

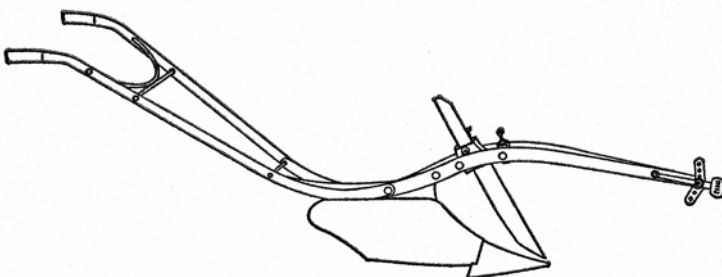


SVERIGES
LANTBRUKSUNIVERSITET
UPPSALA

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 107

2004

Johan Arvidsson, redaktör

**Jordbearbetningsavdelningens
årsrapport 2003**

ISSN 0348-0976

ISRN SLU-JB-R--107--SE

Sveriges lantbruksuniversitet
Institutionen för markvetenskap
Avdelningen för jordbearbetning

Rapporter från jordbearbetnings-
avdelningen. Nr 107, 2004
ISSN 0348-0976
ISRN SLU-JB-R--107--SE

Johan Arvidsson, Ararso Etana, Thomas Keller, Marcus Magnusson, Åsa Myrbeck, Tomas Rydberg, Urban Svantesson

JORDBEARBETNINGSAVDELNINGENS ÅRSRAPPORT 2003

Abstract

RESULTS OF RESEARCH IN SOIL TILLAGE IN 2003

This report summarizes the activities carried out by the Division of Soil Management in 2003, including the results from about 100 field experiments. The experimental sites were located all over Sweden. The experiments are grouped within the following programs:

*Primary tillage and tillage systems
Seedbed preparation and properties related to the surface layer
Soil compaction, soil structure and soil conservation
Nutrient leaching and erosion*

INLEDNING

Denna rapport tar upp större delen av verksamheten som bedrevs vid avdelningen för jordbearbetning under 2003, 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) växtnäringsutlakning och erosion.

Rapporter från avdelningen från de sista tre åren (inklusive denna) finns också tillgängliga på jordbearbetningsavdelningens hemsida (www.mv.slu.se). Texten till de olika avsnitten har i regel skrivits av den (de) kontaktperson(er) som anges för respektive avsnitt.

Jordbearbetningsavdelningen, SLU, februari 2004

Johan Arvidsson	Britt-Louise Atterdagsdotter	Elisabeth Bölenius
Ararso Etana	Sixten Gunnarsson	Patrik Hjerth
Sven-Erik Karlsson	Thomas Keller	John Löfkvist
Marcus Magnusson	Anna Melikari	Berth Mårtensson
Åsa Myrbeck	Tomas Rydberg	Urban Svantesson

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

Grundläggande bearbetning och bearbetningssystem	4
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
Dragkraftsbehov för olika redskap och bearbetningssystem vid höstsådd	18
Grund höstplöjning med Kvernelands Ecomat	25
Ekoskär och kalk	27
Grund bearbetning på hösten till höst- och vårsäd	29
Såbäddsberedning och ytskiktets funktion	30
Grund vårplöjning med Kvernelands Ecomat	31
Vårsådd vid utebliven höstbearbetning med fånggröda	34
Försök med Väderstads Rexius Twin	37
Bearbetningssystem i vårraps på olika jordar	38
Jordpackning, markstruktur och markvård	40
Låga marktryck i odling med och utan plöjning	41
Tidpunkt för spridning av strörrika gödselslag: effekt på växtnäringsutnyttjande och markpackning	44
Mätning av tryck i matjorden med olika hjullaster	47
Mätningar av tryck och deformation i marken vid betupptagning	52
Effekt av körhastighet på tryck och deformation i marken	58
Tryck, tryckfördelning och kontaktytan under ett däck i relation till däck- och hjulparametrar	61
Kalkylark för att beräkna tryck i marken	68

Växtnäringsutlakning och erosion	71
Bearbetning - fosforerosion - N-läckage	72
Flytgödsel- fånggrödor - utlakning	74
Jordbearbetning - kväveutlakning	75
Kväveeffektiv jordbearbetning	78
Jordbearbetning - kväveutlakning på lerjord	80
Direktsådd av höstveten för bättre kväveutnyttjande	82
Effekter av skorpobrytning på våren i ekologisk höstsäd	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 växtnäringsutnyttjande
- att undersöka grundbearbetningens betydelse vid en förenklad såbäddsberedning
- att undersöka dragkraftsbehov och ekonomi för olika bearbetningssystem

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
R2-4125	(2001)	Grund bearbetning till höstsäd

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 ersätts 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 2002 plöjdes enbart led A. Höstvetet såddes den 8/9. Uppkomsten var tillfredsställande i samtliga oplöjda led. Däremot var beståndet ganska glest i det plöjda ledet pga för torra förhållanden. Vid planträkningen på våren konstaterades också ett klart lägre plantantal i det plöjda ledet.

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. De positiva resultaten med plöjningsfri odling år 2003 kan förmodligen tillskrivas det tätare beståndet. 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 2003

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	V-rybs	1520	100	103	102	102	n.s.
29 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, plöjningtill s-betor
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., nr. tre 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 höstoljeväxter och då resulterade en djupbearbetning i plöjningsfria led 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 även då var en enbart ytlig bearbetning 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 höstoljeväxter, som gynnades av djupare och intensivare bearbetning. Plöjningsfri odling till h-vete efter oljeväxter brukar för det mesta fungera bra, vilket det även gjorde år 2001. Resultaten från år 2002, då sockerbetor odlades, påminner mycket om sockerbetsåret 1998 och resultaten från 2003 om det tidigare kornåret 1999. 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) 1992-2003 i försöksserie R2-4008, Lönnstorp 253/74. Jordart = mmh mj Δ LL

År	1992-2003	2003
Gröda		Korn kg/ha
A1=plöjning, A2=plöjning efter stubbearbetning	100 100	6830 102
B1=stubbearb. till 10-15 cm, plöjn. till s-betor B2=stubbearb. till 20 cm, plöjn. till s-betor	103 104	101 104
C1=stubbearbetning till 10-15 cm C2=stubbearbetning till 20 cm	99 102	107 106
A	100	100
B	102	102
C	99	106
1	100	100
2	102	101
Sign. bearbetning	n.s.	
Sign. intensitet	n.s.	
Sign. samspel	n.s.	



För intensiv och djup stubbearbetning finns många fabrikat att välja bland. Ovan visas Mega-Dan MKII från HE-VA Doublet.

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, gödsling på markytan
- A2 = stubbearbetning + plöjning varje år, radmyllning av gödsel
- B1 = Stubbearbetning + plöjning vissa år, gödsling på markytan
- B2 = Stubbearbetning + plöjning vissa år, radmyllning av gödsel
- C1 = Stubbearbetning + ingen plöjning, gödsling 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. Den plöjningsfria odlingen har här, liksom på många andra platser i landet, fungerat bra under 2003. Försöket finansieras med medel för långliggande försök. Kontaktperson är Tomas Rydberg, tel. 018/67 12 00.

Tabell 3. Skörd, kg/ha och relativtal (plöjning, gödslat på ytan=100) i försöksserie R2-4009 1976-2003

Försök nr	200/75	235/76	Samtliga	235/76
Län/plats	Ug	AC	1976-2003	Gröda: korn ins.
Jordart	nmh I Mo	nmh I Mo		skörd 2003
Antal försöksår	9	20	29	kg/ha
Plöjn. varje år, gödslat på ytan	100	100	100	1900
Plöjn. varje år, myllad gödsel	104	107	106	116
Plöjn. vissa år, gödslat på ytan	96	99	99	129
Plöjn. vissa år, myllad gödsel	101	104	105	148
Aldrig plöjning, gödslat på ytan	95	90	92	85
Aldrig plöjning, myllad gödsel	98	102	102	119
Plöjning varje år	100	100	100	100
Plöjning vissa år	97	98	99	128
Aldrig plöjning	95	92	93	94
Gödslat på ytan	100	100	100	100
Myllad gödsel	104	109	108	122
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 stråsädesdominerade 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.

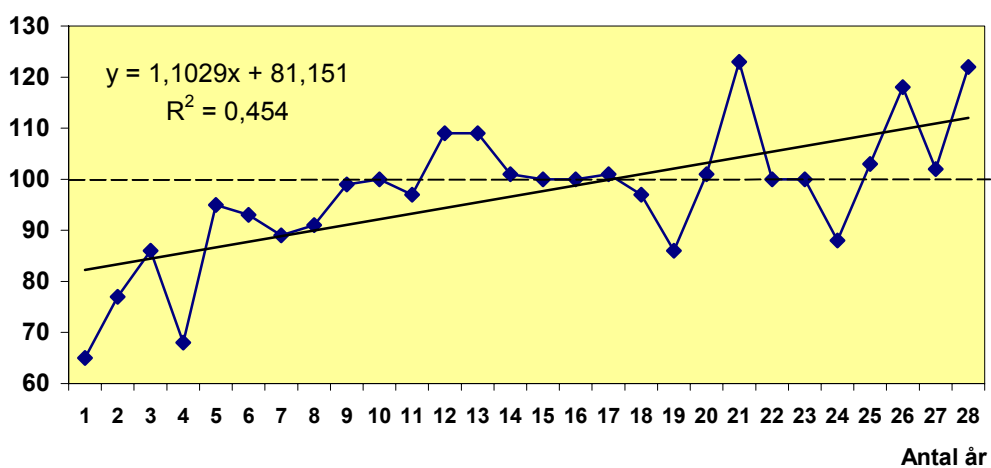
En i många sammanhang återkommande fråga är om resultatet med plöjningsfri odling blir bättre och bättre ju längre tekniken tillämpas. Något entydigt svar föreligger dock ej men en viss antydning om att så mycket väl kan vara fallet utgör resultaten från försöket på Lanna som anlades 1974. Från näst 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 1974-2003

Försök nr	86/75	201/77	3/75	381/74	Samtliga	381/74 2003
Län/plats	S	R	E	La		
Jordart	mmh mo LL	mmh ML	mmh mo LL	mmh SL		v-raps kg/ha
Antal försöksår	11	7	8	28	54	
Plöjt varje år, halm bortförd	100	100	100	100	100	1330
Plöjt varje år, halm hackad	99	104	97	101	100	97
Plöjt vissa år, halm bortförd	105	107	99	100	101	124
Plöjt vissa år, halm hackad	103	107	96	100	101	109
Aldrig plöjt, halm bortförd	110	109	94	97	101	120
Aldrig plöjt, halm hackad	106	109	87	96	98	120
Plöjning varje år	100	100	100	100	100	100
Plöjning vissa år	105	105	99	98	101	118
Aldrig plöjning	109	107	92	95	99	122
Halmen bortförd	100	100	100	100	100	100
Halmen hackad	98	101	95	100	99	95
Signifikans bearbetning						n.s.
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 på Gotland har resulterat i en bortodling av ungefär 3 mm/år. Resultaten har inte skilt nämnvärt mellan plöjda och enbart stubbearbetade led. I ett försöksled med permanent vall har bortodlingen närmast varit 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 hösten 2002.

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 1976-2003

Försök nr	Län/ plats	Jordart	Gröda	Förf.	Plöjn. varje år	Plöjn. vissa år	Aldrig plöjn.	Sign.
188/76 2003	St	Kärrtorv	Korn	korn	990	111	126	n.s.
25 försöksår					100	103	107	

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

Tabell 7. Skörd, kg/ha och relativtal (konv. sådd=100) i försöksserie R2-4017 1982-2003

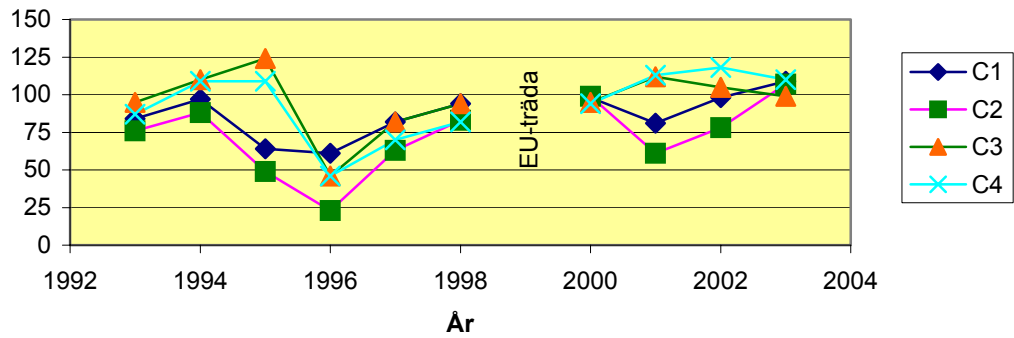
Försök nr	Län/plats	Jordart	Gröda	Föfr.	Konv. sådd	Direktsådd plöjn. vissa år	Direkt-sådd	Sign.
703/82 2003	La	mfSL	korn	h-vete	4360	119	103	n.s.
20 försöksår					100	93	92	

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 och 2002 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, både 2001 och 2002, en rikligare förekomst av kvickrot, varför också skörden blev klart sämre. Hösten 2002 behandlades led B + C med Roundup, vilket kan vara en förklaring till den framgångsrika direktsådden 2003. Kontaktperson är Tomas Rydberg, tel 018/67 12 00.

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. Det finns i dag många såmaskiner på marknaden som kan användas vid direktsådd. På bilden ses t.v. Kongskildes Demeter Multiseed och t.h. Väderstads Rapid Super XL.

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 i två av försöken, och lägre i ett försök.

Utebliven jordbearbetning, t.ex. vid plöjningsfri odling medför att markens naturliga strukturuppbyggnad 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

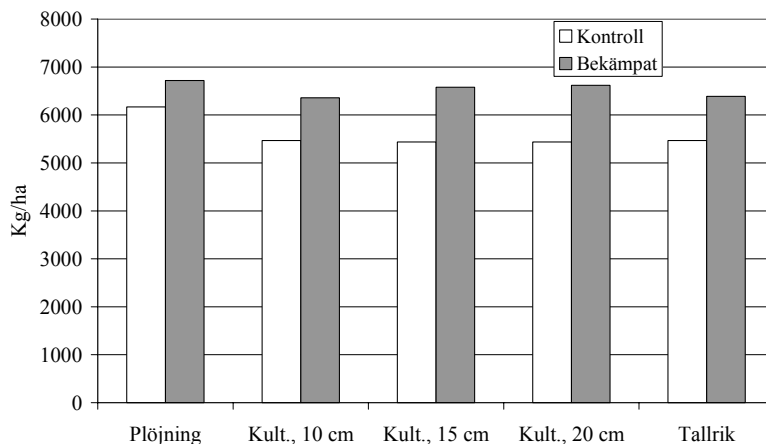
I ett av försöken, 517/91, har odlats korn efter korn sedan försökets start 1991. I de två övriga försöken har växtföljden varit mera varierad, men år 2003 odlades höstvetete efter höstvetete i försöket 618/95. Under 2003 gjordes graderingar av växtsjukdomar i försök 517/91 och 618/95. Dessutom behandlades halva rutan mot svampsjukdomar i dessa båda försök.

Tabell 8. Skörd, kg/ha och relativtal (plöjning=100) i försöksserie R2-4027 2003

Försök nr	517/91	524/91	618/95	Medel 2003
Län, plats	Ultuna	Ultuna	Ultuna	
Jordart	mmh ML	mmh SL		
Förfrukt	Korn	Havre	Höstvetete	
Gröda	Korn	Höstvetete	Höstvetete	
A=Plöjning	6450	5560	4850	100
B=Kultivator till 10 cm, 2-3 ggr	92	103	107	101
C=Kultivator till 15 cm, 2-3 ggr	93	106	104	101
D=Kultivator till 20 cm, 2-3 ggr	94	104	102	100
E=Tallriksredskap 2-3 ggr	92	94	103	96
Signifikans	n.s.	n.s.	n.s.	

Tabell 9. Skörd, relativtal (plöjning=100) i försöksserie R2-4027 1991-2003

Försök nr	517/91	524/91	618/95	Medel
Län, plats	Ultuna	Ultuna	Ultuna	
Jordart	mmh ML	mmh SL		
Antal år	12	12	8	32
A=Plöjning	100	100	100	100
B=Kultivator till 10 cm, 2-3 ggr	86	97	104	95
C=Kultivator till 15 cm, 2-3 ggr	88	99	100	95
D=Kultivator till 20 cm, 2-3 ggr	92	99	100	97
E=Tallriksredskap 2-3 ggr	91	90	101	93



Figur 4. Skörd i försök 517/91, med och utan bekämpning av bladfläcksvampar.

Resultat

Skörd 2003 och 1991-2003 visas i tabell 8 resp 9. I två av försöken var skörden lägre i plöjningsfria led.

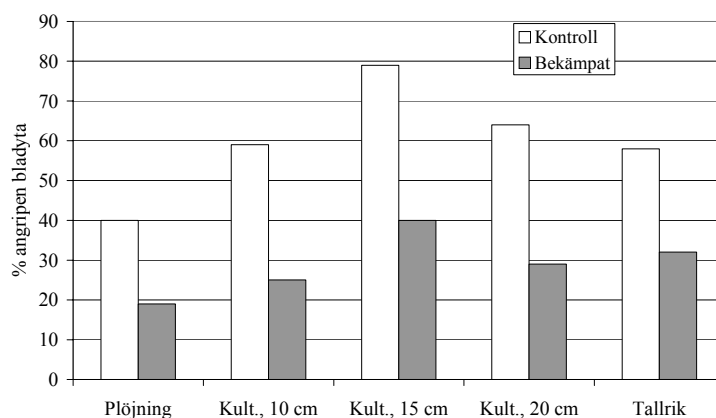
I försök 517/91, där korn odlas efter korn, var skörden betydligt lägre i ej plöjda led. Förekomst av växtpatogener kan vara en möjlig förklaring till skördeskillnader i detta försök. Svampbekämpning (Stereo applicerad 30 maj) ökade skörden med i genomsnitt 8 % (statistiskt signifikant), ökningen var ungefär lika stor i samtliga led (figur 4).

I försök 618/96 odlades höstvetete efter höstvetete. Vid gradering 15 juli var angreppen av bladfläcksvampar signifikant högre i

plöjningsfria led, ledskillnader var statistiskt signifikanta (figur 5).

Broddbehandling (Sportak 19 okt) ökade skörden med i genomsnitt 4 %, ungefär lika i plöjda och ej plöjda led.

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 5. Procent angripen bladyta, flaggblad och blad 2. Försök 618/96, höstvetete efter höstvetete.

Jordbearbetningstidpunkt på hösten – inverkan på skörd, markstruktur och kväveminerisering

En senareläggning av bearbetningstidpunkten kan leda till sänkt skörd på lerjord. Risken för skördesänkning är större då marken kultiveras än då den plöjs.

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 en risk att bearbetning sent på hösten under blöta förhållanden skulle kunna leda till försämrad markstruktur, lägre skörd och därmed ett sämre kväveutnyttjande. Därför startades 1999 försöksserie **R2-4111** med försök i Uppland, Östergötland och Skåne. Syftet var att undersöka hur tidpunkten för bearbetning på hösten inverkar på markstruktur, kväveminerisering och växtproduktion på lerjordar. Försöken, som pågick 1999-2002, finns slutredovisade i rapport 105 från avdelningen för jordbearbetning av Åsa Myrbeck m.fl., och i SLU:s serie Fakta Jordbruk, nr 11, 2003. I denna serie drivs fortfarande ett av försöken, placerat på en styv lera på Ultuna. Försöksplanen är tvåfaktoriell och innehåller följande led:

A=plöjning

B=två överfarter med kultivator

1=tidig bearb. (slutet av aug., början sep.)

2=normal bearb. (slutet sep., början okt.)

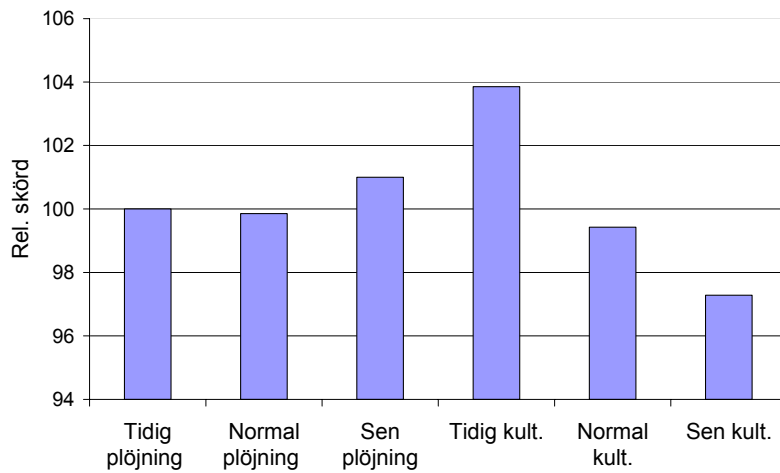
3=sen bearbetning (november)

Resultat

Skörd under 2003 och för samtliga år redovisas i tabell 10. Skörd i genomsnitt också för försöken i Skåne och Östergötland visas i figur 6. Sen bearbetning gav år 2003 något lägre skörd än tidig bearbetning, speciellt i kultiverade led. Sett över samtliga år har den tidigaste bearbetningen givit den högsta skörden på Ultuna. Det finns också en tydlig samspelseffekt: bearbetningstidpunkten har haft mycket större betydelse då marken kultiverats än då den plöjts. Resultaten från samtliga platser pekar i samma riktning (fig 6).

Tabell 10. Skörd i försöksserie R2-4111, ett försök på Ultuna, 2000-2003. Led som ej följs av samma bokstav är signifikant skilda ($P < 0,05$)

År	2000	2001	2002	2003	Medel
Gröda	Havre	Korn	Havre	Havre	
Tidig plöjning	5140=100	4390	5560	5520	100
Normal plöjning	100	95	99	99	98
Sen plöjning	100	94	99	99	98
Tidig kultivering	104	99	105	99	102
Normal kultivering	103	91	102	96	98
Sen kultivering	103	87	92	95	92
Plöjning	100b	100	100	100	100
Kultivering	104a	96	100	97	99
Tidig	100	100a	100a	100	100
Normal	100	93b	98a	98	97
Sen	100	91b	93b	98	96



Figur 6. Relativ skörd i försök med olika bearbetningstidpunkter. Medel av sju försöksår i Skåne, Östergötland och Uppland.

Försöken pekar därför på att markvattenhalten vid bearbetning är betydligt viktigare vid körning med

kultivator jämfört med plog. Kontaktpersoner är Johan Arvidsson, 018 67 11 72 och Åsa Myrbeck, 671213.

Dragkraftsbehov för olika redskap och bearbetningssystem vid höstsådd

Under 2003 startades ett nytt projekt för att studera bränsleförbrukning och dragkraftsbehov. Mätningar görs dels i befintliga fältförsök, dels i nystartade försök där ett stort antal redskap jämförs. Här redovisas resultat från de nystartade försöken.

Under 2003 monterades utrustning för att mäta bränsleförbrukning in i en av de traktorer som används i avdelningen för jordbearbetning fältförsök, en MF 6290 på 100 kW (135 hk). Mätutrustningen, som utvecklats av JTI, registrerade kontinuerligt bränsleförbrukning och motorvarvtal i en logger. Traktorn har kalibrerats med kraftuttaget i en bromsbänk för att bestämma bränsleförbrukning vid olika belastningar. Utifrån bränslemätningarna i fält kan en effekt motsvarande kraftsuttagseffekten räknas fram för varje bearbetningsmoment, denna antas sedan vara likvärdig med hjuleffekten. Under körning skedde även registrering av hjulhastighet och radarmätning av den verkliga hastigheten så att slirningen kunde beräknas. Genom att ta hänsyn till effektförluster på grund av slirning och rullningsmotstånd räknades den nyttiga ”dragkrokseffekten” ut. Mätningar utfördes i september 2003 före höstsådd i två försök, Ultuna (styv lera) och Säby (lättlera). Försöksplanen hade följande led:

A=Konv. höstplöjning, normalt djup
B=Konventionell höstplöjning, grunt
C=Grundplog (tvär vändskiva), ca 13 cm
D=Grundplog (tvär vändskiva), ca 7 cm
E=Kultivator ca 13 cm, 1 överfart
F=Kultivator ca 13 cm, 2 överfarter
G=Gåsfotskär, ca 13 cm, 1 överfart
H=Gåsfotskär, ca 13 cm, 2 överfarter
I=Gåsfotskär, ca 7 cm, 1 överfart
J=Gåsfotskär, ca 7 cm, 2 överfarter
K=Tallriksredskap, 1 överfart
L=Tallriksredskap, 2 överfarter
M=Väderstad Carrier, 3-4 cm, 1 överfart
N=Väderstad Carrier, 3-4 cm, 2 överfarter
O=Direktsådd

Grundplojen är en plog med relativt korta och brytande vändskivor speciellt avsedd

för grund plöjning. Normalt sett körs plojen med en tiltpackare, men inte i dessa försök då vi specifikt ville studera dragkraftsbehovet för själva plojen. I försöket på Ultuna fick vi inte plojen att hålla djupet tillfredsställande och där utgick leden med grundplojen. Väderstad Carrier är ett redskap med tandade tallrikar som går framför en tung vält. Det är möjligt att överföra tyngd från välten till tallrikarna för att dessa ska gå ner om marken är hård.

Förutom bränsleförbrukning gjordes också mätningar av verkligt bearbetningsdjup och sönderdelningsgraden vid bearbetning. Därigenom blev det möjligt att beräkna specifikt dragkraftsbehov (per bearbetad tvärsnittsarea) och energibehov för sönderdelning.

Verkligt bearbetningsdjup

Före bearbetningen togs cylindrar ut i rutorna för bestämning av skrymdensiteten. En stålräm med ytan 0,25 m² slogs ner i varje ruta efter bearbetning och all lös bearbetad jord ned till bearbetningsbotten togs bort och vägdes. Det verkliga bearbetningsdjupet kunde därmed bestämmas oavsett hur ojämn bearbetningsbotten var och en rättvis jämförelse mellan redskapen kunde göras.

Specifikt dragkraftsbehov

Utifrån det verkliga bearbetningsdjupet och effektmätningarna kunde energibehovet per kg bearbetad jord, samt det specifika dragkraftsbehovet räknas ut. Det senare definieras som kraften per bearbetad tvärsnittsarea.

Sönderdelningsgrad

Från varje ruta togs hinkar med lös jord från den bearbetade jordvolymen. Jorden från hinkarna sållades för att få ett mått på sönderdelningsgraden.

Energibehov för sönderdelning

Utifrån sällningsdata kunde den specifika ytan på den bearbetade jorden beräknas (m^2/kg jord). En stor andel små aggregat ger en stor specifik yta och står därmed för en hög sönderdelningsgrad. Ett mått på energibehovet för sönderdelning erhöles genom att den tillförda energin relaterades till den specifika ytan (J m^{-2}).

Bränsleåtgång i hela bearbetningssystem

Bränsleförbrukningen mättes också för såbäddsberedning och sådd. Såbäddsberedningen anpassades efter markens kokighet efter grundbearbetning. Eftersom plöjda led hade en grövre struktur krävdes där mera såbäddsberedning än i ej plöjda led. På Ultuna kördes 2 överfarter med Väderstad Carrier och en cross-killervält i plöjda led, och med cross-killervält i plöjningsfria led. På Säby kördes med Väderstad Carrier i plöjda led, och med cross-killervält i plöjningsfria led. Dieselåtgången har beräknats med antagandet att 20 % av energiinnehållet i dieseln har kunnat utnyttjas till det direkta dragkraftsbehovet för redskapet, resten är

förluster i motor, transmission, slirning och rullmotstånd.

Bildanalys av halm i markytan

Efter grundbearbetningen fotograferades markytan i samtliga led, 4 fotografier per ruta. Med hjälp av bildanalys bestämdes sedan mängden halm på markytan.

Resultat

I tabell 11 redovisas det uppmätta genomsnittliga arbetsdjupet. Den konventionella plogen plöjde något grundare och grundplogen djupare än det som eftersträvades i försöket på Säby. De erhållna arbetsdjupen blev därför ungefär samma för den konventionella plogen och grundplogen. Med kultivatorn blev bearbetningsdjupet betydligt lägre än det inställda, speciellt på Ultuna där redskapet lämnade en mycket ojämn bearbetningsbotten. Också för gåsfotkultivatorn blev djupen lägre än de eftersträvade. Tallriksredskapet hade svårt att gå ner i den hårda leran på Ultuna, men bearbetade ungefär till avsett djup på Säby. Carrier bearbetade nära avsett djup på både Ultuna och Säby.

Tabell 11. Verkliga och inställda bearbetningsdjup

Led	Inställt djup (cm)	Verkligt djup (cm)	
		Ultuna	Säby
A. Plog	21	19,7	19,7
B. Plog	13	10,9	11,0
C. Grundplog	13	-* ²	17,9
D. Grundplog	7	-* ²	10,4
E. Kultivator 1ggr	13	4,5	6,3
F. Kultivator 2ggr*	13	2,6	4,9
G. Gåsfot 1ggr	13	6,3	9,1
H. Gåsfot 2ggr*	13	2,9	3,1
I. Gåsfot 1ggr	7	5,2	5,2
J. Gåsfot 2ggr*	7	1,4	2,6
K. Tallriksredskap 1ggr	7	1,9	4,6
L. Tallriksredskap 2ggr*	7	2,4	2,4
M. Carrier 1ggr	5	3,0	3,3
N. Carrier 2ggr*	5	0,7	1,0

* Värdena anger hur många cm bearbetningsdjupet ökade efter den andra överfarten. Det totala arbetsdjupet blir summan av föregående led och andra överfarten. *² Dessa led utgick

Det specifika dragkraftsbehovet för de olika redskapen redovisas i figur 7. Lägsta värdet erhöles för djup plöjning både på Ultuna och Säby. Värdena skiljde sig inte mellan den konventionella plogen och grundplogen. På Ultuna var värdena för den konventionella kultivatoren något högre än för gåsfotkultivatoren, medan förhållandet var det omvända på Säby. För

andra överfarten med ett redskap erhöles i regel ett betydligt högre värde än för första överfarten, då relativt lite ny jord lösgöres vid andra överfarten. För Carrier erhöles på Säby det högsta värdet av samtliga redskap. Detta kan bero på att välten på Carrier sjönk ner och krävde relativt stor dragkraft på den lätta jorden.

