

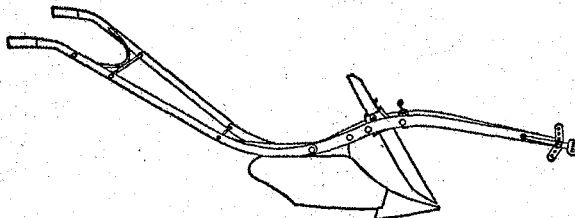


SVERIGES  
LANTBRUKSUNIVERSITET  
UPPSALA

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 104

2003

Johan Arvidsson, redaktör

**Jordbearbetningsavdelningens  
årsrapport 2002**

ISSN 0348-0976

ISRN SLU-JB-R--104--SE

Sveriges lantbruksuniversitet  
Institutionen för markvetenskap  
Avdelningen för jordbearbetning

Rapporter från jordbearbetnings-  
avdelningen. Nr 104, 2003  
ISSN 0348-0976  
ISRN SLU-JB-R--104--SE

Johan Arvidsson, Maria Ehrnebo, Ararso Etana, Karin Gustafsson, Thomas Keller, John Löfkvist, Åsa Myrbeck, Tomas Rydberg, Urban Svantesson, Andreas Trautner

## **JORDBEARBETNINGSAVDELNINGENS ÅRSRAPPORT 2002**

### *Abstract*

#### *RESULTS OF RESEARCH IN SOIL TILLAGE IN 2002*

*This report summarizes the activities carried out by the Division of Soil Management in 2002, 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 2002, 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.

Nytt för i år är bl.a. att samtliga rapporter (inklusive denna) i fortsättningen också finns tillgängliga på jordbearbetningsavdelningens hemsida ([www.mv.slu.se](http://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, april 2003

Matts-Ola Anselmsson  
Elisabeth Bölenius  
Sixten Gunnarsson  
Thomas Keller  
Åsa Myrbeck

Johan Arvidsson  
Maria Ehrnebo  
Karin Gustafsson  
John Löfkvist  
Tomas Rydberg

Britt-Louise Atterdagsdotter  
Ararso Etana  
Sven-Erik Karlsson  
Berth Mårtensson  
Andreas Trautner

# 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
Dragkraftbehov, aggregatstorleksfördelning och energieffektivitet för olika redskap, bearbetningsdjup, körhastigheter och vattenhalter.	21
Ekoskär och kalk	27
Såbäddsberedning och ytskiktets funktion	29
Försök med såplog	30
Vårsådd vid utebliven höstbearbetning med fånggröda	31
Grund bearbetning till höstsäd	34
Försök med Väderstads Rexius Twin	35
Bearbetningssystem i vårraps på olika jordar	36
Jordpackning, markstruktur och markvård	39
Låga marktryck i odling med och utan plöjning	40
Packning av tunga betupptagare i fältförsök startade 1995-97	44
Packning av tunga betupptagare – effekt av ringtryck och hjullast på tryckutbredning i marken	46
Marktryck under en treaxlad kalkspridare – trycksamspel i marken under tandem axlar	49
Tidpunkt för spridning av strörika gödselslag: effekt på växtnäringsutnyttjande och markpackning	51
Odlingssystemets effekt på markstrukturen - undersökning av ett konventionellt och ett ekologiskt odlingssystem	54
Biologisk avlucring	57
Olika metoder för att bestämma markens förkonsolideringstryck	60

Växtnäringsutlakning och erosion	66
Bearbetningssystem och fosforerosion	67
Bearbetning - fosforerosion - N-läckage	67
Flytgödsel- fånggrödor - utlakning	69
Jordbearbetning - kväveutlakning	70
Kväveeffektiv jordbearbetning	73
Jordbearbetning - kväveutlakning på lerjord	75
Direktsådd av höstvetete för bättre kväveutnyttjande	77
Effekter av skorpbrytning på våren i ekologisk höstsäd	78

# 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

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

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

## Olika bearbetningssystem-luckringsbehov

I ett plöjningsfritt odlingssystem, där höstplöjningen ersätts med enbart ytlig bearbetning till ca 10-12 cm, blir matjordens nedre del oftast för kompakt. Genom att bearbeta med kultivator till plogdjup har skörden ökat med 2-3 %. Samma förbättring har även erhållits i ett bearbetningssystem där den ytliga bearbetningen någon gång i växtföljden 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 2001 plöjdes enbart led A. Försöket såddes den 19/4 med vårraps. Uppkomsten blev mycket otillfredsställande pga nederbörd och skorpbildning. Sämst uppkomst noterades i plöjt led (A). Beslut togs om att försöket skulle sås om. Efter en harvning av hela försöket såddes vårrybs den 3/6. Detta är en förklaring till den låga skördenivån.

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

Tabell 1. Skörd, kg/ha, och relativtal (plöjning = 100) i försöksserie R2-4007 2002

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	Ul	V-rybs	H-vete	1520	100	103	102	102	n.s.
mmh SL 28 försöksår				100	105	105	105	104	

## Olika bearbetningssystem-jordpackning

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

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

- A = Plöjning, normal bearbetning
- B = Plöjningsfritt, plöjning till 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

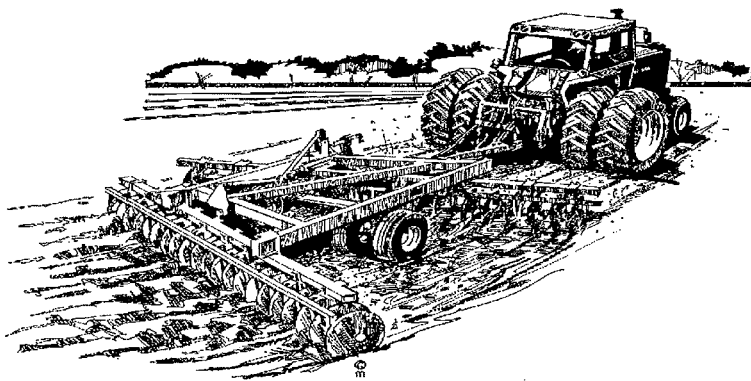
År 1992 odlades höstvet. I genomsnitt var

skörden i plöjda led högre än i de plöjningsfria och någon positiv effekt av den djupare bearbetningen kunde ej konstateras. Däremot medförde djupkultiveringen höjd skörd år 1993 till sockerbetor. Även år 1994 då grödan var havre resulterade djupkultiveringen i högre skörd. Korngrödan 1995 reagerade däremot ej positivt på en djupare och intensivare bearbetning i plöjningsfria led. År 1995 är också det första år som plöjningsfritt genomgående resulterat i högre skörd. En förbättrad vattenhushållning under sommarens torra perioder är den troligaste orsaken. År 1996 var grödan höstoljevaxter och av tabell 2 framgår att djupbearbetningen i plöjningsfria led resulterat i en skördeökning på ca 10 procentenheter. Även sommaren 1997 var periodvis mycket varm och nederbördsfattig, vilket troligtvis även detta år är en förklaring till de högre skördarna med plöjningsfri odling. År 1998 var grödan sockerbetor och av resultaten framgår att enbart ytlig bearbetning varit ett sämre alternativ än både plöjning och kultivering till 20 cm. År 1999 odlades korn. Plöjning och stubbearbetning genomfördes först under våren 1999. Någon intensiv bearbetning förekom ej. Vårplöjning i förhållande till enbart ytlig bearbetning på våren resulterade i lägre skördar. År 2000 odlades höstoljevaxter, en packningskänslig gröda som gynnats av djupare och intensivare bearbetning. Plöjningsfri odling till h-vete efter oljevaxter brukar för det mesta fungera bra, vilket det även gjorde år 2001. Resultaten från år 2002 påminner mycket om de från 1998, dvs högre skörd till s-betor efter plöjning och djupkultivering. 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) 1992-2002 i försöksserie R2-4008, Lönnstorp 253/74. Jordart = mmh mj D LL. A=plöjning, normal bearbetning. B=plöjningsfritt, plöjning till sockerbetor. C=plöjningsfritt. 1=normal intensitet och normalt djup. 2=intensiv och djup bearbetning

År	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002
Gröda	h-vete, kg/ha	s-betor, ton/ha	havre, kg/ha	korn, kg/ha	h-oljev, kg/ha	h-vete, kg/ha	s-betor, ton/ha	korn kg/ha	h-raps kg/ha	h-vete kg/ha	s-betor ton/ha
A1:	<b>4500</b>	<b>62.3</b>	<b>4320</b>	<b>5640</b>	<b>3660</b>	<b>8250</b>	<b>45.3</b>	<b>5290</b>	<b>3520</b>	<b>9330</b>	<b>63.3</b>
A2:	104	100	106	102	98	102	108	84	84	110	100
B1:	93	104	99	110	88	104	108	128	106	105	95
B2:	96	103	101	111	96	105	103	124	107	108	91
C1:	86	95	95	112	90	105	90	118	105	107	78
C2:	83	100	96	109	100	105	99	119	104	104	95
A:	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>
B:	93	103	97	109	93	103	101	137	96	101	94
C:	83	97	92	109	96	104	91	129	94	100	87
1:	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>
2:	101	101	103	100	106	101	104	95	108	103	104
Sign bearb	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	*	n.s.	***	n.s.	n.s.	*
Sign int.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	*	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
Sign sam.	n.s.	n.s.	n.s.	*	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	*	*



## Olika bearbetningssystem-gödselplacering

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

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

A1 = Stubbearbetning + plöjning varje år, 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 höstvete 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 sockerbetor (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. Orsaken till de låga skördarna 2002 i oplöjda led har ej kunnat fastställas. Försöket finansieras med medel för långliggande försök. Kontaktperson är Tomas Rydberg, tel. 018/67 12 00.

Tabell 3. Skörd, kg/ha och relativtal (plöjning, gödsling på ytan=100) i försöksserie R2-4009 1976-2002

Försök nr	200/75	235/76	Samtliga	235/76
Län/plats	Ug	AC	1976-2001	Gröda: Havre
Jordart	nmh I Mo	nmh I Mo		skörd 2002
Antal försöksår	9	19	28	kg/ha
Plöjn. varje år, gödsling på ytan	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>3380</b>
Plöjn. varje år, myllad gödsel	104	107	106	101
Plöjn. vissa år, gödsling på ytan	96	99	98	87
Plöjn. vissa år, myllad gödsel	101	104	103	85
Aldrig plöjning, gödsling på ytan	95	90	92	48
Aldrig plöjning, myllad gödsel	98	102	101	64
Plöjning varje år	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>
Plöjning vissa år	97	98	98	85
Aldrig plöjning	95	92	93	55
Gödsling på ytan	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>
Myllad gödsel	104	109	107	107
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 Rudenberg (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

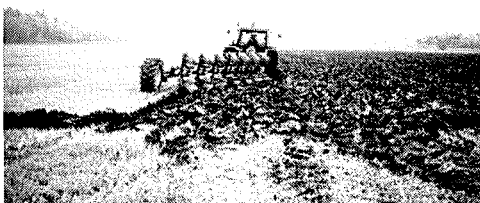
C2 = Stubbearbetning + ingen plöjning, kort stubb, halmen hackad

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 oljevaxter 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 halmbärgning 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.

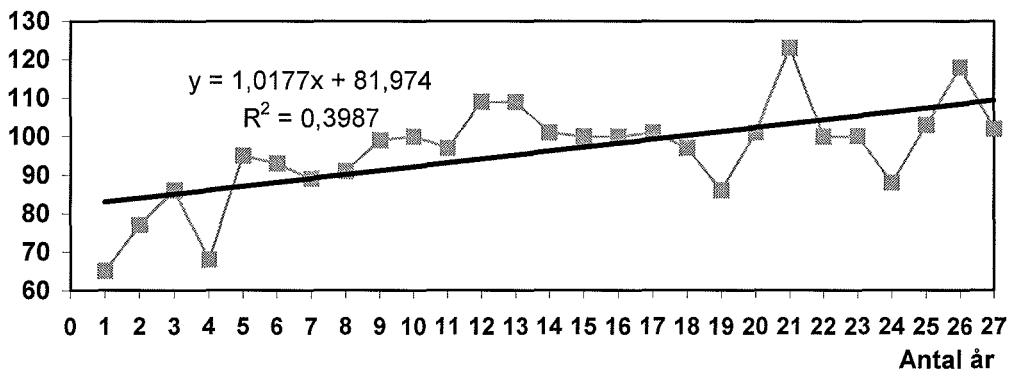
En i många sammanhang återkommande fråga är om resultatet med plöjningsfri odling blir bättre och bättre ju längre tekniken tillämpas. Något entydigt svar föreligger dock ej men en viss antydning om att så mycket väl kan vara fallet utgör resultaten från försöket på Lanna som anlades 1974. Från näst 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 1974-2002

Försök nr	86/75	201/77	3/75	381/74	Samtliga	381/74 2002
Län/plats	S	R	E	La		
Jordart	mmh mo LL	mmh ML	mmh mo LL	mmh SL		h-vete kg/ha
Antal försöksår	11	7	8	27	53	
Plöjt varje år, halm bortförd	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>6190</b>
Plöjt varje år, halm hackad	99	104	97	101	100	99
Plöjt vissa år, halm bortförd	105	107	99	100	101	101
Plöjt vissa år, halm hackad	103	107	96	100	101	98
Aldrig plöjt, halm bortförd	110	109	94	97	101	99
Aldrig plöjt, halm hackad	106	109	87	96	98	103
Plöjning varje år	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>
Plöjning vissa år	105	105	99	98	101	100
Aldrig plöjning	109	107	92	95	99	100
Halmen bortförd	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>
Halmen hackad	98	101	95	100	99	100
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 2001.

### 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 1976-2002

Försök nr	Län/ plats	Jordart	Gröda	Förf.	Plöjn. varje år	Plöjn. vissa år	Aldrig plöjn.	Sign.
188/76 2002	St	Kärrtorv	Korn	Havre	5500	101	89	n.s.
24 försöksår					100	103	106	

## 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 (Ul) 1990. För närvarande pågår således endast försöket på Lanna. Redovisningen här inskränker sig enbart till Lannaförsöket. Resultat från övriga försök finns redovisade i avdelningens årsrapport 1994.

Lannaförsöket innehåller följande huvudled:

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

Sedan 1992 ingår även sub-leden

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

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

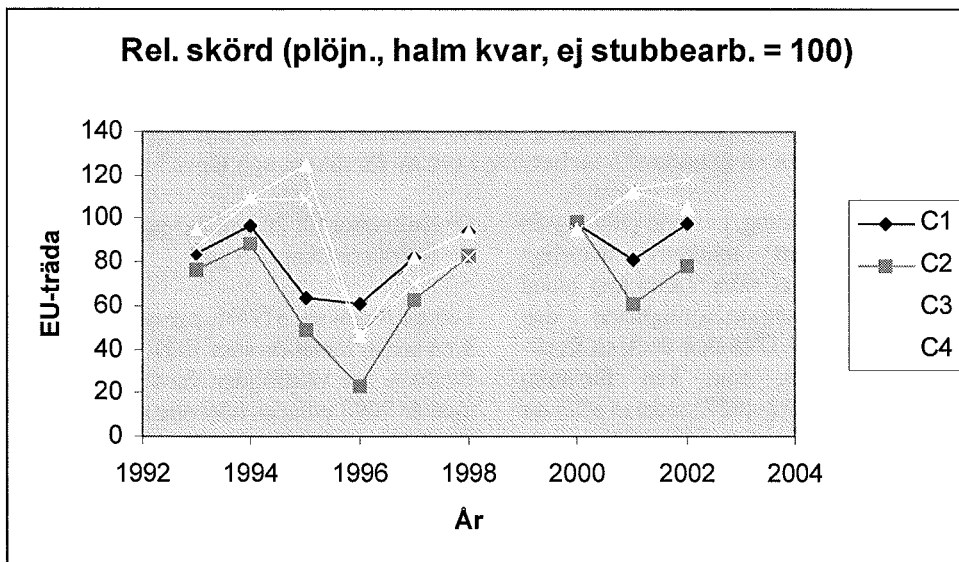
## Resultat

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

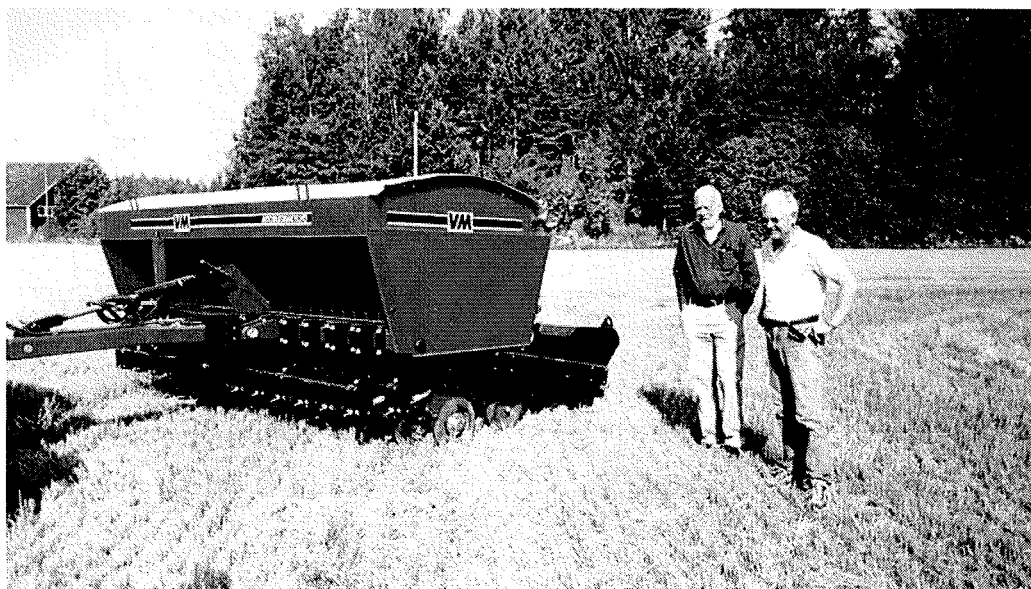
Av resultaten i figur 2 framgår att direktsådden fungerat bra åren 1993-95 om den genomförts i stubbearbetade rutor. Det tycks även som om det varit en fördel att bärga halmen oavsett om stubbearbetning genomförts eller ej. Åren 1996 och 1997 har däremot direktsådda led ej hävdats sig mot konventionell 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 höstvetete. 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. Kontaktperson är Tomas Rydberg, tel 018/67 12 00.

Tabell 7. Skörd, kg/ha och relativtal (konv. sådd=100) i försöksserie R2-4017 1982-2002

Försök nr	Län/plats	Jordart	Gröda	Föfr.	Konv. sådd	Direktsådd plöjn. vissa år	Direkt-sådd	Sign.
703/82 2002 19 försöksår	La	mfSL	h-vete	havre	5830 100	106 92	100 91	n.s.



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. I Finland har intresset för direktsådd, eller "äkta direktsådd" som man säger där, ökat markant under de senaste åren. På bilden syns lantbrukare Henrik Österman från Finland och docent Lars Ohlander från SLU, Uppsala studera resultatet efter sådd med en VM-maskin (VIESKAN METALLI KY).

## 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 2002 odlades höstvetete efter höstvetete i försöket 618/95. Under 2002 gjordes graderingar av växtsjukdomar i försök 517/91 och 618/95. Dessutom behandlades halva rutan mot svampsjukdomar i dessa båda försök.

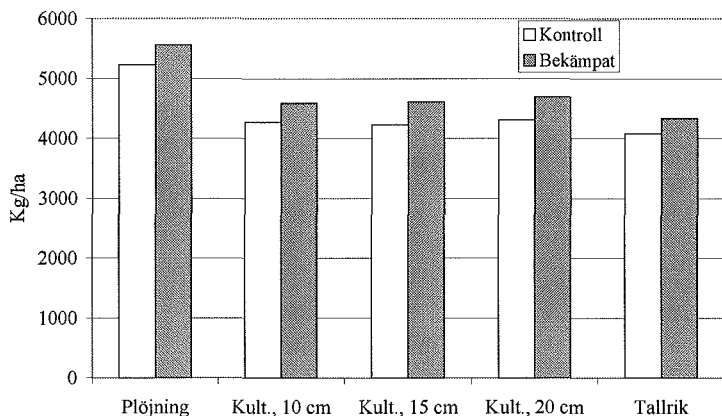
Tabell 8. Skörd, kg/ha och relativtal (plöjning=100) i försöksserie R2-4027 2002

Försök nr	517/91	524/91	618/95	Medel 2002
Län, plats	Ultuna	Ultuna	Ultuna	
Jordart	mmh ML	mmh SL		
Förfrukt	Korn	Höstvetete	Höstvetete	
Gröda	Korn	Havre	Höstvetete	
A=Plöjning	5390	5970	6900	100
B=Kultivator till 10 cm, 2-3 ggr	82	92	100	91
C=Kultivator till 15 cm, 2-3ggr	82	94	98	91
D=Kultivator till 20 cm, 2-3 ggr	84	97	98	93
E=Tallriksredskap 2-3 ggr	78	91	101	90
Signifikans	**	n.s.	n.s.	

Tabell 9. Skörd, relativtal (plöjning=100) i försöksserie R2-4027 1991-2002

Försök nr	517/91	524/91	618/95	Medel
Län, plats	Ultuna	Ultuna	Ultuna	
Jordart	mmh ML	mmh SL		
Antal år	11	11	7	29
A=Plöjning	100	100	100	100
B=Kultivator till 10 cm, 2-3 ggr	86	96	103	94
C=Kultivator till 15 cm, 2-3ggr	88	98	100	95
D=Kultivator till 20 cm, 2-3 ggr	92	98	100	96
E=Tallriksredskap 2-3 ggr	91	90	101	93





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

## Resultat

Skörd 2001 och 1991-2001 visas i tabell 8 resp 9. I två av försöken var skörden lägre i plöjningsfria led.

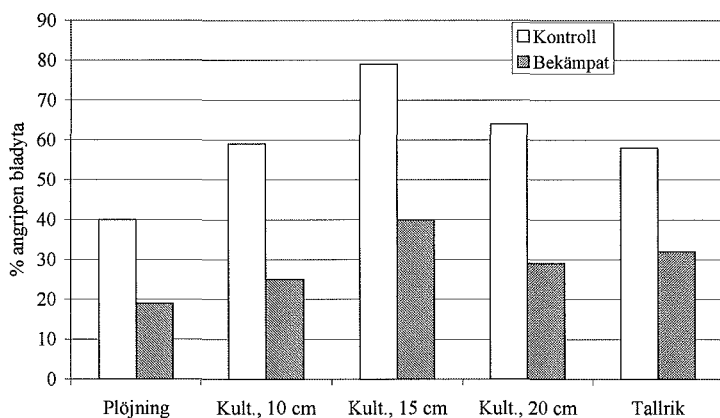
I försök 517/91, där korn odlas efter korn, var skörden betydligt lägre i ej plöjda led. Förekomst av växtpatogener kan vara en möjlig förklaring till skördeskillnader i detta försök. Svampbekämpning (Stereo applicerad 30 maj) ökade skörden med i genomsnitt 8 % (statistiskt signifikant), ökningen var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

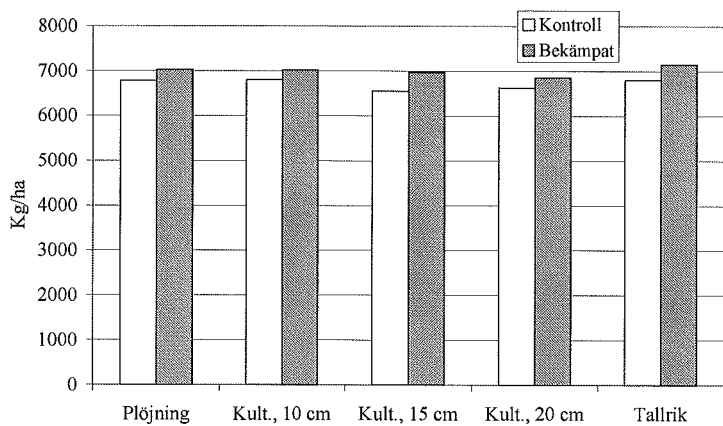
plöjningsfria led, ledskillnader var statistiskt signifikanta (figur 5).

