

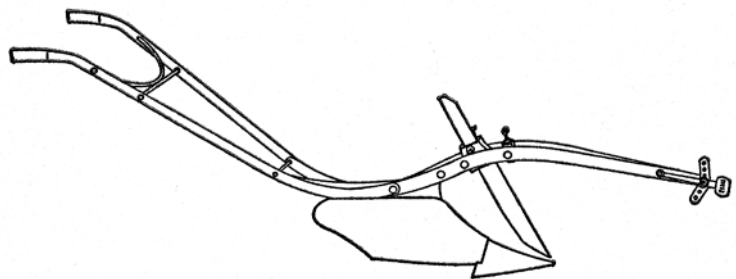


SVERIGES  
LANTBRUKSUNIVERSITET  
UPPSALA

INSTITUTIONEN FÖR MARKVETENSKAP

# RAPPORTER FRÅN \_\_\_\_\_ JORDBEARBETNINGSAVDELNINGEN

Swedish University of Agricultural Sciences,  
S-750 07 Uppsala  
Department of Soil Sciences  
Reports from the Division of Soil Management



Nr 103

2002

Johan Arvidsson, redaktör

**Jordbearbetningsavdelningens  
årsrapport 2001**

ISSN 0348-0976

ISRN SLU-JB-R--103--SE



## INLEDNING

Denna rapport tar upp större delen av verksamheten som bedrevs vid avdelningen för jordbearbetning under 2001, och redovisar resultat från samtliga fältförsök som drivs av avdelningen. Uppläggningsen är i stort sett densamma som i tidigare årsrapporter. Verksamheten redovisas under avdelningens olika program: (1) grundläggande bearbetning och bearbetningssystem, (2) såbäddsberedning och ytskiktets funktion, (3) markstruktur, jordpackning och markvård, (4) mekanisk ogräsbekämpning samt (5) växtnäringutlakning och erosion.

Ny verksamhet för i år är t.ex. dragkraftsmätningar för olika redskap, arbetsdjup och hastighet, tryckmätningar för dubbel- jämfört med enkelmontage och reducerade bearbetningssystem för vårsådd. Texten till de olika avsnitten har i regel skrivits av den (de) kontaktperson(er) som anges för respektive avsnitt.

Jordbearbetningsavdelningen, SLU, februari 2002

Fredrik Andersson  
Elisabeth Bölenius  
Sven-Erik Karlsson  
Berth Mårtensson  
Andreas Trautner

Johan Arvidsson  
Ararso Etana  
Thomas Keller  
Åsa Myrbeck

Britt-Louise Atterdagsdotter  
Sixten Gunnarsson  
John Löfkvist  
Tomas Rydberg

## INNEHÅLLSFÖRTECKNING

|   |           |
|---|-----------|
| <b>Grundläggande bearbetning och bearbetningssystem</b>   | <b>4</b>  |
| Olika bearbetningssystem - luckringsbehov   | 5         |
| Olika bearbetningssystem - jordpackning   | 6         |
| Olika bearbetningssystem - gödselplacering  | 8         |
| Olika bearbetningssystem - halmbehandling   | 9         |
| Bortodling av myr   | 11        |
| Direktsådd  | 12        |
| Bearbetningsdjup vid plöjningsfri odling  | 14        |
| Jordbearbetningstidpunkt på hösten - inverkan på skörd, markstruktur och kväveminerisering                  | 17        |
| Lasermätningar i försök med olika bearbetningstidpunkter  | 21        |
| Energiåtgång, dragkraftsbehov och bearbetningsbottens ojämnheter för olika redskap, djup och körhastigheter | 25        |
| Ekoskär och kalk  | 29        |
| <br>  |           |
| <b>Såbäddsberedning och ytskiktets funktion</b>   | <b>32</b> |
| Försök med såplog   | 33        |
| Vårsådd vid utebliven höstbearbetning med fånggröda   | 37        |
| Minimerad höstbearbetning till vårsådd  | 40        |
| Fröplacering och vertikal rörelse för en fjädrande såbill på Väderstads Rapidsåmaskin                       | 42        |
| Inverkan av bearbetningstidpunkt och vattenhalt på såbäddens bearbetbarhet                                  | 45        |
| <br>  |           |
| <b>Jordpackning, markstruktur och markvård</b>  | <b>47</b> |
| Låga marktryck i odling med och utan plöjning   | 48        |
| Packning av tunga betupptagare i fältförsök startade 1995-97  | 50        |
| Marktryck under dubbelmontage jämfört med enkelmontage  | 52        |
| Packning vid on-landplöjning – jämförelse mellan hjultraktor och bandtraktor                                | 54        |
| Biologisk alvluckring   | 59        |
| Olika metoder för att bestämma markens förkonsolideringstryck   | 64        |
| Tidpunkt för spridning av strörrika gödselslag: effekt på växtnäringsutnyttjande och markpackning           | 69        |

|  |    |
|--|----|
| Växtnäringsutlakning och erosion                       | 70 |
| Bearbetningssystem och fosforerosion                   | 71 |
| Bearbetning - fosforerosion - N-läckage                | 71 |
| Kväveeffektiv jordbearbetning                          | 73 |
| Jordbearbetning - kväveutlakning på lerjord            | 75 |
| Grön mark och N-utlakning                              | 77 |
| Flytgödsel- fånggrödor - utlakning                     | 77 |
| Miljöanpassad flytgödsel och fånggrödor                | 79 |
| Växtföljder - fånggrödor - utlakning                   | 80 |
| Jordbearbetning - kväveutlakning                       | 82 |
| Litteratur fosforerosion, grön mark och kväveutlakning | 85 |

## GRUNDLÄGGANDE BEARBETNING OCH -SYSTEM

Med grundbearbetning menar vi här den jordbearbetning som sker mellan skörd av en gröda och såbäddsberedningen för att etablera nästa gröda (i internationell litteratur "primary tillage"). Syftet är främst att luckra jorden, bekämpa ogräs och mylla ned skörderester, och den traditionella metoden i Sverige är förstås plöjning. Eftersom denna åtgärd är den mest resurskrävande delen av jordbearbetningen har en stor del av forskningsarbetet berört möjligheterna att utesluta plöjning. Fältförsöken är i dag i första hand inriktade på följande frågor:

- att undersöka under vilka förhållanden minskad bearbetning (plöjningsfri odling) ger ett bättre odlingssystem (med avseende på skörd, ekonomi och markstruktur) än odling med plöjning
- att belysa vilken plöjningsteknik som är bäst under olika förhållanden
- att undersöka olika bearbetningssystem inom plöjningsfri odling
- att optimera bearbetningen i förhållande till växtnäringens utnyttjande
- att undersöka grundbearbetningens betydelse vid en förenklad såbäddsberedning

De försöksserier som f.n. pågår inom detta område är (startår inom parentes):

|         |        |   |
|---------|--------|---|
| R2-4007 | (1974) | Odling med och utan plöjning, med olika bearbetningsdjup                                    |
| R2-4008 | (1974) | Odling med och utan plöjning, med olika packning  |
| R2-4009 | (1974) | Odling med och utan plöjning, radmyllad eller bredspridd gödsel                             |
| R2-4010 | (1974) | Odling med och utan plöjning, med olika halmbehandling                                      |
| R2-4014 | (1976) | Bortodling av myr   |
| R2-4017 | (1982) | Direktsådd  |
| R2-4027 | (1991) | Bearbetningsdjup vid plöjningsfri odling  |
| R2-4111 | (1999) | Plöjningstidpunktens inverkan på markstruktur, växtproduktion och kväveutlakning på lerjord |
| R2-4124 | (2000) | Ekoskär och kalk  |

## Olika bearbetningssystem-luckringsbehov

I ett plöjningsfritt odlingssystem, där höstplöjningen ersätts med enbart ytlig bearbetning till ca 10-12 cm, blir matjordens nedre del oftast för kompakt. Genom att bearbeta med kultivator till plogdjup har skörden ökat med 2-3 %. Samma förbättring har även erhållits i ett bearbetningssystem där den ytliga bearbetningen någon gång i växtföljden ersatts med plöjning.

Under senare år har allt fler lantbrukare börjat använda kultivatorer som enda redskap vid höstbearbetningen. I många fall bearbetas betydligt djupare än vad som är möjligt med ett tallriksredskap.

I försöksserie **R2-4007** har sedan år 1974 kultivering till plogdjup jämförts med enbart ytlig stubbearbetning med tallriksredskap och/eller kultivator till ca 10-12 cm. I försöksserien har också ingått ett led med plöjning vissa år och övriga år enbart ytlig bearbetning, samt ett led med plöjning vissa år och övriga år kultivering till plogdjup. Plöjningen i de sistnämnda leden har i genomsnitt utförts vart femte år. Totalt har serien omfattat nio försök med tillsammans 90 st skördeår. Sedan 1993 omfattar serien endast ett försök, nr 141/74 på Ultuna. Huvudleden är följande:

- A = Stubbearb. + plöjn. varje år
- B = Stubbearb. + plöjn. vissa år, övr år en extra stubbearb. till 10-12 cm
- C = Stubbearb. + plöjn. vissa år, övr år en luckring till plogdjup
- D = Stubbearb. till 10-12 cm varje år
- E = Kultivering till plogdjup varje år

Försök nr 141/74 finansieras med medel för långliggande försök och vi hoppas att alla som har intresse av långsiktiga förändringar tar till vara möjligheten att kunna genomföra specialstudier i detta försök.

### Resultat

Hösten 2000 plöjdes enbart led A. Höstsådden genomfördes under gynnsamma förhållanden. Etableringen var god. Höstvetet övervintrade förhållandevis bra i samtliga led. Under vegetationsperioden år 2001 var nederbörds mängderna under det normala i maj och mycket under det normala i juni. Detta kan vara en förklaring till de större skördarna i plöjningsfria led.

Resultaten från övriga försök i serien visade på klara positiva effekter av både en djupluckring och en återkommande plöjning, i genomsnitt 2-3 %. Dessa resultat finns utförligare redovisade i årsrapporten från 1994. Positiva effekter av djupkultivering redovisas även i serie R2-4027. Däremot framträder ej fördelarna med en djupare bearbetning i detta försök. Försöket finansieras med medel för långliggande försök från SLU. Kontaktperson är Tomas Rydberg, tel 018/671200.

Tabell 1. Skörd, kg/ha, och relativt (plöjning = 100) i försöksserie R2-4007 2001

| Försök nr, jordart | Län/plats | Gröda  | Förfr. | Plöjn | Plöjn vissa år, grund bearb | Plöjn vissa år, djup bearb | Aldrig plöjn grund bearb | Aldrig plöjn djup bearb | Sign |
|--------------------|-----------|--------|--------|-------|-----------------------------|----------------------------|--------------------------|-------------------------|------|
| 141/74 mmh SL      | Ul        | H-vete | H-vete | 3850  | 110                         | 106                        | 107                      | 101                     | n.s. |
| 27 försöksår       |           |        |        | 100   | 105                         | 105                        | 105                      | 104                     |      |

## Olika bearbetningssystem-jordpackning

**I många försök har visats att om plöjning ersätts med enbart ytlig bearbetning så blir matjorden lätt för kompakt. Men vad händer om man istället för plöjning bearbetar med en kultivator till 20 cm ? Frågan är av speciellt stort intresse i södra delarna av vårt land där många jordar ofta är i stort behov av luckring framför allt pga ett mildare klimat och ett stort antal överfarter per år.**

I försöksserie **R2-4008**, som startades 1974, studerades tidigare effekter av enkel- resp dubbelmontage i plöjda och enbart ytligt bearbetade led. I genomsnitt medförde dubbelmontage en större skördeökning i oplöjt led jämfört med i plöjt, skördenivån var dock trots användning av dubbelmontage klart lägre i ledet med enbart ytlig bearbetning. För att vidareutveckla den plöjningsfria odlingen bestämdes att försöksplanen i denna serie borde förnyas. En mycket vanligt förekommande fråga från lantbrukarhåll är om plogens luckringsarbete kan ersättas med en djupare bearbetning med kultivator. Mot bakgrund av bl.a. detta har den nya försöksplanen från och med hösten 1991 fått följande utseende.

A = Plöjning, normal bearbetning  
B = Plöjningsfritt, plöjning till sockerbetor  
C = Plöjningsfritt

01 = Normal intensitet och normalt djup  
02 = Intensiv och djup bearbetning

Plöjda led 01 = ingen stubbearbetning  
Plöjda led 02 = en stubbearbetning  
Ej plöjda led 01 = två stubbearb. till 10-15 cm  
Ej plöjda led 02 = tre stubbearb., den sista till 20 cm.

Serien har sedan 1989 endast omfattat ett fastliggande försök på Lönnstorp. I samband med förnyelsen av försöksplanen hösten 1991 genomfördes ingen förändring av rutfördelningen i fält. Detta innebär att möjligheterna att studera långsiktiga effekter av enbart ytlig bearbetning fortfarande kvarstår.

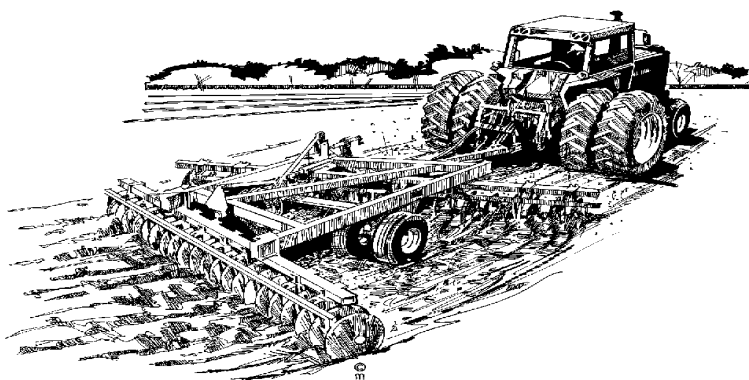
### Resultat

År 1992 odlades höstvetete. I genomsnitt var skörden i plöjda led högre än i de plöjningsfria och någon positiv effekt av den djupare bearbetningen kunde ej konstateras. Däremot medförde djupkultivering höjd skörd år 1993 till sockerbetor. Även år 1994 då grödan var havre resulterade djupkultivering i högre skörd. Korngrödan 1995 reagerade däremot ej positivt på en djupare och intensivare bearbetning i plöjningsfria led. År 1995 är också det första år som plöjningsfritt genomgående resulterat i högre skörd. En förbättrad vattenhushållning under sommarens torra perioder är den troligaste orsaken. År 1996 var grödan höstoljevaxter och av tabell 2 framgår att djupbearbetningen i plöjningsfria led resulterat i en skördeökning på ca 10 procentenheter. Även sommaren 1997 var periodvis mycket varm och nederbördsfattig, vilket troligtvis även detta år är en förklaring till de högre skördarna med plöjningsfri odling. År 1998 var grödan sockerbetor och av resultaten framgår att enbart ytlig bearbetning varit ett sämre alternativ än både plöjning och kultivering till 20 cm. År 1999 odlades korn. Plöjning och stubbearbetning genomfördes först under våren 1999. Någon intensiv bearbetning förekom ej. Vårplöjning i förhållande till enbart ytlig bearbetning på våren resulterade i lägre skördar. År 2000 odlades höstoljevaxter, en packningskänslig gröda som gynnats av djupare och intensivare bearbetning. Plöjningsfri odling till h-vete efter oljevaxter brukar för det mesta fungera bra, vilket det även gjorde år 2001. Försöket finansieras med medel för långliggande försök. Kontaktperson är Tomas Rydberg, tel. 018/67 12 00.



Tabell 2. Skörd och relativtal (plöjning, normal bearb. = 100) 1992-2001 i försöksserie R2-4008, Lönnstorp 253/74. Jordart = mmh mj D LL. A=plöjning, normal bearbetning. B=plöjningsfritt, plöjning till sockerbetor. C=plöjningsfritt. 1=normal intensitet och normalt djup. 2=intensiv och djup bearbetning

| År         | 1992             | 1993               | 1994            | 1995           | 1996              | 1997             | 1998              | 1999          | 2000            | 2001            |
|------------|------------------|--------------------|-----------------|----------------|-------------------|------------------|-------------------|---------------|-----------------|-----------------|
| Gröda      | h-vete,<br>kg/ha | s-betor,<br>ton/ha | havre,<br>kg/ha | korn,<br>kg/ha | h-oljev,<br>kg/ha | h-vete,<br>kg/ha | s-betor<br>ton/ha | korn<br>kg/ha | h-raps<br>kg/ha | h-vete<br>kg/ha |
| A1:        | <b>4500</b>      | <b>62.3</b>        | <b>4320</b>     | <b>5640</b>    | <b>3660</b>       | <b>8250</b>      | <b>45.3</b>       | <b>5290</b>   | <b>3520</b>     | <b>9330</b>     |
| A2:        | 104              | 100                | 106             | 102            | 98                | 102              | 108               | 84            | 84              | 110             |
| B1:        | 93               | 104                | 99              | 110            | 88                | 104              | 108               | 128           | 106             | 105             |
| B2:        | 96               | 103                | 101             | 111            | 96                | 105              | 103               | 124           | 107             | 108             |
| C1:        | 86               | 95                 | 95              | 112            | 90                | 105              | 90                | 118           | 105             | 107             |
| C2:        | 83               | 100                | 96              | 109            | 100               | 105              | 99                | 119           | 104             | 104             |
| A:         | <b>100</b>       | <b>100</b>         | <b>100</b>      | <b>100</b>     | <b>100</b>        | <b>100</b>       | <b>100</b>        | <b>100</b>    | <b>100</b>      | <b>100</b>      |
| B:         | 93               | 103                | 97              | 109            | 93                | 103              | 101               | 137           | 96              | 101             |
| C:         | 83               | 97                 | 92              | 109            | 96                | 104              | 91                | 129           | 94              | 100             |
| 1:         | <b>100</b>       | <b>100</b>         | <b>100</b>      | <b>100</b>     | <b>100</b>        | <b>100</b>       | <b>100</b>        | <b>100</b>    | <b>100</b>      | <b>100</b>      |
| 2:         | 101              | 101                | 103             | 100            | 106               | 101              | 104               | 95            | 108             | 103             |
| Sign bearb | n.s.             | n.s.               | n.s.            | n.s.           | n.s.              | *                | n.s.              | ***           | n.s.            | n.s.            |
| Sign int.  | n.s.             | n.s.               | n.s.            | n.s.           | *                 | n.s.             | n.s.              | n.s.          | n.s.            | n.s.            |
| Sign sam.  | n.s.             | n.s.               | n.s.            | *              | n.s.              | n.s.             | n.s.              | n.s.          | n.s.            | *               |



## Olika bearbetningssystem-gödselplacering

I försök med kombisådd i plöjda och icke plöjda led har i genomsnitt en skördeökning på 5-6 % noterats för kombisådd i det konventionella ledet medan skördeökningen varit 2-3 % -enheter större det plöjningsfria ledet.

Motivet till att denna serie (**R2-4009**) startades i mitten av 1970-talet var att undersöka om den förmodade försämringen av tillgängligheten av främst fosfor och i viss mån även kalium, vid enbart ytlig bearbetning, kunde förbättras av en djupare gödselplacering. Försöksserien har omfattat två st försök varav det ena på Källunda i Skåne (Ug) och det andra på Röbbäcksdalen (AC). Endast försöket på Röbbäcksdalen pågår idag. Följande led har ingått:

- A1 = Stubbearbetning + plöjning varje år, gödning på markytan
- A2 = stubbearbetning + plöjning varje år, radmyllning av gödsel
- B1 = Stubbearbetning + plöjning vissa år, gödning på markytan
- B2 = Stubbearbetning + plöjning vissa år, radmyllning av gödsel
- C1 = Stubbearbetning + ingen plöjning, gödning på markytan
- C2 = Stubbearbetning + ingen plöjning, radmyllning av gödsel

Stubbearbetning har genomförts i normal omfattning, oftast med tallriksredskap och till

ett djup av 10-12 cm. Plöjning vissa år har i denna serie utförts ca vart fjärde år, senast hösten 2000. Ej plöjda rutor har bearbetats en gång extra med tallriksredskap. Skörderester har brukats ned. Dubbelmontage har använts i så stor utsträckning som möjligt. Samtliga grödor har gödslats med N, P och K. Till höstvetete har endast NP-gödselmedel myllats.

### Resultat

Skörderesultaten för höst- och vårstråsäd sammanslaget med ett skördeår med vårraps från Källunda och för vårstråsäd sammanslaget med två år med foderraps och ett år grönfoderblandning från Röbbäcksdalen presenteras i tabell 3. På Källunda har även odlats sockerbeter (1 år) och vall (2 år) och på Röbbäcksdalen potatis (1 år) och vall (4 år). Mycket tyder på att radmyllning av handelsgödsel medför något större skördeökning vid plöjningsfri odling jämfört med konventionell bearbetning. Försöket finansieras med medel för långliggande försök. Kontaktperson är Tomas Rydberg, tel. 018/67 12 00.

Tabell 3. Skörd, kg/ha och relativtal (plöjning, gödning på ytan=100) i försöksserie R2-4009 1976-2001

| Försök nr                        | 200/75     | 235/76     | Samtliga   | 235/76          |
|----------------------------------|------------|------------|------------|-----------------|
| Län/plats                        | Ug         | AC         | 1976-2001  | Gröda: Grönf.bl |
| Jordart                          | nmh l Mo   | nmh l Mo   |            | ts-skörd 2001   |
| Antal försöksår                  | 9          | 18         | 27         | kg/ha           |
| Plöjn. varje år, gödning på ytan | <b>100</b> | <b>100</b> | <b>100</b> | <b>4640</b>     |
| Plöjn. varje år, myllad gödsel   | 104        | 107        | 106        | 119             |
| Plöjn. vissa år, gödning på ytan | 96         | 100        | 99         | 105             |
| Plöjn. vissa år, myllad gödsel   | 101        | 105        | 104        | 110             |
| Aldrig plöjning, gödning på ytan | 95         | 92         | 93         | 107             |
| Aldrig plöjning, myllad gödsel   | 98         | 104        | 101        | 110             |
| Plöjning varje år                | <b>100</b> | <b>100</b> | <b>100</b> | <b>100</b>      |
| Plöjning vissa år                | 97         | 99         | 99         | 98              |
| Aldrig plöjning                  | 95         | 94         | 96         | 99              |
| Gödning på ytan                  | <b>100</b> | <b>100</b> | <b>100</b> | <b>100</b>      |
| Myllad gödsel                    | 104        | 109        | 107        | 109             |
| Signifikans                      |            |            |            | n.s.            |

## Olika bearbetningssystem-halmbehandling

En av plöjningens viktigaste uppgifter är att mylla skörderester. Vid enbart ytlig bearbetning blir oftast mängden skörderester i ytskiktet alltför stor för att störningsfri såbäddsberedning och sådd skall vara möjlig. Om halmen bärgades borde därför resultatet med plöjningsfri odling förbättras. Detta har också bekräftats i försöksserie R2-4010 där det första försöket anlades redan år 1974.

Speciellt syfte med serie R2-4010 har varit att studera effekter av olika halmbehandling i samband med reducerad bearbetning. Serien har omfattat fyra försök, varav ett på Lanna (La), ett på Rudsberg (S), ett på Bjällösa (E) och ett på Knistad (R). Endast Lannaförsöket pågår idag. I försöken har följande led ingått:

A1 = Stubbearbetning + plöjning varje år, kort stubb, halmen bortförd.

A2 = Stubbearbetning + plöjning varje år, kort stubb, halmen hackad

B1 = Stubbearbetning + plöjning vissa år, kort stubb, halmen bortförd

B2 = Stubbearbetning + plöjning vissa år, kort stubb, halmen hackad

C1 = Stubbearbetning + ingen plöjning, kort stubb, halmen bortförd

C2 = Stubbearbetning + ingen plöjning, kort stubb, halmen hackad

Plöjning vissa år har i denna serie utförts i genomsnitt vart åttonde år. På Lanna har exempelvis plöjning vissa år (B-ledet) inneburit plöjning höstarna 1977, 1990 och 1992. Växtföljderna på försöksplatserna har varit stråsådesdominerade med oljeväxter som omväxlingsgrödor.

### Resultat



Resultaten sammanfattas i tabell 4. I genomsnitt, för samtliga försöksplatser, har den plöjningsfria odlingen gynnats med ett par procentenheter av att skörderesterna förts bort. Ser man till de enskilda försöksplatserna så tycks halmhärgning ej vara nödvändigt vid plöjningsfri odling på mellanlera och styv lera. Däremot har det resulterat i klara positiva effekter på de två platserna med lättare jord.

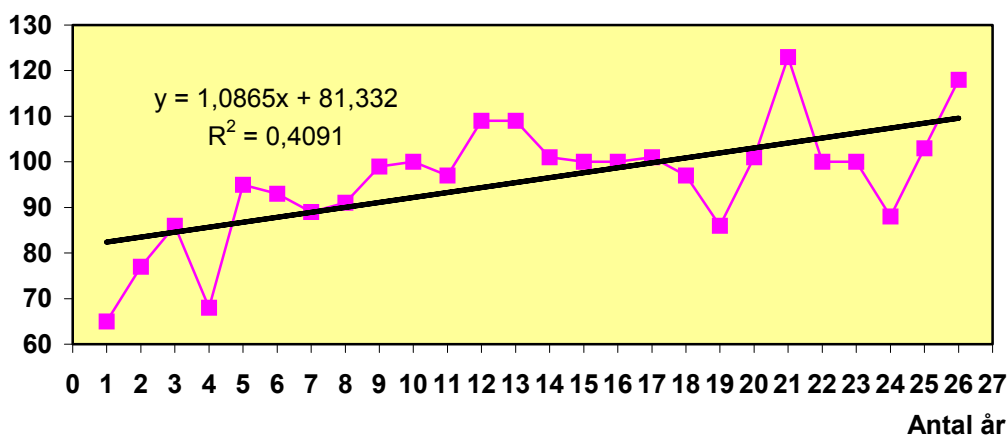
En i många sammanhang återkommande fråga är om resultatet med plöjningsfri odling blir bättre och bättre ju längre tekniken tillämpas. Något entydigt svar föreligger dock ej men en viss antydning om att så mycket väl kan vara fallet utgör resultaten från försöket på Lanna som anlades 1974. Från näst intill katastrofala resultat med enbart ytlig bearbetning under de första 4-5 åren har en stegvis förbättring ägt rum (figur 1). Den positiva skördetrenden har förmodligen inte enbart orsakats av förbättrade markförhållanden utan bidragande orsaker har även varit en genom åren ökad kunskap om hur plöjningsfri odling bäst genomförs och likaså en genom åren förbättrad redskapstillgång. Försöket på Lanna finansieras med medel avsatta för långliggande försök. Kontaktperson är Tomas Rydberg, tel 018/67 1200.



Tabell 4. Skörd, kg/ha och relativtal (plöjning, halm bortförd = 100) i försöksserie R2-4010 1974-2001

| Försök nr                     | 86/75        | 201/77     | 3/75         | 381/74     | Samtliga   | 381/74<br>2001 |
|-------------------------------|--------------|------------|--------------|------------|------------|----------------|
| Län/plats                     | S            | R          | E            | La         |            |                |
| Jordart                       | mmh<br>mo LL | mmh<br>ML  | mmh<br>mo LL | mmh<br>SL  |            | havre<br>kg/ha |
| Antal försöksår               | 11           | 7          | 8            | 26         | 52         |                |
| Plöjt varje år, halm bortförd | <b>100</b>   | <b>100</b> | <b>100</b>   | <b>100</b> | <b>100</b> | <b>6550</b>    |
| Plöjt varje år, halm hackad   | 99           | 104        | 97           | 101        | 100        | 101            |
| Plöjt vissa år, halm bortförd | 105          | 107        | 99           | 100        | 101        | 121            |
| Plöjt vissa år, halm hackad   | 103          | 107        | 96           | 100        | 101        | 118            |
| Aldrig plöjt, halm bortförd   | 110          | 109        | 94           | 97         | 101        | 119            |
| Aldrig plöjt, halm hackad     | 106          | 109        | 87           | 96         | 98         | 118            |
| Plöjning varje år             | <b>100</b>   | <b>100</b> | <b>100</b>   | <b>100</b> | <b>100</b> | <b>100</b>     |
| Plöjning vissa år             | 105          | 105        | 99           | 98         | 101        | 119            |
| Aldrig plöjning               | 109          | 107        | 92           | 95         | 99         | 118            |
| Halmen bortförd               | <b>100</b>   | <b>100</b> | <b>100</b>   | <b>100</b> | <b>100</b> | <b>100</b>     |
| Halmen hackad                 | 98           | 101        | 95           | 100        | 99         | 99             |
| Signifikans bearbetning       |              |            |              |            |            | ***            |
| Signifikans halmbehandling    |              |            |              |            |            | n.s.           |
| Signifikans samspel           |              |            |              |            |            | n.s.           |

### Rel. skörd (plöjning = 100)



Figur 1. Relativ skörd i plöjningsfritt led (plöjning = 100) i försök 381/74 på Lanna sedan start 1974.

## Bortodling av myr

**Bearbetning av en torvjord resulterade i en bortodling av ungefär 3 mm/år. Resultaten skilde inte nämnvärt mellan plöjda och enbart stubbearbetade led. I ett försöksled med permanent vall var bortodlingen närmast försumbar.**

Bearbetning av torvjordar har visat sig resultera i en minskning av torvlagrets mäktighet. En sådan bortodling beror i första hand på en ökad förmultning till följd av syretillförseln i samband med jordbearbetning. Bortodlingen av torvskiktet kan leda till försämrade markegenskaper på flera sätt. I syfte att kvantifiera jordbearbetningens betydelse för bortodlingen påbörjades 1976 avvägning av en kärrtorvjord i serie **R2-4014**. Avvägningar har därefter utförts på hösten 1983, 1990 och 1998. Försöket är beläget vid försöksstationen Stenstugu på Gotland och innehåller följande behandlingar:

A = Stubbearb. varje år och plöjning varje år ("konventionell bearbetning").  
 B = Stubbearb. varje år och plöjning vissa år.  
 C = Stubbearb. varje år och ingen plöjning.  
 D = Ingen bearbetning, permanent vall.

B-ledet har plöjts i genomsnitt 3 år av 4. B-ledet plöjdes ej hösten 1999.

### Resultat

En sammanställning från avvägningarna

redovisas i tabell 5, och skörderesultaten i tabell 6. Nivåsänkningen i de bearbetade leden är av storleken 3 mm/år, medan bortodlingen under den permanenta vallen varit närmast försumbar. Några större skillnader i bortodling mellan de bearbetade försöksleden (A, B och C) har hittills ej registrerats. En slutsats kan därför bli att torvjordar överhuvud taget inte bör bearbetas om bortodlingen skall upphöra i nämnvärd omfattning. Värt att notera är också det plöjda ledets (led A) förhållandevis måttliga nivåsänkning till år 1983. Detta beror troligtvis på plöjningens luckrande verkan. De små skillnaderna mellan de bearbetade leden i den här undersökningen bör inte tolkas alltför vidsträckt. Erfarenheter från mer intensiv odling, t.ex. potatisodling, har visat på en bortodling av storleken 1 cm/år. Det går därför inte att hävda att olika typer av jordbearbetning generellt sett resulterar i ungefär lika stor bortodling. Vidare bör också nämnas att egenskaper hos olika torvjordar kan variera. Försöket finansieras med medel avsatta för långliggande försök. Kontaktperson för försöket är Tomas Rydberg, tel. 018/671200.

Tabell 5. Nivåer i förhållande till en fixpunkt som är belägen intill försöket. Minus- eller plustecken avser nivåförändringarna från starten dvs 1976. Medelvärden i cm

| Försöksled          | 1976 | 1983       | 1990       | 1998       |
|---------------------|------|------------|------------|------------|
| Plöjning            | 21,0 | 18,4(-2,6) | 16,2(-4,8) | 16,4(-4,6) |
| Plöjning vissa år   | 20,7 | 17,0(-3,7) | 16,0(-4,7) | 14,9(-5,8) |
| Plöjningsfri odling | 17,0 | 13,6(-3,4) | 12,8(-4,2) | 11,2(-5,8) |
| Permanent vall      | 22,1 | 20,4(-1,7) | 21,6(-0,5) | 23,3(+1,3) |

Tabell 6. Skörd, kg/ha och relativatal (plöjning varje år=100) i serie R2-4014 1976-2001

| Försök nr                   | Län/<br>plats | Jordart  | Gröda | Förf. | Plöjn.<br>varje år | Plöjn.<br>vissa år | Aldrig<br>plöjn. | Sign.     |
|-----------------------------|---------------|----------|-------|-------|--------------------|--------------------|------------------|-----------|
| 188/76 2001<br>23 försöksår | St            | Kärrtorv | Havre | Korn  | Ej skörd<br>100    | p.g.a. för<br>103  | mycket<br>107    | nederbörd |

## Direktsådd

**Kan direktsådd tillämpas till samtliga grödor i växtföljden utan avbrott med konventionell bearbetningsteknik? Frågan är aktuellare än någonsin då det pga sänkta produktpriser gäller att till det yttersta minska på samtliga kostnader och inte minst på bearbetningskostnaderna. I ett direktsått system är totala bearbetningskostnaderna endast ca 30 % av kostnaderna i ett konventionellt system.**

För att studera effekter av kontinuerligt tillämpad direktsådd anlades på hösten 1982, i serie **R2-4017**, fyra st försök varav ett på Alnarp, ett på Tönnersa, ett på Lanna och ett på Ultuna. Försöket på Tönnersa (N) avslutades år 1985, det på Alnarp år 1989 och det på Ultuna (U) 1990. För närvarande pågår således endast försöket på Lanna. Redovisningen här inskränker sig enbart till Lannaförsöket. Resultat från övriga försök finns redovisade i avdelningens årsrapport 1994.

Lannaförsöket innehåller följande huvudled:

- A = Konventionell bearbetning
- B = Direktsådd, plöjning vissa år
- C = Direktsådd

Sedan 1992 ingår även sub-leden

- 1 = halmen kvar
- 2 = halmen bärgad
- 3 = halmen bärgad + stubbearbetning
- 4 = halmen kvar + stubbearbetning

Under pågående försöksperiod har B-led plöjts hösten 1999. Direktsådden har fram till och med 1988 utförts med en ”trippel-disc maskin” av märket Bettinson, därefter med Väderstads DS-maskin och från och med 1997 med Väderstads Rapid.

### Resultat

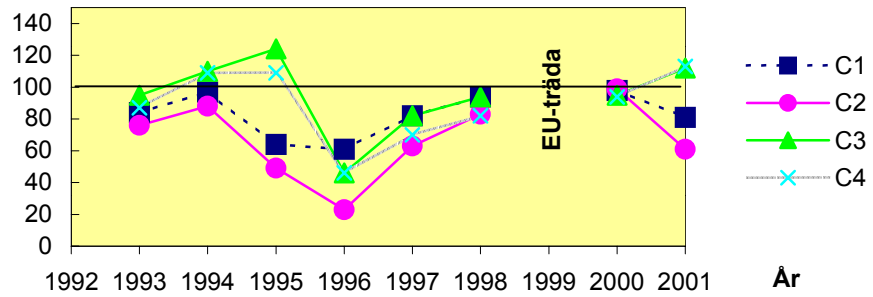
Resultatredovisningen i tabell 7 omfattar enbart huvudleden A, B och C. Sammanfattningsvis kan konstateras att visst går det att år efter år tillämpa direktsådd men det tycks som om man vissa år får räkna med en skördesänkning, i synnerhet om ogräset ej kan bemästras.

