med olika teknik och fördelad optimalt på de två olika tidpunkterna. Efterverkan av den organiska kvävedelen är medräknad.

Tabell 15. Andel kväve i procent av ursprunglig mängd tillgänglig för växterna efter hantering (stall, lager, spridning) samt med hänsyn till efterverkan hos organiska kvävedelen vid olika spridningstidpunkt och spridningsteknik.

Spridningsteknik	Spridningstidpunkt	
	Vår	Till andra skörd
Spridarplatta	35	19
Släpplangsramp	40	29
Ytmyllare	54	54

I bild 13-15 redovisas intäkter (N, P, K) och rörliga kostnader för de två spridningstidpunkterna och respektive spridningsteknik. Med 15 m³ tankvagn och bredspridning är det ingen skillnad mellan spridningstidpunkterna ur lönsamhets-synpunkt. Intäkterna är högst på våren men även kostnaderna, främst på grund av ökade körskador. Om en mindre 10 m³ tankvagn med spridarplatta används minskar körskadorna och vårspridning är ekonomiskt optimal spridningstidpunkt.

Vid bandspridning är spridning till andra skörd bästa tidpunkt till följd av att skillnaden i ammoniakavgång mellan tidpunkterna är mindre än skillnaden i kostnad för jordpackning, bild 14.

Bredspridning

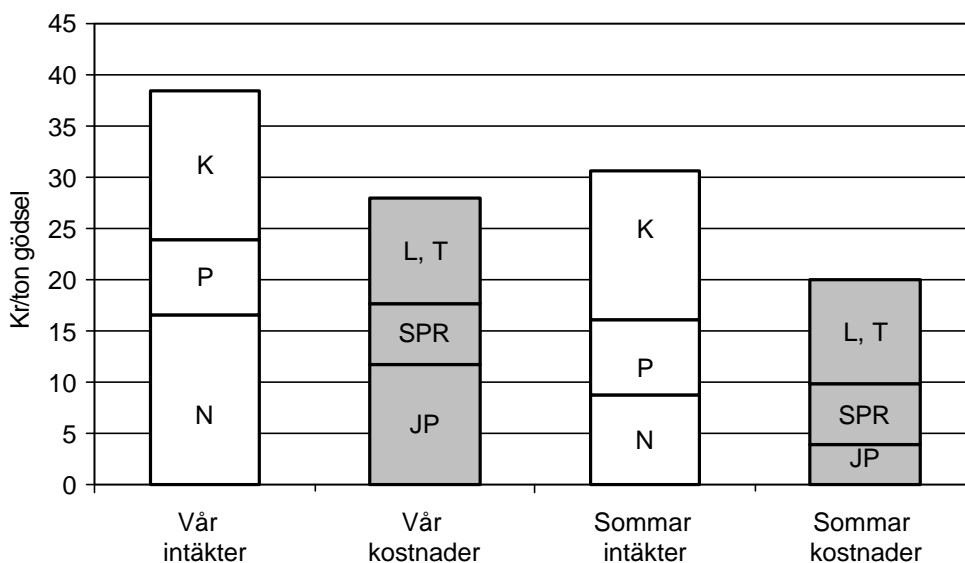


Bild 13. Intäkter och rörliga kostnader vid spridning av flytgödsel med en 15 m³ tankvagn med spridarplatta vid två olika tidpunkter. Gårdsstorlek 100 kor. N=kväve, P=Fosfor, K=Kalium, L, T=Lastning och transport, SPR=Spridning, JP=Jordpackning och grödsador.

