

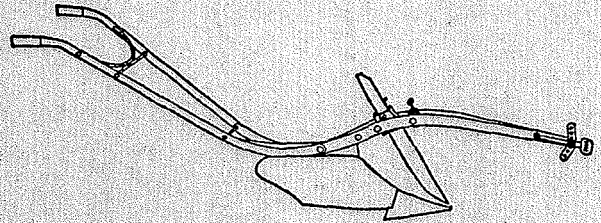


SVERIGES
LANTBRUKSUNIVERSITET
UPPSALA

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 101

2001

Johan Arvidsson, redaktör

**Jordbearbetningsavdelningens
årsrapport 2000**

ISSN 0348-0976

ISRN SLU-JB-R-101-SE

Sveriges lantbruksuniversitet
Institutionen för markvetenskap
Avdelningen för jordbearbetning

Rapporter från jordbearbetnings-
avdelningen. Nr 101, 2001
ISSN 0348-0976
ISRN SLU-JB-R--101--SE

Johan Arvidsson, Thomas Keller, John Löfkvist, Åsa Myrbeck, Nina Nordström, Tomas Rydberg, Fredrik Sassner, Urban Svantesson, Andreas Trautner.

JORDBEARBETNINGSAVDELNINGENS ÅRSRAPPORT 2000

Abstract

RESULTS OF RESEARCH IN SOIL TILLAGE IN 2000

This report summarizes the activities carried out by the Division of Soil Management in 2000, 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

Mechanical weed control

Nutrient leaching and erosion

INLEDNING

Denna rapport tar upp större delen av verksamheten som bedrevs vid avdelningen för jordbearbetning under 2000, 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) växtnäringens utlakning och erosion. Syftet är detsamma som tidigare, d.v.s.

- Information om avdelningens verksamhet. -Genom denna rapport får man snabbt en bild av vilka försök och vilken forskning som utförs vid avdelningen. Avsikten är också att delge resultaten på ett lättillgängligt sätt, med en kort text som redovisar de viktigaste resultaten från varje försöksserie eller forskningsprojekt. Den som önskar ytterligare information kan höra av sig till den kontaktperson som anges i texten.
- En snabb och löpande resultatredovisning av de fältförsök som drivs vid avdelningen. Liksom förut kommer enskilda försöksserier att redovisas utförligt i rapportform efter seriens avslutande men årsrapporten medger en snabbare publicering av pågående försök.
- Information om vad avdelningen inte håller på med. -Detta är också en viktig uppgift. Som läsare kan du snabbt konstatera: Varför finns ingen forskning som behandlar den fråga jag tycker är viktig? Vi hoppas att rapporten ska medverka till en dialog där människor runt om i jordbruksverige kommer till oss med synpunkter på vår verksamhet.

Ny verksamhet för i år är t.ex. mätning av alvpackning vid hög axelbelastning och låga ringtryck, jämförelse av packning för hjul- jämfört med bandtraktorer samt packning vid plöjning "on-land".

Texten till de olika avsnitten har i regel skrivits av den (de) kontaktperson(er) som anges för respektive avsnitt.

Jordbearbetningsavdelningen, SLU, mars 2001

Johan Arvidsson
Sixten Gunnarsson
Thomas Keller
Berth Mårtensson
Tomas Rydberg
Andreas Trautner

Britt-Louise Atterdagsdotter
Inge Håkansson
Einar Larsson
Åsa Myrbeck
Fredrik Sassner