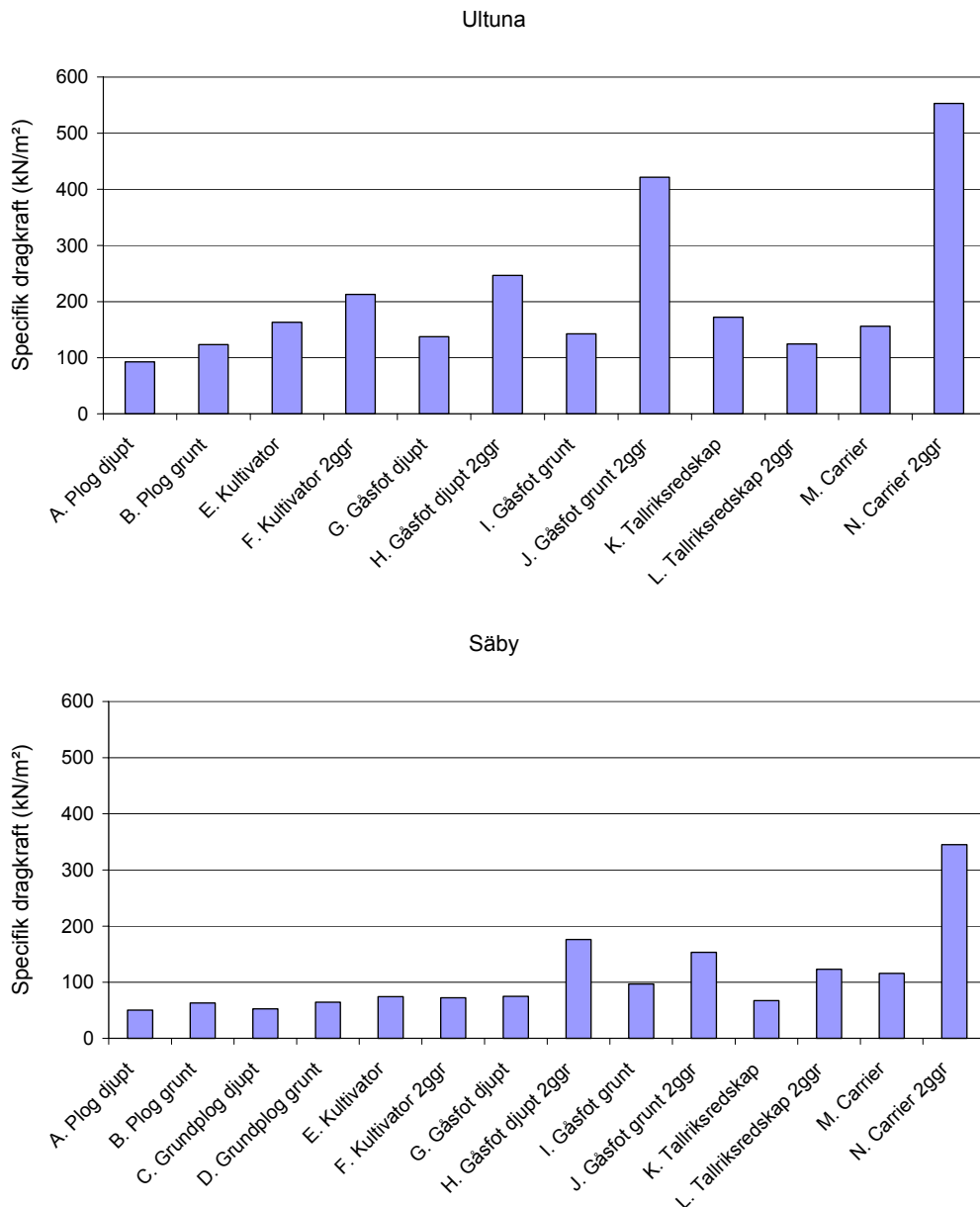
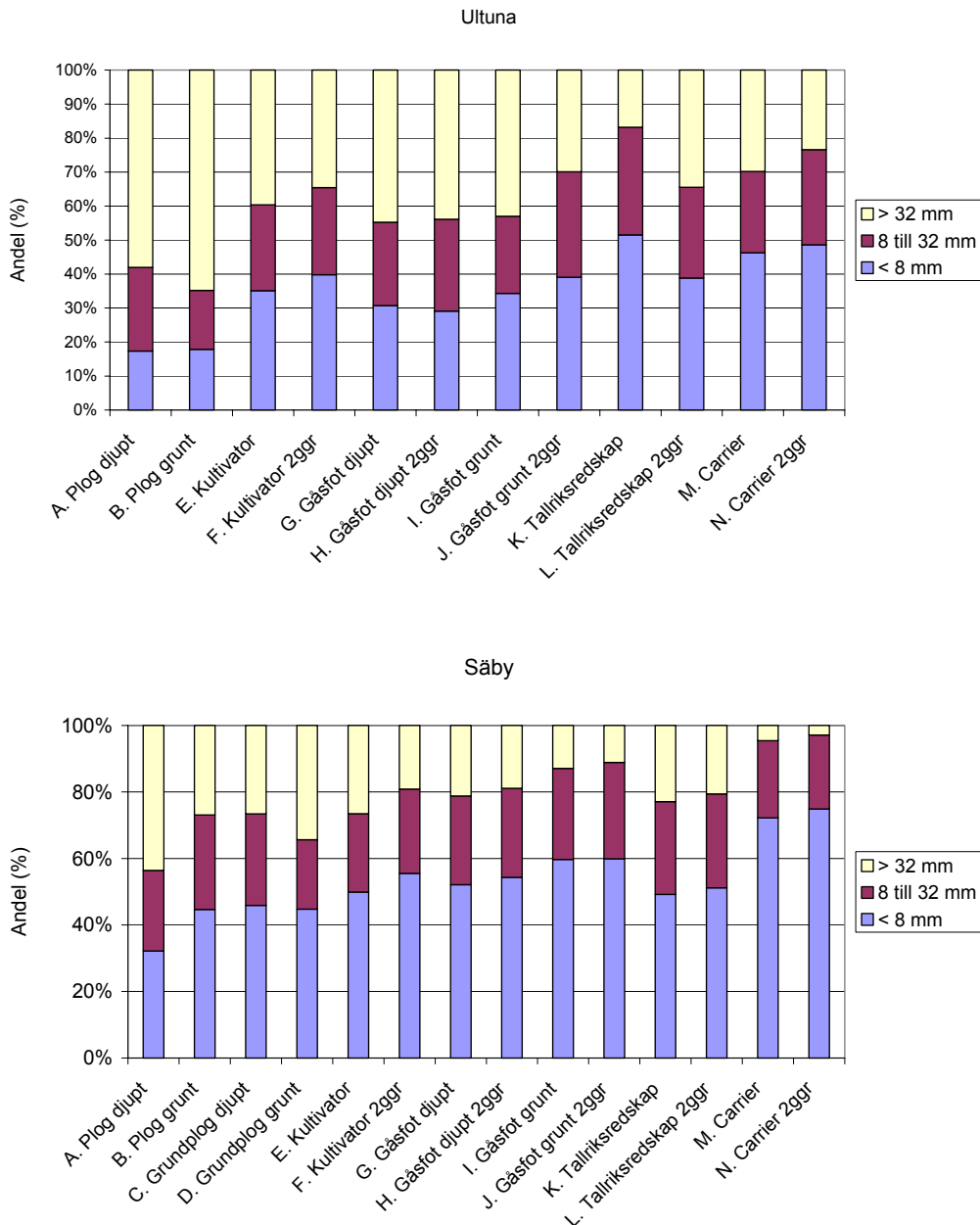


Fig 7. Specifikt dragkraftsbehov för olika redskap. För led F, H, J och L anges värden för andra överfarten med respektive redskap.

Aggregatstorleksfördelning efter olika redskap redovisas i figur 8. Denna följde till stor del arbetsdjupet: ju större arbetsdjup, desto grövre struktur. Plogen lämnade ett mycket grovt bruk speciellt på Ultuna, där tallriksredskapet och Carrier

efterlämnade störst andel finjord. På Säby gjorde Carrier ett mycket fint bruk jämfört med övriga redskap. Det fanns inga tydliga skillnader mellan konventionell kultivator och gåsfotkultivator.



Figur 8. Aggregatstorleksfördelning efter körning med olika redskap.

Energibehov för sönderdelning, d.v.s. hur stor energi som åtgår för att få fram en viss aggregatyta, redovisas i figur 9. Värdena för första överfarten var relativt lika för de

olika redskapen, högst värde erhöles för plogen. Andra överfarten med ett redskap gav ett betydligt högre värde än den första.

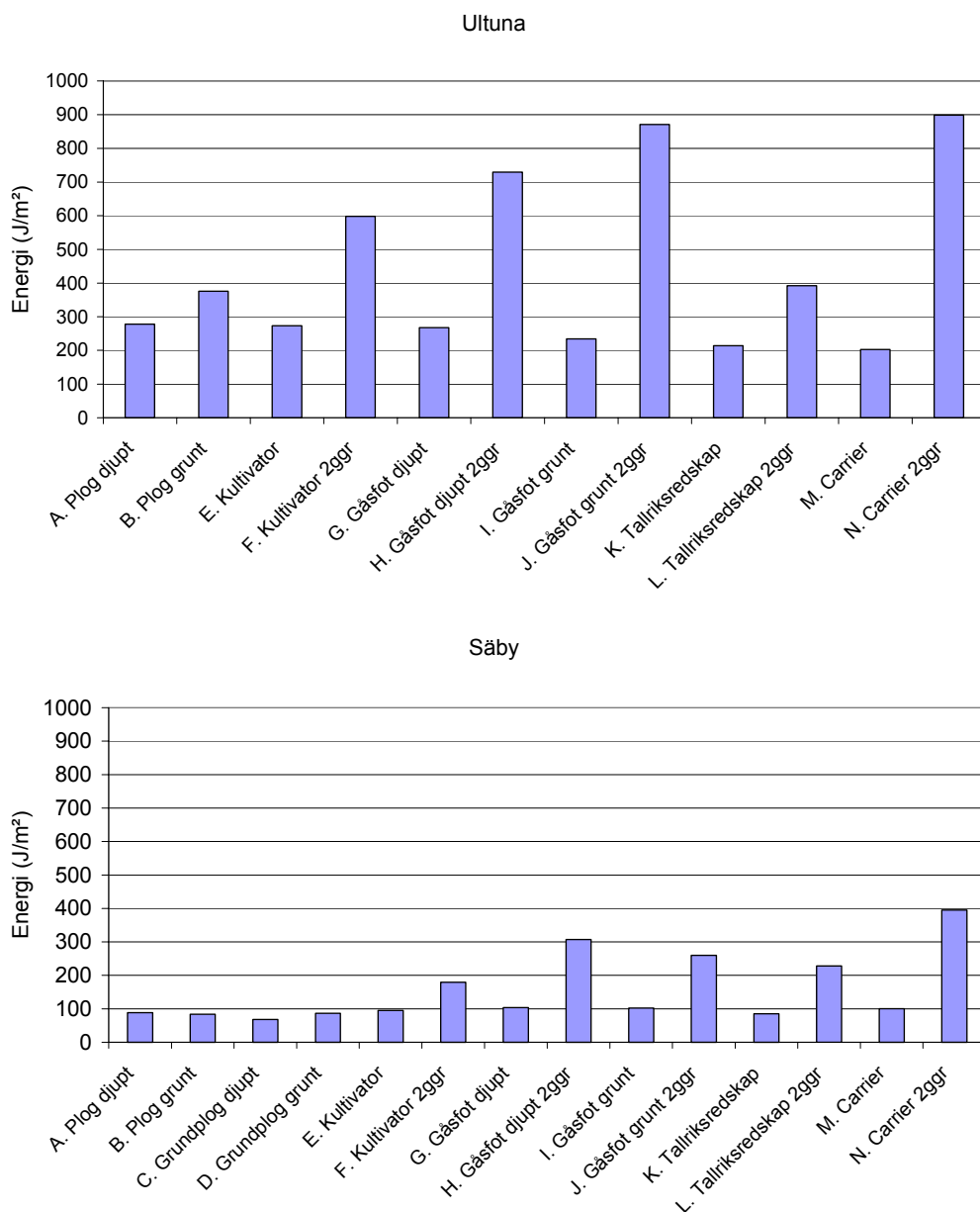
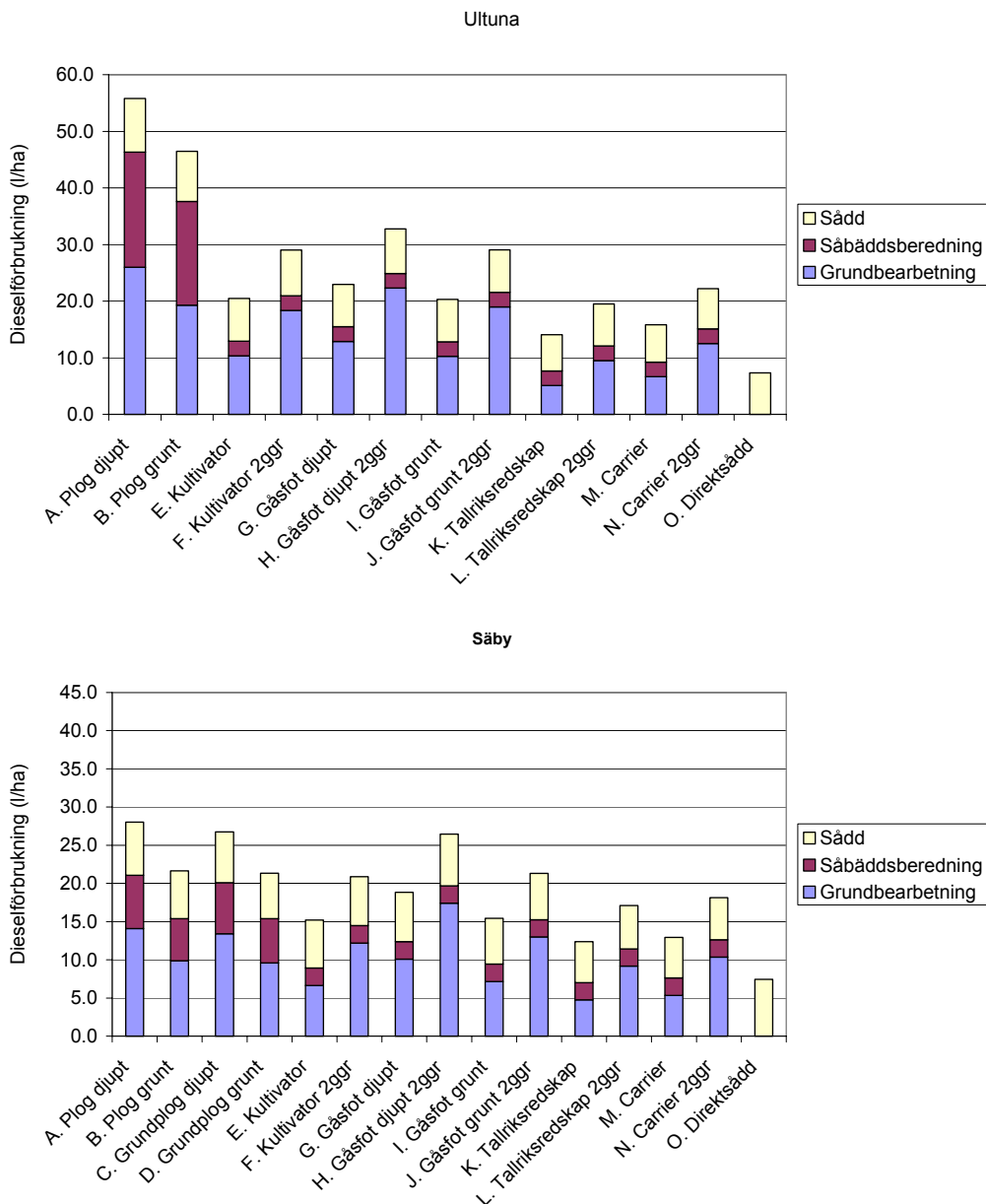


Fig 9. Energibehov för sönderdelning för olika redskap. För led F, H, J och L anges värden för andra överfarten med respektive redskap.

Det totala energibehovet för de olika maskinsystemen redovisas i figur 10. Högst värden erhöles genomgående för plöjda led. Detta är till stor del en effekt av att såbäddsberedningen var mer energikrävande i dessa led. Energiåtgången

för själva grundbearbetning skiljer betydligt mindre mellan leden. Grundplöjning krävde t.ex. mindre energi än två överfarter med gåsfotkultivator till ca 10-12 cm.

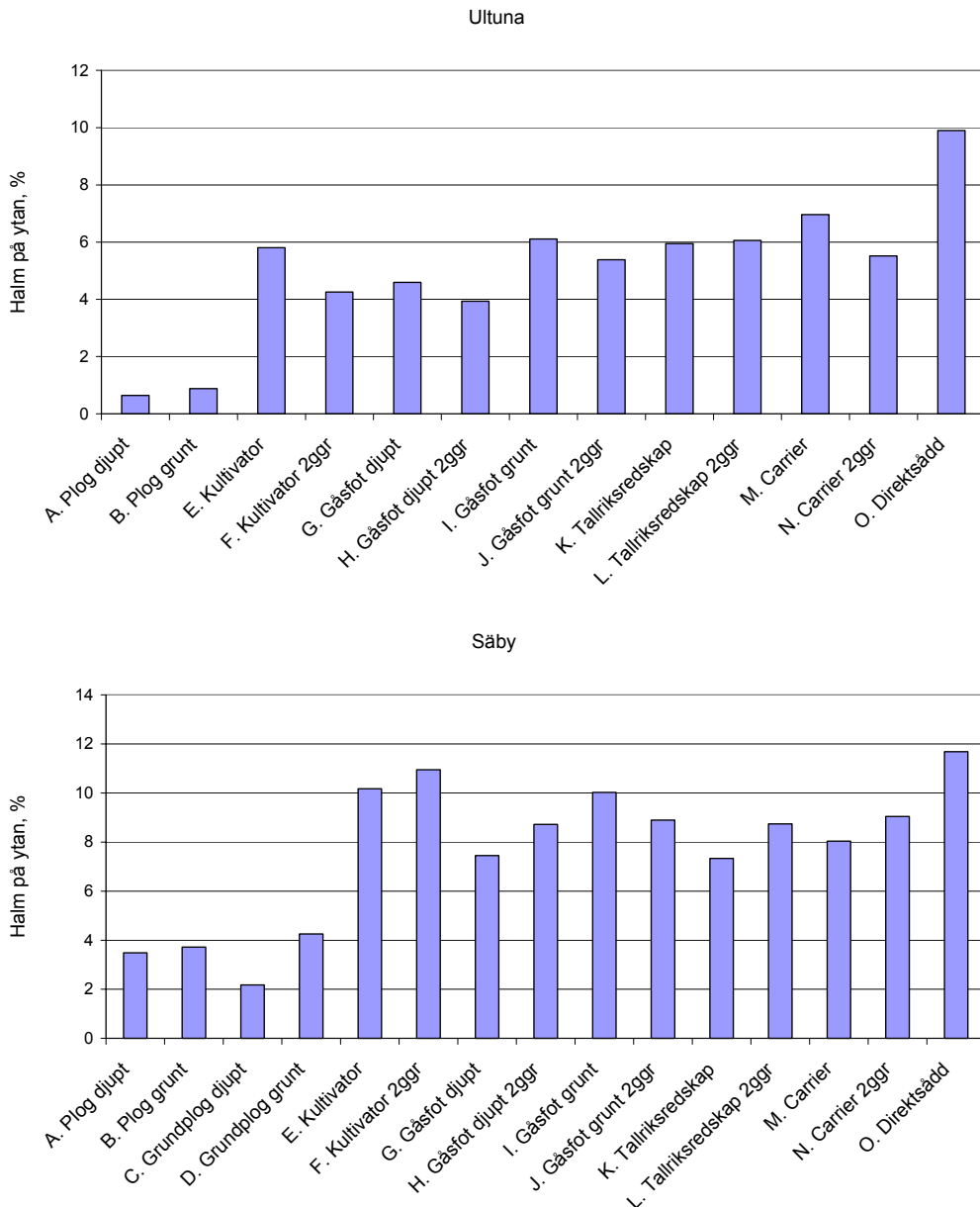


Figur 10. Beräknad total dieselåtgång för olika bearbetningssystem.

Mängden halm i ytan, mätt med bildanalys, presenteras i figur 11. Plöjningen gav den minsta mängden, speciellt i försöket på Ultuna där skillnaden var stor mot övriga led. Direktsådden gav störst mängd halm i ytan, skillnaden mellan övriga led var relativt liten. Resultaten måste tolkas med stor försiktighet, absolutvärdena är

troligtvis för låga p.g.a. svårigheter i bildanalysen.

Resultat från projektet kommer att presenteras mera fullständigt i ett examensarbete av Marcus Magnusson (tel. 018 67 12 12) tillgängligt på <http://www.mv.slu.se/jb/jbpubl.htm>. Kontaktpersoner är också Johan Arvidsson, 67 11 72, och Thomas Keller, 67 12 10.



Figur 11. Mängd halm på ytan efter grundbearbetning, mätt med bildanalys.

Grund höstplöjning med Kvernelands Ecomat

I två försök prövas olika plöjningsstrategier med Kvernelands Ecomat. För att även kunna undersöka hur de olika bearbetningssystemen påverkar växtföljdsrelaterade sjukdomar tillämpas en mycket ensidig växtföljd. Resultat från det första året visar att dragkraftsbehovet minskade avsevärt men skördenivån bibehölls när plöjningsdjupet minskade.

Hösten 2002 startades två fältförsök där olika plöjningsstrategier med Kvernelands Ecomat prövas. Det ena försöket höstsås, R2-5073, och det andra vårsås, R2-5074. För att undersöka hur de olika systemen påverkar förekomsten av svampsjukdomar kommer värkorn respektive höstvetet odlas år efter år i respektive försök. Försöken är belägna på en styv lera.



Följande led ingår i försöken:

(Inom parentes anges det eftersträvade bearbetningsdjupet)

- A. Konventionell plöjning (23 cm)
- B. Tallriksredskap (10-12 cm)
- C. Ecomat (10 cm)
- D. Ecomat (7 cm) + Ecomat (17 cm)
- E. Ecomat (15-17 cm) med Ekoskär

I led E används också Kvernelands Ekoskär, vilket monteras på plogkroppen och luckrar ca 10 cm under plogens arbetsdjup. Vid plöjning till 15 cm luckrar Ekoskåret således skiktet 15-25 cm. Hösten 2002 var Ekoskär endast monterat på en av plogens sex kroppar. I led D används Ecomaten även som ett stubbearbetningsredskap. Den första bearbetningen görs omgående efter tröskning och den andra efter ett lämpligt antal veckor. Hösten 2002 bearbetades led D endast en gång och då till ca 17 cm.

Resultat och diskussion

Under våren räknades plantantalet i båda försöken men inga signifikanta skillnader kunde ses. Samtidigt räknades även örtgräsen och de resultaten redovisas i tabell

12. I det vårsådda försöket var ogräsförekomsten större i det konventionellt plöjda ledet än i de övriga, mindre djupt bearbetade, leden. Men i det höstsådda försöket kunde inte den skillnaden ses. En förklaring skulle kunna vara det faktum att den grunda bearbetningen gav finare bruk än den djupare, konventionella, plöjningen och att ogräsfröna därför grodde i större utsträckning i de grunt bearbetade leden. I det vårsådda försöket dödades ogräsen sedan av vintern eller vårens såbäddsberedning. I det höstsådda försöket har förmodligen skillnaden i bruk utjämnats av den, efter bearbetning, omedelbart följande såbäddsberedningen och sådden.

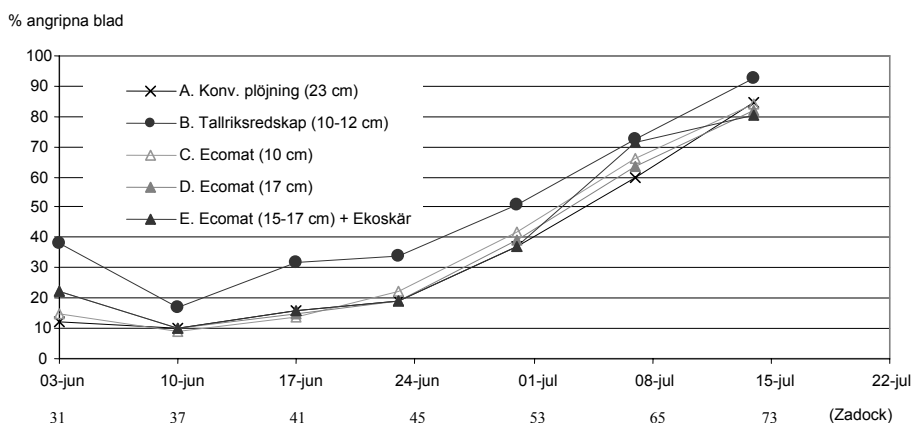
Under sommaren 2003 gjordes graderingar av bladfläckssvampar och stråknäckare i höstvetet. I figur 12 visas förekomsten av bladfläckssvampar i höstvetet och där kan man se att angreppen var större i ledet som bearbetades med tallriksredskap än i övriga led. Den 24:e juni var skillnaden gentemot övriga led även statistiskt signifikant. Intressant att notera är den relativt lilla skillnaden i angrepp mellan de grunt plöjda leden och det konventionellt plöjda. Vad gäller stråknäckare var angreppen små och inga skillnader kunde ses mellan leden. Under sommaren gjordes även graderingar av sköldfläcksjuka och bladfläckar i det vårsådda kornet. Inga signifikanta ledskillnader kunde ses där.

Skörderesultaten redovisas i tabell 12. Bearbetning med tallriksredskap gav i båda försöken en skördesänkning kring 10 % men de grunt plöjda leden gav, i så gott som samtliga fall, samma eller högre skörd som det konventionellt plöjda ledet.

Hösten 2003 mättes dragkraftsbehovet i försöket som skulle höstsås. Resultaten redovisas i figur 13. Ecomaten har i grundutförandet en tiltpackare monterad. För att det konventionellt plöjda ledet lättare skall kunna jämföras med Ecomatleden visas i figuren även en stapel där ett uppskattat dragkraftsbehov för en tiltpackare adderats till det i led A uppmätta värdet. Det uppskattade värdet härstammar från mätningar av dragkraftsbehov för en crosskillvält. Figuren

visar att minskat bearbetningsdjup sänkt dragkraftsbehovet väsentligt. Det minskade dragkraftsbehovet innebär samtidigt en sänkning av bränsleförbrukningen.

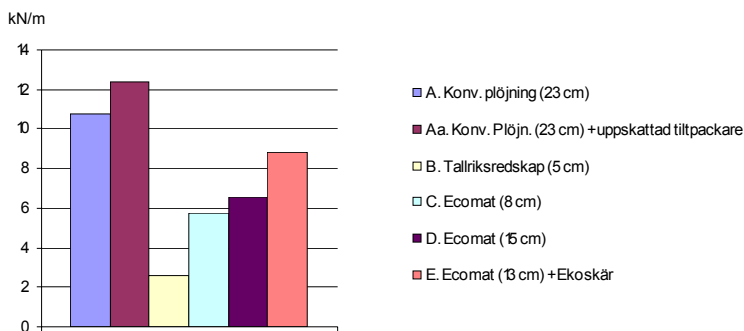
Sammanfattningsvis kan det konstateras att bearbetningssystemen med grund bearbetning innebar väsentligt lägre dragkraftsbehov utan att skörden försämrades i dessa försök. Kontaktperson är Urban Svantesson, tel. 018-671203.



Figur 12. Bladfläcksvampar i höstvetete. Procent angripna blad.

Tabell 12. Skörd och Örtogräs år 2003

	Vårsädd				Höstsädd			
	Korn	Rel. tal	Ogräs	Rel. tal	H-vete	Rel. tal	Ogräs	Rel. tal
A. Konventionell plöjning (23 cm)	5950	100	52	100	5850	100	61	100
B. Tallriksredskap (10-12 cm)	5490	92	22	42	5250	90	31	51
C. Ecomat (10 cm)	5980	101	24	46	5700	98	73	120
D. Ecomat (7 cm) + Ecomat (17 cm)	6100	103	43	83	5890	101	57	93
E. Ecomat (15-17 cm) m Ekoskär	6000	101	49	94	6100	104	69	113
Minsta signifikanta skillnad ($p < 0,05$)	n. s.		16		520		n. s.	



Figur 13. Dragkraftsbehov i kN per meter arbetsbredd hösten 2003. Inom parentes anges det uppmätta bearbetningsdjupet. Led Aa är beräknat genom att 1,6 kN adderats till värdet i led A. Led D hade även plöjts till ca 7 cm fyra veckor tidigare. I led E var Ekoskär monterat på tre av sex plogkroppar hösten 2003.

Ekoskär och Kalk

I två försök undersöks möjligheterna att mekaniskt luckra plogsuleskiktet och att stabilisera den uppkomna luckringen med hjälp av släckt kalk. Luckringen genomfördes i samband med plöjningen med hjälp av ett så kallat ekoskär från Kverneland. Vid undersökningar av plogsuleskiktet som gjordes våren 2003 var motståndet mot penetration signifikant lägre i ledet som luckrats med ekoskär hösten 2000 än i de plöjda, oluckrade, leden.

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 så kallat ekoskär från Kverneland. Ett ekoskär monterades på varje plogkroppss undersida. Ekoskåret 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 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. I ett av de två försöken spreds dessutom kalk över hela markytan före plöjningen hösten 2000. Kalkgivan var då cirka 4 ton/ha.

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.

Nedan redovisas försöksleden i de två försöken.

A. Plöjning

B. Plöjning med ekoskär år 1

C. Plöjning med ekoskär år 1 och 2

D. Plöjning med ekoskär år 1, 2 och 3

E. Plöjn. med ekoskär år 1 + kalk i fåran år 1

F. Plöjning + kalk i fåran år 1

Resultat och diskussion

Efter vårsådden år 2003 mättes penetrationsmotståndet i skiktet 0-50 cm och resultaten visas i figur 14. I det luckrade skiktet var motståndet mot penetration lägre i tre av fyra led som någon gång bearbetats med ekoskär än i de två led som aldrig bearbetats med ekoskär. Skillnaden var statistiskt signifikant i skiktet 27 - 35 cm. Däremot var det ingen större skillnad i motstånd mellan led E (ekoskär + slammad kalk i fåran) och leden som ej bearbetats med ekoskär. En möjlig förklaring till det skulle kunna vara att kalkens strukturförbättrande effekt och vattenbindande förmåga resulterade i högre hållfasthet i det luckrade skiktet i led E.

För att undersöka om användningen av ekoskåret hade förbättrat markens funktion undersöktes infiltrationen av vatten i fält. Infiltrationen mättes i skiktet från ca 22 cm och nedåt. I figur 15 visas infiltrationen som en funktion av tiden. Infiltrationen av vatten var högst i ledet som bearbetades med ekoskär år 1 och samtidigt fick slammad kalk tillförd direkt i det luckrade skiktet. Skillnaden gentemot de övriga leden var dock ej statistiskt signifikant.

I tabellerna 13 och 14 redovisas skörderesultaten från båda försöken. Skörden, år 2003, var högst i ledet som aldrig bearbetats med ekoskär och ej heller fått slammad kalk tillförd i plogfåran. Inga

skördeskillnader var dock statistiskt signifikanta.

Tabell 13. Skörd år 2003 i försöket där kalk spreds på markytan hösten 2000

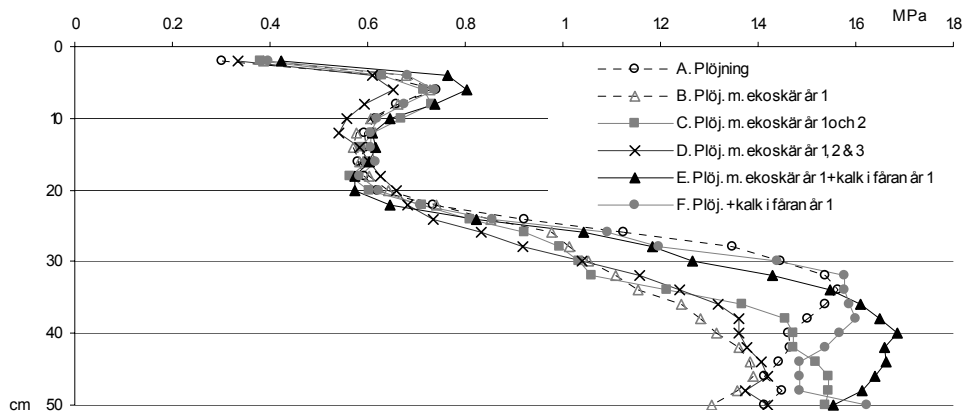
Havre	kg/ha
A1. Plöjning	6410
B1. Plöjning med ekoskär år 1	6220
C1. Plöjning med ekoskär år 1 och 2	6320
D1. Plöjning med ekoskär år 1, 2 och 3	6150
E1. Plöjn. m. ekoskär år 1 + kalk i fåran år 1	6340
F1. Plöjning + kalk i fåran år 1	6270

Tabell 14. Skörd i försöket utan kalk på ytan

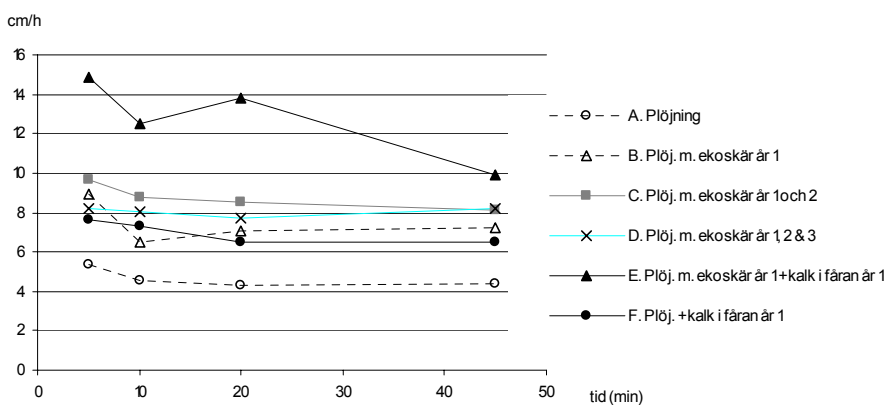
Havre	kg/ha
A2. Plöjning	6340
B2. Plöjning med ekoskär år 1	6110
C2. Plöjning med ekoskär år 1 och 2	6040
D2. Plöjning med ekoskär år 1, 2 och 3	5840
E2. Plöjn. m. ekoskär år 1 + kalk i fåran år 1	6210
F2. Plöjning + kalk i fåran år 1	6230

Sammantaget antyder resultaten att det är möjligt att åstadkomma en luckring med Ekoskåret och att stabilisera den uppkomna luckringen med hjälp av släckt kalk.