Bandspridning

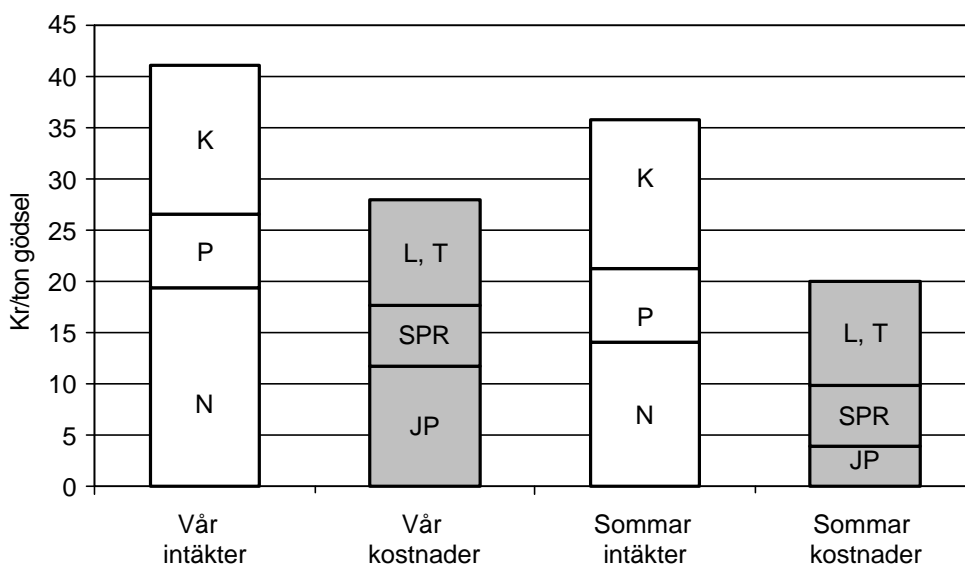


Bild 14. Intäkter och rörliga kostnader vid spridning av flytgödsel med en 15 m³ tankvagn med släpslangsramp vid två olika tidpunkter. Gårdsstorlek 100 kor. N=kväve, P=Fosfor, K=Kalium, L, T=Lastning och transport, SPR=Spridning, JP=Jordpackning och grödsador.

När det gäller ytmyllning, bild 15, har vi antagit samma ammoniakförluster vid de två tidpunkterna och därmed är det den höga jordpackningen på våren (6 m arbetsbredd) som gör att spridning till andra skörd är mest lönsam.

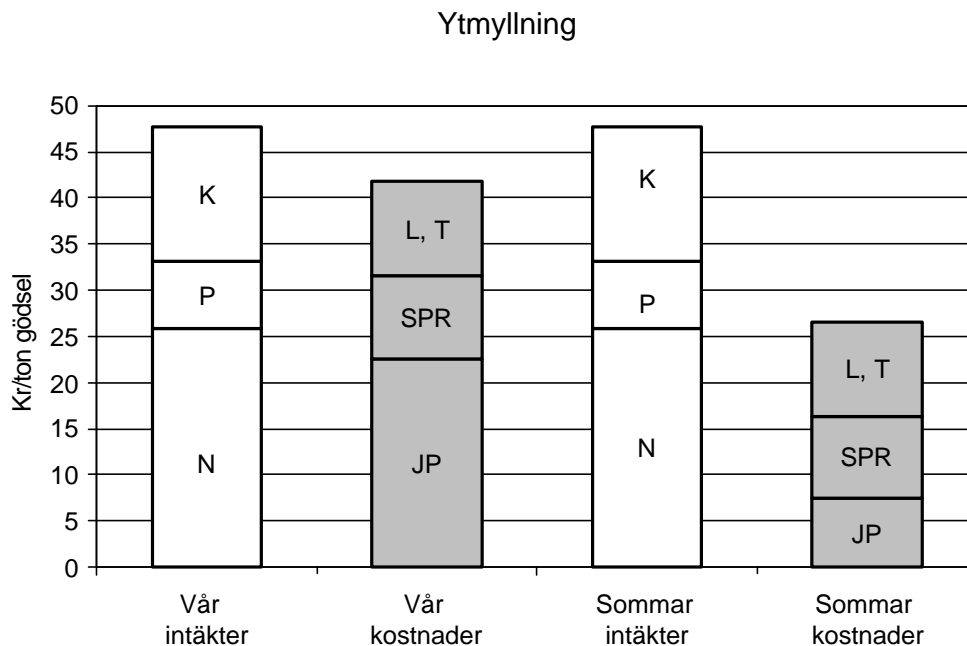


Bild 15. Intäkter och rörliga kostnader vid spridning av flytgödsel med en 15 m³ tankvagn med ytmyllningsaggregat vid två olika tidpunkter. Gårdsstorlek 100 kor. N=kväve, P=Fosfor, K=Kalium, L, T=Lastning och transport, SPR=Spridning, JP=Jordpackning och grödskador.