Av resultaten i figur 2 framgår att direktsådden fungerat bra åren 1993-95 om den genomförts i stubbearbetade rutor. Det tycks även som om det varit en fördel att bärga halmen oavsett om stubbearbetning genomförts eller ej. Åren 1996 och 1997 har däremot direktsådda led ej hävdats mot konventionell teknik, bl.a. beroende på en rikligare ogräsförekomst och en sämre plantetablering i såväl B-som C-led. År 1999 låg försöket i EU-träda. Efter EU-trädan plöjdes både led A och B före sådd av höstvet. Av resultaten från år 2000 framgår att både led B och C hävdats sig väl gentemot det konventionella. År 2001 har både led B och C resulterat i högre skördar än led A, dock förutsatt att stubbearbetning genomförts före sådd. I C-led utan stubbearbetning konstaterades en rikligare förekomst av kvickrot, varför också skörden blev klart sämre än i både A- och B-led. Kontaktperson är Tomas Rydberg, tel 018/67 12 00.

Tabell 7. Skörd, kg/ha och relativtal (konv. sådd=100) i försöksserie R2-4017 1982-2001

| Försök nr    | Län/plats | Jordart | Gröda | Föfr.  | Konv. sådd | Direktsådd plöjn. vissa år | Direkt-sådd | Sign. |
|--------------|-----------|---------|-------|--------|------------|----------------------------|-------------|-------|
| 703/82 2001  | La        | mfSL    | havre | h-vete | 6740       | 102                        | 92          | *     |
| 18 försöksår |           |         |       |        | 100        | 91                         | 90          |       |

**Rel. skörd (plöjn., halm kvar, ej stubbearb. = 100)**



Figur 2. Relativ skörd med direktsådd i försök 703/82 på Lanna. C1 = halm kvar ej stubbearb.. C2 = halm bärgad ej stubbearb. C3 = halm bärgad stubbearb. C4 = halm kvar stubbearb.



Figur 3. Under våren 2002 kommer denna såmaskin för direktsådd, tillverkad av Horsch, att provköras i fältförsök på Ultuna.

## Bearbetningsdjup vid plöjningsfri odling

1991 startades två försök med olika bearbetningsdjup vid plöjningsfri odling på Ultuna, ytterligare ett startades 1996. Bearbetning med kultivator till 20 cm har i genomsnitt givit något högre skörd än en grundare bearbetning. Under 2001 gav plöjningsfri odling klart lägre skörd än plöjning i samtliga tre försök, troligtvis beroende på växtpatogener.

Utebliven jordbearbetning, t.ex. vid plöjningsfri odling medför att markens naturliga strukturuppbbyggnad ej störs. Detta kan bland annat leda till att genomsläppligheten i den gamla plogsulan ökar. Ofta sker dock en förtätning av matjorden, som kan försämra rottillväxten. I serie **R2-4027** studeras effekter av olika bearbetningsdjup vid plöjningsfri odling. Serien innehåller tre fastliggande försök vid Ultuna med följande försöksplan:

A=Plöjning  
B=Kultivator till 10 cm, 2-3 ggr  
C=Kultivator till 15 cm, 2-3 ggr  
D=Kultivator till 20 cm, 2-3 ggr

E=Tallriksredskap 2-3 ggr

I ett av försöken, 517/91, har odlats korn efter korn sedan försökets start 1991. I de två övriga försöken har växtföljden varit mera varierad, år 2001 odlades höstvetete efter korn i dessa försök. Under våren 2001 gjordes också mätning av skrymdensitet och genomsläpplighet i ett av försöken, 618/95. Där gjordes också gradering av förekomst av stråknäckare och stråfusarios. I försök 517/91 gjordes gradering av förekomsten av sköldfläcksjuka.

Tabell 8. Skörd, kg/ha och relativtal (plöjning=100) i försöksserie R2-4027 2001

| Försök nr                        | 517/91 | 524/91     | 618/95     | Medel 2000 |
|----------------------------------|--------|------------|------------|------------|
| Län, plats                       | Ultuna | Ultuna     | Ultuna     |            |
| Jordart                          | mmh ML | mmh SL     |            |            |
| Förfrukt                         | Korn   | Korn       | Korn       |            |
| Gröda                            | Korn   | Höstvetete | Höstvetete |            |
| A=Plöjning                       | 3260   | 3910       | 5740       | 100        |
| B=Kultivator till 10 cm, 2-3 ggr | 70     | 90         | 70         | 77         |
| C=Kultivator till 15 cm, 2-3 ggr | 74     | 100        | 77         | 84         |
| D=Kultivator till 20 cm, 2-3 ggr | 75     | 95         | 78         | 83         |
| E=Tallriksredskap 2-3 ggr        | 71     | 76         | 68         | 72         |
| Signifikans                      | **     | **         | ***        |            |

Tabell 9. Skörd, relativtal (plöjning=100) i försöksserie R2-4027 1991-2001

| Försök nr                        | 517/91 | 524/91 | 618/95 | Medel |
|----------------------------------|--------|--------|--------|-------|
| Län, plats                       | Ultuna | Ultuna | Ultuna |       |
| Jordart                          | mmh ML | mmh SL |        |       |
| Antal år                         | 10     | 10     | 6      | 26    |
| A=Plöjning                       | 100    | 100    | 100    | 100   |
| B=Kultivator till 10 cm, 2-3 ggr | 86     | 97     | 104    | 94    |
| C=Kultivator till 15 cm, 2-3 ggr | 89     | 99     | 100    | 95    |
| D=Kultivator till 20 cm, 2-3 ggr | 93     | 98     | 100    | 97    |
| E=Tallriksredskap 2-3 ggr        | 92     | 89     | 101    | 93    |



## Resultat

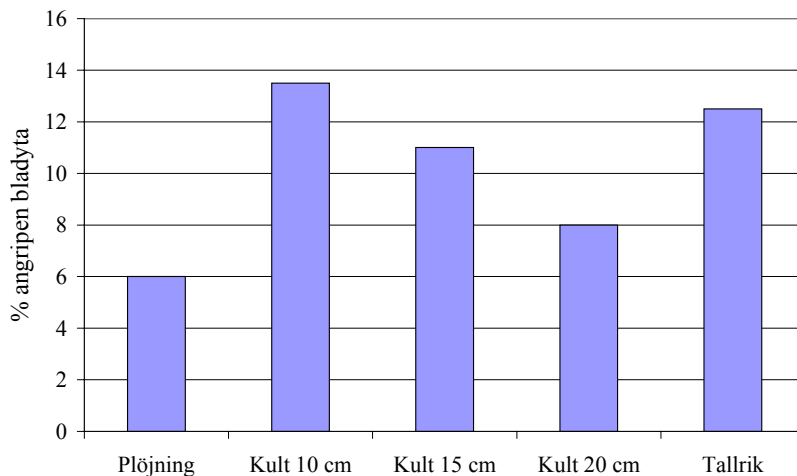
Skörd 2001 och 1991-2001 visas i tabell 8 resp 9. I samtliga försök var skörden lägre i plöjningsfria led, och i två av försöken betydligt lägre, storleksordningen 30 procent. I försök 618/95, där höstvetet odlas efter korn, konstaterades en betydligt sämre övervintring av höstvetet i plöjningsfria led, vilket troligen var en viktig förklaring till lägre skörd. Täckningsgraden på våren graderades till ca 80 % i plöjt led, och ca 60 % i led bearbetade med kultivator. En möjlig förklaring till sämre utvintring skulle kunna vara större förekomst av utvintringssvampar i ej plöjda rutor. Den gradering som gjordes av stråknäckare och stråfusarios visade dock inte på några sådana skillnader mellan led.

Också i försök 517/91, där korn odlas efter korn, var skörden betydligt lägre i ej plöjda led. Förekomst av växtpatogener kan vara en möjlig förklaring till skördeskillnader också i detta försök. I figur 4 visas resultatet av en gradering av sköldfläcksjuka. Förekomsten var lägst i plöjt led, det fanns också en tendens att djupare bearbetning givit svagare angrepp. Det måste dock poängteras att graderingen gjorts med endast två upprepningar och att skillnaderna ej

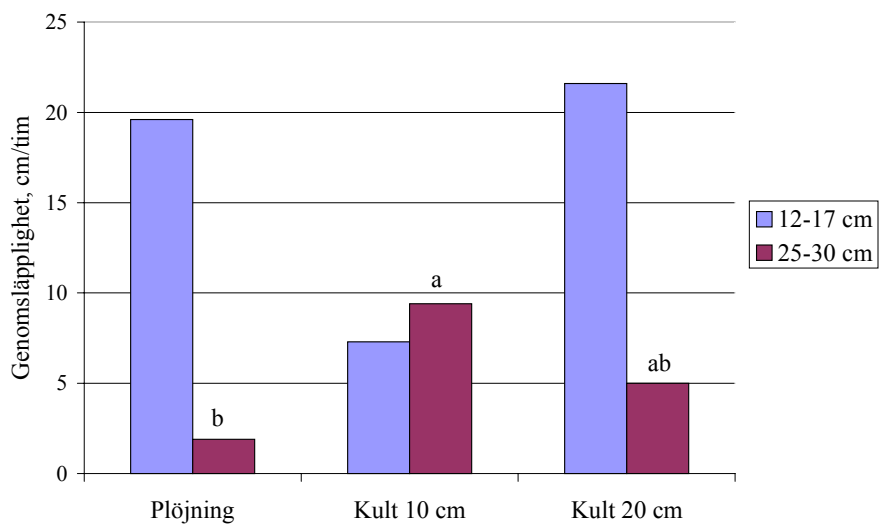
är statistiskt signifikanta. Vid tidigare undersökningar har angreppen varit oberoende av bearbetningsdjup.

Under 2001 gjordes också en undersökning av mättad genomsläpplighet och skrymdensitet i försök 618/95. På 12-17 cm djup fanns en tendens till högre genomsläpplighet för plöjning och kultivering till 20 cm djup jämfört med kultivering till 10 cm djup, skillnaden var dock ej signifikant (figur 5). På 25-30 cm djup var förhållandet det motsatta, vilket visar att utebliven plöjning kan medföra en förbättring av genomsläppligheten i plogsulan. Skrymdensiteten var högst på 12-17 cm djup för den grundaste bearbetningen, medan ledskillnaderna var små på 25-30 cm djup (figur 6).

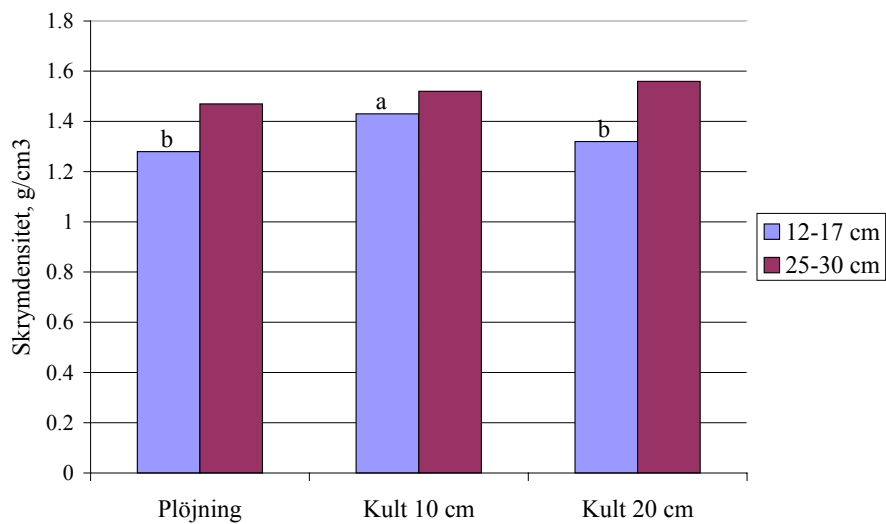
I genomsnitt för samtliga försök har skörden varit 2-3 procent högre för djup jämfört med grund kultivering. Det är dock värt att poängtera att högre skörd för djup bearbetning endast erhållits i ett försök, 517/91, medan förhållandet varit det omvända i försök 618/95. En möjlig förklaring är att det senare ligger på styvare jord, med en större strukturkapacitet som medger en ytligare bearbetning. Kontaktperson är Johan Arvidsson, tel. 018/67 11 72.



Figur 4. Procent bladyta angripen av sköldfläcksjuka på bladnivå 1 i försök 517/91 2001. Skillnaderna är ej statistiskt signifikanta.



Figur 5. Mättad genomsläpplighet för vatten i försök 618/95. Staplar som ej indikerats med samma bokstav är signifikant skilda ( $P < 0,05$ ).



Figur 6. Torr skrymdensitet i försök 618/95. Staplar som ej indikerats med samma bokstav är signifikant skilda ( $P < 0,05$ ).

## Jordbearbetningstidpunkt på hösten – inverkan på skörd, markstruktur och kväveminerisering

**En senareläggning av plöjningstidpunkten kan leda till minskad kväveutlakning. På lerjordar måste dock detta vägas mot risken för försämrad markstruktur och lägre skörd som en bearbetning vid olämplig vattenhalt kan leda till.**

I södra Sverige finns regler för grön mark i syfte att minska kväveläckaget. Som grön mark räknas t ex stubb efter en stråsädesgröda om plöjning sker efter ett visst datum på hösten. Dessa regler gäller oavsett jordart. På lerjordar finns dock få studier om hur bearbetningstidpunkten påverkar kväveutlakningen. En sen bearbetning vid ogynnsamma förhållanden skulle kunna leda till försämrad markstruktur vilket skulle kunna ge lägre skörd och därmed ett sämre kväveutnyttjande. Denna försöksserie, **R2-4111** som lades ut 1999 syftar till att undersöka hur tidpunkten för bearbetning på hösten inverkar på markstruktur, kväveminerisering och växtproduktion på lerjordar.

Försöksplatserna är: Kuddby i Östergötland (mycket styv lera), Ultuna i Uppland (styv lera avsett matjorden, mycket styv lera i alv) och Rydsgård i Skåne (mellanlera). Försöksled framgår av tabell 10. År 1999 ingick enbart plöjning på Kuddby och Rydsgård medan det år 2000 på samtliga platser ingick både plöjning och kultivering. Efter bearbetningen på hösten låg marken bar under vintern.

För att undersöka bearbetningens effekt på markstrukturen bestämdes aggregatstorleksfördelning i det bearbetade lagret efter bearbetning på hösten, såbäddens uppbyggnad, hållfasthet på torkade aggregat, skrymdensitet samt mättad genomsläpplighet (de tre sistnämnda bestämdes på prover från ca 10-15 cm djup). Vidare studerades kvävemineriseringen genom bestämning av mängden mineralkväve i profilen vid flera tidpunkter från sen sommar till tidig vår. Med hjälp av dessa undersökningar vägdes sedan risken för kväveutlakning mot risken för försämrad markstruktur och eventuellt sänkt skörd som bearbetning vid ogynnsamma förhållanden kan ge.

### Resultat

Hösten 1999 var torrare än normalt, så för att erhålla skillnader i vattenhalt mellan bearbetningarna senarelades den sena bearbetningstidpunkten på några platser. Vattenhalterna vid de aktuella bearbetningstidpunkterna hösten 1999 och 2000 redovisas i tabell 11.

Mineralkvävemängderna (figur 7) och då främst nitrat ökade under hösten 1999 både på Rydsgård och Ultuna efter att marken plöjts.

Tabell 10. Försöksled på de tre försöksplatserna

| Led | Bearbetning | Tidpunkt för bearbetning |   |
|-----|-------------|--------------------------|---|
| A1  | plöjning    | tidig                    | 15 augusti – 1 september  |
| A2  | plöjning    | normal                   | 15 september – 1 oktober  |
| A3  | plöjning    | sen                      | tidigast 20 oktober i Skåne och 10 oktober i Östergötland och Uppland |
| B1  | kultivering | tidig                    | 15 augusti – 1 september  |
| B2  | kultivering | normal                   | 15 september – 1 oktober  |
| B3  | kultivering | sen                      | tidigast 20 oktober i Skåne och 10 oktober i Östergötland och Uppland |

Generellt påverkades kväveminaliseringen kraftigt av bearbetningen, och mer kväve fanns i profilen på senhösten ju tidigare plöjning skett både på Rydsgård och Ultuna.

Analysresultaten från Kuddby 1999 var mycket ojämna och är därför osäkra. På Rydsgård skedde tydliga minskningar av mängden nitratkväve under vintern i alla led. Detta tyder på ett kväveläckage som förmodligen var högre ju tidigare plöjning utförts på hösten. På Ultuna syntes dock endast en liten minskning av nitratkväve under vintern i det tidigt plöjda ledet och förmodligen skedde inget större läckage av kväve.

Under hösten 2000 ökade mineralkvävemängderna något efter den tidiga plöjningen på samtliga försöksplatserna. Halterna i marken var dock betydligt lägre detta år än 1999, speciellt på Ultuna. Plöjning vid normal och sen tidpunkt tycks inte ha påverkat kväveminaliseringen detta år. Inte på någon av försöksplatserna minskade mängden mineralkväve under vintern varför läckaget av kväve troligtvis inte har varit av någon större omfattning. På Kuddby och Ultuna hade mängderna ökat vid provtagningen i mars vilket tyder på att mineralisering har skett under vintern eller vårvintern.

I tabell 12 anges de bearbetningstidpunkter på varje försöksplats som gav störst andel fina aggregat efter bearbetning, lägst skrymdensitet, störst andel fina aggregat i såbädden, högst genomsläpplighet och lägst aggregathållfasthet där skillnader fanns oavsett om de var signifikanta eller inte.

Vid optimal vattenhalt (främst vattenhalt) för jordbearbetning bildas maximalt antal små aggregat. Markstrukturen på våren beror dock inte bara på vattenhalten vid bearbetning utan också på den tid som finns tillgänglig för strukturbildning. Detta beror på att en god struktur på en lerjord till stor del uppkommer på våren vid våtning och upptorkning samt cykler med tjalning. Resultaten av de markfysikaliska undersökningarna som gjordes på våren var alltså påverkade såväl av bearbetningstidpunkt som vattenhalt vid bearbetning. Såbädden har i de allra flesta fall blivit finare efter tidig och normal bearbetning än efter sen bearbetning.

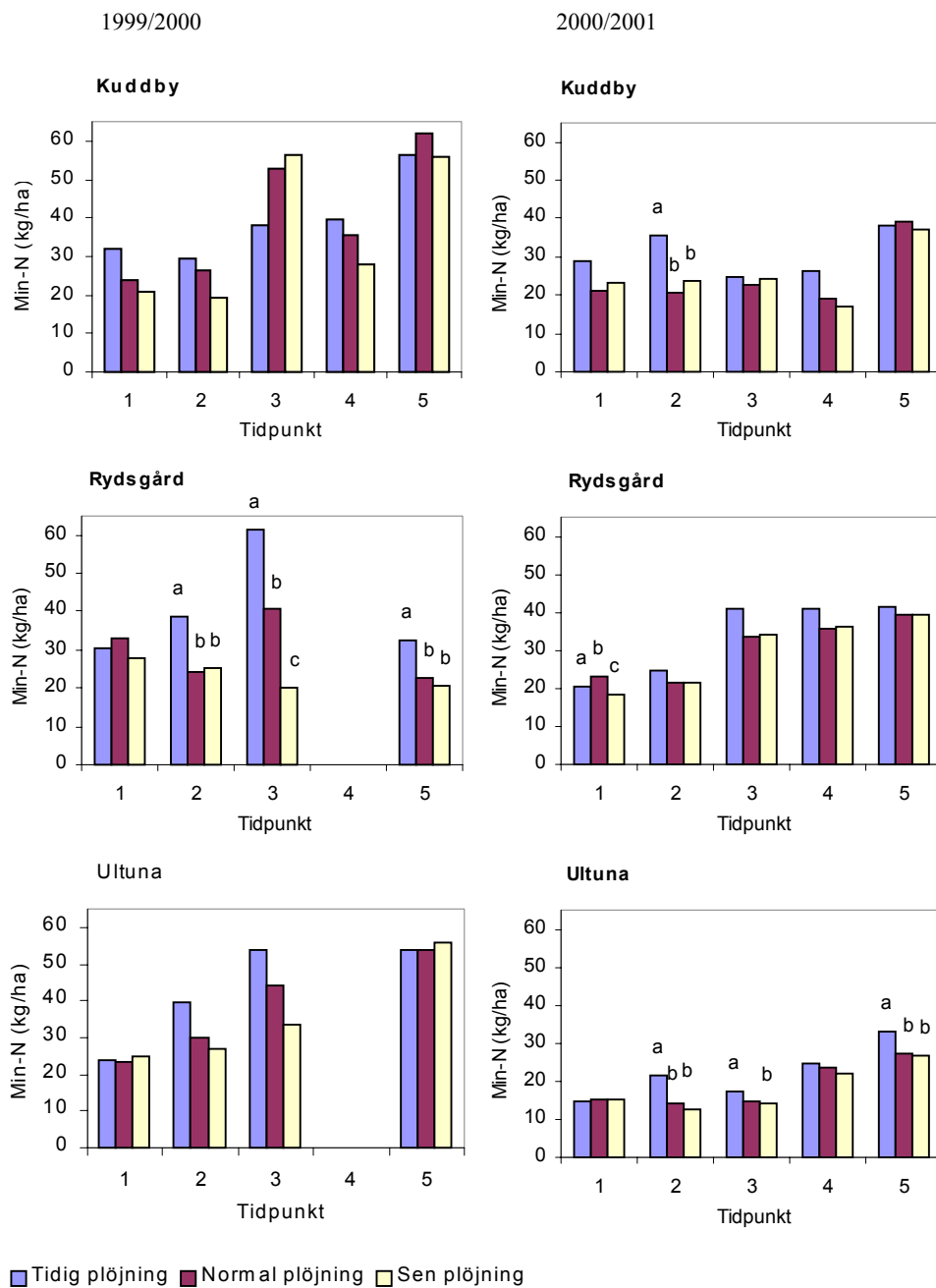
En hög skrymdensitet skulle kunna tyda på packning. Våren 2000 fanns inga skillnader i skrymdensitet mellan de olika bearbetningstillfällena. Våren 2001 resulterade dock den tidiga plöjningen i lägst skrymdensitet på samtliga försöksplatserna även om skillnaderna var små.

Enligt tabell 12 var, med undantag för genomsläppligheten på Rydsgård våren 2001, den tidiga och den normala bearbetningen bäst för samtliga strukturparametrar.

Inga stora skillnader i skörd förekom mellan bearbetningstidpunkterna på någon försöksplats skördeåret 2000 (tabell 13). På Ultuna var dock skillnaden i skörd mellan plöjda och stubbearbetade led signifikant. Året 2001 var skördeskillnaderna mellan de olika bearbetningstidpunkterna signifikant på Ultuna med högst skörd i det tidigt bearbetade leden. Även på Rydsgård blev skörden högre ju tidigare plöjningen

Tabell 11. *Vattenhalt vid de aktuella bearbetningstidpunkterna för de olika leden och försöksplatserna hösten 1999 och hösten 2000*

|      | Plats    | Tidig bearbetning    | Normal bearbetningstidpunkt | Sen bearbetning     |
|------|----------|----------------------|-----------------------------|---------------------|
| 1999 | Kuddby   | 20 augusti / 28.2%   | 1 oktober / 36.0%           | 1 december / 28.2%  |
|      | Rydsgård | 7 september / 25.0%  | 6 oktober / 28.2%           | 18 november / 30.8% |
|      | Ultuna   | 24 augusti / 19.9%   | 6 oktober / 29.5%           | 14 december / 34.1% |
| 2000 | Kuddby   | 30 augusti / 35.5%   | 9 oktober / 39.3%           | 7 november / 42.1%  |
|      | Rydsgård | 31 augusti / 19.7%   | 3 oktober / 23.7%           | 1 november / 24.2%  |
|      | Ultuna   | 11 september / 25.9% | 10 oktober / 31.5%          | 16 november / 34.5% |



Figur 7. Mineralkväve (kg N/ha) inom 0-90 cm markdjup i de plöjda leden för tidpunkterna 1-5: de tre plöjningstidpunkterna, januari samt slutet av mars. Staplar med olika bokstäver är signifikant skilda ( $P < 0,05$ ).

Tabell 12. Sammanställning av de bearbetningstidpunkter för plöjning (tidig, normal och sen) på varje försöksplats som gav störst andel fina aggregat vid grundbearbetningen, störst andel fina aggregat i såbädden, högst genomsläpplighet samt lägst aggregathållfasthet

| Plats       | Störst andel fina aggregat efter bearbetning | Lägst skrymdensitet på våren | Störst andel fina aggregat i såbädden | Högst genomsläpplighet | Lägst aggregathållfasthet |
|-------------|--|------------------------------|---------------------------------------|------------------------|---------------------------|
| <b>2000</b> |  |                              |                                       |                        |                           |
| Kuddby      | Tidig  |                              | tidig                                 | tidig                  |                           |
| Rydsgård    |  |                              | tidig                                 |                        | tidig                     |
| Ultuna      |  |                              | tidig-normal                          | normal-tidig           |                           |
| <b>2001</b> |  |                              |                                       |                        |                           |
| Kuddby      | Tidig  | Tidig                        | Normal                                | tidig                  | *                         |
| Rydsgård    |  | Tidig                        |                                       | Sen                    | *                         |
| Ultuna      | Tidig  | tidig                        | Tidig-normal                          | tidig                  | *                         |

\* Analyser ej färdiga

Tabell 13. Skörd (kg/ha och relativt) för de tre bearbetningstidpunkterna för plöjning respektive stubbearbetning. Värderna med olika bokstäver är signifikant skilda åt ( $P < 0,05$ )

| Led                | Kuddby |       | Rydsgård |       | Ultuna |       |
|--------------------|--------|-------|----------|-------|--------|-------|
|                    | 2000   | 2001  | 2000     | 2001  | 2000   | 2001  |
| Tidig plöjning     | 6580=  | 5620= | 4960=    | 5390= | 5140=  | 4390= |
|                    | 100    | 100   | 100      | 100   | 100    | 100   |
| Normal plöjning    | 101    | 102   | 109      | 99    | 100    | 95    |
| Sen plöjning       | 99     | 102   | 100      | 97    | 100    | 94    |
| Tidig kultivering  |        | 104   |          | 83    | 104    | 99    |
| Normal kultivering |        | 102   |          | 92    | 103    | 91    |
| Sen kultivering    |        | 103   |          | 90    | 103    | 87    |
| Plöjning           |        | 100   |          | 100a  | 100b   | 100   |
| Kultivering        |        | 102   |          | 90b   | 104a   | 96    |
| Tidig              |        | 100   |          | 100   | 100    | 100a  |
| Normal             |        | 100   |          | 104   | 100    | 93b   |
| Sen                |        | 101   |          | 102   | 100    | 91b   |

genomfördes. På Kuddby var resultatet det omvända. Skörden efter den tidiga stubbearbetningen på Kuddby blev låg på grund av en kraftig etablering av ogräs i detta led.

Sett till de sammanlagda resultaten för markfysikaliska undersökningar, mineralkväveprovtagningar och skörd var det säsongen 1999-2000 på Rydsgård bäst att plöja sent. Då det på Ultuna troligtvis var liten skillnad i kväveutlakning mellan bearbetningstidpunkterna hade det varit bäst att undvika den sena plöjningen då denna gav sämre markstruktur. Enligt resultaten 2000-2001 var det bäst på både Rydsgård och Ultuna att plöja tidigt eftersom det gav högst skörd och påverkan

på kväveminaliseringen av den tidiga bearbetningen var marginell. På Kuddby har effekterna på skörden hittills varit små. Resultaten i sin helhet tyder på att sen plöjning bör undvikas på styva leror i mellansverige, medan det i södra Sverige kan vara motiverat att plöja sent för att undvika kväveutlakning.

Resultat från hösten 1999 och skördeåret 2000 finns presenterade i ett examensarbete av Nina Nordström: Jordbearbetningstidpunkt på hösten-inverkan på skörd, markstruktur och kväveminalisering. Medd. från jordbearbetningsavdelningen, nr 34. Kontaktpersoner är Johan Arvidsson, 018/671172 och Åsa Myrbeck, 018/671213.

## Lasermätningar i försök med olika bearbetningstidpunkter

Från hösten 2000 till efter sådd våren 2001 gjordes mätningar med laser av markytans ojämnheter i ett försök på Ultuna med olika bearbetningstidpunkter (serie R2-4111). Mätningarna visade att luckring direkt vid bearbetning blev större för plöjning än för kultivering, och större för tidig bearbetning jämfört med sen. Sen bearbetning resulterade också i en ojämnaare såbotten.

Under år 2000 utvecklades vid avdelningen för jordbearbetning, i samarbete med institutionen för lantbruksteknik, en metod för att mäta ojämnheter i markens ytskikt, eller markytans relief. Mätningarna görs med en laser som är monterad i ett koordinatbord, vilket gör det möjligt att scanna av ett område i x- och y-led (Fig. 8). Maximalt mätområde är ca 0,9 x 0,9 m, med en maximal upplösning i x- och y-led på 1 mm. Lasern anger avståndet i höjddled (z-led) med en upplösning på 1 mm, mätnoggrannheten är dock något lägre.

Mätning av markytans relief kan ha en mängd olika tillämpningar. Ofta görs detta för att t.ex. uppskatta risken för erosion, som normalt är mindre för en ojämn markyta. Det kan också utgöra mått på bearbetningsresultat för olika redskap, där man ofta istället eftersträvar en jämn markyta eller såbotten. Om man mäter markytans höjd i förhållande till bestämda fixpunkter är det också möjligt att bestämma luckring och packning vid bearbetning och förändringar med tiden. En sådan undersökning gjordes från hösten 2000 till våren 2001 i ett försök på Ultuna i försöksserie R2-4111 (se också föregående avsnitt). Försöksplanen innehåller följande led:

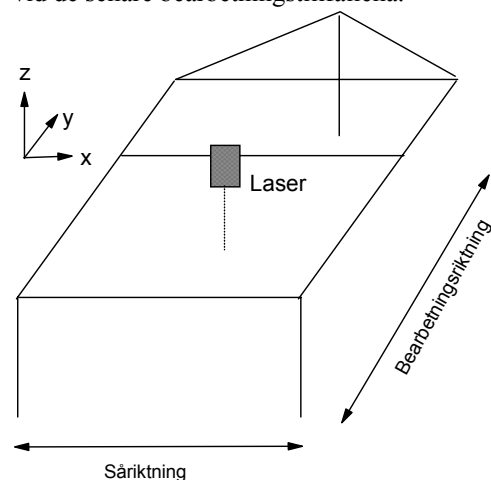
- A1=tidig plöjning
- A2=normal plöjning
- A3=sen plöjning
- B1=tidig kultivering
- B2=normal kultivering
- B3=sen kultivering

Mätning av markytan gjordes rutvis med fixplattor nedgrävda på drygt 30 cm djup, d.v.s. strax under plogdjup. Mätning gjordes inom ett 80 x 80 cm stort område med en upplösning på 1 mm i x-led och 40 mm i y-

led, vid fyra tillfällen:

- 1=omedelbart före höstbearbetning
- 2=omedelbart efter höstbearbetning
- 3=på våren före vårbearbetning
- 4=på våren efter sådd (markyta samt såbotten)

Efter sådd på våren gjordes först en mätning av markytan, därefter sopades såbadden omsorgsfullt bort, och såbottens relief mättes på samma plats. I de led som bearbetades tidigt och normalt gjordes också mätningar vid de senare bearbetningstillfällena.



Figur 8. Laser för mätning av markytans eller såbottens ojämnheter.

## Resultat

I tabell 14 visas höjdförändringar (medelvärden) mellan mättillfällena 1-4 ovan. I figur 9 redovisas höjdförändringar för olika led relativt markytans höjd före bearbetning.

Plöjning ledde till större luckring än kultivering, och tidig bearbetning gav större luckring än sen. Jordens naturliga sättning och packning vid såbäddsberedning var sedan större i plöjda än i kultiverade led. På våren efter sådd var därför markytan högre i förhållande till före bearbetning för kultiverade än för plöjda led, skillnaden var dock ej signifikant. Den kvarstående luckringen efter sådd var signifikant högst för den tidigaste bearbetningstidpunkten. I det sent plöjda ledet var markytan efter sådd lägre än före bearbetning, i alla andra led var den högre.

Markytans ojämnheter, uttryckt som standardavvikelse, redovisas i tabell 15.

Standardavvikelsen var större för plöjning än för kultivering, och större för sen än för tidig eller normal bearbetning. Sen bearbetning gav också signifikant högre ojämnheter i såbotten än tidig eller normal bearbetningstidpunkt. Detta stämmer också överens med resultatet av en traditionell såbäddsundersökning och planträkning, som visade på ojämna såbotten och sämre uppkomst för sen höstbearbetning. En tredimensionell återgivning av höjdförändringarna från samtliga mättillfällen i en tidigt plöjd ruta ges i figur 10.

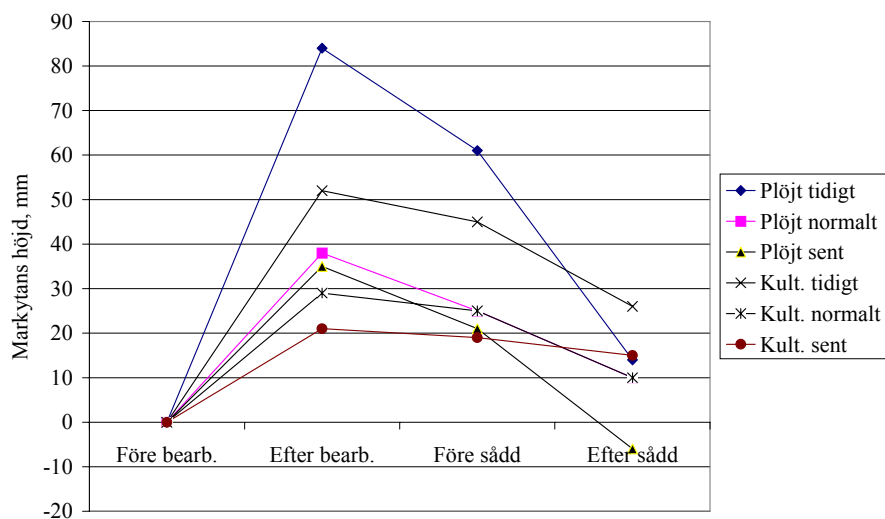
Ansvarig för mätningarna är Johan Arvidsson, tel 018-67 11 72. En stor del av arbetet utfördes som projektarbete av Elisabeth Bölenius, Johan Karlsson och Torgil Svensson, och finns publicerade i Meddelanden från jordbearbetningsavdelningen, nr 36.