Kontaktperson är Urban Svantesson, tel. 018-671203.



Figur 14. Penetrationsmotstånd (MPa) i skiktet 0-50 cm. Medelvärden från båda försöken.



Figur 15. Infiltration av vatten i skiktet från 22 cm och nedåt som en funktion av tiden. Medelvärden från båda försöken.

Grund bearbetning på hösten till höst- och vårsäd

Hösten 2000 och 2001 startades två försök där grund bearbetning, 5-7 cm, på hösten studeras. Försöken är belägna på en lättjord och en styv lera. Resultaten visar att den grunda bearbetningen har fungerat väl till främst höstsådd men även godtagbart bra till vårsådd.

Grund bearbetning till 5-6 cm har blivit ett allt vanligare alternativ till plöjning. För att undersöka hur detta system fungerar under svenska förhållanden startades under åren 2001 och 2002 två försök i serierna **R2-4122** (vårsådd) och **R2-4125** (höstsådd). Båda försöken är belägna utanför Uppsala. Försöken har utförts på en lättlera (ca 15 % ler) och en styv lera (ca 40-45 % ler). Den grunda bearbetningen görs med en Carrier från Väderstads-Verken AB.



Detta redskap består av en tung vält kombinerat med ett förredskap kallat System Disc. Förredskapet utgörs av två rader, tätt

monterade, skålade tallrikar. I tabellerna 15 och 16 kan de ingående försöksleden ses.

Den första bearbetningen med respektive redskap gjordes strax efter skörd och den andra ca 4 veckor senare. Vältningen av led A och C gjordes direkt efter den första bearbetningen. Endast det plöjda ledet, led G, harvades före sådd. Handelsgödsel och kemiskt växtskydd användes efter behov. Bearbetningsdjupen var följande: *plog 22-24 cm, kultivator 10-15 cm, tallriksredskap 10-13 cm, carrier 5-7 cm.*

Resultat och slutsats

I tabellerna 15 och 16 visas skörderesultaten för åren 2002-2003. Trots vissa problem med halm på ytan i de reducerade försöksleden har skillnaderna i skörd mellan försöksleden varit relativt små. Sammantaget visar resultaten att grund bearbetning på hösten har fungerat väl till främst höstsådd men även godtagbart bra till vårsådd. Kontaktperson är Urban Svantesson, tel. 018-671203.

Tabell 15. Skörd (kg/ha) av vårsäd i R2-4122. Havre 2001 och korn 2003

År	Styv lera		Lättjord		Medel	
	2001	Rel. tal	2003	Rel. tal	01 + 03	Rel. tal
A. Tallriksredskap 2 ggr + vältning	5070	100	4910	100	4990	100
B. Tallriksredskap 2 ggr	5280	104	5040	103	5160	103
C. Kultivator 2 ggr + vältning	5310	105	4880	99	5095	102
D. Kultivator 2 ggr	5370	106	5000	102	5185	104
E. Carrier 1 ggr + kultivator 1 g.	5040	99	5290	108	5165	104
F. Carrier 2 ggr	5000	99	5160	105	5080	102
G. Konventionell plöjning	5480	108	5100	104	5290	106
Minsta signifikanta skillnad ($p < 0,05$)	n. s.		n. s.			

Tabell 16. Skörd (kg/ha) av höstvetete i R2-4125

År	Lättjord		Styv lera		Styv lera		Medel	
	2002	Rel. tal	2002	Rel. tal	2003	Rel. tal	02 - 03	Rel. tal
A. Tallriksredskap 2 ggr + vältning	7160	100	6240	100	4500	100	5970	100
B. Tallriksredskap 2 ggr	7340	102	6280	101	4260	95	5960	100
C. Kultivator 2 ggr + vältning	7310	102	6540	105	4930	110	6260	105
D. Kultivator 2 ggr	7400	103	6540	105	4870	108	6270	105
E. Carrier 1 ggr + kultivator 1 g.	7500	105	6380	102	4790	106	6223	104
F. Carrier 2 ggr	7470	104	6160	99	4850	108	6160	103
G. Konventionell plöjning	7590	106	6380	102	4890	109	6290	105
Minsta signifikanta skillnad ($p < 0,05$)	n. s.		n. s.		330			

SÅBÄDDSDEREDNING 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 Ecomat Seeder	(1999)
R2-4123	Vårsådd vid utebliven höstbearbetning med fånggröda	(2001)
R2-4122	Minimerad höstbearbetning till vårsådd	(2001)
R2-4121	Försök med Väderstads Rexius Twin	(2000)
R2-4024	Bearbetningssystem i vårraps på olika jordar	(2002)

Grund vårplöjning med Kvernelands Ecomat

I tre fältförsök prövas grund vårplöjning med Kvernelands Ecomat. I försök prövas även Kvernelands Ecomat Seeder, vilket är ett system som innebär att plöjning och sådd sker i samma överfart. För att undersöka hur dessa bearbetningssystem fungerar på olika jordar är försöken belägna på platser med 16, 30 respektive 36 % ler. Grund vårplöjning har fungerat mycket bra på alla försöksplatserna.

Sedan två växtsäsonger prövas grund vårplöjning med Kvernelands Ecomat i tre fältförsök i serien **R2-5070**. Ecomaten är en nyutvecklad plog som är speciellt konstruerad för grund plöjning. På plogen finns även en belastad tilltpackare monterad. I försöken prövas också Kvernelands Ecomat Seeder som består av en Ecomat med en sånhet monterad på den belastade tilltpackaren. Med detta system sker plöjning och sådd i samma överfart, vilket gör att vårsådden normalt kan tidigareläggas 10 - 20 dagar. Försöken är belägna på jordar med lerhalterna 16, 30 respektive 36 % för att kunna undersöka hur grund vårbearbetning fungerar på olika jordar.

Följande led ingick i försöken:

- A. Höstplöjning + konventionell såbäddsberedning
- B. Vårplöjning + konventionell såbäddsberedning
- C. Ecomat Seeder
- D. Ecomat Seeder + vältning
- E. Vårplöjn. m. Ecomat + 1 sladdning + sådd
- F. Vårplöjn. m. Ecomat + 1 sladdning + sådd + vältning

Bearbetningsdjupen var:

- Höstplöjning ca 22 cm
- Vårplöjning ca 22 cm
- Vårplöjning med Ecomat ca 12 cm
- Ecomat Seeder ca 12 cm

Led A, B, E och F såddes med en såmaskin med släpbillar (Nordsten). De grunt bearbetade leden (C, D, E och F) såddes 22-23 april och de konventionellt höst- och vårplöjda leden (A och B) såddes den 8-9 maj. Försöken drevs konventionellt i den meningen att handelsgödsel och kemiskt växtskydd användes efter behov. Samtliga led kombisåddes.



Resultat och diskussion

Omedelbart efter sådd gjordes såbäddsundersökningar i de två försöken med högst lerhalt (30 respektive 36 %). Enligt gammal erfarenhet bör en bra såbädd bestå av minst 50 % aggregat mindre än 5 mm. Försöksleden som vårplöjdes med Ecomat och endast sladdades en gång klarade denna gräns på båda jordarna till skillnad från det konventionellt vårplöjda ledet som trots tre harvningar och en crosskill-vältning ändå inte klarade denna "kvalitetsgräns" på den styvaste försöksplatsen. Störst andel finjord gav det höstplöjda ledet och det kunde ju förväntas med tanke på vinterns strukturfrämjande tjälcykler.

Efter sådd mättes penetrationsmotståndet i alla tre försök. I figurerna 16 och 17 visas resultaten från de två jordarna med högst lerhalter (30 respektive 36 % ler). Resultaten från penetrometermätningarna följde ungefär samma mönster på alla försöksplatserna. I matjordens övre del var motståndet lägst i försöksleden med Ecomat Seeder och högst i de konventionellt höst- och vårplöjda leden, vilka återpackades av en relativt intensiv såbäddsberedning. Och som det kan förväntas var motståndet i matjordens djupare del högre i de grunt plöjda Ecomat-leden, eftersom de

inte bearbetades djupare än till ca halva matjorden. Den låga graden av återpackning av matjordens övre del i Ecomat Seeder-leden innebär en risk för att den kapillära upptransporten av vatten kan vara allvarligt försämrade. De vårplöjda leden som vältades efter sådd (led D och F) reagerade också i de flesta fall med bättre uppkomst och högre skörd. Med tanke på den försämrade kapillariteten är det förmodligen mycket viktigt med tidig sådd i de vårplöjda leden, i synnerhet på de styvare jordarna.

Under våren räknades också antalet plantor och örtogräs i alla försök. Resultaten redovisas i tabellerna 17 och 18. Planräkningarna visade att etableringen av grödan fungerat säkrast i leden med höstplöjning. Det berodde förmodligen på att såbädden, i dessa led, innehöll mer finjord och därmed gav utsädeskärnorna bättre gröningsbetingelser. Allra tydligast var skillnaden i plantantal på den styvaste försöksplatsen. Men förekomsten av örtogräs följde inte samma mönster. Ogräsförekomsten var istället lägst i de höstplöjda leden. Förmodligen har höstbearbetningen lockat många ogräsfrön att gro och sedan har ogräsplantorna dödats av vintern eller såbäddsberedningen.

I tabellerna 19 och 20 redovisas skörderesultaten från 2003 samt medelskörd för 2002 - 2003. Skörderesultaten visade att grund vårplöjning med Ecomat har fungerat utmärkt på de två mellanlerorna. På försöksplatsen med lättast jord (16 % ler) gav ledet med konventionell vårplöjning högst skörd, och det överensstämmer väl med tidigare erfarenheter som visat att lättare jordar ofta svarar bra på en djupare bearbetning. Tittar man på medelskördarna över åren 2002 - 2003 ser man att grund vårplöjning med Ecomat gett högre skörd än konventionell höstplöjning på samtliga försöksplatser. En bidragande orsak till den högre skörden i Ecomatleden är förmodligen det faktum att den grunda bearbetningen möjliggjort tidigare bearbetning och därmed tidigare sådd.

Sammanfattningsvis kan det konstateras att resultaten av två års försök pekar på att det i många fall går utmärkt att ersätta höstplöjningen med grund bearbetning på våren.

Kontaktperson är Urban Svantesson, tel. 018-671203.

Tabell 17. Plantantal våren 2003

Lerhalt	16 %		30 %		36 %	
	plantor/m ²	Rel. tal	plantor/m ²	Rel. tal	plantor/m ²	Rel. tal
A. Höstplöjn. + konv. såbäddsberedn.	327	100	366	100	383	100
B. Vårplöjn. + konv. såbäddsberedn.	292	89	369	101	342	89
C. Ecomat Seeder	266	81	290	79	264	69
D. Ecomat Seeder + vältning	312	95	301	82	280	73
E. Vårplöjning med Ecomat	381	117	334	91	326	85
F. Vårplöjning med Ecomat + vältning	308	94	335	92	320	84
Minsta signifikanta skillnad ($p < 0,05$)	68		46		66	

Tabell 18. Örtogräs våren 2003

Lerhalt	16 %		30 %		36 %	
	ogräs/m ²	Rel. tal	ogräs/m ²	Rel. tal	ogräs/m ²	Rel. tal
A. Höstplöjn. + konv. såbäddsberedn.	62	100	19	100	55	100
B. Vårplöjn. + konv. såbäddsberedn.	118	190	77	405	183	333
C. Ecomat Seeder	87	140	122	642	246	447
D. Ecomat Seeder + vältning	97	156	77	405	201	365
E. Vårplöjn. med Ecomat	82	132	182	956	253	460
F. Vårplöjn. med Ecomat + vältning	91	147	80	421	113	205
Minsta signifikanta skillnad ($p < 0,05$)	n. s.		74		80	

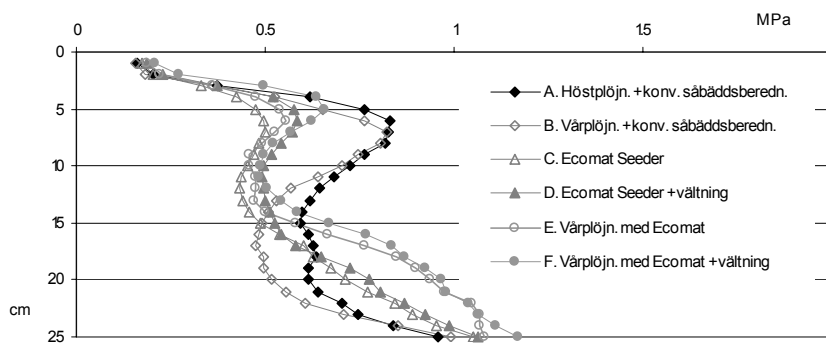
Tabell 19. Skörd (kg/ha) år 2003

Lerhalt	16 %	Rel. tal	30 %	Rel. tal	36 %	Rel. tal	Medel	Rel. tal
	Korn		Havre		Havre			
A. Höstplöjn. + konv. såbäddsberedn.	5110	100	6510	100	6320	100	5980	100
B. Vårplöjn. + konv. såbäddsberedn.	5270	103	6250	96	6110	97	5880	98
C. Ecomat Seeder	4390	86	6400	98	6450	102	5750	96
D. Ecomat Seeder + vältning	4530	89	6440	99	6330	100	5770	96
E. Vårplöjn. med Ecomat	4670	91	6930	107	6540	104	6050	101
F. Vårplöjn. med Ecomat + vältning	4970	97	6960	107	6620	105	6180	103
Minsta signifikanta skillnad ($p < 0,05$)	350		280		210			

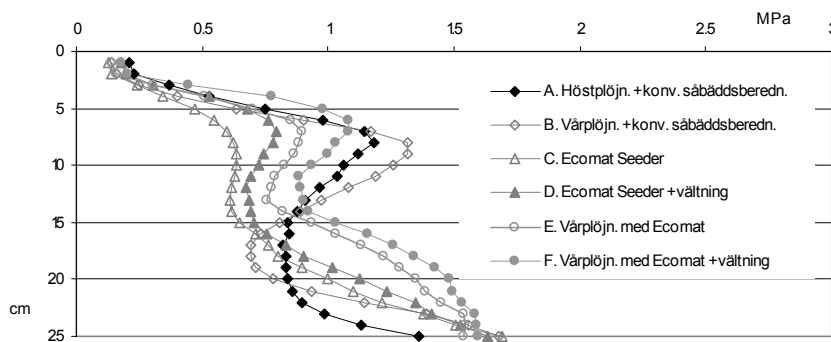
Tabell 20. Medelskörd (kg/ha) av vårsäd åren 2002 - 2003

Lerhalt	16 %	Rel. tal	30 %	Rel. tal	36 %	Rel. tal	Medel	Rel. tal
	A. Höstplöjn. + konv. såbäddsberedn.	5110	100	6760	100	5710	100	5860
B. Vårplöjn. + konv. såbäddsberedn.	5430	106	6380	94	5230	92	5680	97
C. Ecomat Seeder	*	*	*	*	*	*	*	*
D. Ecomat Seeder + vältning	*	*	*	*	*	*	*	*
E. Vårplöjn. med Ecomat	5450	107	6840	101	5810	102	6030	103
F. Vårplöjn. med Ecomat + vältning	5410	106	6990	103	6000	105	6130	105

*Inga medelvärden redovisas för leden C och D eftersom dessa led endast ingått i försöket år 2003. Tidigare bestod dessa led av Kvernelands Såplog



Figur 16. Penetrationsmotstånd (MPa) i skiktet 0 - 25 cm på försöksplatsen med 30 % ler i matjorden.



Figur 17. Penetrationsmotstånd (MPa) i skiktet 0 - 25 cm på försöksplatsen med 36 % ler i matjorden.

Vårsådd vid utebliven höstbearbetning med fånggröda

I tre försök prövas hur grund bearbetning på våren fungerar vid utebliven höstbearbetning i kombination med insådd fånggröda. För att pröva detta system på olika jordar är försöken placerade på tre platser med lerhalterna 20, 30 respektive 40 %. Resultaten från de tre första försöksåren pekar på att det är fullt möjligt att ersätta höstplöjningen med en grundare bearbetning på våren utan att äventyra skörden.

Tidpunkt för primärbearbetning och förekomst av fånggröda har stor betydelse för kväveläckaget från åkermarken. Senarelagd bearbetning och insådd av fånggröda har i försök visat sig minska kväveläckaget betydligt. Samtidigt vet vi av gammal erfarenhet att vårplöjning på jordar med lite högre lerhalt ofta ger ett dåligt resultat. Därför startades tre försök hösten 2000 med avsikt att undersöka möjligheterna att ersätta höstplöjningen med grund bearbetning på våren, **R2-4123**. Försöken är belägna utanför Uppsala på jordar med lerhalterna 20, 30 respektive 40 %. Den grunda bearbetningen gjordes med en Carrier, som är ett relativt nytt redskap från Väderstads-Verken AB.



Detta redskap består av en tung vält kombinerat med ett förredskap kallat System Disc. Förredskapet utgörs av två rader, tätt monterade, skålade tallrikar. Nedan redovisas försöksleden som ingick i de tre försöken.

- A. Höstplöjning + harvning
- B. Vårplöjning + harvning
- C. Carrier 1 gång
- D. Carrier 2 gånger
- E. Direktsådd med Väderstad Rapid
- F. Tallriksredskap 2 gånger + harvning

År 2001 och 2002 bestod led E av vårplöjning + såvbäddsberedning med Rexius Twin.

Alla tre försöken drivs konventionellt, d v s handelsgödsel och kemiskt växtskydd används efter behov. All bearbetning utom höstplöjning gjordes på våren. Bearbetningsdjupen var följande:

Plöjning 22-24 cm
Tallriksredskap 10-13 cm
Carrier 5-7 cm

Våren 2002 såddes en vallfröblandning (60-30-10) in som fånggröda. Samtliga led som inte plöjdes totalbekämpades 17 dagar före sådd med 3,0 l Glyphomax per hektar. Den 12:e maj såddes korn i alla tre försök med en såmaskin med skivbillar (Väderstad Rapid).

Resultat och diskussion

Efter sådd mättes penetrationsmotståndet i skiktet 0 - 35 cm i försöken som var belägna på lättaste- respektive styvaste jordarna (20 respektive 40 % ler). Resultaten redovisas i figurerna 18 och 19. I tabell 21 redovisas resultaten från planträkningarna som gjordes 3 - 4 veckor efter sådd. I tabell 22 visas skörderesultaten för år 2003. I tabell 23 redovisas medelskördarna för åren 2001 - 2003.

Tabell 21. **Plantantal våren 2003**

Lerhalt	20 %	Rel. tal	30 %	Rel. tal	40 %	Rel. tal
	plantor/m ²		plantor/m ²		plantor/m ²	
A. Höstplöjning + harvning	288	100	281	100	299	100
B. Vårplöjning + harvning	289	100	268	95	237	79
C. Carrier 1 gång	314	109	259	92	261	87
D. Carrier 2 gånger	275	95	277	99	282	94
E. Direktsådd med Väderstad Rapid	255	89	224	80	247	83
F. Tallriksredskap 2 gånger + harvning	279	97	263	94	254	85
Minsta signifikanta skillnad ($p < 0,05$)	n. s.		n. s.		n. s.	

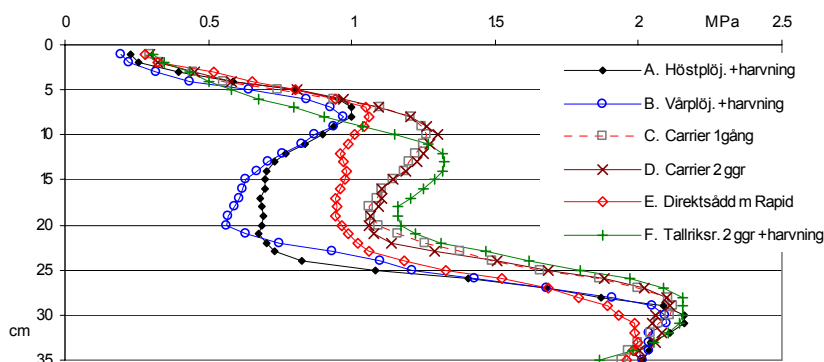
Tabell 22. **Skörd av korn år 2003**

Lerhalt	20 %	Rel. tal	30 %	Rel. tal	40 %	Rel. tal	Medel	Rel. tal
	kg/ha		kg/ha		kg/ha		kg/ha	
A. Höstplöjning + harvning	5710	100	5080	100	6330	100	5707	100
B. Vårplöjning + harvning	5690	100	5320	105	5570	88	5527	97
C. Carrier 1 gång	5600	98	5000	98	5630	89	5410	95
D. Carrier 2 gånger	5480	96	4920	97	5690	90	5363	94
E. Direktsådd med Väderstad Rapid	5130	90	4490	89	5120	81	4913	86
F. Tallriksredskap 2 gånger + harvning	5360	94	5340	105	5800	92	5500	96
Minsta signifikanta skillnad ($p < 0,05$)	300		350		330			

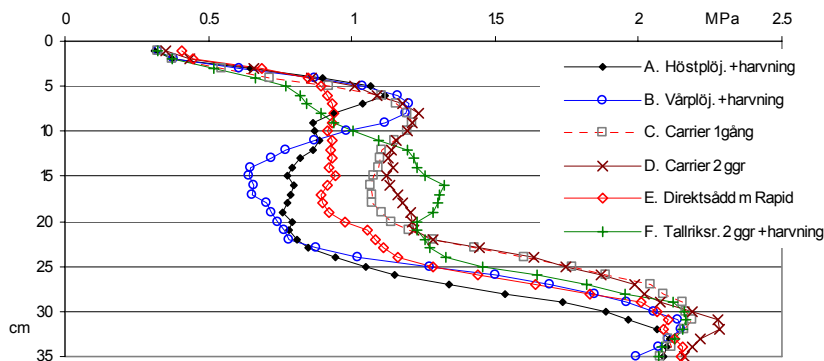
Tabell 23. **Medelskörd av vårsäd åren 2001 - 2003**

Lerhalt	20 %	Rel. tal	30 %	Rel. tal	40 %	Rel. tal	Medel	Rel. tal
	kg/ha		kg/ha		kg/ha		kg/ha	
A. Höstplöjning + harvning	5053	100	4623	100	4980	100	4886	100
B. Vårplöjning + harvning	5057	100	4980	108	4453	89	4830	99
C. Carrier 1 gång	4937	98	5053	109	4830	97	4940	101
D. Carrier 2 gånger	5000	99	5057	109	4930	99	4996	102
E. Direktsådd med Väderstad Rapid	*		*		*		*	
F. Tallriksredskap 2 gånger + harvning	4863	96	5067	110	4913	99	4948	101

*Inga medelvärden redovisas för led E eftersom detta led bestod av vårplöjning och såbäddsberedning med Rexius Twin år 2001 och 2002.



Figur 18. Penetrationsmotstånd (MPa) i skiktet 0 - 35 cm på lättleran (20 % ler).



Figur 19. Penetrationsmotstånd (MPa) i skiktet 0 - 35 cm på styva leran (40 % ler).

Strax efter sådd mättes penetrationsmotståndet i matjorden och alvens översta del i försöken med lättast respektive styvast jord. När dessa resultat analyseras bör man ha i åtanke att försöken legat i tre år och att resultat från större djup än bearbetningsdjup är ett "ackumulerat" resultat av alla de tidigare bearbetningarna. Mätningarna visade att motståndet i centrala matjorden var högst i leden med grund bearbetning. Det är inte förvånande med tanke på att plöjning luckrar hela matjordsskiktet. En tendens som dock bör hållas under uppsikt är den sula som kan ses strax under bearbetningsdjup i de båda Carrierleden (led C och D). På den styva jorden är den inte tydligare än harvsulan i de plöjda leden (led A och B) men på den lättare jorden var motståndet i detta skikt betydligt högre i Carrierleden. I Carrierleden som bearbetades två gånger (led D) kan ett högre motstånd anas än i de Carrierled som endast

bearbetades en gång (led C). Den skillnaden var dock inte statistiskt signifikant.

I alla tre försök var skörden (2003) högre i det höstplöjda ledet än i de två Carrierleden men det var endast på den styva försöksplatsen (40 % ler) som skillnaden var statistiskt säker. Medelskörden över de tre försöksplatserna och tre åren var 1 - 2 % högre i Carrierleden än i de höstplöjda leden med konventionell såbäddsberedning. Allra bäst har den grunda vårbearbetningen med Carrier fungerat på mellanleran (30 % ler). Där gav Carrierleden 9 % högre skörd än det höstplöjda ledet.

Dessa resultat pekar på att det är fullt möjligt att, även på jordar med lite högre lerhalt, både så in fånggröda och ersätta höstplöjningen med grund bearbetning på våren.

Kontaktperson är Urban Svantesson, tel. 018-671203.

Försök med Väderstads Rexius Twin

I två försök undersöktes möjligheten att ersätta konventionell såbäddsberedning med en eller två bearbetningar med Rexius Twin på hösten. Under de tre år som försöken pågått har detta fungerat väl till både höst- och vårsådd.

Hösten 2000 anlades två försök där möjligheten att ersätta den konventionella såbäddsberedningen med bearbetning med Rexius Twin undersöks. Det ena försöket höstsås, **R2-4120** och det andra vårsås, **R2-4121**. Försöken är belägna i Uppsala på jordar med lerhalter kring 40 %.



Rexius Twin består av en Twinvält med Crossboardplanka och två rader Ripperpinnar. Modellen som användes i försöken vägde ca 1460 kg per meter arbetsbredd. Försöken bestod av följande led:

Rexius Twin till höstsådd, **R2-4120**

- A. Plöjning + intensiv såbäddsberedning
- B. Plöjning + Rexius Twin
- C. Plöjning + tallriksredskap 2 ggr + 1 harvning

Rexius Twin till vårsådd, **R2-4121**

- A. Höstplöjning + konventionell såbäddsberedning
- B. Höstplöjning + Rexius Twin på hösten
- C. Höstplöjning + hösthavning

I det vårsådda försöket harvades led C en gång även på våren, före sådd, både 2002 och 2003.

Resultat och slutsats

I båda försöken räknades fröogräsen och plantantalet utan att några signifikanta ledskillnader kunde ses.

Skörderesultaten från åren 2001 - 2003 redovisas i tabellerna 24 och 25. Skördeskillnaderna mellan de olika behandlingarna var små, och statistiskt säkra i endast ett fall, under de tre år försöken pågått. Resultaten pekar på att det i många fall går utmärkt att ersätta den konventionella såbäddsberedningen med en eller två bearbetningar med Rexius Twin på hösten inför både höst- och vårsådd.

Kontaktperson är Urban Svantesson, tel. 018-671203.

Tabell 24. Skörd (kg/ha) i försök med Rexius Twin till höstsådd

	2001	Rel. tal	2002	Rel. tal	2003	Rel. tal	Medel	Rel. tal
	höstvete		höstvete		höstvete		01 - 03	
A. Plöj. + intensiv såbäddsberedning	6700	100	6410	100	5400	100	6170	100
B. Plöj. + Rexius Twin	6630	99	6460	101	5240	97	6110	99
C. Plöj. + tallriksr. 2 ggr + 1 harv.	6620	99	6270	98	5310	98	6070	98
Minsta signifikanta skillnad ($p < 0,05$)	n. s.		n. s.		n. s.			

Tabell 25. Skörd (kg/ha) i försök med Rexius Twin till vårsådd

	2001	Rel. tal	2002	Rel. tal	2003	Rel. tal	Medel	Rel. tal
	havre		havre		korn		01 - 03	
A. Höstplöj. + konv. såbäddsberedning	4800	100	5540	100	5950	100	5430	100
B. Höstplöj. + Rexius Twin på hösten	5020	105	5370	97	5890	99	5430	100
C. Höstplöj. + hösthavning	5210	109	5510	99	5940	100	5550	102
Minsta signifikanta skillnad ($p < 0,05$)	230		n. s.		n. s.			

Bearbetningssystem i vårraps på olika jordar

För att undersöka och jämföra olika bearbetningsmetoder vid etablering av vårraps startades 2001 försöksserien R2-4126. Hittills har vi utfört 5 försök, där konventionell sådd efter höstplöjning jämförts med olika bearbetningssystem på våren utan någon plöjning på hösten. De redskap som använts för vårbearbetning är Väderstad Carrier och ett konventionellt tallriksredskap. Väderstad Carrier ger en förhållandevis aggressiv men grund bearbetning av matjorden till 5-7 cm djup. Redskapet kan ge goda resultat även på fält med fånggrödor. Detta betyder att användningen av glyfosat borde kunna minskas om fånggrödan inte måste sprutas ner för att det ska gå att bearbeta.

År 2001 (skördeår = 2002) utlades två fältförsök, ett på lättlera och ett på mellanlera. År 2002 (skördeår = 2003) genomfördes tre försök, ett på lättlera, ett på mellanlera och ett på styv lera. Alla försök var belägna på Ultuna egendom, utanför Uppsala. Följande behandlingar ingår:

- A) Höstplöjning + konv. vårbruk
- B) Glyfosat, direktsådd med Rapid (skivbillar)
- C) Glyfosat, Rexius Carrier, sådd med Nordsten (släpbillar)
- D) Tallriksredskap, sådd med Rapid
- E) Rexius Carrier, sådd med Rapid
- F) Glyfosat, Rexius Carrier, sådd med Rapid

Två veckor före bearbetning och sådd behandlades led B, C och F med glyfosat för att avdöda fånggrödan. År 2002 genomfördes sådden ganska tidigt, den 24:e april då matjorden var väl upptorkad. År 2003 såddes försöken senare, den 15 maj. I försöken undersöks markfysikaliska parametrar såsom penetrationsmotstånd, såbäddsegenskaper och skrymdensitet. Ogräs- och planträkning genomförs före kemisk ogräsbekämpning.

Resultat

Markfysikaliska egenskaper

I figur 20 anges aggregatstorleksfördelning i såbädden i försök på

mellanlera. Såbädden under 2003 var grövre än under 2002, framförallt i de enbart stubbearbetade leden. De grövre såbäddarna 2003 berodde med stor säkerhet på den högre markfuktigheten vid såbäddsberedning och sådd.

I figur 21 redovisas penetrationsmotstånd. År 2002 hade det plöjda ledet lägre penetrationsmotstånd vid ca 20 cm djup än de andra leden, men inga skillnader noterades under 2003. Detta kan bero på en kraftig återpackning vid såbäddsberedningen och sådd under de mer fuktiga förhållandena år 2003.

Årsmånsskillnader

Vid tidig upptorkning, som var fallet år 2002, kan ytbearbetning på våren vara ett konkurrenskraftigt alternativ till höstplöjning. I genomsnitt var skörden för 2002 mycket högre än den för 2003 (tabell 26 & 27). Det kan delvis förklaras med att sådden 2002 skedde tre veckor tidigare än sådden 2003. Hög markfuktighet vid jordbearbetning och sådd år 2003 ledde till strukturförsämring, som också kan ha bidragit till den låga avkastningen. Detta år gav leden med enbart ytbearbetning på våren betydligt sämre skörd än det höstplöjda ledet. Direktsådd år 2002 gav lägst skörd, men år 2003 gav ledet lika hög eller högre skörd än andra led med ytbearbetning. Någon skillnad mellan såmaskiner har ej konstaterats.