Diskussion

Kontaminering av grödan och gödselns placering

Som följd av ofullständig myllning hamnade större delen av gödseln ovan mark för alla tekniker. Under försöksförutsättningarna relativt kort stubb och ”normalt” tjock flytgödsel återfanns i medeltal 14-23 % av gödseln på vallstubben. Synbart verkade ytmyllning med tryck vara den teknik som kontaminerade grödan mest på den hårda jorden, eftersom det blev en s.k. splash-effekt när gödselstrålen mötte den hårda markytan.

Studierna av gödselsträngens höjd och bredd visade att det var en signifikant skillnad i höjd mellan bandspridning och ytmyllningsteknikerna. Gödselsträngarna efter ytmyllarna låg dock delvis över markytan på grund av att aggregaten inte lyckades penetrerade marken. För ytmyllaren med högt tryck var det endast mindre punktvisa ytor med myllad gödsel medan gödseln efter ytmyllaren med billar var något myllad längs hela strängen.

Ammoniakavgång

Förhållandena med soligt och varmt väder, hård markyta och kort grässtubb bör ha gynnat ammoniakavgången. Förlusterna var också höga och styrker tidigare slutsats att man vid sommarspridning på vall efter första skörd kan räkna med att huvuddelen av ammoniumkvävet försvinner (Elmquist m.fl., 1996).

Eftersom myllningsaggregaten inte förmådde mylla gödseln bör det inte vara rimligt att förvänta sig någon större minskning av ammoniakavgången med ytmyllningsteknikerna jämfört med bandspridningen. Att det däremot blev en högre emission från ytmyllningsteknikerna jämfört med bandspridningen är dock svårt att förklara. Bild 6 visar att förlusten av ammoniak var högst efter ytmyllning med billar under alla mätperioder och inte endast under någon enstaka mätperiod. Därmed ökade skillnaden i emissioner mellan teknikerna med tiden. Tänkbart är att under rådande förhållanden kan det ha varit en nackdel med den större höjden (tjockleken) hos gödselsträngen. Gödseln fick dålig markkontakt och kunde därmed "leverera" nytt kväve till ytan av gödselsträngen för vidare avdunstning. En annan orsak till skillnaden skulle kunna vara felaktig giva. I detta försök har dock spridarna kalibrerats noggrant. En viss variation i utmatad mängd mellan utloppen kan visserligen ha förekommit, men försöksuppläggningsen med flera provytor per parcell samt upprepningar av varje led bör ha utjämnat dessa variationer.

Studien visar att under rådande mark- och väderförhållanden kan man inte förvänta sig någon minskning av ammoniakavgången efter spridning av flytgödsel till vall med ytmyllningsaggregat. Det har visats att provade ytmyllningsaggregat har sin begränsning, vilket i sig är en viktig kunskap. Önskvärt är dock att kunna studera ytmyllningsaggregaten under förhållanden där de utför en ordentlig myllning för att bl.a. kunna kvantifiera uppnåbar reduktion i ammoniakavgång jämfört med spridning av flytgödseln på markytan.

Avkastning

I Mellansverige rådde 1999 stark torka under tiden för tillväxt av andra skörden. På det skördade fältet syntes stråk med högre och något frodigare gröda snett över försöksrutorna. Tillgången på vatten har antagligen varit avgörande för tillväxten och tillgången på växtnäring mer av sekundär betydelse. Det innebar att variationen inom vissa led var hög och inga signifikanta skillnader kunde visas mellan leden. Hög ammoniakavgång från flytgödselade led innebar också att tillförd mängd lättlösligt kväve med flytgödseln var liten och att endast en liten skördeökning till följd av gödslingen var att förvänta.

Ensilering

På grund av begränsade ekonomiska resurser uteslöts ogödselade led ur ensilagestudien. De olika gödslingsmetodernas inverkan på foderhygien i jämförelse med ensileringsresultat från ogödselade gröda har därför tyvärr inte kunnat utvärderas. I studien utgjorde istället bandspridning kontrollled.

De olika gödslingsmetoderna hade ingen signifikant inverkan på grönmassan kemiska sammansättning. Antalet klostridiesporer var i samtliga fall under detektionsnivån (100 sporer per g grönmassa). Grödan kunde generellt betraktas som lättensilerad.