Ararso Etana
Sven-Erik Karlsson
John Löfkvist
Nina Nordström
Urban Svantesson

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

Grundläggande bearbetning och bearbetningssystem	4
Olika bearbetningssystem - luckringsbehov	5
Olika bearbetningssystem - jordpackning	6
Olika bearbetningssystem - gödselplacering	8
Olika bearbetningssystem - halmbehandling	9
Bortodling av myr	11
Direktsådd	12
Bearbetningsdjup vid plöjningsfri odling	14
Jordbearbetningstidpunkt på hösten - inverkan på skörd, markstruktur och kväve mineralisering	16
Jordbearbetningstidpunkt på hösten - inverkan dragkraftsbehov	20
Jordbearbetningstidpunkt på hösten - inverkan på markytans ojämnheter före och efter sådd	21
Såbäddsberedning och ytskiktets funktion	23
Försök med såplog	24
Jordpackning, markstruktur och markvård	28
Packning av tunga betupptagare i fältförsök startade 1995-97	29
Packning av tunga betupptagare – effekt av sänkt ringtryck	31
Marktryck under band- och hjultraktor vid "onland" plöjning	35
Packning vid plöjning – jämförelse mellan konventionell plöjning och onland plöjning	40
Låga marktryck i odling med och utan plöjning	43
Biologisk alvluckring	46

Växtnäringsutlakning och erosion	50
Bearbetningssystem och fosforerosion	51
Bearbetning - fosforerosion - N-läckage	51
Kväveeffektiv jordbearbetning	53
Jordbearbetning - kväveutlakning på lerjord	54
Grön mark och N-utlakning	56
Utlakningsbegränsande odlingsåtgärder	56
Flytgödsel- fånggrödor - utlakning	58
Miljöanpassad flytgödsel och fånggrödor	59
Växtföljder - fånggrödor - utlakning	61
Jordbearbetning - kväveutlakning	63
Litteratur fosforerosion, grön mark och kväveutlakning	66

GRUNDLÄGGANDE BEARBETNING OCH -SYSTEM

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

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

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

R2-4007	(1974)	Odling med och utan plöjning, med olika bearbetningsdjup
R2-4008	(1974)	Odling med och utan plöjning, med olika packning
R2-4009	(1974)	Odling med och utan plöjning, radmyllad eller bredspridd gödsel
R2-4010	(1974)	Odling med och utan plöjning, med olika halmbehandling
R2-4014	(1976)	Bortodling av myr
R2-4017	(1982)	Direktsådd
R2-4027	(1991)	Bearbetningsdjup vid plöjningsfri odling
R2-4110, 4111	(1999)	Plöjningstidpunktens inverkan på markstruktur, växtproduktion och kväveutlakning på lerjord

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 1999 plöjdes enbart led A. Höstsådden genomfördes under gynnsamma förhållanden. Etableringen var god. Höstvetet övervintrade bra i samtliga led. Under vegetationsperioden år 2000 föll stora nederbördsmängder, speciellt under juni och juli. En förbättrad infiltrationskapacitet i D-led, och därmed en bättre luftförsörjning, kan vara en orsak till den något högre skörden.

Resultaten från övriga försök i serien visar 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. Kontaktperson är Tomas Rydberg, tel 018/671200.

Tabell 1. Skörd, kg/ha, och relativtal (plöjning = 100) i försöksserie R2-4007 2000

Försök nr, jordart	Län/plats	Gröda	Förf.	Plöjn	Plöjn vissa år, grund bearb	Plöjn vissa år, djup bearb	Aldrig plöjn grund bearb	Aldrig plöjn djup bearb	Sign
141/74	Ul	H-vete	Korn	7500	95	96	102	98	*
mmh SL									
26 försöksår				100	105	105	105	104	

Olika bearbetningssystem-jordpackning

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

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

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

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

Plöjda led 01 = ingen stubbearbetning

Plöjda led 02 = en stubbearbetning

Ej plöjda led 01 = två stubbearb. till 10-15 cm

Ej plöjda led 02 = tre stubbearb., den sista till 20 cm.

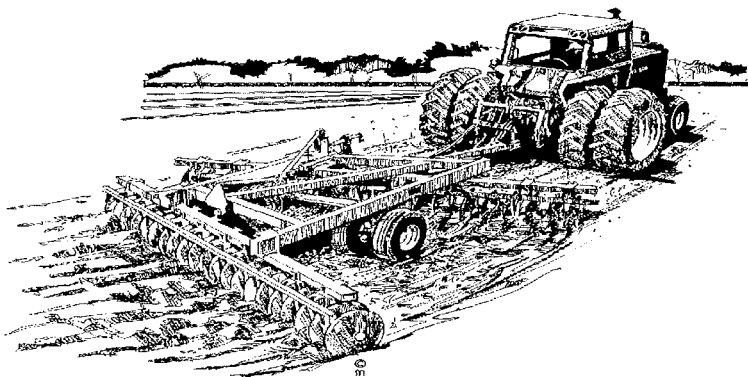
Serien har sedan 1989 endast omfattat ett fastliggande försök på Lönnstorp. I samband med förnyelsen av försöksplanen hösten 1991 genomfördes ingen förändring av rutfördelningen i fält. Detta innebär att möjligheterna att studera långsiktiga effekter av enbart ytlig bearbetning fortfarande kvarstår.