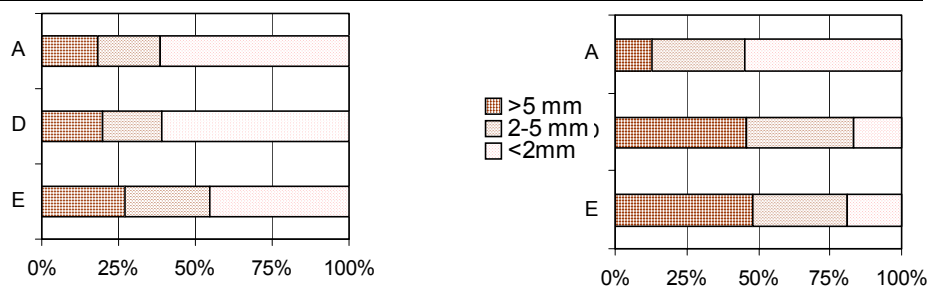
Kontaktperson: Ararso Etana, tel 018-67125

Tabell 26. Skörd i relativtal (höstplöjning=100) i försöksserien R2-4126 för skördeår 2002

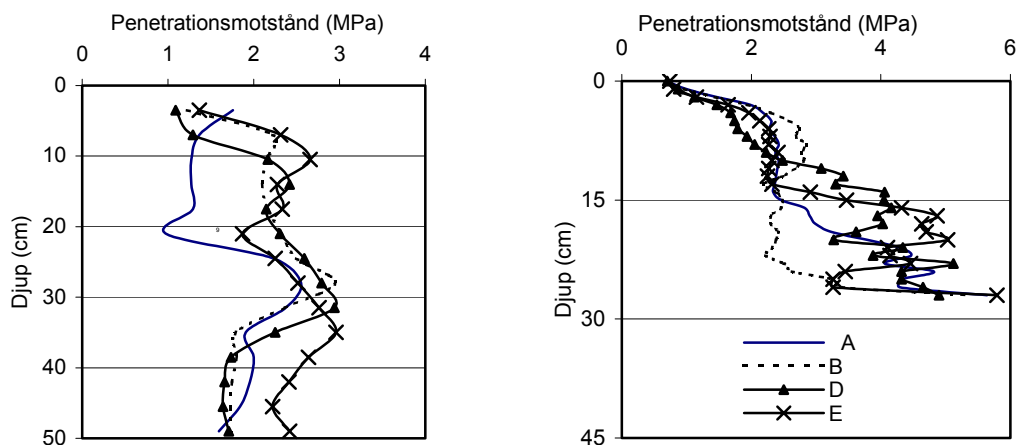
Led	Lättlera	Mellanlera	Medeltal
A) Höstplöjning + konv. vårbruk	3100=100	2790=100	2945=100
B) Glyfosat, direktsådd med Rapid	76	96	86
C) Glyfosat, Rexius Carrier, Nordsten	97	115	106
D) Tallriksredskap, Rapid	111	109	110
E) Rexius Carrier, Rapid	94	106	100
F) Glyfosat Rexius Carrier, Rapid	108	107	107

Tabell 27. Skörd i relativtal (höstplöjning=100) i försöksserien R2-4126 för skördeår 2003

Led	Lättlera	Mellanlera	Styv lera	Medeltal
A) Höstplöjning + konv. vårbruk	1440=100	2070=100	1850=100	1787=100
B) Glyfosat, direktsådd, Rapid	117	69	88	91
C) Glyfosat, Carrier, Nordsten	102	81	88	90
D) Tallriksredskap, Rapid	72	82	95	83
E) Carrier, Rapid	105	69	84	86
F) Glyfosat, Carrier, Rapid	77	90	94	87



Figur 20. Såbäddens aggregatstorleksfördelning i försöket på mellanlera (vänsterbild: 2002; högerbild: 2003).



Figur 21. Penetrationsmotstånd i försöket på mellanlera (vänsterbild: 2002; högerbild: 2003).

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)
- R2-7401-2 Packningseffekter av stallgödselspridning (2001)

Dessutom ingår bl.a. projekt för att studera tekniska möjligheter att undvika jordpackning, och arbete med att modellera 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 år 2001- 2003 blev skörden högre i led med låga marktryck. En trolig 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 primärbearbetnings-metod 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

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 (650/65-38 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. Under 2002 gjordes mätningar av skrymdensitet, genomsläpplighet och penetrationsmotstånd i försök 641/97.

Ledet med permanent vall finns med för att kunna jämföra övriga led med ett som är helt

Tabell 28. Skörd (kg/ha och relativtal) i försöksserie R2-7115 2003

Försök nr	641/97	642/97	643/97	Medel
Plats	Ultuna	Ultuna	Ultuna	2003
Jordart	nmh ML	nmh ML	mmh LL	
Förfrukt	Havre	Korn	Korn	
Gröda	Havre	Havre	Havre	
Plöjning, normala marktryck	5050=100	5880	5320	100
Plöjning, låga marktryck	104	100	100	101
Ej plöjning, normala marktryck	99	96	99	98
Ej plöjning, låga marktryck	101	102	112	105
Plöjning	100	100	100	100
Ej plöjning	98	101	106	102
Normala marktryck	100	100	100	100
Låga marktryck	103	103	106	104
Sign. plöjning	n.s.	n.s.	n.s.	
Sign. marktryck	*	n.s.	*	
Sign. samspel	n.s.	n.s.	*	

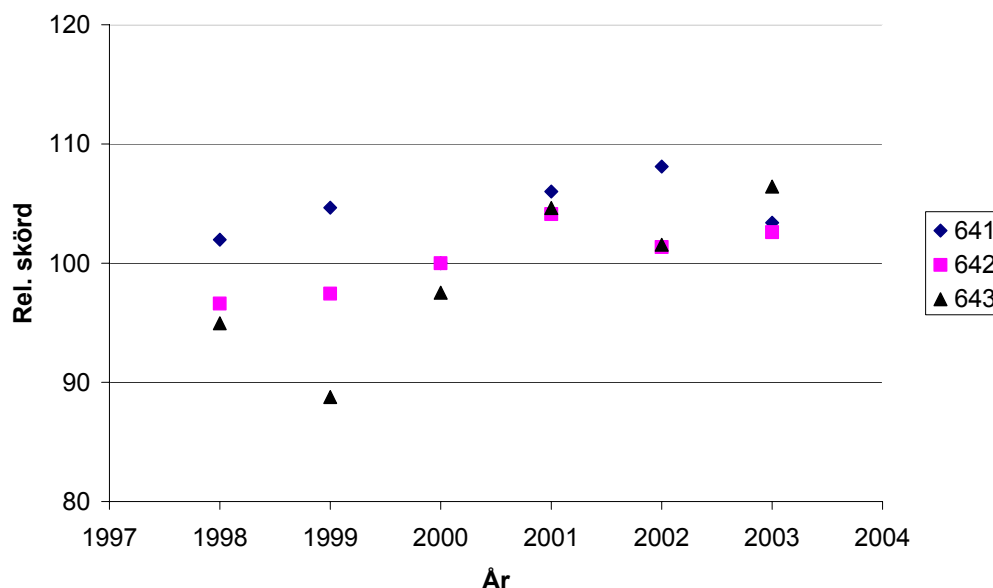
Tabell 29. Skörd (kg/ha och relativt) i försöksserie R2-7115 1998-2003

Försök nr	641	642	643	Alla
Plats	Ultuna	Ultuna	Ultuna	
Jordart	nmh ML	nmh ML	mmh LL	
Försöksår	6	6	6	18
Plöjning, normala marktryck	100	100	100	100
Plöjning, låga marktryck	105	100	98	101
Ej plöjning, normala marktryck	101	101	100	101
Ej plöjning, låga marktryck	104	102	99	102
Plöjning	100	100	100	100
Ej plöjning	100	102	100	101
Normala marktryck	100	100	100	100
Låga marktryck	104	100	99	101

Resultat

Under 2003 gav plöjningsfri odling något högre skörd än odling med plöjning, tabell 28. Låga marktryck gav högre skörd än normala marktryck i samtliga försök, i två av försöken var skillnaden statistiskt signifikant. Under 2003 erhöles för första gången en signifikant samspelseffekt (försök 643/97), där låga marktryck hade störst effekt i den

plöjningsfria odlingen (tabell 28). Resultatet är intressant, eftersom skörden under de sista tre åren varit högre för låga marktryck, medan skördeskillnaden snarast gick åt andra hållet de första åren (figur 22). Resultatet kan tyda på att strukturen gradvis förbättrats där låga marktryck använts, vilket lett till en skördeökning fyra år efter försökens start. I genomsnitt för samtliga år är skillnaderna i skörd mellan leden små, tabell 29.

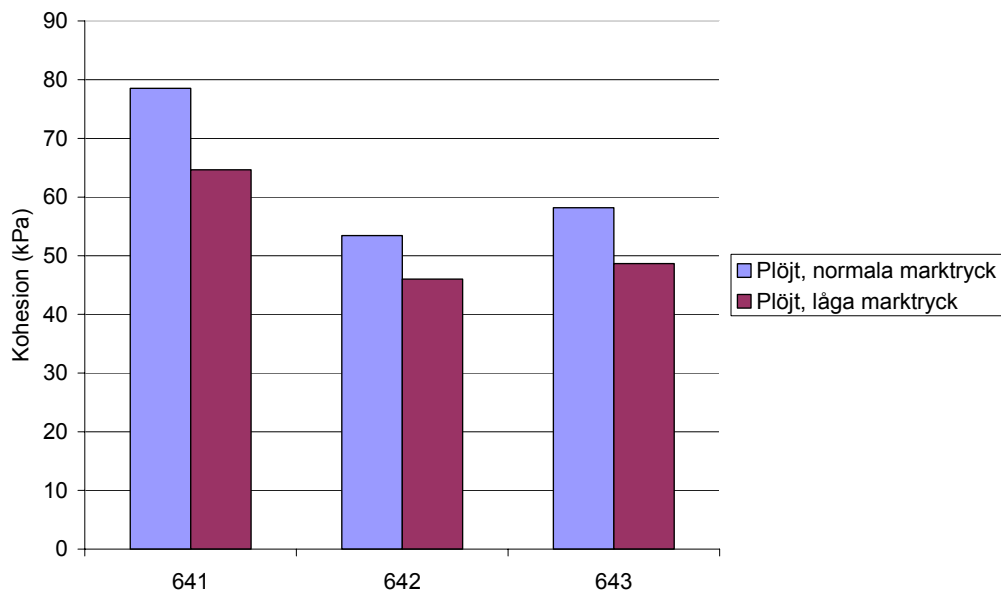


Figur 22. Relativ skörd för låga ringtryck (normala ringtryck=100) år 1998-2003.

Resultat från vingborrmätning i matjorden i plöjda led hösten 2003 visas i figur 23. Hållfastheten, mätt som kohesion (skjuvhållfasthet) var klart lägre i led med låga ringtryck. Mätningen gjordes endast i ett

block per försök, så resultaten från enskilda platser kunde ej bearbetas statistiskt.

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



Figur 23. Hållfasthet (kohesion) från vingborrmätning på djupet 5-15 cm i plöjda led i serie R2-7115, hösten 2003.

Tidpunkt för spridning av strörika gödselslag – effekt på växtnäringsutnyttjande, avkastning och markpackning

Spridning av stallgödsel med tunga ekipage resulterar i packningsskador i matjorden och i alven. Packningsskadorna är allvarliga om spridningen sker vid hög markfuktighet. I en packad åkermark utnyttjas växtnäringsen sämre, vilket leder till skördesänkning och läckage av växtnäringsen. Vid ekologisk odling är teknik för stallgödselspridning mycket viktig för ett effektivt utnyttjande av växtnäringsen i gödseln. För att undersöka en optimal tidpunkt för spridning av strörik stallgödsel vid ekologisk odling pågår ett projekt sedan 2001.

I försöksserien ingår två försök, ett på styv lera (R2-7401) och ett på mellanlera (R2-7402). Spridning av strörik stallgödsel utförs vid tre tidpunkter som framgår av tabell 30. I försöken undersöks matjordens packningstillstånd, innehåll av mineralkväve på markdjupet 0-90 cm och skörd av huvudgröda. Innehåll av mineralkväve bestäms på senhöst och på våren före sådd.

Resultat

I figur 24 visas bilder av matjordsprofiler för att åskådliggöra packningseffekter vid olika tidpunkter. Bilderna var tagna vid slutet av vegetationsperioden, 2002. Packning på våren orsakade en stor försämring av markstrukturen. I försöken för skördeår 2003 uppmättes inga skillnader i skrymdensitet mellan de olika leden (figur 25). Det berodde på det att skillnader i matjordens vattenhalt var så små. Det var en stor spridning i mängden mineralkväve (figur 26) vid alla mättillfällen som kan bero på en ojämn spridning av den strörika gödseln.

I tabell 31 anges skörd av blandsäd (korn, havre och ärter) i försöket på styv lera samt skörd av korn på mellanlera. Packning på våren orsakade en stor sänkning av skörden i försöket på styv lera. I genomsnitt gav leden med sen höstgödsling (C och D) högre skörd än leden som gödslades tidigt på hösten (led B) eller på våren (led F och G). Packningseffekterna var mer tydliga i försöket på styv lera än i försöket på mellanlera. I försöket på mellanlera hade gödslingstidpunkten större betydelse än markpackningen. I tabell 32 anges skörderesultat för 2003. Packningsskadorna i försöken var obetydliga detta år och skillnader i grödans avkastning var också små jämfört med föregående års skörd. Sämst skörd gav ledet utan gödsel samt de led som packades på senhöst och på våren före sådd. Kontaktperson: *Ararso Etana (Tel: 018-671259)*.

Detta projekt finansieras av Statens jordbruksverk.

Tabell 30. Försöksled och olika behandlingar i två försök (skördeår 2002 och 2003)

Led	Plöjningstidpunkt	Plöjningsdjup	Gödslings/packningstidpunkt	Packning
A	Kontroll	20-22 cm	Kontroll	Opackat
B	Oktober	20-22 cm	Oktober	Packat
C	November	20-22 cm	November	Opackat
D	November	20-22 cm	November	Packat
E	November	12-15 cm	November	Opackat
F	Oktober	20-22 cm	På våren , före sådd	Opackat
G	Oktober	20-22 cm	På våren , före sådd	Packat

Tabell 31. Skörd i relativtal (kontroll=100) i försöksserien R2-7401 och R2-7402 7402 (skördeår = 2002)

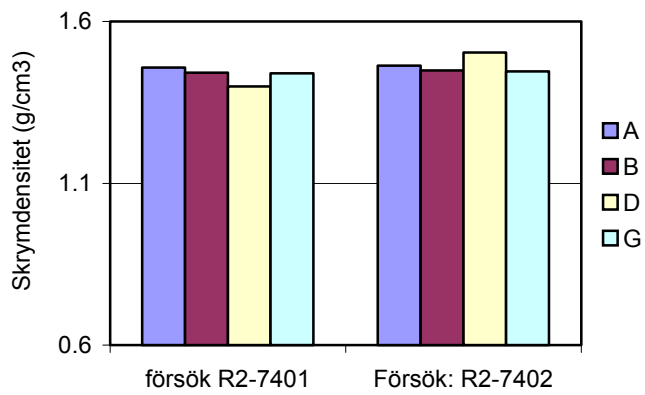
Led	Styv lera (R2-7401)	Mellanlera (R2-7402)	Medeltal
A	100 = 3920 kg/ha	100 = 3650 kg/ha	100 = 3785 kg/ha
B	99	98	98
C	115	139	127
D	110	136	123
E	117	-	-
F	100	118	109
G	65	115	89
LSD	13	14	

Tabell 32. Skörd i relativtal (kontroll=100) i försöksserien R2-7401 och R2-7402 (skördeår = 2003)

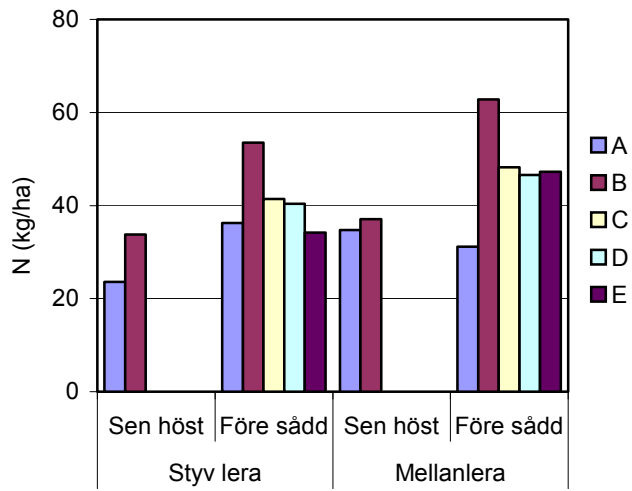
Led	Styv lera (R2-7401)	Mellanlera (R2-7402)	Medeltal
A	100 = 5370 kg/ha	100 = 4510 kg/ha	100 = 4940 kg/ha
B	109	123	116
C	94	125	110
D	86	109	98
E	99	119	109
F	109	124	116
G	86	118	102
LSD	11	12	



Figur 24. En bild av matjordsprofil (packning och gödselspridning skedde i den månad som angivits ovanpå respektive profil).



Figur 25. Matjordens skrymdensitet i mitten av juni 2003.



Figur 26. Mineralkväve (nitrat + ammoniumkväve) inom 0-90 cm markdjup på senhöst 2002 och före sådd 2003.

Mätning av tryck i matjorden med olika hjullaster och ringtryck

Stämmer det att trycket i matjorden i första hand bestäms av ringtrycket? I denna undersökning mättes trycket i matjorden (på 10 cm djup) för olika hjullaster, däck och ringtryck. Maximalt uppmätt tryck var nära kopplat till ringtrycket men var oftast högre än detta. För två däck som användes med olika hjullaster men samma ringtryck uppmättes högre tryck för den större hjullasten.

En gammal tumregel säger att trycket i matjorden bestäms av ringtrycket, och i alven av axellasten. Under senare år har det vid avdelningen gjorts ett stort antal mätningar av tryck och deformation i alven. Syftet med det experiment som presenteras här var att istället studera tryckfördelning i matjorden. Stämmer det att ringtrycket bestämmer trycket i matjorden eller har också hjullasten betydelse?

Mätningarna gjordes på en mellanlera under fuktiga förhållanden den 28 november 2002. Körningar gjordes med två stycken traktorer, en MF 6290 med en totalvikt på 8990 kg, och en MF 4245 med en totalvikt på 5110 kg. Tanken var att använda hjullaster på de olika traktorerna

som rekommenderades vid körning med ringtrycket 100 kPa och i hastigheter upp till 30 km/h. För MF 6290 löstes detta genom att ett redskap hängdes efter traktorn. För MF 4245 ställdes frontlastaren i ett givet läge. För framhjulet på MF 6290 var inte hjullasten tillräckligt hög för att motsvara rekommenderad hjullast vid 100 kPa och farter upp till 30 km/h. Mätningarna togs ändå med för att åskådliggöra effekterna vid körning med markant lägre hjullast än rekommenderat, vid det givna ringtrycket.

Förutom att köra däcken vid rekommenderat ringtryck, för de aktuella hjullasterna, så kördes även däcken vid 30 % lägre och 50 % högre ringtryck än de rekommenderade. De, enligt tillverkarna,

Tabell 33. Däcksdimensioner, fabrikat och hjullaster för de båda traktorerna.

MF 6290: Total vikt: 8910 kg

		Dimension	Fabrikat	
	Fram:	540/65 R 28	Michelin	
	Bak:	650/65 R 38	Michelin	
	Hjullast	<u>Rekommenderad hjullast vid 30 km/h</u>		
		70 kPa	100 kPa	150 kPa
Fram:	1055 kg	1870	2280 kg	2980
Bak:	3400 kg	2905	3550 kg	4625

MF 4245: Total vikt: 5110 kg

		Dimension	Fabrikat	
	Fram:	11.2 R 28	Good Year	
	Bak:	13.6 R 38	Good Year	
	Hjullast	<u>Rekommenderad hjullast vid 30 km/h</u>		
		70 kPa	100 kPa	150 kPa
Fram:	1080 kg	950	1100 kg	1320
Bak:	1475 kg	1338	1500 kg	1900

rekommenderade hjullasterna vid dessa ringtryck anges i tabell 33 tillsammans med hjullaster och däckdimensioner som användes för de båda traktorerna.

Tryckfördelning och maxtryck i matjorden.

De fem lastcellerna grävdes ned i matjorden på 10 cm djup med ett inbördes avstånd på 9 cm. Detta innebar att den totala mätbredden blev 36 cm. Detta mått var anpassat för att täcka halva bredden av det bredaste däck, nämligen den stora traktorns bakhjul. Traktorerna kördes så att mitten av däck gick mitt över den yttersta sensorn, trycket antogs sedan vara symmetriskt kring däcksmitten. Då den lilla traktorn har betydligt smalare däck kom antalet mätpunkter som hamnade rakt under däck att bli betydligt färre, med följd att tryckfördelningen under dessa däck blev bestämd med lägre upplösning. Värdena för uppmätta maxtrycket beräknades som ett medelvärde ur fyra upprepningar per däck.

Genomsnittstryck i understödsytan och under ribborna.

De olika däckens understödsytor bestämdes, vid olika ringtryck, då de stod på ett hårt underlag. Däcken kördes upp på en pappskiva och med sprayfärg gick det att måla runt däck så att de nabbar som var i kontakt med underlaget framträdde. Utifrån denna avbildning ritades en tänkt understödsyta upp motsvarande det område som låg innanför de nabbar som avbildats. Med utgångspunkt ifrån hjullasterna och de uppritade understödtytorna kunde ett genomsnittligt tryck räknas ut för ytan. Efter att även anläggningsytan för enbart ribborna räknats ut kunde det

genomsnittliga trycket under dessa beräknas. Värdena för beräknat genomsnittligt tryck i understödsytan samt under ribborna är beräknade utifrån en upprepning.

Resultat

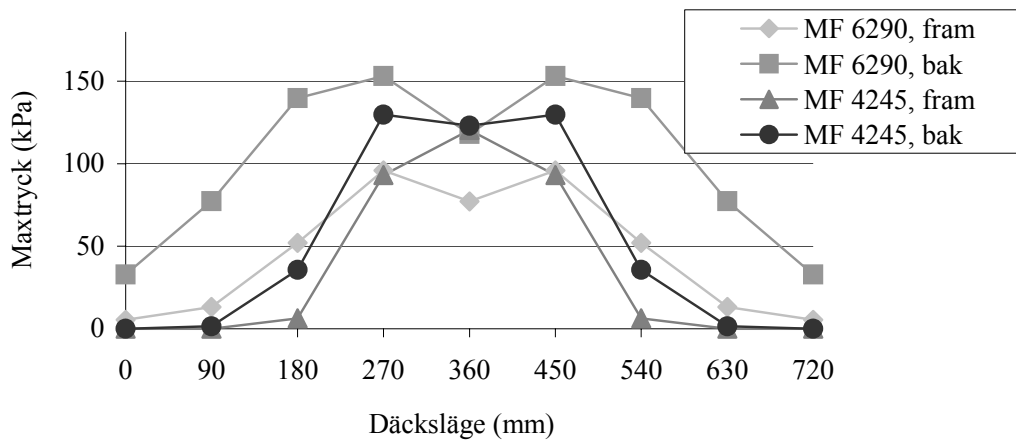
I tabell 34 redovisas det uppmätta maxtrycket i matjorden, det beräknade genomsnittliga trycket i understödsytan samt det beräknade genomsnittliga trycket under ribborna. Den statistiska analysen visade att det fanns signifikanta skillnader i det uppmätta maxtrycket mellan däcken, oberoende av ringtrycket. Den stora traktorns bakhjul gav upphov till det högsta trycket av de fyra olika däcken. Inte oväntat så uppmättes ett högre tryck i matjorden då däcken kördes med högre ringtryck.

Det beräknade genomsnittliga trycket i understödsytan, under de fyra däcken, blev genomgående lägre än ringtrycket vid körning med 150 kPa ringtryck. Vid körning med 70 kPa ringtryck blev det beräknade trycket i understödsytan genomgående högre än ringtrycket under samtliga däck.

Beräknat genomsnittligt tryck under ribborna blev som högst under den lilla traktorns framhjul, hela 716 kPa vid körning med 150 kPa ringtryck. I figur 27 redovisas resultatet av körningarna med de fyra olika däcken då de kördes med rekommenderat ringtryck, 100 kPa, vid respektive hjullast. Det som visas är uppmätta maxtrycket under däckens hela bredd. Genomgående var det så att en högre hjullast gav upphov till ett större tryck, på 10 cm djup, även då ringtrycket var det samma i de olika däcken.

Tabell 34. Sammanställning över uppmätt maxtryck på 10 cm djup, beräknat genomsnittligt tryck i hela understödsytan och genomsnittligt tryck under ribborna för de fyra hjulen då de körts med tre olika ringtryck. Bokstäverna efter mätvärden anger signifikansnivån. Mätvärden som efterföljs av en gemensam bokstav är inte signifikant skilda ($P < 0,05$).

	Ringtryck (kPa)	Maxtryck (kPa)	Beräknat tryck (genomsnitt) i understödsytan. (kPa)	Beräknat tryck (genomsnitt) under ribborna. (kPa)
<i>MF 6290</i>				
Fram	150	122	117	405
Fram	100	103	92	363
Fram	70	87	82	322
Bak	150	214	142	521
Bak	100	156	112	412
Bak	70	129	92	349
<i>MF 4245</i>				
Fram	150	139	125	716
Fram	100	123	114	585
Fram	70	99	105	474
Bak	150	161	102	582
Bak	100	139	94	509
Bak	70	102	81	431
<i>MF 6290</i>				
Fram		104c		
Bak		166a		
<i>MF 4245</i>				
Fram		120bc		
Bak		134b		
<i>Alla däck</i>				
	150 kPa	159a		
	100 kPa	130b		
	70 kPa	104c		

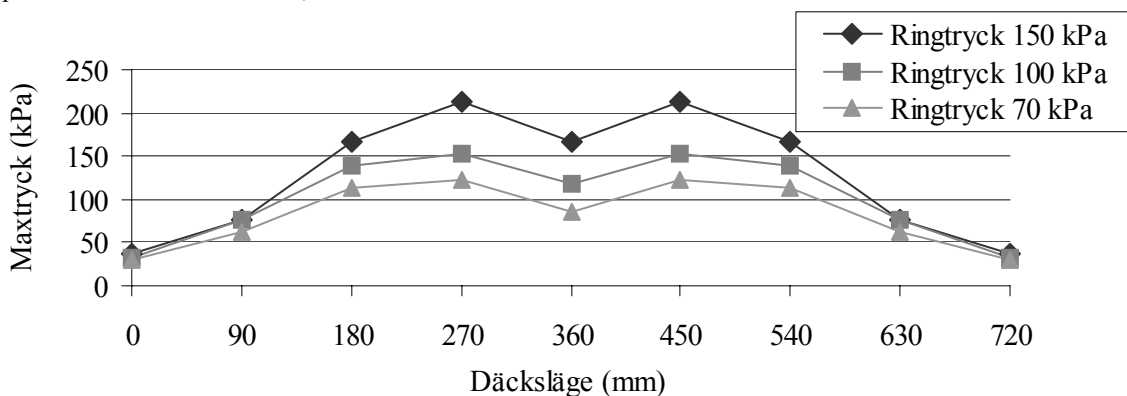


Figur 27. Tryckfördelning under de olika traktorernas fram- och bakhjul. Figuren visar de uppmätta maxtrycken under däcken som ett medelvärde av tre upprepningar. Ringtrycket är för samtliga däck 100 kPa.

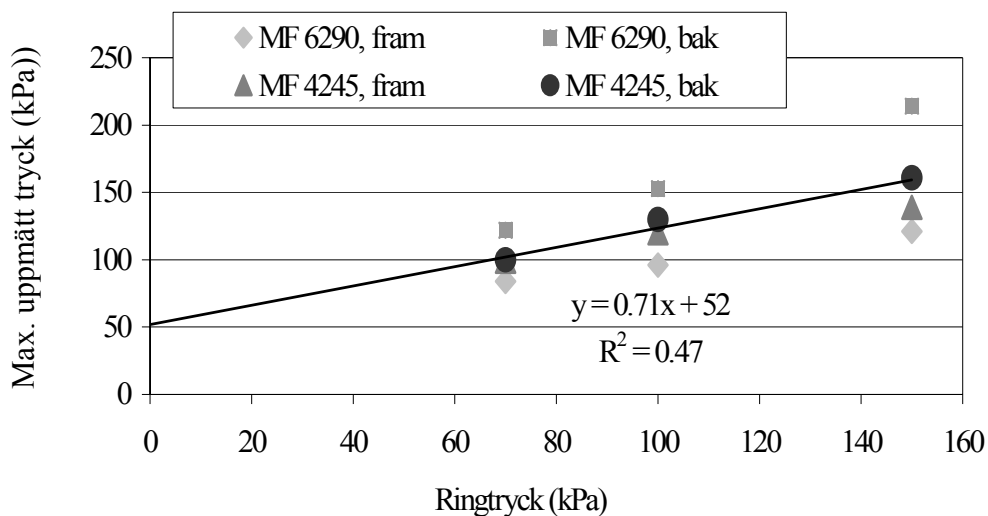
Då ringtrycket höjdes med 50 % från det rekommenderade ökade den maximala tryckpåkänningen i matjorden för samtliga hjul. Då ringtrycket höjdes med 50 % i den stora traktorns baddäck kom det maximala uppmätta trycket i matjorden att höjas med 40 %. Likaså sänktes den maximala tryckpåkänningen i matjorden, för samtliga däck, då ringtrycket sänktes med 30 % från det rekommenderade. För den stora traktorns bakhjul gällde att, då ringtrycket sänktes med 30 % kom det maximala uppmätta trycket i matjorden att sänkas med 20 %. Vidare kan man utläsa att det högsta maxtrycket under däcket inte verkar uppkomma mitt under däcket, inte ens då

däcket körs med det högsta ringtrycket. Istället uppmättes det högsta trycket mellan däckets mitt och dess kant. Detta åskådliggörs i figur 28.

I figur 29 ses maximalt uppmätta trycket i matjorden som funktion av ringtrycket. En regression gjordes för respektive däck. Resultatet därav blev att en högre hjullast gav en högre lutningskoefficient för linjen. Även gjordes en regression med alla mätvärden för de olika däcken. Liksom i tabell 34 framgår det här att man riskerar att underskatta maximala tryckpåkänningen i matjorden utifrån ringtrycket, då det handlar om ringtryck lägre än ca 150 kPa.



Figur 28. Tryckfördelning under bakhjulet på MF 6290 då den körts med 150, 100 och 70 kPa ringtryck.



Figur 29. Förhållandet mellan maximalt uppmätt tryck på 10 cm djup och ringtryck i däck.

Slutsatser

Det uppmätta trycket på 10 cm djup var nära kopplat till ringtrycket. Det maximala uppmätta trycket var dock i regel betydligt högre än ringtrycket, speciellt vid låga ringtryck. Lutningskoefficienten då det uppmätta trycket sätts som funktion av ringtrycket var 0,71, d.v.s. en förändring av ringtrycket (i kPa) ger inte lika stor förändring av marktrycket. När däckan användes vid det rekommenderade ringtrycket 100 kPa uppmättes det största marktrycket under den största hjullasten, vilket pekar på att också hjullasten påverkar trycket i matjorden. Då tryckfördelningen är relativt ojämn finns

det anledning till fortsatt forskning kring samband mellan hjullast, ringtryck, däckstyp och det tryck marken verkligen utsätts för.

Resultaten finns utförligare presenterade i ett examensarbete: Inverkan av hjullast och ringtryck på tryck och deformation i jordprofilen, främst i matjorden, av Matts Ola Anselmsson. Meddelanden från jordbearbetningsavdelningen nr 44, 2003. Kontaktpersoner vid avdelningen är Johan Arvidsson, tel. 018 67 11 72 och Thomas Keller, tel. 018 67 12 10.