Samtliga ensilage var av god kemisk kvalitet med låga ammoniakthal. Trots relativt höga torrsbstanshalter (37 – 40%) påträffades klostridiesporer i ensilagen. Bandspridning var den gödslingsmetod som i ensilage medförde det högsta antalet sporer (6 300 per g ensilage). Trots att ytmyllningsmetoderna under rådande torra markförhållanden inte fungerade tillfredsställande (optimalt) tycktes dessa metoder ändå haft viss effekt när det gällde att begränsa sporförekomsten. Detta motsades till en del av att störst andel gödsel på grödan påträffades efter ytmyllning med tryck. Vid undersökning av kontaminering klipptes grödan nära marken, medan stubbhöjden vid skörd för ensilering var ca 8 cm. Att bandspridning resulterar i att gödseln till större del placeras högre upp på grödan kan vara en förklaring. En annan anledning som lantbrukare ofta nämner men som inte speciell studerats är att ”gödselbanden” fångas upp av skördemaskinen och därför i större utsträckning kommer med grödan in vid skörd.

Dragkrafts-/effektbehov

Störst dragkraft krävde spridartankvagnen utrustad med ytmyllare med billar, oavsett hastighet, fyllnadsgrad och fältlutning. Det som dock ofta är mer intressant än ren dragkraft är effektbehovet. Då effekten är beroende av dragkraft och hastighet stiger effektbehovet proportionellt med ökad hastighet.

Mätningarna visade att effektbehovet varierade mellan 5 och 25 kW (upp till 50 kW i kornåkern) beroende på hastighet, spridningsaggregat m.m. Det kan jämföras med effektbehovet för en 4-skärig växelplög (1,4 m arbetsbredd). För plogen uppmättes effektbehovet till 28 kW (dragkraftsbehov 17 kN) vid 20 cm arbetsdjup och körhastigheten 6 km/h (Madsen, 1998).

Med de förutsättningar som rådde på fälten vid försöken uppgick drageffekten till ca 35 % av traktorns nominella effekt. Än högre effektbehov är att vänta vid andra fältförhållanden.

Förutom energi för att dra spridaren åtgår det vid spridning energi för att driva kraftuttag och yttre hydraulik. Enligt projektplanen skulle totala energiförbrukningen registreras under spridningen, för att kunna jämföra effektbehovet för de två olika principerna att mylla flytgödsel. Under den knappa tid som vi hade tillgång till spridarna, gick det inte att få registreringen av bränsleförbrukningen hos traktorn att fungera. Därmed går det inte att jämföra effektbehovet för de två olika principerna att mylla flytgödsel utan endast mer allmänna slutsatser kan dras från dragkraftsmätningarna.

Ekonomi

I denna studie har beräkningarna begränsats till ett fåtal fall. Resultaten är giltiga för dessa förhållanden och ska ge en bild av hur lönsamheten förändras med gårdsstorlek, spridningsteknik och spridningstidpunkt. Med modellens hjälp finns det dock möjligheter att variera ett otal variabler.

Vissa egenskaper hos stallgödsel är svåra att ekonomiskt värdera. Jordförbättrande egenskaper, (markstruktur, ökning organiska markförrådet) samt innehåll av övriga näringsämnen förutom N, P och K finns inte med på intäktssidan. Det betyder att stallgödseln inte värderats till sitt fulla värde.

I detta fall har ingen läglighetskostnad satts upp vid vårspridning eller sommarspridning, dvs. det har antagits att stallgödselspridningen inte försenar något annat arbete på gården. Om det finns en läglighetseffekt t.ex. på våren, innebär det oftast en så hög rörlig kostnad att det är olönsamt att sprida på våren. För att slippa läglighetskostnaden i detta fall innebär det att spridningsarbetet får utföras av en person som ej är involverad i vårbruksarbetet.

Vid specificering av spridningsteknikerna har det antagits att endast 5 procent av ammoniumkvävet avgår som ammoniak efter spridning med ytmyllare. Den låga förlusten är baserad på utländska försök och bekräftades inte av uppmätta emissioner i fältförsöket. En känslighetsanalys av ammoniakavgången för de olika spridningsteknikerna skulle vara angeläget att utföra.

I utförda beräkningar har möjliga spridningstidpunkter begränsats till 2 tillfällen. I praktiken förekommer även en del spridning på vårvintern. Data för ammoniakavgång och markpackning på vårvintern är dock bristfälliga. De mycket varierande markförhållandena under denna årstid innebär dessutom att det inte alltid är praktiskt möjligt att komma ut i fält utan att orsaka alltför stora markskador.