Resultat

År 1992 odlades höstvetete. I genomsnitt var skörden i plöjda led högre än i de plöjningsfria och någon positiv effekt av den djupare bearbetningen kunde ej konstateras. Däremot medförde 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 höstoljeväxter 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. En ytterligare orsak till det större skördeutbytet med plöjningsfri odling kan vara att förfrukten var oljeväxter. 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 höstoljeväxter, en packningskänslig gröda som borde gynnas av djupare och intensivare bearbetning. Detta framgår också av resultaten i tabell 2. 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) 1992-2000 i försöksserie R2-4008, Lönnstorp 253/74. Jordart = mmh mj D LL. A=plöjning, normal bearbetning. B=plöjningsfritt, plöjning till sockerbeter. C=plöjningsfritt. 1=normal intensitet och normalt djup. 2=intensiv och djup bearbetning

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



Olika bearbetningssystem-gödselplacering

I försök med kombisädd i plöjda och icke plöjda led har i genomsnitt en skördeökning på 5 % noterats för kombisädd i det konventionella ledet medan skördeökningen varit nära den dubbla i 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 1996. Ej plöjda rutor har bearbetats en gång extra med tallriksredskap. Skörderester har brukats ned. Dubbelmontage har använts i så stor utsträckning som möjligt. Samtliga grödor har gödslats med N, P och K. Till höstvetete har endast NP-gödselmedel myllats.

Resultat

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

Tabell 3. Skörd, kg/ha och relativtal (plöjning, gödslat på ytan=100) i försöksserie R2-4009 1976-2000

Försök nr	200/75	235/76	Samtliga	235/76
Län/plats	Ug	AC	1976-2000	Gröda: vall II
Jordart	nmh I Mo	nmh I Mo		ts-skörd 2000
Antal försöksår	9	17	26	kg/ha
Plöjn. varje år, gödslat på ytan	100	100	100	3500
Plöjn. varje år, myllad gödsel	104	106	105	102
Plöjn. vissa år, gödslat på ytan	96	100	99	93
Plöjn. vissa år, myllad gödsel	101	105	104	90
Aldrig plöjning, gödslat på ytan	95	91	93	86
Aldrig plöjning, myllad gödsel	98	104	101	88
Plöjning varje år	100	100	100	100
Plöjning vissa år	97	99	99	90
Aldrig plöjning	95	94	96	86
Gödslat på ytan	100	100	100	100
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 Rudsberg (S), ett på Bjällösa (E) och ett på Knistad (R). Endast Lannaförsöket pågår idag. I försöken har följande led ingått:

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

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

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

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

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

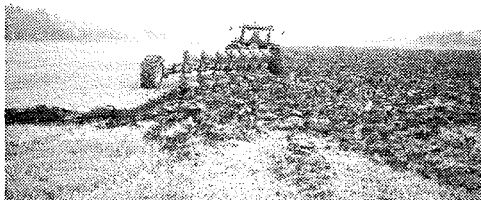
C2 = Stubbearbetning + ingen plöjning, kort stubb, halmen hackad

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

Resultat

Resultaten sammanfattas i tabell 4. I genomsnitt, för samtliga försöksplatser, har den plöjningsfria odlingen gynnats med ett par procentenheter av att skörderesterna förts bort. Ser man till de enskilda försöksplatserna så tycks 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.