Tabell 14. Markens höjdförändring (mm) mellan bearbetningstidpunkter. Positiva värden=höjning av markytan. Värden som ej följs av samma bokstav är signifikant skilda ( $p < 0,05$ )

| Led             | Före-efter bearbetning <sup>1</sup> | Efter bearb.-före sådd <sup>2</sup> | Före sådd-efter sådd <sup>3</sup> | Efter sådd yta-såbotten <sup>4</sup> | Innan bearb.-efter sådd yta <sup>5</sup> |
|-----------------|-------------------------------------|-------------------------------------|-----------------------------------|--------------------------------------|--|
| Tidig plöjning  | 84                                  | -23                                 | -47                               | 32                                   | 16                                       |
| Normal plöjning | 38                                  | -13                                 | -15                               | 33                                   | 1  |
| Sen plöjning    | 35                                  | -14                                 | -27                               | 31                                   | -6                                       |
| Tidig kult.     | 52                                  | -7                                  | -19                               | 38                                   | 28                                       |
| Normal kult.    | 29                                  | -4                                  | -15                               | 29                                   | 8  |
| Sen kult.       | 21                                  | -2                                  | -4                                | 38                                   | 15                                       |
| Plöjt           | 52a                                 | -17                                 | -30                               | 32                                   | 4  |
| Ej plöjt        | 34b                                 | -4                                  | -13                               | 35                                   | 17                                       |
| Tidig           | 68a                                 | -15                                 | -33a                              | 35                                   | 22a                                      |
| Normal          | 34b                                 | -8                                  | 15b                               | 31                                   | 5b                                       |
| Sen             | 28b                                 | -8                                  | 15b                               | 35                                   | 4b                                       |

<sup>1</sup>Höjdförändring från omedelbart före till efter bearbetning på hösten. <sup>2</sup>Höjdförändring från direkt efter höstbearbetning till före sådd på våren. <sup>3</sup>Höjdförändring från omedelbart innan till efter sådd på våren. <sup>4</sup>Höjdskillnad mellan markyta och såbotten. <sup>5</sup>Markytans nivå efter sådd på våren jämfört med innan bearbetning på hösten.

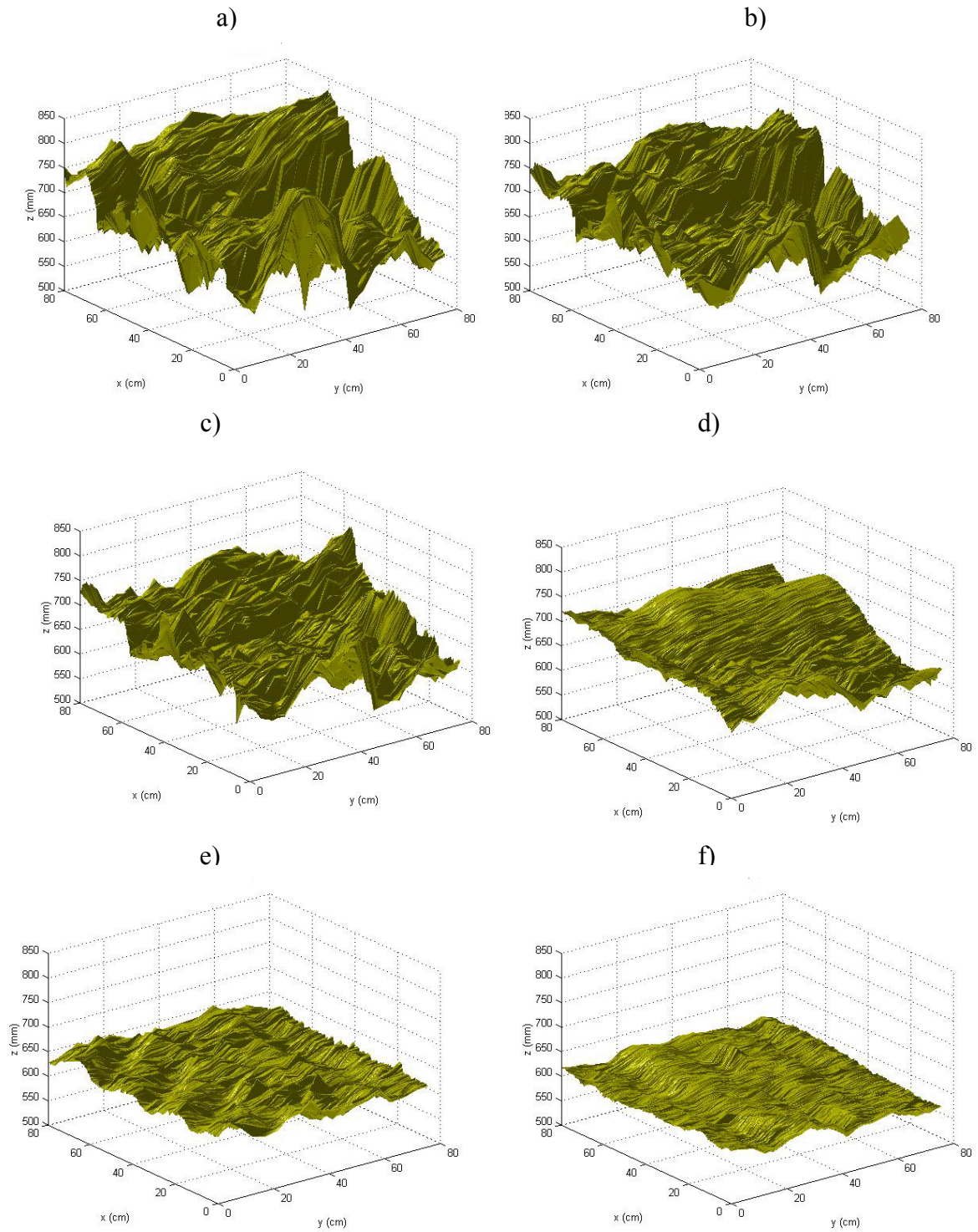




Figur 9. Markytans höjdförändring från omedelbart innan höstbearbetning fram till efter sådd.

Tabell 15. Markens ytojämnhet, uttryckt som standardavvikelse (mm) för samtliga höjdvärden. Värden som ej följs av samma bokstav är signifikant skilda ( $p < 0,05$ )

| Led             | Före bearb. | Efter bearb. | Före sådd | Efter sådd yta | Såbotten |
|-----------------|-------------|--------------|-----------|----------------|----------|
| Tidig plöjning  | 8           | 52           | 28        | 10             | 8        |
| Normal plöjning | 9           | 39           | 29        | 10             | 10       |
| Sen plöjning    | 8           | 58           | 35        | 10             | 9        |
| Tidig kult.     | 7           | 31           | 18        | 10             | 7        |
| Normal kult.    | 6           | 28           | 22        | 8              | 7        |
| Sen kult.       | 7           | 42           | 33        | 10             | 13       |
| Plöjt           | 8           | 50a          | 31a       | 10             | 9        |
| Ej plöjt        | 7           | 34b          | 24b       | 10             | 9        |
| Tidig           | 7           | 42a          | 23a       | 10             | 8a       |
| Normal          | 8           | 34a          | 25a       | 9              | 9ab      |
| Sen             | 8           | 50b          | 34b       | 10             | 11b      |



Figur 10. Markytans relief i en tidigt plöjd ruta. a) Efter bearbetning 15 sep 2000. b) 17/10, c) 1/12, d) 24/4 (före sådd), e) 4/5 (efter sådd), f) såbotten.

## Energiåtgång, dragkraftsbehov och bearbetningsbottens ojämnhet för olika redskap, bearbetningsdjup och körhastigheter

Ett projekt startades under hösten 2001 för att studera energiåtgång och dragkraftsbehov för olika redskap. Mätningarna utfördes på en lätt och en styv lera på Ultuna. Även bearbetningsbottens ojämnhet mättes för att karakterisera bearbetningsresultat för de olika redskapen. Resultaten visar att energiåtgången per mängd bearbetad jord var mindre vid plöjning jämfört med bearbetning med kultivator, eftersom mängden bearbetad jord var mycket större vid plöjning. Dragkraftsbehovet ökade med ökad körhastighet för alla redskap.

Under hösten 2001 utfördes ett försök där energiåtgången och dragkraftsbehovet för olika redskap studerades. Försöket genomfördes på Ultuna i Uppsala, och var utlagt som en jämförelse mellan plog, kultivator och tallriksredskap.

Försöksleden framgår av tabell 11. Varje redskap kördes med tre olika hastigheter:

- 1 = 4 km h<sup>-1</sup>
- 2 = 6 km h<sup>-1</sup>
- 3 = 9 km h<sup>-1</sup>

Mätningarna utfördes under ganska blöta förhållanden. Vattenhalten i matjorden var runt 0,23 g g<sup>-1</sup> på lättleran och runt 0,30 g g<sup>-1</sup> på styva leran.

Mätningar av energiåtgång gjordes med en mättraktor utvecklad vid Jordbrukstekniska Institutet, se figur 11. Utifrån uppmätta bränsleflöden, avgastemperaturer och motorvarvtal beräknas motoreffekt och vridmoment. Genom radarmätning av verklig hastighet (till skillnad från hjulhastighet) kan sedan energibehovet per meter arbetsbredd beräknas. Även ett mått på slirning fås genom att både verklig hastighet och hjulhastighet uppmättes.

Tabell 11. Försöksled på de två jordarna

| Led | Bearbetning           |
|-----|-----------------------|
| A   | Plöjning till 13 cm   |
| B   | Plöjning till 17 cm   |
| C   | Plöjning till 21 cm   |
| D   | Kultivator till 13 cm |
| E   | Kultivator till 17 cm |
| F   | Kultivator till 21 cm |
| G   | Tallriksredskap       |



Figur 11. Mättraktor med 3-skärig plog.

Vid försöket vägdes den bearbetade jorden. En ram med en yta på 0,25 m<sup>2</sup> slogs ner i marken och den lösa, bearbetade jorden ned till bearbetningsbotten togs bort och vägdes. På så sätt erhöles ett mått på hur mycket jord som blev bearbetad med de olika redskapen, och samtidigt kunde det verkliga bearbetningsdjupet bestämmas. Cyllindrar togs ut vid samma tillfälle för att bestämma skrymdensiteten.

Efter ha tagit bort den bearbetade jorden mättes bearbetningsbottens ojämnhet med en laserapparat för att karakterisera bearbetningsresultatet av de olika redskapen.

### Resultat och diskussion

Mängden bearbetad jord skilde sig mycket mellan med de olika redskapen. Vid plöjning bearbetades betydligt mer jord jämfört med kultivator, trots att de inställda bearbetningsdjupen var lika. Vid plöjning till 21 cm bearbetades drygt 400 kg jord per kvadratmeter, medan det var mindre än 200 kg med kultivator till "samma" djup.

Skillnaden mellan bearbetning till 13 cm och bearbetning till 21 cm var också betydligt större vid plöjning än med kultivator. Detta betyder att det verkliga, genomsnittliga bearbetningsdjupet skilde sig från det inställda (tabell 12). Medan det verkliga och inställda bearbetningsdjupet stämde bra överens vid plöjning, så var det effektiva bearbetningsdjupet med kultivatoren bara runt 10 cm, oavsett det inställda bearbetningsdjupet.

En förklaring till detta är troligen att jorden bearbetades djupare än det kritiska djupet. Det kritiska djupet  $d_k$  är proportionellt mot pinnbredden  $b_p$  och omvänt proportionellt mot pinnens lutningsvinkel  $\alpha$ , markens vattenhalt  $w$  och markens densitet  $\rho$ . Bearbetas jorden under det kritiska djupet, så blir jorden utsatt för en plastisk deformation, vilket betyder att jorden bara strömmar runt pinnarna: det sker ingen upplyftning av jord och pinnarna lämnar djupa klyftor i marken.

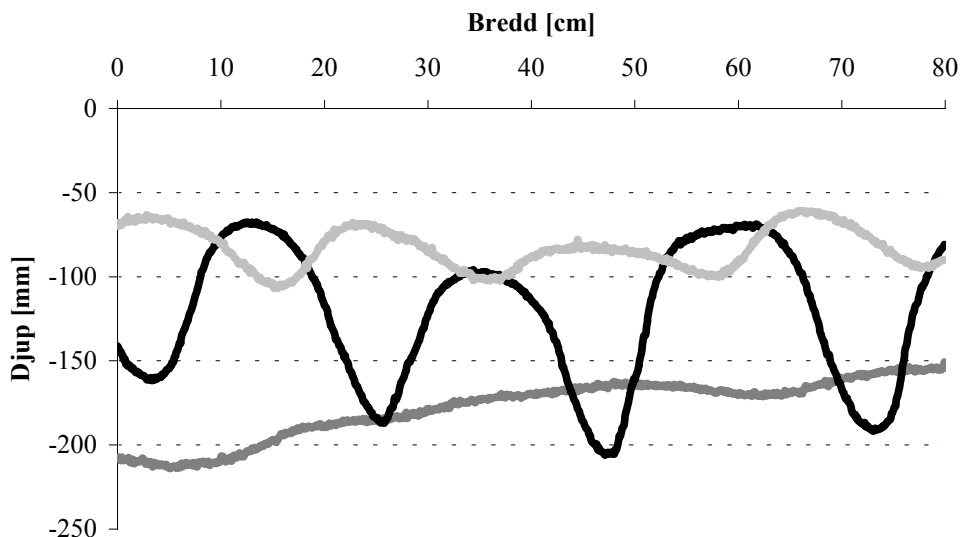
Som följd av att bearbetningen med kultivatoren skedde under det kritiska djupet, åtminstone på lättleran, var bearbetningsbotten mycket ojämn efter behandling med kultivator (figur 12).

Tabell 12. Effektiva bearbetningsdjup i cm för de olika redskapen på de två jordarna.

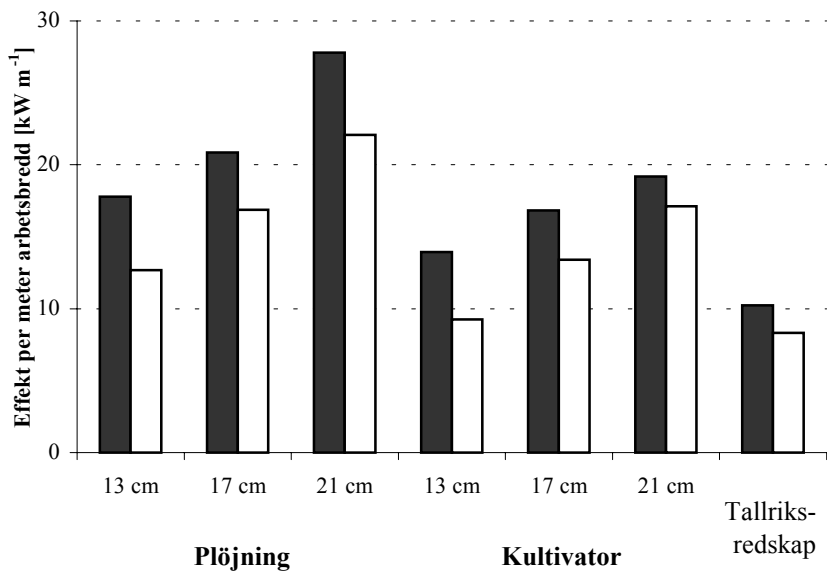
| Bearbetning           | lätt lera | styv lera |
|-----------------------|-----------|-----------|
| Plöjning till 13 cm   | 13        | 13        |
| Plöjning till 17 cm   | 18        | 19        |
| Plöjning till 21 cm   | 22        | 22        |
| Kultivator till 13 cm | 9         | 10        |
| Kultivator till 17 cm | 12        | 11        |
| Kultivator till 17 cm | 13        | 10        |
| Tallriksredskap       | 8         | 10        |

Kultivatoren lämnade mest jord obearbetad med djupa klyftor gjorda av pinnarna. Bearbetningsbottens ojämnhet var mycket mindre efter både plöjning och tallriksredskap (figur 12).

Effekten, och följdaktligen energiåtgången per meter arbetsbredd, ökade både med hastighet och bearbetningsdjup (figur 13).

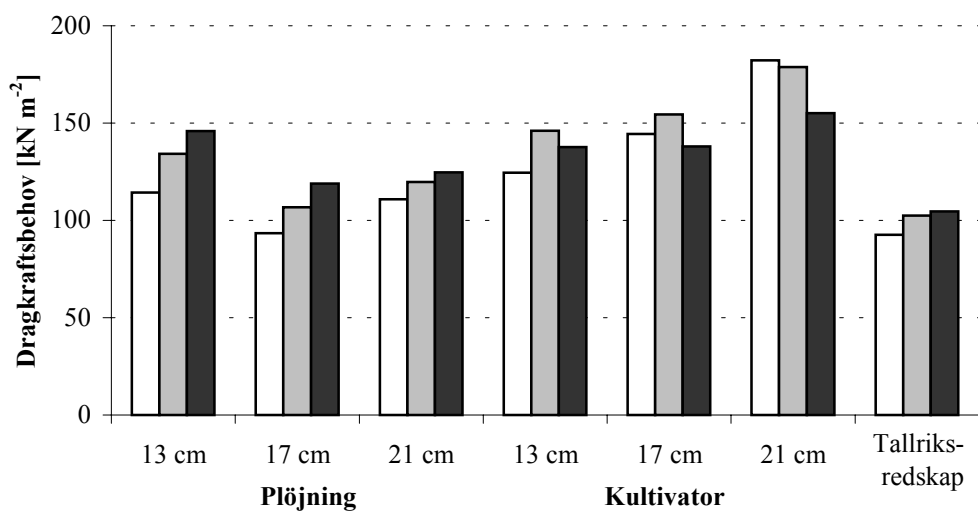


Figur 12. Exempel på bearbetningsbottens ojämnhet efter plöjning till 17 cm (mörkgrå linje), bearbetning med kultivator till 17 cm (svart linje) och bearbetning med tallriksredskap (ljusgrå linje) på lättleran. Medelvärde av 20 mätningar.



Figur 13. Effekt per meter arbetsbredd för de olika bearbetningarna på styva leran (svarta staplar) och på lättleran (vita staplar) med 4 km h<sup>-1</sup>.

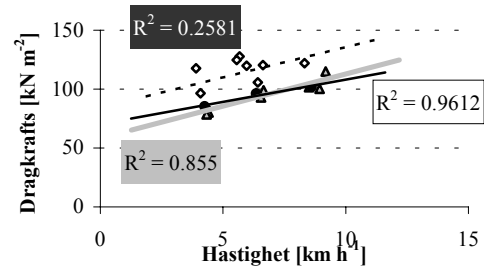
Beskrivs däremot dragkraftsbehovet i relation till den verkliga bearbetade jordmängden, så visar sig en annan bild (figur 14 och 15). Eftersom mängden bearbetad jord var mycket högre vid plöjning jämfört med kultivering, så blir dragkraftsbehovet liksom energiåtgången per meter arbetsbredd och meter bearbetningsdjup till och



Figur 14. Dragkraftsbehov per meter arbetsbredd och meter bearbetningsdjup för de olika bearbetningarna på styva leran med 4 km h<sup>-1</sup> (vita staplar), 6 km h<sup>-1</sup> (gråa staplar) och 9 km h<sup>-1</sup> (svarta staplar).

med mindre vid plöjning jämfört med bearbetning med kultivator

Dragkraften ökade med ökad hastighet (figur 16), oavsett bearbetningsdjup. Två effekter förklarar detta. Redskapet accelererar jordpartiklarna, vilket kräver energi. Partiklarnas energimängd är proportionell mot hastigheten i kvadrat. Dessutom är markens skjuvhållfasthet en funktion av belastningshastighet och ökar med ökad hastighet, vilket betyder att det krävs mer energi att bryta sönder aggregat med en högre hastighet.



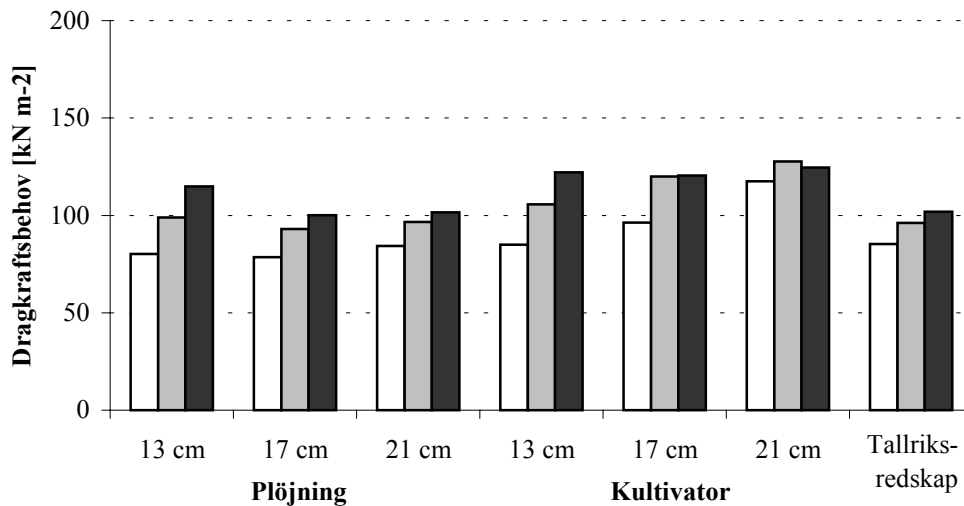
Figur 16. Dragkraftsbehov per meter bearbetningsbredd och meter bearbetningsdjup på lättleran som funktion av körhastigheten för plöjning (gråa trianglar), kultivator (vita rutor) och tallriksredskap (svarta cirklar), samt linjära regressionslinjer för de tre redskapen.

### Slutsatser

Vill man jämföra dragkraftsbehovet eller energiåtgången för olika redskap, så måste tas hänsyn till mängden jord som blir bearbetad. Resultat från försöket visade att mängden bearbetad jord var mycket högre vid plöjning jämfört med bearbetning med kultivator vid samma inställda bearbetningsdjup. Det

effektiva, genomsnittliga bearbetningsdjupet med kultivatoren var bara runt 10 cm, även om det bearbetades till 21 cm djup. Som följd blev bearbetningsbotten mycket ojämn efter bearbetning med kultivator.

Kontaktpersoner är Thomas Keller, telefon 018-671210 och Johan Arvidsson, telefon 018-671172.



Figur 15. Dragkraftsbehov per meter arbetsbredd och meter bearbetningsdjup för de olika bearbetningarna på lättleran med 4 km h<sup>-1</sup> (vita staplar), 6 km h<sup>-1</sup> (gråa staplar) och 9 km h<sup>-1</sup> (svarta staplar).

## Ekoskär och Kalk

Hösten 2000 startades två försök där möjligheterna att mekaniskt luckra plogsuleskiktet och att stabilisera den uppkomna luckringen med hjälp av släckt kalk undersöks. Luckringen genomfördes i samband med plöjningen med hjälp av ett så kallat ekoskär från Kverneland. Vid undersökningar av plogsuleskiktet som gjordes mer än ett halvår efter luckringen var genomsläpligheten av vatten högst i de led där slammad, släckt kalk hade tillförts.



Hösten 2000 lades två försök i försöksserie **R2-4124** ut på Ultuna med syfte att undersöka mekanisk luckring av plogsuleskiktet samt möjligheterna att stabilisera den uppkomna luckringen med släckt kalk. Luckringen genomfördes i samband med plöjningen med hjälp av ett s.k. ekoskär från Kverneland. Ekoskåret (ser i princip ut som ett vinklat järn) monterades på varje plogkroppens undersida. Varje sådant skär arbetade tio cm djupt och luckringen nådde därmed tio cm under plogdjupet. Försöken plöjdes till ca 20 cm och det innebar att ekoskåret luckrade skiktet 20-30 cm. Ekoskårets arbetsbredd på 22 cm innebar att drygt halva plogbredden luckrades då tiltbredden var 40 cm.

För att undersöka om luckringen går att stabilisera kemiskt tillfördes släckt kalk i samband med plöjningen. I båda försöken fanns försöksled där uppslammad kalk sprutades ut direkt i det luckrade skiktet i omedelbar anslutning till plöjningen. I ett av de två försöken spreds dessutom kalk över hela markytan före plöjningen.

Försöken ligger i omedelbar anslutning till varandra på Ultuna utanför Uppsala och jordarten utgörs av en styv lera. Lerhalten är 53 % i matjorden och 62 % i alven. Mullhalten är 3,5 % i matjorden och 0,4 % i alven. Samtliga led höstplöjdes i slutet av oktober år 2000. Nedan redovisas försöksleden i de två försöken;

- A1. Plöjning
- B1. Plöjning med ekoskär år 1
- C1. Plöjning med ekoskär år 1 och 2
- D1. Plöjning med ekoskär år 1, 2 och 3
- E1. Plöjn. med ekoskär år 1 + kalk i fåran år 1
- F1. Plöjning + kalk i fåran år 1

De båda försöken skiljer sig endast åt genom att 4 ton/ha släckt kalk spreds på markytan i försök nr. 1 före plöjning hösten år 2000.

I två led per försök spreds kalk direkt i fåran, vilket innebar att den släckta kalken först slammades upp i en tank och sedan pumpades ut direkt på plogfårornas botten i samband med plöjningen. Förhoppningen var då att kalken, i de led som luckrats med ekoskär, skulle rinna ned i det luckrade skiktet. Kalkgivan var i dessa led cirka 4,4 ton/ha.

Försöken kombisåddes den 9/5 med korn av sorten Filippa. Gödningsgivan var 271 kg NP-S 27-5 per hektar (73 kgN).



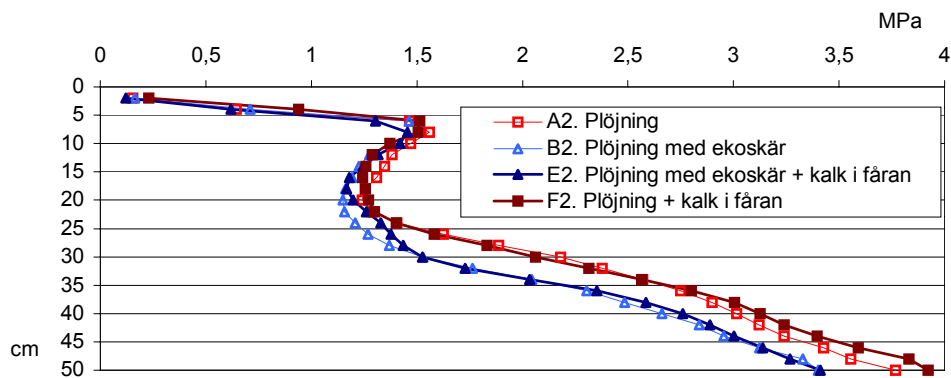
Fig. 17. Spridning av slammad, släckt kalk direkt i fåran.

### Resultat och diskussion

I mitten av maj mättes penetrationsmotståndet i skiktet 0-50 cm. Mätningarna gjordes i försöksleden A, B, E och F i båda försöken. I figur 18 visas resultaten från mätningarna i försök nr. 2. I båda försöken hade ekoskårsleden (led B & E) signifikant lägre motstånd i alvens övre delar än motsvarande led utan ekoskär (led A & F). I samband med penetrometer-mätningarna undersöktes även vattenhalten i matjord och alv och av resultaten från dessa kan man konstatera att

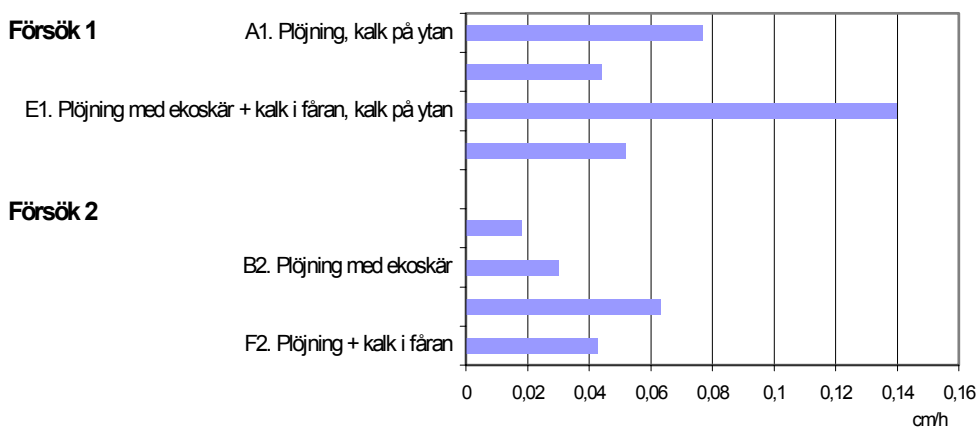
skillnaderna i penetrometermotstånd ej kunde förklaras av vattenhaltsskillnader.

För att undersöka om användningen av ekoskåret också hade förbättrat markens funktion undersöktes den mättade vattengenomsläppligheten i plogsuleskiktet, (figur 19). Vid denna undersökning var genomsläppligheten högst i ekoskårsleden där slammad, släckt, kalk hade tillförts direkt i fåran i samband med plöjningen (led E). Samtidigt visade sig ekoskårsledet utan kalk i fåran (led B) ha relativt låg genomsläpplighet. I försök nr. 1, där kalk spreds på ytan, var genomsläppligheten till och med lägst i just led B1. Det skall dock betonas att dessa skillnader ej var statistiskt signifikanta men resultaten antyder att luckringen var stabilare i ekoskårsledet där slammad kalk tillfördes i samband med bearbetningen. Det dåliga resultatet i ekoskårsledet utan kalkspridning i fåran (led B) pekar på riskerna med mekanisk alvluckring. All jordbearbetning förstör en del av maskgångarna och sprickorna i det bearbetade skiktet och görs denna bearbetning felaktigt eller under ogynnsamma förhållanden riskerar man att förlora mer än man vinner. Resultatet kan alltså bli att en befintlig struktur ersätts med en sämre.



Figur 18. Penetrationsmotstånd (MPa) i skiktet 0-50 cm i försök nr 2.





Figur 19. Mättad genomsläplighet av vatten (cm/h).

Skörderesultaten redovisas i tabellerna 16 och 17 nedan.

Tabell 16. Skörd i försök nr. 1. Över hela försöket spreds kalk på markytan

| Korn, Filippa                                  | kg/ha |
|--|-------|
| A1. Plöjning                                   | 5210  |
| B1. Plöjning med ekoskär år 1                  | 5250  |
| C1. Plöjning med ekoskär år 1 och 2            | 5220  |
| D1. Plöjning med ekoskär år 1, 2 och 3         | 5010  |
| E1. Plöjn. m. ekoskär år 1 + kalk i fåran år 1 | 5500  |
| F1. Plöjning + kalk i fåran år 1               | 5370  |
| LSD  |       |
| Signifikansnivå                                |       |

Tabell 17. Skörd i försök nr. 2

| Korn, Filippa                                  | kg/ha |
|--|-------|
| A2. Plöjning                                   | 4980  |
| B2. Plöjning med ekoskär år 1                  | 4870  |
| C2. Plöjning med ekoskär år 1 och 2            | 4990  |
| D2. Plöjning med ekoskär år 1, 2 och 3         | 4900  |
| E2. Plöjn. m. ekoskär år 1 + kalk i fåran år 1 | 5230  |
| F2. Plöjning + kalk i fåran år 1               | 5220  |
| LSD  | 220   |
| Signifikansnivå                                | *     |

I båda försöken var skörden högst i ekoskärsledet där kalk spreds direkt i fåran (led E) följt av det konventionellt plöjda ledet

där kalk spreds direkt i fåran (led F). I försök nr. 2 var den högre skörden i dessa två led statistiskt signifikant.

Kalkeffekterna visade sig också mycket tydligt i skörderesultaten. Ser man på skördesiffrorna går det inte att peka på någon tydlig skördehöjande effekt av ekoskåret. Däremot är kalkeffekten tydlig och dessutom statistiskt signifikant i försök nr. 2. I försök nr. 1, där kalk spreds på ytan före plöjning, var skörden genomgående högre än i försök nr. 2 och allra högst var skörden i de två leden där slammad kalk dessutom spreds direkt i fåran i samband med plöjningen (led E1 och F1). I försök nr. 2 gav leden med slammad kalk ungefär fem procent högre skörd än de övriga leden, en skillnad som var statistiskt signifikant. Sambandet var alltså: ju mer kalk desto högre skörd.

Kontaktperson är Urban Svantesson, tel. 070-4856269, eller Tomas Rydberg, 018-67 12 00.

## SÅBÄDDSBEREDNING OCH YTSKIKTETS FUNKTION

Såbäddsberedningen är ett kritiskt moment inom växtodlingen, då det gäller att få en säker groning och förhindra avdunstning från marken. Ämnet har varit föremål för omfattande studier vid avdelningen för jordbearbetning, bl.a. modellstudier av såbäddens funktion (olika aggregatstorlekar, sådjup, vattenhalter i såbädden m.m.).

Fältförsöken är främst inriktade på följande problemställningar:

- att anpassa såbäddsberedningen med avseende på jordart, gröda, klimat och odlingssystem
- att vara med och utveckla ny såteknik, speciellt sådan som är bättre lämpad för plöjningsfri odling
- att studera verkan av tidig sådd och en förenklad såteknik

De försök som f.n. pågår inom detta område är (startår inom parentes):

|         |   |        |
|---------|---|--------|
| R2-5070 | Försök med såplog                                   | (1999) |
| R2-4123 | Vårsådd vid utebliven höstbearbetning med fånggröda | (2001) |
| R2-4122 | Minimerad höstbearbetning till vårsådd              | (2001) |

## Försök med såplog

Under 1999 startades tre försök där en så kallad såplogs användbarhet på olika jordar prövas. Ett försök är beläget på en lättlera och de två övriga på mellanleror. Försöksåret 2001 fungerade såplogssystemet allra bäst på en mellanlera med 30 % ler i matjorden. Där gav såplogsledet som vältades efter sådd till och med högre skörd än det höstplöjda, konventionellt sådda ledet.



Under 1999 startades tre fastliggande försök i serie R2-5070 med Kvernelands såplog på Säby gård utanför Uppsala. För att undersöka hur såplogssystemet fungerar på olika jordar har de tre försöken lagts på fält med skilda lerhalter, 16 %, 30 % och 36 % ler i matjorden. Såplogssystemet innebär att plöjning och sådd sker i samma överfart, vilket gör att vårsådden normalt kan tidigareläggas 10-20 dagar. Såplogssystemet är således ett system med reducerad jordbearbetning (färre överfarter) och tidig sådd.

Våren 2000 prövades även Kvernelands ekoskär i två försöksled. Syftet med ekoskåret är att luckra skiktet omedelbart under plogen, det vill säga plogsulan.

Ekoskåret har formen av ett vinklat järn som monteras på plogkroppens undersida, och det arbetar tio cm djupt med en arbetsbredd på 22 cm. Vid bearbetningen av leden där ekoskåret ingick monterades ett ekoskär på varje plogkropp. Försöken plöjdes till cirka 20 cm djup och det innebär att ekoskåret luckrade skiktet kring 20-30 cm. Ekoskårets arbetsbredd på 22 cm innebär att drygt halva plogbredden luckrades då tiltbredden var 40-43 cm.

Söplogsförsöken är randomiserade blockförsök bestående av sex led i fyra upprepningar. I tabell 18 redovisas försöksleden.

Tabell 18. Försöksled

- A. Höstplöjning
- B. Vårplöjning
- C. Såplog
- D. Såplog + vältning
- E. Såplog + ekoskär år 2000
- F. Vårplöjning + ekoskär år 2000

De två försöken som är belägna på mellanleror med 30 respektive 36 % ler i matjorden såddes med havre av sorten Stork. Försöket som är beläget på en lättlera med 16 % ler i matjorden såddes med korn av sorten Filippa. De konventionellt sådda leden harvades två till fem gånger före sådden som utfördes med en konventionell såmaskin av märket Nordsten. Plogsådd utfördes vid för plogsådd optimal tidpunkt, dvs 10-20 dagar före konventionell sådd. Samtliga försöksled kombigödslades med 284 kg NP.S 27-5.3 per hektar (77 kgN/ha)

På grund av riklig nederbörd omedelbart efter plogsådden i försöket som är beläget på en mellanlera med 36 % ler utvecklades där en relativt kraftig skorpa. Skorpan bröts med hjälp av en såbäddsharv men resultatet blev inte bra.