Broddbehandling (Sportak 19 okt) ökade skörden med i genomsnitt 4 %, ungefär lika i plöjda och ej plöjda led (figur 6).

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



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



Figur 6. Skörd i försök 618/95, med och utan bekämpning av bladfläcksvampar.

## Jordbearbetningstidpunkt på hösten – inverkan på skörd, markstruktur och kväve mineralisering

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

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

Försöksplatserna är: Kuddby i Östergötland (mycket styv lera), Ultuna i Uppland (styv lera avsett matjorden, mycket styv lera i alv) och Rydsgård i Skåne (mellanlera). Försöksled framgår av tabell 10. Efter bearbetningen på hösten låg marken bar under vintern.

För att undersöka bearbetningens effekt på markstrukturen bestämdes aggregatstorleksfördelning i det bearbetade lagret efter bearbetning på hösten, såbäddens uppbyggnad, hållfasthet på torkade aggregat, skrymdensitet samt mättad genomsläpplighet

(de tre sistnämnda bestämdes på prover från 10-15 cm djup). Vidare studerades kväve mineraliseringen genom bestämning av mängden mineralkväve i profilen vid flera tidpunkter från sen sommar till tidig vår. Med hjälp av dessa undersökningar vägdes sedan risken för kväveutlakning mot risken för försämrad markstruktur och eventuellt sänkt skörd som bearbetning vid ogynnsamma förhållanden kan ge.

### Resultat

Vattenhalterna vid de aktuella bearbetningstidpunkterna redovisas i tabell 11.

### Mineralkväve

Resultaten från mätningarna av markkväve skilde sig mycket åt mellan de olika platserna och de olika åren. Att plöjning stimulerar kväveomsättningen syntes tydligt på Ultuna samtliga tre år och på Rydsgård två år av tre. Mineralkvävemängderna, och då främst nitrat, ökade under hösten efter att marken plöjts och mer kväve fanns i profilen på senhösten ju tidigare plöjning skedde (figur 7). På Kuddby tycktes inte bearbetningen ha någon nämnvärd effekt på markkvävemängderna överhuvudtaget de två första åren medan den ledde till en ökad kväveomsättning det sista året.

Tabell 10. *Försöksled på de tre försöksplatserna (år 1999 ingick enbart plöjning på Kuddby och Rydsgård)*

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

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

År	Plats	Tidig bearbetning	Normal bearbetningstidpunkt	Sen bearbetning
1999	Rydsgård	7 september / 25,0%	6 oktober / 28,2%	18 november / 30,8%
	Kuddby	20 augusti / 28,2%	1 oktober / 36,0%	1 december / 28,2%
	Ultuna	24 augusti / 19,9%	6 oktober / 29,5%	14 december / 34,1%
2000	Rydsgård	31 augusti / 19,7%	3 oktober / 23,7%	1 november / 24,2%
	Kuddby	30 augusti / 35,5%	9 oktober / 39,3%	7 november / 42,1%
	Ultuna	11 september / 25,9%	10 oktober / 31,5%	16 november / 34,5%
2001	Rydsgård	3 september / 17,2%	2 oktober / 21,7%	29 oktober / 21,1%
	Kuddby	27 augusti / 30,0%	2 oktober / 39,1 %	4 november / 40,3%
	Ultuna	29 augusti / 24,8%	6 oktober / 29,7%	10 november / 33,7%

På Rydsgård skedde tydliga minskningar av mängden nitratkväve under vintern år ett och år tre i alla led. Detta tyder på ett kväveläckage som förmodligen var högre ju tidigare plöjning utförts på hösten. På Ultuna ökade istället halterna under vintern fram till provtagstillfället på våren samtliga säsonger och förmodligen skedde inget större läckage av kväve.

I tabell 12 anges de bearbetningstidpunkter på varje försöksplats som gav störst andel fina aggregat efter bearbetningen, störst andel fina aggregat i såbädden, lägst skrymdensitet, högst genomsläpplighet och lägst aggregathållfasthet där skillnader fanns oavsett om de var signifikanta. Generellt var den tidiga och den normala bearbetningen mest gynnsam för samtliga strukturparametrar utom för aggregathållfastheten. Skillnaderna mellan leden var dock små och i stort sett bara signifikanta vad gäller egenskaperna i såbädden.

En hög skrymdensitet skulle kunna tyda på packning. Den tidiga plöjningen resulterade i stort sett genomgående i den lägsta skrymdensiteten. Undantag var Ultuna våren 2000 då den senare plöjningen gav det lägsta värdet. Skillnaderna var dock små och inte signifikanta.

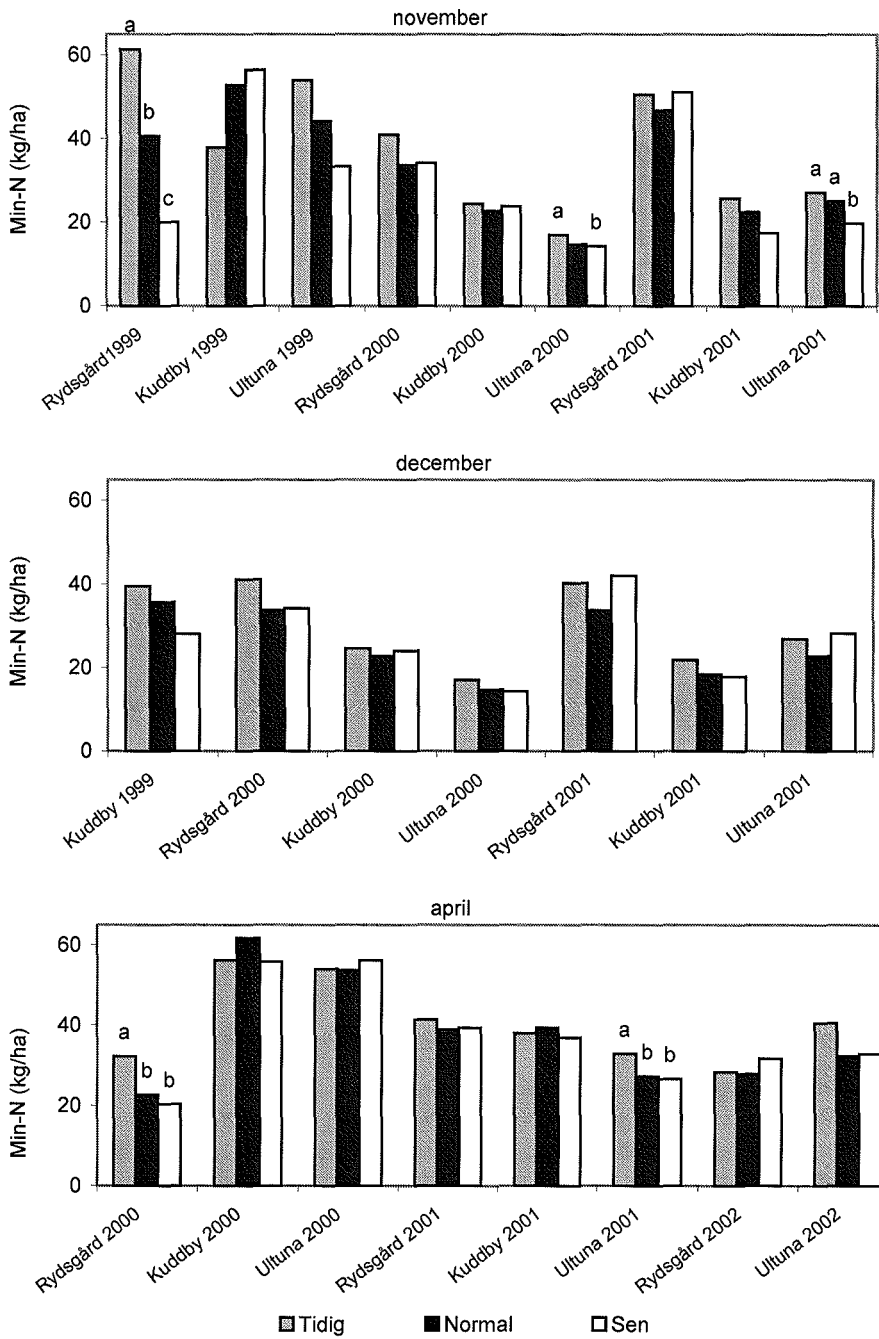
Inga stora skillnader i skörd förekom mellan bearbetningstidpunkterna på någon försöksplats skördeåret 2000 (tabell 13). Året

2001 var skördeskillnaderna mellan de olika bearbetningstidpunkterna signifikant på Ultuna med högst skörd i de tidigt bearbetade leden. Även på Rydsgård blev skörden högre ju tidigare plöjningen genomfördes. Skörden efter den tidiga stubbearbetningen på Rydsgård blev låg på en kraftig etablering av ogräs i detta led.

År 2002 blev ett torrare år och större skillnader i skörd kunde förväntas eftersom såbädden ett torrt år blir extra viktig för grödans etablering. På samtliga platser blev skördarna betydligt sämre i sent kultiverade led än i tidigt och normalt kultiverade. På Ultuna gav också tidig och normal plöjning högre skördar än sen plöjning detta år. I plöjda led på Kuddby och Rydsgård var förhållandena dock de omvända.

Sett till resultaten 1999-2001 för markfysikaliska undersökningar, mineralkväveprovtagningar och skörd skulle den, totalt sett, bästa strategin på Rydsgård vara att plöja sent eftersom betydande mängder kväve tycks riskera att gå förlorade under hösten och vintern.

Då det på Ultuna troligtvis varit liten skillnad i kväveutlakning mellan bearbetnings tidpunkterna tycks det bättre att undvika den sena plöjningen då denna gett sämre markstruktur. På Ultuna har också den sena bearbetningen gett kraftiga skörde-minskningar de två senare åren.



Figur 7. Mineralkväve (kg N/ha) inom 0-90 cm markdjup i de plöjda leden för tre tidpunkter, november (i samband med den sena bearbetningen), december och slutet av mars. Staplar med olika bokstäver är signifikant skilda åt ( $P < 0,05$ ).

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

	Plats	Störst andel fina aggregat efter bearbetning	Störst andel fina aggregat i såbädden	Lägst skrymdensitet på våren	Högst genomsläpplighet	Lägst aggregathållfasthet
2000	Kuddby	tidig	tidig	tidig	tidig	sen
	Rydsgård		tidig	tidig	tidig	tidig
	Ultuna	tidig-normal*	tidig-normal	sen	normal	sen
2001	Kuddby	tidig	normal	tidig	tidig	sen
	Rydsgård			tidig och sen	sen	normal
	Ultuna	tidig	tidig-normal	tidig	tidig	sen
2002	Kuddby	tidig			sen	normal
	Rydsgård	tidig		tidig	tidig	tidig
	Ultuna			tidig-normal	tidig och sen	sen

\* av kultiverade led

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

Led	Kuddby			Rydsgård			Ultuna		
	2000	2001	2002	2000	2001	2002	2000	2001	2002
Tidig plöjning	6580=	5620=	5670=	4960=	5390=	5910=	5140=	4390=	5560=
	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Normal plöjning	101	102	102	109	99	102	100	95	99
Sen plöjning	99	102	105	100	97	108	100	94	99
Tidig kultivering		104	109		83	107	104	99	105
Normal kultivering		102	105		92	96	103	91	102
Sen kultivering		103	104		90	96	103	87	92
Plöjning		100	100		100a	100	100b	100	100
Kultivering		102	103		90b	96	104a	96	100
Tidig		100	100		100	100	100	100a	100a
Normal		100	99		104	96	100	93b	98a
Sen		101	100		102	99	100	91b	93b

Kuddby är svårt att säga någonting om eftersom varken mineralkväveprovtagningarna eller skördemätningarna visat några entydiga resultat.

Sammanfattningsvis indikerar resultaten från försöken att skillnaderna kan vara stora mellan olika lerjordar vad gäller bearbetningstidpunktens inverkan på framförallt risken för kväveutlakning men också på markstruktur och skörd. Vidare indikerar försöket på Ultuna att det på de styva lerorna, som har förmåga att hålla mycket vatten med låg risk för utlakning som följd, kan vara omotiverat ur

utlakningshänseende att senarelägga bearbetningen. Samtidigt visar försöket på Rydsgård att en senarelagd bearbetning på en relativt styv lera i södra Sverige nämnvärt kan minska risken för utlakning. Det tycks dock som om man vid en senareläggning av bearbetningen på lerjordar får räkna med att det finns risk för skördesänkningar, framförallt vid plöjningsfri odling.

Försöket i sin helhet kommer att redovisas mer utförligt under år 2003.

Kontaktpersoner är Johan Arvidsson, 018/671278 och Åsa Myrbeck, 018/671213.

## Dragkraftbehov, aggregatstorleksfördelning och energibehov för sönderdelning för olika redskap, bearbetningsdjup, körhastigheter och vattenhalter

I ett projekt höstarna 2001 och 2002 studerades energiåtgången och dragkraftbehovet för olika redskap på en lätt och en styv jord under blöta, fuktiga och torra bearbetningsförhållanden. Även aggregatstorleksfördelningen och energibehovet för sönderdelning mättes. Resultaten visar att dragkraftbehovet i förhållande till bearbetad tvärsnittsarea var lägre för plogen än för kultivatoren eftersom den bearbetade jordvolymen alltid var större för plogen. Energitillbehovet för sönderdelning var lägst under fuktiga förhållanden för samtliga redskap och tallriksredskapet var det redskap som uppnådde högst sönderdelning i förhållande till tillförd energi.

Under hösten 2001 startades ett projekt för att studera energiåtgång och dragkraftbehov för olika redskap. Mätningarna fortsatte under hösten 2002 och skedde på en lättare respektive en styvare jord. Redskapen som jämfördes var plog, kultivator och tallriksredskap och mättillfällena valdes så att jämförelser kunde göras mellan "blöta", "torra" och "fuktiga" fältförhållanden. Mätplatserna på den styvare jorden, som kallas för Ån, var alla på samma fält, men skiljde sig något åt mellan 2001 och 2002. För den lättare jorden gjordes mätningarna på tre olika platser, kallade: SVA, Säby 1 och Säby 2. De olika försöksleden visas i tabell 14. Några av leden fanns inte med vid alla mättillfällen. För alla led 2001 och för led B och E 2002 jämfördes också tre olika hastigheter:

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

Plasticitetsgränsen bestämdes för de olika platserna och presenteras med vattenhalterna för de olika tillfällena i tabell 15.

Traktorn som användes vid mätningarna var en Valmet 6600 på 100 hk. Denna hade en mätutrustning som utvecklats av JTI, vilken kontinuerligt registrerade bränsleförbrukning och motorvarvtal i en logger. Utifrån dessa mätningar kunde en effekt motsvarande pto-effekten räknas fram för varje bearbetningsmoment.

Pto-effekten antogs vara likvärdig med hjuleffekten. Under körning skedde även

Tabell 14. Försöksled för de två jordarna, samt under vilka förhållanden leden fanns med

Led	Bearbetning	Tillfälle
A	Plog 13 cm	Alla
B	Plog 17 cm	Alla
C	Plog 21 cm	Alla
D	Kultivator 13 cm	Alla
E	Kultivator 17 cm	Alla
Ed	Kultivator 17 cm en andra gång diagonalt	Ån (torrt), Ån (fuktigt) & Säby 2 (fuktigt)
F	Kultivator 21 cm	Alla
G	Tallriksredskap	Alla
H	Kultivator med gåsfötter 13 cm	Ån (fuktigt) & Säby 2 (fuktigt)
I	Kultivator 9 cm	Ån (fuktigt) & Säby 2 (fuktigt)

Tabell 15. Datum och vattenhalt för mätningarna, samt plasticitetsgränsen för jordarna

Tillfälle	Plats	Fältförhållanden	Vattenhalt	Plasticitetsgräns
2001	Ån	blött	0.29 gg-1	-
2002-08-22	Ån	torrt	0.16 gg-1	21,9%
2002-10-22	Ån	fuktigt	0.22 gg-1	21,9%
2001	SVA	blött	0.18 gg-1	-
2002-08-15	Säby 1	torrt	0.22 gg-1	26,9%
2002-10-30	Säby 2	fuktigt	0.28 gg-1	26,6%

registrering av hjulhastighet och radar-mätning 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.

#### *Verkligt bearbetningsdjup*

Före bearbetningen togs cylindrar ut i rutorna för bestämning av skrymdensiteten. En stålram med ytan 0,25 m<sup>2</sup> 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 dragkraftbehov*

Utifrån det verkliga bearbetningsdjupet och tillsammans med effektmätningarna kunde energibehovet per kg bearbetad jord, samt det specifika dragkraftbehovet räknas ut. Det senare defineras som kraften per bearbetad tvärsnittsarea.

#### *Sönderdelningsgrad*

Från varje ruta togs en hink med lös jord från den bearbetade jordvolymen. Jorden från hinkarna sållades för att få ett mått på sönderdelningsgraden. Fraktionerna som sållades fram var >64 mm, 32-64 mm, 16-32 mm, 8-16 mm, 4-8 mm och <4 mm.

#### *Energibehov för sönderdelning*

Utifrån sållningsdata kunde den specifika ytan på den bearbetade jorden beräknas. 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<sup>-2</sup>].

#### *Jordens hållfasthet*

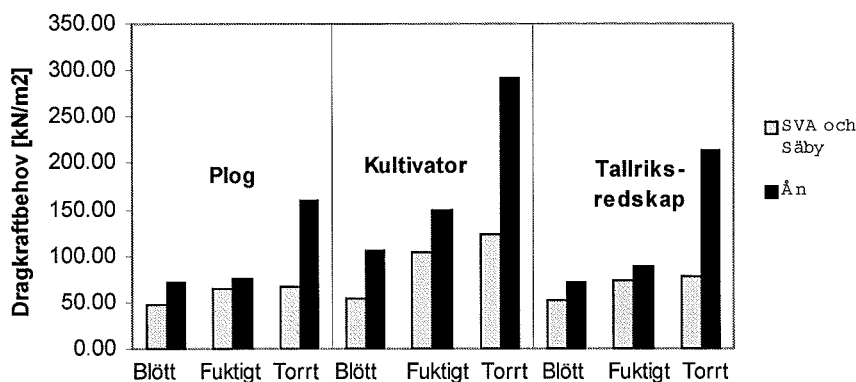
För att undersöka hur dragkraftbehovet varierade med markens hållfasthet gjordes mätningar av skjuvhållfasthet. Skjuvhållfastheten (kohesionen) mättes med ett så kallat vingborr. Vingborret bestod av en metallstav med fyra vingar i botten som slogs ner i marken. Då denna vreds skjuvades en jordcylinder och motståndet för detta mättes.

#### **Resultat och diskussion**

Specifika dragkraftsbehovet (kraften som krävdes per kvadratmeter tvärsnittsarea) blev lägre för de plöjda leden än för de kultiverade. Dragkraftsbehovet för tallriksredskapet låg någonstans mitt emellan, ibland i storleksordning med plogens och ibland i storleksordning med kultivatorns (fig 8).

Bearbetningsdjupets inverkan på specifika dragkraft-behovet var inte lika tydlig. För plogen har bearbetningsdjupet inte inverkat mycket på det specifika dragkraftbehovet. För kultivatoren verkar det som dragkraft-behovet har ökat med bearbetningsdjupet.





Figur 8. Specifikt dragkraftbehov [ $\text{kN m}^{-2}$ ] för olika redskap på lätt respektive styv jord vid olika vattenhalt, bearbetningsdjup 17 cm för plog och kultivator, hastighet  $6 \text{ km h}^{-1}$ .

Detta innebär att det totala dragkraftbehovet (per meter arbetsbredd) kommer att öka mer än med djupet.

#### *Inställt och verkligt bearbetningsdjup*

Även fast det inställda bearbetningsdjupet har varit detsamma för både plogen och kultivatoren är det stor skillnad mellan redskapen vad det gäller det verkliga bearbetningsdjupet (fig 9). Plogen har i stort sett gått ner till det inställda djupet under alla förutsättningar. För kultivatoren var det verkliga djupet alltid lägre än det inställda på grund av att bearbetningsbotten blev mer eller mindre ojämn. För kultivatoren var det verkliga bearbetningsdjupet som högst under blöta förhållanden vid SVA och som lägst under torra förhållanden vid Ån. Gåsfötterna bidrog inte till att öka det verkliga bearbetningsdjupet. Där kultivatoren även kördes på diagonalen ökade det verkliga bearbetningsdjupet endast svagt.

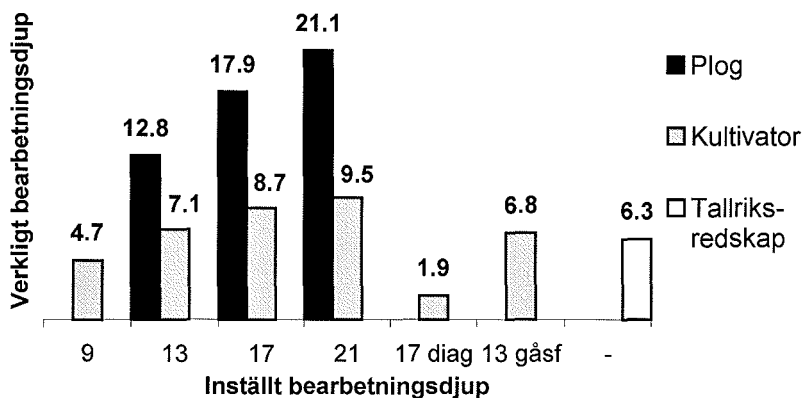
Skillnaderna i verkligt bearbetningsdjup mellan redskapen förklarar till stor del skillnaderna i specifikt dragkraftbehov. Kultivatoren har därför gått tyngre än

plogen i förhållande till den jord som brutits upp. Diagonalkörningen fick ett mycket högt specifikt dragkraftbehov eftersom den inte bearbetade så mycket ny jord. Istället flyttades mest redan lös jord vid körning på diagonalen.

#### *Hastighetens inverkan på dragkraftbehovet*

Generellt verkar det som dragkraftbehovet ökar med ökad hastighet. Sambandet är tydligast för plog på Säby. Detta beror troligen på att plogen bäst hållt det inställda bearbetningsdjupet samt att traktorn har orkat att hålla hastigheten på Säby. I några fall avviker mönstret från att tydligt öka med hastigheten. Detta kan delvis bero på svårigheter att hålla bearbetningsdjupet eller hastigheten.

En förklaring till att dragkraftbehovet ökar med ökad hastighet är att jordens acceleration ökar, vilket kräver en högre energi. Vidare anses jordens hållfasthet öka med ökad deformationshastighet. En högre hållfasthet hos jorden medför ett högre dragkraftbehov.



Figur 9. Jämförelse mellan inställt och verkligt bearbetningsdjup för de olika redskapen, medelvärden för samtliga körningar.