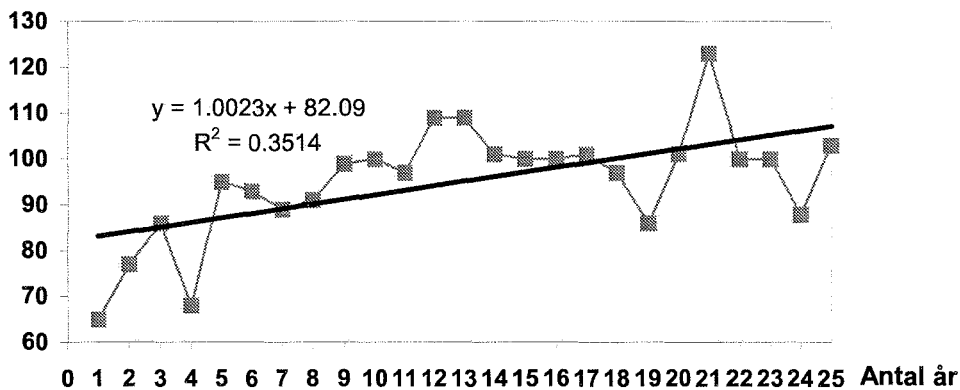
En i många sammanhang återkommande fråga är om resultatet med plöjningsfri odling blir bättre och bättre ju längre tekniken tillämpas. Något entydigt svar föreligger dock ej men en viss antydning om att så mycket väl kan vara fallet utgör resultaten från försöket på Lanna som anlades 1974. Från näst 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 1974-2000

Försök nr	86/75	201/77	3/75	381/74	Samtliga	381/74 2000
Län/plats	S	R	E	La		
Jordart	mmh mo LL	mmh ML	mmh mo LL	mmh SL		korn kg/ha
Antal försöksår	11	7	8	25		
Plöjt varje år, halm bortförd	100	100	100	100	100	100
Plöjt varje år, halm hackad	99	104	97	101	100	97
Plöjt vissa år, halm bortförd	105	107	99	99	101	100
Plöjt vissa år, halm hackad	103	107	96	99	101	96
Aldrig plöjt, halm bortförd	110	109	94	96	101	100
Aldrig plöjt, halm hackad	106	109	87	95	98	103
Plöjning varje år	100	100	100	100	100	100
Plöjning vissa år	105	105	99	98	101	100
Aldrig plöjning	109	107	92	95	99	103
Halmen bortförd	100	100	100	100	100	100
Halmen hackad	98	101	95	100	99	98
Signifikans bearbetning						n.s.
Signifikans halmbehandling						n.s.
Signifikans samspel						*

Rel. skörd (plöjning = 100)



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

Bortodling av myr

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

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

A = Stubbearb. varje år och plöjning varje år ("konventionell bearbetning").

B = Stubbearb. varje år och plöjning vissa år.

C = Stubbearb. varje år och ingen plöjning.

D = Ingen bearbetning, permanent vall.

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

Resultat

En sammanställning från avvägningarna

redovisas i tabell 5, och skörderesultaten i tabell 6. Nivåsänkningen i de bearbetade leden är av storleken 3 mm/år, medan bortodlingen under den permanenta vallen varit närmast försumbar. Några större skillnader i bortodling mellan de bearbetade försöksleden (A, B och C) har hittills ej registrerats. En slutsats kan därför bli att torvjordar överhuvud taget inte bör bearbetas om bortodlingen skall upphöra i nämnvärd omfattning. Värt att notera är också det plöjda ledets (led A) förhållandevis måttliga nivåsänkning till år 1983. Detta beror troligtvis på plöjningens luckrande verkan. De små skillnaderna mellan de bearbetade leden i den här undersökningen bör inte tolkas alltför vidsträckt. Erfarenheter från mer intensiv odling, t.ex. potatisodling, har visat på en bortodling av storleken 1 cm/år. Det går därför inte att hävda att olika typer av jordbearbetning generellt sett resulterar i ungefär lika stor bortodling. Vidare bör också nämnas att egenskaper hos olika torvjordar kan variera. Detta försök 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 1976-2000

Försök nr	Län/ plats	Jordart	Gröda	Förf.	Plöjn. varje år	Plöjn. vissa år	Aldrig plöjn.	Sign.
188/76 2000	St	Kärrtorv	Korn	Havre	4050	109	103	n.s.
23 försöksår					100	103	107	

Direktsådd

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

För att studera effekter av kontinuerligt tillämpad direktsådd anlades på hösten 1982, i serie **R2-4017**, fyra st försök varav ett på Alnarp, ett på Tönnersa, ett på Lanna och ett på Ultuna. Försöket på Tönnersa (N) avslutades år 1985, det på Alnarp år 1989 och det på Ultuna (U1) 1990. För närvarande pågår således endast försöket på Lanna. Redovisningen här inskränker sig enbart till Lannaförsöket. Resultat från övriga försök finns redovisade i avdelningens årsrapport 1994.