Gårdsstorleken 500 kor kan för svenska förhållanden te sig orealistisk, men resultatet visar effekten vid hantering av stora gödselmängder. Resultatet kan dock inte direkt överföras till två gårdar à 250 kor eftersom transporterna inom gården är så mycket större på 500 kor gården jämfört med två 250 kors gårdar. Med två gårdar tillkommer dock transporter mellan gårdar och eventuellt ställtider.

Slutsatser

- De myllningsmetoder som ingick i denna studie klarade inte att mylla gödseln tillfredsställande under mycket torra förhållanden på lerjordar.
- På grund av dålig myllning och den varma och torra väderleken var ammoniakavgången hög efter spridning med samtliga tekniker. Avdunstningen uppgick till mellan hälften och hela mängden ammoniumkväve utspridd med flytgödseln.
- Ytmyllning med bill medförde signifikant högre ammoniakavgång jämfört med bandspridning och ytmyllning med tryck.
- Avkastningen hos andra skörden var låg i samtliga led och några statistiskt säkra skillnader kunde inte visas mellan spridningsteknikerna.
- Trots höga ts-halter hos skördad grönmassa påträffades förhöjda halter av klostridiesporer i samtliga ensilage oberoende av spridningsmetod.
- Ytmyllning med bill medförde signifikant bättre ensilagekvalitet jämfört med bandspridning och tenderade att ge den bästa ensilagekvaliteten av de tre spridningsmetoderna.

- Mätningar av traktorns dragkraft vid spridning på vall med två olika spridar-tankvagnar visar på dragkraftsbehov mellan 3 och 13 kN vid olika förutsättningar. Vid aktuella körhastigheter motsvarar det ett effektbehov av 4-36 kW.
- Gödselns nettovärde är under uppsatta förutsättningar negativt förutom för ytmyllning vid gårdsstorleken 300 och 500 kor samt vid bandspridning på gården med 500 kor.
- Vid 50 och 100 kors besättning är det mer lönsamt med en 10 m³ tankvagn än en 15 m³ och det är den billigaste spridningstekniken (spridarplatta), som är mest lönsam.
- Det krävs stora mängder gödsel att hantera (strax under 7000 m³/år) för att bandspridning och ytmyllning ska bli mer lönsamt än bredspridning. Ytmyllning är vid dessa gårdsstorlekar mer lönsam än bandspridning.
- Vid ytmyllning är spridning till andra skörd mest lönsamt. Vid bredspridning med en 15 m³ tankvagn är det ingen skillnad mellan spridningstidpunkterna ur lönsamhetssynpunkt. Om en 10 m³ tankvagn med spridarplatta används blir våren bästa spridningstidpunkt. Vid bandspridning är spridning till andra skörd bästa tidpunkt, både med en 10 m³ och en 15 m³ tankvagn.
- Ytterligare försök krävs för att kunna värdera de spridningsmetoder som ingått i studien under olika förhållanden.

Referenser

- Elmqvist H., Malgeryd J., Malm P. & Rammer C., 1996. Flytgödsel till vall – ammoniakförluster, avkastning, växtnäringsutnyttjande och foderkvalitet. JTI-rapport *Lantbruk & Industri* nr 220, Jordbrukstekniska institutet.
- Huijsmans, J.F.M., Hol, J.M.G. & Bussink, D.W., 1997. Reduction of Ammoniak Emission by New Techniques on Grassland. In: Gaseous Nitrogen Emissions from Grasslands. Editors Jarvis S.C. & Pain B.F. s. 281-285. CAB International, UK. Huijsmans.
- Jonsson A., 1990. Enumeration and confirmation of *C. tyrobutyricum* in silage using neutral red, D-cycloserine and lactate dehydrogenase activity. *Journal of Dairy Science*, 73, 719 – 725.
- Jordbruksverket, 1999. Kalkylprogrammet STANK 4.0. (Stallgödsel – näring i kretslopp).
- Larsson K. och Bengtsson S., 1983. Bestämning av lättlösliga kolhydrater i växtmaterial. Metodbeskrivning nr 22 National Laboratory for Agricultural Chemistry, Uppsala
- Madsen N. P., 1998. Trækraft- og løftekraftbehov ved jordbehandlingsredskaber og såsystemer. Nr. 197, oktober 1998. Afdeling for Jordbrugsteknik, Forskningscenter Bygholm. Danmark
- Malgeryd J., Wetterberg C. & Rodhe L., 1993. Stallgödselns fysikaliska egenskaper. JTI-rapport 166. Jordbrukstekniska institutet, Uppsala.
- Malmquist O. & Spörndly R., 1993. Stallgödsel på slåttervall. Aktuellt från lantbruksuniversitetet 417. Husdjur. Sveriges lantbruksuniversitet, Uppsala.