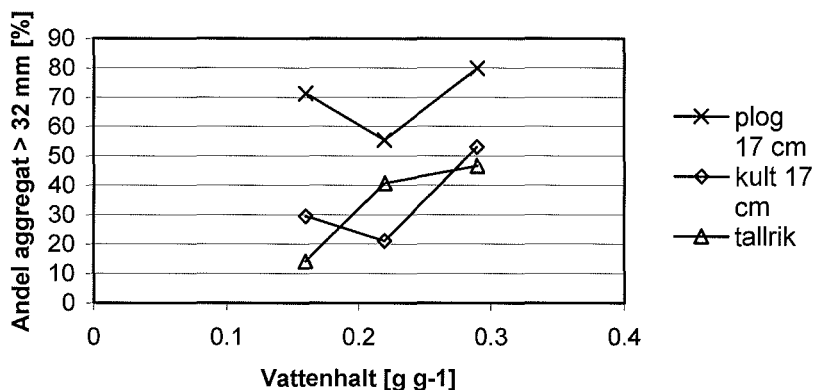
#### Redskapens inverkan på andelen stora aggregat

Andelen stora aggregat blev högst i de plöjda leden och lägre för kultivator och tallriksredskap (fig 10). Eftersom mätplatserna skiljde sig åt för den lätta jorden blev effekten av olika vattenhalter mindre tydlig. Vid SVA och Säby 1 bildades få eller inga stora aggregat, utan jorden föll sönder i mindre fraktioner. För Ån var skillnaderna mer tydliga och lägst andel stora aggregat erhöles vid fuktiga förhållanden för plog och kultivator. För tallriksredskapet var andelen stora aggregat

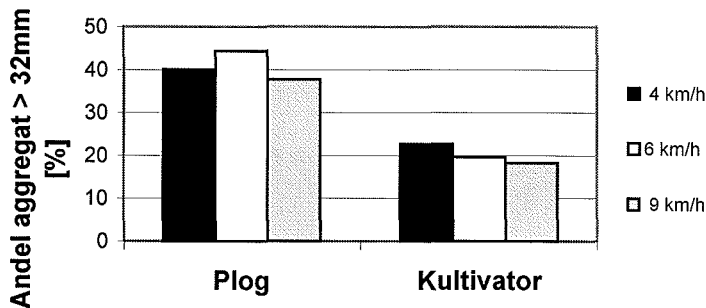
som lägst vid torra förhållanden. Detta kan delvis förklaras av att tallriksredskapet hade svårt att gå ner och därför bearbetade mycket grunt under torra förhållanden.

#### Hastighetens inverkan på andelen stora aggregat

Andelen stora aggregat (>32 mm) var lägst vid den högsta hastigheten för både plogen och kultivatoren (fig 11). För kultivatoren sjönk andelen stora aggregat med ökande hastighet. För plogen blev andelen stora aggregat däremot högst vid



Figur 10. Andel aggregat > 32 mm för olika redskap vid olika vattenhalt vid Ån.



Figur 11. Andel aggregat > 32 mm för plog och kultivator vid olika körhastighet.

mellan hastigheten 6 km/h. Skillnaderna var inte signifikanta. En ökad hastighet innebär en ökad energiinsats. Om sönderdelningen ökar i samma utsträckning som energiinsatsen har den tillförda energin kommit till nytta. Om inte sönderdelningen ökar i motsvarande grad förloras energi genom att jorden t.ex. kastas längre.

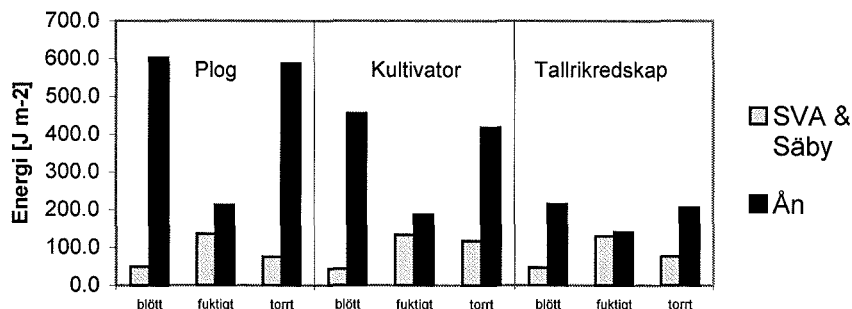
#### Energibehov för sönderdelning

Energibehovet för sönderdelning skiljde sig åt mellan redskapen och bearbetnings-tillfällena. Trots att plogen hade det lägsta specifika dragkraftsbehovet fick den högst energibehov för sönderdelning (fig 12). Detta tyder på en låg sönderdelningsgrad i förhållande till tillförd energi. De bästa resultaten erhöles för tallriksredskapet som hade en hög sönderdelningsgrad i förhållande till energiinsatsen.

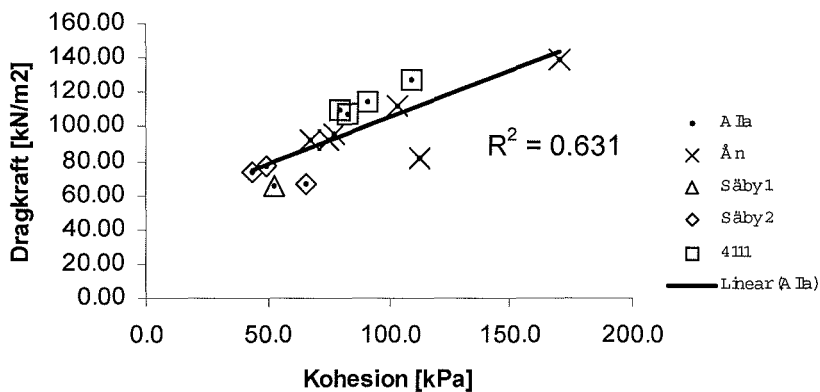
Skillnaderna blev även tydliga för olika vattenhalter. För Ån erhöles det lägsta

energibehovet under fuktiga förhållanden. Under blöta förhållanden hade jorden svårt att falla sönder, medan den under torra förhållanden bildade en stor andel stora kokor. På den lättare jorden var mönstret mindre tydligt. Detta kan förklaras av skillnader mellan de tre mätplatserna, vilket inte gör dem riktigt jämförbara. Jorden på mätplatserna för torra och blöta förhållanden var betydligt lättare än den för fuktiga förhållanden, vilket innebar att i stort sett inga stora kokor bildades. Jorden på Säby 2 som användes för de fuktiga förhållandena var något styvare och bildade mer kokor.

Energibehovet för sönderdelning var alltid lägre på den lättare jorden än på den styvare jorden. Den styvare jorden var mer benägen att bilda stora kokor än den lättare jorden.



Figur 12. Energibehovet per yta sönderdelad jord för olika redskap vid olika vattenhalt.



Figur 13. Specifikt dragkraftbehov för plöjning på olika jordar i förhållande till jordens kohesion (skjuvhållfasthet).

#### Kohesionens inverkan på dragkraftbehovet

Det uppmätta dragkraftbehovet för plöjning till ca. 20 cm på olika platser plottades mot den uppmätta kohesionen vid samma tillfälle (fig 13). Dragkraftbehovet steg med ökad kohesion och förhållandet gällde oavsett jordart eller vattenhalt. Vingborrsmätningen kan därmed anses ge en god uppfattning om dragkraftbehovet på en jord.

#### Slutsatser

Specifika dragkraftsbehovet var lägst för plojen och högst för kultivatorn. För att göra en rättvis jämförelse av dragkraftbehovet för olika redskap måste hänsyn tas till det verkliga bearbetningsdjupet. Skillnader i bearbetningsdjup stod för en stor del av dragkraftskillnaderna mellan redskapen. Plojen bearbetade i stort sett alltid till inställt djup, medan det verkliga djupet för kultivatorn alltid var lägre än det inställda. En vingborrsmätning ger en god uppfattning om dragkraftbehovet.

Det specifika dragkraftbehovet kan ibland vara otillräckligt för att jämföra de olika redskapen eftersom det inte säger något om sönderdelningsgraden. Det kan därför vara viktigt att dessutom ta hänsyn till hur stor sönderdelningen blir i förhållande till den

tillförda energin för de olika redskapen. Detta visar att ett högre energiinsats eller specifikt dragkraftbehov kan accepteras om detta leder till en ökad sönderdelningsgrad. Eftersom målet med bearbetningen kan variera kan inget redskap pekas ut som det mest effektiva.

Vattenhalten har stor betydelse för dragkraftbehovet och bearbetningsresultatet. Dragkraftbehovet minskade då vattenhalten ökade, men behovet för sönderdelning blev som lägst under "fuktiga" förhållanden. Andelen stora aggregat blev också lägst under fuktiga förhållanden för plojen och kultivatorn. Även en ökad hastighet tenderade att minska andelen stora aggregat. Resultaten indikerar att det finns en optimal vattenhalt för bearbetning. Den optimala vattenhalten kan skilja sig mellan olika plater beroende på jordens egenskaper.

Resultaten från detta projekt finns utförligare presenterade i ett examensarbete av Karin Gustafsson (tel. 0739 801379), meddelande nr 43 från avdelningen för jordbearbetning. Kontaktperson är också Johan Arvidsson, 018 67 11 72 och Thomas Keller, 018 67 12 10.

## 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 mer än ett och ett halvt år efter luckringen var genomsläpligheten av vatten högst i det luckrade led där slammad, släckt kalk hade tillförts.

Hösten 2000 lades två försök i försöksserie R2-4124 ut på Ultuna med syfte att undersöka mekanisk luckring av plogsuleskiktet samt möjligheterna att stabilisera den uppkomna luckringen med släckt kalk. Luckringen genomfördes i samband med plöjningen med hjälp av ett 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 båda försöken fanns försöksled där uppslammad kalk sprutades ut direkt i det luckrade skiktet i omedelbar anslutning till plöjningen. I ett av de två försöken spreds dessutom kalk över hela markytan före plöjningen.

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

### *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*

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

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

## Resultat och diskussion

Efter vårsådden år 2002 mättes penetrationsmotståndet i skiktet 0-50 cm. Mätningarna gjordes i försöksleden A, B, C, E och F i båda försöken. I figur 14 visas resultaten från mätningarna. I det luckrade skiktet var motståndet mot penetration lägst i ledet som bearbetats två år i följd med Ekoskär. Det var inte oväntat, men ett intressantare resultat var att ett av de två led som aldrig bearbetats med Ekoskär hade signifikant högre motstånd i plogsuleskiktet än alla de led som någon gång bearbetats med ekoskär.

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. Mätningarna gjordes i försöksleden A, B, C, E och F i båda försöken. I figur 15 visas infiltrationen som en funktion av tiden. Infiltrationen av vatten var signifikant högre 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 statistiskt signifikant.

I tabellerna 16 och 17 redovisas skörden i båda försöken. Inga skördeskillnader var statistiskt signifikanta.

Tabell 16. Skörd i försök nr. 1. Över hela försöket spreds kalk på markytan hösten 2000

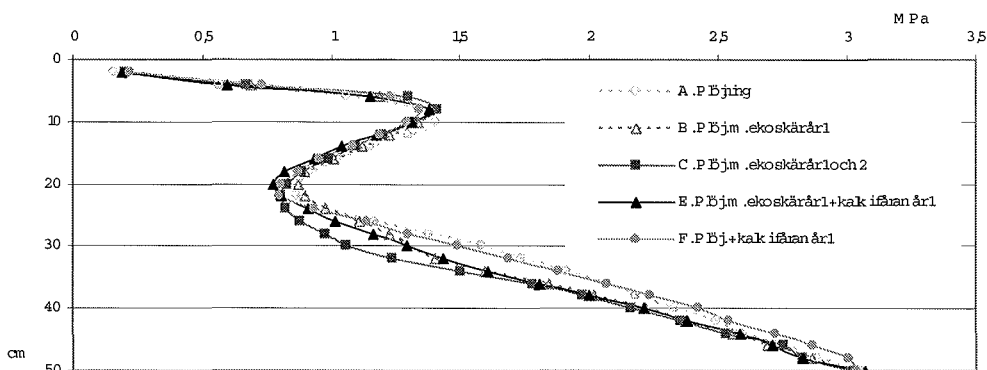
Havre	kg/ha
A1. Plöjning	5560
B1. Plöjning med ekoskär år 1	5750
C1. Plöjning med ekoskär år 1 och 2	5950
D1. Plöjning med ekoskär år 1, 2 och 3	5650
E1. Plöjn. m. ekoskär år 1 + kalk i fåran år 1	5730
F1. Plöjning + kalk i fåran år 1	5750

Tabell 17. Skörd i försök nr. 2

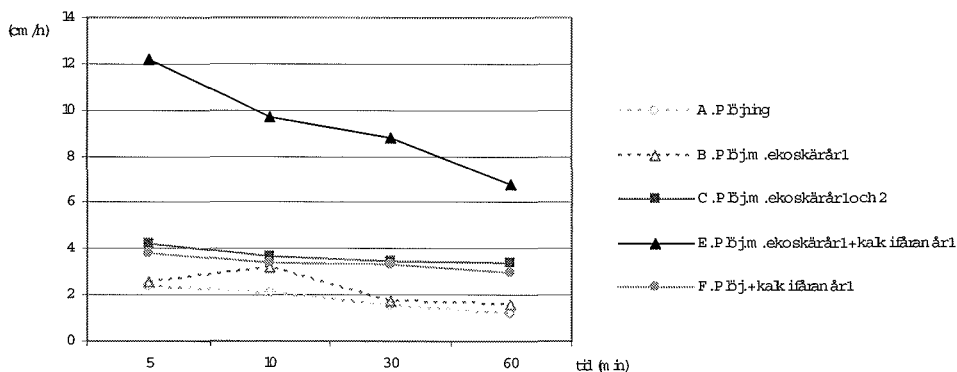
Havre	kg/ha
A2. Plöjning	5090
B2. Plöjning med ekoskär år 1	5150
C2. Plöjning med ekoskär år 1 och 2	5370
D2. Plöjning med ekoskär år 1, 2 och 3	5320
E2. Plöjn. m. ekoskär år 1 + kalk i fåran år 1	5520
F2. Plöjning + kalk i fåran år 1	5280

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.



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

# SÅBÄDDSDBEREDNING OCH YTSKIKTETS FUNKTION

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

Fältförsöken är främst inriktade på följande problemställningar:

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

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

R2-5070	Försök med såplog	(1999)
R2-4123	Vårsådd vid utebliven höstbearbetning med fånggröda	(2001)
R2-4122	Minimerad höstbearbetning till vårsådd	(2001)
R2-4125	Grund bearbetning till höstsådd	(2001)
R2-4121	Försök med Väderstads Rexius Twin	(2000)
R2-4024	Bearbetningssystem i vårraps på olika jordar	(2002)

## Försök med såplog och grund plöjning

I tre försök prövas en så kallad såplogs användbarhet på olika jordar. Från och med år 2002 prövas även grund plöjning med Kvernelands Ecomat i försöken. Ett försök är beläget på en lättlera och de två övriga på mellanleror. Försöksleden som vårplöjdes grunt (12 cm) behövde endast sladdas en gång för att ge såbruk på alla försöksplatserna. Grund vårplöjning gav dessutom högst skörd i alla tre försöken.

Under 1999 startades tre försök i serien **R2-5070** med Kvernelands såplog på Säby gård utanför Uppsala. För att undersöka hur såplogssystemet fungerar på olika jordar har de tre försöken lagts på fält med skilda lerhalter, 16 %, 30 % och 36 % ler i matjorden. Såplogssystemet innebär att plöjning och sådd sker i samma överfart, vilket gör att vårsådden normalt kan tidigareläggas 10-20 dagar. Från och med år 2002 ingår även grund plöjning med Kvernelands Ecomat i dessa försök.

Följande led ingick i försöken år 2002:

- A. Höstplöjning
- B. Vårplöjning
- C. Såplog
- D. Såplog + vältning
- E. Vårplöjning med Ecomat
- F. Vårplöjning med Ecomat + vältning

Bearbetningsdjupen var:

Höstplöjning	ca 22 cm
Vårplöjning	ca 17 cm
Såplogsplöjning	ca 17 cm
Vårplöjning med Ecomat	ca 12 cm

Försöksleden A, B, E och F såddes med en konventionell såmaskin.

### Resultat och diskussion

Skörderesultaten redovisas i tabell 18.

Tabell 18. Skörd av vårvete år 2002

Lerhalt	36%	30%	16%
	kg/ha	kg/ha	kg/ha
A. Höstplöjning	5090	7010	5110
B. Vårplöjning	4350	6510	5580
C. Såplog	2790	3220	5210
D. Såplog + vältning	2610	4660	5140
E. Vårplöjning med Ecomat	5080	6740	6220
F. Vårpl. med Ecomat+vältning	5380	7020	5840
LSD	600	610	630

Såplogssystemet fungerade ej bra i försöken som är belägna på mellanleror år 2002. Anledningen till det var förmodligen den torra väderlek som rådde lång tid efter sådd. Såplogen gav ej tillräckligt fint bruk för att säkerställa grödans etablering. Det vårplöjda ledet med konventionell sådd klarade sig betydligt bättre än såplogsleden. Anledningen till det var sannolikt att den intensiva såbäddsberedningen återpackade matjorden och gav tillräckligt mycket finjord för att säkerställa en tillfredsställande plantetablering.

På lättleran fungerade såplogssystemet bra år 2002. Där var skörden något högre i såplogsleden än i det höstplöjda och konventionellt sådda ledet.

Den grunda bearbetningen i ecomatleden gav, i alla tre försök, ett betydligt bättre bruk än den konventionella vårplöjningen. På alla tre försöksplatserna räckte det med en sladdning för att skapa såbruk. I alla tre försök var skörden högst i ett av leden som vårplöjdes med Kvernelands Ecomat.

Kontaktperson är Urban Svantesson, tel. 018-671203



## 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 två 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 grund bearbetningen gjordes med en Carrier, som är ett relativt nytt redskap från Väderstads-Verken AB.

All bearbetning utom höstplöjning gjordes på våren. Bearbetningsdjupen var följande:

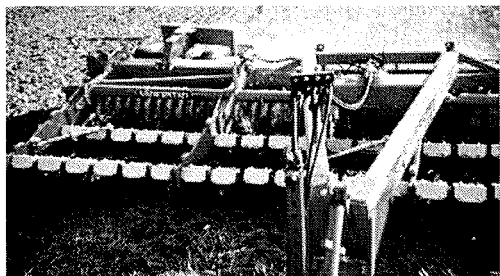
<i>Plöjning</i>	22-24 cm
<i>Tallriksredskap</i>	10-13 cm
<i>Carrier</i>	5-7 cm

Våren 2001 såddes en vallfröblandning (60-30-10) in som fånggröda. Fånggrödan utvecklades bra och var väletablerad när försöken bearbetades våren 2002. Samtliga led som inte plöjdes totalbekämpades 12 dagar före sådd med 3,0 l Glyphomax per hektar. I slutet av april såddes vårvete i alla tre försök med hjälp av en Rapid såmaskin. Efter sådd vältades alla led.

### Resultat och diskussion

I tabell 19 redovisas resultaten från planträkningarna som gjordes drygt en månad efter sådd. I tabell 20 visas skörderesultaten för år 2002. I figur 16 redovisas den genomsnittliga skörden över de två försöksåren och tre försöksplatserna.

Strax efter sådd gjordes såbäddsundersökningar i de två försök som var belägna på jordarna med högst lerhalt. Då visade sig mängden finjord (aggregat < 2 mm) vara signifikant lägre i de båda leden som hade bearbetats med Carrier än i de höst- och vårplöjda leden. Att de höstplöjda leden hade en större andel finjord än leden som bearbetades på våren var väntat med tanke på vinterns tjälcykler. Men att de vårplöjda leden innehöll så stor andel finjord kan verka något märkligt med tanke på att lerhalterna på de aktuella försöksplatserna var förhållandevis höga. Förklaringen är förmodligen tidpunkten för vårplöjning. Den utfördes redan den 19:e



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. Vårplöjning + Rexius Twin 1 gång
- F. Tallriksredskap 2 gånger + harvning

februari. Efter vårplöjningen hann dessa led med flera strukturskapande tjälcykler.

I ovan nämnda såbäddsundersökningar visade sig bearbetningsdjupet vara relativt stort både i ledet som bearbetades med tallriksredskap och i ledet som bearbetades med Carrier två gånger. Vid sådden strävade man dessutom efter att skära ned kärnorna i såbotten. Detta bör ha inneburit ett relativt stort sådjup. Vid planräkningarna som gjordes på våren visade sig dessa led också ha minst plantor/m<sup>2</sup>. Detta antyder att den djupa såbädden bidrog till att antalet skott som ej orkade upp till markytan var större i dessa led. Det större bearbetningsdjupet i Carrierledet som bearbetades två gånger verkar dock inte ha påverkat årets skörd negativt. Tvärtom hade just det ledet högst skörd i försöket med 40 % ler.

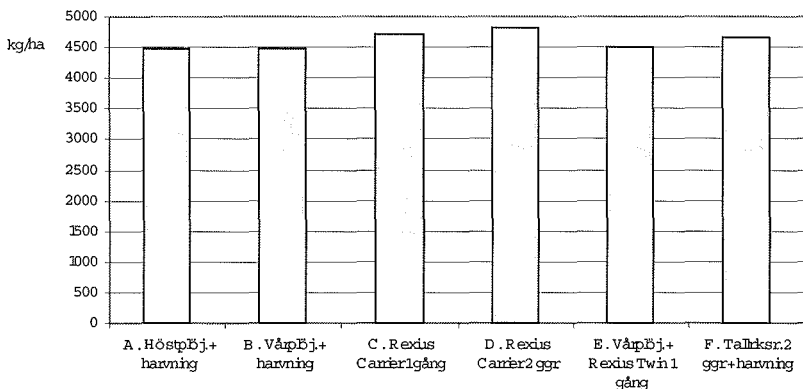
Innan den kemiska ogräsbekämpningen gjordes på våren räknades fröogräsen i alla försök. Två körningar med Carrier istället för en visade sig ge mer fröogräs. Förmodligen var orsaken till det att två körningar innebar djupare bearbetning och därmed större bearbetad jordvolym. Den större jordvolymen bör ha innehållit fler ogräsfrön som i och med bearbetningen stimulerades till att gro. Vad gäller skillnaden i ogräsförekomst mellan de olika bearbetningssystemen går det inte att se några tydliga mönster. I ett av försöken var mängden fröogräs mycket högre i de vår- och höstplöjda leden än i övriga led men en trolig förklaring till det kan vara att bearbetningen i dessa led gjordes till ett djup där en stor mängd ogräsfrön begravts ett tidigare år.