Lannaförsöket innehåller följande huvudled:

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

Sedan 1992 ingår även sub-leden

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

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

Väderstads DS-maskin och från och med 1997 med Väderstads Rapid.

Resultat

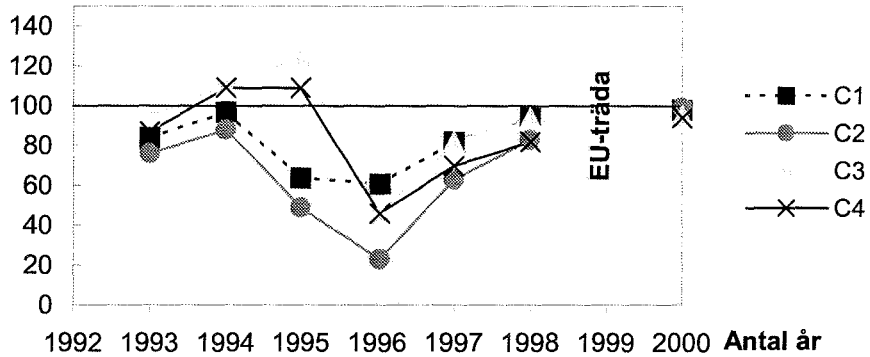
Resultatredovisningen i tabell 7 omfattar enbart huvudleden A, B och C. Sammanfattningsvis kan konstateras att visst går det att år efter år tillämpa direktsådd men det tycks som om man vissa år får räkna med en skördesänkning, i synnerhet om ogräset ej kan bemästras.

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

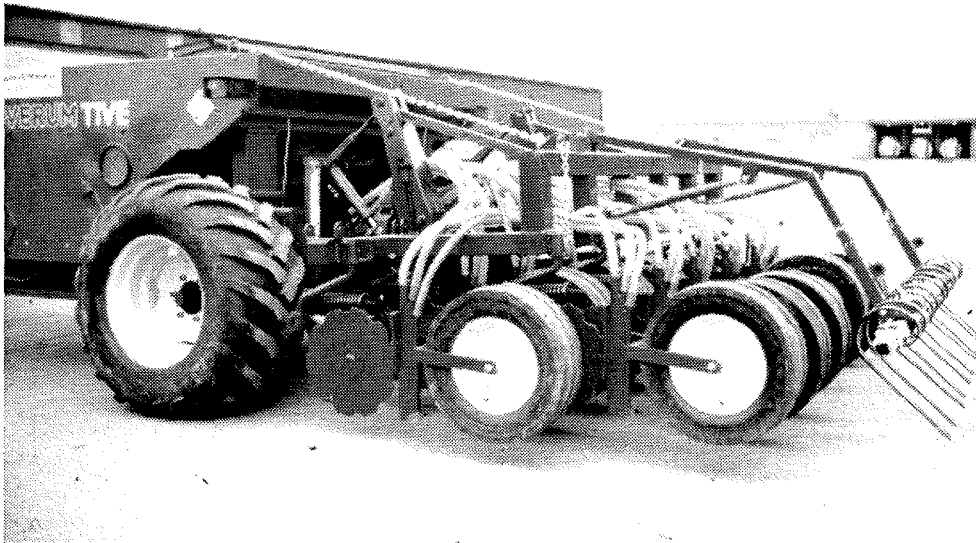
Tabell 7. Skörd, kg/ha och relativtal (konv. sådd=100) i försöksserie R2-4017 1982-2000