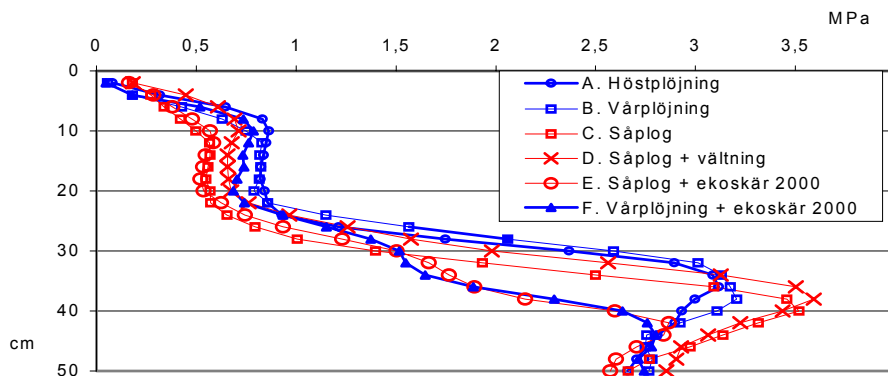
I försöket som är beläget på en lättlera (16 % ler) utvecklade såplogsleden en drygt centimeter tjock skorpa. Trots att skorpan var tunn och skör blev effekten kraftig i form av kornskott som inte förmådde tränga upp till ytan utan återfanns döda under skorpan. Ingen skorpbrytning gjordes på lättleran.

## Resultat och diskussion

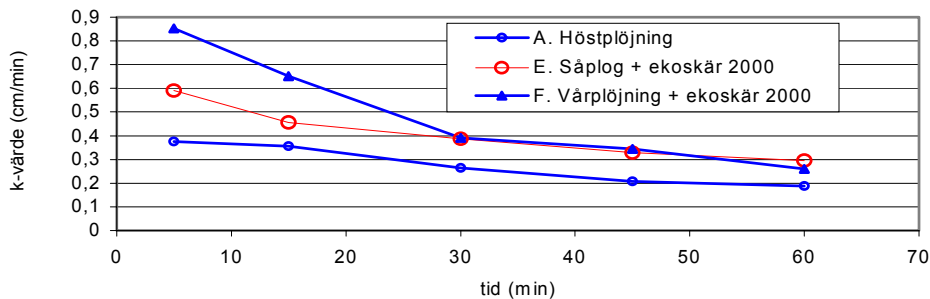
I försöken med lättast respektive styvast jord undersöktes penetrationsmotståndet i skiktet 0-50 cm. Mätningarna gjordes i mitten av maj. I figur 20 redovisas resultaten från penetrometermätningarna i försöket som är beläget på en lättlera (16 % ler). Såplogsleden hade i de flesta fall lägre penetrometermotstånd i matjorden än de konventionellt sådda leden. Det vältade såplogsledet hade betydligt högre motstånd än övriga såplogsled i hela matjorden. De försöksled som plöjdes med ekoskär monterat på plogkropparna våren 2000 hade betydligt lägre penetrometermotstånd i alvens översta del. Dessa resultat från penetrometermätningarna gäller för båda försöken och skillnaderna var på många djup statistiskt signifikanta. I samband med penetrometermätningarna undersöktes även

vattenhalten i matjord och alv och av resultaten från dessa kan man konstatera att skillnaderna i penetrometermotstånd ej kunde förklaras av vattenhaltsskillnader.

Strax efter sådd mättes infiltrationen av vatten i fält i de två försöken med högst respektive lägst lerhalt (36 % resp. 16 %). Infiltrationen mättes i skiktet från ca 25 cm och nedåt. Mätningarna utfördes i det höstplöjda ledet (led A), i ledet med såplog + ekoskär våren 2000 (led E) och i ledet med vårplöjning + ekoskär våren 2000 (led F). I figur 21 visas infiltrationen efter 5, 15, 30, 45 respektive 60 minuter i försöket som är beläget på mellanleran (36 % ler). På lättleran var infiltrationen efter 60 minuter högst i det höstplöjda ledet utan ekoskär. Inga skillnader i infiltrationshastighet var statistiskt signifikanta.



Figur 20. Penetrationsmotstånd (MPa) i skiktet 0-50 cm i såplogsförsöket beläget på en lättlera (16 % ler).



Figur 21. Infiltration av vatten i skiktet från 25 cm och nedåt som en funktion av tid i försöket beläget på en mellanlera med 36 % ler.

I slutet av augusti och början av september skördades försöken. Skörderesultaten redovisas i tabell 19.

Tabell 19. Skörd år 2001. I tabellhuvudet anges lerhalten på försöksplatsen ifråga. LSD värdet anger den minsta skillnad som krävs mellan två skördevärden för att dessa skall vara statistiskt signifikant skilda

| Lerhalt                     | 36%   | 30%   | 16%   |
|-----------------------------|-------|-------|-------|
|                             | Havre | Havre | Korn  |
|                             | kg/ha | kg/ha | kg/ha |
| A. Höstplöjning             | 4080  | 5570  | 3690  |
| B. Vårplöjning              | 1910  | 5200  | 3640  |
| C. Såplog                   | 1940  | 4190  | 1790  |
| D. Såplog + vältning        | 3060  | 5580  | 3110  |
| E. Såplog + ekoskär år 2000 | 1720  | 3830  | 2160  |
| F. Vårpl. + ekoskär år 2000 | 2660  | 5520  | 3980  |
| LSD                         | 730   | 650   | 390   |
| Signifikansnivå             | ***   | ***   | ***   |

I figur 22 visas skördeutvecklingen åren 1999-2001 för de försöksled som funnits med från försökets start.

Ett välkänt problem vid tidig sådd är den ökade risken för kraftiga regn och att en hämmande skorpa utbildas innan grödan hinner komma upp. Detta drabbade såplogsleden i försöket på den styvaste mellanleran (36 % ler). Den konventionella sådden gjordes mer än två veckor senare än plogsådden och klarade sig från skorpbildning. Trots att en skorpbygning gjordes i såplogsleden blev skadorna omfattande.

Skorpbildning ställde även till problem i försöket som är beläget på en lättlera med 16 % ler i matjorden. Detta försök såddes efter det kraftiga regnet som åstadkom skorpan i det ovan nämnda försöket. Trots det utbildades en skorpa i såplogsleden. Skorpan var tunn och relativt skör men fick allvarliga konsekvenser i form av ett stort antal döda skott som inte hade klarat att ta sig upp.

Ovanstående resonemang kring skorpbildning pekar på vikten av att inte så om större nederbördsmängder väntas de närmaste dagarna. En faktor som kan ha förstärkt skorpbildningens negativa effekter i försöken var det relativt stora sådjupet. Såplogen ger

ingen väldefinierad såbotten där utsädet kan placeras. Det gör att kärnorna inte ligger på ett enhetligt djup utan är placerade i ett relativt brett ytskikt. Rädslan för att utsädet skulle placeras för grunt gjorde i våras att det placerades på ett djup som förmodligen var för stort. Många skott hade troligen alltför lite energi och näring kvar när de nådde ytan.

Försöket som är beläget på en mellanlera med 30 % ler i matjorden, såddes samtidigt som lättjordsförsöket men drabbades ej av någon skorpbildning. Det berodde förmodligen på den högre lerhalten och den därav högre strukturabiliteten. På en jord med så hög lerhalt som 30 % undviker man normalt att utföra den primära bearbetningen på våren. Därför är det intressant att konstatera att såplogsledet med vältning var det försöksled som gav allra högst skörd i år. Skillnaden var dock bara 10 kg/ha jämfört med det höstplöjda, konventionellt sådda, försöksledet och 70 kg/ha jämfört med ett av de vårplöjda, konventionellt sådda, leden.

Såplogsleden som vältades har gett bättre skörd än övriga såplogsled på alla tre försöksplatser alla tre försöksår. En del av förklaringen till det kan vara den indirekta minskning av sådjupet som en vältning innebär. I och med att ytlagret trycks ihop och kompakteras så får ju utsädeskärnan kortare väg till markytan. Den viktigaste förklaringen till högre skörd är antagligen att återpackning ökade markens ledningsförmåga för vatten och näringsämnen.

Våren 2000 prövades även Kvernelands Ekoskär i såplogsförsöken. Ekoskåret luckrade skiktet omedelbart under plogdjupet, dvs plogsulan. Frågan är dock hur stabil sådan luckring är. Tidigare erfarenheter har visat att effekterna av mekanisk alvluckring oftast är osäkra och kortlivade. Därför var resultaten från penetrometer-mätningarna, som gjordes i mitten av maj, mycket intressanta. Dessa mätningar av markens mekaniska motstånd gjordes mer än ett år efter luckringen. Mätningarna visade att penetrometermotståndet var betydligt lägre i

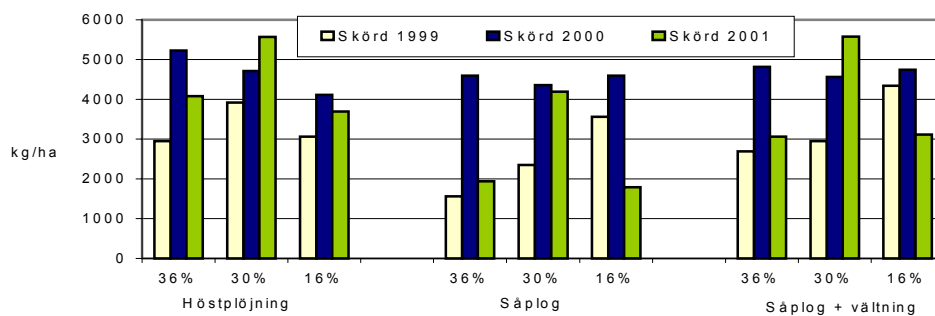
de led där Ekoskåret användes våren 2000. Skillnaden mellan leden med och utan Ekoskär var ungefär lika stora som vid mätningarna som gjordes våren 2000.

Penetrometermätningarna visade också att såplogsleden i de flesta fall var betydligt luckrare i matjordsskiktet än de konventionellt sådda leden. Det resultatet är naturligt eftersom ingen annan sekundär bearbetning görs än den som åstadkoms av tiltpackaren och såbillarna. Det luckrare tillståndet bör ha försämrat den kapillära upptransporten av vatten genom matjorden. Detta gäller i synnerhet de två försöken belägna på mellanleror. På lättleran kan man förvänta sig att den grövre kornstorleksfördelningen i kombination med dess lägre aggregatstabilitet gjorde att jorden snabbt återfick förmågan till kapillär transport genom det luckrade skiktet. Det är heller ingen tvekan om att såplogssystemet gav en grövre såbädd på mellanlerorna än vad konventionell såbäddsberedning gjorde. En grövre såbädd ger ett sämre avdunstningsskydd, vilket kan leda till snabba och stora förluster av vatten till atmosfären. Den högre potentiella avdunstningen i kombination med försämrad kapillär upptransport av vatten gör att risken är stor för att vattenbrist skall försämrast beståndets etablering och tillväxt i såplogssystemet, när det används på jordar med hög lerhalt. Den grövre såbädden i

kombination med att såplojen inte gav någon egentlig såbotten ökar risken för dålig uppkomst. Under den relativt torra växtsäsongen år 2001 samverkade ovanstående faktorer vilket bidrog till det dåliga resultatet i såplogsleden på den styvaste leran.

För att undersöka om användningen av Ekoskär även förbättrat markens funktion undersöktes plogsuleskiktet också med avseende på mättad genomsläpplighet av vatten, torr skrymdensitet, rotdensitet och infiltration i fält. Alla undersökningar utom den sistnämnda gjordes i laboratoriet på jordprover tagna i respektive försök. Dessa undersökningar pekade dock inte på någon entydig förbättring i leden som bearbetats med Ekoskär våren 2000. Till exempel visade sig genomsläppligheten för vatten i plogsuleskiktet vara lägre i såplogsledet, med ekoskär monterat våren 2000, än för såplogsledet utan ekoskär. Det väcker farhågor om att ekoskåret kan ha förstört en befintlig, god, struktur. Det skall dock betonas att undersökningen av genomsläppligheten endast gjordes på lättleran.

Kontaktperson är Urban Svantesson, tel. 070-4856269, eller Tomas Rydberg, 018-67 12 00.



Figur 22. Skördeutveckling 1999-2001, i leden höstplöjt, såplog och såplog + vältning. Procentsatsen under respektive stapel anger lerhalten på försöksplatsen ifråga.

## Vårsådd vid utebliven höstbearbetning med fånggröda

För att undersöka möjligheten att vårbearbeta lerjordar bevuxna med fånggröda inleddes våren 2001 en försöksserie som jämför grund bearbetning på våren med andra bearbetningsmetoder. Resultaten visar att trots en mindre fördelaktig såbädd så gav grund bearbetning till endast 5-6 cm god uppkomst och lika bra skörd som referensledet höstplöjning.

För att minska det i vissa områden omfattande läckaget av kväve från åkerjord, har ett stort intresse för en ändrad bearbetningsstrategi vuxit fram. Senarelagd primärbearbetning kombinerat med en välväxt fånggröda har i försök på lättjord minskat kväveläckaget med 15-17 kg/ha och år. Att senarelägga primärbearbetningen, eller gå över till vårbearbetning, är vanligt och att rekommendera på lättare jordar. På lerjordar behövs vinterns strukturbildande effekt efter primärbearbetningen, varför vårbearbetning är mycket ovanlig.

I ett försök att vårbearbeta lerjordar med fånggröda och samtidigt undvika problemen med vårplöjning, startades våren 2001 en försöksserie på Ultuna, **R2-4123**, där grund bearbetning till 5-6 cm infördes som primärbearbetning. Den grunda bearbetningen utfördes med ett redskap från Väderstad-Verken AB, kallat Rexius Carrier.



Rexius Carrier är en tung vält kombinerat med ett förredskap, kallat System Disc. Förredskapet är uppbyggt av två rader, tätt monterade, skålade tallrikar. En tät delning, och en kraftigt vinklad infästning samt en körhastighet i 10-14 km/h gör att hela ytan blir bearbetad ned till inställt arbetsdjup på en överfart.

Försöksseriens tre försök lades ut på Säby, strax söder om Uppsala, på jordar med

20, 30 och 40 % ler, och med följande försöksplan:

A=Höstplöjning + 2 harvningar

B=Vårplöjning + 3 harvningar

C=Rexius Carrier 1 g.

D=Rexius Carrier 2 ggr.

E=Vårplöjning + Rexius Twin

F=Tallriksredskap 2 ggr. + 1 harvning

Före de plöjningsfria bearbetningarna bekämpades fånggrödan med ett totalverkande preparat. Vårbruket inleddes med vårplöjning den 19 april. Huvuddelen av bearbetningarna gjordes sedan den 9 maj, varpå havresådd följde den 10 maj. Sådden gjordes med en skivbillmaskin typ Rapid.

Efter sådden gjordes en såbäddsundersökning, där såbäddens djup, yt- och bottenjämnhet, aggregatstorleksfördelning och vattenhalt analyserades. Två respektive fyra veckor efter sådd räknades plantantalet. Fyra veckor efter sådd bestämdes mängden örtogräs i försöken. Den 31 augusti avslutades säsongens arbete med skörd av havren.

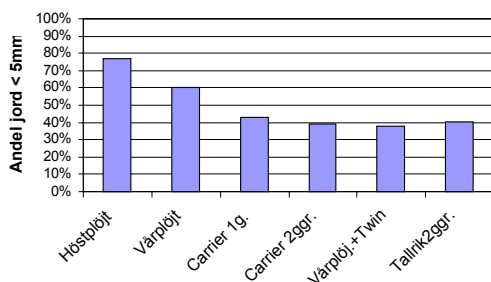
### Resultat

Resultaten från undersökningen av såbäddens jämnhet och bearbetningsdjup påverkades av metodiska problem med halm och fånggröderester, vilket gjorde att det är svårt att dra säkra slutsatser.

Resultaten från såbäddens aggregatstorleksfördelning visar att det, i led A, som legat plöjt under vintern och utsatts för frost tillsammans med bevättnings- och upptorkningsprocesser, skapats en fin struktur. På den lätta och den styva leran har led E den minsta andelen jord <5 mm, detta

beroende på att vinterns klimatpåverkan uteblivit och att redskapet inte har förmått sönderdelat aggregaten. Det senare kan bero på att jorden var för torr vid körning med Rexus Twin. En annan faktor som kan ha stor betydelse för andelen jord <5 mm är vattenhalten i jorden vid den sista bearbetningen innan sådd. I de led som inte plöjdes var vattenhalten troligen betydligt högre i ytan, på grund av att biomassan bromsat avdunstningen från markytan, vilket påverkar sönderdelningen negativt.

Noterbart är att en överfart med Rexus Carrier har gett en större andel jord mindre än 5 mm än två överfarter, se figur 23. Mängden jord mindre än 5 mm påverkades ej av den andra överfarten. Däremot ökade den totala mängden lösgjord jord, vilket minskade andelen jord mindre än 5 mm

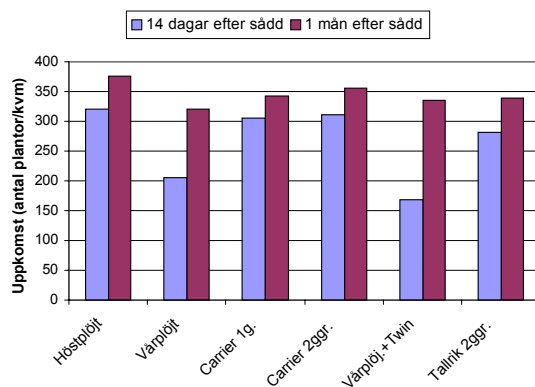


Figur 23. Andelen jord i såbädden <5mm, medeltal för samtliga försök.

Eftersom sådden utfördes med en skivbillsåmaskin till ett djup som i medeltal var större än såbäddens djup, styrdes uppkomsten till stor del av vattenhalten i såbäddens botten. En regressionsanalys av sambandet mellan vattenhalten i såbäddens

botten och uppkomsten efter 14 dagar bekräftade detta ( $r^2 = 0,57$ ). Sambandet visade sig också med önskvärd tydlighet vid första uppkomsträkningen, 14 dagar efter sådd. De vårplöjda leden hade klart lägre vattenhalt i såbäddsbotten, vilket resulterade i klart sämre uppkomst (figur 24).

Efter de två uppkomsträkningarna konstaterades att uppkomsten i de två vårplöjda leden hade hämtat sig. Som figur 24 visar så fanns det vid räkningen en månad efter sådd fortfarande tendenser till ledskillnader. Man kunde konstatera, att de vårplöjda leden hade något sämre uppkomst, men återhämtningen var så kraftig att skillnaderna inte längre var signifikanta.



Figur 24. Uppkomsten efter 14 dagar och 1 månad efter sådd i genomsnitt för samtliga försök.

En månad efter sådd bestämdes örtgräsförekomsten i varje led. Örtgräsförekomsten var klart lägre i de led som endast var grunt bearbetade. Skillnaderna var statistiskt signifikanta i försöken med 30 och 40 % ler, men ej i försöket med 20 % ler, se tabell 20.



Tabell 20. Resultat från ogräsräkningen. Medelvärden med samma bokstav är inte signifikant skilda,  $p < 0,05$

| Led                       | Örtogräsförekomst (ogräs/kvm) |         |         |        |
|---------------------------|-------------------------------|---------|---------|--------|
|                           | 20% Ler                       | 30% Ler | 40% Ler | Medel  |
| Höstplöjning + 2 harv.    | 293                           | 317 A   | 485 AB  | 365 BC |
| Vårplöjning + 3 harv.     | 361                           | 385 A   | 542 A   | 429 A  |
| Carrier, 1 gång           | 180                           | 117 B   | 119 C   | 139 D  |
| Carrier, 2 gång           | 268                           | 142 B   | 135 C   | 182 D  |
| Vårplöj.+Twin             | 425                           | 403 A   | 413 B   | 414 AB |
| Tallriksredskap + 1 harv. | 364                           | 352 A   | 226 C   | 314 C  |

Skörderesultaten visade klara signifikanta skillnader mellan leden i samtliga försök. Generellt blev skillnaderna väldigt tydliga mellan de vårplöjda leden och de plöjningsfria leden. Noterbart är också att det inte i något försök gick att skilja en Carrier-körning, två Carrier-körningar, samt tallriksredskap med en efterföljande harvning, se tabell 21.

Det höstplöjda referensledet skiljde sig inte signifikant från de plöjningsfria leden i vare

sig försöket med 20% ler eller i försöket med 40% ler, medan i försöket med 30% ler blev skörden signifikant lägst i de höstplöjda ledet, något som kan tyckas vara märkligt. Skördenivåerna var totalt sett något låga, medelskörden låg på 3550 kg/ha, sett över de tre försöken totalt. Orsaken kan tänkas vara en mycket torr vår, kombinerat med en relativt lågt hållen kvävegiva (70 kg N/ha), tänkt att minska risken för liggsäd.

Tabell 21. Skörd, Kg/ha och relativtal (plöjning=100) i försökserie R2-4123 2001. Medelvärden med samma bokstav är inte signifikant skilda,  $p < 0,05$

| Försök nr                   | 680/2000        | 681/2000        | 682/2000        |
|-----------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| Län, plats                  | Ultuna          | Ultuna          | Ultuna          |
| Jordart                     | LL              | ML              | SL              |
| Förfrukt                    | Korn med insådd | Korn med insådd | Korn med insådd |
| Gröda                       | Havre           | Havre           | Havre           |
| A=Höstplöjning + 2 harv.    | 3990 A (100)    | 3330 C (100)    | 3320 A (100)    |
| B=Vårplöjning + 3 harv.     | 3470 B (87)     | 3700 B (111)    | 2420 B (73)     |
| C=Carrier, 1 gång           | 3910 A (98)     | 4260 A (128)    | 3380 A (102)    |
| D=Carrier, 2 gång           | 3990 A (100)    | 4190 A (126)    | 3510 A (106)    |
| E=Vårplöj.+Twin             | 3270 B (82)     | 3640 B (109)    | 2260 B (68)     |
| F=Tallriksredskap + 1 harv. | 3780 AB (95)    | 4030 A (121)    | 3400 A (102)    |

Försöksresultaten från säsongens försöksserie visar att det under årets förhållanden gick utmärkt att vårbearbeta lerjordar be vuxna med fånggröda. Den grunda vårbearbetningen gav väl så god skörd som konventionell höstplöjning. Fortsatta försök får utvisa om säsongens goda resultat går att upprepa även kommande säsong. Om så är

fallet, öppnar sig stora möjligheter att förändra bearbetningsprinciperna på lerjordar, mot extensivare och samtidigt mer miljöinriktade bearbetningstrategier. Kontaktpersoner för försöksserien är Tomas Rydberg, 018/671200 och Fredrik Andersson, 070/5142605.

## Minimerad höstbearbetning till vårsådd

**Hösten 2000 startades ett försök med grund bearbetning till 5-6 cm med Väderstads Rexius Carrier. Havreskörden blev relativt god, 5200 kg/ha i medeltal. En klar tendens för ökat skörd vid ökat bearbetningsdjup kunde konstateras, dock blev inga skillnader signifikanta.**

Grund bearbetning till 5-6 cm har på ett par år blivit ett alternativ till den sedvanliga plöjningsfria bearbetningen, främst i Frankrike, Tyskland och Storbritanien. Tanken är att undvika alltför stor luckring, att bevara den naturliga strukturen i marken samt att med ett minskat bearbetningsdjup minska dragkraftsbehovet. Väderstad-Verken AB tillverkar sedan ett par år tillbaka ett redskap som är ämnat för grund bearbetning, kallat Rexius Carrier med System Disc.



Redskapet består av en tung vält och ett förredskap, kallat System Disc. Förredskapet är uppbyggt av två rader, tätt monterade, skålade tallrikar. Tallrikarnas täta delning, kombinerat med en kraftigt vinklad infästning och en körhastighet i 10-14 km/h gör att hela ytan blir bearbetad ned till inställt arbetsdjup på en överfart.

Hösten 2000 startades ett försök med Rexius Carrier i syfte att inleda försök med grund bearbetning i mellansverige. Försöket, **R2-4122**, placerades på Ultuna på en styv lera.

Försöksleden framgår av tabell 22. Vid det sista bearbetningstillfället, den 5 oktober, var marken mycket blöt, varvid resultatet blev rejält kokigt och ojämnt.

Vårbruket bestod i att hela försöket vårsåddes med havre den 2 maj, utan föregående bearbetning förutom led G som harvades två gånger. Sådden skedde med en skivbillssåmaskin typ Rapid.

### Resultat

I försöket gjordes räkningar av både plantuppkomst och örtogräsförekomst, dock utan att några ledskillnader kunde påvisas.

Skörden av havren skedde den 23 augusti. Skörden var relativt god, i medeltal 5200 kg/ha, speciellt med tanke på att försommaren var mycket torr. Ledskillnaderna var ej statistiskt signifikanta. Man kan dock se en klar tendens att ett ökande bearbetningsdjup gav en ökad skörd. Högst skörd var det i det plöjda ledet och lägst i ledet endast bearbetat till 5-6 cm, se tabell 23. Förutom den minimerade luckringen var troligtvis de dåliga bearbetningsförhållandena under senhösten 2000 orsaken till skördeminskningen i de grundare bearbetade leden. Försöket avslutades i och med säsongen 2001, och övergick i försök med grund bearbetning till höstsäd. Kontaktpersoner är Tomas Rydberg, 018/671200 och Fredrik Andersson, 070/5142605.

Tabell 22. Försöksplan för försök R2-4122

|   | Bearbetningsdjup   |
|---|--------------------|
| A=Tallriksredskap 2 ggr. + vältning 1 g. efter första bearbetningen | 10-12 cm           |
| B=Tallriksredskap 2 ggr.  | 10-12 cm           |
| C=Kultivator 2 ggr. + vältning 1 g. efter första bearbetningen      | 10-15 cm           |
| D=Kultivator 2 ggr.   | 10-15 cm           |
| E=Rexius Carrier 1 g. + Kultivator 1 g.                             | 5-6 resp.10-15 cm  |
| F=Rexius Carrier 2 ggr.   | 5-6 cm             |
| G=Konventionell plöjning + 2 harvningar                             | 20-22 resp. 4-5 cm |

Tabell 23. Skörd, kg/ha och relativtal (plöjning=100) i försöksserie R2-4122 2001

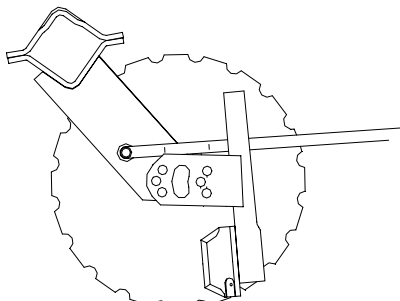
|   |          |     |
|---|----------|-----|
| Försök nr   | 679/2000 |     |
| Län, plats  | Ultuna   |     |
| Jordart   | SL       |     |
| Förfrukt  | Höstvete |     |
| Gröda   | Havre    |     |
| A=Tallriksredskap 2 ggr. + vältning 1 g. (10-12 cm) | 5070     | 93  |
| B=Tallriksredskap 2 ggr. (10-12 cm)                 | 5280     | 96  |
| C=Kultivator 2 ggr. + vältning 1 g. (10-15 cm)      | 5310     | 97  |
| D=Kultivator 2 ggr. (10-15 cm)                      | 5370     | 98  |
| E=Carrier 1 g. + Kultivator 1 g. (5-6 och 10-15 cm) | 5040     | 92  |
| F=Carrier 2 ggr. (5-6 cm)                           | 5000     | 91  |
| G=Konventionell plöjning (20-22 cm)                 | 5480     | 100 |



## Fröplacering och vertikal rörelse för en fjädrande såbill på Väderstads rapidsåmaskin

**Vid vårsådd under torra förhållanden är det viktigt att utsädet placeras där det finns tillräckligt med fukt. För att Väderstad-Verkens rapidsåmaskin ska bli bättre på detta har en fjädrande såbill tagits fram och testats. Fastän den fjädrande såbilden inte var följsam gentemot bearbetningsbotten, gav den bättre fröplacering och uppkomst än den vanliga rapidbilden.**

En såmaskins främsta uppgift är att placera utsädet i rätt mängd och på rätt djup. För att få ner utsädet i marken används någon typ av såbill. Oavsett vilken typ av såbill som används, måste utsädet placeras där det finns tillräckligt med syre, värme och fukt för att gro. Väderstad-Verkens rapidsåmaskin placerar utsädet på ett visst djup i förhållande till markytan, utan att följa jordmotståndet, se figur 25. Detta kan leda till att utsädet hamnar lite för grunt. Vid vårsådd på lerjordar under torra förhållanden kan en för grund sådd medföra att utsädet får svårt att gro vilket leder till sämre uppkomst. För att förbättra rapidsåmaskinens förmåga att alltid placera utsädet i fuktig jord har Väderstad-Verken AB tagit fram en ny typ av såbill. Denna såbilden är liksom den vanliga rapidbilden placerad bredvid en tallrik som går på ett visst djup i förhållande till markytan. För att såbilden ska kunna röra sig är den ledat infäst och fjäderbelastad. Detta möjliggör att såbilden kan röra sig ca. 15 mm och gå djupare än den nuvarande bilden som sitter fast monterad i förhållande till tallriken. Tanken är att detta ska göra såbilden mera följsam och mindre känslig för sten. Syftet



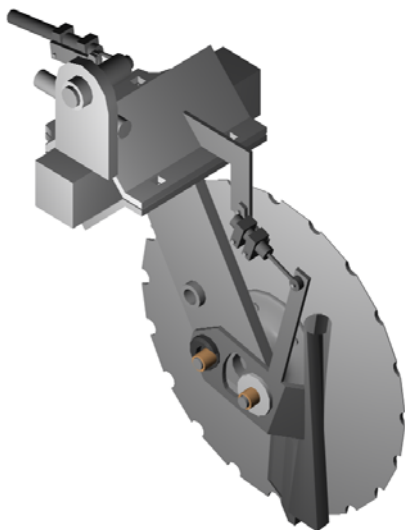
Figur 25. Väderstad Rapid skivbill. Utsädet placeras på ett visst djup i förhållande till markytan

med examensarbetet var att jämföra den nya fjädrande såbilden med den vanliga fasta rapidbilden.

För att undersöka fröplacering och uppkomst efter sådd lades ett försök ut på Ultuna. Försöket såddes med tre olika typer av såbillar: Den vanliga typen av rapidbill, den nya typen av rapidbill med hård fjäder och den nya typen av rapidbill med lös fjäder. Dessutom kördes försöket med tre olika såddjup. För att se hur de fjädrande såbillarna rörde sig under sådd, gjordes ett annat fältförsök. I detta försök användes en nykonstruerad mätutrustning bestående av lägesgivare som registrerade billrörelserna, se figur 26. En givare satt på en såbill med hård fjäder och en givare satt på en såbill med lös fjäder. Försöket kördes med fyra olika såddjup och med tre olika körhastigheter.

### Resultat

Andel kärnor som var placerade på eller under bearbetningsbotten för olika såbillar, såddjup och antal harvningar framgår av tabell 24. I jämförelse med den vanliga rapidbilden var andelen rätt placerade kärnor signifikant högre, oavsett fjädertyp, för den fjädrande såbilden. Det fanns däremot inga signifikanta skillnader mellan såbillar med hård fjäder och de med lös fjäder. Såddjupet hade också stor betydelse för fröplaceringen. Det var signifikant större andel rätt placerade kärnor vid 5 cm såddjup än vid 3 cm såddjup. Även antalet harvningar hade betydelse för fröplaceringen. Tre harvningar gav signifikant fler kärnor placerade på eller under bearbetningsbotten än en harvning. Resultatet av uppkomsträkningen framgår av tabell 24. Signifikanta skillnader både för olika såbillar och olika såddjup kunde påvisas.



Figur 26. Lägesgivarnas placering på skivbillen.

Uppkomsten blev signifikant bättre, oavsett fjädertyp, för den fjädrande såbillen i jämförelse med den vanliga rapidbillen. Det fanns däremot inga signifikanta skillnader mellan såbillar med hård fjäder och de med lös fjäder. Uppkomsten vid 4 cm sådjup blev signifikant sämre än vid 5 cm sådjup men signifikant bättre än vid 3 cm sådjup. Även att harva tre gånger istället för en gav signifikant högre uppkomst. Anledningen till att de fjädrande såbillarna var bättre på att placera utsädet på ett, för groningen, lämpligt djup var att de hade möjlighet att gå ner djupare i jorden än den vanliga såbillen som är fast monterad i förhållande till tallriken.

Medeldjup från såbillarnas toppläge och standardavvikelser för såbillarnas läge för olika såhastigheter, sådjup, såbillar och antal harvningar framgår av tabell 25. Det fanns signifikanta skillnader mellan såbillen med hård fjäder och den med lös, både vad gäller medeldjup och standardavvikelse. Såbillen med hård fjäder gick djupare och hade lägre standardavvikelse än såbillen med lös fjäder. Det var signifikanta skillnader på medeldjupet för olika sådjup och för olika såhastigheter. Såbillarna gick djupare, i förhållande till skivan, ju grundare man sådde. Sådjupet inverkar också på standardavvikelsen, som var signifikant lägre vid 3 och 6 cm sådjup än vid 4 och 5 cm sådjup. Såhastigheten påverkade inte standardavvikelsen. Däremot blev medeldjupet för såbillarna signifikant lägre vid sådd i 12 km/h än vid sådd i 9 och 6 km/h. Sådjupet för de båda lägre hastigheterna skiljde sig ej signifikant

Exempel på hur såbillarna rörde sig ges i figur 27 och figur 28. Ur dessa figurer framgår att såbillarna rörde sig med en frekvens mellan 55 och 95 Hz och med en amplitud från några mm upp till ca. 10 mm. Svängningarna blev mindre påtagliga vid högre hastigheter. Såbillen med den hårdare fjädern hade en stabilare svängning och påverkades inte lika mycket av körhastighet och sådjup, den hade dessutom något högre frekvens. Det gick inte att se något samband mellan hur de fjädrande såbillarna rörde sig och ojämnheter på bearbetningsbotten. Den

Tabell 24. Andelen kärnor placerade på eller under bearbetningsbotten och medelantalet uppkomna plantor i en 0,5x0,5m stor ruta för olika såbillar, sådjup och antal harvningar. Värden som ej följs av samma bokstav är signifikant skilda ( $P < 0,05$ )

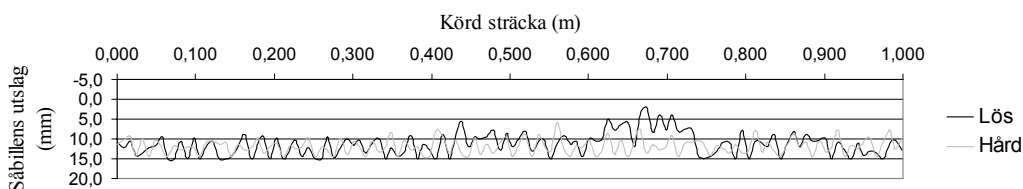
| Led                    | Andelen rätt placerade kärnor, % | Antal plantor / 0,25 m <sup>2</sup> |
|------------------------|----------------------------------|-------------------------------------|
| Vanlig rapidbill       | 70 b                             | 34,9 b                              |
| Såbill med hård fjäder | 78 a                             | 55,9 a                              |
| Såbill med lös fjäder  | 78 a                             | 51,5 a                              |
| Sådd till 3 cm djup    | 71 a                             | 32,3 a                              |
| Sådd till 4 cm djup    | 75 ab                            | 46,2 b                              |
| Sådd till 5 cm djup    | 79 b                             | 61,8 c                              |
| Harvning en gång       | 71 a                             | 38,6 a                              |
| Harvning tre gånger    | 79 b                             | 56,2 b                              |

Tabell 25. Medeldjupet i mm från såbillens toppläge och standardavvikelsen för såbillens läge för olika såhastigheter, såddjup, såbillar och antal harvningar. Värden med olika bokstäver är signifikant skilda ( $P < 0,05$ )

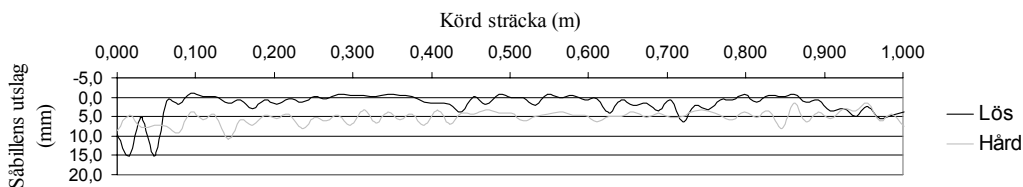
| Led                    | Medeldjup | Standardavvikelse |
|------------------------|-----------|-------------------|
| Sådd i 6 km/h          | 8,1 a     | 3,5               |
| Sådd i 9 km/h          | 7,7 a     | 3,5               |
| Sådd i 12 km/h         | 6,8 b     | 3,5               |
| Sådd till 3 cm djup    | 10,5 a    | 3,2 b             |
| Sådd till 4 cm djup    | 8,8 b     | 3,8 a             |
| Sådd till 5 cm djup    | 6,6 c     | 3,7 a             |
| Sådd till 6 cm djup    | 4,2 d     | 3,2 b             |
| Såbill med hård fjäder | 8,3 a     | 3,1 a             |
| Såbill med lös fjäder  | 6,8 b     | 3,9 b             |
| Harvning en gång       | 6,6       | 3,6               |
| Harvning tre gånger    | 8,5       | 3,4               |

fjädrande såbillen följde alltså inte jordmotståndet och var därmed inte följsam. Den stora fördelen med den fjädrande såbillen var att den har möjlighet att gå ner djupare än den vanliga rapidbillen. För att den fjädrande såbillen ska bli följsam och därmed ha större möjlighet att placera utsädet på ett lämpligt djup, vore ett antal omkonstruktioner lämpliga. Såbillen måste kunna röra sig mer, framför allt neråt.