Tabell 19. **Plantantal** i försöksserie R2-4123

Lerhalt	20 % plantor/m <sup>2</sup>	Rel. tal	30 % plantor/m <sup>2</sup>	Rel. tal	40 % plantor/m <sup>2</sup>	Rel. tal
A. Höstplöjning + harvning	360	100	391	100	378	100
B. Vårplöjning + harvning	336	93	385	98	414	110
C. Carrier 1 gång	360	100	360	92	398	105
D. Carrier 2 gånger	371	103	324	83	353	93
E. Vårplöjning + Rexius Twin 1 gång	403	112	349	89	393	104
F. Tallriksredskap 2 gånger + harvning	339	94	343	88	283	75
<i>Minsta signifikanta skillnad (p &lt; 0,05)</i>	<i>n. s.</i>		<i>n. s.</i>		54	

Tabell 20. **Skörd av vârvete** i försöksserie R2-4123

Lerhalt	20 % kg/ha	Rel. tal	30 % kg/ha	Rel. tal	40 % kg/ha	Rel. tal
A. Höstplöjning + harvning	5460	100	5460	100	5290	100
B. Vårplöjning + harvning	6010	110	5920	108	5370	101
C. Carrier 1 gång	5300	97	5900	108	5480	103
D. Carrier 2 gånger	5530	101	6060	111	5590	106
E. Vårplöjning + Rexius Twin 1 gång	6230	114	6120	112	5560	105
F. Tallriksredskap 2 gånger + harvning	5450	100	5830	107	5540	105
<i>Minsta signifikanta skillnad (p &lt; 0,05)</i>	320		330		<i>n. s.</i>	

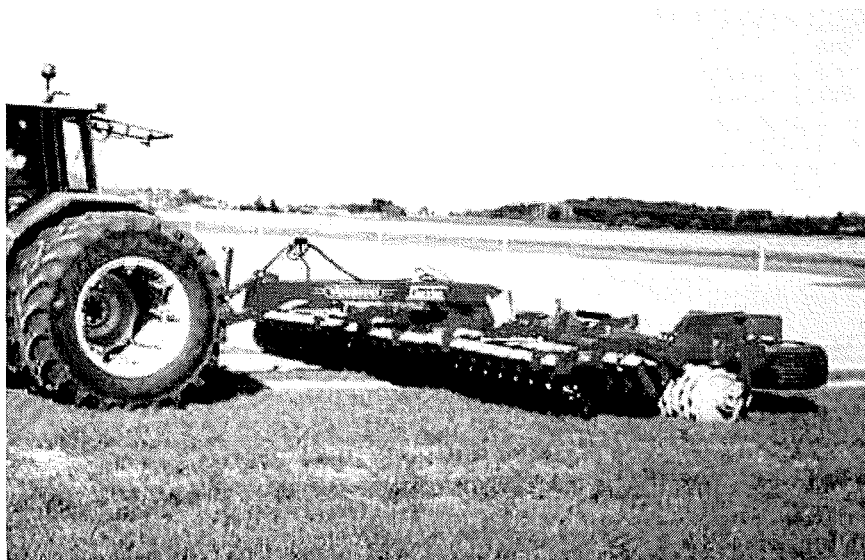


Figur 16. Medelavkastning år 2001 - 2002. År 2001 odlades havre och år 2002 vårvete.

I två av de tre försöken gav vårplöjning och såbäddsbereidning med Rexus Twin högst skörd. I det tredje försöket gav ledet som bearbetades två gånger med Carrier högst skörd. I alla tre försök gav Carrierledet med två körningar högre skörd än det höstplöjda ledet med konventionell såbäddsbereidning. I försöket som var beläget på en 30 % lera var skillnaden gentemot det höstplöjda ledet statistiskt signifikant. Valdes en av de två bearbetningarna med Carrier bort sjönk skörden med 3 - 4 % i alla tre försöken. Carrierleden var inte de enda leden med reducerad bearbetning. Även grund

bearbetning med tallriksredskap prövades. I två av de tre försöken gav leden med tallriksredskap högre skörd än det höstplöjda ledet med konventionell såbäddsbereidning. Försöksleden med reducerad bearbetning hävdade sig väl gentemot det höstplöjda ledet även år 2001. I figur 16 ser man att resultaten från de två första försöksåren pekar på att det är fullt möjligt att ersätta höstplöjningen med en grundare bearbetning på våren utan att äventyra skörden.

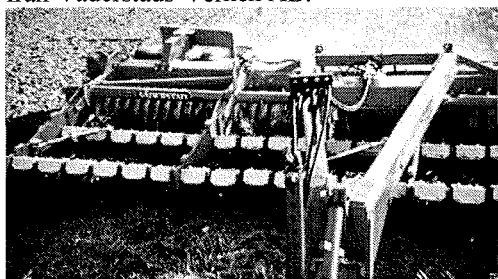
Kontaktperson är Urban Svantesson, tel. 018-671203



## Grund bearbetning till höstsäd

Hösten 2001 startades två försök där grund bearbetning, 5-7 cm, till höstsäd studeras. Försöken är belägna på en lättjord och en styv lera. På lättjorden gav det plöjda ledet högst skörd men på den styva leran var skörden högre i leden som kultiverades 10-15 cm djupt.

Grund bearbetning till 5-6 cm har på några år blivit ett alternativ till den "vanliga" reducerade bearbetningen i flera europeiska länder. För att undersöka hur detta system fungerar under svenska förhållanden startades två försök i serien "Grund bearbetning till höstsäd" R2-4125, hösten 2001. Båda försöken är belägna utanför Uppsala. Det ena ligger på en lättjord (ca 15 % ler) och det andra på en styv lera (ca 40-45 % ler). Den grundna 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. Nedan redovisas försöksleden som ingick i de två försöken.

- A. Tallriksredskap 2 gånger + vältning 1 gång
- B. Tallriksredskap 2 gånger
- C. Kultivator 2 gånger + vältning 1 gång
- D. Kultivator 2 gånger
- E. Carrier 1 gång + kultivator 1 gång
- F. Carrier 2 gånger
- G. Konventionell plöjning + 2 harvningar

Den första bearbetningen gjordes strax efter skörd hösten 2001. Efter ca 4 veckor gjordes den andra bearbetningen. Därefter såddes försöken med höstvet. Vältningen i led A och C gjordes direkt efter den första bearbetningen. Förfrukterna var korn med insädd på lättjorden och havre på den styva leran. Försöken drevs konventionellt i den meningen att kemiskt växtskydd och handelsgödsel användes efter behov. Bearbetningsdjupen var följande:

Plöjning	22-24 cm
Kultivator	10-15 cm
Tallriksredskap	10-13 cm
Carrier	5-7 cm

### Resultat och diskussion

I tabell 21 visas skörderesultaten för år 2002. Inga skördeskillnader var statistiskt signifikanta. På lättjorden gav det plöjda ledet högst skörd och på den styva leran var skörden högst i de båda leden som kultiverades till 15 cm. Grund bearbetning med Carrier gav något lägre skörd än konventionell höstplöjning i båda försöken. Men skörderesultaten från de båda försöken pekar mot att det går att ersätta den konventionella höstplöjningen med någon form av grund bearbetning utan att riskera större sänkning av skörden.

Kontaktperson är Urban Svantesson, tel. 018-671203

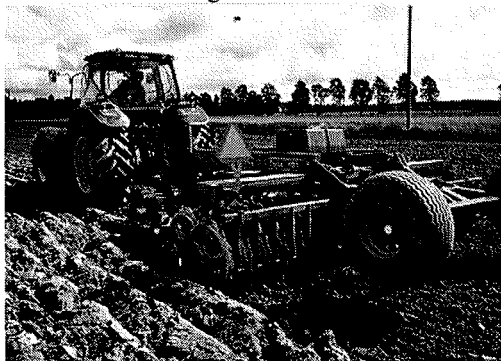
Tabell 21. Skörd av höstvetet år 2002

	Lättjord		Styv lera	
	kg/ha	Rel. tal	kg/ha	Rel. tal
A. Tallriksredskap 2 gånger + vältning 1 gång	7160	100	6240	100
B. Tallriksredskap 2 gånger	7340	102	6280	101
C. Kultivator 2 gånger + vältning 1 gång	7310	102	6540	105
D. Kultivator 2 gånger	7400	103	6540	105
E. Carrier 1 gång + kultivator 1 gång	7500	105	6380	102
F. Carrier 2 gånger	7470	104	6160	99
G. Konventionell plöjning	7590	106	6380	102

## Försök med Väderstads Rexius Twin

I två försök undersöks om det går att ersätta konventionell såbäddsberedning med en körning med Rexius Twin. I det ena försöket studeras såbäddsberedning till höstsådd och i det andra till vårsådd. Skördeskillnaderna mellan de olika behandlingarna har varit små på båda försöksplatserna under de två första åren.

Hösten 2000 anlades två försök där möjligheten att ersätta den konventionella såbäddsberedningen med en körning med Rexius Twin undersöks. Det ena försöket höstsås, **R2-4120** och det andra vårsås, **R2-4121**. Försöken är belägna i Uppsala på jordar med en lerhalt 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 + höstharvning

## Resultat och diskussion

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

Skörderesultaten från försöksåren 2001 och 2002 redovisas i tabellerna 22 och 23.

*Tabell 22. Skörd (kg/ha), Rexius Twin till höstsådd*

År	2001	2002
<i>Gröda</i>	<i>höstvet</i>	<i>höstvet</i>
A. Plöj. + intensiv såbäddsberedning	6700	6410
B. Plöj. + Rexius Twin	6630	6460
C. Plöj. + tallriksr. 2 ggr + 1 harv.	6620	6270

*Tabell 23. Skörd (kg/ha), Rexius Twin till vårsådd*

År	2001	2002
<i>Gröda</i>	<i>havre</i>	<i>havre</i>
A. Höstplöj. + konv. såbäddsberedning	4800	5540
B. Höstplöj. + Rexius Twin på hösten	5020	5370
C. Höstplöj. + höstharvning	5210	5510

Inga skördeskillnader var statistiskt signifikanta år 2002. I båda försöken var skördarna relativt höga och jämna. Efter sådd, våren 2002, var vädret torrt och eventuella skillnader i såbäddskvalitet borde ha visat sig i form av försämrade uppkomst och lägre skörd. Resultaten från de båda försöksåren visar att det, i flera fall, är fullt möjligt att byta ut konventionell såbäddsberedning mot en körning med Rexius Twin både vid höst- och vårsådd.

Kontaktperson är Urban Svantesson, tel. 018-671203

## Bearbetningssystem i vårraps på olika jordar

**Under 2002 startades en försöksserie (R2-4126) för att studera lämpligheten av ett ganska nytt redskap, Väderstad Carrier med system Disc, som ger en förhållandevis aggressiv men grund bearbetning av jorden till 5-7 cm djup, för etablering av vårraps på lerjordar.**

År 2001 (skördeår = 2002) utlades två fältförsök, ett på lättlera och ett på mellanlera, på Säby strax söder om Uppsala City. Följande behandlingar ingår:

- A) Höstplöjning + konv. vårbruk
- B) Glyphosat, direktsådd med Rapid
- C) Glyphosat, Rexius Carrier 3 ggr, Nordsten
- D) Tallriksredskap 3 ggr, Rapid
- E) Rexius Carrier 3 ggr, Rapid
- F) Glyphosat, Rexius Carrier 3 ggr, Rapid

Två veckor före bearbetning och sådd behandlades led B, C och F med glyphosat för att avdöda fånggrödan. Försöken såddes den 24:e april, ganska tidigt för området för det var ett ganska gynnsamt väderleksförhållande. Efter sådd regnade det sammanlagt 30 mm och därefter var det uppehåll med snabb upptorkning, varför skorpbildning var ett faktum. Skorpbildningen var tydligare i det höstplöjda ledet. Skorpbrytning skedde med vålt för att underlätta uppkomst och etablering.

### *Genomförda studier*

I försöken undersöktes såbäddens kvalitet, dvs dess aggregatstorleksfördelning, ytans respektive bottens ojämnheter, samt dess tjocklek och vattenhalt. Bestämningarna gjordes strax efter sådd. Samtidigt bestämdes vattenhalten i underliggande matjord på djupet 7-17 cm. I mitten av vegetationsperioden bestämdes matjordens penetrationsmotstånd, skrymdensitet och vattenhalt. Antal plantor per ytenhet

räknades en månad efter sådd. Skörd och råfett bestämdes rutvis respektive ledvis.

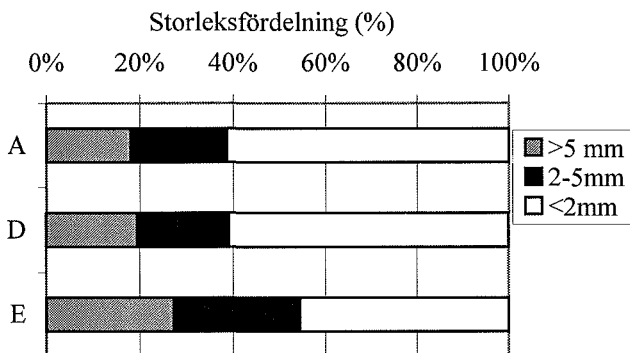
### **Resultat**

I tabell 24 och 25 samt i figur 17 och 18 redovisas matjordens egenskaper under försöksperioden. Aggregat med <2 mm diameter dominerade i såbädden på lättlera oavsett bearbetningsmetod. Inga signifikanta skillnader uppmättes när det gäller olika behandlingarnas effekter på aggregatstorleksfördelning, men bearbetning med Väderstad Carrier gav ojämnare såbotten och markyta samt grundare såbädd. Matjordens penetrationsmotstånd var betydligt lägre i det höstplöjda ledet än i alla andra behandlingar (figur 19 & 20)

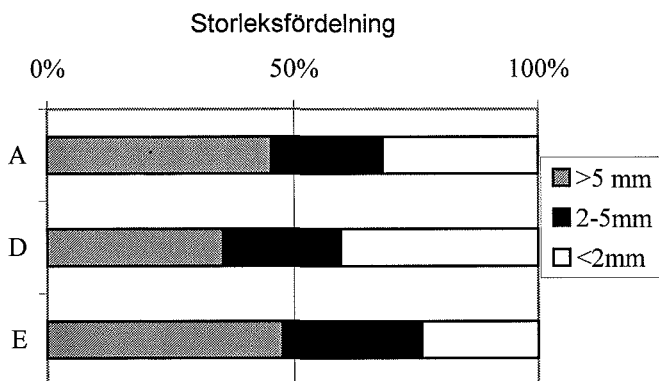
I tabell 27 anges skörderesultaten. I båda försöken gav led med direktsådd, följt av höstplöjning, lägre skörd än de flesta leden med ytbearbetning på våren. Bearbetning med Väderstad Carrier Disc gav i vissa fall högre skörd än led med höstplöjning. Ledet gav högsta relativskörd i försöket på mellanlera. Andersson (2002) fann liknande resultat för stråsåd. Kontaktperson: Ararso Etana, tel 018-671259.

### **REFERENSER**

Andersson, F. 2002. Grund bearbetning med Väderstads Rexius Carrier. Meddelanden från jordbearbetningsavdelningen, institutionen för markvetenskap, SLU, Uppsala. 48 s.



Figur 17. Såbäddens aggregatstorleksfördelning (lättlera, Säby).



Figur 18. Såbäddens aggregatstorleksfördelning (mellanlera, Säby).

Tabell 24. Såbäddens egenskaper (A= höstplöjning, konv, vårbruk; D=Bearbetning med tallriksredskap till 10-12 cm; E = ytbearbetning med Väderstad Rexus Carrier till 5-7 cm)

Led	Nivåskillnad (cm)		Bearbetningsdjup
	Markyta	Bearbetningsbotten	
A	2,7	2,2	3,2*
D	2,5	1,8	2,8
E	3,0*	3,1*	2,2

\*Signifikans

Tabell 25. Matjordens skrymdensitet och vattenhalt i mitten av vegetationsperioden

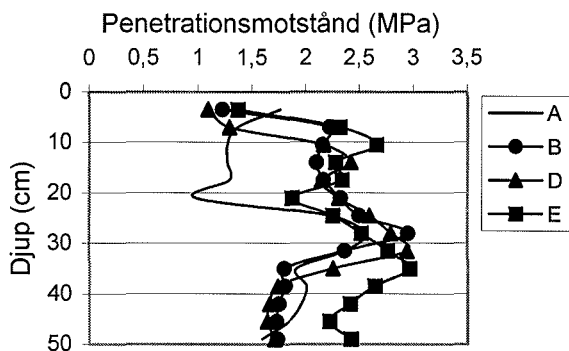
Led	Lättlera		Mellanlera	
	Skrymdensitet (g/cm <sup>3</sup> )	Vattenhalt (vikts%)	Skrymdensitet (g/cm <sup>3</sup> )	Vattenhalt (vikts%)
A	1,303	20,2	1,445	17,3
B	1,340	20,4	1,441	18,2
D	1,302	20,8	1,412	17,8
E	1,279	19,9	1,497	17,6

Tabell 26. Planttäthet (st/m<sup>2</sup>) en månad efter sådd (utsädesmängd = 9,1 kg/ha). Skillnaderna mellan leden är ej statistiskt signifikanta

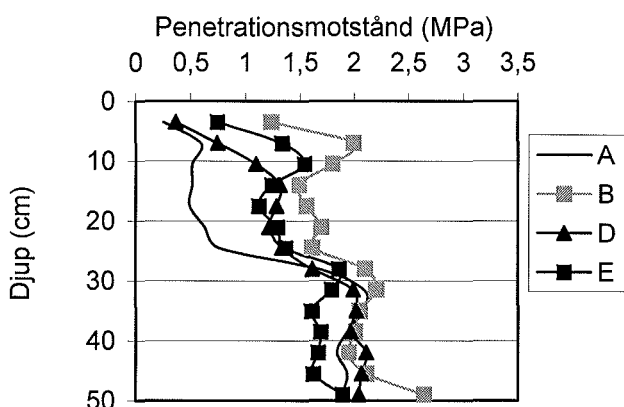
Led	Lättlera	Mellanlera	Medeltal
A	142	137	139
B	164	154	159
C	164	172	168
D	146	154	150
E	155	169	162

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

Led	Lättlera	Mellanlera	Medeltal
A) Höstplöjning + konv. Vårbruk	3100=100	2790=100	2945=100
B) Glyphosat, direktsådd med Rapid	76	96	86
C) Glyphosat, Rexius Carrier 3 ggr, Nordsten	97	115	106
D) Tallriksredskap 3 ggr, Rapid	111	109	110
E) Rexius Carrier 3 ggr, Rapid	94	106	100
F) Glyphosat Rexius Carrier 3 ggr, Rapid	108	107	107



Figur 19. Penetrationsmotstånd vid olika jordbearbetningsystem (lättlera)



Figur 20. Penetrationsmotstånd vid olika jordbearbetningsystem (mellanlera)



# JORDPACKNING, MARKSTRUKTUR OCH MARKVÅRD

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

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

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

- R2-7115 Extremt låga marktryck i odling med och utan plöjning (1996)
- R2-7116 Packningseffekter av tunga betupptagare (1995)
- R2-7117 Biologisk alvluckring (1998)
- R2-7401-2 Packningseffekter av stallgödselspridning (2001)

Dessutom ingår projekt för att studera risken för packning i alven på olika jordar och vid olika vattenhalter, och tekniska möjligheter att undvika jordpackning. Förutom den traditionella verksamheten kring jordpackning ingår också generella markvårdsfrågor, även internationellt, i detta program. Under året har bl.a. utförts ett examensarbete för att studera effekter av ekologisk odling på markstrukturen.

## 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 både år 2001 och 2002 blev skörden högre i led med låga marktryck. En möjlig förklaring är att strukturen förbättrats gradvis vilket kan ha höjt skörden.

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

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

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

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

Under 2002 gjordes mätningar av skrymdensitet, genomsläpplighet och penetrationsmotstånd i försök 641/97. Dessutom gjordes mätning av tryck och deformation på olika djup i marken under dubbel- respektive enkelmontaget.

Tabell 28. Skörd (kg/ha och relativtal) i försöksserie R2-7115 2002

Försök nr	641/97	642/97	643/97	Medel
Plats	Ultuna	Ultuna	Ultuna	2001
Jordart	nmh ML	nmh ML	mmh LL	
Förfrukt	Korn	Havre	Havre	
Gröda	Havre	Korn	Korn	
Plöjning, normala marktryck	5060=100	5630	4580	100
Plöjning, låga marktryck	110	103	99	104
Ej plöjning, normala marktryck	107	99	98	101
Ej plöjning, låga marktryck	113	98	102	105
Plöjning	100	100	100	100
Ej plöjning	101	98	102	100
Normala marktryck	100	100	100	100
Låga marktryck	108	101	102	104
Sign. plöjning	n.s.	n.s.	n.s.	
Sign. marktryck	*	n.s.	n.s.	
Sign. samspel	n.s.	n.s.	n.s.	

Tabell 29. Skörd (kg/ha och relativt) i försöksserie R2-7115 1998-2002

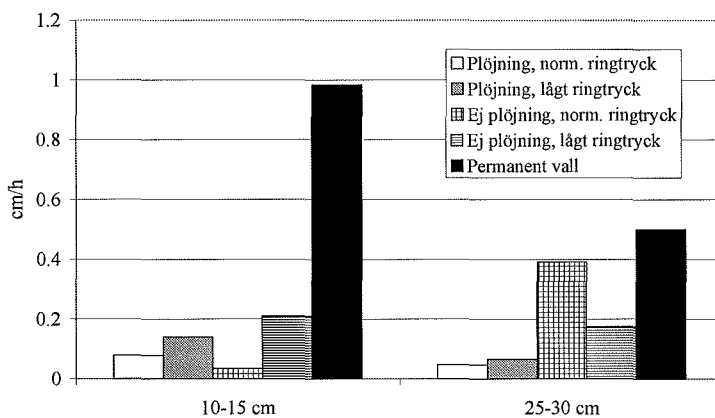
Försök nr	641	642	643	Alla
Plats	Ultuna	Ultuna	Ultuna	
Jordart	nmh ML	nmh ML	mmh LL	
Försöksår	5	5	5	15
Plöjning, normala marktryck	100	100	100	100
Plöjning, låga marktryck	105	100	98	101
Ej plöjning, normala marktryck	102	102	100	101
Ej plöjning, låga marktryck	105	102	96	101
Plöjning	100	100	100	100
Ej plöjning	100	102	99	100
Normala marktryck	100	100	100	100
Låga marktryck	104	100	97	101

## Resultat

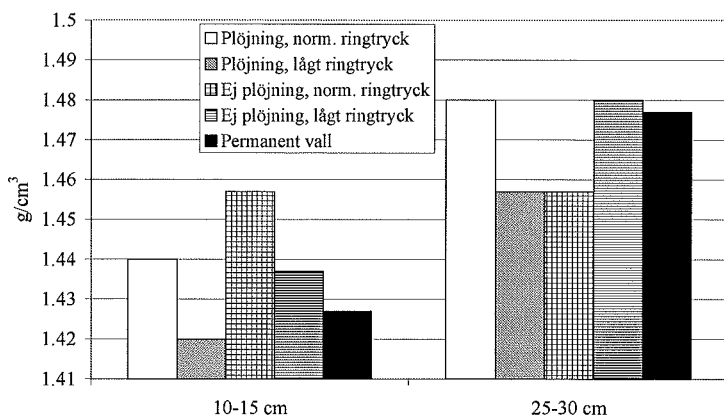
Under 2002 gav plöjningsfri odling i genomsnitt samma skörd som odling med plöjning, tabell 28. Låga marktryck gav högre skörd än normala marktryck i samtliga försök, i ett av försöken var skillnaden statistiskt signifikant. Resultatet är intressant, eftersom skörden under de sista två åren varit högre för låga marktryck, medan skördeskillnaden snarast gick åt andra hållet de första åren. 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. Inga signifikanta samspelseffekter har erhållits, d.v.s. låga marktryck har haft samma betydelse oavsett bearbetningsmetod.

De markfysikaliska undersökningarna i försök 641/97 visar på en ökad genomsläpplighet för vatten i matjorden för led med låga marktryck, skillnaderna var dock ej signifikanta (figur 21). Ledet med



Figur 21. Mättad genomsläpplighet för vatten i försök 641/97, mätningarna utfördes våren 2002.

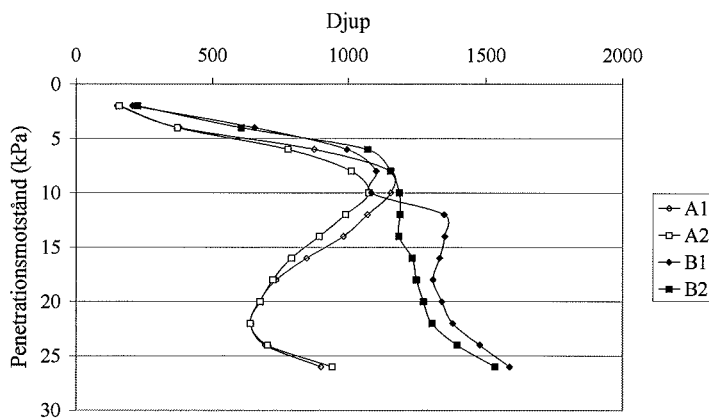


Figur 22. Torr skrymdensitet i försök 641/97, mätningarna utfördes våren 2002.