- Nielsen VC., 1990. Possibilities for controlling ammonia and odour emissions from livestock farms. Recent developments in animal waste utilization. Proceedings of the consultation of the European Cooperative Research Network on Animal Waste Utilization, Bologna, Italy, 25-28 September 1990. Rome, Italy; Food and Agriculture Organization of the United Nations.
- Niemilä S., 1984. Statistical Evaluation of Results from Quantitative Microbiological Examinations. Nordic Committee on Food Analysis Report no 1, 2nd edn 19-20.
- Rammer C., Östling C., Lingvall P. & Lindgren S., 1994. Ensiling of manured crops - effects on fermentation. Grass and Forage Science, Vol 49, 343-351.
- Rodhe L., 1998. Spridning av stallgödsel till vall. Ny teknik – nya möjligheter. Teknik för lantbruket nr 70. Jordbrukstekniska institutet, Uppsala.
- Rodhe L., 2000. Bestämning av gödselns placering vid spridning av flytgödsel till vall. Ett projekt utfört på uppdrag av Svensk Mjök AB. Opublicerad rapport. Jordbrukstekniska institutet.
- SAS Institute Inc, 1994. SAS/STAT® User's Guide, Version 6, Fourth Edn, Cary, NC, USA.
- SMHI (Sveriges meteorologiska och hydrologiska institut), 1999. Väder och vatten, maj-september 1999.
- SLU, 1999. Agriwise datahandbok. Institutionen för ekonomi, SLU. Tillgänglig på nätet med användarnamn och lösenord. www.ekon.slu.se
- Svensson L. & Ferm M., 1993. Mass transfer coefficient and equilibrium concentration as key factors in a new approach to estimate ammonia emission from livestock manure. Journal of Agricultural Engineering Research 56(1):1-11
- Svensson L., 1994. A new dynamic chamber technique for measuring ammonia emissions from land-spread manure and fertilizers. Acta Agriculturae Scandinavica, Sect. B, Soil and Plant Science 44(1):33-46
- Svensson L., 1994. Ammonia volatilization following application of livestock manure to arable land. Journal of Agricultural Engineering Research 58(4): 241-260
- Svensson L., 1994. A new method of measuring ammonia losses from land-spread manure. Swedish Institute of Agricultural Engineering. Uppsala, June 1994:12 pp
- Weissbach F., 1992. Bestimmung der Bufferkapazität [Bestämning av buffertkapaciteten]. Bundesanstalt für Landwirtschaft (FAL), Braunschweig, Tyskland. Institutsinterne Mitteilung, 3 s.
- Wiklander L., 1986. Marklära. Institutionen för markvetenskap, Sveriges lantbruks-högskola, Uppsala.

Bilaga 1**Kalibreringsdata för spridare vid bestämning av lämplig körhastighet vid en giva av 25 ton flytgödsel per hektar**

Spridartankvagn med aggregat	Viktminskning, kg	Uppmätt tid för viktminskning, s	Beräknat flöde, m ³ /min	Arbetsbredd, m	Körhastighet, km/h
Släpplangsramp	1915	60,9	1,888	12	3,8
Släpplangsramp	1915	61,5	1,868	12	3,7
Ytmyllare, tryck	1961	60,6	1,943	6	7,8
Ytmyllare, tryck	1123	33,0	2,042	6	8,2
Ytmyllare, bill*	2010	33,9	3,559	6,4	13,3
Ytmyllare, bill**	1190	30,7	2,326	6,4	8,7