Såbillen bör ha längre länkarm med lågt placerad ledpunkt och mindre friktion i infästningen. Det bör dessutom gå att justera fjäderkraften. För att verkligen kunna bestämma vilken konstruktion som skulle fungera bäst, behövs det fler tester av olika prototyper. Kontaktpersoner är Johan Karlsson, 070 359 84 56, och Johan Arvidsson, 018 67 11 72.



Figur 27. Sådillarnas rörelse under 1 m vid sådd till 3 cm djup och i 6 km/h.



Figur 28. Sådillarnas rörelse under 1 m vid sådd till 6 cm djup och i 12 km/h.

## Inverkan av bearbetningstidpunkt och vattenhalt på såbäddens bearbetbarhet

Under våren 2000 utfördes ett fältförsök om inverkan av tidpunkten för vårbruket på såbäddens fysikaliska egenskaper. Försöket utfördes på en styv lera på Kungsängen utanför Uppsala, där försöksrutor i ett höst-plöjt fält harvades vid tio olika tidpunkter på våren, med 3 till 5 dagars mellanrum. Efter harvningarna ökade andelen aggregat mindre än 2 mm från ca 40% i början av april till cirka 60% vid de sista fyra behandlingarna i maj medan skrymdensiteten inte påverkades av harvningarna trots att marken i lagren under 4 cm var ganska fuktiga. Följaktligen var markens bearbetbarhet den viktigaste faktor för lämplig bearbetningstidpunkt och inte risken för markpackning.

I det relativt torra klimatet i norra Europa är ett mål för vårbruket att öka andelen aggregat i storleksfraktionen 0,5 – 2 mm för att förbättra kontakten frö-jord och för att minska evaporationen som sker genom konvektionsförluster. En aggregatandel på minst 40% mindre än 2 mm eller 50% mindre än 5 mm är önskvärd i såbädden för att dämpa evaporationen under den torra perioden som ofta förekommer under de första veckorna i maj. Trots att vattenhalten har en stor inverkan på markens bearbetningsegenskaper har bara några få studier genomförts under nordiska förhållanden. Därför utfördes ett fältförsök för att undersöka effekterna av bearbetningstidpunkt på våren på såbäddens egenskaper och på packningen i matjorden.

### Försökets utförande

Försöket genomfördes på en styv lera (48,8% ler, 29,7% mjåla, 21,5 % sand, 3,2 % organisk substans) under våren år 2000 i Uppsala (Kungsängen). Såbäddsberedningen (3 harvningar) genomfördes i försöksrutor (8 x 8 m<sup>2</sup>) var tredje till femte dag från början av april till mitten av maj. För att minska packningsriskerna användes dubbelmontage på alla traktorhjul, med ett ringtryck på ca 40 kPa.

Några av de variabler och parametrar som mättes i såbädden var: vattenhalten i såbädden (fyra lager, före och efter bearbetningen), harvbottens jämnhet, tjocklek av det torra ytlagret, bearbetningsdjup, aggregatstorleksfördelning, skrymdensitet, penetrationsmotstånd och

andra fysikaliska egenskaper som textur och plasticitet.

### Resultat

Efter vintern hade marken på försökplatsen en god froststruktur, speciellt ytlagret som var luckert med granulära aggregat. Vattenhaltsskiktningen var tydlig redan i början av april, och samma mönster erhöles under hela försöksperioden med undantag av korta perioder efter regn när markytan blev fuktig. Tjockleken av det torra ytlagret varierade mellan 0,5 cm och 2 cm med en vattenhalt på ca 5% (vikt/vikt) medan vattenhalten i lagret 10-15 cm minskade långsamt från 36% till 30% under försöksperioden (Fig. 29).

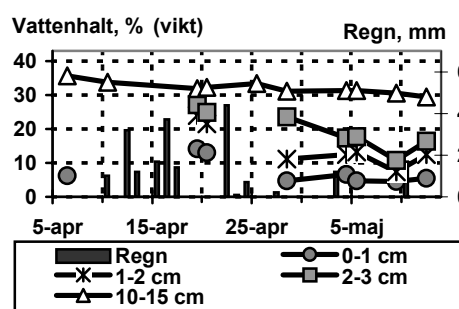


Fig. 29. Vattenhalt i viktprocent för fyra djup under försöksperioden före såbäddsberedningen, samt regn i mm (vertikala staplar)

Vattenhalten efter såbäddsberedningen följde vattenhaltsmönstret före harvningen, men skillnaderna mellan de olika lagren var mindre till följd av att harvningarna i viss mån omblandade marken (Fig. 30).

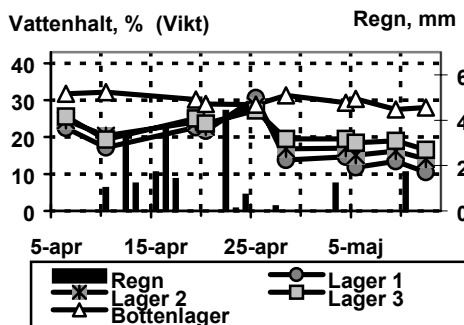


Fig. 30. Vattenhalt i viktprocent vid fyra djup under försöksperioden efter såbäddsberedningen, samt regn i mm (vertikala staplar).

#### Aggregatstorleksfördelning

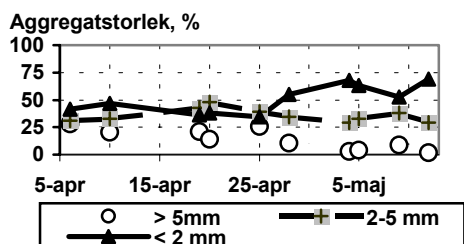


Fig. 31. Aggregatstorleksfördelning (%) i såbädden (genomsnitt för alla lagren) efter såbäddsberedningen.

Aggregatandelen mindre än 2 mm ökade efter harvningarna från 40% i början av april till 60% vid de sista fyra behandlingarna i maj (Fig. 31). Detta beror främst på två faktorer:

- den minskande vattenhalten till 3-4 cm djup som ökade markens bearbetbarhet, eller/och

- tidsrelaterade processer som nedfrysning – upptining, såväl som torkande och fuktande cykler som skedde under försöksperioden.

Den största aggregatandelen mindre än 2 mm förekom när den genomsnittliga vattenhalten i såbädden var 15% (vikts-) eller mindre, vilket är mindre än 50% av vattenhalten vid plasticitetsgränsen. Det här värdet är mycket lägre än de värden som andra studier har angett som den optimala vattenhalten för bearbetning.

#### Skrymdensitet och penetrationsmotsstånd

Harvningarna frambringade små ökningarna av markens skrymdensitet, som inte var statistiskt signifikanta (Fig. 32).

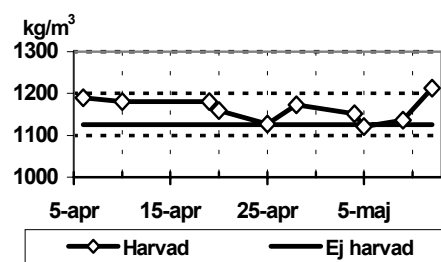


Fig. 32. Genomsnittlig skrymdensitet skiktet 5-15 cm för olika harvningstillfällen och i ej harvad mark.

Penetrationsmotsståndet ökade i viss mån på grund av harvningarna till 30 cm djup (ej visat i figur). Det gick ej att påvisa större penetrationsmotsstånd för tidigt harvade rutor.

En viktig slutsats från detta försök var att markens bearbetbarhet var den viktigaste faktorn för lämplig tidpunkt för vårbruket, och inte risken för jordpackning. Kontaktperson är Alfredo de Toro, tel. 018-67 18 46, och Johan Arvidsson, tel. 018 – 67 11 72.



## JORDPACKNING, MARKSTRUKTUR OCH MARKVÅRD

Jordpackningen och dess konsekvenser har länge varit ett viktigt arbetsområde vid avdelningen för jordbearbetning. Försöksverksamheten har varit omfattande, Sverige är kanske det land i världen som har genomfört flest fältförsök inom detta område. Arbetet är främst inriktat på följande frågeställningar:

- att undersöka jordpackningens långsiktiga verkan på markstruktur och avkastning
- att söka metoder att motverka packningens negativa effekter
- att fastställa den optimala packningen vid såbäddsberedning under olika förhållanden

De försök som pågår f.n. är följande (startår inom parentes):

- R2-7115 Extremt låga marktryck i odling med och utan plöjning (1996)
- R2-7116 Packningseffekter av tunga betupptagare (1995)
- R2-7117 Biologisk avlucckring (1998)

Dessutom ingår projekt för att studera risken för packning i alven på olika jordar och vid olika vattenhalter, och tekniska möjligheter att undvika jordpackning. Förutom den traditionella verksamheten kring jordpackning ingår också generella markvårdsfrågor, även internationellt, i detta program.

## Låga marktryck i odling med och utan plöjning

I tre fastliggande försök startade 1997 studeras samspelseffekter mellan primärbearbetningsmetod (plöjning eller plöjningsfri odling) och däcksutrustning. Hittills har effekterna av däcksutrustning i genomsnitt varit små. Under 2001 blev skörden för första gången högre i led med låga marktryck. En möjlig förklaring är att strukturen förbättrats gradvis vilket kan ha höjt skörden.

Jordpackning, framförallt i matjorden, kan minskas genom att använda större däck med lägre ringtryck. Detta borde vara speciellt viktigt i plöjningsfri odling, när plöjningens luckrande verkan uteblir. I serie R2-7115 studeras samspelet mellan primärbearbetningsmetod och däcksutrustning. I försöket, som är randomiserat i fyra block, ingår följande led:

A=Plöjning, normala marktryck  
 B=Plöjning, låga marktryck  
 C=Ej plöjning, normala marktryck  
 D=Ej plöjning, låga marktryck  
 E=Permanent vall

Ledet med permanent vall finns med för att kunna jämföra övriga led med ett som är helt utan bearbetning, med optimala betingelser för strukturutveckling. Jordbearbetning i övriga led utförs med en traktor med en totalvikt på drygt 5000 kg. I led med normala marktryck används lågprofildäck (540/65-38 bak) i enkelmontage (ringtryck 80 kPa), i lågtrycksleden samma däck i dubbelmontage (ringtryck 40 kPa). Tre försök på Ultuna, varav två på mellanlera och ett på lättare jord, ingår i serien. Försöken är fastliggande och startades våren 1997. År 1998 var första skördeåret enligt försöksplanen.

Tabell 26. Skörd (kg/ha och relativtal) i försöksserie R2-7115 2001

| Försök nr                      | 641/97   | 642/97 | 643/97 | Medel |
|--------------------------------|----------|--------|--------|-------|
| Plats                          | Ultuna   | Ultuna | Ultuna | 2001  |
| Jordart                        | nmh ML   | nmh ML | mmh LL |       |
| Förfrukt                       | Havre    | Korn   | Korn   |       |
| Gröda                          | Korn     | Havre  | Havre  |       |
| Plöjning, normala marktryck    | 4220=100 | 4270   | 3250   | 100   |
| Plöjning, låga marktryck       | 110      | 106    | 102    | 106   |
| Ej plöjning, normala marktryck | 101      | 100    | 93     | 98    |
| Ej plöjning, låga marktryck    | 104      | 101    | 100    | 102   |
| Plöjning                       | 100      | 100    | 100    | 100   |
| Ej plöjning                    | 97       | 97     | 96     | 97    |
| Normala marktryck              | 100      | 100    | 100    | 100   |
| Låga marktryck                 | 106      | 104    | 105    | 105   |
| Sign. plöjning                 | n.s.     | n.s.   | n.s.   |       |
| Sign. marktryck                | *        | n.s.   | n.s.   |       |
| Sign. samspel                  | n.s.     | n.s.   | n.s.   |       |

Tabell 27. Skörd (kg/ha och relativtal) i försöksserie R2-7115 1998-2001

| Försök nr                      | 641    | 642    | 643    | Alla |
|--------------------------------|--------|--------|--------|------|
| Plats                          | Ultuna | Ultuna | Ultuna |      |
| Jordart                        | nmh ML | nmh ML | mmh LL |      |
| Försöksår                      | 4      | 4      | 4      | 12   |
| Plöjning, normala marktryck    | 100    | 100    | 100    | 100  |
| Plöjning, låga marktryck       | 104    | 99     | 98     | 100  |
| Ej plöjning, normala marktryck | 100    | 103    | 100    | 101  |
| Ej plöjning, låga marktryck    | 103    | 103    | 94     | 100  |
| Plöjning                       | 100    | 100    | 100    | 100  |
| Ej plöjning                    | 100    | 103    | 98     | 100  |
| Normala marktryck              | 100    | 100    | 100    | 100  |
| Låga marktryck                 | 103    | 100    | 96     | 100  |

## Resultat

Under 2001 gav plöjningsfri odling i samtliga försök något lägre skörd än odling med plöjning, tabell 26. Detta stämmer överens också med resultaten i försöksserie R2-4027. Låga marktryck gav högre skörd än normala marktryck i samtliga försök, i ett av försöken var skillnaden statistiskt signifikant. Resultatet är mycket intressant, eftersom detta är första året som låga marktryck entydigt höjt skörden. Resultatet kan tyda på att strukturen gradvis förbättrats där låga marktryck använts, vilket lett till en

skördeökning fyra år efter försökens start. Inga signifikanta samspelseffekter har erhållits, d.v.s. låga marktryck har haft samma betydelse oavsett bearbetningsmetod. Markfysikaliska undersökningar som presenterats i tidigare årsrapporter visar på en ökad genomsläpplighet för vatten i led med låga marktryck. I genomsnitt för samtliga år är skillnaderna i skörd mellan leden små, tabell 27.

Kontaktperson är Johan Arvidsson, tel. 018/67 11 72.

## Packning av tunga betupptagare - effekter på markens fysikaliska egenskaper och på skörd

**Körning med höga axelbelastningar medför risk för alvpackning, som kan ses som ett hot mot markens långsiktiga produktionsförmåga. Under åren 1995-1997 startades sex fältförsök i Skåne för att studera effekter av körning med tunga betupptagare. De betupptagare som användes i försöken orsakade packning till åtminstone 50 cm djup, vid en vattenhalt i marken som kan förväntas under sena höstar i Skåne. Effekten på skörden har hittills i genomsnitt varit liten. Under 2001 erhöles en signifikant skördehöjning i packade led i ett försök.**

Alvpackning är ett problem inom dagens jordbruk, främst genom att effekterna blir mycket långvariga. Medan skador av packning i matjorden repareras på några år, blir effekterna i alven mycket långvariga, eller t.o.m. permanenta.

Trots detta har vikterna på lantbruksmaskiner fortsatt att öka. Under 1990-talet började sexradiga betupptagare, med axellaster närmare 20 ton, att användas i Sverige. Detta orsakade en oro bland odlare avseende risken för alvpackning, och därför startades 1995 ett projekt för att studera effekten av körning med tunga betupptagare.

Som en del av projektet startades sex fältförsök 1995-1997 i serie **R2-7116** för att studera effekter av körning med tunga maskiner på markens fysikaliska egenskaper och på skörd av efterföljande grödor. I denna sammanställning redovisas endast skörd i försöken t.o.m. år 2000. Resultat från markfysikaliska mätningar och andra delar av projektet finns bl.a. presenterade i Betodlaren nr 2, 2000. Projektet slutrapporterades i rapport 102 från avdelningen för jordbearbetning.

De sex fältförsöken benämns i fortsättningen Brahmehem (nära Kävlinge), Tornhill (strax utanför Lund), Sandby (nära Borrbj på Österlen), Kronoslätt (mellan Trelleborg och Ystad), Elvireborg (nära Billeberga) och Rinkaby (mellan Åhus och Kristianstad). Brahmehem och Tornhill startades 1995, Sandby och Kronoslätt 1996 samt Elvireborg och Rinkaby 1997. Alla platser är moränjordar, utom Rinkaby som är en vindtransporterad sandjord.

Jordarten på Brahmehem och Tornhill är något mullhaltig moränlättilera, på Sandby och Kronoslätt mullfattig lerig moränmo, på Elvireborg mullfattig moränlättilera och på Rinkaby måttligt mullhaltig svagt lerig sand.

### *Försöksplan och försökens utläggning*

De sex försöken har lagts ut som randomiserade blockförsök med fyra upprepningar. I försöksplanen ingår följande led:

A= Ingen körning

B= Försöksrutan täcks av spår fyra gånger med normalstor upptagare (totalvikt ca 20 ton)

C= Försöksrutan täcks av spår en gång med 6-radig betupptagare (totalvikt ca 35 ton)

D= Försöksrutan täcks av spår fyra gånger med 6-radig betupptagare

E= Försöksrutan täcks av spår fyra gånger med 6-radig betupptagare under torra förhållanden.

*Normalstor upptagare:* Edenhall 722 alt. 723 med axeltryck på ca 16 ton, varav 13 ton bärs upp av upptagarens hjul. Dessa upptagare är utrustade med boggie på ena sidan (16.9-34) och ett enkelt hjul på andra sidan (750/60-30.5). Ringtrycket i betupptagarens hjul var 200-250 kPa och i traktorhjulen 200-250 kPa.

*6-radig upptagare:* Totalvikt på ca. 35 ton fördelat på fyra hjul. Upptagarna kördes med 850-1050 mm breda hjul, som kördes med ringtryck mellan 170 och 240 kPa.

Av praktiska skäl har försöken lagts ut i stubbåker. Vid varje körtillfälle bestämdes markens vattenhalt och ringtrycket i de hjul som överfor marken. Körning i led B-D gjordes under "våta" förhållanden i oktober eller november. "Torra" förhållanden i led E erhöles genom att utföra körningen tidigare på hösten. Höstarna 1995, 1996 och 1997 var relativt torra och ingen av körningarna gjordes under speciellt svåra förhållanden. Spårdjup efter 4 överfarer med de sexradiga upptagarna var i regel 5-10 cm, och något mer för den tre-radiga.

### Resultat

Skörd i samtliga försök som skördats t.o.m. 2001 redovisas i tabell 18. Skillnader i skörd mellan leden har i genomsnitt varit liten.

Endast i två fall har uppmätts signifikanta skördesänkningar av packning, i båda fallen med lägst skörd i led D. Under 2001 gav försöket på Kronoslätt signifikant högre skörd i packade led. En förklaring kan vara att sommaren 2001 var relativt torr, och att packningen förbättrade markens omättade ledningsförmåga för vatten. Grödan var höstvete, vilken oftast anges som den mest packningstålige grödan. I medeltal för samtliga försök är skörden i led D samma som för kontrolledet. Undersökningar av markens fysikaliska egenskaper visar dock att körningen i framförallt led D orsakat en sänkning av markens genomsläpplighet och en höjning av penetrationsmotståndet till ca 50 cm djup.

Tabell 18. Relativ skörd (ingen körning=100) efter körning med tunga betupptagare, 1997-2001

| Plats        | År   | Gröda         | Rel. Skörd (A <sup>1</sup> =100) |     |     |     |     | Sign. |
|--------------|------|---------------|----------------------------------|-----|-----|-----|-----|-------|
|              |      |               | A                                | B   | C   | D   | E   |       |
| Tornhill     | 1997 | Vårkorn       | 100                              | 99  | 101 | 95  | 95  | *     |
| Tornhill     | 1998 | Höstraps      | 100                              | 105 | 105 | 106 | 105 | n.s.  |
| Brahmehem    | 1998 | Höstvete      | 100                              | 102 | 103 | 103 | 105 | n.s.  |
| Sandby       | 1998 | Årter         | 100                              | 101 | 91  | 91  | 98  | n.s.  |
| Kronoslätt   | 1998 | Vårkorn       | 100                              | 102 | 100 | 99  | 101 | n.s.  |
| Tornhill     | 1999 | Höstvete      | 100                              | 101 | 102 | 104 | 103 | n.s.  |
| Kronoslätt   | 1999 | Höstvete      | 100                              | 100 | 103 | 101 | 101 | n.s.  |
| Sandby       | 1999 | Höstvete      | 100                              | 102 | 98  | 97  | 99  | *     |
| Elvireborg   | 2000 | Höstvete      | 100                              |     | 99  | 96  |     | n.s.  |
| Sandby       | 2000 | Rödsvingelfrö | 100                              | 106 | 103 | 108 | 112 | n.s.  |
| Brahmehem    | 2000 | Korn          | 100                              | 99  | 102 | 99  | 96  | n.s.  |
| Kronoslätt   | 2000 | Höstraps      | 100                              | 99  | 98  | 95  | 99  | n.s.  |
| Tornhill     | 2001 | Korn          | 100                              | 100 | 99  | 100 | 102 | n.s.  |
| Brahmehem    | 2001 | Höstraps      | 100                              | 101 | 100 | 99  | 102 | n.s.  |
| Kronoslätt   | 2001 | Höstvete      | 100                              | 102 | 107 | 108 | 110 | *     |
| Medel (n=15) |      |               | 100                              |     | 101 | 100 |     | n.s.  |
| Medel (n=14) |      |               | 100                              | 101 | 101 | 100 | 102 | n.s.  |

<sup>1</sup> A= Ingen körning, B= Försöksrutan täcks av spår fyra gånger med normalstor upptagare (totalvikt ca 20 ton), C= Försöksrutan täcks av spår en gång med 6-radig betupptagare (totalvikt ca 35 ton), D= Försöksrutan täcks av spår fyra gånger med 6-radig betupptagare, E= Försöksrutan täcks av spår fyra gånger med 6-radig betupptagare under torra förhållanden.

## Marktryck under dubbelmontage jämfört med enkelmontage

Under hösten 2001 utfördes mätningar av marktryck och markrörelse på olika djup i marken med både dubbelmontage och enkelmontage. Last per enskilt hjul var runt 2,5 ton både för dubbelmontaget och enkelmontaget.

Tryck och packning i matjorden, liksom i alven, var lika stora under dubbelmontaget som under enkelmontaget. Den praktiska betydelsen av detta är att hjullasten bestämmer trycket i marken, inte axelbelastningen.

Under hösten 2001 utfördes ett försök där tryckutbredning i marken under ett dubbelmontage studerades. Försöket genomfördes på Staby Säteri i Örsundsbro (Uppland), och var utlagt som en jämförelse mellan dubbelmontage och enkelmontage.

En John Deere 4640 med enkelmontage användes, se figur 33. Traktorn vägde 5,0 ton på bakaxeln, d.v.s. 2,5 ton per hjul. Framaxelsbelastningen var 2,1 ton. Bakdäckens dimension var 710/70 R38 med ett ringtryck på 60 kPa.



Figur 33. John Deere 4640.

Traktorn med dubbelmontage var en Steiger, modell ”hembygd” (figur 34). Axelbelastningen var 6,1 ton bak och 8,7 ton fram. Varje framhjul bar alltså 2,2 ton. Traktorn hade åtta 710/70 R38 däck som kördes med ett ringtryck på 60 kPa i alla däck.



Figur 34. Steiger med dubbelmontage.

Däcksutrustningen och hjullasten på framaxeln på Steigern var alltså ungefär desamma som däcksutrustningen och hjullasten på bakaxeln på John Deeren. Avståndet mellan det inre och yttre hjulet (kant till kant) var 10 cm på dubbelmontaget. Försöket utfördes på fuktig mark men med liten spårbildning.

Mätningarna av vertikala tryck och markrörelser gjordes på 15, 30 och 50 cm djup. Mätningarna gjordes på fyra ställen under dubbelmontaget: mitt under det inre hjulet, mitt mellan hjulen, mitt under det yttre hjulet och under kanten av det yttre hjulet. Under enkelmontaget mättes både mitt under hjulet och under hjulets kant.

### Resultat och diskussion

Figur 35 visar tryckfördelningen under dubbelmontaget och enkelmontaget. Trycket interpolerades från medelvärden av fyra mätningar på de ställen och djupen beskrivna ovanför.

Under dubbelmontaget var trycket på 15 och 30 cm djup betydligt lägre mitt mellan hjulen jämfört med under mitten av både det inre och yttre hjulet. På 30 cm djup var trycket mitt under hjulen lika högt som under hjulens kant. Först på 50 cm djup var trycket ungefär lika stort mitt mellan hjulen och mitt under hjulen, men det uppmättes bara ringa tryck (runt 30 kPa) på dessa djup.

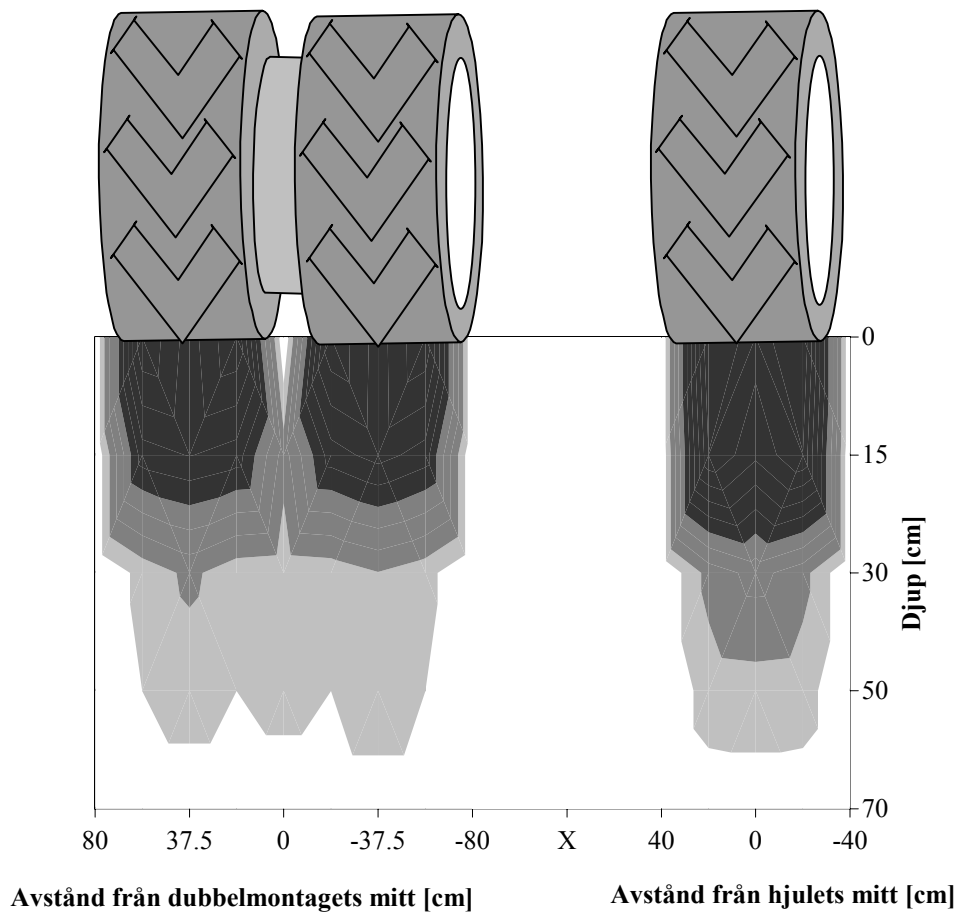
Trycket under enkelmontaget skilde sig inte från trycket under dubbelmontagets inre och yttre hjul. Trycket under enkelmontaget var till och med en aning högre på 15 och 30 cm djup, vilket troligen beror på den lite högre hjullasten på 2,5 ton jämfört med 2,2 ton på dubbelmontaget.

Experimentet visade att ett dubbelmontage verkade som två enskilda hjul vad gäller tryck i marken. Trycksamspelet i marken från båda hjulen var väldigt litet, trots att mellanrummet mellan hjulen bara var 10 cm.

Hjullasten, ihop med däckparametrarna – och inte axellasten - är den kritiska faktorn som bestämmer trycket i marken.

Tack till Stefan Karlsson och hans familj på Staby Säteri för deras hjälp, samarbete och gästvänlighet.

Kontaktpersoner är Thomas Keller, telefon 018-671210 och Johan Arvidsson, telefon 018-671172.



Figur 35. Tryckfördelning under dubbelmontaget (vänster) och enkelt hjul (höger). Interpolation från medelvärde av fyra mätningar. Ljusgrått 20-40 kPa, mörkgrått 40-100 kPa, svart 100-200 kPa.

## Packning vid ”on-land” plöjning - jämförelse mellan bandtraktor och hjultraktor

Under hösten 2001 gjordes mätningar av marktryck och markrörelse på olika djup i marken vid ”on land” plöjning med både bandtraktor och hjultraktor. Dessutom togs cylindrar ut i matjorden för att mäta makroporositet och mättad vattengenomsläpplighet. Trycket och packningen var lägre under bandtraktorn, fastän den vägde nästan dubbelt så mycket. Matjordens vattenledningsförmåga, makroporositet och skrymdensitet påverkades negativt av körning med både band- och hjultraktor.

Under hösten 2001 gjordes ett försök där effekterna av plöjning på packningen både i matjorden och i alven studerades. Försöket genomfördes på Krenkerup Gods på Lolland (Danmark), och var utlagt som en jämförelse mellan bandtraktor och hjultraktor vid ”on land” plöjning.

Hjultraktorn var en Fendt 920 som drog en 7-skärig plog, se figur 36a.



Figur 36a. Fendt 920 med 7-skärig plog.

Traktorns statiska totalvikt var 9,7 ton, uppdelad i 5,7 ton på framaxeln och 4 ton på backaxeln, och den körde med ett ringtryck på 100 kPa både i bakdäcken och i framdäcken. Bandtraktorn var en CLAAS Challenger 65-E (figur 36b) med en totalvikt på 18,5 ton.



Figur 36b. CLAAS Challenger 65-E med 12-skärig plog

Anläggningsytan var två gånger 2,1 m<sup>2</sup> som resulterade i ett nominellt kontaktryck på 45 kPa. Bandtraktorn drog en 12-skärig plog.

Mätningarna av vertikala tryck och markrörelser gjordes på 15, 30 och 50 cm djup från den oplöjda markytan. Det gjordes ytterligare tryckmätningar i matjorden på 10 cm djup, för att få tryckfördelningen direkt under bandet respektive hjulet med hög upplösning både i körriktningen och på tvären.

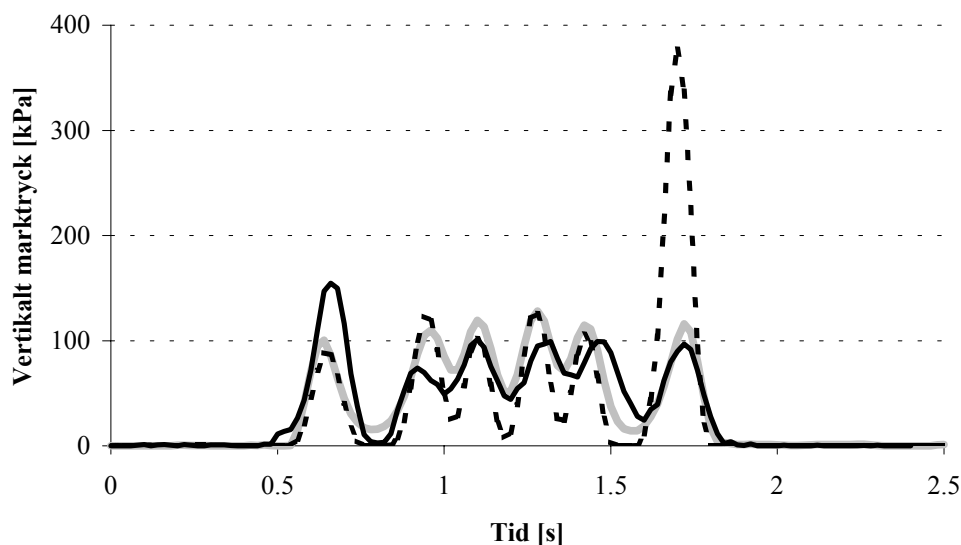
Cylindrar togs ut på 10 cm djup i matjorden mitt under band- respektive hjultraktorns spår samt i den ostörda marken för att mäta makroporositet och mättad vattengenomsläpplighet, båda ett mått på markens funktion. Dessutom bestämdes den torra skrymdensiteten.

### Resultat och diskussion

#### *Tryckfördelning i matjorden*

Trycket under bandtraktorn var mycket ojämnt fördelat när det kördes med standardinställning av plog och trepunktslyft (figur 37), dvs som bandtraktorn hade använts under höstplöjningen. Den ojämna tryckfördelningen under bandet beror på en dålig anpassning av plogens dragpunkt i förhållande till de aktuella fältförhållanden och plöjningsdjupet. I detta exempel var trycket mycket högt under det sista hjulet, vilket betydde att dragpunkten var för hög. Genom att sänka dragpunkten med hela 15 cm kunde en jämn tryckfördelning uppnås. Var däremot dragpunkten för låg (eller om det sattes på för mycket frontvikt), blev bandtraktorn framtung. Dragpunktens effekt på tryckfördelningen under bandet visas i figur 37.