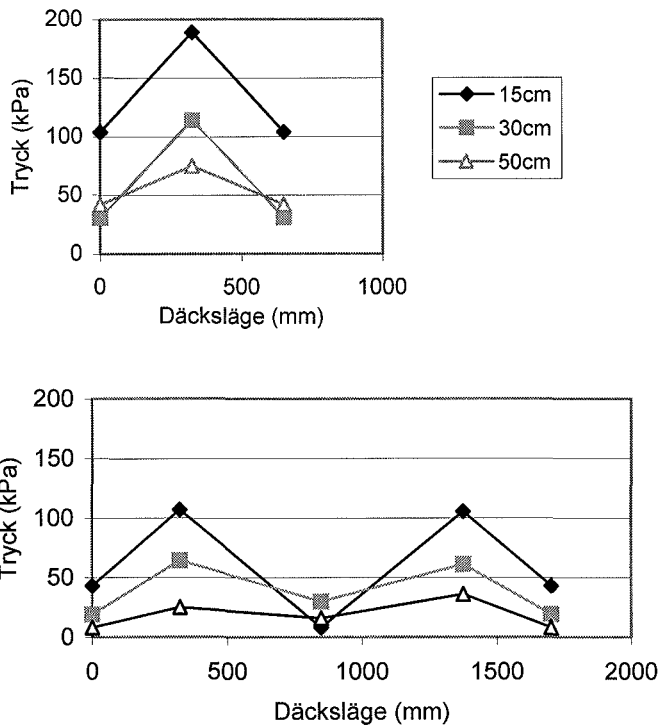
permanent vall hade högst genomsläpplighet. I plogsulan var genomsläppligheten högst i valledet och de ej plöjda leden, skillnaderna var dock inte signifikanta. Skillnader i skrymdensitet var i regel små (figur 22). Penetrationsmotståndet i nedre delen av matjorden var högst i de plöjningsfria leden (figur 23). Låga marktryck gav något lägre penetrationsmotstånd, skillnaden jämfört med normal marktryck var statistiskt signifikant.

Uppmätt tryck under det enkla hjulet och

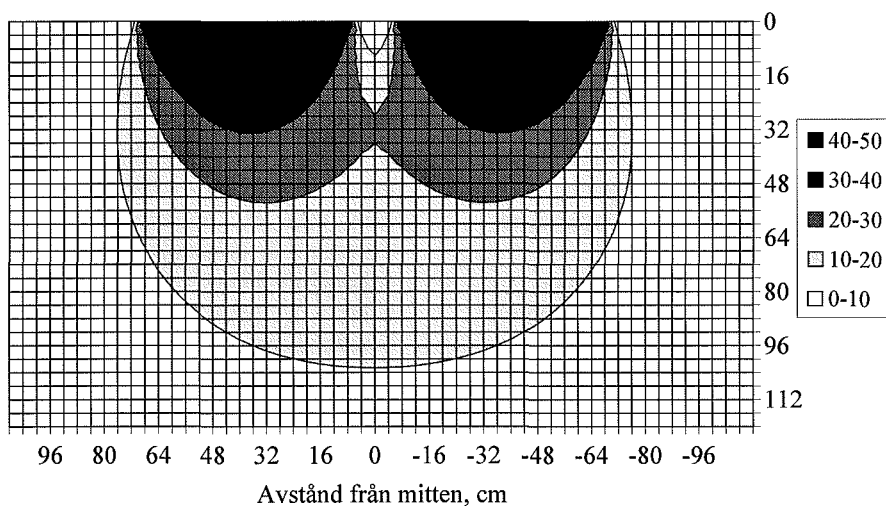
dubbelmontaget visas i figur 24. Trycket var betydligt högre under det enkla hjulet både i matjord och alv. Genom att ringtrycket kan sänkas och hjullasten minskas med dubbelmontage minskar packningsrisken kraftigt på alla djup. Både mätningar och beräkningar (figur 25) visar att samverkan mellan de båda hjulen är liten till åtminstone 0,5 m, d.v.s. de båda hjulen i dubbelmontaget verkar i huvudsak som enskilda hjul. Kontaktperson är Johan Arvidsson, tel. 018/67 11 72.



Figur 23. Penetrationsmotstånd i försök 641/97 våren 2002. A=plöjning, B=ej plöjning, 1=normala ringtryck, 2=låga ringtryck.



Figur 24. Tryck på 15, 30 och 50 cm djup under enkelt hjul (överst) och dubbelmontage. Mätningar gjordes mitt under och under kanten på hjulen, och mellan hjulen i dubbelmontaget.



Figur 25. Beräknat tryck under dubbelmontaget.

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

Körning med höga axelbelastningar medför risk för alvpackning, som kan ses som ett hot mot markens långsiktiga produktionsförmåga. Under åren 1995-1997 startades sex fältförsök i Skåne för att studera effekter av körning med tunga betupptagare. De betupptagare som användes i försöken orsakade packning till åtminstone 50 cm djup, vid en vattenhalt i marken som kan förväntas under sena höstar i Skåne. Effekten på skörden har i genomsnitt varit liten. År 2002 var sista skördeår för försöken.

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

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

Som en del av projektet startades sex fältförsök 1995-1997 i serie **R2-7116** för att studera effekter av körning med tunga maskiner på markens fysikaliska egenskaper och på skörd av efterföljande grödor. I denna sammanställning redovisas endast skörd i försöken t.o.m. år 2002. Resultat från markfysikaliska mätningar och andra delar av projektet finns bl.a. presenterade i Betodlaren nr 2, 2000. Projektet slutrapporterades i rapport 102 från avdelningen för jordbearbetning: Alvpackning av tunga betupptagare, slutrapport från försök 1995-2000.

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

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

### *Försöksplan och försökens utläggning*

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

A= Ingen körning

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

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

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

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

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

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

Av praktiska skäl har försöken lagts ut i stubbåker. Vid varje körtillfälle bestämdes markens vattenhalt och ringtrycket i de hjul

som överför marken. Körning i led B-D gjordes under "våta" förhållanden i oktober eller november. "Torra" förhållanden i led E erhöles genom att utföra körningen tidigare på hösten. Höstarna 1995, 1996 och 1997 var relativt torra och ingen av körningarna gjordes under speciellt svåra förhållanden. Spårdjup efter 4 överfarer med de sexradiga upptagarna var i regel 5-10 cm, och något mer för den treradiga.

## Resultat

Skörd i samtliga försök som skördats t.o.m. 2002 redovisas i tabell 30. Skillnader i skörd mellan leden har i genomsnitt varit liten. Endast i två fall har uppmätts signifikanta skördesänkningar av packning, i båda fallen

med lägst skörd i led D. År 2001 gav försöket på Kronoslätt signifikant högre skörd i packade led. En förklaring kan vara att sommaren 2001 var relativt torr, och att packningen förbättrade markens omättade ledningsförmåga för vatten. Grödan var höstvete, vilken oftast anges som den mest packningståliga grödan. I medeltal för samtliga försök är skörden i led D samma som för kontrolleddet. Mätningar av skörd är nu avslutade.

Undersökningar av markens fysikaliska egenskaper visar dock att körningen i framförallt led D orsakat en sänkning av markens genomsläpplighet och en höjning av penetrationsmotståndet till ca 50 cm djup. Kontaktperson är Johan Arvidsson, tel. 018 67 11 72.

Tabell 30. Relativ skörd (ingen körning=100) efter körning med tunga betupptagare, 1997-2002

Plats	År	Gröda	Rel. Skörd ( $A^1=100$ )					Sign.
			A	B	C	D	E	
Tornhill	1997	Vårkorn	100	99	101	95	95	*
Tornhill	1998	Höstraps	100	105	105	106	105	n.s.
Brahmehem	1998	Höstvete	100	102	103	103	105	n.s.
Sandby	1998	Ärter	100	101	91	91	98	n.s.
Kronoslätt	1998	Vårkorn	100	102	100	99	101	n.s.
Tornhill	1999	Höstvete	100	101	102	104	103	n.s.
Kronoslätt	1999	Höstvete	100	100	103	101	101	n.s.
Sandby	1999	Höstvete	100	102	98	97	99	*
Elvireborg	2000	Höstvete	100		99	96		n.s.
Sandby	2000	Rödsvingelfrö	100	106	103	108	112	n.s.
Brahmehem	2000	Korn	100	99	102	99	96	n.s.
Kronoslätt	2000	Höstraps	100	99	98	95	99	n.s.
Tornhill	2001	Korn	100	100	99	100	102	n.s.
Brahmehem	2001	Höstraps	100	101	100	99	102	n.s.
Kronoslätt	2001	Höstvete	100	102	107	108	110	*
Brahmehem	2002	Höstvete	100	100	99	100	99	n.s.
Medel (n=16)			100		101	100		n.s.
Medel (n=15)			100	101	101	100	102	n.s.

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

## Packning av tunga betupptagare – effekt av ringtryck och hjullast på tryckutbredning i marken

Under vårvintern 2002 gjordes mätningar av marktryck och markrörelse på olika djup i marken för en sexradig betupptagare med utrustning för att reglera ringtryck. Vid en hjullast på 8,6 ton (framhjul) var trycket på 30 cm djup lägre vid lägre ringtryck. På större djup fanns inga signifikanta skillnader. Trycket under bakhjulet (3,3 ton) var mycket lägre än trycket under framhjulet på alla djup.

Under vårvintern 2002 gjordes ett försök där effekterna av ringtryck och hjullast på tryck i marken studerades. Försöket genomfördes på Rosenhälls Gård i Billeberga (Skåne) på en mellanlera under ganska blöta förhållanden med en sexradig betupptagare, märke Riecam. Betupptagaren hade en hjullast på 8,6 ton vänster fram och 3,3 ton vänster bak. Däcksutrustningen var Michelin 1050/50R32, som kördes med tre olika ringtryck i framdäcken: 100, 150 och 250 kPa. Ringtrycket i bakdäcket var 150 kPa. Mätningarna av vertikala tryck och markrörelser gjordes på 30, 50 och 70 cm djup. Fyra mätningar gjordes per ringtryck och hjullast. Det gjordes ytterligare tryckmätningar i matjorden på 10 cm djup, för att få tryckfördelningen direkt under hjulen med hög upplösning både i körriktningen och på tvären.

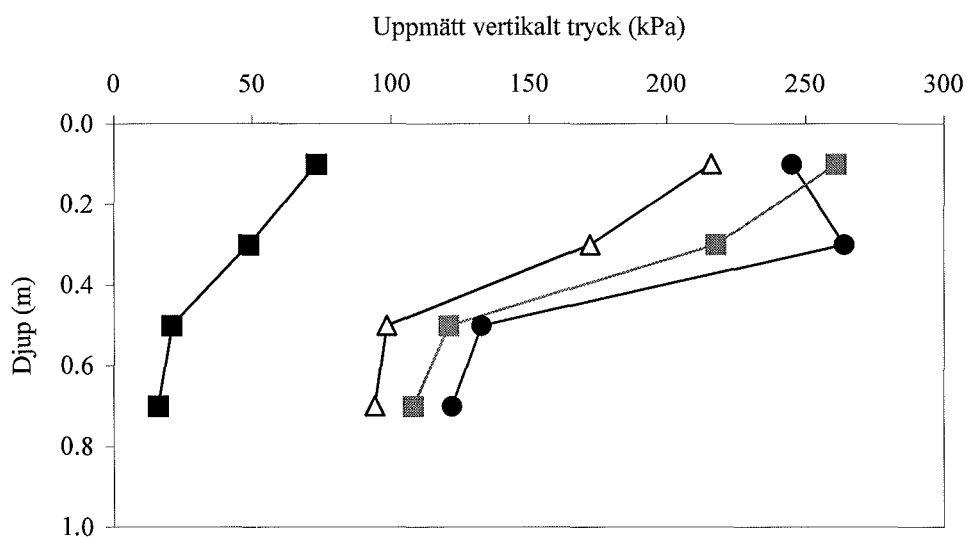
Tryck under de olika hjulen och vid de olika ringtrycken simulerades även med en enkel modell som använder *Soehnes* ansats för att beräkna tryck under en last med en viss anläggningsyta. Anläggningsyta och tryckfördelningen i anläggningsytan approximerades på tre olika sätt: (i) tryckmätningar på 10 cm djup användes som modellens indata; en cirkulär anläggningsyta med (ii) en jämn tryckfördelning och ett tryck lika med ringtrycket och (iii) med en konformig tryckfördelning med ett maximalt tryck på 2-3 gånger ringtrycket i mitten av anläggningsytan.

### Resultat och diskussion

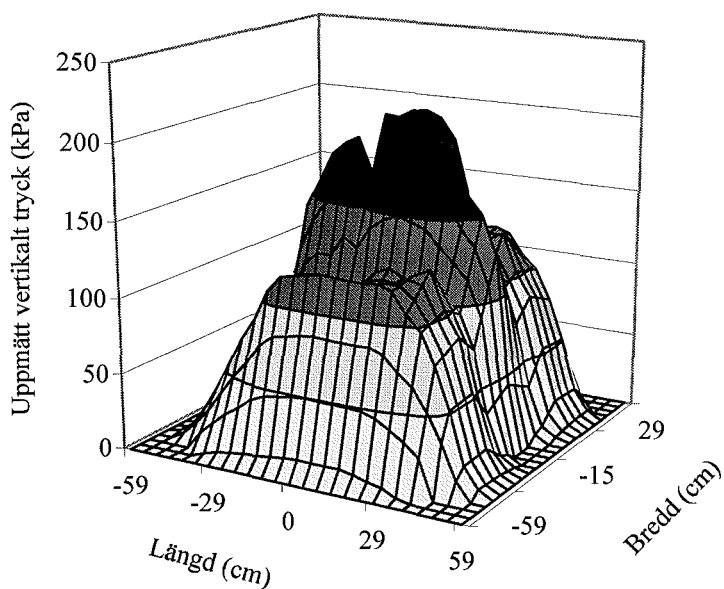
Ringtrycket hade en signifikant effekt på trycket på 30 cm djup (figur 26). Marktrycket

var mindre vid mindre ringtryck. Även den vertikala markrörelsen på 30 cm djup var större vid det största ringtrycket jämfört med lägre ringtryck. Marktrycket på 30 cm var till och med en aning högre än ringtrycket. Detta beror på att trycket i kontaktytan, dvs direkt under ett däck, är ojämnt fördelat, vilket gör att det maximala trycket kan vara flera gånger högre än ringtrycket, beroende på däck, ringtryck, hjullast och fältförhållanden. Trycket mitt under däcket vid 250 kPa ringtryck var till och med lägre än vid 150 kPa ringtryck, vilket kan bero på olika tryckfördelningar vid olika ringtryck. Tryckfördelning under det vänstra framdäcket vid ett ringtryck på 100 kPa visas i figur 27. Trots ett ringtryck på 100 kPa var det maximalt uppmätta trycket omkring 216 kPa. Trycket i matjorden avtog mycket svagt med djupet. Först på 30 till 50 cm djup skedde en kraftig minskning av trycket. På större djup fanns inga signifikanta skillnader i tryck. Ringtrycket och därmed trycket i kontaktytan påverkar trycket i matjorden, men även i de översta alvskikten. På större djup beror dock trycket framför allt på hjullasten. Dessa resultat stämmer bra överens med en tidigare undersökning som gjordes vid avdelningen. Trycket på 70 cm djup var kring 100 kPa, vilket är relativt högt på detta djup. Det höga trycket berodde på den höga hjullasten. Trycket under bakhjulet var på alla djup mycket lägre än trycket under framhjulet (figur 26), vilket beror på den lägre hjullasten. Även i matjorden var det inte bara ringtrycket som bestämde marktrycket, utan också hjullasten tycks ha betydelse. Hjullastens betydelse för trycket i matjorden ska undersökas i framtiden.





Figur 26. Medelvärde av uppmätt tryck under betupptagarens vänstra framhjul med en hjullast på 8,6 ton och ett ringtryck på 250 kPa (svarta cirklar), 150 kPa (gråa rutor) samt 100 kPa (vita trianglar), och under betupptagarens vänstra bakhjul med en hjullast på 3,3 ton och ett ringtryck på 150 kPa (svarta rutor).



Figur 27. Uppmätt fördelning av det vertikala trycket under det vänstra framhjulet (8,6 ton) med ett ringtryck på 100 kPa.

Figur 28 visar den beräknade tryckutbredningen under det vänstra framhjulet vid ett ringtryck på 150 kPa jämfört med det uppmätta trycket. När den uppmätta tryckfördelningen på 10 cm djup användes som indata var överensstämmelsen mellan mätningar och beräkningar tillfredsställande. Det syns dock att modellen inte tar hänsyn till olika jordlager och inte heller till deformationer i marken, vilket kan förklara små skillnaderna som finns mellan simulerade och uppmätta värden. När en cirkulär anläggningsyta med en jämn tryckfördelning antas blir dock det beräknade trycket betydligt för lågt ända ner till ungefär 50 cm djup. En konformig tryckfördelning som approximation visade sig i det fallet vara lämplig och kan också rättfärdigas med hänsyn till den uppmätta tryckfördelningen (figur 27). Beräkningarna med modellen tydliggör att tryckfördelningen i anläggningsytan påverkar trycket inte bara i matjorden, utan också i de översta alvskikten.

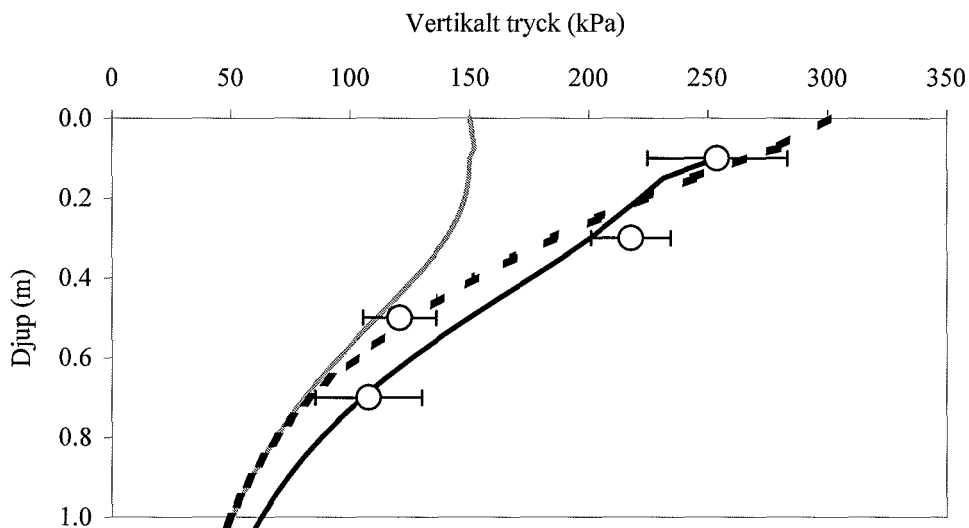
Tryckfördelningen i anläggningsytan för ett visst däck är påverkad av både ringtrycket och hjullasten. Beräkningarna med den lägre hjullasten leder till samma slutsats.

Sammanfattningsvis kan konstateras att - för ett visst däck - ringtrycket påverkar trycket i matjorden och de översta alvskikten. Risken för alvpackning kan dock bara effektivt minskas genom att köra med låga hjullaster.

#### Tack

Vi tackar Sten Segerslätt och medarbetare på Rosenhälls Gård (Billeberga) för deras stora intresse och hjälp under mätningarna.

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



Figur 28. Uppmätt vertikalt marktryck (medel och SEM) under vänstra framhjulet med en hjullast på 8,6 ton (vita cirklar) och beräknat vertikalt tryck efter *Soehne*, med tryckmätningar på 10 cm djup som indata (svart linje); en cirkulär kontaktyta med en jämn tryckfördelning med ett tryck lika med ringtrycket (grå linje), och med en konform tryckfördelning med ett maximalt tryck i mitten av anläggningsytan på 300 kPa (svart punkterad linje) som indata.

## Marktryck under en treaxlad kalkspridare – trycksamspel i marken under tandemaxlar

Under våren 2002 gjordes mätningar av marktryck och markrörelse på olika djup i marken för en treaxlad kalkspridare. Trycket var betydligt lägre mitt emellan axlarna jämfört med direkt under mitten av en enskild axel, även på 70 cm djup, trots att axlarna satt tätt efter varandra. Detta innebär att tandem och boggieaxlar verkar som enskilda axlar vad gäller tryck i marken.

Under våren 2002 gjordes ett försök där trycksamspelen i marken under tandemaxlar studerades. Försöket genomfördes utanför Strängnäs på en styv lera under fuktiga förhållanden med en treaxlad kalkspridare (figur 29). Kalkspridarens totalvikt var 19,2 ton. Varje axel vägde således 6,4 ton. Spridaren var utrustad med 700/50-26,5 Trelleborg Twin däck med ett ringtryck på 160 kPa. Axelavståndet var 1,45 m.

Mätningarna av vertikala tryck och markrörelser gjordes på 30, 50 och 70 cm djup. Tre körningar gjordes på fältet (upprepningar).

### Resultat och diskussion

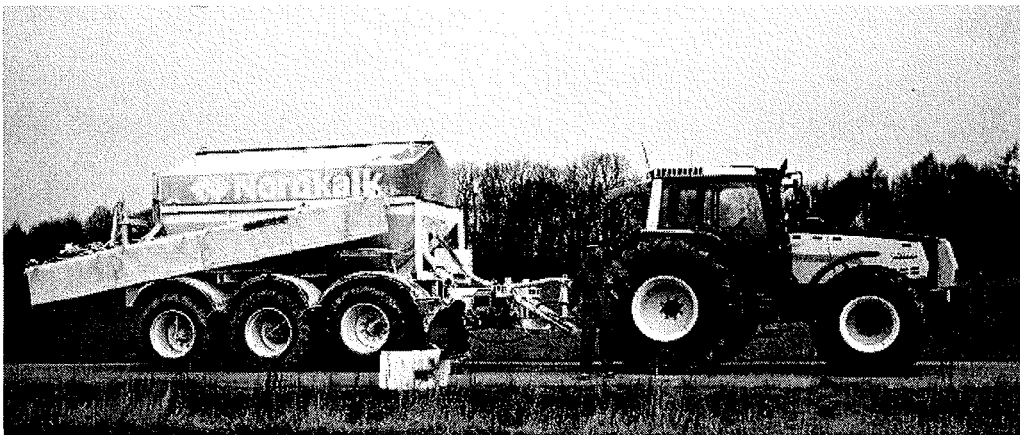
Trycket var betydligt lägre mitt emellan axlarna jämfört med direkt under mitten av en enskild axel, även på 70 cm djup, se figur 30. Trycksamspelen i marken från de tre axlarna var alltså litet, trots att axlarna satt tätt efter varandra med ett axelavstånd på 1,45 m vid en däcksdiameter på 1,35 m.

Experimentet visade att tandem- eller boggieaxlar verkar som enskilda axlar vad gäller tryck i marken.