Mätningar av tryck och deformation i marken vid betupptagning

Under hösten 2002 och 2003 gjordes mätningar av tryck och rörelse på olika djup i marken vid sockerbetskörden med självgående, sexradiga betupptagare på Krenkerup Gods i Danmark. Resultaten från försöken visade att det idag används så stora och tunga maskiner vid sockerbetskörden att det verkar nästan omöjligt att undvika markpackning även med bra utrustade fordon (breda lågtrycksdäck eller band). En tung betupptagare med stor bettank som är bra konstruerad och välutrustad med däck respektive band ökar däremot inte risken för markpackning jämfört med en mindre självgående betupptagare.

Material och metoder

Under hösten 2002 och 2003 gjordes försök där markens vertikala rörelse och vertikala spänning (kallas härefter i denna artikel för tryck) vid betupptagning studerades. Försöken gjordes på Krenkerup Gods på Lolland. Jorden var en mellanlera båda åren, och vattenhalten vid försöken låg kring fältkapacitet.

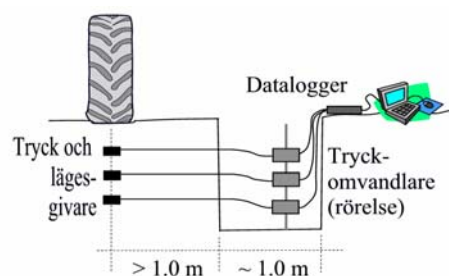
År 2002 jämfördes två olika betupptagningssystem: ett system där man har en 6-radig upptagare med 15 m³ bettank där man är tvungen att hela tiden följa upptagaren med två stycken följevagnar som tar betorna till vändtegen eller till ett närbeläget betupplag, och ett system där man har en tung 6-radig betupptagare med 40 m³ bettank som klarar av att köra långa drag på fältet och ta med sig betorna själv till vändtegen där de lastas av direkt på marken. På detta sätt slipper man att i stor utsträckning vara beroende av följevagnar som ständigt trafikerar fältet.

I försöket år 2003 studerades tryck och rörelse i marken under en tung 6-radig betupptagare med 30 m³ tank som går på band på framaxeln och en 6-radig upptagare med 15 m³ bettank. Maskinegenskaperna från båda åren är sammanfattade i tabell 35.

För att mäta packningen används en metod där man mäter markens vertikala rörelse och vertikala spänning i marken vid överfart med ett fordon (Arvidsson och Andersson, 1997). Mätmetoden visas schematiskt i figur 30. Varje sensor mäter samtidigt den vertikala rörelsen och det vertikala trycket. Tre sensorer var installerade på tre olika djup för varje

körning. Vid varje försök gjordes tre eller fyra körningar med samma maskin vid olika gropar (uppreppningar).

I försöken på Krenkerup Gods gjordes mätningarna av vertikala tryck och markrörelser på 30, 50 och 70 cm djup. Mätningarna gjordes så att betupptagaren var i full drift, dvs att den tog upp betor medan den körde över sonderna. Upptagaren var då i stort sett fullastad, så att mätningarna gjordes vid den största tänkbara lasten. Det gjordes ytterligare tryckmätningar på 10 cm djup (år 2002) respektive på 30 cm djup (år 2003) för att få tryckfördelningen direkt under hjulen respektive bandet med hög upplösning både i körriktningen och på tvären.



Figur 30. Principskiss över mätning av tryck och rörelse i marken. En mätkropp installeras horisontellt från en grävd grop. Markens rörelse i vertikalled och trycket i marken vid överfart med ett hjul registreras med en datalogger.

Tabell 35. Maskinegenskaper för fullastade fordon i försöken på Krenkerup Gods år 2002 och 2003

Maskin	Hjullast (ton)	Totallast (ton)	Däck- dimension	Ringtryck (kPa)
År 2002				
<i>System 1 (Betupptagare samt följevagnar)</i>				
Upptagarens framhjul ¹⁾	9.9		650/85 R38	180
Upptagarens bakhjul ¹⁾	5.1		750/45-30.5	160
Totalvikt betupptagare ¹⁾		27.2		
Tre-axlad följevagn	4.6		24 R20.5	150
Totalvikt följevagn		27.6		
<i>System 2 (Betupptagare med 40m³ bettank)</i>				
Upptagarens 1:a hjul	12.0		800/65 R32	220
Upptagarens 2:a hjul	10.0		73x44-32	240
Upptagarens 3:a hjul	8.4		66x43-25	190
Totalvikt betupptagare		60.8		
År 2003				
<i>Betupptagare med 30 m³ bettank</i>				
Upptagare fram ²⁾	16.6		2,6 m ² /band	
Upptagarens bakhjul ²⁾	10.3		900/60 R32	190
Totalvikt betupptagare ²⁾		53.7		
<i>Betupptagare med 15 m³ bettank</i>				
Upptagarens framhjul ¹⁾	10.1		650/85 R38	180
Upptagarens bakhjul ¹⁾	4.5		750/45-30.5	160
Totalvikt betupptagare ¹⁾		26.5		

¹⁾Vikt på betupptagaren är ojämnt fördelad mellan höger och vänster sida; mätningar gjordes på den tyngre belastade sidan

²⁾Betupptagaren gick på band fram och på ett dubbelmontage bak

Resultat

Tryckfördelning i matjorden

I figurer 31 och 32 visas två exempel på tryckfördelning både i körriktningen och tvärs körriktningen. Figur 31 visar en mätning under fram- och bakhjulet av en 6-radig betupptagare med 15 m³ bettank. Figur 32 visar en mätning under en 6-radig betupptagare med 30 m³ bettank som går på band fram och hjul bak. Tydligt syns det att tryckfördelningen under ett däck inte är uniform och att det maximala trycket är högre än ringtrycket. Tryckfördelningen under ett

band är också ojämn; lokalt högre tryck kan tydligt urskiljas under de två bärrullarna och främre och bakre bärhjulet (figur 32).

Tryck och deformation i alven

Kvarstående rörelse efter fordonet hade passerat mätsonden ("packning") på 30 (översta sonden i alven) och 70 cm (lägsta sonden i alven) redovisas i figurer 33 och 34.

Observera att betupptagaren med 40 m³ bettank (år 2002) inte kunde inkluderas i någon statistik beräkning. Värdena ska därför betraktas med viss försiktighet men visar trots allt tendenser. Störst tryck och

störst kvarstående rörelse (figur 33) uppmättes under den tunga betupptagaren. Deformationen från följevagnen var relativt liten och begränsad till de allra översta alvskikten, så att system 1 (betupptagare med 15 m³ bettank följd av en följevagn i samma spår) resulterade i mindre skada än system 2 (tung betupptagare med 40 m³ bettank) trots mycket intensiv trafik på fälten i system 1.

I försöket år 2003 uppmättes det högsta trycket under framhjulet av betupptagaren med 15 m³ bettank. Kvarstående rörelse (figur 34) på 30 cm djup var signifikant högre ($P < 0,05$) under denna betupptagare än under den större betupptagaren med 30 m³ bettank, trots att den större betupptagaren var ungefär dubbelt så tung. Den lägre deformationen förklaras med en mycket större anläggningsyta genom att man använder breda band istället för hjul. På större djup fanns dock inga signifikanta skillnader i deformation mellan fordonen.

Diskussion

Försöket år 2002 var upplagt på att jämföra två olika system, där man antingen kör med en

mindre betupptagare och transporterar betorna med vagnar till vändtegen, eller där man kör med en stor betupptagare med stor bettank som har förmågan att köra långa drag och avlasta betorna på väntegen. Mätningarna visade att transporttrafiken med följevagnar inte var så farlig som den kanske ser ut (mycket och djupa spår på fältet), med avseende på risken för markpackning i alven. Markpackning skedde framför allt ifrån betupptagarna. Den stora betupptagaren vägde mer än dubbelt så mycket som den mindre betupptagaren. Den hade dock bara två hjul mer, som medför att hjullasten blir högre jämfört med den mindre betupptagaren. Detta, i samband med en inte optimerad konstruktion (lasten är inte optimalt fördelad på de sex hjulen) och förhållandevis små däck förklarar att både trycket och deformationen var betydligt högre under detta fordon. Ett system utan följevagnar kan dessutom bara utnyttjas optimalt när fältlängden är anpassad till bettankens volym. Är inte detta fallet, måste betupptagaren antingen lasta av när den inte är helt full, eller köra till vändtegen när den är full mitt ifrån ett drag.

Uppmätt tryck

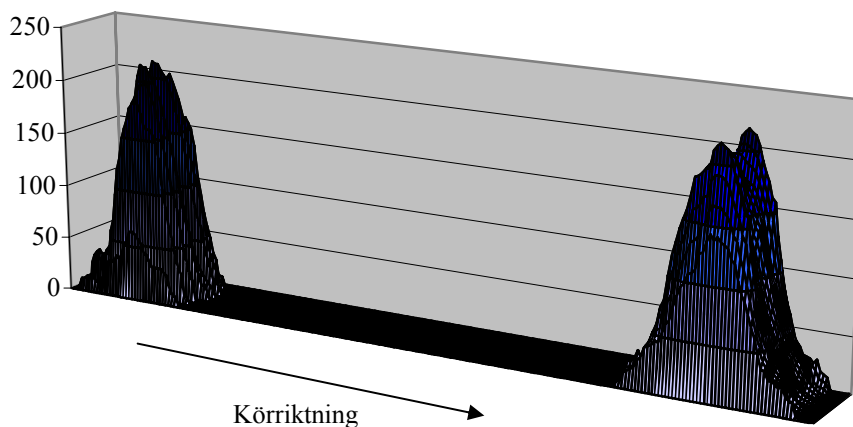


Fig. 31. Uppmätt fördelning av det vertikala trycket på 0.3 m djup under den fullastade betupptagaren med 15 m² bettank. Framhjulet med ett ringtryck på 180 kPa (höger) och bakhjulet med ett ringtryck på 160 kPa (vänster).

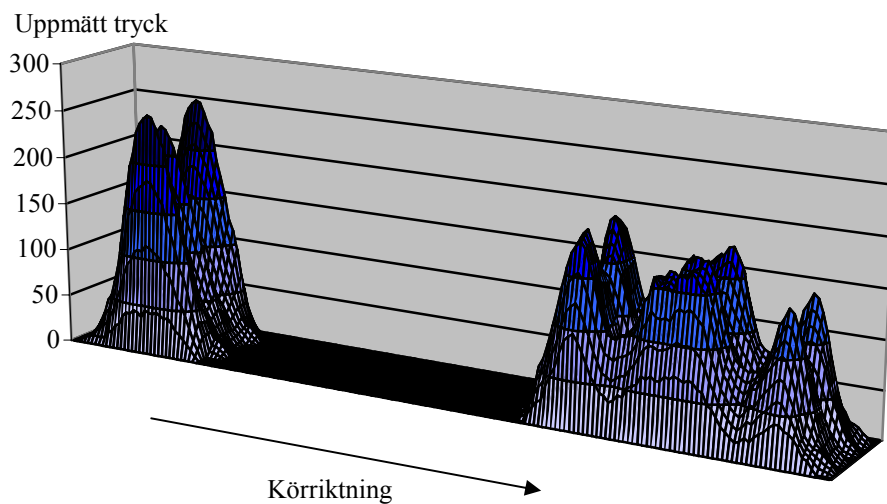


Fig. 32. Uppmätt fördelning av det vertikala trycket på 0.3 m djup under den fullastade betupptagaren med 30 m² bettank. Bandet (höger) och bakhjulet (teoretiskt genomsnittligt anläggningstryck 65 kPa) med ett ringtryck på 190 kPa (vänster).

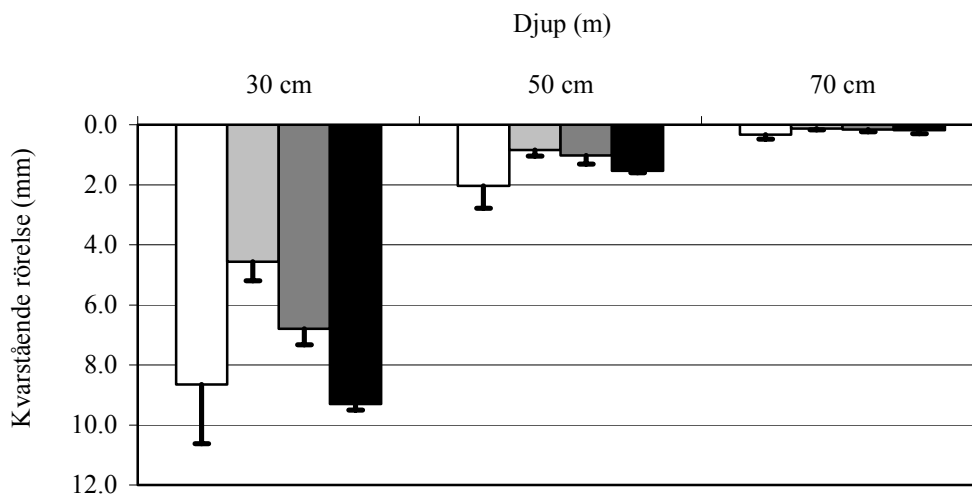


Fig. 33. Kvarstående rörelse under den stora betupptagaren med 40 m³ bettank (vita staplar), betupptagaren med 15 m³ bettank (ljusgråa staplar), den mindre betupptagaren samt en passage med traktor och följevagn i samma spår (mörkgråa staplar) och den mindre betupptagaren samt tre överfarter med traktor och följevagn i samma spår (svarta staplar).

Resultaten från år 2003 visar tydligt att tryck i marken och markpackning inte är en funktion av fordonets totalvikt. Den stora betupptagaren med 30 m³ bettank som väger dubbelt så mycket som den mindre betupptagaren med 15 m³ bettank skadar marken inte mera. Förklaringen till detta är att den stora betupptagaren är mycket bättre konstruerad med två stora välfungerande band (anläggningsyta per band 2,6 m²) fram och ett dubbelmontage med stora däck back. Trots detta ska inte glömmas att kvarstående rörelse uppmättes även på 70 cm djup.

En jämförelse mellan den stora betupptagaren som testades år 2002 och den stora betupptagaren som testades år 2003 kan tillåtas eftersom båda i sig jämfördes mot samma mindre betupptagare i de enstaka försöken. Resultaten ska dock tolkas med viss försiktighet, eftersom jorden och fuktighetsförhållanden skilde sig lite mellan de två åren. Det kan dock konstateras att betupptagaren med 30 m³ bettank (år 2003) var bättre konstruerad och fördelade den stora lasten mycket bättre än betupptagaren med 40 m³ bettank (år 2002).

Vid SLU:s avdelning för jordbearbetning har tidigare gjorts två studier med 6-radiga betupptagare i Sverige för att undersöka hur ringtrycket påverkar tryckutbredningen i marken vid en viss hjullast. Resultaten visade att ringtrycket inte bara påverkar trycket i matjorden, utan också trycket i de översta alvskikten. De visade också att tryckfördelningen under ett däck var mycket ojämn, och det maximala trycket var mycket högre än ringtrycket. Detta stämmer bra överens med mätningar som visas i figur 2. Tryckfördelningen under ett däck borde vara jämnast när däcket körs vid det rekommenderade ringtrycket vid given last. Detta ska beaktas när låga ringtryck används; ett för lågt ringtryck kan innebära att tryckfördelningen blir mycket ofördelaktig med högt maximalt tryck.

Risken för alvpackning kan bara effektivt minskas genom att köra med låga hjullaster och däck med lågt ringtryck och en tryckfördelning som är så jämn som möjlig, alternativt ha välfungerande band. Kravet på låga ringtryck begränsar också hjullasten,

eftersom det inte finns stora däck som klarar höga hjullaster vid låga ringtryck. Band kan vara ett bra alternativ till däck, men det krävs att lastfördelningen är jämn över hela bandet.

Slutsatser

1. Tryck i marken och jordpackning är varken en funktion av fordonets totalvikt eller en funktion av axelbelastningen.
2. Om en tung betupptagare med stor bettank är bra konstruerad och välutrustad med däck/band, och bara om detta är fallet, ökar inte risken för markpackning jämfört med en betupptagare med mindre kapacitet.
3. I samband med sockerbetsskörden används idag så stora och tunga maskiner att det verkar vara nästan omöjligt att undvika markpackning även med bra utrustade fordon (breda lågtrycksdäck eller band).
4. Risken för markpackning under sockerbetsskörden skulle kunna minskas genom att använda fordon med betydligt lägre hjullaster samt förbättrade däcksutrustning eller genom att använda band, men även här bör lasten inte vara så stor som den är i dagsläget (eller bandets yta bör ökas).

Tack

Vi tackar Gorm Reventlow-Grinling, Sören Jespersen, Hugo Jörgensen och Kurt Rasmussen på Krenkerup Gods för deras stora interesse och hjälp under mätningarna och för gästvänligheten. Stort tack också till Holger Lücke från Grimme Landmaschinenfabrik GmbH i Damme (D). Ett stort tack också till Urban Svantesson och Matts Ola Anselmsson som hjälpte mycket med fältmätningarna.

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

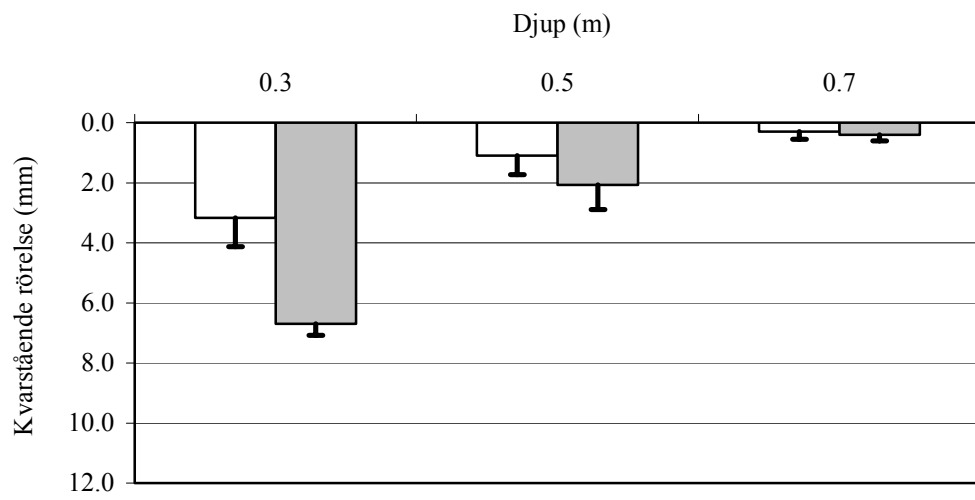


Fig. 34. Kvarstående rörelse under den stora betupptagaren med 30 m³ bettank (vita staplar) och betupptagaren med 15 m³ bettank (ljusgråa staplar).

Effekt av körhastighet på tryck och deformation i marken

Under våren 2003 gjordes ett experiment på Ultuna där effekten av körhastigheten på markpackning undersöktes. Tryck och rörelse i marken uppmättes på 15, 30 och 50 cm djup under en traktor som körde 1, 4, 8, 12 och 20 km t⁻¹. Dessutom kördes varje hastighet med två olika ringtryck. Trycket och deformationen blev generellt mindre med högre hastighet, dock fanns det inga skillnader mellan de normala hastigheterna 4, 8 och 12 km t⁻¹. Tryck och deformation blev också mindre med längre ringtryck. Effekten av hastigheten och ringtrycket avtog med djupet.

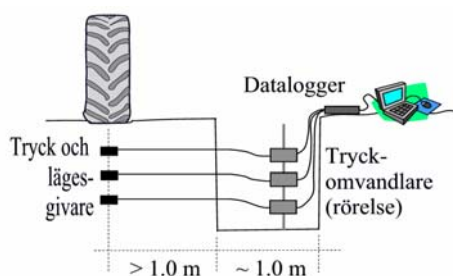
Under våren 2003 gjordes ett försök där effekten av körhastigheten på markens vertikala rörelse och vertikala spänning (kallas därefter i denna artikel för tryck) undersöktes. Försöket gjordes på Ultuna på en styv lera under förhållanden kring fältkapacitet.

Experimentet gjordes med en traktor som kördes med 1, 4, 8, 12 och 20 km t⁻¹. Traktorn hade en hjullast på 1,3 ton fram och 1,7 ton bak. Däcksutrustning var 540/65 R28 fram och 650/65 R38 bak, och det kördes med två olika ringtryck (120 och 60 kPa).

Markens vertikala rörelse och markens vertikala tryck uppmättes enligt figur 35. Varje sensor mäter samtidigt den vertikala rörelsen och det vertikala trycket. Tre sensorer var installerade på 15, 30 och 50 cm djup för varje körning. Det kördes vid sex olika installationer (upprepningar) med alla kombinationer av hastighet och ringtryck.

Resultat och diskussion

Trycket på 15 cm djup avtog generellt med ökande körhastighet (figur 36). Detta kan



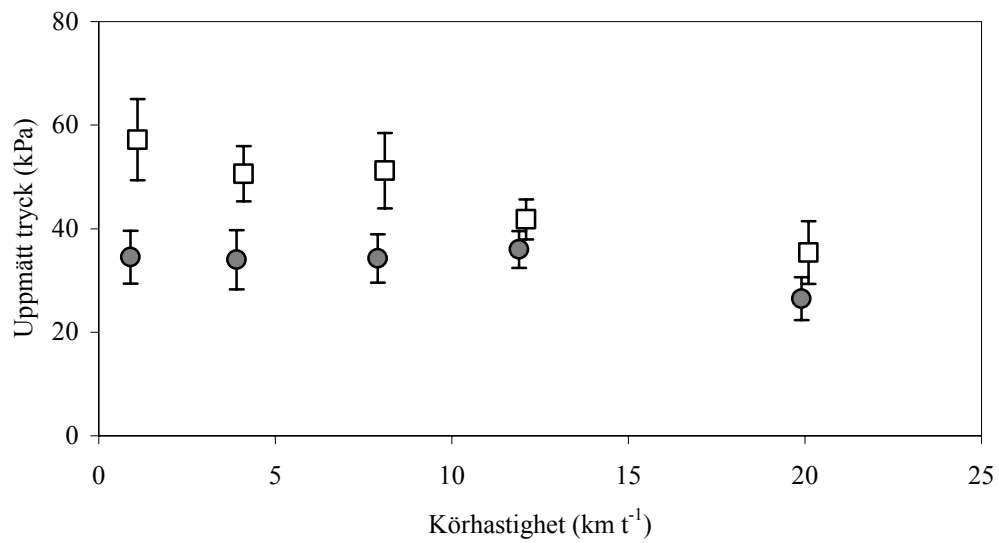
Figur 35. Principskiss över mätning av tryck och rörelse i marken.

förklaras med att tryckutbredningen i marken är en funktion av bland annat tiden.

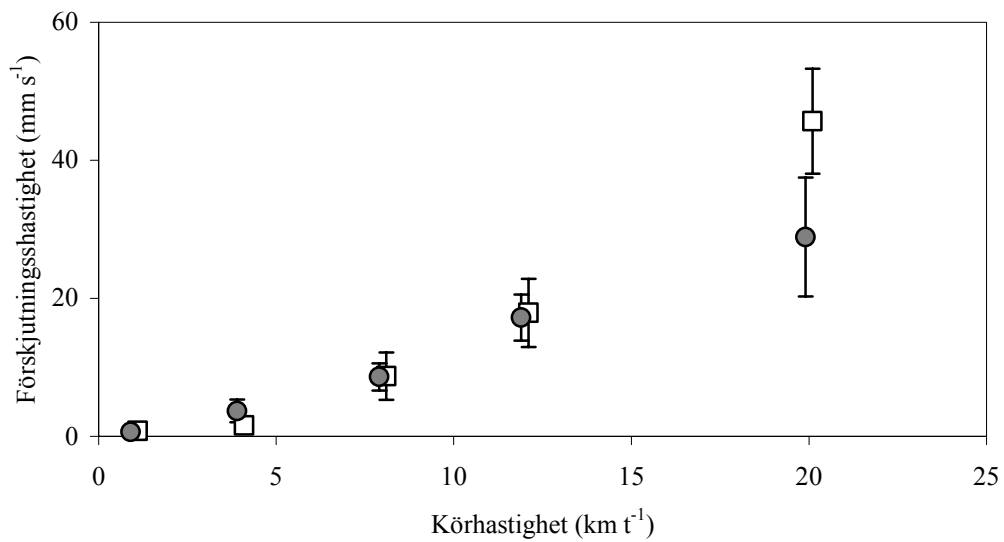
Ringtrycket påverkade trycket på 15 cm djup: trycket blev signifikant lägre när det kördes med ett ringtryck på 60 kPa jämfört med 120 kPa (figur 36). Effekten av hastigheten var mera tydlig vid ett ringtryck på 120 kPa. På större djup fanns det inga skillnader, varken på grund av ringtrycken eller på grund av körhastigheten. Effekten av både hastighet och ringtryck avtar uppenbarligen med djupet. En annan orsak kan också vara att de uppmätta trycken var ganska låga (bara omkring 20 kPa), vilket gör det svårt att upptäcka skillnader.

Hastigheten påverkar av lättförklarliga skäl förskjutningshastigheten, alltså den hastigheten jorden rör sig neråt vid överfart av ett fordon (figur 37); ju högre körhastighet desto högre förskjutningshastighet, vilket förväntas påverka deformationen, eftersom markens hållfasthet är en funktion av deformationshastigheten, bland annat påverkad av jordens dräneringsförmåga. Markens kvarstående rörelse ("packning") var dock inte signifikant påverkad vare sig av körhastigheten eller av ringtrycket (figur 38). Detta beror kanske främst på att uppmätt rörelse var liten på alla djup och att variationen var ganska stor, vilket innebär att inga statistisk signifikanta skillnader kunde hittas. Det fanns dock tendenser att den kvarstående rörelsen blev mindre vid högre körhastighet och mindre vid mindre ringtryck.

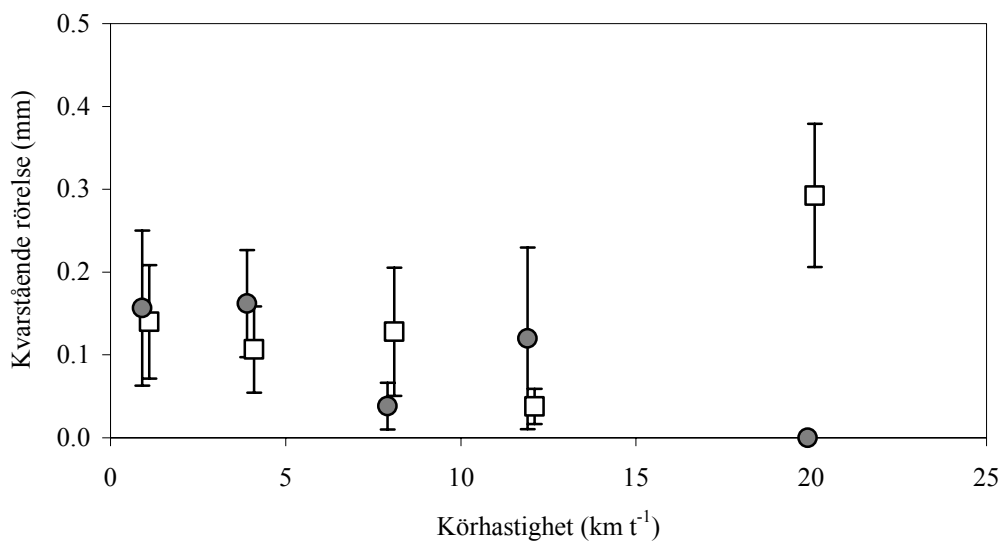
Mätvärden vid den högsta körhastigheten (20 km t⁻¹) var sämre än de andra eftersom mätsystemet till viss grad är trögt samt att mätfrekvensen var begränsad.



Figur 36. Uppmätt tryck på 15 cm djup för de olika körhastigheterna med ett ringtryck på 120 kPa (vita rutor) och 60 kPa (gråa cirklar). Medelvärde och SEM.



Figur 37. Förskjutningss hastighet på 30 cm djup för de olika körhastigheterna med ett ringtryck på 120 kPa (vita rutor) och 60 kPa (gråa cirklar). Medelvärde och SEM.



Figur 38. Kvarstående rörelse på 30 cm djup för de olika körhastigheterna med ett ringtryck på 120 kPa (vita rutor) och 60 kPa (gråa cirklar). Medelvärde och SEM.

Slutsatser

Körhastigheten verkar inte ha någon effekt på markpackning i praktiken. Ingen skillnad i tryck och rörelse upphittades mellan 4 och 12 km t⁻¹, som är variationen i hastighet för många arbetsmoment i fält. Generellt avtog dock trycket och rörelsen i marken vid ökande hastighet, med mätbara skillnader mellan väldigt låg hastighet (1 km t⁻¹) och hög hastighet (20 km t⁻¹). Vid höga hastigheter tillkommer dock risken för att fordonet börjar hoppa, vilket kan lokalt leda till högre tryck och deformation. Hastigheten är dessutom för de flesta arbetsmoment begränsad till kanske 10-15 km t⁻¹; vilket innebär att den positiva effekten som kanske finns vid höga hastigheter inte kan utnyttjas.

Ringtrycket påverkade trycket och deformationen i de översta jordlagren, men inte på större djup i alven, vilket överensstämmer med experiment som tidigare gjorts vid avdelningen.

Tack

Ett stort tack till Matthias Grimm (student ETH Zürich, Schweiz) som skrev ett omfattande projektarbete om detta experiment ("Soil stress and displacement during wheeling in relation to the soil precompression stress – the influence of vehicle speed and tyre inflation pressure"; 50 sidor).

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

Tryck, tryckfördelning och kontaktytan under ett däck i relation till däck- och hjulparametrar

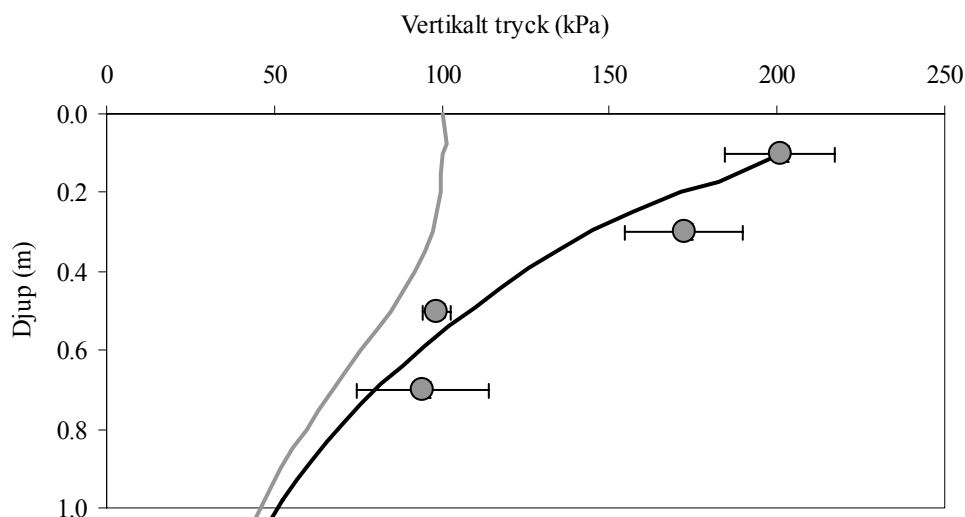
Under de senaste åren har flera försök gjorts där tryckfördelningen under olika däck vid olika hjullaster uppmättes. I denna artikel sammanfattas dessa undersökningar. Resultaten visar att tryck under däck är ojämnt fördelat. Det maximala trycket kan vara betydligt högre än ringtrycket. Det maximala trycket, tryckfördelningen och kontaktytan under ett däck kan uppskattas som funktioner av däckparametrar och hjullasten. Dessa funktioner är integrerade i en modell för att beräkna tryckfördelning i marken.

Inledning

När ett fordon kör över marken blir markytan utsatt för mekaniska spänningar ifrån däck eller band. Med hänsyn till alvpackning anses de vertikala spänningarna (härefter kallat för tryck) ha störst påverkan. Horisontella spänningar (skjuvspänningar) tros ha mindre betydelse för alvpackning. Trycket och tryckfördelningen under ett däck – alltså det som marken utsätts för – är i sig sedan en funktion av däckparametrar, hjullast med mera, samt markens fuktförhållanden.