Försök nr	Län/plats	Jordart	Gröda	Förfr.	Konv. sådd	Direktsådd plöjn. vissa år	Direkt-sådd	Sign.
703/82 2000 17 försöksår	La	mfSL	h-vete	EU-träda	6740 100	102 90	98 90	*

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



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



Figur 3. "JB Special", en såmaskinskonstruktion som fungerade mycket bra vid direktsådd

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 en procent högre skörd än en grundare bearbetning. Under 2000 gav plöjningsfri odling lägre skörd än plöjning i samtliga tre 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 försämma rottillväxten. I serie R2-4027 studeras effekter av olika bearbetningsdjup vid plöjningsfri odling. Serien innehåller tre fastliggande försök vid Ultuna med följande försöksplan:

A=Plöjning

B=Kultivator till 10 cm, 2-3 ggr

C=Kultivator till 15 cm, 2-3 ggr

D=Kultivator till 20 cm, 2-3 ggr

E=Tallriksredskap 2-3 ggr

I ett av försöken, 517/91, har odlats korn efter korn sedan försökets start 1991. I de två övriga försöken har växtföljden varit mera varierad, år 2000 odlades korn efter vårvete i dessa försök.

Resultat

Skörd 2000 och 1991-2000 visas i tabell 8 resp 9. I speciellt två av försöken var relativskördarna låga i plöjningsfria led under 2000. Resultatet är motsatt det för 1999, då

Tabell 8. Skörd, kg/ha och relativtal (plöjning=100) i försöksserie R2-4027 2000

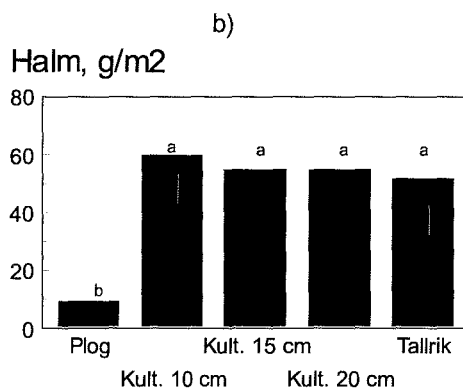
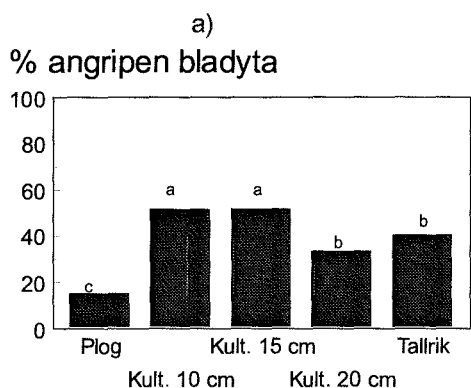
Försök nr	517/91	524/91	618/95	Medel 2000
Län, plats	Ultuna	Ultuna	Ultuna	
Jordart	mmh ML	mmh SL		
Förfrukt	Korn	Vårvete	Vårvete	
Gröda	Korn	Korn	Korn	
A=Plöjning	4640	5340	5550	100
B=Kultivator till 10 cm, 2-3 ggr	72	99	96	89
C=Kultivator till 15 cm, 2-3ggr	80	99	91	90
D=Kultivator till 20 cm, 2-3 ggr	76	98	90	88
E=Tallriksredskap 2-3 ggr	77	97	96	90
Signifikans	***	n.s.	*	

Tabell 9. Skörd, relativtal (plöjning=100) i försöksserie R2-4027 1991-2000

Försök nr	517/91	524/91	618/95	Medel
Län, plats	Ultuna	Ultuna	Ultuna	
Jordart	mmh ML	mmh SL		
Antal år	9	9	5	23
A=Plöjning	100	100	100	100
B=Kultivator till 10 cm, 2-3 ggr	88	98	110	97
C=Kultivator till 15 cm, 2-3ggr	90	99	105	97
D=Kultivator till 20 cm, 2-3 ggr	95	99	104	98
E=Tallriksredskap 2-3 ggr	94	91	108	96