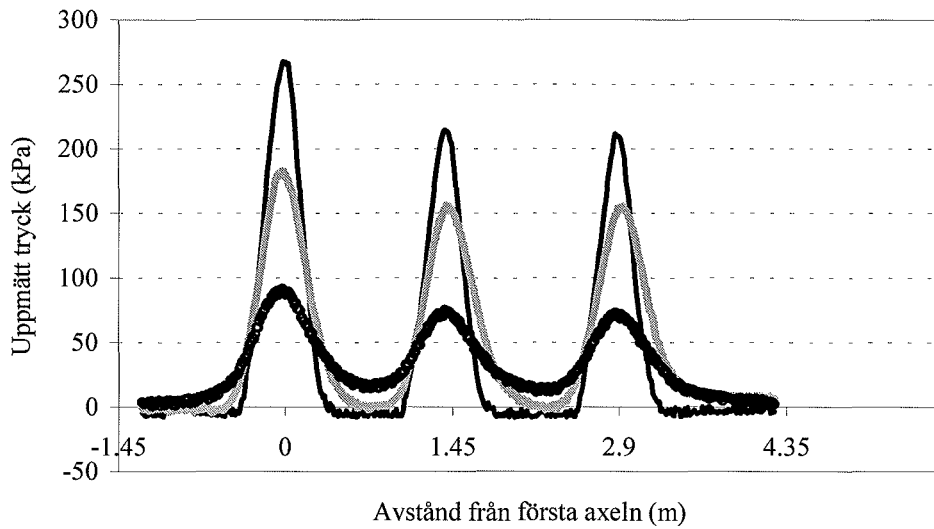
Resultaten visar att hjullasten huvudsakligen bestämmer trycket i alven. Detta har stor praktisk betydelse. Genom att fördela maskinens totalvikt på flera axlar kan hjullasten minskas. En reducering av hjullasten innebär också att ringtrycket kan sänkas, vilket ytterligare minskar risken för markpackning i matjorden och de översta alvskikten.

Vi tackar Ove Sjöberg på Ullhälls Gård i Strängnäs och Mats Persson, ägare till den treaxlade kalkspridaren och hans medarbetare för deras stora hjälp under mätningarna.

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



Figur 29. Treaxlad kalkspridare.



Figur 30. Uppmätt tryck på 30 cm (svart linje), 50 cm (grå linje) och 70 cm djup (svart punkterad linje) under den treaxlade kalkspridaren med en axelbelastning på 6,4 ton.

## Tidpunkt för spridning av strörika gödselslag – effekt på växtnäringens utnyttjande, 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 växtnäringen sämre, vilket leder till skördesänkning och läckage av växtnäringen. Vid ekologisk odling är teknik för stallgödselspridning mycket viktig för ett effektivt utnyttjande av växtnäring i gödseln. För att undersöka en optimal tidpunkt för spridning av strörik stallgödsel vid ekologisk odling startades ett projekt hösten 2001.**

I försöksserien ingår två försök, ett på styv lera (R2-7401) och ett på mellanlera (R2-7402). Försöksutformningen framgår av tabell 31. Spridning av strörik stallgödsel utfördes vid tre tidpunkter som framgår av tabell 31. I försöken undersöktes matjordens packningstillstånd, innehåll av mineralkväve på markdjupet 0-60 cm och skörd av huvudgröda. Innehåll av mineralkväve bestämdes på senhösten, vid sådd på våren samt vid full mognad.

### Resultat

I figur 31 visas bilder av matjordsprofiler för att åskådliggöra packningseffekter vid olika tidpunkter. Bilden var tagen vid slutet av vegetationsperioden. Packning på våren (led H) orsakade en stor försämring av markstruktur och högt penetrationsmotstånd (figur 32). Det var en stor spridning i mängden mineralkväve (figur

33 och 34) vid alla mättillfällen som kan bero på en ojämn spridning av den strörika gödseln.

I tabell 32 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 G och H). Packningseffekterna var mer tydliga i försöket på styv lera än i försöket på mellanlera. I försöket på mellanlera hade gödslingstidpunkten större betydelse än markpackningen. Kontaktperson: Ararso Etana (Tel: 018-671259)

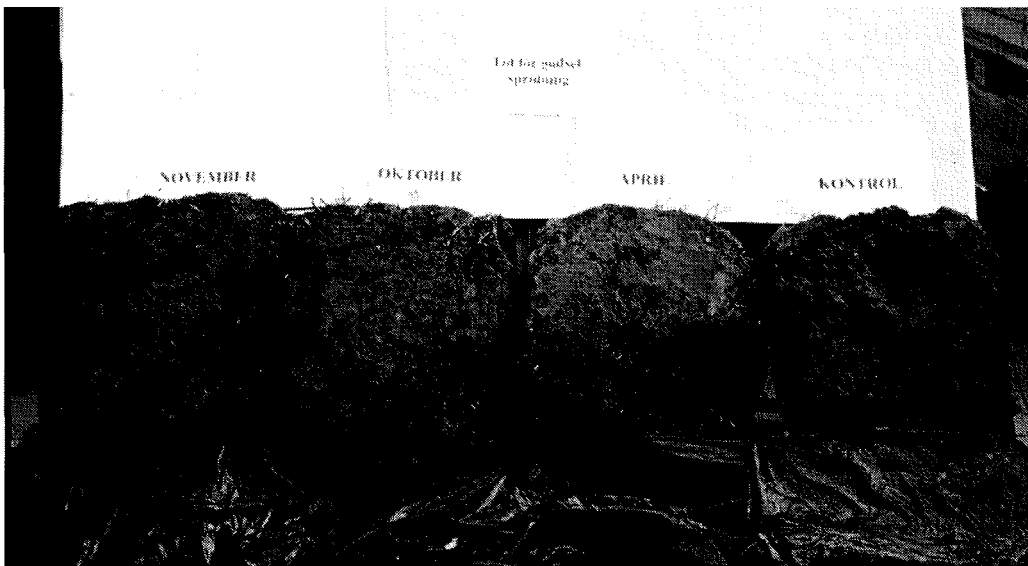
Detta projekt finansieras av Statens jordbruksverk.

Tabell 31. Försöksled och olika behandlingar i två försök (oktober 2001 till augusti 2002)

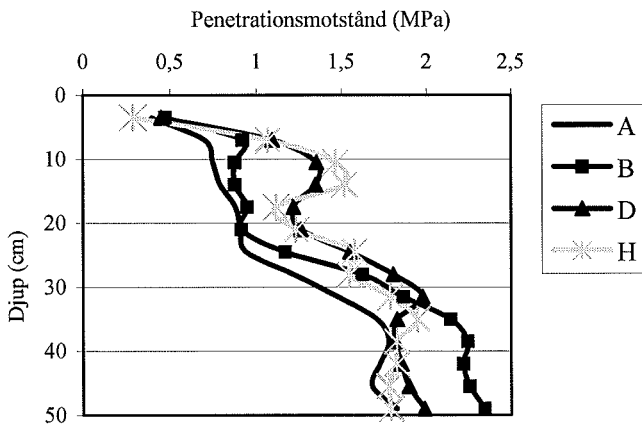
Led	Plöjningstidpunkt	Plöjningsdjup	Gödslings/packningstidpunkt	Packning
A	2001-10-05	20-22 cm	Kontroll	Opakat
B	2001-10-05	20-22 cm	2001-10-05	Pakat
C	2001-1-06	20-22 cm	2001-1-06	Opakat
D	2001-11-06	20-22 cm	2001-11-06	Pakat
E	2001-10-05	12-15 cm	2001-10-05	Opakat
F	2001-11-06	12-15 cm	2001-11-06	Opakat
G	2001-10-05	20-22 cm	Våren 2002, före sådd	Opakat
H	2001-10-05	20-22 cm	Våren 2002, före sådd	Pakat

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

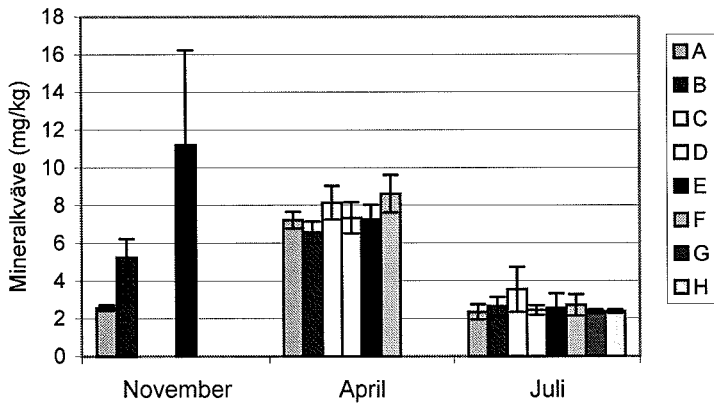
Led	Styv lera (R2-7401)	Mellanlera (R2-7402)	Medeltal
A	100 = 3920 kg/ha	100 = 3650 kg/ha	100 = 3785 kg/ha
B	99	98	98
C	115	139	127
D	110	136	123
E	114	-	-
F	117	-	-
G	100	118	109
H	65	115	89
LSD	13	14	



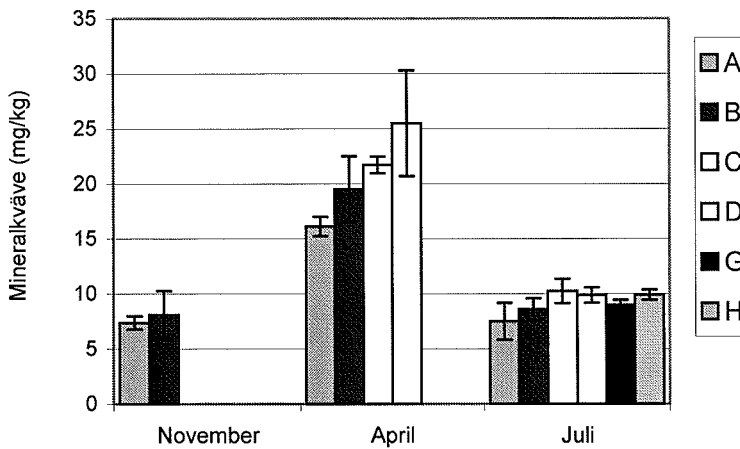
Figur 31 En bild av matjordsprofil (packning och gödselspridning skedde i den månad som angivits ovanpå respektive profil).



Figur 32. Jordens penetrationsmotstånd i de olika leden i försöket på styv lera (juni 2002).



Figur 33. Totalmängd mineralkväve (nitrat + ammonium) i skiktet 0-30 cm vid olika tidpunkter (styv lera, Åkerby 2001- 2002).



Figur 34. Totalmängd mineralkväve (nitrat + ammonium) i skiktet 0-30 cm vid olika tidpunkter (mellanlera, Svista 2001-2002).

# Odlingssystemets effekt på markstrukturen - undersökning av ett konventionellt och ett ekologiskt odlingssystem

**Markstrukturen undersöktes i ett långliggande försök med olika odlingssystem i Skåne under hösten 2002. I undersökningen ingick ett konventionellt led och ett ekologiskt led, båda utan kreatur. Undersökningarna visade inga genomgående skillnader i markstruktur mellan leden. Dock befanns rotlängden vara signifikant högre i det ekologiska ledet. Tolkningen av resultaten försvarades eftersom försöksrutorna inte var slumpvist placerade på försöksplatsen.**

Undersökningen är ett examensarbete vid avdelningen för jordbearbetning på institutionen för markvetenskap på SLU. Examensarbetet gjordes av Maria Ehrnebo under hösten 2002 och kommer att publiceras som ett meddelande från jordbearbetningsavdelningen (nr 42) under våren 2003. Undersökningen ingår i Hushållningssällskapet i Kristianstads "Försök med miljövänliga och uthålliga odlingssystem". Fältförsöket har pågått sedan 1987 och är utlagt till flera platser i Skåne. Undersökningarna av markstruktur koncentrerades framför allt till försöksplatsen Bollerup, men vissa undersökningar gjordes även på försöksplatsen Önnestad. I undersökningen ingick ett konventionellt (led A) och ett ekologiskt odlingssystem (led E), kreatur ingick inte i något av odlingssystemen. Som definition för det ekologiska odlingssystemet användes KRAVs regler (kontrollföreningen för ekologisk odling). Försöket var upplagt som ett parcellförsök där varje gröda i de båda växtföljderna odlades varje år. På försöksplatsen Bollerup var rutorna inte slumpvist placerade medan de på Önnestad var placerade enligt en sk romersk kvadrat. Upprepningar fanns inte.

För att få en så komplett bild som möjligt av markstrukturen i de två odlingssystemen undersöktes flera olika fysikaliska och biologiska faktorer. Dessa var aggregathållfasthet, vattengenomsläpplighet, penetrationsmotstånd, mängden rötter samt mängden dagmaskar. På Bollerup undersöktes samtliga av dessa faktorer medan endast penetrationsmotstånd och

mängden rötter undersöktes på Önnestad. Syftet med examensarbetet var att besvara frågan: Har konventionella och ekologiska odlingssystem olika effekt på markstrukturen?

## Resultat

### *Aggregathållfasthet*

Hållfastheten hos torra aggregat i storleken 8-16 mm bestämdes för 30 aggregat per försöksruta i Bollerup. En hög hållfasthet är negativt eftersom det gör jorden svårarbetad och minskar möjligheterna till rotutveckling. Eftersom aggregathållfastheten påverkas av jordens kornstorleksfördelning och mullhalt mättes även dessa egenskaper. Hög lerhalt ökar hållfastheten, hög mullhalt minskar hållfastheten.

Aggregathållfastheten var något högre i det konventionella ledet (134 kPa) än i det ekologiska (126 kPa) (tabell 33). Lerhalten var högre i det konventionella ledet (16,6 %) än i det ekologiska (14,2 %). Även mullhalten var högre i det konventionella ledet (2,53 %) än i det ekologiska (2,20 %).

Skillnaden i lerhalt mellan leden beror på en jordartsgradient i försöksfältet. Denna har kommit att påverka resultatet av undersökningen eftersom försöksrutorna inte är slumpvist placerade på försöksfältet. Skillnaden i mullhalt beror sannolikt även den på skillnaden i jordart mellan leden. Eftersom ingen signifikant skillnad i aggregathållfasthet kunde ses mellan de två leden verkar det som om effekterna av den högre lerhalten och den högre mullhalten tar ut varandra.



Tabell 33. Hållfasthet för aggregat 8-16 mm, lerhalt samt mullhalt i den ytliga matjorden, Bollerup. A = konventionellt led, E = ekologiskt led

Ruta	Aggregathållfasthet (kPa)	Lerhalt (%)	Mullhalt (%)
A 1	155,0	16,9	2,4
A 2	120,2	18,5	2,6
A 3	177,2	16,2	2,5
A 4	121,3	15,9	2,6
A 5	101,5	16,4	2,4
A 6	189,5	15,9	2,7
<b>Medel A</b>	<b>134,1</b>	<b>16,6</b>	<b>2,5</b>
E 25	169,4	15,0	2,2
E 26	105,6	14,7	2,3
E 27	115,8	14,2	2,1
E 28	140,4	13,8	2,3
E 29	79,0	13,9	2,1
E 30	147,5	13,6	2,3
<b>Medel E</b>	<b>126,3</b>	<b>14,2</b>	<b>2,2</b>

#### Vattengenomsläpplighet

Den mätade vattengenomsläppligheten i alven mättes i fält på två ställen i varje försöksruta i Bollerup. Genomsläppligheten beror av mängden kontinuerliga makroporer i marken. God vattengenomsläpplighet i markprofilen är nödvändig för att överskottsvatten snabbt ska kunna ledas bort och är en förutsättning för att rötterna ska få tillräckligt med syre.

Genomsläppligheten var betydligt högre i det konventionella ledet (3,43 mm/min) än i det ekologiska ledet (1,90 mm/min). Skillnaden beror på att de två leden inte har samma jordart i alven. Att alven i det konventionella ledet hade en lättare jordart kunde ses med blotta ögat vid grävning.

#### Penetrationsmotstånd

Markens penetrationsmotstånd till 50 cm djup mättes på 10 ställen i varje försöksruta med hjälp av en penetrometer. Mätningen gjordes på båda försöksplatserna. Ett högt penetrationsmotstånd tyder på en kompakt markprofil, vilket försvårar växternas rottillväxt.

Penetrationsmotståndet skiljde sig inte väsentligt åt mellan leden på någon av försöksplatserna, förutom på nivån 40-50 cm på Bollerup där det konventionella ledet hade ett högre penetrationsmotstånd.

Denna skillnad beror på att alven i led A innehåller mer sten.

#### Rotanalys

Mängden sockerbetsrötter mättes på tre djup (10-15, 30-35, 50-55 cm) i en ruta i vardera ledet på båda försöksplatserna. Provtagningen gjordes på två ställen i varje ruta. Stor sammanlagd rotlängd tyder på att markförhållandena är gynnsamma för grödans rottillväxt.

På Bollerup var rotlängden på nivån 10-15 cm större i det ekologiska ledet (699 cm) än i det konventionella (329 cm) (figur 35). På Önnestad var rotlängden på nivån 30-35 cm större i det ekologiska ledet (249 cm) än i det konventionella ledet (90 cm) (figur 36). På övriga nivåer fanns inga tydliga skillnader mellan leden.

Trots att sockerbetsskördarna, och därmed även den totala biomassan, i genomsnitt var högre i de konventionella leden hade de ekologiska sockerbeterna större rotlängd. Detta beror förmodligen på att markstrukturen i de ekologiska leden är mer gynnsam för betornas rottillväxt.

#### Maskinventering

Daggmaskar drevs upp ur jorden med hjälp av en formalinlösning på två ställen i varje ruta i Bollerup. Maskarna samlades in och räknades, vägdes och artbestämdes. Det

finns ett samband mellan god markstruktur och stora dagmaskpopulationer. Maskar trivs där strukturen är god men bidrar även själva till strukturutvecklingen.

Antalet individer var mycket lågt för båda leden. Inventeringen visade inga stora skillnader mellan leden vare sig med avseende på antal individer per m<sup>2</sup> eller biomassa per m<sup>2</sup>. Fyra arter återfanns i båda leden: *Lumbricus terrestris*, *Aporrectodea longa*, *A. caliginosa* och *A. rosea*. Med endast fyra funna arter kan artkomplexet betecknas som fattigt.

*Slutsatser*

Någon genomgående skillnad mellan odlingsystemen avseende deras effekt på markstrukturen kunde inte visas.

Att rutorna på försöksplatsen Bollerup inte var slumpvist utplacerade var olyckligt. Jordartsgradienten i matjorden och alven i försöksfältet har påverkat de egenskaper hos markstrukturen som undersöktes i det här projektet, men har med största säkerhet påverkat även tidigare mätningar som gjorts i försöket.

Kontaktperson är Tomas Rydberg (018-671200) eller Maria Ehrnebo (018-505989)

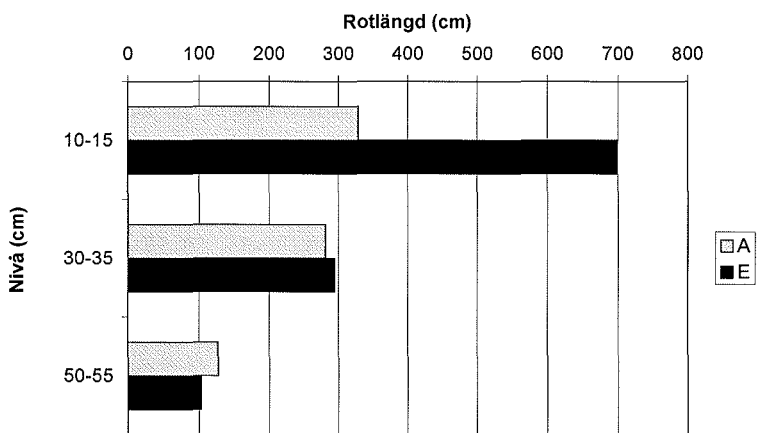


Fig. 35. Rotlängd per prov på tre nivåer för konventionellt (A) och ekologiskt led (E), Bollerup.

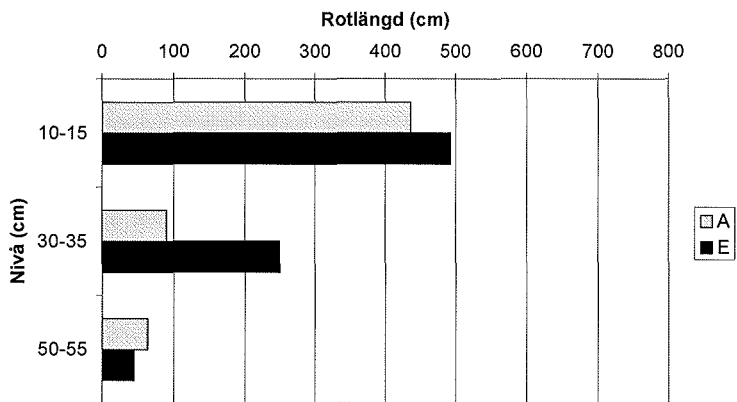


Fig. 36. Rotlängd per prov på tre nivåer för konventionellt (A) och ekologiskt led (E), Önnestad.

## Biologisk alvluckring

**Infiltrationen i leden med testgrödor överstiger den i de packade kornleden såväl på Lönnstorp i Skåne som på Ultuna i Uppland. Markpackning har inte reducerat kornskördarna i försöket på Ultuna under åren 1999-2002.**

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

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

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

### Mätningar i fält

Under 2002 har mätningar av rotlängdsdensitet och infiltration utförts. Resultaten av infiltrationsmätningarna från försöket i Skåne redovisas i tabell 34. Infiltrationsmätningarna utfördes i slutet av maj 2000, i oktober 2001 respektive i slutet av september 2002.

I de led som 1999 hade högst rotlängdsdensitet var genomsläppligheten sämst år 2000. Detta beror sannolikt på att porerna i dessa led var upptagna av rötter och inte bidrog till infiltrationen. För 2001 är situationen något annorlunda, och

infiltrationen var på det hela taget högre i alla led. Detta beror sannolikt på att torksprickor utvecklats under sommaren 2001, vilket inte hunnit skett innan mätningarna våren 2000. Först 2002 börjar man kunna se resultatet av testgrödornas alvluckrande förmåga. Alla led med testgrödor hade då en högre mättad vertikal infiltrationsförmåga än det alvpackade kornledet. Det opackade referensledet med korn hade dock högst infiltrationsförmåga.

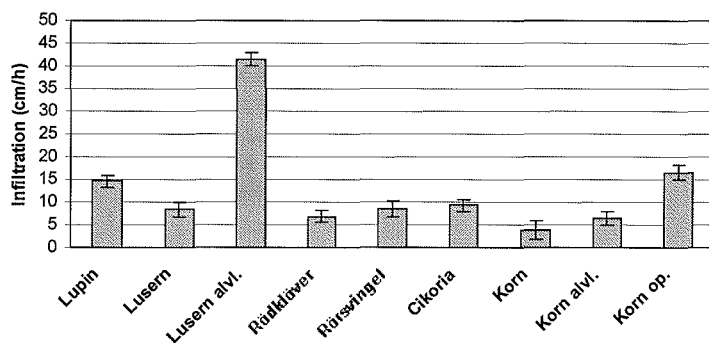
En intressant iakttagelse gjordes under mätningarna 2002. Trots att testgrödorna plöjdes upp hösten 2001 och att havre odlats i all led under växtsäsongen 2002 fanns fortfarande stora mängder oförmultnade rötter kvar efter testgrödorna i vissa led. Detta betyder att vi kan förvänta oss ytterligare ökning av infiltrationen i dessa led när väl rötterna ruttnat undan. Det var främst i lusernledet som rötterna fanns kvar, men också i leden med rörsvingel och rödklöver.

Tabell 34. Infiltrationshastighet av vatten, i försök R2-7117 på Lönnstorp 2000, 2001 respektive 2002, efter 60 minuters infiltration

Led	2000 (cm/h)	2001 (cm/h)	2002 (cm/h)
Lupin	1,2	5,0	5,2
Lusern	0,3	7,8	5,7
Rödklöver	0,6	3,5	5,4
Rörsvingel	0,0	3,0	5,0
Cikoria	0,3	3,0	7,0
Korn	0,5	5,9	3,3
Korn op.	5,4	8,6	10,4

Infiltrationsmätningar utfördes i försök R2-7117 på Ultuna i maj 2002, se fig. 37. Resultaten därifrån visar på en kraftigt ökad infiltration i ledet där lusern kombinerats med

alvluckring i växande gröda. I övrigt kan noteras att alla led med testgrödor hade en högre infiltration än det alvpackade kornledet.