Att kunna uppskatta tryckfördelningen under ett däck är mycket viktigt inte minst med hänsyn till beräkningar av tryck i marken med hjälp av modeller. I figur 39 visas hur det beräknade trycket påverkas av

tryckfördelningen på markytan. För att kunna beräkna tryck i marken och förutse om eventuell markpackning sker måste tryckfördelningen på markytan kunna uppskattas så realistiskt som möjligt. En jämn tryckfördelning är en för dålig approximation av den reella tryckfördelningen som kan leda till att trycket i marken underskattas betydligt (figur 39). En jämn tryckfördelning används dock ofta i modeller. Alternativt kan tryckfördelningen beskrivas med hjälp av en parabel, som Söhne (1953) föreslog. En parabolisk tryckfördelning är en mycket mera realistisk bild av verkligheten. Den förutsätter dock att det maximala trycket är under däckets mitt, vilket inte alltid är fallet.



Figur 39. Uppmätt tryck under ett däck med en hjullast på 8,6 ton och ett ringtryck på 150 kPa (gråa cirklar) och beräknat tryck med cirkulär kontaktyta med en jämn tryckfördelning (grå linje) samt beräknat tryck med uppmätt tryckfördelning som indata (svart linje).

Tabell 36. Däck, ringtryck och hjullast för de använda maskinerna

Plats	Maskin	Däck	Ringtryck (kPa)	Hjullast (ton)
Billeberga	Betupptagare	1050/50 R32	100	8,6
Billeberga	Betupptagare	1050/50 R32	150	8,6
Billeberga	Betupptagare	1050/50 R32	250	8,6
Krenkerup (DK)	Vagn	24 R20,5	140	4,6
Krenkerup (DK)	Betupptagare	650/85 R38	180	9,9
Krenkerup (DK)	Betupptagare	TWIN 750/45-30,5	160	5,0
Krenkerup (DK)	Betupptagare	800/65 R32	220	12,5
Krenkerup (DK)	Betupptagare	73x44-32	240	10,0
Krenkerup (DK)	Betupptagare	66x42-25	210	7,0
Önnestad	Betupptagare	TWIN 800/60-38	220	8,2
Önnestad	Betupptagare	TWIN 800/60-38	90	8,2
Kungagården	Vagn	TWIN 700/50-26,5	140	2,0
Kungagården	Vagn	TWIN 700/50-26,5	140	3,0
Kungagården	Vagn	TWIN 700/50-26,5	140	4,0
Kungagården	Vagn	TWIN 700/50-26,5	140	5,0
Kungagården	Vagn	TWIN 700/50-26,5	200	7,0
Ultuna	Traktor	650/65 R38	95	2,4
Ultuna	Traktor	540/65 R28	150	1,1
Ultuna	Traktor	540/65 R28	100	1,1
Ultuna	Traktor	540/65 R28	70	1,1
Ultuna	Traktor	650/65 R38	150	3,4
Ultuna	Traktor	650/65 R38	100	3,4
Ultuna	Traktor	650/65 R38	70	3,4
Ultuna	Traktor	11,2 R28	150	1,1
Ultuna	Traktor	11,2 R28	100	1,1
Ultuna	Traktor	11,2 R28	70	1,1
Ultuna	Traktor	13,6 R38	150	1,5
Ultuna	Traktor	13,6 R38	100	1,5
Ultuna	Traktor	13,6 R38	70	1,5

Även om olika forskare har föreslagit olika alternativ för tryckfördelningar under däck, finns det inga direkta ekvationer som uppskattar det maximala trycket samt tryckfördelningen utifrån däck- och hjulparametrar. Sådana ekvationer skulle dock signifikant kunna förbättra modellernas indata och därmed också modellernas förmåga att förutsäga tryck och deformation i marken.

Material och metoder

Mätningar av vertikala tryck gjordes i matjorden på 0,1 m djup (alltså direkt under däck) vid flera olika tillfällen (tabell 36). I

normalfall användes det fem stycken lastceller (figur 40) för att mäta tryck med hög upplösning både i körriktningen och tvärs körriktningen. Lastcellerna grävdes ner i matjorden och placerades på en linje vinkelrät mot körriktningen med ett inbördes avstånd som var anpassat till halva bredden av det undersökta däck. Tryckfördelningen uppmättes sedan under ena halvan av däck. Tryckfördelningen under andra halvan av däck antogs vara densamma. Vid varje tillfälle gjordes flera mätningar vid flera installationer (upprepningar). För varje mätning integrerades det uppmätta trycket över alla lastceller; det integrerade trycket över kontaktytan bör motsvara hjullasten.



Figur 40. Lastceller som användes för att mäta tryckfördelning under ett däck.

Det maximala trycket, tryckfördelningen tvärs körriktningen, samt längden av kontaktytan under däckets mitt, bestämdes för varje mätning. Regressionsanalyser utfördes sedan för att hitta ekvationer som beskriver det maximala trycket och tryckfördelningens form, samt kontaktytans längd utifrån däck- och hjulparametrar. Ekvationerna för att beräkna tryckfördelningen över kontaktytan utifrån däck- och maskinparametrar programmerades som ett makro i Excel. Makrot är inkluderat i ett Excel kalkylark för att beräkna tryck i marken.

Resultat

I figur 41 visas det maximala uppmätta trycket i förhållanden till ringtrycket. Det uppmätta trycket var i genomsnitt högre än ringtrycket. Sambandet mellan det maximala trycket och ringtrycket är starkt ($R^2 = 0,72$), dvs ringtrycket förklarar mycket av det maximala trycket vi mäter i marken. En bättre modell för att uppskatta det maximala trycket σ_{max} (kPa) är ekvation 1, där $p_{Däck}$ är ringtrycket i kPa, F_{Hjul} hjullasten i kN och $P_{Rekommenderat}$ det rekommenderade ringtrycket i kPa. Det uppskattade maximala trycket enligt ekvation 1 som funktion av det uppmätta maximala trycket visas i figur 42. Överensstämmelsen är bra, med ett R^2 värde på 0,89. Det maximala trycket beror alltså på ringtrycket, på hjullasten och på förhållandet mellan det rekommenderade och det använda ringtrycket. Tryckfördelningen blir ojämnare när ett däck används med lägre ringtryck än det rekommenderade ringtrycket, vilket gör att det maximala trycket över ringtrycket blir

högre jämfört med ett däck som körs vid rekommenderat ringtryck. Den maximala längden l_{max} (m) av kontaktytan under däckets mitt är en funktion av däckets ytterdiameter D_{ytter} (m), ringtrycket och det rekommenderade trycket (ekvation 2, $R^2 = 0,77$). Den uppskattade maximala längden versus den uppmätta maximala längden visas i figur 43.

För att beskriva tryckfördelningen tvärs körriktningen används ekvation 3, där $w_{Däck}$ är däckets halva bredd och C och δ är parametrar. Med hjälp av denna ekvation kan både en tryckfördelning med det maximala trycket under däckets mitt och en tryckfördelning med det maximala trycket nära däckets kant beskrivas (figur 44). Parametrarna C och δ kan uppskattas med ekvationerna 4 och 5, där $b_{Däck}$ är däckets bredd. R^2 -värden för ekvationerna 4 och 5 är 0,84 respektive 0,82. För att beskriva tryckfördelning i körriktningen används ekvation 6, där $\sigma_{x=0,y}$ är trycket under däckets mitt, $l_{Däck}(y)$ är däckets längd och α är potensen av parabeln. För $y = 0$ är $l_{Däck}$ den maximala däckslängden, som är lika med l_{max} (ekvation 2) i modellen.

Ett makro skrevs i Excel som inkluderar ekvationerna 1-6. Indata är hjullast, ringtryck, rekommenderat ringtryck, däckets bredd och däckets yttre diameter. Utifrån dessa parametrar beräknas först σ_{max} , l_{max} , C och δ . Däckets kontaktyta beskrivs med en ellips med däckets bredd och l_{max} som axlar. Därefter beräknas $\sigma(y)$ (ekvation 3) under däckets mitt, genom att anpassa det maximala trycket till σ_{max} . Detta eftersom ekvation 1 uppskattar det maximala trycket bättre än ekvation 3. Ekvation 3 ger alltså tryckfördelningens form tvärs körriktningen. Med hjälp av ekvation 6 beräknas sedan tryckfördelningen i körriktningen. Potensen α beräknas under restriktionen att den modellerade hjullasten måste motsvara den verkliga hjullasten. Om differensen mellan modellerad hjullast och verklig hjullast efter alla dessa beräkningar är större än tre procent, korrigeras den uppskattade längden av kontaktytan (och eventuellt också σ_{max}) innan en ny beräkning av α görs. I figurer 45 och 46 visas två exempel på modellerad och uppmätt tryckfördelning.

Ekvationer:

$$\sigma_{\max} = 1,174 p_{Däck} + 1,572 * 10^{-6} (F_{hjul})^{3,774} + 39,467 * \ln\left(\frac{p_{Rekommenderat}}{p_{Däck}}\right) + 49,933 \quad (1)$$

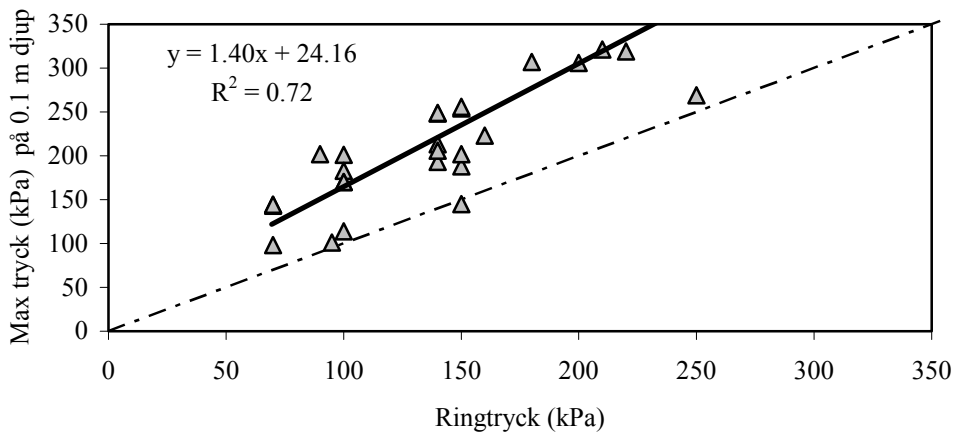
$$l_{\max} = 0,395 D_{ytter} - 2,222 * p_{Däck}^2 - 0,152 * \ln\left(\frac{p_{Rekommenderat}}{p_{Däck}}\right) + 0,170 \quad (2)$$

$$\sigma(y) = C(w_{Däck} - y) * e^{-\delta(w_{Däck} - y)}; y = 0..w_{Däck} \quad (3)$$

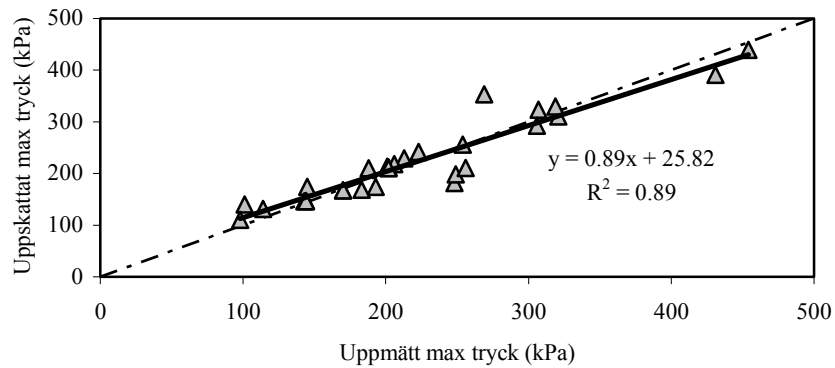
$$C = -22247,6 * b_{Däck}^2 + 12703,4 * b_{Däck}^3 - 2133,1 * D_{ytter} - 65280,1 * \frac{1}{F_{hjul}} + 0,343 * F_{hjul}^2 + 11,239 * p_{Däck} - 21,934 p_{rekommenderat} + 14413,8 \quad (4)$$

$$\delta = -22,245 * b_{Däck} + 3,574 * b_{Däck}^3 - 65,466 * \frac{1}{F_{hjul}} + 0,043 F_{hjul} + 0,012 * p_{Däck} - 0,034 p_{rekommenderat} + 20,991 \quad (5)$$

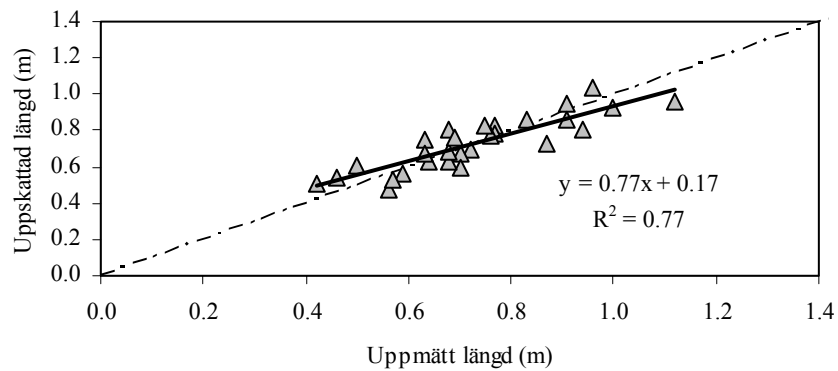
$$\sigma(x) = \sigma_{x=0,y} \left(1 - \left(\frac{x}{l_{Däck}(y)} \right)^\alpha \right); x = 0..l_{Däck}(y) \quad (6)$$



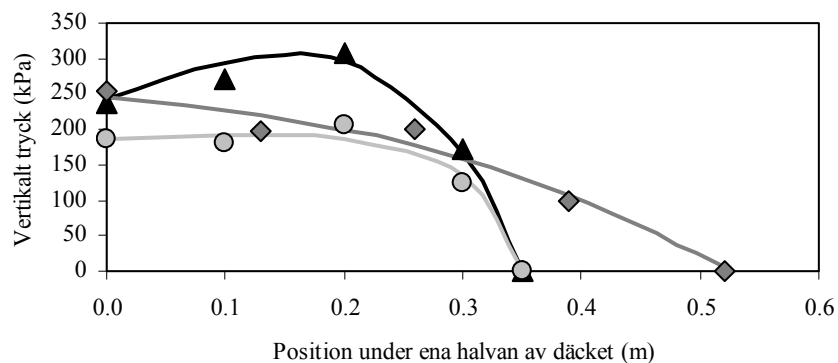
Figur 41. Uppmätt maximalt tryck på 0,1 m djup som funktion av ringtryck.



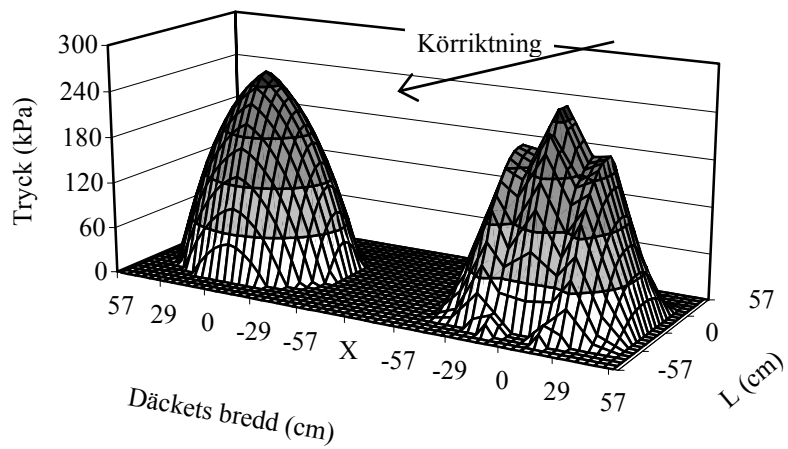
Figur 42. Uppmätt jämfört med uppskattat maximalt tryck i marken på 0,1 m djup.



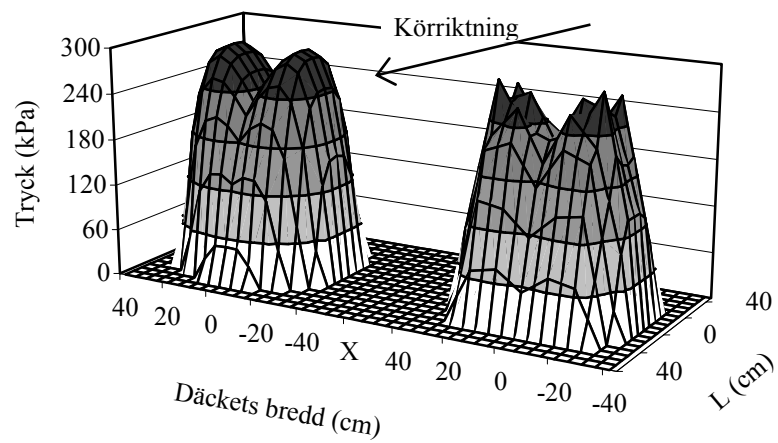
Figur 43. Uppmätt jämfört med uppskattad maximal längd av kontaktytan.



Figur 44. Exempel på tryckfördelningar under ett däck; uppmätta värden (symboler) och beräknade värden enligt ekvation 3 (kurvor). Fall 1: Ganska jämn tryckfördelning under däck (cirkel); fall 2: högst tryck under däckets mitt (rutur), och fall 3: högst tryck mot däckets kant (trianglar).



Figur 45. Modellerad (vänster) och uppmätt tryckfördelning (höger) under ett 1050/50 R32 däck med en hjullast på 8,6 ton och ett ringtryck på 150 kPa.



Figur 46. Modellerad (vänster) och uppmätt tryckfördelning (höger) under ett TWIN 700/50-26.5 däck med en hjullast på 7,0 ton och ett ringtryck på 200 kPa.

Diskussion och slutsatser

Tryckfördelningen under ett hjul kunde beräknas utifrån hjullast, ringtryck, rekommenderat ringtryck, däckets bredd och däckets yttre diameter, det vill säga utifrån enkelt mätbara däck- och hjulparametrar. Kontaktytan form antogs vara elliptisk, vilket tycks vara realistiskt. Ellipsens axlar antogs vara lika med däckets bredd och däckets längd. Längden uppskattades ifrån däckparametrar. Själva tryckfördelningen antogs vara av parabolisk form i körriktningen, medan tryckfördelningen tvärs körriktning beskrevs med ekvationen för ett så kallat aperiodiskt gränsvall med två parametrar som kunde uppskattas från däckparametrar. Potensen av parabeln som beskriver tryckfördelningen i körriktning beräknades genom en optimeringsprocess med restriktionen att den modellerade hjullasten måste motsvara den verkliga hjullasten.

Ekvationen som beskriver tryckfördelningen tvärs körriktningen har stor kapacitet, eftersom den klarar av att beskriva olika former av tryckfördelningar, som till exempel tryckfördelningar med det maximala trycket under däckets mitt eller tryckfördelningar med det maximala trycket mot däckets kant. Det sistnämnda fallet kan inte beskrivas med en parabolisk form.

Trots att de två parametrarna i ekvationen som beskriver tryckfördelningen tvärs körriktningen kan uppskattas bra ifrån enkelt mätbara däckparametrar och hjullast, skulle kanske inräkningen av parametrar som beskriver däckets styvhet och konstruktion väsentligt förbättra deras uppskattning och ekvationens tillförlitlighet.

Även om alla presenterade regressioner har ganska höga R^2 -värden, ska man komma ihåg

att sådana transferfunktioner (uppskattar en parameter ifrån andra parametrar) uppskattar ett värde i det genomsnittliga fallet. I det enstaka fallet, dvs för ett visst däck som man vill undersöka, kan de uppskattade värdena skilja sig ganska mycket från verkliga värden. Trots att det är ganska många mätningar som ligger till grund för denna studie, så är materialet begränsat. Detta måste man komma ihåg när man använder de presenterade ekvationerna.

Ekvationerna etablerades ifrån mätningar som gjordes på 0,1 m djup med hjälp av lastceller som grävdes ner, vilket betyder att den naturliga strukturen förstördes. Under normala förhållanden tros detta inte ha någon betydelse (lastcellerna ligger bara några centimeter under däckets), men under torra förhållanden kan tryckfördelningen på markytan skilja ifrån den på 0,1 m djup, eftersom däckets knappt sjunker ner under torra förhållanden, vilket innebär att trycket under ribborna kan vara mycket högt. Ekvationerna förväntas alltså vara användbara främst för normalfuktiga förhållanden.

Med hjälp av de presenterade ekvationerna kan det maximala trycket, tryckfördelningen och kontaktytan under ett däck uppskattas. Ekvationerna är inbyggda en modell som beräknar trycket i marken. Därmed förbättras modellens indata och därmed också modellens utdata och tillförlitlighet, det vill säga modellens förmåga att förutsäga tryck och deformation i marken under olika fordon.

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

Kalkylark för att beräkna tryck i marken

Ett kalkylark (Excel-fil) har gjorts för att beräkna tryck i marken. Tryckberäkningen är baserad på arbeten av Boussinesq (1885), Fröhlich (1934) och Söhne (1953). I kalkylarket kan tryck för olika hjulkonfigurationer (t.ex. dubbelmontage, tandemaxlar) beräknas. Kalkylarket vidareutvecklas löpande, så kommer t.ex. funktioner för att beräkna deformation i marken att integreras. Kalkylarket går att ladda ner ifrån avdelningen för jordbearbetningens hemsida, <http://www.mv.slu.se/JB/jbdata.htm>.

Inledning

För att beräkna tryck och deformation i marken finns det olika modeller tillgängliga. Modellerna kan delas i tre klasser: pseudo-analytiska, empiriska och numeriska modeller. Numeriska modeller kan beräkna tryck och deformation i marken samtidigt, det betyder t.ex. att deformationsförloppet påverkar tryckutbredningen, vilket kan ses som en bättre beskrivning av verkligheten. Till skillnad från numeriska modeller beräknar pseudo-analytiska och empiriska modeller först trycket i marken, och sedan deformationen som funktion av det beräknade trycket. Pseudo-analytiska modeller har dock ett par fördelar framför numeriska modeller. Antal parametrar som ska specificeras är oftast lägre för pseudo-analytiska modeller. Numeriska modeller behandlar problem ofta antingen som radialsymmetriska problem eller som oändligt långa problem (engelsk: "plain strain"), vilket starkt begränsar möjligheterna för att beskriva tryckfördelningen på markytan. Tryckfördelningen har dock visats att ha stor påverkan på tryckutbredning i marken.

Vi beräknar tryck i marken med en pseudo-analytisk modell. Tryckberäkningen baseras på arbeten av Boussinesq (1885), Fröhlich (1934) och Söhne (1953). I denna beräknas det fullständiga spänningstillståndet (tre normalspänningar och tre skjuvspänningar) samt de tre huvudspänningarna. I modellen kan väljas mellan olika alternativ för att generera en tryckfördelning som indata. Tryck kan beräknas för olika hjulkonfigurationer, så som dubbelmontage och tandemaxlar. Det finns optioner för att inkludera skjuvspänningar på markytan i beräkningen. Programkoden skrivs i Visual Basic i Excel.

Genom detta är modellen tillgänglig till i stort sätt alla datoranvändare och Excel-omgivningen känns bekant.

Modellen kommer att utvecklas framöver. Tryckberäkningen kommer eventuellt att behandlas som två-skitssystem (matjord – alv) för att bättre kunna ta hänsyn till den naturliga situationen. Funktioner för att beräkna jordens deformation kommer att inkluderas.

Teoretisk bakgrund

A. Tryckutbredning i marken

Tryckberäkningen är baserad på arbeten av Boussinesq (1885) och Fröhlich (1934) som introducerade koncentrationsfaktorn ν . Kontaktytan A delas upp i i små delytor med en area A_i och en normalspänning σ_i , som bär lasten $P_i = \sigma_i A_i$, som behandlas som punktlast (Söhne, 1953). Till varje delyta tillhör också en skjuvspänning τ_i , med den horisontella lasten $H_i = \tau_i A_i$, som också den behandlas som punktlast (Feda, 1978). Den radiallya spänningen beräknas sedan enligt följande ekvation

$$\sigma_r = \frac{\nu P_i}{2\pi r_i^2} \cos^{v-2} \theta_i + \frac{\nu H_i}{2\pi r_i^2} \sin^{v-2} \theta_i \cos \varphi_i \quad (1)$$

där r är distansen mellan punktlasten och den punkt där trycket ska beräknas, θ är vinkeln mellan normallastvektorn och positionsvektorn från punktlasten till den punkten där trycket ska beräknas och φ är

vinkeln mellan horisontallastvektorn och det vertikala plan som innehåller positionsvektorn från den horisontella punktlasten till punkten där trycket ska beräknas. Principen för att beräkna trycket i marken visas i figur 47. Utifrån ekvation 1 beräknas sedan de tre normalspänningarna σ_x , σ_y och σ_z och de tre skjuvspänningarna τ_{xy} , τ_{xz} och τ_{yz} genom uppsumming, samt de tre huvudspänningarna σ_1 , σ_2 och σ_3 . Ekvationerna är skrivna som makro i Visual Basic och implementerat i ett Excel kalkylark.

B. Tryckfördelning på markytan

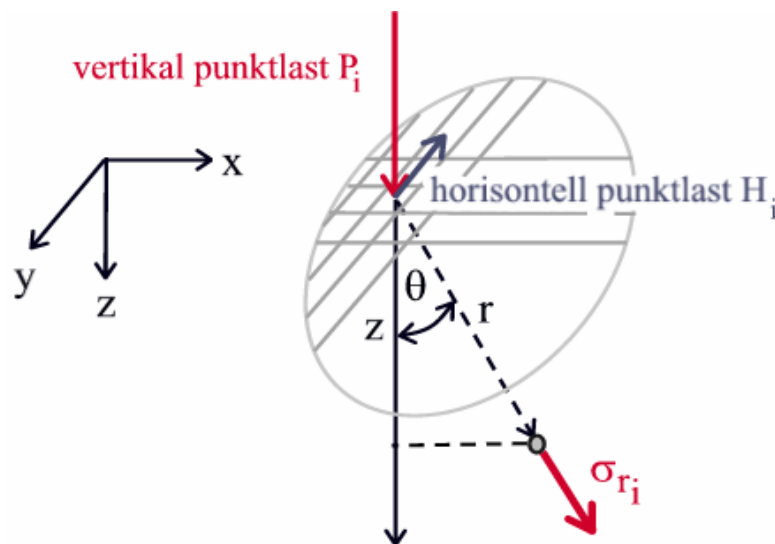
Modellen innehåller olika optioner för att generera en tryckfördelning på markytan ifrån däcksparemet och hjullast, både för enkelmontage, dubbel- och trippelmontage och tandemaxlar. Det kan väljas mellan enkla former av tryckfördelningar (jämn, parabolisk, konformig) och en funktion som beräknar det maximala trycket, tryckfördelningen och

kontaktytan från däcksparemetrar och hjullasten (se sida 61-67). Kontaktytans form antas antingen cirkulär eller elliptisk. Det finns också en option att använda uppmätta tryckfördelningar från ett försök som gjordes vid avdelning för jordbearbetning.

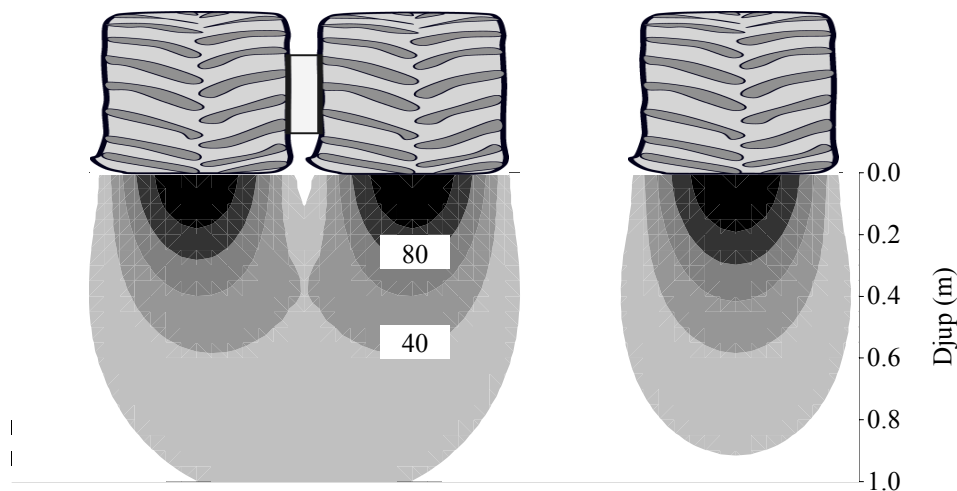
Skjuvspänningar på markytan beräknas antingen från en given dragkraft som ska tas ut eller från markens skjuvhållfasthet.

Modellens utdata

I modellen visas de beräknade tryckkomponenterna (normalspänningar, skjuvspänningar, huvudspänningar) både i tabeller och i figurer på separata blad. I figur 48 visas ett exempel på beräknade isolinjer av vertikalt tryck under ett dubbelmontage och ett enkelmontage med samma hjullast. Dubbelmontage förefaller i huvudsak verka som enskilda hjul vad gäller vertikalt tryck i marken.



Figur 47. Principskiss av tryckberäkningen enligt Söhne (1953).



Figur 48. Beräknade isolinjer av vertikalt tryck (20 kPa intervall) under ett dubbelmontage och ett enkelmontage med en hjullast på 2,2 ton och ett ringtryck på 60 kPa.

Modellens begränsningar

Boussinesq (1885) utvecklade ekvationer för att beräkna tryck i ett homogent, isotropt medium som förhåller sig fullständigt elastiskt. Fröhlich (1934) tog hänsyn till att marken inte är isotrop genom att introducera den så kallade koncentrationsfaktorn ν . De här antagandena måste man komma ihåg när resultaten ska tolkas. Jorden beter sig förstås inte fullständigt elastiskt, och är inte homogen. Till grunden till varje modell ligger dock antaganden som begränsar modellens användbarhet. "All models are wrong, but some are useful!" I vårt fall är modellen begränsad till situationer där deformationerna är små. Blir det stora spår djup kan vi inte förvänta oss att modellen fortfarande fungerar. Även om vi ofta mäter deformationer i alven under olika fordon, så handlar det sig mest om små deformationer i storleksordningen millimeter. En sådan deformation är kanske skadlig för markens funktion. Men den är väldigt liten och försumbar när man betraktar

det rent mekaniskt. Därför kan modellen som beskrivs här vara tillräckligt bra för att beräkna tryck i marken. Det har visat sig i praktiken att det beräknade trycket överensstämmer ganska bra med uppmätta värden. Mera test behövs dock, inte minst för att bättre kunna definiera modellens begränsningar.

Modellen utvecklas i samarbete med Guy Richard och Pauline Défossez från Institut National de la Recherche Agronomique INRA i Laon (Frankrike), Peter Weisskopf från Swiss Federal Research Station for Agroecology and Agriculture FAL i Zürich (Schweiz), Mike O'Sullivan från Environmental Division SAC i Midlodian (Skottland) och Jos Koolen från Wageningen Agricultural University WAU i Wageningen (Nederländerna).

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

VÄXTNÄRINGSUTLAKNING OCH EROSION

För att minska jordbrukets negativa miljöpåverkan beslöt riksdagen år 1988 att halvera kväveutlakningen från jordbruket fram till år 2000. Jordbearbetningsavdelningen och avdelningarna för vattenvård och växtnäringsslära bedriver sedan lång tid tillsammans en förhållandevis omfattande forsknings- och försöksverksamhet inom detta område. Olika odlings- och bearbetningsåtgärder studeras avseende effekter på kväveläckage. Dessutom bedrivs ett projekt där målsättningen är att minimera fosforförluster via erosion. Huvudfinansiär är Jordbruksverket men till fosforstudierna har medel även erhållits från Stiftelsen Lantbruksforskning och länsstyrelsen i Falun. Verksamheten är främst inriktad på följande frågeställningar:

- att studera den gröna markens inverkan på fosforerosionen
- att studera olika jordbearbetningssystemers inverkan på fosforförluster
- att undersöka om odling av fånggröda kan uteslutas om kvävegödslingen ej är extremt hög
- att undersöka hur kväveutlakningsrisken förändras om en handelsgödselgiva kompletteras med en giva stallgödsel
- att belysa möjligheterna att begränsa kväveutlakning i odlingsystem med stallgödsel
- att jämföra ordinarie höstgrödor med fånggrödor
- att belysa fånggrödors efterverkan

De försöksserier som f.n. pågår inom detta område är:

R2-8302	Bearbetningssystem och fosforerosion
R2-8402-05	Grön mark och N-utlakning
R2-8407	Kväveeffektiv jordbearbetning
R2-8408	Jordbearbetning-kväveutlakning på lerjord
R2-4046	Direktsådd av höstvetete för bättre kväveutnyttjande
R2-6121	Effekt av skorpobrytning på våren i ekologisk höstsäd

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.