* Vid PTO-varvtal 1000rpm

** Vid PTO-varvtal 540 rpm

Kort beskrivning av JTI:s metod för mätning av ammoniakemissioner från fält

Metoden kan beskrivas som en mikrometeorologisk differensmetod som är särskilt lämpad för mätningar av ammoniakemissioner från små ytor. En av fördelarna med metoden är att systemets naturliga mikroklimat inte påverkas av mätutrustningen. Metoden är baserad på mätningar nära markytan där drivkraften för ammoniakemission och det atmosfäriska transportmotståndet bestäms. Drivkraften representeras av skillnaden i ammoniakkoncentration mellan markytan och luften på viss höjd ovanför. För beräkning av emissionen bestämmer man därför värdet på två olika koncentrationer, nämligen jämviktskoncentrationen och koncentrationen i omgivande luft (bakgrundshalt). Dessutom bestämmer man överföringstalet för ammoniak, dvs. transporthastigheten från marken till den höjd där omgivningskoncentrationen mäts. Emissionen beräknas genom det enkla sambandet:

$$E = (C_{eq} - C_{a,z}) \cdot K_{z,a}$$

- där
- E = ammoniakemissionen per yt- och tidsenhet
 - C_{eq} = jämviktskoncentrationen
 - $C_{a,z}$ = koncentration i omgivande luft
 - $K_{z,a}$ = överföringstalet mellan marken och luften ovanför

För bestämning av jämviktskoncentrationen (C_{eq}) används en ventilerad kammare, s.k. kyvett. Från ammoniakkoncentrationen i kyvetten beräknar man jämviktskoncentrationen med hjälp av ett matematiskt samband som härletts av Svensson & Ferm (1993). Koncentrationer och överföringstal ($K_{z,a}$) mäts genom samtidig exponering av passiva diffusionsprovtagare av två olika typer i kyvett och i omgivande luft. Provtagarna, som exponeras i duplikat, är försedda med filter impregnerade med oxalsyra som absorberar ammoniak från den omgivande luften. Exponeringstider bestäms från fall till fall med utgångspunkt från förväntade koncentrationnivåer. Typiska exponeringstider vid mätning av ammoniakemissioner från stallgödsel ligger i intervallet 1 - 6 tim. För källor som ger låga koncentrationer kan exponeringstider på ett eller flera dygn behövas. Vanligen görs 3-6 mätningar efter spridning och den totala emissionen beräknas sedan med utgångspunkt från medel-emissionerna under vart och ett av dessa mättillfällen samt med hänsyn tagen till variationer i temperatur och vindhastighet mellan mätperioderna. Det skall poängteras att denna beräkning innehåller approximationer och därför ger ett ungefärligt värde på totalemission. För att säkerställa statistiskt god mätnoggrannhet används flera kyvetter och omgivningsprovtagare i varje mätruta. För mera detaljerad beskrivning av metoden hänvisas till Svensson & Ferm (1993) och Svensson (1994).

Metodbeskrivning. Bestämning av kontaminering av gröda genom mätning av konduktivitet

1. Direkt efter spridning klipps grödprovrutor med en sax utrustad med uppsamlingsplåtar. Grödan klipps så nära marken som möjligt, dock utan att någon förna kommer med i provet. Lägg grödan från respektive provruta i en hink. Provsaxen sköljs med avjoniserat vatten, och sköljvattnet samlas upp i samma hink som grödan. Hinkarna bör vara markerade i förväg.
2. Förslut hinken omedelbart och förvara svalt. Transportera till laboratorium.
3. I laboratorium: Tillsätt ytterligare sköljvatten, så att en effektiv tvättning kan ske. Skaka hinken i ca 5 minuter och sila bort gröddelar.
4. Väg mängd gödsellösning (m_l) och låt stå ca 30 minuter.
5. Skaka eller rör om gödsellösningen och mät lösningens konduktivitet (γ_l), vid bestämd temperatur, se instrument. Enhet elektrisk konduktivitet S/m ($S=1/\Omega$), siemens per meter.
6. Mät även konduktiviteten hos utspridd gödsel γ_g . Gödseln bör enligt Stevens m.fl., (1995) spädas 1:10 innan mätning. Konduktiviteten γ_g för utspädd gödsel beräknas därefter.
7. Mät konduktiviteten också i spädningsvattnet γ_0 och korrigera värdet från alla andra mätvärden.
8. Beräkna andel gödsel på grödan [p] enligt formel 1:

$$p = (m_l * (\gamma_l - \gamma_{gr+v})) / (m_g * (\gamma_g - \gamma_v)) \quad (1)$$

där

- m_l = mängd lösning med avtvättad gödselrest och spädningsvatten, g
 γ_l = konduktivitet hos lösning med gödselrest, S/m
 γ_v = konduktivitet hos spädningsvatten, S/m
 γ_{gr+v} = konduktivitet hos gröda och vatten vid samma mängd spädningsvatten som för γ_l , S/cm
 γ_g = konduktivitet hos gödsel, S/m
 m_g = mängd gödsel tillförd, g