Figur 37. Dragpunktens effekt på tryckfördelning mitt under bandet. Tryckmätningar på 10 cm djup med optimalt dragpunkts-läge (grå linje), med standardinställning med för hög dragpunkt (streckad svart linje), och med för låg dragpunkt (svart linje). Observera att det genomsnittliga marktrycket är 65 kPa för alla tre linjer.

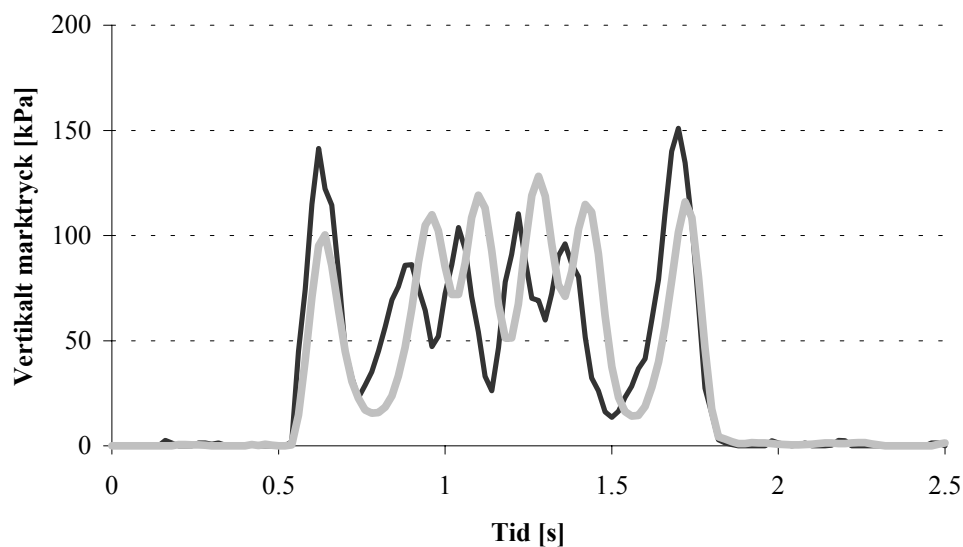
En viktig faktor för att få en jämn tryckfördelning är också att ha rätt tryck på stödrullarna, vilket kan justeras hydrauliskt. För lågt tryck på stödrullarna innebär högre tryck på fram- och bakhjulet. I figur 38 visas att en jämnare tryckfördelning fås genom att öka trycket på stödrullarna. Trycket på stödrullarna får dock inte vara för högt heller. Figur 39 visar att trycket under bandet är ojämnt på tvären. Trycket var högst under bandets mitt och betydligt lägre under bandets kant. Varje stödrulle och de två stora hjulen syns tydligt, eftersom bandet är mjukt i längsriktningen.

Figur 40 visar trycket under hjultraktorns fram- och bakdäck. Lägst tryck uppmättes under däckens mitt, medan trycket var högst mitt mellan däckens mitt och kant. Det maximala trycket var drygt 150 kPa, alltså 50 procent högre än ringtrycket, som var 100 kPa.

#### *Tryck och deformation på olika djup*

Det vertikala trycket på de olika djupen visas i figur 41. Trycket på 15 och 30 cm djup var betydligt högre under hjultraktorn än under bandtraktorn. På 50 cm djup skilde sig trycket inte längre under de olika fordonen. Trycket i matjorden minskade bara marginellt med djupet, dvs trycket var nästan detsamma på 15 och på 30 cm djup. I alven skedde en kraftig tryckminskning mellan 30 cm och 50 cm djup, och trycket på 50 cm djup var bara lite drygt 20 kPa.

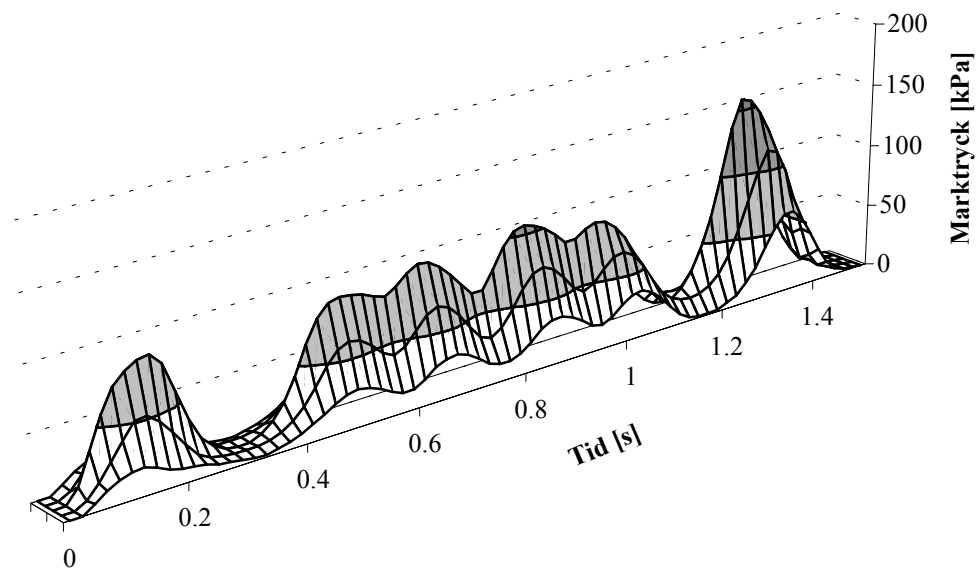
Mätningarna av de vertikala markrörelserna visade samma mönster som tryckmätningarna (figur 42). Det högre trycket under hjultraktorn resulterade alltså också i större deformationer. Också här var skillnaderna störst på 15 cm djup, medan deformationen på 50 cm djup var lika under både bandtraktorn och hjultraktorn.



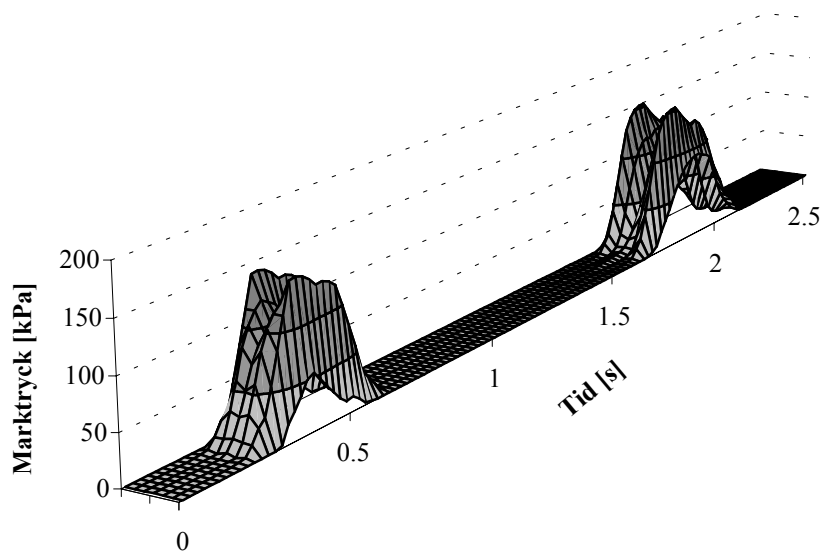
Figur 38. Mätning av trycket mitt under bandet på 10 cm djup med för lågt tryck på stödrullarna (svart linje) och med optimalt tryck på stödrullarna (grå linje). Det genomsnittliga marktrycket är 65 kPa för båda linjer.

Trycket liksom deformationen under bandtraktorn var alltså mindre på 15 och 30 cm djup jämfört med hjultraktorn på grund av det lägre kontaktrycket, fastän bandtraktorn vägde nästan dubbelt så mycket som

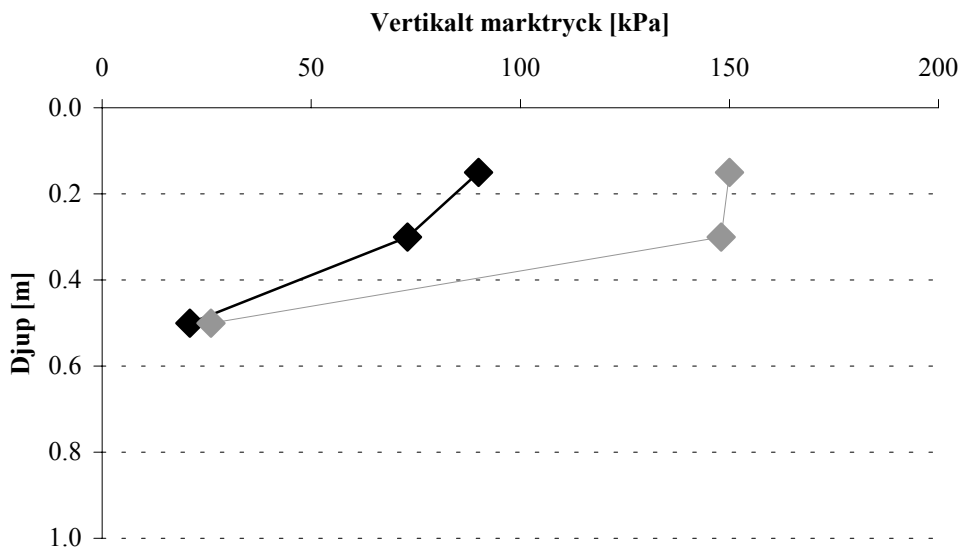
hjultraktorn. Djupare nere i alven var trycket dock detsamma för bandtraktorn och hjultraktorn.



Figur 39. Exempel på uppmätt vertikalt marktryck under bandet på 10 cm djup. Y-axeln: avståndet från bandets mitt.



Figur 40. Uppmätt vertikalt marktryck under hjultraktorns framhjul (första toppen) och bakhjul (sista toppen) på 10 cm djup. Medelvärde av fyra mätningar. Y-axeln: avståndet från hjulens mitt.

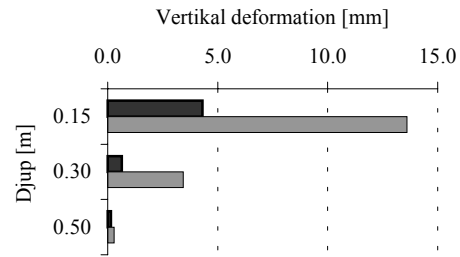


Figur 41. Uppmätt tryck vid "on-land"-plöjning med bandtraktor (svart linje) och hjultraktor (grå linje). Medelvärde av 8 mätningar.

### Matjordens funktion

Matjordens funktion blev negativt påverkad av körning både med band- och hjultraktor. Den torra skrymdensiteten ökade signifikant ( $P < 0,05$ ), medan både den mättade vattengenomsläppligheten och makroporositeten minskade signifikant ( $P < 0,05$ ) jämfört med kontrolleden (figur 43). Inga skillnader uppmättes mellan körning med bandtraktorn och hjultraktorn.

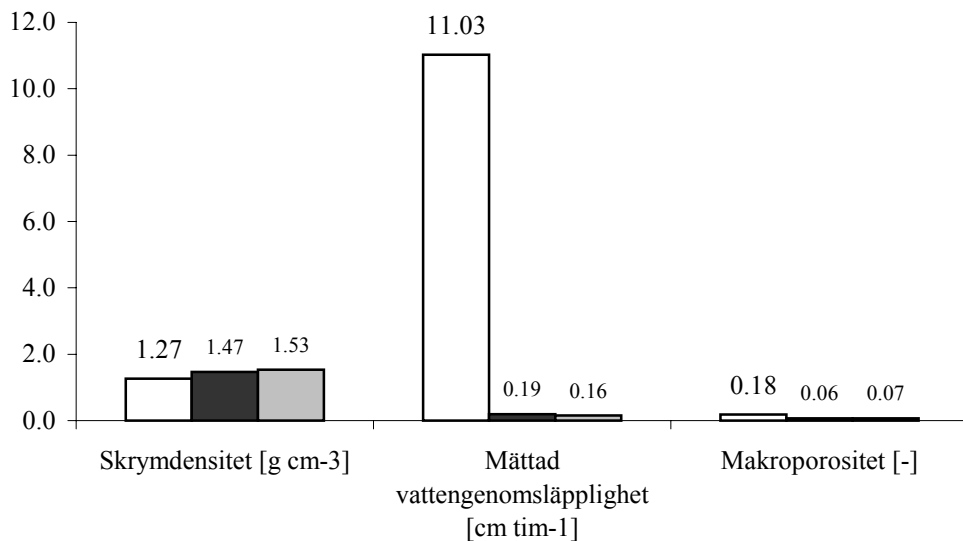
Sammanfattningsvis kan konstateras att en bandtraktor under vissa förhållanden kan minska risken för packning, men bara om den är väl balanserad. Att få en jämn lastfördelning på en bandtraktor är mycket svårt, eftersom den viktigaste faktorn – dragkraften – starkt påverkas av jordart, markförhållande och plöjningsdjup. Att dragkraften påverkar lastfördelning gäller i princip också för en hjultraktor, men till skillnad från det stela bandet är däckena mjuka så att anläggningsytan ökar med en större last. En ojämn lastfördelning på en hjultraktor har alltså inte lika stora konsekvenser som den har på en bandtraktor.



Figur 42. Uppmätt deformation vid "on-land"-plöjning med bandtraktor (svarta staplar) och hjultraktor (gråa staplar). Medelvärde av 8 mätningar.

Vi tackar Rupert Gorm Reventlow-Grinling, Søren Jespersen, Hugo Jørgensen och Kurt Rasmussen på Krenkerup Gods för deras hjälp, samarbete och gästvänlighet.

Kontaktpersoner är Thomas Keller, telefon 018-671210, Andreas Trautner, telefon 018-671203, Johan Arvidsson, telefon 018-671172 och Elisabeth Bölenius, telefon 018-671212.



Figur 43. Uppmätt skrymdensitet, vattengenomsläpplighet och makroporositet vid "on-land"-plöjning med bandtraktor (svarta staplar) och hjultraktor (gråa staplar) samt i den ostörda marken (vita staplar). Medelvärde av 4 upprepningar.

## Biologisk alvluckring

**Maskförekomsten gynnas av perenna grödor. Flest maskar fanns i rutorna med rödklöver. Rörsvingel var den gröda som hade störst rotutbredning i alven. Det var mycket sparsamt med lupin- och kornrötter i alven.**

Markens bördighet påverkas starkt av dess fysikaliska egenskaper. Utvecklingen av jordbruket, med användandet av allt tyngre maskiner har på många jordar bidragit till en ogynnsam packning i alven. Detta projekt har som avsikt att utreda möjligheten att med växtrötters hjälp förbättra de markfysikaliska egenskaperna i alven.

I projektet ingår två fältförsök **R2-7117**, ett på försökstationen Lönnstorp i Skåne och ett på Ultuna. Där odlas cikoria (*Cichorium intybus*), lucern (*Medicago sativa*), lupin (*Lupinus luteus*), rödklöver (*Trifolium pratense*) och rörsvingel (*Festuca arundinacea*) i rutor packade med dumper.

Korn (*Hordeum vulgare*) odlas som referensgröda i såväl packat som opackat led. Markfysikaliska mätningar utföres i alven varje år för att fastställa testgrödornas inverkan på strukturen. Parallellt med detta testas växtlagen från fältförsöken i laboratorieförsök. Om resultaten från laboratoriet kan verifieras av fältförsöken skall metoden sedan användas till att kartlägga olika grödors möjligheter att fungera som ”biologiska alvluckrare”.

### Mätningar i fält

Under 2001 har mätningar av maskförekomst, rotlängdsdensitet och infiltration utförts. Infiltrationsmätningarna utfördes i slutet av maj 2000 respektive oktober 2001, då rötterna haft god tid på sig att etablera sig i profilen. Resultaten av infiltrationsmätningarna från försöket i Skåne redovisas i tabell 29. I de led som 1999 hade högst rotlängdsdensitet (se tabell 30) var genomsläppligheten sämst år 2000. Detta beror sannolikt på att porerna i dessa led var upptagna av rötter och inte bidrog till infiltrationen. För 2001 är situationen något annorlunda, och infiltrationen var på det hela taget högre i alla led. Detta beror sannolikt på att torksprickor utvecklats under sommaren 2001, vilket inte hunnit ske innan mätningarna våren 2000.

Tabell 29. Infiltrationshastighet av vatten, i försök R2-7117 på Lönnstorp 2000 respektive 2001, efter 60 minuters infiltration

| Led        | 2000<br>(cm/h) | 2001<br>(cm/h) |
|------------|----------------|----------------|
| Lupin      | 1,2            | 5,0            |
| Lusern     | 0,3            | 7,8            |
| Rödklöver  | 0,6            | 3,5            |
| Rörsvingel | 0,0            | 3,0            |
| Cikoria    | 0,3            | 3,0            |
| Korn       | 0,5            | 5,9            |
| Korn op.   | 5,4            | 8,6            |

Tabell 30. Resultaten av 1999 och 2001 års mätningar av rotlängdsdensitet i försök R2-7117 på Lönnstorps försökstation. Resultatet redovisas som relativt med det opackade kornledet som referens

| Led                 | Lupin  | Lucern | Rödklöver | Rörsvingel | Cikoria | Korn   | Korn    |
|---------------------|--------|--------|-----------|------------|---------|--------|---------|
| Behandling          | packat | packat | packat    | packat     | packat  | packat | opackat |
| Rotlängd (relativt) |        |        |           |            |         |        |         |
| 1999                |        |        |           |            |         |        |         |
| 32,5-37,5 cm        | -      | 175    | 94        | 192        | 92      | 58     | 100     |
| 52,5-57,5 cm        | -      | 93     | 103       | 226        | 94      | 32     | 100     |
| 2001                |        |        |           |            |         |        |         |
| 32,5-37,5 cm        | 52     | 117    | 73        | 233        | 102     | 81     | 100     |
| 52,5-57,5 cm        | 60     | 160    | 57        | 259        | 123     | 70     | 100     |

Rotlängdsmätningarna visar att rörsvingeln är den gröda vars rötter tål packning bäst. Lucern har klarat sig näst bäst, medan korn och lupin visat sig vara mest känsliga för packning.

I försöken i Skåne var penetrationsmotståndet i de packade leden högre än i det opackade referensledet (se fig. 44). Skillnaderna mellan de övriga leden var ej statistiskt åtskiljbara.

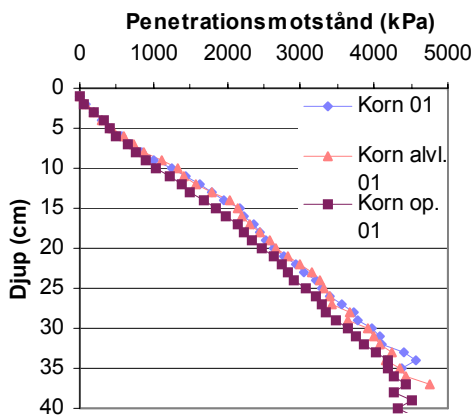


Fig. 44. Penetrometermotstånd i packat, alvluckrat och opackat kornled på Lönnstorp i oktober 2001.

Skörderesultaten i kornleden tyder på strukturella skador i de packade leden på Lönnstorp, se tab. 31. I försöket på Ultuna syns ingen negativ inverkan av packningsskador på skörderesultatet.

Tabell 31. 2001 års skörd i försök R2-7117 på Ultuna och Lönnstorp

| Led  | Behandling | Lönnstorp<br>(kg/ha) | Ultuna<br>(kg/ha) | Vattenhalt<br>(%) |
|------|------------|----------------------|-------------------|-------------------|
| 2001 |            |                      |                   |                   |
| Korn | packat     | 6400                 | 5410              | 15                |
| Korn | alvluckrat | 6190                 | 5380              | 15                |
| Korn | opackat    | 6500                 | 5200              | 15                |

Förekomsten av dagmask har registrerats varje försöksår. Resultaten av mätningarna redovisas i fig. 45 nedan. Maskmängden har ökat generellt under försöksperioden. Detta kan ha flera orsaker, bl. a. så var 1998 ett riktigt blött år som kan ha bidragit till den mycket låga förekomsten av mask 1999. Sedan ger ju perenna grödor ett gott skydd för maskarna som annars far illa av jordbearbetningsredskap i årliga grödor. Vad man ser är dock att vissa grödor gynnar maskarna mer än andra, maskförekomsten är betydligt större i lusern-, rödklöver- och cikorialeden än i de övriga.

Olika maskarters beteende har olika stor betydelse för olika delar av jorden. Många maskar håller t.ex. endast till i de övre delarna av markprofilen, medan andra gör gånger nedåt i profilen och därmed bidrar mer till att förändra alvens markfysikaliska egenskaper. Därför redovisas förekomsten av Lumbricus terrestris separat, det är den maskart som har störst betydelse för alven i detta sammanhang då den också rör sig vertikalt i profilen till stora djup. Fig. 45 visar att mönstret över vilka grödor som föredrogs av maskarna generellt gällde också för Lumbricus terrestris samt att deras andel av den totala maskpopulationen var relativt liten (endast 14%).

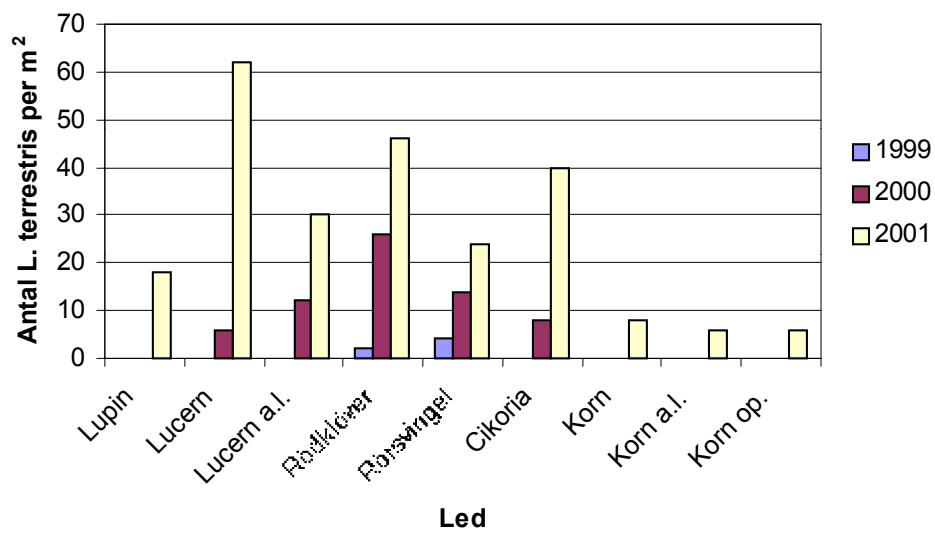
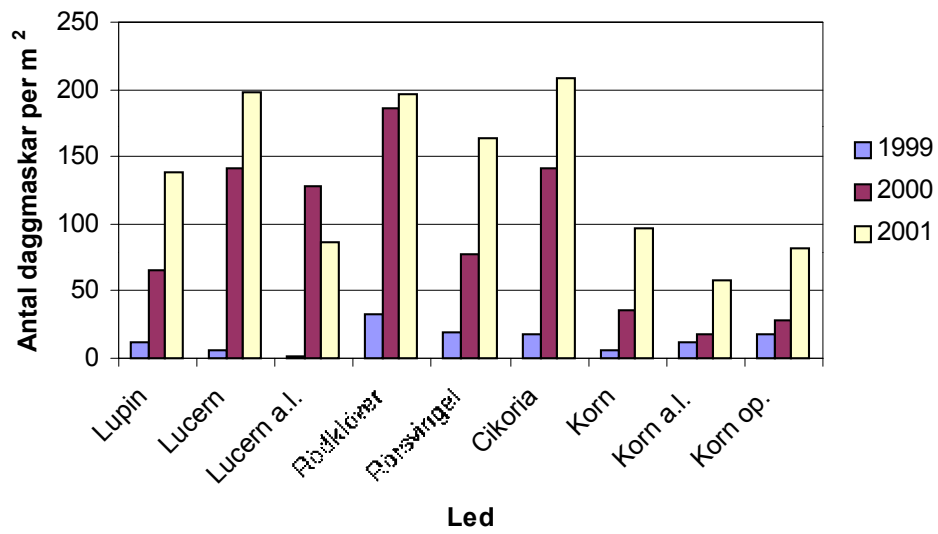


Fig. 45. Antal daggmaskar per  $m^2$  samt antal daggmaskar av arten *Lumbricus terrestris* per kvadratmeter i resp. led på Lönnstorps försöksstation 1999, 2000 och 2001.

## Utveckling av laboratoriemetod

Tidigare försök i laboratoriestudien visade på brister i bevattningsmetodik. Bevattningen skedde genom att varannan dag tillsätta vatten så att den ursprungliga vikten på lysimetern bibehölls. När lysimetrarna sedan öppnades vid experimentets slut visade det sig att vattenhalten varierade markant med djupet. Vattnet hade, då den hydrauliska ledningsförmågan i den packade jorden var mycket låg, inte nått de djupare jordlagren som därvid kraftigt torkat ut. Detta innebär att också det mekaniska motståndet, då detta är starkt beroende av vattenhalt, varierar med djupet. Därtill uppstår ytterligare problem eftersom växter med stort vattenupptag torkar ut jorden mer än växter med ett lägre vattenupptag, och därför möter ett högre mekaniskt motstånd när rötterna tillväxer.

För att kringgå detta problem prövades en metod att bevattna odlingsrören kontinuerligt efter behov. Lysimetrarna placeras då på en sandbädd hydrauliskt förbunden till en vattenreservoar med konstant dräneringsdjup. Således får lysimetrarna kapillärt dra upp vatten och hålla en konstant tension i markvattnet. Förhoppningen var att det kapillära vattenupptaget skulle vara tillräckligt stort för att kunna hålla tensionen relativt konstant under hela odlingsperioden. Detta skulle innebära att också variationen i vattenhalt och mekaniskt motstånd skulle vara starkt begränsad.

### Material och metoder

Grödorna odlades i PVC-rör som är delade på längden i två halvor, detta för att underlätta friläggning av rötterna efter avslutad tillväxtperiod. I rören packades jord med en pneumatisk kolv. För att få en homogen kompaktitet i hela röret skedde packningen i skikt om två centimeter. Jorden som användes var en lättlera som packats i fyra rör, två med 100 kPa samt två med 400 kPa belastning. I rören odlades korn som fick växa under två månader. Samtidigt mättes tensionen i markvattnet på 6, 18 respektive 30 cm djup. I varje rör planterades ett förgrott frö.

Under tillväxtperioden stod rören i hydraulisk förbindelse med en sandbädd med konstant dräneringsdjup, dräneringsdjupet räknat från jordkolumnernas överdel var en meter.

När tillväxten avbrutits tvättades rötterna från rören fram. Rötterna avbildades sedan i en scanner. Bilderna från scannern analyserades därefter i ett dataprogram avsett för rotmätningar. Det mått som användes för att gradera grödorna var rotlängd.

### Resultat

Resultaten från tensionsmätningarna redovisas i fig. 46. Resultaten från rotlängdsmätningarna redovisas i fig. 47.

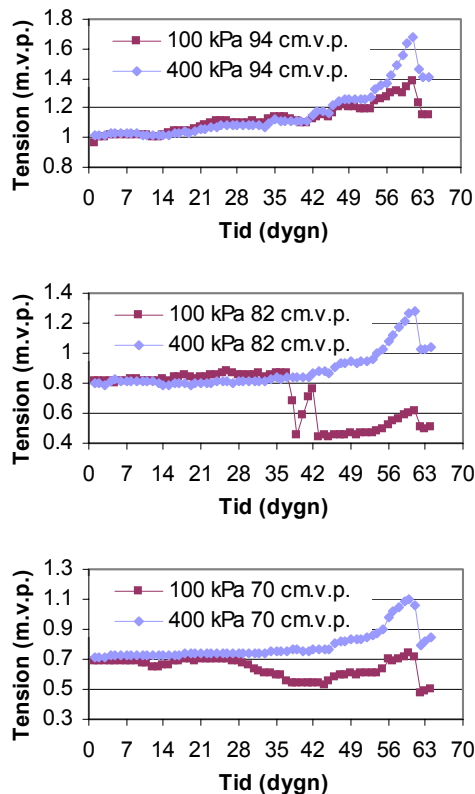


Fig. 46. Tensionen i markvattnet 94, 82 resp. 70 cm ovanför dräneringsdjupet, under odlingsperioden för leden packade med 100 resp. 400 kPa belastning.



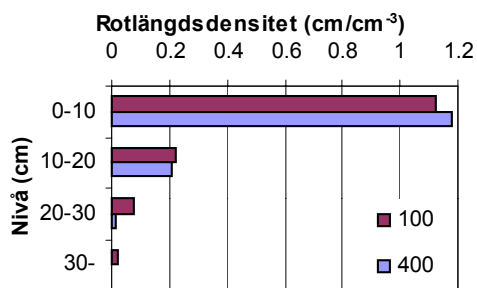


Fig. 47. Rotlängdsdensiteten i rören med 100 resp. 400 kPa packning på olika djup från markytan.

### Diskussion

Tensionen höll sig relativt konstant under odlingsperioden oavsett led, största avvikelserna var 60 cm.v.p. Detta kan jämföras med 15000 cm.v.p. som ju är vissningsgränsen, således bör växterna inte ha lidit av vattenbrist under någon del av tillväxtperioden.

Den upptorkning som trots allt skedde beror sannolikt på den mycket låga luftfuktigheten i arbetshallen där experimentet utfördes. Således fungerar den nya bevattningsmetoden

och kommer att tillämpas under kommande försök.

Rotlängdsmätningarna som utfördes efter att försöket avbrutits visade på skillnader i rotutvecklingen mellan leden med 100 resp. 400 kPa packning. Den totala rotlängden var i stort sett densamma, medan fördelningen på djupet skilde sig. I ledet med 100 kPa packning fanns betydligt fler rötter djupare ned i jord kolumnen.

### Slutord

Utvecklingen av laboratoriemetoden fortsätter, liksom fältförsöken. Kommande odlingsäsong skall effekten av 'alvluckarna' på markens porsystem undersökas genom mätningar av vattengenomsläpplighet.

Avslutningsvis skall nyttoeffekten av "alvluckarna" prövas genom att en testgröda odlas i alla försöksled, vete i Uppsala och havre i Skåne. Projektet beräknas fortgå till och med år 2002, varpå en slutgiltig rapport kan presenteras.

Kontaktperson är John Löfkvist, tel. 018-671214.

## Olika metoder för att bestämma markens förkonsolideringstryck

**Ett projekt har startats för att jämföra olika metoder för att bestämma markens förkonsolideringstryck, en av de viktigaste markmekaniska parametrarna. Första resultaten visar på att förkonsolideringstrycket påverkas kraftigt av själva metoden som används för att bestämma det. I nästa steg tänker vi, bl.a. med hjälp av datamodeller, analysera vilken metod som är lämpligast att använda för att beskriva markens beteende i fält under en kort belastning.**

### Inledning

Markens förkonsolideringstryck är ett gränsvärde: om trycket i marken överstiger markens förkonsolideringstryck, deformeras marken plastiskt och packas mycket, medan om förkonsolideringstrycket är högre än trycket deformeras marken elastiskt.

Den klassiska metoden för att mäta förkonsolideringstryck är att belasta ett jordprov stegvis med olika tryck i en såkallad "Oedometer"-apparat. Efter varje trycksteg mäts jordprovets deformation (kompaktion) och därefter ökas trycket till nästa trycknivå. Förkonsolideringstrycket bestäms sedan från ett log tryck-deformation diagram. Ofta används portalet (definerat som markens porvolym per volymenhet av den fasta substansen) istället för deformation på vertikalaxeln. Figur 46 visar ett exempel på en sådan kurva.

Förkonsolideringstrycket är en kritisk parameter inte minst med tanke på användning av markmekaniska datamodeller för att simulera packning. Det är viktigt att här understryka att en mark inte bara har ett enda värde på förkonsolideringstrycket, utan att förkonsolideringstrycket varierar genom hela markprofilen.

Fastän förkonsolideringstrycket är en så pass viktig markmekanisk parameter, finns det ingen standardmetod för att bestämma det. Framför allt med hänsyn till modellering av packning finns det ett stort behov av att hitta en enkel och snabb metod för att bestämma förkonsolideringstrycket.

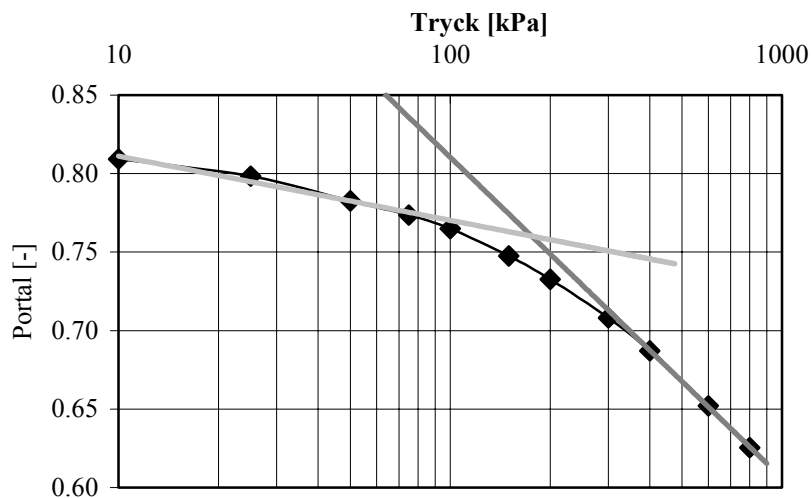
Förkonsolideringstrycket är beroende av jordarten och markens förhållanden, som till exempel markens vatten-potential (som är relaterad till vattenhalten), men också av

belastningstiden. Dessutom påverkar jordprovets storlek (diameter och höjd) resultatet.

Belastningstid per trycknivå vid "Oedometer"-testet bör egentligen vara så lång att jordprovets deformation är fullständigt avslutad. Detta kan dock dröja flera månader för en styv lera! I praktiken använder man en belastningstid mellan 30 minuter (ofta i lantbruks-markmekanik) och 24 timmar (ofta vid klassiska ingenjörskfrågor). Deformationen anses då som approximativt avslutad. Den kortare belastningstiden som används i lantbruks-markmekanik rättfärdigas med den korta belastningstiden i fält, till exempel under en traktors körning, och med rent praktiska skäl.

Eftersom belastningstiden under en körning i fält är mycket kort (ungefär en sekund) och alltså ännu mycket kortare än de 30 minuter som man använder vid en "Oedometer"-test, kan det vara lämpligt att hitta på en metod med liknande kort belastningstid. En metod för att uppnå en kort belastningstid är att belasta ett jordprov så att en konstant deformations-hastighet på kanske  $0,5 \text{ mm s}^{-1}$  uppnås. Man mäter kontinuerligt trycket som krävs som funktion av deformationen.

Alla laboratorie-metoder har gemensamt att man använder cylindriska jordprover som tagits i fält. Provtagningen är inte problemfri: jorden i cylindern deformeras lite grann under själva provtagningen, man ska transportera proverna från fältet till laboratoriet, och ganska ofta lagras man proverna under en viss period tills man utför experimentet. Med en noggrann hantering och erfarenhet hålls dessa felkällor på ett minimum.



Figur 46. Exempel på en log tryck-portals kurva. Mätningarna (svart linje), "virgin compression line" (mörkgrå linje) och "recompression line" (ljusgrå linje). Snittpunkten mellan "virgin compression line" och "recompression line" motsvarar förkonsolideringstrycket.