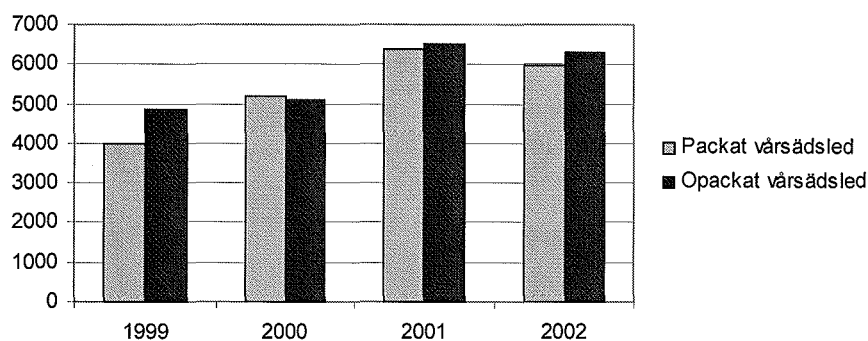
Figur 37. Vertikal infiltration av vatten i försök R2-7117 på Ultuna. Infiltrationsringen installerades på 28 cm djup och drevs ned 5 cm i jorden. Det vattenavförande trycket var 0,1 m.v.p.

Skördarna i Lönnstorpsförsöket visar att det packade kornledet fortfarande inte producerar lika bra som det opackade referensledet, se tabell 35. Inte heller ledet med rörsvingel når upp till referensnivån. Däremot överstiger skördarna i leden med baljväxter som förfrukt

referensledets. Det kan misstänkas att detta är en effekt av större kvävetillgång i baljväxtleden. Inga kväveprover har dock tagits i försöket och därför kan resultaten inte tolkas närmare.

Tabell 35. Skörd av havre efterverkansår ett i försök R2-7117 på Lönnstorps försöksstation. Resultatet redovisas i kg/ha vid 15% vattenhalt samt som relativtal med det opackade kornledet som referens

Förfrukt	Lupin	Lucern	Rödskålar	Rörsvingel	Cikoria	Korn	Korn
Behandling	packat	packat	packat	packat	packat	packat	opackat
Skörd (kg/ha)	6400	6560	6430	5800	6310	5980	6320
Skörd (relativtal) (-)	101	104	102	92	100	95	100



Figur 38. Skördarna i packat respektive opackat vårsädsled i försök R2-7117 på Lönnstorps försöksstation under åren 1999-2002.

I försöket på Ultuna syns ingen negativ inverkan av packningsskador på skörderesultatet, se tabell 36 nedan. Skördarna har under alla åren sedan försökets början varit lägsta i det opackade kornledet, inga skillnader har dock varit statistiskt signifikanta. Det bör dock noteras att utförda mätningar av infiltration och skrymdensitet visar på sämre rotmiljö i det packade ledet. Detta visar hur svårt det är att koppla effekter av markpackning till skörd under enskilda år. Såvida markpackningen inte hindrar rotutvecklingen alltför kraftigt finns det fortfarande klimatförhållanden under vilka grödan kan utvecklas väl även om riskerna för stressituationer ökar.

Tabell 36. 1999, 2000, 2001 respektive 2002 års skörd i kg/ha vid 15% vattenhalt i försök R2-7117 på Ultuna

Led	Behandling	1999 (kg/ha)	2000 (kg/ha)	2001 (kg/ha)	2002 (kg/ha)
2001					
Korn	packat	3520	3540	5410	4190
Korn	alvluckrat	-	3780	5380	4250
Korn	opackat	3460	3480	5200	4130

Proverna från rotlängdsmätningarna är fortfarande under behandling på laboratorium. Resultaten från dem redovisas först i nästa årsrapport.

### Slutord

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

Avslutningsvis skall nyttoeffekten av "alvluckrarna" prövas genom att en testgröda odlas i alla försöksled, oljevaxter i Uppsala och sockerbeter i Skåne. Projektet beräknas fortgå till och med år 2003, varpå en slutgiltig rapport kan presenteras.

Kontaktperson är John Löfvist, tel. 018-671214.

## Jämförelse mellan olika test för att bestämma förkonsolideringstryck och relation till tryck-rörelse-förloppet i marken vid körning i fält

Ett projekt genomfördes för att jämföra olika metoder för att bestämma markens förkonsolideringstryck, som anses vara ett gränsvärde avseende hur mycket tryck en jord tål utan att bli packad. Resultaten visar på att förkonsolideringstrycket påverkas av själva packningstestet samt metoden som används för att bestämma det. I jämförelse med packningsförsök i fält, där tryck och rörelse uppmättes, visade det sig att förkonsolideringstrycket inte fungerar som ett exakt gränsvärde. Även om trycket var mindre än förkonsolideringstrycket uppmättes små kvarstående rörelser.

### Bakgrund

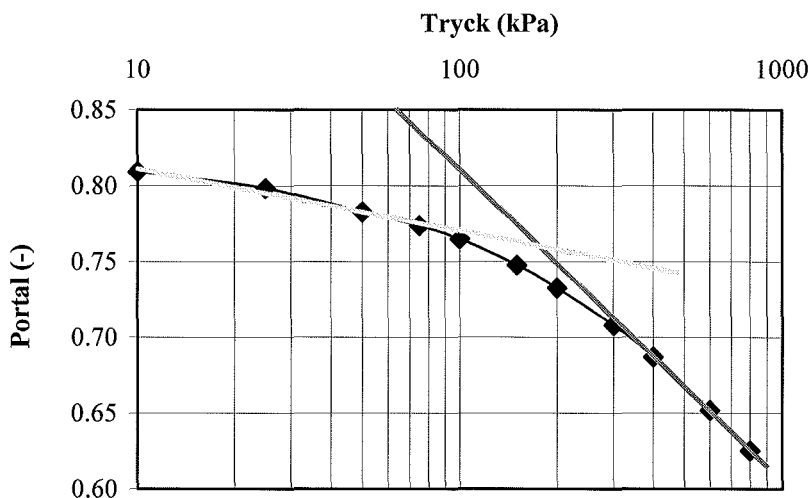
Markens förkonsolideringstryck är ett gränsvärde: om trycket i marken överstiger markens förkonsolideringstryck, deformeras marken plastiskt och packas, medan om förkonsolideringstrycket är högre än trycket deformeras marken elastiskt.

Det finns flera olika metoder för att bestämma förkonsolideringstryck. Inte minst med hänsyn till modellering av packning finns det ett stort behov av att hitta en enkel och snabb metod för att bestämma förkonsolideringstrycket.

Förkonsolideringstrycket är beroende av jordarten och markens förhållanden, som till

exempel markens vatten-potential (som är relaterad till vattenhalten), men också av belastningstiden. Dessutom påverkar jordprovets storlek (diameter och höjd) resultatet.

Den klassiska metoden för att mäta förkonsolideringstryck är att belasta ett jordprov stegvis med olika tryck i en så kallad *Ödometer*apparat. Efter varje trycksteg mäts jordprovets deformation (kompaktion) och därefter ökas trycket till nästa trycknivå. Belastningstiden per trycknivå brukar vara 30 minuter i lantbruksmarkmekanik. Förkonsolideringstrycket bestäms sedan tex enligt figur 39.



Figur 39. Exempel på en packningskurva. Mätningarna (svarta punkter), "virgin compression line" (mörkgrå linje) och "recompression line" (ljusgrå linje). Snittpunkten mellan "virgin compression line" och "recompression line" motsvarar förkonsolideringstrycket.

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

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

En metod för att komma närmare fält-förhållanden är ett så kallat "*in-situ* plate sinkage" test, då man belastar marken direkt i fält med en rund platta. Plattan trycks ner i marken med konstant hastighet, och trycket som krävs uppmäts som funktion av deformationen. Denna metod tillåter till en viss del jorden att förflytta sig horisontellt, något som inte är möjligt i en cylinder. Analysen av de erhållna tryck-deformations kurvorna är dock svårare, eftersom hela den underliggande jordprofilen påverkar resultatet.

## Material och metoder

Cylindriska jordprover (72 mm i diameter och 25 mm i höjd) togs i Tolefors nära Linköping på två olika jordar, på en siltig mellanlera och en styv lera. Provtagning gjordes på 10, 30, 50, och 70 cm djup.

Samtidigt med provtagningen utfördes ett "plate sinkage"-test direkt i fält på samma djup som cylindrarna togs. En rund platta (diameter 49 mm) trycktes ner med en konstant hastighet ( $7 \text{ mm s}^{-1}$ ) och både deformation och tryck uppmättes med en upplösning av 100 Hz. 10 upprepningar gjordes per djup och jord.

Vid samma tidpunkt gjordes också ett experiment där tryck och markrörelse

uppmättes på 30, 50 och 70 cm djup vid körningar med en belastningsvagn som kunde belastas med en hjullast mellan 2 och 7 ton.

Cylindrarna togs till institutionens laboratorium vid SLU i Uppsala för att bestämma förkonsolideringstryck i en *Ödometer*, och till lantbruksuniversitet i Wageningen (NL) för att använda en snabb metod med konstant deformations-hastighet. I Uppsala belastades proverna stegvis med 10, 25, 50, 75, 100, 200, 300, 400, 600 och 800 kPa. Varje trycknivå pålades i 30 minuter innan deformationen avlästes och trycket ökades till nästa nivå.

Vid mätningarna i Wageningen deformerades proverna med en konstant hastighet på  $0,5 \text{ mm s}^{-1}$ . Tryck och deformation uppmättes med hög upplösning. Förkonsolideringstrycket bestämdes från log tryck-rörelsekurvor för att kunna jämföra fältmätningar med laboratoriemätningar. Både Casagrandes procedur och en regressionsprocedur användes för att bestämma förkonsolideringstrycket utifrån kurvorna.

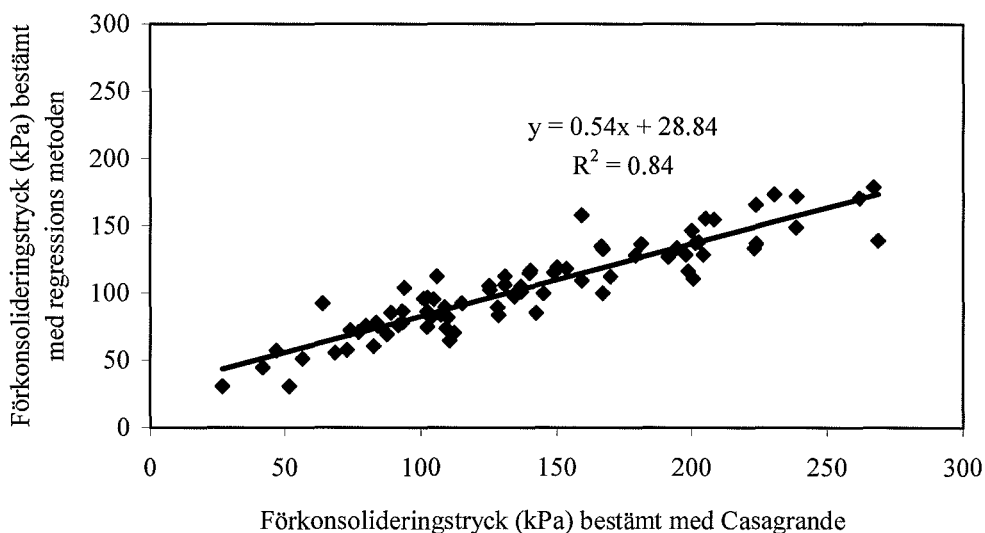
Förkonsolideringstrycket bestämdes vid naturlig vattenhalt för alla djup. För 50 cm djup bestämdes det dessutom vid 5, 60, 300 och 600 hPa tension (5, 60, 300 och 600 cm avsugning) i laboratiet. För varje behandling användes fem cylindrar som upprepningar.

Syftet med det projekt som presenteras här var att jämföra de olika metoderna och att relatera förkonsolideringstrycket till fältmätningar av tryck och rörelse vid körning.

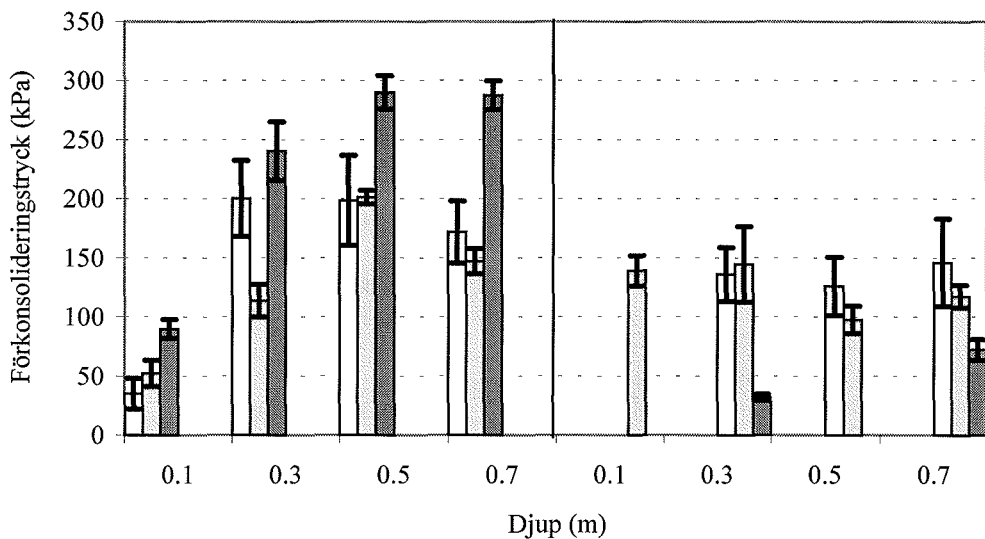
## Resultat och diskussion

Analysen med regressionsprocedur gav lägre förkonsolideringstryck än när Casagrandes procedur användes (figur 40). Alla följande resultat är analyserade med Casagrandes metod, eftersom den metoden är mest använd.

Förkonsolideringstryck vid naturlig fältvattenhalt på den siltiga mellanleran ökade generellt med djupet, medan det var mera konstant i markprofilen på den styva leran (figur 41).

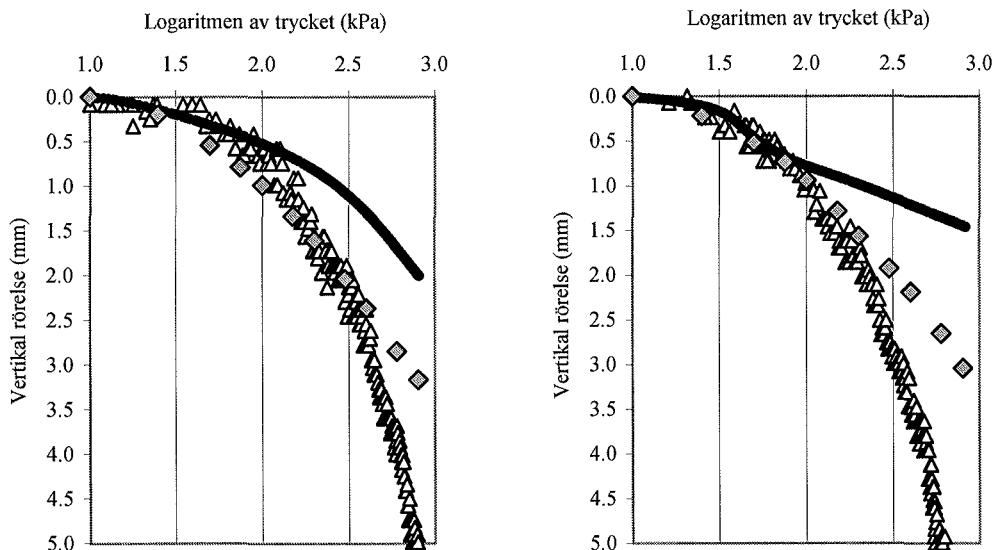


Figur 40. Förkonsolideringstryck bestämt efter Casagrande mot förkonsolideringstryck bestämt med regressionsmetoden från alla jordprov testade i *Ödometer* (80 datapar).



Figur 41. Förkonsolideringstryck vid naturlig fält-vattenhalt på mellanleran (vänster) och den styva leran (höger) vid användning av fält-test (vita staplar), *Ödometer* (ljusgråa staplar) och test med konstant hastighet (mörkgråa staplar) på de olika djupen.





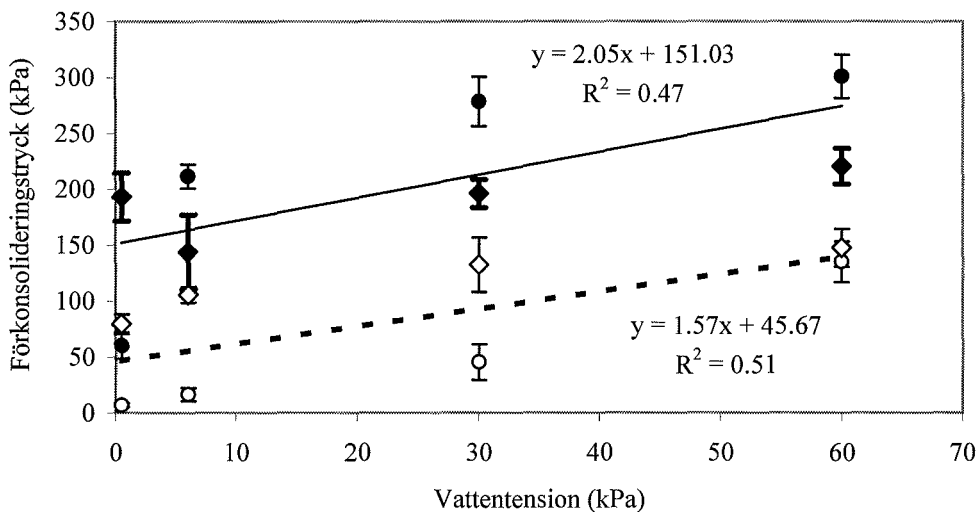
Figur 42. Typiska exempel på packningskurvor från *in-situ* plate sinkage testet (vita trianglar), *Ödometer* testet (gråa rutor) och testet med konstant hastighet (svarta cirklar) på 30 cm djup på mellanleran (vänster) och den styva leran (höger).

Det fanns ganska stora variationer i förkonsolideringstryck mellan de olika testen som använts, och relationerna mellan de olika testen var olika på de olika jordarna. Exempel på packningskurvor från båda jordar ges i figur 42.

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

På den styva leran fanns det inte heller någon skillnad mellan resultat från *Ödometer*- och fältmetoden. Till skillnad mot mellanleran, så erhöles här de lägsta värden med testet med konstant hastighet. De låga värden kan kanske förklaras med att jordproven snabbt blev mättade pga den höga deformations-hastigheten, vilket minskade markens hållfasthet och medförde ganska stora deformationer redan vid relativt ringa tryck.

Förkonsolideringstrycket ökade på båda jordar med ökad avsugning (figur 43). En ökad avsugning innebär att porvattnets yttension ökar och bindningarna mellan markpartiklarna förstärks. Vid *Ödometer*-mätningar var förkonsolideringstrycket vid 60 cm avsugning lägre än vid 5 cm avsugning, fast inte signifikant. En förklaring till detta kan vara att marken vid 5 cm avsugning var nästan vattenmättad - en mättad mark är teoretisk okompakterbar. Variationen var också ganska stor vid låg avsugning. Den minskade vid högre tensioner.



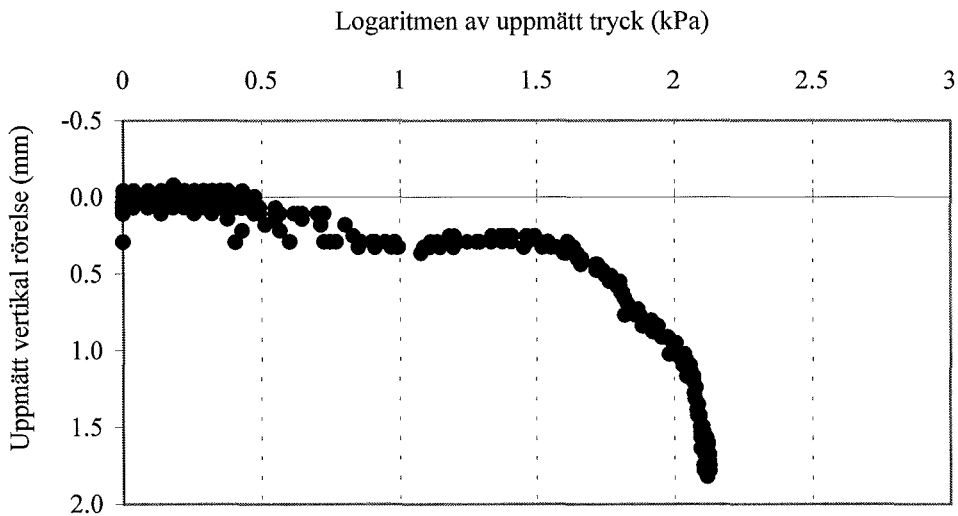
Figur 43. Förkonsolideringstryck vid olika vattentensioner på mellanleran (svarta symboler) och den styva leran (vita symboler) på 50 cm djup från *Ödometer*-testet (trianglar) och testet med konstant hastighet (cirklar).

Analysen av tryck- och markrörelsemätningar vid körningar med belastningsvagn visade att marken blev belastad med en hög deformationshastighet på c:a  $1 \text{ mm s}^{-1}$ . Detta stämmer bra överens med belastningshastigheten på  $0,5 \text{ mm s}^{-1}$  som användes vid laborietestet i Wageningen (NL).

Det uppmätta trycket upp till det maximala trycket visas i figur 44 i logaritmisk skala mot den uppmätta rörelsen. Samma framställning används för att bestämma förkonsolideringstryck från (laborie) test. Till skillnad mot laborieexperiment syns det inte bara en krökning, utan flera

krökningar. Detta beror troligen på att olika strukturer av olika storlek kollapsar. Dessutom är belastningen i fält dynamisk med krafter från olika riktningar.

På 30 cm djup var det uppmätta trycket lika eller högre än förkonsolideringstrycket och ganska stora kvarstående rörelser uppmättes. På 50 och 70 cm var trycket mindre än förkonsolideringstrycket, men trots det uppmättes kvarstående rörelser. Rörelserna var ringa, men även små deformationer kan kanske negativt påverka markens funktion och därmed växternas tillväxt.



Figur 44. Log tryck-rörelse diagram upp till det maximala uppmätta tryck på 50 cm djup vid körning med 4 tons hjullast på mellanleran.

#### Slutsatser

Ingen klar relation mellan förkonsolideringstryck och packningstest hittades. Resultat från fältmetoden ("plate sinkage" test) skilde sig inte från *Odometer*-testet. Förkonsolideringstryck från metoden med kontant hastighet var antingen högre (mellanlera) eller lägre (styv lera) jämfört med de andra testen. Förkonsolideringstrycket ökade med ökad avsugning.

Vid körning i fält uppmättes en genomsnittlig deformationshastighet av ca  $1 \text{ mm s}^{-1}$ . Den dynamiska belastningen och markens heterogenitet gör att förkonsolideringstrycket inte fungerar som ett skarpt gränsvärde mellan elastisk och kvarstående deformation.

Projektet visade att förkonsolideringstrycket, som är en av de mest kritiska markmekaniska parametrarna, inte är ett exakt värde men påverkas av metoden som använts när det

bestämts och att test för att bestämma förkonsolideringstryck kanske inte representerar fältförhållanden tillräckligt.