Mängd gödsel på grödan [m_r] beräknas enligt formel 2:

$$m_r = p * m_g \quad (2)$$

Kommentarer

Mätningen är temperaturberoende. Genomför därför alla mätningar vid samma temperatur, förslagsvis 20°C.

Priser använda i de ekonomiska beräkningarna

Priser använda i de ekonomiska beräkningarna. (Prisnivå år 1999). Källa: SLU, 1999.

Produktionsmedel	kr/enhet
Bränsle, kr/l	4,40
Energi, kr/kWh	0,50
Arbete, kr/mt	142
Kväve, kr/kg	8
Fosfor, kr/kg	11
Kalium, kr/kg	5
Grönmassa på rot, kr/kg ts	0,80

Körskador vid spridning av stallgödsel till vall. Ettårseffekt i matjordslager.
Traktors körskador ingår. Källa: Johan Arvidsson, inst. för markvetenskap, SLU.

Teknik	Förlust, % av totalskörd		
	Vår	Efter första skörd	Höst
Traktor med tankvagn 10 m ³ , 12 m arbetsbredd	2,4	0,6	0,9
Traktor med tankvagn 15 m ³ , 6 m arbetsbredd	7,1	1,8	2,7
Traktor med tankvagn 15 m ³ , 12 m arbetsbredd	3,6	0,9	1,3

Resultat från de ekonomiska beräkningarna för spridning av flytgödsel till vall

Intäkter (N, P, K), kr/m³ gödsel vid olika gårdsstorlek och spridningsteknik vid mest lönsamma spridningsstrategi. Värden inom parentes gäller för tankvagnsvolym 10 m³, övriga för 15 m³.

	Gårdsstorlek, antal kor			
	50	100	300	500
<i>Spridning med tekniken:</i>				
Spridarplatta	31,1 (37,1)	31,1 (37,9)	31,1	31,1
Släpplangsramp	36,1 (36,1)	36,1 (36,1)	36,1	36,1
Ytmyllare	47,6	47,6	47,6	47,6

Totala kostnader (rörliga och fasta kostnader), kr/m³, för lagring (separat) samt lastning, transport, spridning och jordpackning vid mest lönsamma spridningsstrategi. Värden inom parentes gäller för tankvagnsvolym 10 m³, övriga för 15 m³.

	Gårdsstorlek, antal kor			
	50	100	300	500
<i>Lager:</i>				
Behållare, pumpbrunn (8 mån lagringstid)	23,5	22,2	20,9	20,9
<i>Lastning, transport, jordpackning och spridning med tekniken:</i>				
Spridarplatta	59,9 (56,3)	41,9 (42,7)	33,7	33,9
Släpplangsramp	77,6 (68,1)	50,8 (45,7)	36,6	35,7
Ytmyllare	98,2	64,9	46,4	44,7

Kostnaden för körskador (jordpackning + grödskador) uppgick till 4,4 kr/ton vid bred- och bandspridning med 15 m³ tankvagn och till 8,3 kr/ton vid ytmyllning med 15 m³ tankvagn vid mest lönsamma spridningsstrategi.

Gödelsnets nettovärde, kr/ton, vid hantering av gödsel från en mjölkobesättning inklusive rekrytering med olika spridningssystem vid bästa spridningsstrategi. Värden inom parentes gäller för tankvagnsvolym 10 m³, övriga för 15 m³. Kostnader för lager samt eventuell läglighetskostnad är ej medtagna.

	Gårdsstorlek, antal kor			
	50	100	300	500
<i>Spridning med tekniken:</i>				
Spridarplatta	-28,9(-18,4)	-10,9 (-4,8)	-2,6	-2,9
Släpplangsramp	-41,5(-32,0)	-14,7(-9,5)	-0,5	0,4
Ytmyllare	-50,5	-17,2	1,2	3,0