En metod för att komma närmare fält förhållanden är en så-kallad "in situ plate sinkage test", då man belastar marken direkt i fält med en rund platta. Plattan trycks ner i marken med konstant hastighet, och trycket som krävs uppmäts som funktion av deformationen. Denna metod tillåter till en viss del jorden att förflytta sig horisontellt, något som inte är möjligt i en cylinder. Analysen av de erhållna tryck-deformations kurvorna är svår, eftersom hela den underliggande jordprofilen påverkar resultatet. Nackdelen med den här metoden är att man bara kan mäta vid den aktuella fältvattenhalten och det är svårt att utföra en mätning vid en bestämd vattenhalt och en bestämd vatten-tension.

#### Material och metoder

Cylindriska jordprover (72 mm i diameter och 25 mm i höjd) togs i Tolefors nära Linköping på två olika jordar, på en siltig mellanlera och

en styv lera. Provtagning gjordes på 10, 30, 50, och 70 cm djup.

Samtidigt med provtagningen utfördes ett "plate sinkage"-test direkt i fält på samma djup som cylindrarna togs. En rund platta (diameter 49 mm) trycktes ner med en konstant hastighet ( $7 \text{ mm s}^{-1}$ ) och både deformation och tryck uppmättes med en upplösning av 600 Hz. 10 upprepningar gjordes per djup och jord.

Vid samma tidpunkt gjordes också ett experiment där tryck och markrörelse uppmättes på tre olika djup vid körningar med en belastningsvagn som kunde belastas med en hjullast mellan 2 och 7 ton.

Cylindrarna togs till institutionens laboratorium vid SLU i Uppsala för att bestämma förkonsolideringstryck i en "Oedometer"-apparat, och till lantbruksuniversitetet i Wageningen (NL) för att använda en snabb metod med konstant deformations-hastighet.

I Uppsala belastades proverna stegvis med 10, 25, 50, 75, 100, 200, 300, 400, 600 och 800 kPa. Varje trycknivå pålades i 30

minuter innan deformationen avlästes och trycket ökades till nästa nivå.

Vid mätningarna i Wageningen deformerades proverna med en konstant hastighet på  $0,5 \text{ mm s}^{-1}$ . Tryck och deformation uppmättes med en upplösning av 50 Hz.

Förkonsolideringstrycket bestämdes från log tryck-deformation-kurvor för att kunna jämföra fältmätningar med laboratoriemätningar. Både Casagrandes procedur och två olika regressionsprocedurer användes för att bestämma förkonsolideringstrycket utifrån kurvorna.

Förkonsolideringstrycket bestämdes vid naturlig vattenhalt på alla djup. På 50 cm djup bestämdes det dessutom vid 5, 60, 300 och 600 hPa tension (5, 60, 300 och 600 cm avsugning). Detta var dock inte möjligt i fält.

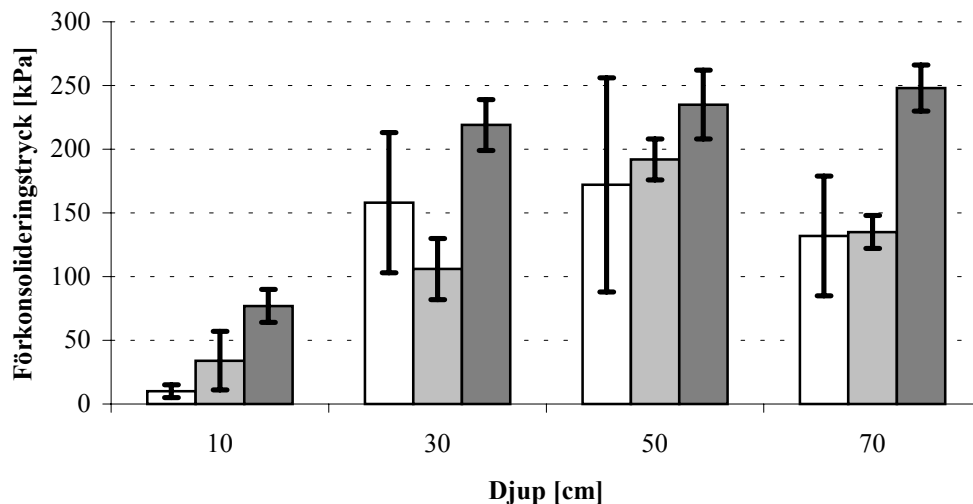
För varje behandling användes fem cylindrar som uppreningar.

Syftet med det projekt som presenteras här var att jämföra de olika metoderna.

## Resultat och diskussion

Förkonsolideringstryck vid naturlig fältvattenhalt ökade på den siltiga mellanleran med djupet upp till 50 cm djup, se figur 47. På 70 cm djup var förkonsolideringstrycket mindre än på 50 cm djup. Denna minskning kan bero på en lägre vatten tension på 70 cm djup. En trolig förklaring kan också vara att marken har kompakterats till ungefär 50 cm djup och därmed stärkts under många års fälttrafik, medan en sådan hållfasthetskompakterings-process inte skett på större djup.

Det finns rätt så stora variationer i förkonsolideringstryck mellan de olika metoderna som använts (figur 47). Högsta värdena erhöles i laboratorie-försök med konstant deformations-hastighet, medan fältmetoden och den klassiska Oedometer metoden gav ganska lika resultat.



Figur 47. Förkonsolideringstryck vid naturlig fältvattenhalt på den siltiga mellanleran vid användning av fält-testet (vita staplar), "Oedometer"-metoden (ljusgråa staplar) och snabbmetoden (mörkgråa staplar) på de olika djupen. Medelvärde och standardavvikelse av fem (laboriemetoder) respektive tio mätningar (fälttest).

De högre värdena från metoden med konstant deformations-hastighet var förväntade, eftersom vattnet inte hinner att dränera bort vid så snabb belastnings-ökning. Vattnet tar då över en del från det totala trycket. Vad gäller "Oedometer"- och "plate sinkage"-test, så finns det olika förklaringar till de lika värdena. Vid "Oedometer"-mätningar är belastningstiden lång och försöket dränerat, och förkonsolideringstrycket blir därmed lägre jämfört med den snabba metoden. Vid "plate sinkage"-testet kan marken till en viss del förflytta sig åt sidan under plattan och dränering kan kanske delvis ske trots den höga deformations hastigheten.

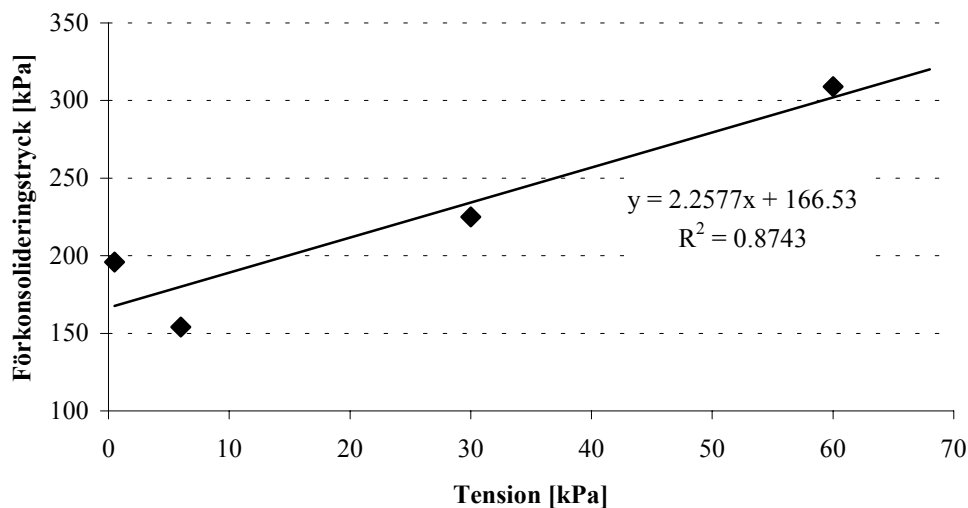
Analysen av tryck och markrörelsemätningar vid körningar med belastningsvagn visade att marken blev belastad med en hög belastnings-hastighet mellan 0,2 och 0,5 mm s<sup>-1</sup>. Detta stämmer bra överens med belastnings-hastigheten på 0,5 mm s<sup>-1</sup> som användes vid laborietestet i Wageningen (NL).

Förkonsolideringstrycket ökade som förväntat med ökad avsugning oavsett bestämmningsmetoden. Figur 48 visar förkonsolideringstryck som funktion av

avsugningen som erhöles vid "Oedometer"-test. En ökad avsugning innebär att porvattentrycket och porvattnets yttension ökar och bindningarna mellan markpartiklarna förstärks. En tension (avsugning) verkar som ett extra tryck på markytan.

Vid "Oedometer"-mätningar var förkonsolideringstrycket vid 60 cm-avsugning lägre än vid 5 cm-avsugning, fast inte signifikant. En förklaring till detta kan vara att resultaten vid 5 cm-avsugning var mindre bra, eftersom marken då nästan var mättad – marken kan då kompakteras endast om den samtidigt dräneras. De sämre resultaten innebar också att variationen var ganska stor vid låg avsugning. Den minskade vid högre tensioner.

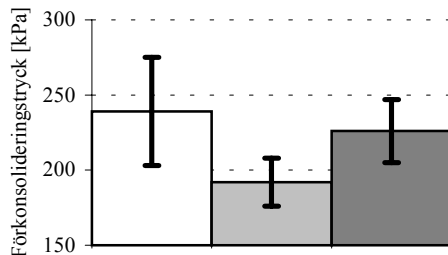
Det blev också variationer när olika procedurer för själva bestämningen av förkonsolideringstryckvärdet utifrån log tryck-deformations-kurvor användes. Ett exempel på detta visas i figur 49. En regressionsprocedur är enklare att använda och leder också till en aning mindre variation.



Figur 48. Förkonsolideringstryck som funktion av vattentensionen vid "Oedometer"-test i Uppsala (svarta punkter) och linjär regressions linje. Medelvärde av fem mätningar.

## Slutsatser och pågående arbete

Det visade sig att förkonsolideringstrycket, som är en av de mest kritiska markmekaniska parametrarna, starkt påverkas av metoden som använts när det bestämts. Huvudskillnaden mellan de olika metoderna är belastningshastighet. En ökad belastningshastighet medför ett ökat förkonsolideringstryck. Fältmetoden med "plate sinkage"-test gav dock samma resultat som ett test med långsam belastningshastighet i laboratoriet ("Oedometer") trots att belastningshastigheten var mycket hög i fält. Denna likhet har möjligen tre förklaringar. Vid fält-mätning kan marken till viss del förflytta sig horisontellt (man vet inte vilken jordvolym man studerar), fältförsöket är inte fullständigt odränerat trots hög belastningshastighet, och marken i fält skjivas under en last, någonting som inte händer vid laboratorietest, eftersom cylindern förhindrar en skjuvning.



Figur 49. Förkonsolideringstryck på 50 cm djup vid användning av Casagrandes procedur (vita staplar), regressions analys I (ljusgråa staplar) och regressions analys II (mörkgråa staplar) för själva bestämning av förkonsolideringstrycket utifrån log tryck-deformations-kurvor. Medelvärde och standardavvikelse av fem mätningar.

Hypotesen är att en hög belastningshastighet som motsvarar belastningshastigheten i fält vid till exempel en traktorkörning är bättre lämpad för att beskriva markens beteende under sådana förhållanden. Därmed borde det erhållna förkonsolideringstrycket från en sådan metod vara det mest riktiga värdet för att beskriva processer i lantbruksmarkmekanik. Hypotesen ska testas med hjälp av datamodeller och med värden från mätningar av packning i fält.

## Tack

Tack till Axel Lagerfeldt för att kunna genomföra fältförsöken på Tolefors gård; J.B. Dawidowski och hans medarbetare, lantbruksuniversitet i Szczecin, Poland för hjälp med "plate sinkage" fält-mätningar; och A.J. Koolen, lantbruksuniversitet i Wageningen, Nederländerna, för hjälp och gästvänlighet under laboratoriemätningar i Wageningen.

Kontaktpersoner är Thomas Keller, telefon 018-67 12 10 och Johan Arvidsson, telefon 018-67 11 72.

*Anmärkning: I denna artikel används termen tryck för att karakterisera intensiteten av de påkänningar som marken utsätts för. Detta görs för att ansluta till det vanliga praktiska språkbruket. Fysikaliskt är detta dock fel. Tryck är oberoende av riktning, medan spänning är riktningensberoende. I marken har man olika spänningar ("tryck") i olika riktningar, till exempel en vertikal spänning och en horisontell spänning, som inte är lika stora. Termen förkonsolideringstryck skall egentligen kallas förkonsolideringsspanning.*

## Tidpunkt för spridning av strörrika gödselslag : effekt på växtnäringens utnyttjande och markpackning

**Spridning av stallgödsel med tunga ekipage resulterar i markpackningsskador. I en packad mark utnyttjas växtnäringen sämre, vilket leder till skördesänkning och förlust av växtnäringen till den omgivande miljön. Ett FoU-projekt, finansierat av Statens Jordbruksverk, har startat hösten 2001 för att utreda optimala tidpunkter för spridning av stallgödsel vid ekologisk odling, där gårdens platsbundna resurser är avgörande för ett uthållig växtproduktion.**

I försöksserie **R2-7402** har två fältförsök (ett på lättlera och ett på styv lera) startats hösten 2001. Förutom packning studeras också plöjningsdjup efter gödselspridning för att undersöka om växtnäringens utnyttjandet kan påverkas av detta.

Försöken anläggs på två ekologiska gårdar i Uppland. Följande behandlingar ingår:

- A) Kontroll (utan gödsel, utan packning)
- B) 25 ton kletgödsel/ha på hösten, packad, plöjningsdjup 20-22 cm
- C) 25 ton kletgödsel/ha sen höst, opackad, plöjningsdjup 20-22 cm
- D) 25 ton kletgödsel/ha sen höst, packad, plöjningsdjup 20-22 cm
- E) 25 ton kletgödsel/ha på hösten, opackad, plöjningsdjup 12-15 cm

- F) 25 ton kletgödsel/ha sen höst, opackad, plöjningsdjup 12-15 cm
- G) 25 ton kletgödsel/ha på våren, opackad,
- H) 25 ton kletgödsel/ha på våren, packad

Led G och H plöjdes på hösten, och spridningen av kletgödsel sker i samband med vårbruk. Led E och F uteslöts från försöket på lättlera av tekniska skäl.

I försöken studeras markstruktur särskilt packningstillstånd och risken för nitratutlakning. Dessutom genomförs gradering av grödutveckling och ogräsmängd. Skörden bestäms kvantitativt och kvalitativt. Kontaktperson: [ararso@mail1.slu.se](mailto:ararso@mail1.slu.se), tel:018-671259.





## Bearbetningssystem och fosforerosion

I samarbete med Barbro Ulén, avdelningen för vattenvårdslära och Börje Lindén, SLU, Skara, anlades 1992 två försök, R2-8301 och R2-8302, på platser med erosionsproblem. Syftet var att med olika jordbearbetnings- och odlingsåtgärder minska de fosforförluster som sker genom ytavrinning och vattenerosion. Försöken finansierades av Jordbruksverket respektive Jordbruksverket och länsstyrelsen i Dalarna. R2-8301 avslutades 1996. Resultat från R2-8301 är redovisade i tidigare årsrapporter liksom av Ulén (1997). Kontaktpersoner för försöksserierna är Barbro Ulén 018/671251, Tomas Rydberg 018/671200, Börje Lindén 0511/67112 och Åsa Myrbeck 018-671213.

## Bearbetning - fosforerosion - N-läckage

**Val av jordbearbetningssystem har haft betydelse för fosforförlusterna genom ytavrinning under höst och vinter i ett försök i Hedemora. Bar, bearbetad mark orsakade större totala förluster än bevuxen eller obearbetad.**

I försöksserie **R2-8302** med ett försök utanför Hedemora i Dalarna studeras effekter av jordbearbetningsåtgärder på fosforerosion. Även risken för kväveutlakning belyses. Erosionsmätningarna i försöket påbörjades hösten 1994 med Gerlachtråg (Gerlach, 1967) nedgrävda i markytan och utökades 1995 med installerade uppsamlingsrännor med gummiduk och vippkärl.

### Resultat

Avkastningen i försöket 1994-2001 redovisas i tabell 32. Vårplöjning har givit skördar i samma storleksordning som höstplöjning men variationen mellan åren har varit stor. De plöjningsfria leden har oftast givit större skördar än de plöjda. Direktsådd har dock de flesta åren avkastat betydligt sämre än övriga led då denna slammings- och erosionsbenägna jord ofta blir mycket hård i ytan vid upptorkning på våren. En hård markyta som ej luckrats genom bearbetning försämrar förhållandena vid sådd. Tidig sådd på våren kan ge grödan möjligheter att etableras innan förhållanden med stark upptorkning inträder men det kan även öka risken för fler tillfällen med en slammad och hårdnande markyta. Den direktsådda rutan har såtts ca 10 dagar tidigare än övriga från och med 1995. 1995 var detta gynnsamt för grödan, men senare år har det inneburit betydligt sämre förhållanden

för etablering av grödor. Störst skördar har uppmätts i ett plöjningsfritt led där organiskt material (färsk vall) tillförs markytan på hösten. Detta har troligen både varit gynnsamt för markstrukturen och för grödorna genom att växtnärsämnen tillförts på detta sätt.

Mätningar i försöket av förluster av fosfor genom ytavrinning har visat att förlusterna genom partikelbundet fosfor varit störst från led som bearbetats på hösten (Ulén, 1998). Förlusterna av fosfat-fosfor har varit störst från det direktsådda ledet, troligen beroende av att en dominerande del av allt växtmaterial på markytan i den rutan varit dött under höst och vinter. Från rutor med växande vall eller fånggröda har förlusterna av fosfatfosfor ej varit förhöjda. Utförligare resultat från försöket finns även redovisade av Persson (1999).

Provtagningar av mineralkväve i försöket visade på jämförelsevis liten mineralisering av kväve i marken på hösten (Lindén et al., 1998). Det största innehållet av mineralkväve fanns i ledet som direktsåts. Kväveutnyttjandet har varit sämre där då skördarna varit mycket lägre. Allt kväve som funnits kvar i profilen efter skörd har dock inte lakats ut under vintern.

Tabell 32. Skörd (kg/ha och relativtal) 1994-2001 i försöksserie R2-8302

| Led                                    | Vårkorn<br>1994            | Havre<br>1995              | Vårkorn<br>1996            | Havre<br>1997              | Vårkorn<br>1998            | Vårkorn<br>1999            | Havre<br>2000              | Korn<br>2001               | Medel<br>1994-<br>2001 |
|--|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|------------------------|
| Höstplöjt                              | <b>1490</b><br><b>=100</b> | <b>3140</b><br><b>=100</b> | <b>4390</b><br><b>=100</b> | <b>4380</b><br><b>=100</b> | <b>3400</b><br><b>=100</b> | <b>2580</b><br><b>=100</b> | <b>4380</b><br><b>=100</b> | <b>2740</b><br><b>=100</b> | <b>100</b>             |
| Vårplöjt                               | 94                         | 76                         | 112                        | 94                         | 101                        | 131                        | 106                        | 92                         | 101                    |
| Plöjningsfri odling                    | 173                        | 104                        | 104                        | 105                        | 99                         | 112                        | 87                         | 120                        | 113                    |
| Direktsådd                             | 38                         | 107                        | 73                         | 59                         | 65                         | 26                         | 85                         | 73                         | 66                     |
| Djupkultivering varje år               | 107                        | 90                         | 107                        | 105                        | 99                         | 107                        | 83                         | 108                        | 101                    |
| Djupkultivering vart<br>tredje år      | -                          | 76                         | 115                        | 100                        | 99                         | 115                        | 98                         | 117                        | 103                    |
| Vårplöjning och<br>fånggröda           | 91                         | 76                         | 105                        | 73                         | 100                        | 136                        | 101                        | 101                        | 98                     |
| Höstvete/vall <sup>1</sup>             | -                          | 149                        | -                          | 52                         | -                          | 110                        | -                          | 37                         |                        |
| Plöjningsfri odl. + org,<br>mtrl. höst | 177                        | 118                        | 115                        | 119                        | 118                        | 119                        | 102                        | 135                        | 125                    |

<sup>1</sup> Vall 1994, 1996 (sådd i renbestånd våren 1996) 1998 och 2000.

## Kväveeffektiv jordbearbetning

**Enskilda jordbearbetningsåtgärder och tidpunkten för åtgärderna har i tidigare studier i fält visats ha stor betydelse för utlakningen av kväve. Två olika jordbearbetningssystem jämförs i en sexårig växtföljd på en grovmjord i Halland.**

Jordbearbetningen har en nyckelroll då det gäller att reglera de omsättningar av kväve i marken som kan leda till kväveförluster. Genom jordbearbetningen stimuleras och initieras nedbrytning av organiskt material samt därmed kväve mineralisering och frigörelse av nitrat. Med hänsyn till miljön blir det i framtidens jordbruk viktigt att med hjälp av jordbearbetningen styra kväveomsättningen så att kvävefrigörelse minimeras under de årstider då risk för kväveförluster föreligger.

Dessa aspekter belyser vi i ett fältförsök på Mellby i serie **R2-8407**. Fältförsöket skall också utgöra en integrerad del av de undersökningar som bedrivs i övrigt vid Mellby.

Försöket etablerades 1996 då sex rutor specialtäckdikades på Mellby i Halland. I försöket jämförs två olika jordbearbetningssystem med tre upprepningar. Det ena (A) systemet betraktas som konventionellt och det andra (B) som ett kväveeffektivt system (tabell 33). Hösten 1998 utfördes de första jordbearbetningsåtgärderna enligt försöksplanen. Våren 1999 såddes vårraps i försöket,

dvs år 5 i växtföljden. Skörden av raps liksom skörden av höstvetete det andra skördeåret var högre i det kväveeffektiva systemet (tabell 34). Direktsådden av höstvetete gav en väl etablerad gröda och skörden såg inte ut att påverkas negativt av rajgräset som såddes in på våren. Vårkornet år 2001 gav en högre skörd i det konventionella systemet.

Mängden dräneringsvatten från respektive ruta mäts och analyseras på kväveinnehållet. Likaså bestäms mineralkväveinnehållet i markprofilen och kväveinnehållet i grödorna i försöket. De två bearbetningssystemen gav stora skillnader i kväveläckage. Under tre år har 32 kg mindre kväve läckt från det kväveeffektiva systemet än från det konventionella (figur 50), förmodligen beroende på lägre mineralkvävehalter i marken under hösten och vintern (figur 51).

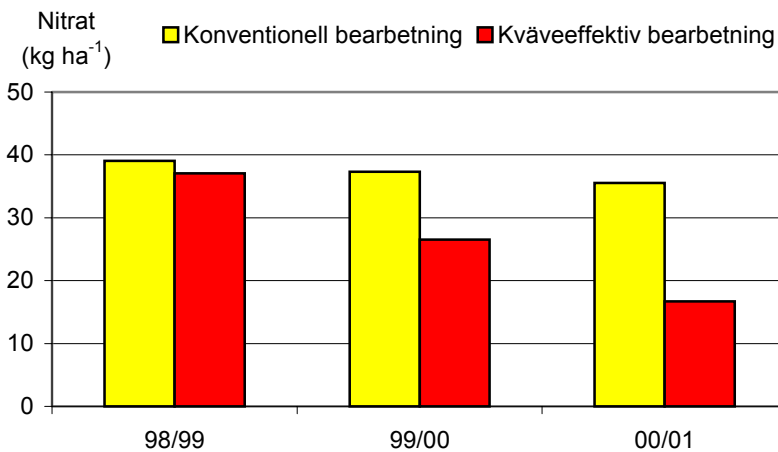
Försöket finansieras inom SLU:s ram för långliggande fältförsök samt av Stiftelsen Lantbruksforskning. Kontaktpersoner vid avdelningen för jordbearbetning är Åsa Myrbeck, 018-671213 och Tomas Rydberg, 018-671200.

Tabell 33. Försöksplan försök R2-8407

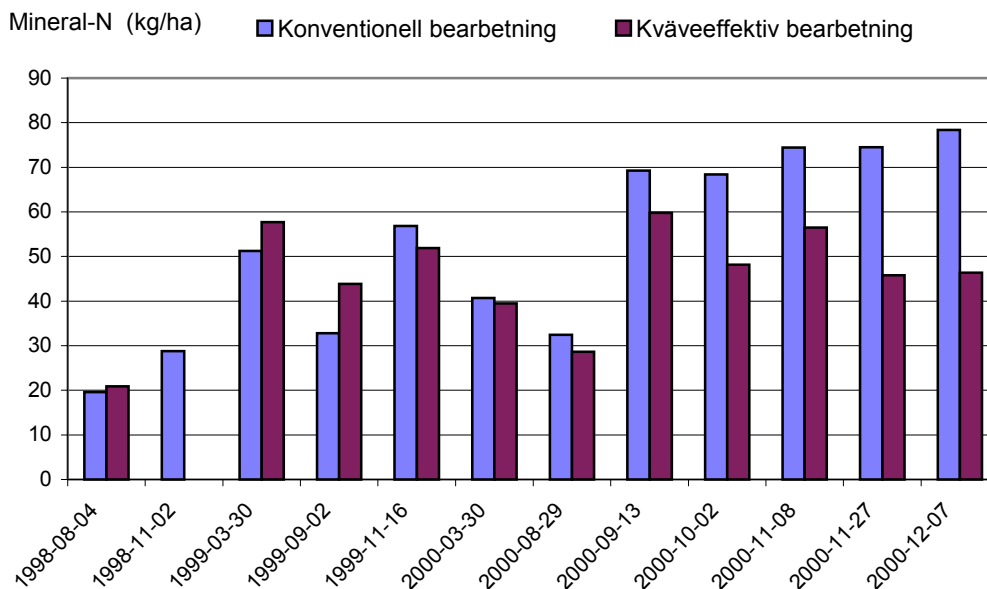
| År | Gröda                | Konventionellt jordbearbetningssystem   | Kväveeffektivt jordbearbetningssystem                                     |
|----|----------------------|---|---|
| 1  | Vårkorn med insådd   | Normal såtid  | Tidig sådd  |
| 2  | Gröngödsling         | Brytning genom plöjning samtidigt som led B.<br>Sådd av höstvetete sent i september | Brytning: plöjning en vecka före sådd av höstvetete i slutet av augusti.  |
| 3  | Höstvetete (rågvete) | Stubbearbetning ca 1/9<br>Sen höstplöjning ca 20/10                                 | Insådd av fånggröda i höstsåden.<br>Vårplöjning med tiltpackare nästa år. |
| 4  | Vårkorn med insådd   | Normal såtid<br>Plöjning 20/10  | Tidig sådd efter vårplöjning. Vårplöjning med tiltpackare nästa år.       |
| 5  | Våröljevaxter        | Plöjning genast efter skörd<br>Sådd av höstvetete sent i september                  | Direktsådd av höstvetete tidigt i september.                              |
| 6  | Höstvetete           | Stubbearbetning ca 1/9<br>Sen höstplöjning ca 20/10                                 | Insådd av fånggröda i höstsåden.<br>Vårplöjning med tiltpackare nästa år. |

Tabell 34. Skörd (kg/ha) i försök R2-8407 1999-2001

| Bearbetningssystem | Våraps<br>1999    | Höstvete<br>2000  | Vårkorn<br>2001 | Medel<br>1999-2001 |
|--------------------|-------------------|-------------------|-----------------|--------------------|
| Konventionellt     | 2770              | 6140              | 5030            | 4650               |
| Kväveeffektivt     | 3110              | 6490              | 4920            | 4840               |
| Signifikans        | n.s.<br>(LSD 930) | n.s.<br>(LSD 520) | *<br>(LSD 100)  |                    |



Figur 50. Nitratutlakning (kg N ha<sup>-1</sup>) under försökets tre första år.



Figur 51. Mineralkväve i marken (0-90 cm) fr o m augusti 1998 t o m december 2000.

## Jordbearbetning - kväveutlakning på lerjord

**Har utebliven eller senarelagd plöjning samma effekt på kväveutlakningen på en styv lera som på en sandjord? Dessa frågor belyser vi i den här försöksserien. Vi undersöker även om plöjningsfri odling på lerjord är bättre eller sämre ur utlakningssynpunkt än plöjning.**

Försök på lätta jordar har visat att utebliven eller minskad jordbearbetning på hösten leder till minskad kvävemineralisering under hösten och därmed minskad risk för kväveutlakning. Vi vet ej om effekten är densamma på lerjordar. Försöksserie **R2-8408** lades ut under 1997 och de första bearbetningarna utfördes under hösten samma år. De tio leden visas i tabell 35. Försöket genomförs i tre block.

I det här försöket jämför vi, förutom tidpunkten för höstbearbetningen, även plöjningsfri odling med konventionella system ur läckagesynpunkt. På lätta jordar har vi ej kunnat göra den jämförelsen. I försöket tas kväveprofiler ut vid flera tillfällen under året. Gröda och fånggrödor analyseras också på innehåll av kväve under säsongen. I

försöket har även så kallade 0N-rutor anlagts för att möjliggöra bestämning av kvävemineraliseringen under växtsäsongen.

### Resultat

Skillnaderna i innehåll av mineralkväve i marken mellan tidigt och sent bearbetade led har varit små både sen höst och vår (figur 52). Tidig bearbetning har dock gett något högre mineralisering under hösten än sen bearbetning. Mängden mineralkväve i marken under våren har överlag varit i nivå med och till och med högre än i december vilket tyder på att riskerna för utlakning beroende på bearbetningsåtgärderna under hösten är begränsade på denna typ av jord i Västergötland.

Tabell 35. Försöksplan försök R2-8408 och skörd (kg/ha och relativtal) 1997-2001

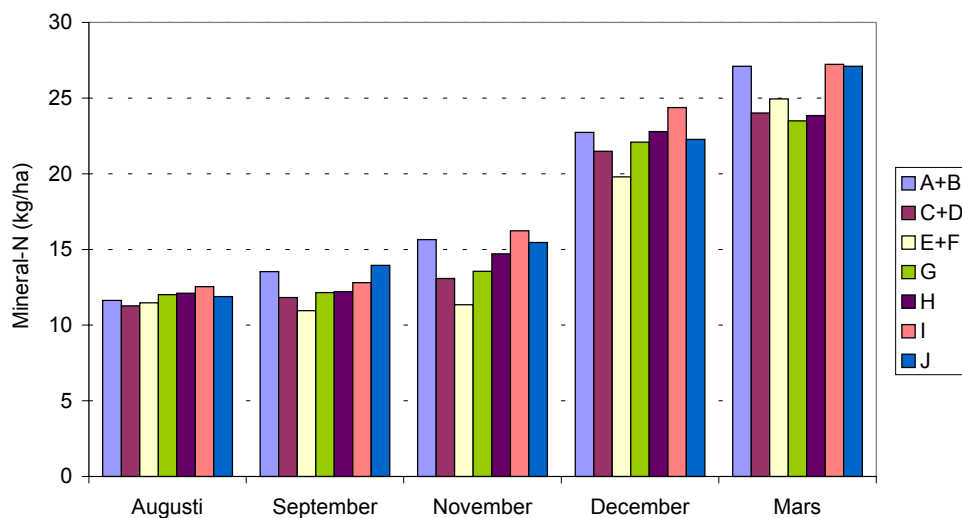
| Led   | Jordbearbetning   | Vårkorn<br>1997 <sup>1</sup> | Havre<br>1998              | Vårvete<br>1999            | Vårkorn<br>2000            | Havre<br>2001              | Medel<br>1998-2001 |
|-------|---|------------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|--------------------|
| A     | Tidig höstplöjning (ca 1.9), halmen nedbrukas                                     | <b>6530</b><br><b>=100</b>   | <b>4530</b><br><b>=100</b> | <b>4580</b><br><b>=100</b> | <b>3850</b><br><b>=100</b> | <b>4810</b><br><b>=100</b> | <b>100</b>         |
| B     | Tidig höstplöjning (ca 1.9), halmen bortföres                                     | 98                           | 91                         | 107                        | 110                        | 99                         | 102                |
| C     | Sen höstplöjning (20-25.10), halmen nedbrukas                                     | 100                          | 101                        | 94                         | 90                         | 87                         | 93                 |
| D     | Sen höstplöjning (20-25.10), halmen bortföres                                     | 97                           | 90                         | 110                        | 106                        | 93                         | 100                |
| E     | Sen höstplöjning (20-25.10), fånggröda (eng. rajgräs), halmen bortföres           | 102                          | 97                         | 104                        | 106                        | 90                         | 99                 |
| F     | Sen höstplöjning (20-25.10), fånggröda (cikoria), halmen bortföres                | 101                          | 99                         | 96                         | 97                         | 88                         | 95                 |
| G     | Stubbearbetning ca 1.9, halmen nedbrukas, sen höstplöjning (20-25.10)             | 106                          | 94                         | 102                        | 102                        | 92                         | 98                 |
| H     | Stubbearbetning ca 25.9, halmen nedbrukas, sen höstplöjning (20-25.10)            | 102                          | 98                         | 100                        | 97                         | 91                         | 97                 |
| I     | Stubbearbetning ca 1.9 och ca 25.9, halmen nedbrukas, sen höstplöjning (20-25.10) | 101                          | 91                         | 106                        | 109                        | 93                         | 100                |
| J     | Plöjningsfri odling: stubbearbetning ca 1.9 och ca 25.9, halmen nedbrukas         | 103                          | 99                         | 97                         | 101                        | 92                         | 97                 |
| Sign. |   | -                            | n.s.                       | *                          | n.s.                       | n.s.                       | -                  |

<sup>1</sup>De första bearbetningsåtgärderna enligt försöksplanen genomfördes efter skörd 1997.

Även skillnaderna i avkastning vid jämförelse mellan tidig och sen höstplöjning och mellan plöjning och plöjningsfri höstbearbetning har varit små (tabell 35). I genomsnitt har skörden i tidigt bearbetade led varit något högre än i sent bearbetade led. En orsak skulle kunna vara att marken i de sent bearbetade leden har fått sämre struktur på grund av ogynnsamma förhållanden vid bearbetningen. Skillnaderna

är dock inte signifikanta.

Projektet finansieras av Jordbruksverket och genomförs i samarbete med Börje Lindén, SLU i Skara, 0511-67112. Kontaktpersoner vid avdelningen för jordbearbetning är Åsa Myrbeck, 018-671213, och Tomas Rydberg, 018-671200.



Figur 52. Mineralkväve ( $\text{kg N ha}^{-1}$ ) i marken i 0-90 cm i medeltal 1997-våren 2001 vid respektive provtagningstidpunkt i de olika bearbetningsleden (A+B = tidig höstplöjning, C+D = sen höstplöjning, E+F = sen höstplöjning med fånggröda, G = tidig stubbearbetning och sen höstplöjning och H = sen stubbearbetning och sen plöjning, I = tidig och sen stubbearbetning innan plöjning, J = plöjningsfri odling).