Försöksserien **R2-8302**, med ett försök utanför Hedemora i Dalarna, startades 1994 i samarbete med Barbro Ulén, avdelningen för vattenvårdslära och Börje Lindén, SLU, Skara. På försöksplatsens erosionskänsliga jord 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 1994-2003 redovisas i tabell 37. 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 växtnäringssämnen 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.

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.

Samtidigt med detta försök anlades även försöket R2-8301 vars syfte var att med olika jordbearbetnings- och odlingsåtgärder minska de fosforförluster som sker genom ytavrinning och vattenerosion. R2-8301 avslutades 1996 och resultat från försöket är redovisade i tidigare årsrapporter liksom av Ulén (1997). Försöken är finansierade av Jordbruksverket respektive Jordbruksverket och länsstyrelsen i Dalarna. Kontaktpersoner för försöksserierna är Barbro Ulén 018/671251, Tomas Rydberg 018/671200, Börje Lindén 0511/67112.

Tabell 37. Skörd (kg/ha och relativtal) 1994-2003 i försöksserie R2-8302

Led	Vårkorn 1994	Havre 1995	Vårkorn 1996	Havre 1997	Vårkorn 1998	Vårkorn 1999	Havre 2000	Korn 2001	Korn 2002	Vårkorn 2003	Medel 1994- 2003
Höstplöjt	1490 =100	3140 =100	4390 =100	4380 =100	3400 =100	2580 =100	4380 =100	2740 =100	2450 =100	4090 =100	100
Vårplöjt	94	76	112	94	101	131	106	92	90	103	100
Plöjningsfri odling	173	104	104	105	99	112	87	120	60	89	105
Direktsådd	38	107	73	59	65	26	85	73	102	44	67
Djupkultivering varje år	107	90	107	105	99	107	83	108	68	99	97
Djupkultivering vart tredje år	-	76	115	100	99	115	98	117	76	101	100
Vårplöjning och fånggröda	91	76	105	73	100	136	101	101	108	99	99
Höstvete/vall ¹	-	149	-	52	-	110	-	37	-	9	71
Plöjningsfri odl. + org, mtrl. höst	177	118	115	119	118	119	102	135	71	81	116

¹ Vall 1994, 1996 (sådd i renbestånd våren 1996) 1998, 2000 och 2002.

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 odlingssystem med och utan tillförsel av stallgödsel. Försöksplanen presenteras i tabell 38. 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 38. Försöksplan i försök R2-8402

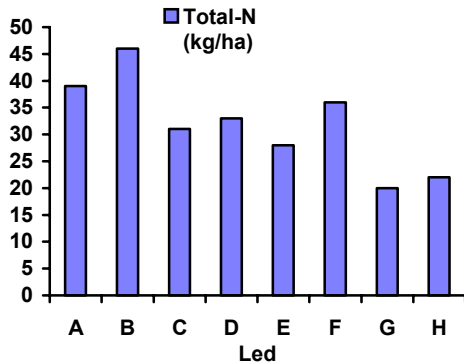
Led	Svinflytgödsel N, kg/ha	Tot-Handelsgödsel, kg N/ha	Tidpunkt stubbearbetning	Tidpunkt plöjning	Fånggröda
A	-	90	Tidig höst	Sen höst	-
B	90	45	Tidig höst	Sen höst	-
C	-	90	-	Sen höst	Eng. rajgräs
D	90	45	-	Sen höst	Eng. rajgräs
E	-	90	-	Tidig vår	-
F	90	45	-	Tidig vår	-
G	-	90	-	Tidig vår	Eng. rajgräs
H	90	45	-	Tidig vår	Eng. rajgräs

Tabell 39. Skörd (kg/ha och relativt) 1994-2003 i försök R2-8402

Led	Havre 1994	Korn 1995	Potatis 1996 ¹	Havre 1997	Vårkorn 1998	Havre 1999	Potatis 2000	Korn 2001	Havre 2002	Vårkorn 2003	Medel 1994-2002
A	3680	3960	8960	4970	4730	4970	100	3980	4110	2530=	100
	=100	=100	=100	=100	=100	=100		=100	=100	100	
B	97	134	108	109	109	102	100	92	109	124	108
C	86	71	108	112	114	99	110	112	117	140	107
D	101	129	95	110	107	103	85	109	119	118	108
E	100	93	90	101	96	95	103	108	72	111	97
F	113	126	93	112	104	101	95	107	97	125	107
G	108	96	93	101	100	95	96	116	95	138	104
H	112	132	108	104	107	94	84	114	94	142	109

¹ kg torrsbstans per ha.

Resultat



Figur 49. Genomsnitt av årlig utlakning av totalkväve (kg N/ha) från försök R2-8402 1993/94-2002/2003 (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. Efter potatisodling ökade utlakningen med ca 20 kg tot-N/ha. Höga förluster av kväve från marken året efter odling av potatis har observerats i andra försök på sandjord. Genomsnitt av årlig

utlakning från försöket 1993/94-2002/2003 visas i figur 49.

Senarelagd bearbetning från tidig höst till sen höst eller vår har minskat utlakningen betydligt, i kombination med insådd fånggröda har den minskat ytterligare. Vårplöjning med fånggröda har medfört en utlakning som motsvarar 50% av den i led med tidig höstbearbetning. 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 1994-2003 visas i tabell 39. Rajgräs som fånggröda har ej medfört någon reduktion av kärnskördarna i försöket. Utförligare resultat från mätningar i försöket har presenterats av Aronsson (1996a, 1998a) Lindén et al. (1999), och Aronsson, Torstensson och Lindén (2003).

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 40). 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 bortförsel av skörderesterna.

För att studera kvävemineraliseringen utförs analyser av mineralkväve (ammonium och nitrat) i jordprover från olika skikt ner till 90 cm djup. Fram till år 1999 beräknades nitratutlakningen från nitratkoncentrationen i markvattnet som provtagits med hjälp av sugceller och från avrinning från ett intilliggande försök. Kvävemineraliseringen beräknades utifrån mineralkvävemängder i jordprover, beräknad nitratutlakning och totalkväve i grödan.

Hösten 2000 förändrades provtagningarna i försöket i syfte att utveckla en metodik för att studera hur vi ska kunna styra

Tabell 40. Försöksplan för försök R2-8405 i Mellby, Halland, och skörd (kg/ha och relativt) 1997-2003 samt i genomsnitt för perioden 1994-2003. Skörden år 1994-1996 finns redovisade i tidigare årsrapporter.

Led	Plöjnings- tidpunkt	Halm- behandling	Vårkorn 1997	Havre 1998	Vårvete 1999	Korn 2000	Havre 2001	Vårvete 2002	Korn 2003	Medel 1994-2003
A	1:a v i sept	Nedbrukas	4390 =100	5670 =100	5050 =100	5590 =100	5990 =100	4210 =100	2590 =100	100
B	1:a v i sept	Bortföres	105	108	117	99	98	105	97	102
C	1:a v i nov	Nedbrukas	97	92	116	103	118	107	92	97
D	1:a v i nov	Bortföres	98	106	120	104	114	103	90	97
E	1:a v i nov	Nedbrukas Eng rajgräs	102	106	115	101	115	100	105	101
F	1:a v i nov	Bortföres Eng rajgräs	102	104	122	95	112	103	105	103
G	1:a v i nov ¹	Nedbrukas	97	100	119	97	110	109	80	100
H	Vår ²	Nedbrukas	41	92	86	82	119	103	80	86
Sign			***	**	*	***	***			-

¹ Stubbearbetning 1 gång omedelbart efter skörd

² Tidig vårsådd, utförd 1997, 1999, 2000, 2001, 2002 och 2003.

mineraliseringen av kväve i marken med tidpunkten för jordbearbetning. Provtagningen av grödor och markvatten upphörde medan tätare mineralkväveanalyser av markprofilen ner till 90 cm djup infördes. Vi ville ta reda på när efter en jordbearbetning eller nedbrukning av en fånggröda mineraliseringen av organiskt material startar. På grund av problem med uppförökning av kvickrot i de vårplöjda rutorna infördes hösten 2001 putsning under hösten av halva rutorna. Kvikrot är relativt känslig mot avslagning.

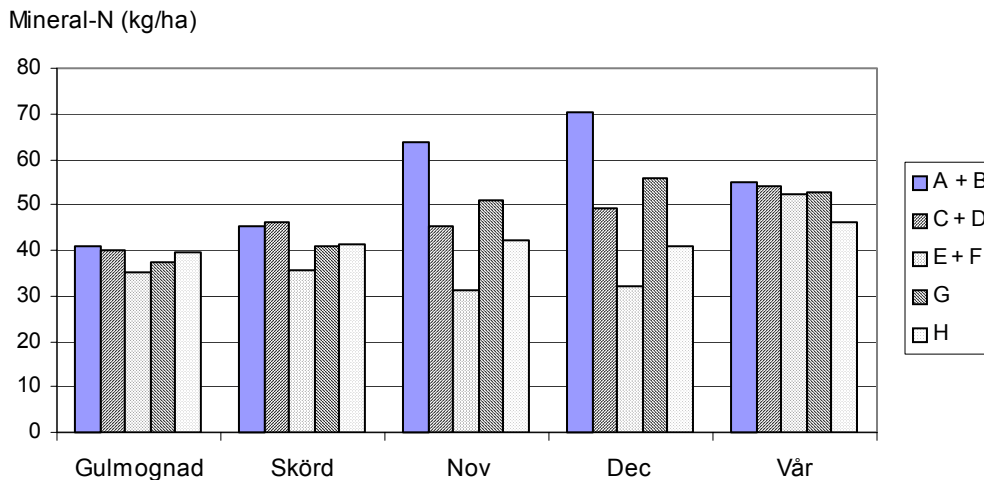
Resultat

Den något lägre genomsnittliga skörden i sent plöjda led än i tidigt plöjda led (tabell 40), sett till hela försöksperioden 1993-2003, härrör från ett par års kvickrotsinfektion i de sent plöjda leden de första försöksåren. Värt att notera är att i leden med fånggröda skedde ingen motsvarande uppförökning av kvickrot trots sen plöjning. Kvikrot bekämpades med Round-up hösten 1998 och 1999. Bekämpningen lyckades bra men ogrästrycket har även under perioden

2000-2003 varit något högre i det vårplöjda ledet. Förhållandena mellan leden har förändrats, vad gäller skördenivåer, efter det att kvickrotsbekämpningen genomfördes. De sent plöjda leden har perioden efter bekämpningen givit högre skördar än de tidigt plöjda leden. Skördenivåerna har också allmänt varit högre.

Skörden i det vårplöjda ledet har varit låg, speciellt de år då sådden utförts tidigt. Ledet har i större utsträckning än övriga varit utsatt för kvickrot, kråkfåglar och rotdödare (1999). Den tidiga vårsådden 2001 lyckades dock bra och gav den högsta skörden i försöket det året.

Figur 50 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.



Figur 50. Mineralkväve (kg N ha^{-1}) i marken i 0-90 cm i medeltal 1993-2003 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).

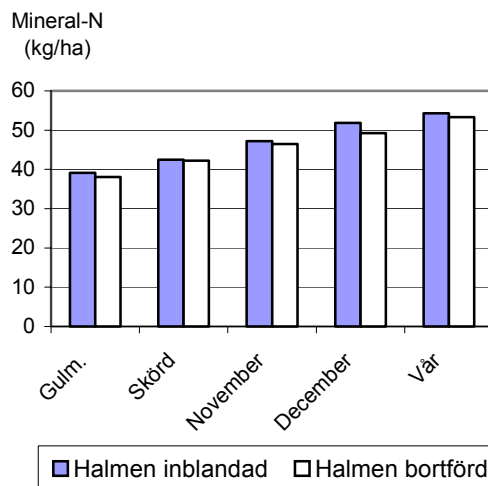
Den tätare markprovtagningen som startade år 2000 visade att den ökade mineraliseringen efter den tidiga plöjningen skedde relativt snabbt efter bearbetningstillfället.

Mängden mineralkväve ökade med i genomsnitt 10 kg/ha inom en 14-dagarsperiod. Ökningen var något större den första veckan än den andra. Motsvarande ökning perioden efter sen plöjning var betydligt lägre. Efter den tidiga stubbearbetningen var ökningen lite långsammare än efter tidig plöjning den första veckan och en större del av ökningen ägde istället rum under den andra veckan. I det tidigt stubbearbetade ledet fortsatte också mineralkvävet att öka i profilen hela hösten som en följd av den sena plöjningen medan det i det tidigt plöjda ledet minskade markant under november.

Det har ansetts att inbrukning av halm på hösten medför ökad immobilisering av kväve och därmed minskning av utlakningen. Effekten av nedbrukning respektive bortförsl av halm från försöket på innehållet av mineralkväve i marken och på utlakningen av kväve har varit liten (figur 51). De sista åren har emellertid mineralkväveinnehållet i marken varit något högre där halmen brukats ner än där

den förts bort.

Kontaktperson vid avdelningen för jordbearbetning är Åsa Myrbeck, 018-67 12 13



Figur 51. Mineralkväve (kg N ha^{-1}) i marken i 0-90 cm 1993-2003 i de två olika halmbehandlingarna i försök R2-8405, Mellby, vid respektive provtagningstidpunkt och år (halmen nedbrukad = medeltal av A+C+E, halmen bortförd = medeltal av B+D+F).

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 grovmojord i Halland. Skillnaderna i kväveutlakning har varit stora mellan systemen och försöket visar att det är möjligt att spara kväve genom att anpassa metoderna för jordbearbetning till växtföljden.

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 kvävemineralisering 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 41). Hösten 1998 utfördes de första jordbearbetningsåtgärderna enligt försöksplanen. Skörden av raps 1999, liksom skörden av höstvetete 2000, var högre i det kväveeffektiva systemet (tabell 42). Direktsådden av höstvetete gav en väl etablerad

gröda och skörden såg inte ut att påverkas negativt av rajgräset som såddes in på våren. De två senaste åren har emellertid skörden varit högre i det konventionella systemet. En trolig orsak är det högre ogrästrycket i det kväveeffektiva ledet vilket i sin tur kan ha varit en följd av att ledet vårplöjdes 2001. Skördeåret 2003 etablerade sig tyvärr kvickroten kraftigt i försöket och då speciellt i de försöksrutorna som ingår i det kväveeffektiva ledet. Detta fick negativa konsekvenser för höstveteskorde.

Mängden dräneringsvatten från respektive ruta mäts och analyseras på kväveinnehållet. Likaså bestäms mineralkväveinnehåll i markprofilen och kväveinnehållet i grödorna i försöket. Under fyra år har 61 kg mindre kväve läckt från det kväveeffektiva systemet än från det konventionella (figur 52), förmodligen beroende på lägre mineralkvävehalter i marken under hösten och vintern (figur 53).

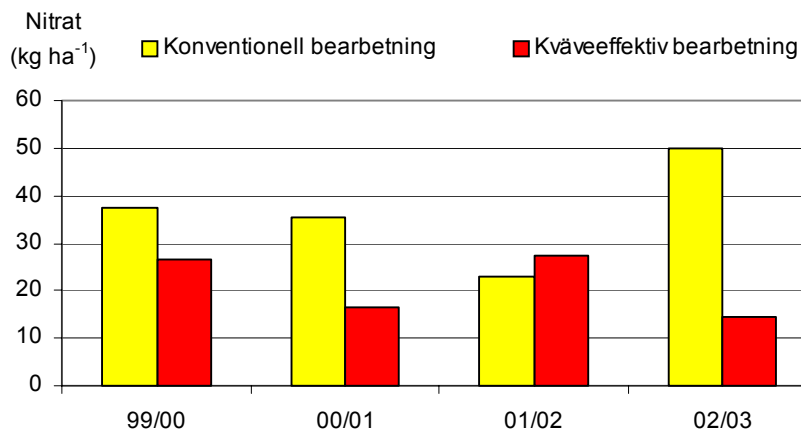
Försöket finansieras inom SLU:s ram för långliggande fältförsök samt av Stiftelsen Lantbruksforskning. Kontaktpersoner vid avdelningen för jordbearbetning är Åsa Myrbeck, 018-671213 och Tomas Rydberg, 018-671200.

Tabell 41. Växtföljd och jordbearbetning i försöket R2-8407

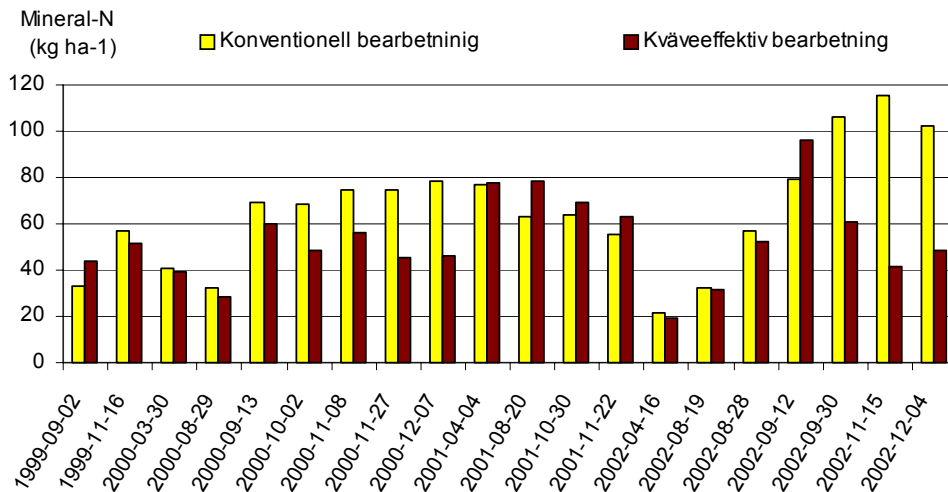
År	Gröda	A. Konventionellt bearbetningssystem	B. Kväveeffektivt bearbetningssystem
1999	Våroljeväxter	Plöjning genast efter skörd. Sådd av höstvetete sent i september.	Direktsådd av höstvetete tidigt i september
2000	Höstvetete	Stubbearbetning ca 1 september. Sen höstplöjning ca 20 oktober.	Insådd av fånggröda i höstsåden. Vårplöjning med tiltpackare våren 2001.
2001	Vårkorn med insådd	Sådd av korn och insådd av klöver/gräsvall vid normal tidpunkt.	Tidig sådd av korn och insådd av klöver/gräsvall.
2002	Gröngödsling	Plöjning samtidigt som i led B. Sådd av höstvetete sent i september.	Plöjning en vecka före sådd av höstvetete. Sådd i början av september.
2003	Höstvetete	Stubbearbetning i början av september. Plöjning ca 20 oktober.	Insådd av fånggröda i höstsåden. Vårplöjning våren 2004.
2004	Vårkorn	Sådd av korn och insådd av engelskt rajgräs vid normal tidpunkt.	Tidig sådd av korn och insådd av rajgräs.

Tabell 42. Skörd (kg/ha) i försök R2-8407 1999-2003. (År 2002 odlades en grüngödslingsgröda)

Bearbetningssystem	Våraps 1999	Höstvete 2000	Vårkorn 2001	Höstvete 2003	Medel 1999- 2003
Konventionellt	2770	6140	5030	4370	4580
Kväveeffektivt	3110	6490	4920	2880	4350
Signifikans	n.s. (LSD 930)	n.s. (LSD 520)	* (LSD 100)	** (LSD 640)	



Figur 52. Nitratutlakning (kg N ha⁻¹) under de hydrologiska åren 99/00 - 02/03.



Figur 53. Mineralkväve i marken (0-90 cm) i de båda bearbetningssystemen fr o m september 1999 t o m december 2002.

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 kväveminerisering 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 43. 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 kvävemineriseringen under växtsäsongen.

Resultat

Skillnaderna i innehåll av mineralkväve i marken mellan tidigt och sent bearbetade led var små både sen höst och vår under åren 1997-2001. Under höstarna 2002 och 2003, som var betydligt torrare än de förra, uppmättes dock högre mineralkväveinnehåll efter tidig bearbetning än efter sen. Mängden mineralkväve i marken i genomsnitt för åren 1997-2003 presenteras i figur 54. Mängderna 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. Effekterna av halmnedbrukning respektive halm bortförelse på mängderna mineralkväve i marken har varit små och varierat mellan åren (figur 55).

Tabell 43. Försöksplan försök R2-8408 och skörd (kg/ha och relativt) 1997-2003

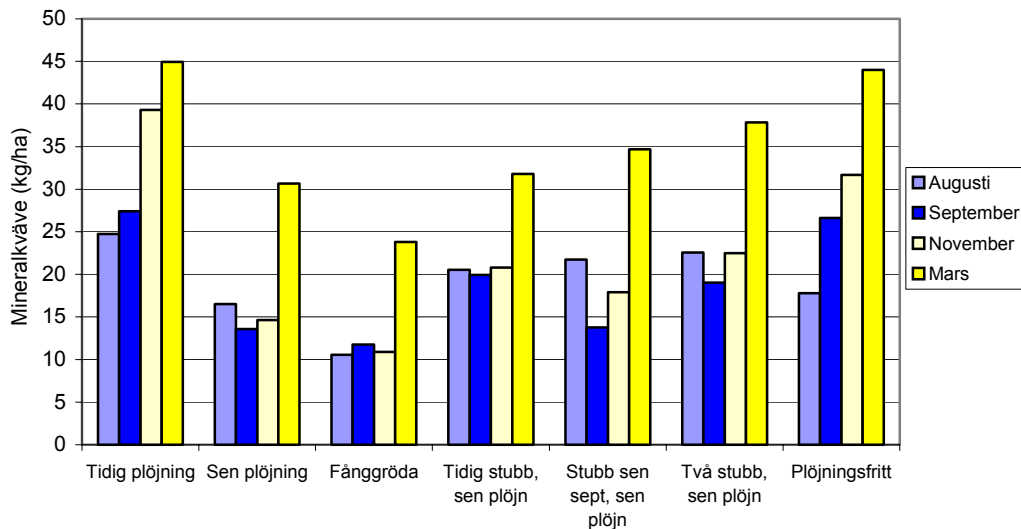
Led	Jordbearbetning	Vårkorn 1997 ¹	Havre 1998	Vårvete 1999	Vårkorn 2000	Havre 2001	Vårvete 2002	Vårkorn 2003	Medel 97-03
A	Tidig höstplöjning (ca 1.9), halmen nedbrukas	6530 =100	4530 =100	4580 =100	3850 =100	4810 =100	4490 =100	2800 =100	100
B	Tidig höstplöjning (ca 1.9), halmen bortföres	98	91	107	110	99	96	103	101
C	Sen höstplöjning (20-25.10), halmen nedbrukas	100	101	94	90	87	82	112	95
D	Sen höstplöjning (20-25.10), halmen bortföres	97	90	110	106	93	90	101	98
E	Sen höstplöjning (20-25.10), fånggröda (eng.rajgräs), halmen bortföres	102	97	104	106	90	90	122	102
F	Sen höstplöjning (20-25.10), fånggröda (cikoria), halmen bortföres	101	99	96	97	88	88	71	91
G	Stubbearbetning ca 1.9, halmen nedbrukas, senhöstplöjning (20-25.10)	106	94	102	102	92	94	105	99
H	Stubbearbetning ca 25.9, halmen nedbrukas, senhöstplöjning (20-25.10)	102	98	100	97	91	92	108	98
I	Stubbearbetning ca 1.9 och ca 25.9, halmnedbrukas, sen höstplöjning (20-25.10)	101	91	106	109	93	96	112	101
J	Plöjningsfri odling: stubbearbetning ca 1.9 och ca 25.9, halmen nedbrukas	103	99	97	101	92	96	129	102
Sign.		-	n.s.	*	n.s.	n.s.	n.s.	***	-

¹De första bearbetningsåtgärderna enligt försöksplanen genomfördes efter skörd 1997.

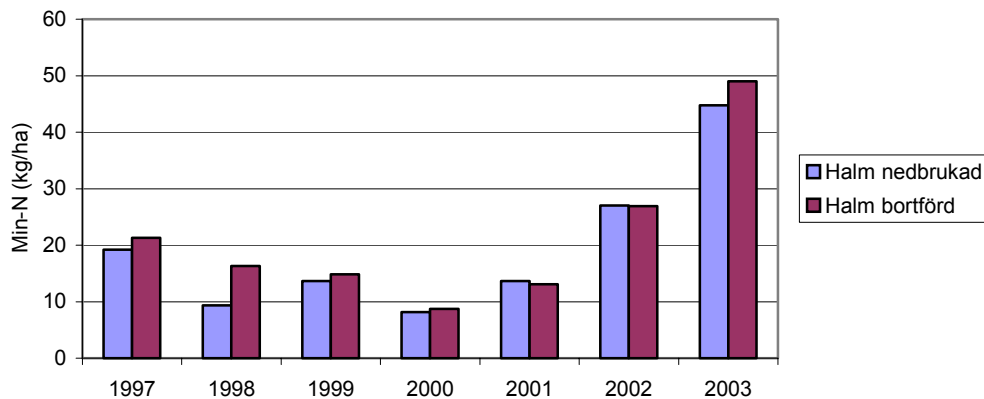
Även skillnaderna i avkastning vid jämförelse mellan tidig och sen höstplöjning och mellan plöjning och plöjningsfri höstbearbetning har varit små (tabell 43). I genomsnitt har skörden i tidigt bearbetade led varit något högre än i sent bearbetade led. En orsak skulle kunna vara att marken i de sent bearbetade leden har fått sämre struktur på grund av ogynnsamma

förhållanden vid bearbetningen.

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 54. Mineralkväve (kg N ha⁻¹) i marken i 0-90 cm i medeltal 1997-augusti 2003 vid respektive provtagningstidpunkt i de olika bearbetningsleden.



Figur 55. Figur 3. Halmnedbrukningens effekt på mineralkvävemängderna i marken på hösten på lerjord i Västergötland åren 1997-2003.

Direktsådd av höstvetete för bättre kväveutnyttjande

Ett flertal fältförsök har visat att jordbearbetning tidigt på hösten stimulerar kvävemineraliseringen och ökar risken för kväveläckage under höst och vinter. Eftersom en höstvetegröda tar upp förhållandevis små mängder kväve under hösten innebär konventionell etablering av höstvetete att en del av det kväve som mineraliseras till följd av bearbetningen riskerar att läcka ut under hösten och vintern. Hösten 2002 startades en försöksserie där vi undersöker hur mineraliseringen av kväve påverkas om höstvetetet istället direktsås eller om reducerad bearbetning tillämpas.

Vi vet idag att tidig höstplöjning kan orsaka ökad utlakning av och sämre hushållning med kväve jämfört med om marken är obrukad under hösten. Det har också visats att den stimulering av kvävemineraliseringen som en bearbetning har verkar vara positivt korrelerad med bearbetningsdjupet. En stubbearbetning till 10 cm djup har t ex ökat kvävemineraliseringen ungefär hälften så mycket som en plöjning till 20 cm vid samma tidpunkt (se R2-8405).

Kväveupptaget i en höstvetegröda (ofta inte mer än drygt 10 kg) står inte i proportion till den stimulerande effekt på kvävemineraliseringen som en tidig höstbearbetning har. Vid direktsådd av höstvetete minskar dock bearbetningen och därmed stimuleringen av kvävemineraliseringen och risken för kväveutlakning. Även vid en mycket ytlig bearbetning innan sådd av höstvetete borde mineraliseringen minska markant jämfört med vid traditionell plöjning.

I försöksserien **R2-4046** studerar vi i vilken grad direktsådd av höstvetete efter oljevaxter

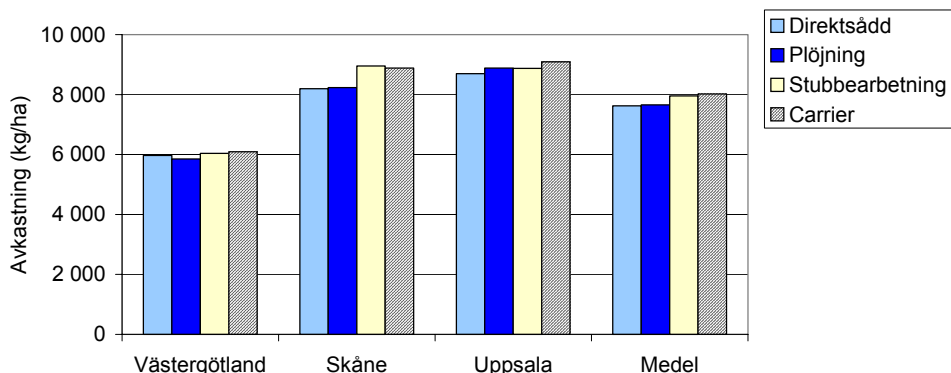
påverkar mineraliseringen av kväve i marken under hösten och etablering av grödan jämfört med konventionell sådd av höstvetete efter tidig höstplöjning. Vidare undersöks hur en grund bearbetning (5-7 cm) med Väderstad Carrier med efterföljande sådd av höstvetete påverkar mineraliseringen av kväve samt etableringen av grödan. Denna grunda bearbetning kan förväntas ha en positiv ogräseffekt samt en utjämnande effekt på markytan vilken inte erhålls vid direktsådd. Som en alternativ grund bearbetning prövas också Lemkens ekipage Smaragd och Solitaire som är en kultivator av gåsfotsmodell åtföljd av en såmaskin. Försöksplanen presenteras i tabell 44.

Direktsådd av höstvetete innebär också lägre kostnader inom spannmålsodlingen jämfört med höstplöjning och såbäddsberedning. Projektet utförs på tre platser i Sverige; i Skåne, Västergötland och Uppland.

Tabell 44. Försöksplan försök R2-4046

Led	Såbäddsberedning och sådd
A	Direktsådd av höstvetete med Väderstad Rapid.
B	Konventionell sådd av höstvetete vid normal såtidpunkt. Stubbearbetning vid normal tidpunkt för höstbearbetning. Efter stubbearbetning, plöjning och konventionell såbäddsberedning.
C	Sådd av höstvetete med Väderstad Rapid efter stubbearbetning (9-12 cm)
D	Sådd av höstvetete med Väderstad Rapid efter grund bearbetning med Väderstad Carrier (5-7 cm)
E	Referensled, obearbetat och osått
F ¹	Sådd av höstvetete med Lemkens ekipage Smaragd (grund kultivering) och Solitaire (sådd)

1. Endast år 2002 i Skåne.



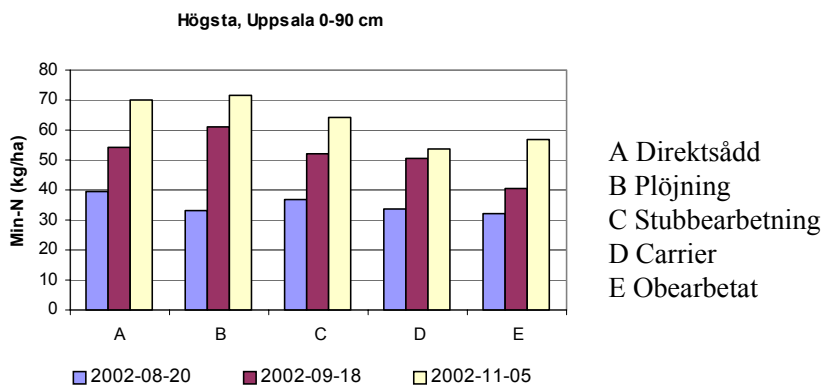
Figur 56. Skörd av höstvetete år 2003 på försöksplatserna i Västergötland, Skåne och Uppland (Uppsala).