#### Tack

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

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

# 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 växtnäringlära 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 odlingssystem 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 skorpbrytning på våren i ekologisk höstsäd

## Bearbetningssystem och fosforerosion

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

## Bearbetning - fosforerosion - N-läckage

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

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

### Resultat

Avkastningen i försöket 1994-2002 redovisas i tabell 38. 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.

Tabell 38. Skörd (kg/ha och relativt) 1994-2002 i försöksserie R2-8302

Red	Vårkorn 1994	Havre 1995	Vårkorn 1996	Havre 1997	Vårkorn 1998	Vårkorn 1999	Havre 2000	Korn 2001	Korn 2002	Medel 1994- 2002
Höstplöjt	<b>1490</b> <b>=100</b>	<b>3140</b> <b>=100</b>	<b>4390</b> <b>=100</b>	<b>4380</b> <b>=100</b>	<b>3400</b> <b>=100</b>	<b>2580</b> <b>=100</b>	<b>4380</b> <b>=100</b>	<b>2740</b> <b>=100</b>	<b>2450</b> <b>=100</b>	<b>100</b>
Vårplöjt	94	76	112	94	101	131	106	92	90	100
Plöjningsfri odling	173	104	104	105	99	112	87	120	60	107
Direktsådd	38	107	73	59	65	26	85	73	102	70
Djupkultivering varje år 107		90	107	105	99	107	83	108	68	97
Djupkultivering vart redje år	-	76	115	100	99	115	98	117	76	100
Vårplöjning och ånggröda	91	76	105	73	100	136	101	101	108	99
Höstvete/vall <sup>1</sup>	-	149	-	52	-	110	-	37		87
Plöjningsfri odl. + org. ntrl. höst	177	118	115	119	118	119	102	135	71	119

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 odlingsystem 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 39. Försöksplan i försök R2-8402

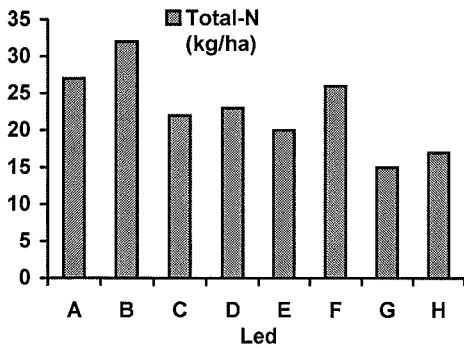
Led	Svinflytgödsel N, kg/ha	Tot- Handelsgödsel, kg N/ha	Tidpunkt stubbear- betning	Tidpunkt plöjning	Fånggröda
A	-	90	Tidig höst	Sen höst	-
B	90	45	Tidig höst	Sen höst	-
C	-	90	-	Sen höst	Eng. rajgräs
D	90	45	-	Sen höst	Eng. rajgräs
E	-	90	-	Tidig vår	-
F	90	45	-	Tidig vår	-
G	-	90	-	Tidig vår	Eng. rajgräs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

Tabell 40. Skörd (kg/ha och relativt) 1994-2002 i försök R2-8402

Led	Havre 1994	Korn 1995	Potatis 1996 <sup>1</sup>	Havre 1997	Vårkorn 1998	Havre 1999	Potatis 2000	Korn 2001	Havre 2002	Medel 1994-2002
A	3680	3960	8960	4970	4730	4970	100	3980	4110	100
	=100	=100	=100	=100	=100	=100		=100	=100	
B	97	134	108	109	109	102	100	92	109	107
C	86	71	108	112	114	99	110	112	117	103
D	101	129	95	110	107	103	85	109	119	106
E	100	93	90	101	96	95	103	108	72	95
F	113	126	93	112	104	101	95	107	97	105
G	108	96	93	101	100	95	96	116	95	100
H	112	132	108	104	107	94	84	114	94	105

<sup>1</sup> kg torrs substans per ha.

## Resultat



Figur 46. Genomsnitt av årlig utlakning av totalkväve (kg N/ha) från försök R2-8402 1993/94-2000/2001 (data från Helena Aronsson, avdelningen för vattenvårdslära, SLU, 018-672466).

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

odlades i försöket året innan start. Höga förluster av kväve från marken året efter odling av potatis har observerats i andra försök på sandjord. Genomsnitt av årlig utlakning från försöket 1993/94-2000/2001 visas i figur 46.

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 hösten. Skördarna i försöket 1994-2002 visas i tabell 40. Rajgräs som fånggröda har ej medfört någon reduktion av kärnskördarna i försöket. Utförligare resultat från mätningar i försöket har presenterats av Aronsson (1996a, 1998a) och Lindén et al. (1999).

## 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 41). 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 kväueupptag och kväve-mineralisering utförs analyser av mineralkväve (ammonium och nitrat) i jordprover och av totalkväve i grödan. I alla försöksrutor är sugceller installerade på två djup, 60 och 90 cm, för att göra det möjligt att bestämma nitratkoncentrationen i markvattnet. Nitratutlakningen från de olika tidpunkterna för bearbetning har beräknats från nitratkoncentrationen i markvattnet som provtagits med hjälp av sugceller och från avrinning från ett intilliggande försök. Hösten 2000 förändrades provtagningarna i försöket i syfte att utveckla en metodik för att studera hur vi ska kunna styra mineraliseringen av kväve i marken med tidpunkten för jordbearbetning. Provtagningen av grödor



Tabell 41. Försöksplan för försök R2-8405 i Mellby, Halland, och skörd (kg/ha och relativtal) 1994-2002

Led	Plöjnings- tidpunkt	Halm- behandling	Vårkorn 1994	Havre 1995	Vårvete 1996	Vårkorn 1997	Havre 1998	Vårvete 1999	Korn 2000	Havre 2001	Vårvete N 2002
A	1:a v i sept	Nedbrukas	3120	4780	4710	4390	5670	5050	5590	5990	4210
			=100	=100	=100	=100	=100	=100	=100	=100	=100
B	1:a v i sept	Bortföres	100	91	94	105	108	117	99	98	105
C	1:a v i nov	Nedbrukas	94	99	55	97	92	116	103	118	107
D	1:a v i nov	Bortföres	82	100	55	98	106	120	104	114	103
E	1:a v i nov	Nedbrukas	87	100	76	102	106	115	101	115	100
		Eng rajgräs									
F	1:a v i nov	Bortföres	99	107	81	102	104	122	95	112	103
		Eng rajgräs									
G	1:a v i nov <sup>1</sup>	Nedbrukas	100	104	82	97	100	119	97	110	109
H	Vår <sup>2</sup>	Nedbrukas	94	104	65	41	92	86	82	119	103
Sign			n.s.	n.s.	*	***	**	*	***	***	

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

<sup>2</sup> Tidig vårsådd, utförd 1997, 1999, 2000, 2001 och 2002.

och markvatten har upphört medan tätare mineralkväveanalyser av markprofilen ner till 90 cm djup har införts. Vi vill ta reda på när efter en jordbearbetning eller nedbrukning av en fånggröda mineraliseringen av organiskt material startar.

## Resultat

Kvickrot uppförökades i försöket 1998, speciellt i det vårplöjda ledet vilket troligen orsakade skördeminskningen i havre detta år (tabell 41). Stora halmmängder i det vårplöjda ledet orsakade också problem vid skörd. De stora skördeskillnaderna 1996 orsakades även de av riklig förekomst av kvickrot i flera av leden. Tidig sådd utfördes 1997 i det vårplöjda ledet. Kråkfåglar åt dock upp en stor del av utsädet i dessa rutor vilket medförde en kraftig skördeminskning.

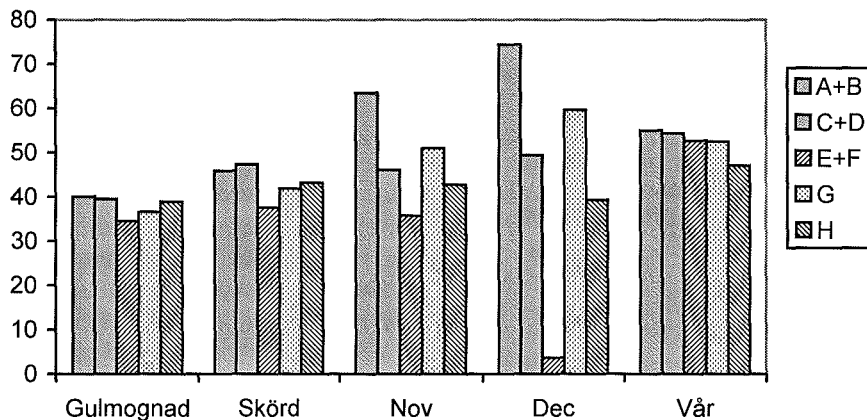
Skörden i det vårplöjda ledet var 1999 och 2000 återigen låg (tabell 41). 1999 var vårvetet i hela försöket angripet av rotdödare men angreppet var kraftigast efter vårplöjning. Orsaken var troligen en kombination av den tidigare förekomsten

av kvickrot och att ledet 1999 såddes tidigt på våren. Den tidiga vårsådden 2001 lyckades dock bra och gav den högsta skörden i försöket detta år.

Figur 47 visar innehållet av mineralkväve (nitrat och ammonium) i 0-90 cm. Tidig höstplöjning och sen höstplöjning med föregående stubbearbetning har orsakat störst innehåll av mineralkväve i marken på hösten och störst utlakning. (För ytterligare resultat från utlakningsmätningarna se tidigare årsrapporter.) Led som plöjts på våren och led med fånggrödor har haft de lägsta halterna mineralkväve i marken under hösten.

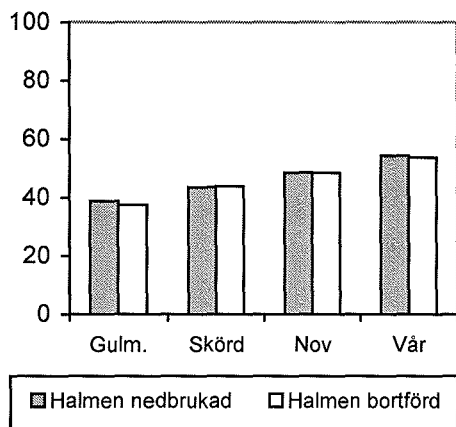
Resultaten från det första året (2000) med tätare provtagning visar att den ökade mineraliseringen kan ske relativt snabbt efter ett bearbetningstillfälle. Redan 14 dagar efter den tidiga plöjningen hade en betydande mängd kväve mineraliserats. Mineralkvävet återfanns såväl i skiktet 0-30 cm som i skiktet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

Mineralkväve  
(kg/ha)



Figur 47. Mineralkväve (kg N ha<sup>-1</sup>) i marken i 0-90 cm i medeltal 1993-2001 vid respektive provtagningstidpunkt i de olika bearbetningsleden i försök R2-8405, Mellby (A+B = tidig höstplöjning, C+D = sen höstplöjning, E+F = sen höstplöjning med fånggröda, G = tidig stubbearbetning och sen höstplöjning och H = vårplöjning).

Mineralkväve (kg/ha)



Figur 48. Mineralkväve (kg N ha<sup>-1</sup>) i marken i 0-90 cm 1993-2001 i de två olika halmbehandlingarna i försök R2-8405, Mellby, vid respektive provtagningstidpunkt och år (halmen nedbrukad = medeltal av A+C+E+G+H, halmen bortförd = medeltal av B+D+F).

Det har ansetts att inbrukning av halm på hösten medför ökad immobilisering av kväve och därmed minskning av utlakningen. Effekten av nedbrukning respektive bortförel av halm från försöket på innehållet av mineralkväve i marken och på utlakningen av kväve har varit liten i försöket (figur 48). Skillnaden mellan leden har varit försumbar förutom vid ett fåtal tillfällen.

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

## Kväveeffektiv jordbearbetning

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

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 kväveminerisering 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 42). Hösten 1998 utfördes de första jordbearbetningsåtgärderna enligt försöksplanen. Våren 1999 såddes vårraps i försöket,

dvs år 5 i växtföljden. Skörden av raps liksom skörden av höstvetete det andra skördeåret var högre i det kväveeffektiva systemet (tabell 43). Direktsådden av höstvetete gav en väl etablerad gröda och skörden såg inte ut att påverkas negativt av rajgräset som såddes in på våren. Vårkornet år 2001 gav en högre skörd i det konventionella systemet.

Mängden dräneringsvatten från respektive ruta mäts och analyseras på kväveinnehållet. Likaså bestäms mineralkväveinnehållet i markprofilen och kväveinnehållet i grödorna i försöket. De två bearbetningssystemen gav stora skillnader i kväveläckage. Under fyra år har 27 kg mindre kväve läckt från det kväveeffektiva systemet än från det konventionella (figur 49), förmodligen beroende på lägre mineralkvävehalter i marken under hösten och vintern (figur 50).

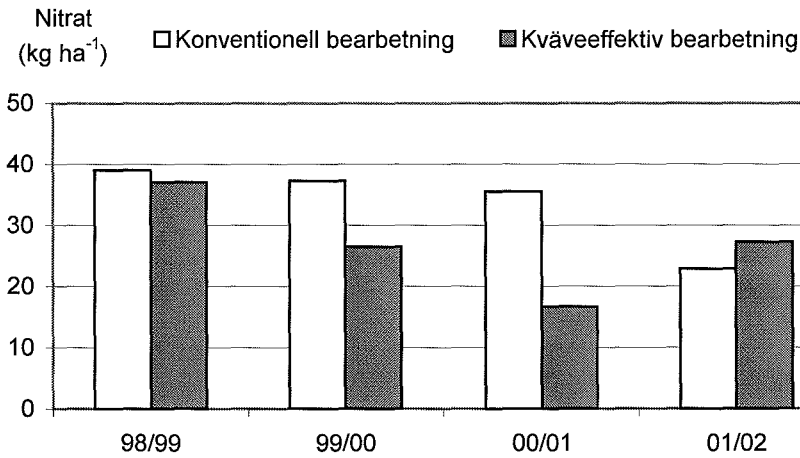
Försöket finansieras inom SLU:s ram för långliggande fältförsök samt av Stiftelsen Lantbruksforskning. Kontaktpersoner vid avdelningen för jordbearbetning är Åsa Myrbeck, 018-671213 och Tomas Rydberg, 018-671200.

Tabell 42. Växtföljd och jordbearbetning i försöket R2-8407

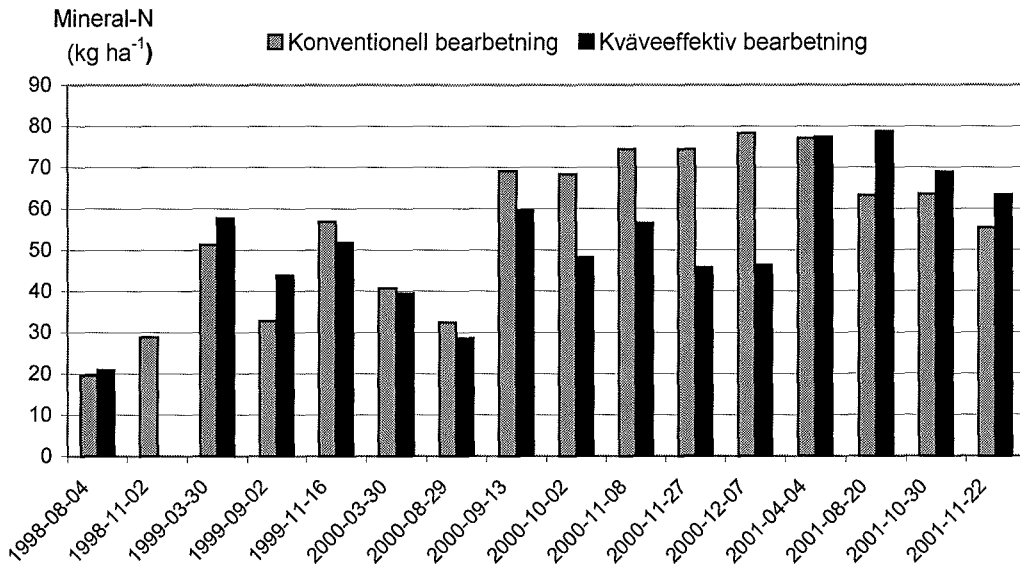
År	Gröda	A. Konventionellt bearbetningssystem	B. Kväveeffektivt bearbetningssystem
1999	Vårolja växter	Plöjning genast efter skörd. Sådd av höstvetete sent i september.	Direktsådd av höstvetete tidigt i september
2000	Höstvetete	Stubbearbetning ca 1 september. Sen höstplöjning ca 20 oktober.	Insådd av fånggröda i höstsåden. Vårplöjning med tiltpackare våren 2001.
2001	Vårkorn med insådd	Sådd av korn och insådd av engelskt rajgräs vid normal tidpunkt.	Tidig sådd av korn och insådd av rajgräs.
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 43. Skörd (kg/ha) i försök R2-8407 1999-2001. (År 2002 odlades gröngödslingsgröda)

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



Figur 49. Nitratutlakning (kg N ha⁻¹) under försökets fyra första år.



Figur 50. Mineralkväve i marken (0-90 cm) fr o m augusti 1998 t o m november 2001.

## 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 kväveminalisering under hösten och därmed minskad risk för kväveutlakning. Vi vet ej om effekten är densamma på lerjordar. Försöksserie **R2-8408** lades ut på Lanna i Västergötland under 1997 och de första bearbetningarna utfördes under hösten samma år. De tio leden visas i tabell 44. 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 kväveminaliseringen under växtsäsongen.

### Resultat

Skillnaderna i innehåll av mineralkväve i marken mellan tidigt och sent bearbetade led har varit små både sen höst och vår (figur 51). Tidig bearbetning har dock gett något högre mineralisering under hösten än sen bearbetning. Mängden mineralkväve i marken under våren har överlag varit i nivå med och till och med högre än i december vilket tyder på att riskerna för utlakning beroende på bearbetningsåtgärderna under hösten är begränsade på denna typ av jord i Västergötland.

Tabell 44. Försöksplan försök R2-8408 och skörd (kg/ha och relativt) 1997-2002

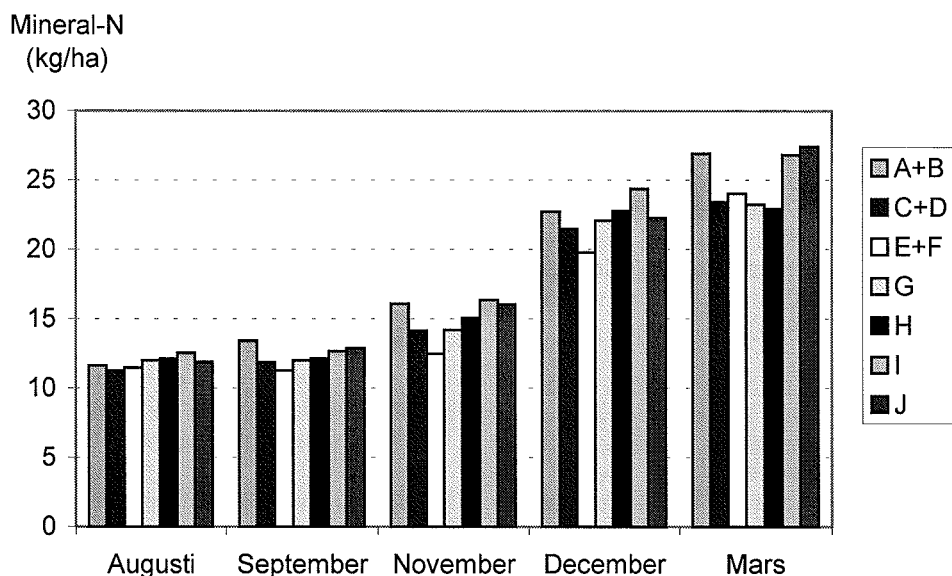
Led	Jordbearbetning	Vårkorn 1997 <sup>1</sup>	Havre 1998	Vårvete 1999	Vårkorn 2000	Havre 2001	Vårvete 2002	Medel 1998 2001
A	Tidig höstplöjning (ca 1.9), halmen nedbrukas	6530 =100	4530 =100	4580 =100	3850 =100	4810 =100	4490 =100	100
B	Tidig höstplöjning (ca 1.9), halmen bortföres	98	91	107	110	99	96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

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

Även skillnaderna i avkastning vid jämförelse mellan tidig och sen höstplöjning och mellan plöjning och plöjningsfri höstbearbetning har varit små (tabell 44). I genomsnitt har skörden i tidigt bearbetade led varit något högre än i sent bearbetade led. En orsak skulle kunna vara att marken i de sent bearbetade leden har fått sämre struktur på grund av ogynnsamma förhållanden vid bearbetningen. Skillnaderna

är dock inte signifikanta.

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



**Figur 51.** Mineralkväve ( $\text{kg N ha}^{-1}$ ) i marken i 0-90 cm i medeltal 1997-våren 2002 vid respektive provtagningstidpunkt i de olika bearbetningsleden (A+B = tidig höstplöjning, C+D = sen höstplöjning, E+F = sen höstplöjning med fånggröda, G = tidig stubbearbetning och sen höstplöjning och H = sen stubbearbetning och sen plöjning, I = tidig och sen stubbearbetning innan plöjning, J = plöjningsfri odling).

## Direktsådd av höstvetete för bättre kväveutnyttjande

Ett flertal fältförsök har visat att jordbearbetning tidigt på hösten stimulerar kvävemineriseringen 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 ett nytt försök där vi ska titta på 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 stimulerande av kvävemineriseringen som en bearbetning har verkar vara positivt korrelerad med bearbetningsdjupet. En stubbearbetning till 10 cm djup har t ex ökat kvävemineriseringen 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 kvävemineriseringen som en tidig höstbearbetning har. Vid direktsådd av höstvetete minskar dock bearbetningen och därmed stimuleringen av kvävemineriseringen och risken för kväveutlakning. Även vid en mycket ytlig bearbetning innan sådd av höstvetete borde mineraliseringen minska markant jämfört med vid traditionell plöjning.

I detta försök vill vi studera 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 Rexus 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 provas också Lemkens ekipage Smaragd och Solitaire som är en kultivator av gåsfotsmodell åtföljd av en såmaskin. Försöksplanen presenteras i tabell 45.

Direktsådd av höstvetete innebär också lägre kostnader inom spannmålsodlingen jämfört med höstplöjning och såbäddsberedning. Projektet utförs på tre platser i Sverige, på Lönnstorps försöksstation i Skåne, vid Logården i Västergötland och norr om Uppsala i Uppland.

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

Tabell 45. 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 <sup>1</sup>	Sådd av höstvetete med Lemkens ekipage Smaragd (grund kultivering) och Solitaire (sådd)

1. Detta led ingår i detta år endast i försöket i Skåne.

## 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 mellanlera 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 mineralisering som erhålls efter bearbetningen kommer att mätas under efterkommande period liksom effekten på bestockningen. Försöket utförs som blockförsök med fyra upprepningar på en styv lera och en lättlera i Uppsala. Försöksplanen presenteras i tabell 46.

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.

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

*Tabell 46X. Försöksplan försök R2-6121*

Led	Såbäddsberedning och sådd
A	Skorpbygning med hjälp av Väderstad crossboardvält (2-3 cm djup)
B	Skorpbygning med hjälp av s-pinneharv
C	Skorpbygning med hjälp av ogräsharv
D	Referensled, obearbetat



## 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 såtider. 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. Alvluckringsförsök 1937-1963. 32s.
13	1968	Reijo Heinonen. Tidig vårsådd. Växtfysiologiska och ekologiska synpunkter på aktuella tendenser i såbäddsberedning och sådd av stråsådd. 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 hösthavning 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 slåttervall. 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. Storparcellförsök 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 ärtor. 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 3<sup>rd</sup> 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.