## Grön mark och kväveutlakning

Ett projektsamarbete mellan avdelningarna för jordbearbetning och vattenvårdslära och Börje Lindén, SLU, Skara, startades 1992. Projektet finansieras av Jordbruksverket. Målsättningen är att med olika bearbetnings- och odlingsystem minimera kväveutlakningen. Projektet omfattar nu fyra olika fältförsöksserier, **R2-8402, -8403, -8404 och -8405**, på olika platser i landet. Tidigare ingick även ett försök där fånggrödans kväveeffterverkan studerades samt ett försök där effekten av olika kvävegivor jämfördes med effekten av fånggrödor (**R2-8401**, se föregående års årsrapport). De flesta försöken inom projektet har nu varit igång 7-8 år och en del resultat har redan presenterats i olika sammanhang, bl.a. vid ett NJF-seminarium om fånggrödor hösten 1994, NJFs kongress på Island 1995, vid ISTRO-konferensen 1997 i Polen och 2000 i USA, liksom i uppsatser publicerade i internationella tidskrifter. Vi presenterar här några intressanta resultat från mätningar i de olika försöken men hänvisar också till mer detaljerade rapporter i förekommande fall. Kontaktpersoner för projektet är Tomas Rydberg 018/671200, Arne Gustafson 018/673410, Börje Lindén 0511/67112, Helena Aronsson 018/672466, Åsa Myrbeck 018/671213 och Maria Stenberg 0511-67274.

## Flytgödsel - fånggrödor - utlakning

**Rajgräs som fånggröda minskade kväveläckaget även när stallgödsel tillfördes i ett försök på sandjord i Västergötland. En tidig stubbearbetning på hösten direkt efter skörd medförde ett ökat kväveläckage jämfört med vårplöjning.**

I försöket i serie **R2-8402** som startades 1992 belyses kväveläckage och mineralkvävedynamik i marken i odlingsystem med och utan tillförsel av stallgödsel. Försöksplanen presenteras i tabell 36. Försöket är placerat på en sandjord på Fotegården utanför Lidköping. Åtta rutor, 30 x 28 m, har täckdikats separat för mätning av avrinningen och provtagning

av dräneringsvattnet. Både huvudgrödan och fånggrödan provtas för att bestämma grödornas kväveupptag. Mineralisering av kväve i marken beräknas från analyser av mineralkväve i jordprover.

Tabell 36. Försöksplan i försök R2-8402

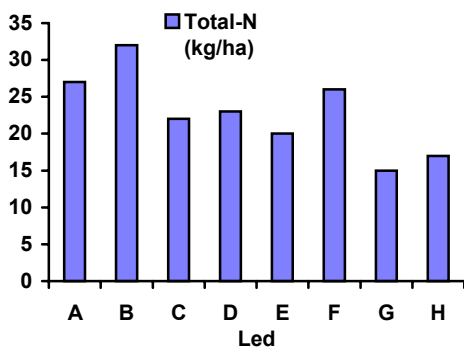
| Led | Svinflyt-<br>gödsel<br>Tot-N,<br>kg/ha | Handels-<br>gödsel,<br>kg N/ha | Tidpunkt<br>stubbear-<br>betning | Tidpunkt<br>plöjning | Fånggröda    |
|-----|--|--------------------------------|----------------------------------|----------------------|--------------|
| A   | -                                      | 90                             | Tidig höst                       | Sen höst             | -            |
| B   | 90                                     | 45                             | Tidig höst                       | Sen höst             | -            |
| C   | -                                      | 90                             | -                                | Sen höst             | Eng. rajgräs |
| D   | 90                                     | 45                             | -                                | Sen höst             | Eng. rajgräs |
| E   | -                                      | 90                             | -                                | Tidig vår            | -            |
| F   | 90                                     | 45                             | -                                | Tidig vår            | -            |
| G   | -                                      | 90                             | -                                | Tidig vår            | Eng. rajgräs |
| H   | 90                                     | 45                             | -                                | Tidig vår            | Eng. rajgräs |

Tabell 37. Skörd (kg/ha och relativt) 1994-2001 i försök R2-8402

|     | Havre           | Korn            | Potatis           | Havre           | Vårkorn         | Havre           | Potatis    | Korn            | Medel      |
|-----|-----------------|-----------------|-------------------|-----------------|-----------------|-----------------|------------|-----------------|------------|
| Led | 1994            | 1995            | 1996 <sup>1</sup> | 1997            | 1998            | 1999            | 2000       | 2001            | 1994-2001  |
| A   | <b>3680=100</b> | <b>3960=100</b> | <b>8960=100</b>   | <b>4970=100</b> | <b>4730=100</b> | <b>4970=100</b> | <b>100</b> | <b>3980=100</b> | <b>100</b> |
| B   | 97              | 134             | 108               | 109             | 109             | 102             | 100        | 92              | 106        |
| C   | 86              | 71              | 108               | 112             | 114             | 99              | 110        | 112             | 102        |
| D   | 101             | 129             | 95                | 110             | 107             | 103             | 85         | 109             | 105        |
| E   | 100             | 93              | 90                | 101             | 96              | 95              | 103        | 108             | 98         |
| F   | 113             | 126             | 93                | 112             | 104             | 101             | 95         | 107             | 106        |
| G   | 108             | 96              | 93                | 101             | 100             | 95              | 96         | 116             | 101        |
| H   | 112             | 132             | 108               | 104             | 107             | 94              | 84         | 114             | 107        |

<sup>1</sup> kg torrsbstans per ha.

### Resultat



Figur 53. Genomsnitt av årlig utlakning av totalkväve (kg N/ha) från försök R2-8402 1993/94-2000/2001 (data från Helena Aronsson, avdelningen för vattenvårdslära, SLU, 018-672466).

Kväveförlusterna från de olika leden har varit betydande i flera fall sedan starten av mätningarna hösten 1993 (figur 53). Det första året var koncentrationerna av nitrat i dräneringsvattnet höga i alla leden beroende

på att potatis odlades i försöket året innan start. Höga förluster av kväve från marken året efter odling av potatis har observerats i andra försök på sandjord. Genomsnitt av årlig utlakning från försöket 1993/94-2000/2001 visas i figur 53.

En tidig stubbearbetning efter skörd har ökat förlusterna av kväve jämfört med om marken fått vara ostörd fram till en plöjning på våren. Även tillförsel av flytgödsel har orsakat en ökning av kväveförlusterna, speciellt i led utan fånggröda.

Rajgräs som fånggröda har reducerat läckaget av kväve i försöket men effekten har varit beroende av fånggrödans tillväxt under hösten. Skördarna i försöket 1994-2001 visas i tabell 37. Rajgräs som fånggröda har ej medfört någon reduktion av kärnskördarna i försöket. Utförligare resultat från mätningar i försöket har presenterats av Aronsson (1996a, 1998a) och Lindén et al. (1999).



## Miljöanpassad flytgödsling och fånggrödor

**Rajgräs som fånggröda kan hålla utlakningen på en rimlig nivå även när flytgödsel används. Höga givor och höstspredning av flytgödsel ger däremot ett ökat läckage även när fånggröda används.**

I serien **R2-8403** ingår ett försök på grovmjord i Mellby, Laholm. Försöket belyser växtnäringssläckage och mineralkvävedynamik i odlingsystem med stallgödelspredning och är en fortsättning på försöket R3-0071 som startades 1983. Resultaten från det tidigare försöket är rapporterade av Lindén et al. (1993). Försöket bestod tom 1998 av tio rutor (40 m x 40 m) med en behandling per ruta (tabell 38) och separata dränerings-system. Fyra försöksrutor från f.d. R0-0044

inkluderades i försöket from 1999. I dessa jämförs sen höstplöjning med och utan fånggröda. Avrinningen mäts och dräneringsvattnet provtas för analys av kväve och fosfor i alla 14 försöksrutorna. Dessutom bestäms kväveupptaget i de olika leden genom provtagning av grödan. Kvävetillgång och kväveminerisering i marken beräknas från mineralkvävebestämning i jordprover. I försöket odlas vårsådda grödor.

Tabell 38. Försöksplan för R2-8403 (1N=90 kg/ha som total-N eller som handelsgödsel)

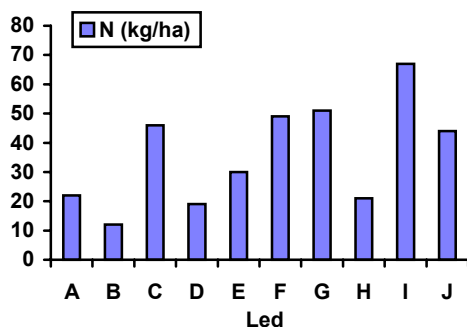
| Led | Flytgödsel-<br>kväve | Handelsgödsel-<br>kväve | Spridningstid för Fånggröda<br>flytgödsel |              | Plöjning |
|-----|----------------------|-------------------------|---|--------------|----------|
| A   | 0 N                  | 0N                      | -   | -            | Höst     |
| B   | 0 N                  | 0N                      | -   | Eng.rajgräs  | Vår      |
| C   | 0 N                  | 1N                      | -   | -            | Höst     |
| D   | 0 N                  | 1N                      | -   | Eng. rajgräs | Vår      |
| E   | 1N                   | 0,5 N                   | Tidig höst                                | Eng. rajgräs | Vår      |
| F   | 2 N                  | 0,5 N                   | Tidig höst                                | Eng. rajgräs | Vår      |
| G   | 1 N                  | 0,5 N                   | Vår                                       | -            | Höst     |
| H   | 1 N                  | 0,5 N                   | Vår                                       | Eng. rajgräs | Vår      |
| I   | 2 N                  | 0,5 N                   | Vår                                       | -            | Höst     |
| J   | 2 N                  | 0,5 N                   | Vår                                       | Eng. rajgräs | Vår      |
| K   | 0 N                  | 1 N                     | -   | Utan         | Sen höst |
| L   | 0 N                  | 1 N                     | -   | Med          | Sen höst |

### Resultat

Fånggrödan har effektivt reducerat kväveutlakningen i det här försöket, speciellt i kombination med vårplöjning (figur 54). Vårplöjning med fånggröda har flera år reducerat utlakningen med upp till 70 % jämfört med höstplöjning utan fånggröda. Med normal gödselgiva (1N) och fånggröda har kväveläckaget till och med varit lägre än i led utan gödsling och fånggröda.

Vid vårspridning av flytgödsel i leden med fånggröda har man lyckats hålla läckaget på en acceptabel nivå. Däremot hade fånggrödan en liten effekt vid höstspredning av flytgödsel och vid de höga flytgödselgivorna.

Skördarna i försöket 1994-2001 visas i tabell 39. De första åren orsakade insådd av rajgräs skördeförluster. 1997, 1998 och 2000 var skörden cirka 10% högre i det normalgödslade ledet med fånggröda än i det



Figur 54. Genomsnittlig årlig utlakning 1989/90-1997/98 av kväve (kg N/ha) från försök R2-8403 (data från Helena Aronsson, avdelningen för vattenvårdslära, SLU, 018-672466).

normalgödslade utan fånggröda. Skörden av vårvete 1999 var dock högre i det normalgödslade ledet utan fånggröda än med fånggröda. Medelskördarna 1994-2000 visar ej på någon tydlig trend.

Utförligare resultat från försöket under de senaste åren finns rapporterade av Aronsson (1996c och 2000) och av Hessel et al. (1999).

Tabell 39. Skörd (kg/ha och relativtal) i försök R2-8403 1994-2001

| Led | Havre<br>1994   | Vårtraps<br>1995 | Vårvete<br>1996 | Vårkorn<br>1997 | Havre<br>1998   | Vårvete<br>1999 | 2000            | 2001            | Medel<br>1994-2000 |
|-----|-----------------|------------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|--------------------|
| A   | 38              | 2                | 47              | 22              | 35              | 36              | 31              | 38              | 31                 |
| B   | 58              | 2                | 44              | 40              | 50              | 52              | 44              | 50              | 3                  |
| C   | <b>3370=100</b> | <b>2100=100</b>  | <b>4920=100</b> | <b>4040=100</b> | <b>5390=100</b> | <b>5990=100</b> | <b>4987=100</b> | <b>5616=100</b> | <b>100</b>         |
| D   | 88              | 86               | 81              | 110             | 109             | 96              | 111             | 103             | 98                 |
| E   | 96              | 66               | 79              | 92              | 88              | 90              | 95              | 94              | 88                 |
| F   | 109             | 105              | 84              | 107             | 101             | 110             | 113             | 89              | 3                  |
| G   | 114             | 92               | 95              | 127             | 118             | 103             | 114             | 121             | 111                |
| H   | 91              | 92               | 83              | 117             | 102             | 106             | 112             | 109             | 102                |
| I   | 91              | 119              | 77              | 123             | 95              | 102             | 121             | 107             | 104                |
| J   | 73              | 128              | 79              | 118             | 107             | 97              | 116             | 91              | 101                |
| K   | -               | -                | -               | -               | -               | 85              | 92              | 80              | 86                 |
| L   | -               | -                | -               | -               | -               | 89              | 109             | 103             | 100                |

## Växtföljder - fånggrödor - utlakning

**Förlusterna av kväve genom utlakning från växtföljder med höstsådda grödor kan vara stora. Speciellt höstraps har medfört stora kväveförluster i ett försök på moränlera i Skåne.**

I försöksserie **R2-8404**, med ett försök på Lönnstorps försöksstation utanför Lund, jämförs två olika växtföljder som båda uppfyller kraven på "vintergrön mark" (tabell 40). Försöket anlades 1992 och består av tio separat dränerade rutor varav åtta ingått i ett tidigare försök. Båda växtföljderna innehåller 80 % "vintergrön

mark". I den ena växtföljden (1) ingår höstsådda grödor och i den andra (2) ingår rajgräs som fånggröda för att nå upp till 80 %. För varje gröda i växtföljderna tillämpas ett för grödan konventionellt jordbearbetningssystem. I växtföljd 2 är dock tidpunkten för höstplöjning senarelagd när fånggröda tillämpas.

Tabell 40. Försöksplan för R2-8404

| Led         | Gröda                    | Handelsgödsel-N<br>(kg/ha) | Tidpunkt för<br>jordbearbetning | Marken under vintern |
|-------------|--------------------------|----------------------------|---------------------------------|----------------------|
| Växtföljd 1 |                          |                            |                                 |                      |
| A           | Höstraps                 | 40+80+70                   | Efter skörd                     | Höstvete             |
| B           | Höstvete                 | 60+90                      | Efter skörd                     | Rågvete              |
| C           | Rågvete                  | 50+50                      | Efter skörd                     | Höstplöjd            |
| D           | Sockerbetor <sup>1</sup> | 120                        | Sen höst                        | Höstplöjd            |
| E           | Korn                     | 100                        | Efter skörd                     | Höstraps             |
| Växtföljd 2 |                          |                            |                                 |                      |
| F           | Havre                    | 90                         | Efter skörd                     | Höstvete             |
| G           | Höstvete                 | 60+90                      | Efter skörd                     | Höstplöjd            |
| H           | Korn+eng. rajgräs        | 100                        | Sen höst                        | Höstplöjd            |
| I           | Sockerbetor <sup>2</sup> | 120                        | Sen höst                        | Höstplöjd            |
| J           | Korn+eng. rajgräs        | 100                        | Sen höst                        | Höstplöjd            |

<sup>1</sup> Blasten nedbrukas.

<sup>2</sup> Blasten bortföres.

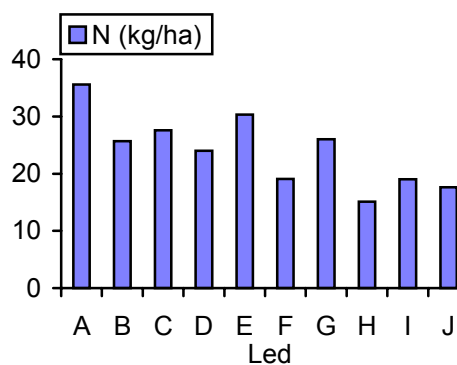
Gödslingsnivån är också grödanpassad. Avrinningen mäts och dräneringsvattnet och grödorna provtas för att bestämma utlakningen och upptaget av kväve.

## Resultat

De största förlusterna av kväve genom utlakning från försöket har uppmätts från höstraps och från vårkorn med höstraps som förfukt (figur 55). Även om växande höstraps tar upp en hel del kväve (ca. 40 kg/ha) på hösten så blir kväveförlusterna stora, till och med större än där marken lämnats bar under vintern efter en tidig jordbearbetning. Vid sådd av höstrapsen tillförs vanligtvis 40 kg N per ha. Det är sannolikt en förklaring till de stora kväveförlusterna. Engelskt rajgräs som fånggröda, vilket tillämpas i växtföljd 2, har här reducerat utlakningen av kväve. Det har visats tidigare bl.a. i försök på grovmo- och sandjordar i Halland. Förlusterna av kväve hölls även relativt låga när man förde bort betblasten från fältet. Avkastningen i försöket 1994-2001 redovisas i tabell 41. Skördarna av höstvete, vårkorn och sockerbetor har i

medeltal varit högre i växtföljd 1 än i växtföljd 2. Detta trots lika gödselgivor i båda växtföljderna och större utlakning av kväve från växtföljd 1.

Resultat från ytterligare avrinningsår finns redovisade mer detaljerat av Aronsson (1996b) och av Hessel et al. (1998).



Figur 55. Genomsnittlig årlig utlakning 1993/94-1999/2000 av kväve (kg N/ha) från försök R2-8404 (data från Helena Aronsson, avdelningen för vattenvårdslära, SLU, 018-672466).

Tabell 41. Skörd (kg/ha) 1994-2000 i försök R2-8404 på Lönnstorp. För sockerbetor redovisas ren vikt socker

| Led | 1994  | 1995 | 1996  | 1997  | 1998 | 1999  | 2000  | 2001  | Medel<br>1994-2000 |
|-----|-------|------|-------|-------|------|-------|-------|-------|--------------------|
| A   | 3370  | 2920 | 2660  | 2270  | 2400 | 3140  | 2904  | 3284  | 2869               |
| B   | 7110  | 7300 | 9980  | 10940 | 7940 | 10960 | 10728 | 10372 | 9416               |
| C   | 4370  | 6860 | 5650  | 7590  | 7660 | 7040  | 5495  | 7115  | 6380               |
| D   | 10110 | 7420 | 11220 | 10550 | 8520 |       |       |       | 9564 <sup>1</sup>  |
| E   | 6320  | 6010 | 7200  | 7370  | 6890 | 6940  | 6922  | 7393  | 6881               |
| F   | 4880  | 3230 | 6200  | 6760  | 7140 | 6630  | 6681  | 3516  | 5630               |
| G   | 6320  | 8090 | 8610  | 9770  | 7570 | 9290  | 9832  | 8498  | 8498               |
| H   | 5380  | 5260 | 6100  | 6280  | 6430 | 5530  | 5834  | 6971  | 5973               |
| I   | 9450  | 7430 | 9920  | 10070 | 9260 |       |       |       | 9226 <sup>1</sup>  |
| J   | 5180  | 5350 | 6730  | 6880  | 6830 | 5570  | 5989  | 7082  | 6201               |

<sup>1</sup> Medel 1994-1998.

## Jordbearbetning - kväveutlakning

**Mineralkväve som finns i markprofilen under hösten riskerar att lakas ut under senhösten och vintern. Jordbearbetning tidigt på hösten har inneburit väsentligt större innehåll av mineralkväve i marken i november jämfört med led som inte plöjdes förrän i november eller efterföljande vår. Utlakningen av kväve har varit minst från vårplöjning.**

Inom försöksserie **R2-8405** anlades hösten 1992 ett försök på grovmo i Mellby utanför Laholm. Hösten 1993 utfördes de första bearbetningsåtgärderna enligt försöksplanen (tabell 42). I försöket jämförs effekten på kväveutlakning av olika tidpunkter för plöjning i vårsådda grödor. Tidig höstplöjning jämförs med sen höstplöjning och vårplöjning. Den sena höstplöjningen utförs både med och utan fånggröda, samt med eller utan en föregående stubbearbetning som utförs samtidigt som den tidiga höstplöjningen. Dessutom jämförs effekten på kväveutlakning av inblandning eller bortförsl av skörderesterna.

För att studera kväveupptag och kväve-mineralisering utförs analyser av mineralkväve (ammonium och nitrat) i jordprover och av totalkväve i grödan. I alla

försöksrutor är sugceller installerade på två djup, 60 och 90 cm, för att göra det möjligt att bestämma nitratkoncentrationen i markvattnet. Nitratutlakningen från de olika tidpunkterna för bearbetning har beräknats från nitratkoncentrationen i markvattnet som provtagits med hjälp av sugceller och från avrinning från ett intilliggande försök. Hösten 2000 förändrades provtagningarna i försöket i syfte att utveckla en metodik för att studera hur vi ska kunna styra mineraliseringen av kväve i marken med tidpunkten för jordbearbetning. Provtagningen av grödor och markvatten har upphört medan tätare mineralkväveanalyser av markprofilen ner till 90 cm djup har införts. Vi vill ta reda på när efter en jordbearbetning eller nedbrukning av en fånggröda mineraliseringen organiskt material startar.

Tabell 42. Försöksplan för försök R2-8405 i Mellby, Halland, och skörd (kg/ha och relativtal) 1994-2001

| Led  | Plöjnings-<br>tidpunkt   | Halm-<br>behandling      | Vårkorn<br>1994     | Havre<br>1995       | Vårvete<br>1996     | Vårkorn<br>1997     | Havre<br>1998       | Vårvete<br>1999     | Korn<br>2000        | Havre<br>2001       | Medel      |
|------|--------------------------|--------------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|------------|
| A    | 1:a v i sept             | Nedbrukas                | <b>3120</b><br>=100 | <b>4780</b><br>=100 | <b>4710</b><br>=100 | <b>4390</b><br>=100 | <b>5670</b><br>=100 | <b>5050</b><br>=100 | <b>5590</b><br>=100 | <b>5990</b><br>=100 | <b>100</b> |
| B    | 1:a v i sept             | Bortföres                | 100                 | 91                  | 94                  | 105                 | 108                 | 117                 | 99                  | 98                  | 102        |
| C    | 1:a v i nov              | Nedbrukas                | 94                  | 99                  | 55                  | 97                  | 92                  | 116                 | 103                 | 118                 | 97         |
| D    | 1:a v i nov              | Bortföres                | 82                  | 100                 | 55                  | 98                  | 106                 | 120                 | 104                 | 114                 | 97         |
| E    | 1:a v i nov              | Nedbrukas<br>Eng rajgräs | 87                  | 100                 | 76                  | 102                 | 106                 | 115                 | 101                 | 115                 | 100        |
| F    | 1:a v i nov              | Bortföres<br>Eng rajgräs | 99                  | 107                 | 81                  | 102                 | 104                 | 122                 | 95                  | 112                 | 103        |
| G    | 1:a v i nov <sup>1</sup> | Nedbrukas                | 100                 | 104                 | 82                  | 97                  | 100                 | 119                 | 97                  | 110                 | 101        |
| H    | Vår <sup>2</sup>         | Nedbrukas                | 94                  | 104                 | 65                  | 41                  | 92                  | 86                  | 82                  | 119                 | 85         |
| Sign |                          |                          | n.s.                | n.s.                | *                   | ***                 | **                  | *                   | ***                 | ***                 | -          |

<sup>1</sup> Stubbearbetning 1 gång omedelbart efter skörd

<sup>2</sup> Tidig vårsådd, utförd 1997, 1999, 2000 och 2001.

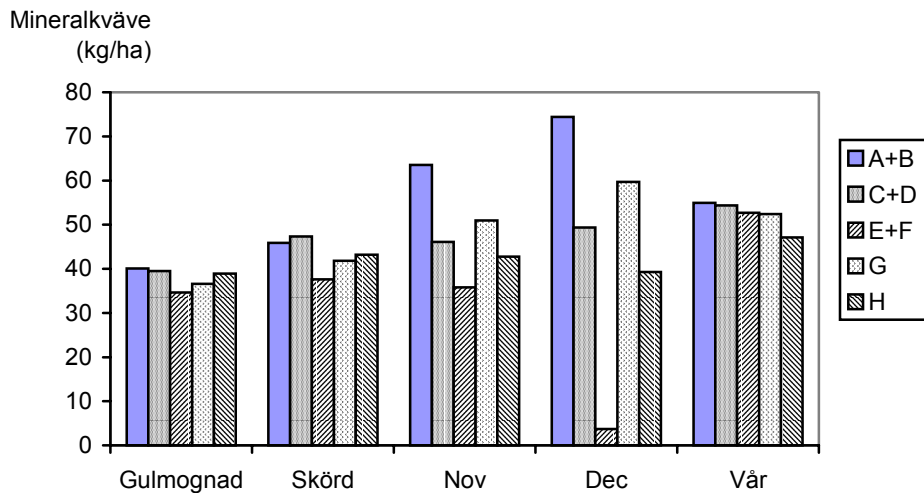
## Resultat

Kvickrot uppförades återigen i försöket 1998, speciellt i det vårplöjda ledet vilket troligen orsakade skördeminskningen i havre detta år (tabell 42). Stora halmmängder i det vårplöjda ledet orsakade också problem vid skörd. De stora skördeskillnaderna 1996 orsakades även de av riklig förekomst av kvickrot i flera av leden. Tidig sådd utfördes 1997 i det vårplöjda ledet. Kråkfåglar åt dock upp en stor del av utsädet i dessa rutor vilket medförde en kraftig skördeminskning.

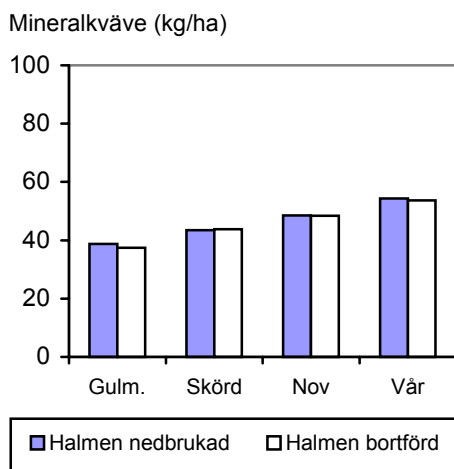
Skörden i det vårplöjda ledet var 1999 och 2000 återigen låg (tabell 42). 1999 var vårvetet i hela försöket angripet av rotdödare men angreppet var kraftigast efter vårplöjning. Orsaken var troligen en kombination av den tidigare förekomsten av kvickrot och att ledet 1999 såddes tidigt på våren. Den tidiga vårsådden 2001 lyckades dock bra och gav den högsta skörden i försöket detta år.

Figur 56 visar innehållet av mineralkväve (nitrat och ammonium) i 0-90 cm. Tidig höstplöjning och sen höstplöjning med föregående stubbearbetning har orsakat störst innehåll av mineralkväve i marken på hösten och störst utlakning. (För ytterligare resultat från utlakningsmätningarna se tidigare årsrapporter.) Led som plöjts på våren och led med fånggrödor har haft de lägsta halterna mineralkväve i marken under hösten.

Resultaten från det första året (2000) med tätare provtagning visar att den ökade mineraliseringen kan ske relativt snabbt efter ett bearbetningstillfälle. Redan 14 dagar efter den tidiga plöjningen hade en betydande mängd kväve mineraliserats. Mineralkvävet återfanns såväl i skiktet 0-30 cm som i skiktet 30-60 cm. Efter tidig stubbearbetning syntes ökningen istället främst vid provtagningen en dryg månad efter bearbetningen.



Figur 56. Mineralkväve (kg N ha<sup>-1</sup>) i marken i 0-90 cm i medeltal 1993-2001 vid respektive provtagningstidpunkt i de olika bearbetningsleden i försök R2-8405, Mellby (A+B = tidig höstplöjning, C+D = sen höstplöjning, E+F = sen höstplöjning med fånggröda, G = tidig stubbearbetning och sen höstplöjning och H = vårplöjning).



Figur 57. Mineralkväve (kg N ha<sup>-1</sup>) i marken i 0-90 cm 1993-2001 i de två olika halmbehandlingarna i försök R2-8405, Mellby, vid respektive provtagningstidpunkt och år (halmen nedbrukad = medeltal av A+C+E+G+H, halmen bortförd = medeltal av B+D+F).

Det har ansetts att inbrukning av halm på hösten medför ökad immobilisering av kväve och därmed minskning av utlakningen. Effekten av nedbrukning respektive bortförel av halm från försöket på innehållet av mineralkväve i marken och på utlakningen av kväve har varit liten i försöket (figur 57). Skillnaden mellan leden har varit försumbar förutom vid ett fåtal tillfällen

Utförligare resultat från försöket har rapporterats av Aronsson et al. (1994b), Stenberg (1998), Stenberg & Aronsson (1995, 1999) och Stenberg et al. (1997, 1998, 1999). Kontaktperson vid avdelningen för jordbearbetning är Åsa Myrbeck.

## Litteraturförteckning fosforerosion, grön mark och kväeutlakning

- Aronsson, H. 2000. Nitrogen turnover and leaching in cropping systems with ryegrass catch crops. Acta Universitatis Agriculturae Sueciae. SLU, Uppsala. Agraria 214. Doctoral thesis.
- Aronsson, H. 1996a. Flytgödsel - Fånggrödor - Utlakning. Resultat från tre försöksår på sandjord i Västergötland. Teknisk rapport 25. Avdelningen för vattenvårdslära, SLU, Uppsala.
- Aronsson, H. 1996b. Växtföljder - Fånggrödor - Utlakning. Resultat av tre försöksår på moränlera i Skåne. Teknisk rapport 26. Avdelningen för vattenvårdslära, SLU, Uppsala.
- Aronsson, H. 1996c. Fånggrödor och utlakning. Mellbyförsöket i Halland 1989-1996. Teknisk rapport 27. Avdelningen för vattenvårdslära, SLU, Uppsala.
- Aronsson, H. 1996d. Utlakningsbegränsande odlingsåtgärder. Resultat från försök på lerjord i Västergötland 1992-1996. Teknisk rapport 30. Avdelningen för vattenvårdslära, SLU, Uppsala.
- Aronsson, H. 2000. Utlakningsförsök för långsiktig kontroll av odlingssystem med vintergrön mark. Teknisk rapport 56. Avdelningen för vattenvårdslära, SLU, Uppsala.
- Aronsson, H., Hessel, K. 1998a. Flytgödsel - Fånggrödor - Utlakning. Fem år på Fotegården, sandjord i Västergötland. Teknisk rapport 45. Avdelningen för vattenvårdslära, SLU, Uppsala.
- Aronsson, H., Hessel, K. 1998b. Utlakningsbegränsande odlingsåtgärder. Resultat från försök på lerjord i Västergötland 1992-1998. Teknisk rapport 46. Avdelningen för vattenvårdslära, SLU, Uppsala.
- Aronsson, H., Lindén, B., Gustafson, A. 1994a. Influence of ryegrass as a catch crop and soil tillage on nitrogen mineralization and leaching. NJF seminar no. 245, Knivsta, 3-4 Oct. 1994.
- Aronsson, H., Stenberg, M., Lindén, B., Gustafsson, A., Rydberg, T. 1994b. Soil tillage systems with and without a catch crop - nitrogen mineralization and risk of nitrate leaching. In: Proceedings of NJF seminar no. 245 "The use of catch or cover crops to reduce leaching and erosion", Knivsta, 3-4 Oct. 1994. NJF-utredning/rapport nr. 99:93-104.
- Gerlach, T. 1967. Hillslope throughs for measuring sediment movement. Rev. Geomorph. Dynamique 4, 173.
- Hessel, K., Aronsson, H., Lindén, B., Stenberg, M., Rydberg, T., Gustafson, A. 1998. Höstgrödor - Fånggrödor - Utlakning. Kvävedynamik och kväeutlakning på en moränlättera i Skåne. Ekohydrologi 46. Avdelningen för vattenvårdslära, SLU, Uppsala.
- Hessel, K., Aronsson, H., Torstensson, G., Gustafson, A., Lindén, B., Stenberg, M., Rydberg, T. 1999. Mineralkvävedynamik och växtnäringutlakning i handels- och stallgödslade odlingssystem med och utan fånggröda. Resultat från en grovmojord i södra Halland, perioden 1990-1998. Ekohydrologi nr. 50, Avd. f. vattenvårdslära, SLU.
- Lindén, B., Rydberg, T., Stenberg, M. 1998. Jordbearbetningssystem på en mjälälättera i södra Dalarna: Inverkan på växtproduktion, kväveutnyttjande och risker för växtnäring-förluster. Miljövårdsenheten, Länsstyrelsen i Dalarnas län. Rapport 1998:6.
- Lindén, B., Aronsson, H., Gustafson, A., Torstensson, G. 1993a. Fånggrödor, direkt-sådd och delad kvävegiva - studier av kväveverkan och utlakning i olika odlingssystem i ett lerjordsförsök i Västergötland. Ekohydrologi 33. Avdelningen för vattenvårdslära, SLU, Uppsala.
- Lindén, B., Gustafson, A., Torstensson, G., Ekre, E. 1993b. Mineralkvävedynamik och växtnäringutlakning på en grovmojord i

- södra Halland med handels- och stallgödslande odlingssystem med och utan insådd fånggröda. *Ekohydrologi* 30. Avdelningen för vattenvårdslära, SLU, Uppsala.
- Lindén, B., Engström, L., Aronsson, H., Hessel Tjell, K., Gustafson, A., Stenberg, M., Rydberg, T. 1999. Kväveminerisering under olika årtider och utlakning på en mojord i Västergötland. Inverkan av jordbearbetningstidpunkter, flytgödseltillförsel och insådd fånggröda. *Ekohydrologi* 51. Avdelningen för vattenvårdslära, SLU, Uppsala.
- Stenberg, M. 1998. Soil tillage influences on nitrogen conservation. *Acta Universitatis Agriculturae Sueciae*. SLU, Uppsala. Agraria 129. Doctoral thesis.
- Persson, Kristian. 1999. Mindre fosforförluster på vårplöjda mjälajordar. FAKTA jordbruk. SLU. Nr 14 1999.
- Stenberg, M., Aronsson, H. 1995. Jordbearbetning - kväveutlakning. Fältförsök i Halland 1993-1995. Teknisk rapport 17. Avdelningen för vattenvårdslära, SLU, Uppsala.
- Stenberg, M., Aronsson, H. 1999. Plöj senare och minska risken för kväveutlakning! FAKTA Jordbruk. SLU. Nr 2 1999.
- Stenberg, M., Aronsson, H., Lindén, B. 1995. Nitrate leaching as affected by time for tillage operation and a ryegrass catch crop. NJF:s XX kongress, Reykjavik, 26-29 juni 1995. *Nordisk jordbruksforskning* nr. 3 1995:79.
- Stenberg, M., Aronsson, H., Lindén, B. 1998. Soil tillage and nitrogen leaching. In: "Soil tillage and biology". NJF seminar no. 286. Ås, Norway.
- Stenberg, M., Aronsson, H., Lindén, B., Rydberg, T. 1997. Jordbearbetning – kväveutlakning. Resultat 1995/96 från fältförsök R2-8405 i Halland. Teknisk rapport 34. Avdelningen för vattenvårdslära, SLU, Uppsala.
- Stenberg, M., Aronsson, H., Lindén, B., Rydberg, T., Gustafson, A. 1999. Soil mineral nitrogen and nitrate leaching losses in soil tillage systems combined with a catch crop. *Soil Tillage Res.* 50, 115-125.
- Ulén, B. 1995. Episodic precipitation and discharge events and their influence on losses of phosphorus and nitrogen from tiledrained arable fields. *Swedish J. agric. Res.* 25:25-31.
- Ulén, B. 1997. Nutrient losses by surface runoff from soils with winter cover crops and spring-ploughed soils in the south of Sweden. *Soil Tillage Res.* 44, 165-177.
- Ulén, B. 1998. Jordbearbetningssystem på en mjälalättlera i södra Dalarna: Ytavrinningsförluster av växtnäring. Miljövårdsenheten, Länsstyrelsen i Dalarnas län. Rapport 1998:6.