Det första året (2003) var avkastningen i försöket ungefär densamma i led som direktsåts och led som plöjts. (figur 56). Däremot gav grund stubbearbetning och bearbetning med Carrier ca 10 % högre skörd än direktsådd och plöjning i det skånska försöket. Också i Uppsala gav bearbetning med Carrier något högre skörd än övriga metoder.

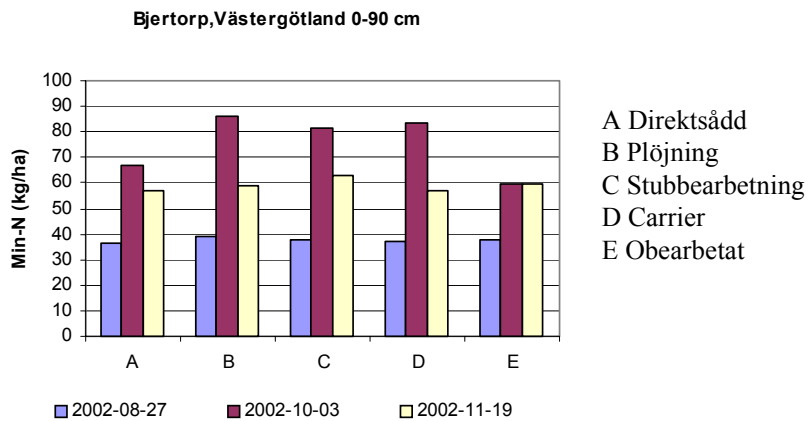
ökning var lägre i de led som direktsåts än i de som plöjts. I försöken i Skåne och Västergötland var ökningen efter direktsådden också betydligt lägre än efter stubbearbetning och bearbetning med Carrier. För att kunna dra några slutsatser av markprovtagningen behövs resultat från flera år. Försöket är tänkt att pågå i totalt tre år.

Mängden mineralkväve i marken ökade på samtliga försöksplatserna från tidpunkten före höstbearbetning 2002 och fram till senhösten (figur 57, 58 och 59). Denna

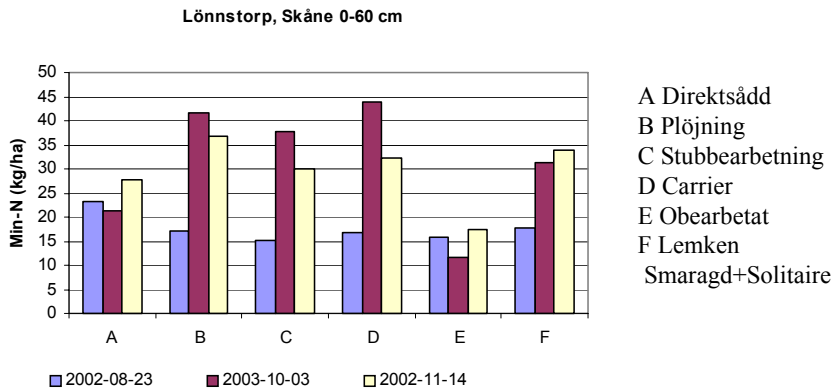
Försöket finansieras av Stiftelsen Lantbruksforskning. Kontaktperson vid avdelningen för jordbearbetning är Åsa Myrbeck, 018-671213



Figur 57. Mineralkväve i marken, 0-90 cm djup, vid tre tillfällen under hösten 2002 på försöksplatsen i Uppland.



Figur 58. Mineralkväve i marken, 0-90 cm djup, vid tre tillfällen under hösten 2002 på försöksplatsen i Västergötland.



Figur 59. Mineralkväve i marken, 0-60 cm djup, vid tre tillfällen under hösten 2002 på försöksplatsen i Skåne. På grund av stor stenförekomst i djupare lager kan provtagning inte ske ner till 90 cm.

Effekter av skorpbygning på våren i ekologisk höstsäd

Vilken ogräseffekt kan man få i samband med skorpbygning på våren i höstsäd och hur stor kan en eventuell ökning av kväve mineraliseringen bli? För att besvara dessa frågor startades hösten 2002 ett försök på en styv lera och en lättlera i Uppsala. Försöket är ekologiskt.

I detta försök, **R2-6121**, undersöker vi vilken ogräseffekt man kan få i samband med skorpbygning på våren i höstsäd. Också den eventuella kväve mineraliseringen som erhålls efter skorpbygningen mäts under efterkommande period. Försöket utförs som blockförsök med fyra upprepningar på en styv lera och en lättlera i Uppsala. Försöksplanen presenteras i tabell 45.

Val av jordbearbetningssystem kan vara av avgörande betydelse för resultaten vid ekologisk odling. Jordbearbetning och andra tekniska åtgärder ersätter stora delar av den kemiska bekämpningen av ogräset. Metoder och tidpunkt för jordbearbetning påverkar också bl a markstrukturen, omsättningen av den organiska substansen och tillgängligheten av växtnäringen.

På våren är ofta markytan i höstsådda grödor igenslammad och täckt av en skorpa. Genom att utföra en broddharvning tidigt på våren erhålls en positiv effekt på ogräs samtidigt som mineraliseringen av markens organiska material ökar genom den bearbetning av jorden som görs. En broddharvning skapar också ett avdunstningsskydd genom att det översta jordlagret luckras. Man kan också vänta sig att få en positiv effekt på bestockningen.

Första årets resultat visar att skörden påverkats positivt av skorpbygningen, tabell 45. Samtliga metoder som användes gav en ökad skörd jämfört med utebliven skorpbygning. Tydligast var effekten på den styva leran.

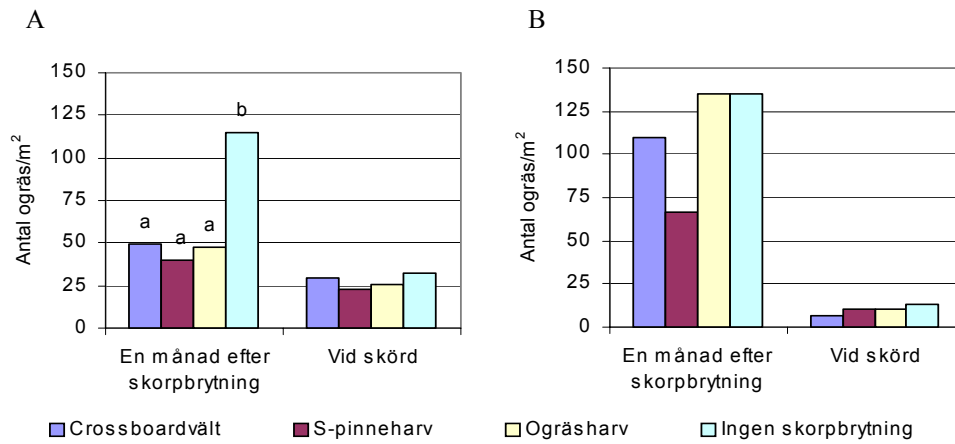
Ogräsmängden på försommaren på den styva leran minskades betydligt genom skorpbygningen, figur 60. På lättleran var s-pinneharven det enda redskap som gav någon ogräseffekt. Skillnaden mellan leden i ogräsmängd vid skörd var obetydlig på båda jordarna.

Skorpbygningen visade sig öka kväve mineraliseringen med mellan 5 och 10 kg per hektar under en fyraveckorsperiod efter bearbetningen. Mängd mineraliserat kväve i de olika leden presenteras i figur 61. Mineraliseringen är beräknad utifrån uppmätta mineralkvävemängder i matjorden (0-20 cm djup) och mängd upptaget kväve i grödan vid olika tidpunkter. Beräkningarna är gjorda för två perioder; 1:a och 2:a veckan respektive 3:e och 4:e veckan efter genomförd skorpbygning.

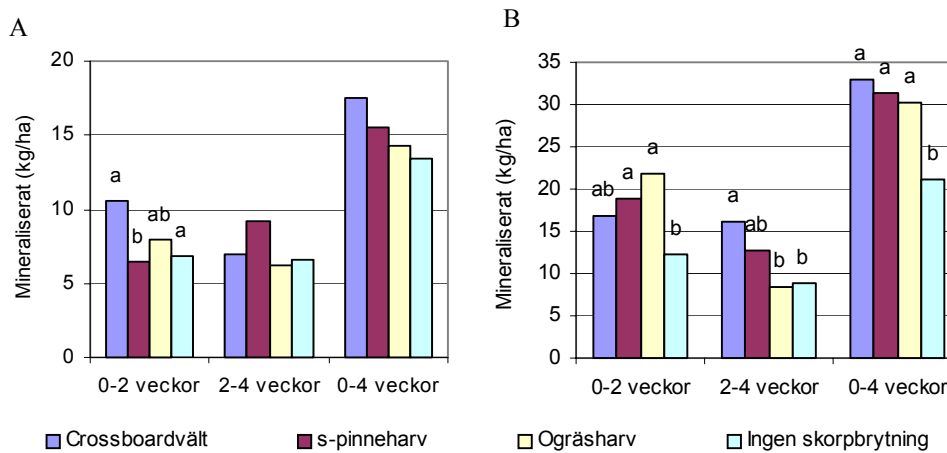
Kontaktperson vid avdelningen för jordbearbetning är Åsa Myrbeck, 018-671213.

Tabell 45. Försöksplan och skörd (kg/ha och relativt) i försök R2-6121 år 2003

Såbäddsberedning och sådd	Lättlera	Styv lera
Skorpbygning med hjälp av Väderstad crossboardvält (2-3 cm djup)	4460=100	2170=100
Skorpbygning med hjälp av s-pinneharv	95	90
Skorpbygning med hjälp av ogräsharv	103	91
Referensled, ingen skorpbygning	89	70



Figur 60. Antal ogräs per kvadratmeter en månad efter skorpbrytning samt vid skörd på styv lera (A) och lättlera (B). Värden med olika bokstäver är signifikant skilda ($P < 0,05$).



Figur 61. Mängd mineraliserat kväve i matjorden (0-20 cm djup) efter broddharvning på våren på styv lera (A) och lättlera (B) under perioderna 0-2 veckor och 2-4 veckor efter utförd broddharvning samt totalt för båda perioderna. Beräknat utifrån uppmätta mineralkvävemängder i matjorden (0-20 cm djup) och mängd upptaget kväve i grödan. Värden med olika bokstäver är signifikant skilda ($P < 0,05$).

RAPPORTER FRÅN JORDBEARBETNINGSAVDELNINGEN

Nr	År	
1	1968	Inge Håkansson. Fysikalisk och kemisk beskrivning av markprofiler från 8 platser i Uppland och Västergötland. 128s.
2	1968	Inge Håkansson. Några synpunkter på forskning och försöksverksamhet i jordbearbetning. 6s.
3	1968	Nils M. Nilsson, Lennart Henriksson. Försök med harvning till vårsäd 1941-1959. 29s. <i>Field trials with harrowing to spring-sown cereals 1941-1959. 29pp.</i>
4	1968	Åke Huhtapalo, Reijo Heinonen. Inledande försök med gödsel radmyllning kombinerat med sådd 1964-1966. 37s.
5	1968	Lennart Henriksson. Orienterande försök med bearbetning till höstvet. 7s.
6	1968	Lennart Henriksson. Försök med olika sätider. 7s.
7	1968	Reijo Heinonen. Berättelse över studieresa till Sovjet den 11-26 Juli 1967. 13s.
8	1968	Inge Håkansson. Markfysikaliska studier i ett växtföljdsförsök på Ås den 15-16 juli 1966. 13s.
9	1968	Bo Thente. Luftpermeabilitetsmätning som markfysikalisk undersökningsmetod. 41s.
10	1968	Reijo Heinonen, Åke Huhtapalo. Besvarade och obesvarade frågor om radmyllning av kvävegödsel. 13s.
11	1968	Lennart Fergedal. Försök med jordpackning vid olika tidpunkter på våren. År 1967. 9s.
12	1968	Nils M. Nilsson, Lennart Henriksson. Alvluckningsförsök 1937-1963. 32s.
13	1968	Reijo Heinonen. Tidig vårsådd. Växtfysiologiska och ekologiska synpunkter på aktuella tendenser i såbäddsberedning och sådd av stråsäd. 19s.
14	1968	Erik Jakobsson. Plöjningsförsök med olika tiltbredder och vändskiveformer. 10s.
15	1968	Lennart Henriksson. Försök med grund plöjning. 9s.
16	1968	Stig Ledin. Olika halmnedbrukningsmetoders verkan på kvickrot och på några frögräs. 21s.
17	1969	Inge Håkansson, Börje Gillberg. Lufttrycket i traktordäcken under fältarbeten. En stickprovsundersökning hösten 1968. 32s. <i>Investigation into the inflation pressure of the tires of Swedish tractors engaged in field work. 32pp.</i>
18	1969	Göte Bertilsson. Studier över tryckets markpåverkan. 67s.
19	1969	Peter Edling, Nils M. Nilsson, Inge Håkansson. Sju skånska försök med alvluckring och djupplöjning 1964-68. 26s. <i>Seven experiments with subsoiling and deep ploughing in Southwestern Sweden 1964-68. 26pp.</i>
20	1969	Bengt Reimersson, Gunnar Falk. Försök på Persbo gård 1968 med minskad jordpackning. 8s. <i>A field experiment with reduced soil compaction on a clay soil. 8pp.</i>
21	1970	Lennart Henriksson. Olika redskapstyper för stubbearbetning. Jämförelser av arbetssätt och arbetsresultat. 19s. <i>Different types of implements for stubblecultivation. A study of working methods and working results. 19pp.</i>
22	1970	Inge Håkansson, Lennart Fergedal. Försök med jordpackningens ackumulativa efterverkningar. Preliminär redogörelse. 21s.

- Experiments with the accumulative after-effects of soil compaction. Preliminary report. 21pp.*
- 23 1971 Göran Kritz, Inge Håkansson. Såbäddens utformning på vårsådda fält. Stickprovsundersökning 1969-70. 43s.
- Investigation into seedbed preparation and properties of the seedbed on spring sown fields in Sweden, 1969-1970. 43pp.*
- 24 1971 Lennart Henriksson. Tilljämning av plogtiltan på hösten. Försök med höstharvning och tillsatsredskap till plogen. 68s.
- 25 1971 Ann Pettersson. Nya redskap för gödselplacering och sådd. 50s.
- 26 1971 Lennart Fergedal. Jordpackning med traktor vid olika tider för vårsådd. 140s.
- 27 1971 Göran Kritz. Jordbearbetningsforskning i Europa. Rapport från en studieresa. 16s.
- 28 1972 Helmut Frese. Zur Frage spezialisierter oder interdisziplinärer Forschung am Boden. 15s.
- 29 1972 Inge Håkansson, Sven Alvelid. Två försök i Kalmar län med halmnedplöjning för att minska vinderosionen. 4s.
- 30 1972 Ann Pettersson, Sten Wikström. Inledande undersökningar om radmyllning till potatis. 50s.
- 31 1972 Peter Edling, Lennart Fergedal. Modellförsök med jordpackning 1968-69. 71s.
- 32 1973 Åke Huhtapalo, Ann Wikström, Sten Wikström. Försök med kombisåmaskiner 1971-72. 46s.
- 33 1973 Inge Håkansson. Tung körning vid skörd av slättervall. Tre försök på Röbäcksdalen. 1969-72. 20s.
- Effect of heavy machinery when harvesting ley crops. Three field experiments in northern Sweden 1969-72. 20pp.*
- 34 1973 Göran Kritz. Såbäddens utformning på vårsådda fält. Stickprovsundersökning 1969-72. Maskinanvändningen på provplatserna. 76s.
- 35 1973 Lennart Henriksson. Redskap för såbäddsberedning. Undersökningsmetoder och inledande studier. 35s.
- Implements for seedbed preparation. Methods of investigation and preliminary studies. 35pp.*
- 36 1973 Inge Håkansson, Jozsef von Polgár. Försök åren 1969 och 1970 med en maskin för kombinerad såbäddsberedning och sådd (Svenska Sockerfabriks AB:s vårbrukningsmaskin). 26s.
- Experiments in the years 1969 and 1970 with a machine for combined seedbed preparation and sowing. 26pp.*
- 37 1974 Lennart Engström. Intervjuundersökning om extremt tidig sådd våren 1973. 33s.
- A sampling study into extremely early spring sowing in Sweden in 1973. 33pp.*
- 38 1974 Lennart Henriksson. Studier av några jordbearbetningsredskaps arbetsätt och arbetsresultat. 144s.
- Studies of the mode of working and the working results of some soil tillage implements. 144pp.*
- 39 1975 Tomas Rydberg. Plöjningsfri odling i Sverige. En intervjuundersökning 1974. 21s.
- 40 1975 Ulf Olsson. Redskap för såbäddsberedning, arbetsätt och arbetsresultat. 55s.
- Implements for seedbed preparation; studies of the mode of working and the working results. 55pp.*
- 41 1975 Inge Håkansson. Rapport över studieresa till USA hösten 1974. 15s.

- 42 1976 Inge Håkansson. Elva försök med alvluckring och djupplöjning i Syd- och Västsverige 1964-1975. 35s.
Eleven Swedish field experiments with subsoiling and deep ploughing 1964-1975. 35pp.
- 43 1976 Peter Edling. Redskap och intensitet vid vårbruk till potatis. Resultat av 11 försök i Norrland 1965-1969. 10s.
Eleven experiments in northern Sweden with spring tillage for potatoes. 10pp.
- 44 1976 Göran Kritz. Såbäddens utformning på vårsådda fält III. Stickprovsundersökning 1969-72. Primärdata för 300 provplatser. 76s.
Seed bed preparation and properties of the seed bed in spring sown fields in Sweden III. Sampling investigation 1969-72. Primary results from 300 investigated places. 76pp.
- 45 1976 Proceedings of the 7th Conference of the International Soil Tillage Research Organization, ISTRO.
- 46 1976 Inge Håkansson, Jozsef von Polgar. Modellförsök med såbäddens funktion. I. Såbädden som skydd mot avdunstning. 52s.
Model experiments into the function of the seedbed. I. The seedbed as a protective layer against drought. 52pp.
- 47 1976 Lars Gunnar Nilsson. Texturanalys och jordartsklassifikation. Rapport från ett NJF-symposium i Uppsala 1976-03-09. 26s.
- 48 1976 Inge Håkansson. Olika grödors känslighet för packningsgraden i matjorden. Två försök med vallväxter 1971-74. 17s.
The sensitivity of different crops to the degree of compactness in the plough layer. Two field experiments with forage crops 1971-74. 17pp.
- 49 1976 Göran Kritz. Såbäddens utformning på vårsådda fält IV. Stickprovsundersökning 1969-72. En översiktlig studie av några viktiga faktorer. 33s.
Seed bed preparation and properties of the seed bed in spring sown fields in Sweden IV. Sampling investigation 1969-72. A general survey of some important factors. 33pp.
- 50 1977 Såbäddsberedning och sådd. Uppsatser presenterade vid Lantbrukshögskolans försöksledarmöte 1977.
- 51 1977 Lennart Henriksson. Stubbearbetsredskapens arbetsresultat med hänsyn till mark- och halmförhållandena. 32s.
The results given by implements for stubble cleaning with regard to different soil- and straw conditions. 32pp.
- 52 1977 Arne Ljungars. Olika faktorerers betydelse för traktorernas jordpackningsverkan. Mätningar 1974-1976. 43s.
Importance of different factors on soil compaction by tractors. Measurements in 1974-1976. 43pp.
- 53 1977 Inge Håkansson, József von Polgár. Modellförsök med såbäddens funktion. II. Försök med skiktade och oskiktade såbäddar. 22s.
Model experiments into the function of the seedbed. II. Experiments with stratified and unstratified seedbeds. 22pp.
- 54 1978 Ulf Olsson. Harvens konstruktion och harvningens utförande - inverkan på bearbetningsresultatet. 28s.
Influence of harrow construction and harrowing on the tillage result. 29pp.
- 55 1978 Olle Wallbom, Kjell Wretler. Förekomsten av några viktiga växtskadegörare vid plöjningsfri odling. 29s.
Occurrence of some important plant diseases on ploughless cereal cropping. 29pp.

- 56 1978 Åke Huhtapalo. Kombisådd av kväve och fosfor till vårsåd. 27s.
Combi-drilling of nitrogen and phosphorus with spring cereals. 27pp.
- 57 1979 Inge Håkansson. Försök med jordpackning vid hög axelbelastning. Markundersökningar 1-2 år efter försökens anläggande. 15s.
Experiments with soil compaction at high axle load. Soil investigations 1-2 years after the experimental compaction. 15pp.
- 58 1979 Inge Håkansson, József von Polgár. Modellförsök med såbäddens funktion. III. Försök med syrebrist i såbädden. 17s.
Model experiments into the function of the seedbed. III. Experiments with oxygen deficiency in the seedbed. 17pp.
- 59 1980 Tomas Rydberg. Storparsellförsök med plöjningsfri odling, 1976-78. 21s.
Big-plot experiments with ploughless farming, 1976-78. 21pp.
- 60 1980 Working group on soil compaction by vehicles with high axle load. Report of meeting in Uppsala 1980. 56pp.
- 61 1981 Behovet av forskning och försök inom mark-teknikområdet. En inventering utförd av samarbetskommittén för mark-teknik vid Sveriges Lantbruksuniversitetets Lantbruksvetenskapliga fakultet. Sekreterare: Lennart Henriksson. 46s.
- 62 1981 Skördevariationerna i växtodlingen - orsaker och motåtgärder. Seminarium anordnat av Samarbetskommittén för Mark-Teknik på Ultuna 1981-04-09. 64s.
- 63 1981 Nils M. Nilsson. Plöjningsdjup och tiltbredder vid höstplöjning. 30s.
Ploughing depths and widths of furrow slice in autumns ploughing. 30pp.
- 64 1982 Jan Cederlund. Kombinerad bearbetning och sådd (harvsådd). Examensarbete. 54s.
- 65 1983 Göran Kritz. Såbäddar för vårstråsåd. En stickprovsundersökning. 187s.
Physical conditions in cereal seedbeds. A sampling investigation in Swedish spring-sown fields. 187pp.
- 66 1983 N.M. Nilsson. Höst- eller vårplöjning till vårsådd på kapillära jordar. Resultat från 12 fältförsök åren 1971-75. 57s.
Autumn- or spring ploughing before spring sowing on capillary soils. Results from 12 field trials during 1971-1975. 57pp.
- 67 1984 Berth Mårtensson. Harvsådd - Preliminära försöksresultat 1979-83. 20s.
Once-over sowing - Preliminary results of trials 1979-1983. 20pp.
- 68 1984 Mats Edh. Bandsådd - en studie av olika billar för bandsådd. Examensarbete. 44s.
- 69 1984 József von Polgár. Vältning efter vårsådd. 16s.
Rolling after spring sowing. 16pp.
- 70 1986 Tomas Rydberg. Markfysikaliska och markkemiska effekter av plöjningsfri odling i Sverige. 35s.
Effects of ploughless tillage on soil physical and soil chemical properties in Sweden. 35pp.
- 71 1986 Jordpackning: Skördepåverkan - Motåtgärder - Ekonomi. Rapport från NJF-seminarium i Sigtuna 28-30 oktober 1986. 187s.
Soil compaction: Effects - Counter-measures - Economy. 187pp.
- 72 1986 Bo Thunholm. Termiska egenskaper i åkermark skattade på grundval av den årliga temperaturvariationen. 18s.
Thermal properties of the subsoil estimated from annual temperature variations. 18pp.
- 73 1987 Lennart Henriksson. Försök med olika harvar 1977-1985. 32s.
Field trials with different harrows 1977-1985. 32pp.

- 74 1987 Tomas Rydberg, Torbjörn Öckerman. Plöjningsfri odling - Dess inverkan på rotutveckling och evaporation. 52s.
The effects of ploughless tillage on root development and evaporation. 52pp.
- 75 1987 Hans Svensson. Jordpackningens inverkan på sockerbetans rotutveckling och skördens storlek. 31s.
Effects of soil compaction on root development and yield of sugarbeets. 31pp.
- 76 1987 Tomas Rydberg. Studier i plöjningsfri odling i Sverige 1975-1986. 53s.
Studies in ploughless tillage in Sweden 1975-1986. 53pp.
- 77 1988 Reduceret jordbearbejdning. Rapport från NJF-seminarium i Horsens, Danmark 9-11 februari 1988. 240s.
Reduced cultivation. 240pp.
- 78 1990 Inge Håkansson, Mary McAfee, Sixten Gunnarsson. Verkan av körning med traktor och vagn vid vallskörd. Resultat från 24 försöksplatser. 41s.
Effects of traffic during harvest on yield of grass leys. Results from field trials on 24 Swedish sites. 41pp.
- 79 1990 Krister Nilsson. Packningsskador vid konservärtskörd - ekonomiska konsekvenser och åtgärder för att minska packningen. 16s.
Estimation of the economic consequences of soil compaction when harvesting canning peas. 16pp.
- 80 1990 Tomas Rydberg, Mary McAfee, Börje Gillberg. Djupplöjning på lätta mineraljordar. 50s.
Effects of subsoiling on crop yields on light mineral soils. 50pp.
- 81 1992 Johan Arvidsson, Sixten Gunnarsson, Lena Hammarström, Inge Håkansson, Tomas Rydberg, Maria Stenberg. 1991 års jordbearbetningsförsök. 58s.
- 82 1992 Johan Arvidsson, Inge Håkansson. En modell för att beräkna jordpackningens effekter på grödornas avkastning. 23s.
An empirical model for estimating the crop yield losses caused by machinery induced soil compaction. 23pp.
- 83 1992 Maria Stenberg, Reynaldo A. Comia, Tomas Rydberg, Inge Håkansson, Sixten Gunnarsson. Harvsådd i konventionella och plöjningsfria bearbetningssystem. 18s.
Soil and crop responses to different tillage systems. 18pp.
- 84 1992 Johan Arvidsson, Lena Hammarström, Maria Stenberg, Tomas Rydberg, Mats Tobiasson, Hans Pettersson, Sixten Gunnarsson, Ararso Etana, Inge Håkansson, Ingrid Karlsson, Karin Blombäck. Jordbearbetningsavdelningens årsrapport 1992. 86s.
- 85 1994 Johan Arvidsson, Inge Håkansson. Finns packningsskador kvar efter plöjning? Resultat från 21 långliggande fältförsök. 31s.
Do effects of soil compaction persist after ploughing. Results from 21 Swedish long-term field experiments. 31pp.
- 86 1994 Johan Arvidsson, Lena Hammarström, Tomas Rydberg, Maria Stenberg, Hans Pettersson, Jörgen Lidström, Lars Olsson, Barbro Beck-Friis, Sasa Ristic, Inge Håkansson, Ararso Etana, Eva Salomon. Jordbearbetningsavdelningens årsrapport 1993. 88s.
- 87 1994 Thomas Grath. Inverkan av jordpackning och anaeroba markförhållanden på grödornas näringsupptagning samt på rotröta och utveckling hos ärter. 61s.
Influences of soil compaction and anaerobic soil conditions on crop nutrient uptake and on root rot and growth of peas. 61pp.
- 88 1995 Johan Arvidsson, Lena Hammarström, Tomas Rydberg, Maria Stenberg,

- Eva Salomon, Staffan Steineck, Ingrid Karlsson, Sixten Gunnarsson, Daniel Johansson, Åse Littorin-Johansson. Jordbearbetningsavdelningens årsrapport 1994. 77s.
- 89 1996 Ingrid M. Karlsson. Sportgräsytor etablering och skötsel - erfarenheter från ett markbyggnadsförsök. 94s.
Establishment and maintenance of grassed sports fields - experience from a field experiment on soil construction alternatives. 94pp.
- 90 1996 Johan Arvidsson, Helena Elmquist, Sixten Gunnarsson, Daniel Johansson, Susanne Johansson, Ingrid M. Karlsson, Tomas Rydberg, Eva Salomon, Maria Stenberg, Johan Bengtsson, Calle Blackert, Rickard Ivarsson, Anna Lena Carlsson, Sasa Ristic. Jordbearbetningsavdelningens årsrapport 1995. 80s.
- 91 1997 Johan Arvidsson, Helena Elmquist, Sixten Gunnarsson, Daniel Johansson, Tomas Rydberg, Eva Salomon, Maria Stenberg. Jordbearbetningsavdelningens årsrapport 1996. 80s.
- 92 1997 Johan Arvidsson. Tidig sådd - ett system för reducerad bearbetning vid vårsådd. Slutrapport för fältförsök 1992-1996. 45s.
Early sowing - a reduced tillage system for spring sowing. Final report for field experiments 1992-1996. 45pp.
- 93 1998 Johan Arvidsson, Helena Elmquist, Sixten Gunnarsson, Daniel Johansson, Tomas Rydberg, Maria Stenberg, Andreas Trautner, Thomas Wildt-Persson. Jordbearbetningsavdelningens årsrapport 1997. 74s.
- 94 1998 Daniel Johansson. Radhackning med och utan efterredskap i stråsäd. Slutrapport för fältförsök 1995-1997. 49s.
Row hoeing in cereals with and without tools behind. Final report for field experiments 1995-1997. 49pp.
- 95 1998 Maria Stenberg, Göran Bergkvist, Helena Aronsson. Jordbearbetningsstrategi och etableringsteknik till höstraps för att minska risken för kväveläckage. 18s.
Soil tillage strategy and winter oil-seed rape establishment techniques to reduce the risk for nitrogen leaching. 18pp.
- 96 1999 Johan Arvidsson, John Löfkvist, Tomas Rydberg, Erika Sjöberg, Maria Stenberg, Urban Svantesson, Andreas Trautner. Jordbearbetningsavdelningens årsrapport 1998. 68s.
- 97 2000 Ararso Etana, Tomas Rydberg och Inge Håkansson. Markfysikaliska studier i långliggande försök med reducerad jordbearbetning. 29s.
Studies of soil physical properties in long-term experiments with reduced tillage. 29pp
- 98 2000 Johan Arvidsson, Ararso Etana, John Löfkvist, Magnus Melin, Lars Pålsson, Tomas Rydberg, Maria Stenberg, Urban Svantesson, Andreas Trautner. Jordbearbetningsavdelningens årsrapport 1999. 76s.
- 99 2000 Inge Håkansson. Packning av åkermark vid maskindrift. Omfattning – effekter- motåtgärder. 123 s.
- 100 2000 Johan Arvidsson, Jan van den Akker, Rainer Horn (redaktörer). Experiences with the impact and prevention of subsoil compaction in the European community. Proceedings of the 3rd workshop of the Concerted Action ” Experiences with the impact of subsoil compaction on soil, crop growth and environment and ways to prevent compaction”, 14-16 June, Uppsala, Sweden.
- 101 2001 Johan Arvidsson, Thomas Keller, John Löfkvist, Åsa Myrbeck, Nina Nordström, Tomas Rydberg, Fredrik Sassner, Urban Svantesson, Andreas Trautner. Jordbearbetningsavdelningens årsrapport 2000. 67s.
- 102 2001 Johan Arvidsson, Andreas Trautner, Erika Sjöberg. Alvpäckning av tunga

- betupptagare. Slutrapport från försök 1995-2000. 56 s.
- 103 2002 Johan Arvidsson, Fredrik Andersson, Elisabeth Bölenius, Johan Karlsson, Thomas Keller, John Löfkvist, Åsa Myrbeck, Tomas Rydberg, Urban Svantesson, Torgil Svensson, Alfredo de Toro, Andreas Trautner. Jordbearbetningsavdelningens årsrapport 2001. 86s.
- 104 2003 Johan Arvidsson, Maria Ehrnebo, Ararso Etana, Karin Gustafsson, Thomas Keller, John Löfkvist, Åsa Myrbeck, Tomas Rydberg, Urban Svantesson, Andreas Trautner. Jordbearbetningsavdelningens årsrapport 2002. 78s.
- 105 2003 Åsa Myrbeck, Johan Arvidsson, Thomas Keller. Plöjningstidpunktens inverkan på markstruktur, växtproduktion och kväveutlakning på lerjord. Slutrapport från försök 1999-2002. 44 s.
- 106 2003 Karin Gustafsson, Johan Arvidsson, Thomas Keller. Dragkraftsbehov för plog, kultivator och tallriksredskap vid olika markvattenhalter. 41 s.