skörden var högst i plöjningsfria led. Skillnaden beror troligtvis på skillnaden i väderlek mellan åren. Under 1999 var det mycket kraftig torka, något som ofta gynnar plöjningsfri odling, troligtvis beroende på lägre avdunstning, och att ledningsförmågan för vatten är högre i packad jord. Under det mycket regniga år 2000 ökade risken för syrebrist i packade led, och generellt sett ökar risken för växtpatogener under regniga år. Detta slår igenom mycket starkt i försök 517/91, där korn odlas efter korn. Här var skörden väldigt mycket lägre i de plöjningsfria leden, troligtvis beroende på ett högre sjukdomstryck. I detta försök har tidigare konstaterats högre frekvens

av bladfläckssvampar i ej plöjda led (figur 4 a), och 1997 mättes halmmängden i ytan efter sådd (figur 4 b). Halmmängden var lägst i plöjt led, med små skillnader mellan de plöjningsfria leden. Genomsnittlig skörd för samtliga försök 1991-2000 redovisas i tabell 9. Skörden har varit högst för plöjt led och för djup bearbetning med kultivator i försök 517/91, medan förhållandet varit det omvända i försök 618/95. En möjlig förklaring är att det senare ligger på styvare jord, med en större strukturkapacitet som medger en ytligare bearbetning. Kontaktperson är Johan Arvidsson, tel. 018/67 11 72.



Figur 4. a) Procent bladyta angripen av sköldfläcksjuka på bladnivå 2 i försök 517/91 1996. b) Halmmängd i markytan efter sådd 1997 i försök 517/91.

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 stubb efter en stråsädesgröda om plöjning sker efter ett visst datum på hösten. Dessa regler gäller oavsett jordart. På lerjordar finns dock få studier om hur bearbetningstidpunkten påverkar kväveutlakningen. En sen bearbetning vid ogynnsamma förhållanden skulle kunna leda till försämrad markstruktur vilket skulle kunna ge lägre skörd och därmed ett sämre kväveutnyttjande. Denna försöksserie, **R2-4111** som lades ut 1999 syftar till att undersöka hur tidpunkten för bearbetning på hösten inverkar på markstruktur, 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 (styv lera). Försöksled framgår av tabell 10. På Ultuna ingick även kultivering (fr o m hösten 2000 ingår kultivering på samtliga platser). 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 att bestämma mängden mineralkväve i profilen under flera tidpunkter från sen sommar till tidig vår. Med hjälp av dessa undersökningar vägdes sedan risken för kväveutlakning mot risken för försämrad markstruktur och eventuellt sänkt skörd som bearbetning vid ogynnsamma förhållanden kan ge.

Resultat

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

Tabell 10. Försöksled på de tre försöksplatserna

Plats	Led	Bearbetning	Tidpunkt för bearbetning	
Kuddby och Rydsgård	A	plöjning	tidig	15 augusti – 1 september
	B	plöjning	normal	15 september – 1 oktober
	C	plöjning	sen	tidigast 20 okt i Skåne och 10 okt i Östergötland
Ultuna	A1	plöjning	tidig	augusti
	A2	plöjning	normal	15 september – 1 oktober
	A3	plöjning	sen	tidigast 10 oktober
	B1	kultivering	tidig	augusti
	B2	kultivering	normal	15 september – 1 oktober
	B3	kultivering	sen	tidigast 10 oktober

Mineralkvävemängderna (figur 5) och då främst nitrat ökade under hösten både på Rydsgård och Ultuna efter att marken plöjts. För Rydsgård minskade kvävehalterna på hösten i marken innan plöjning medan halterna på Ultuna ökade under hela hösten. Generellt påverkades kväve mineraliseringen kraftigt av bearbetningen, och mer kväve fanns i profilen på senhösten ju tidigare plöjning skett både på Rydsgård och Ultuna.

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

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.

Vid optimala betingelser för jordbearbetning bildas maximalt antal små aggregat. Detta skedde på Kuddby vid tidig plöjning. På Ultuna gav tidig stubbearbetning större andel små aggregat än den sena stubbearbetningen. På Rydsgård var jorden kompakt och bestod av stora jordklumpar efter alla plöjningstidpunkterna. Detta kan bero på att vattenhalten i marken redan vid den första tidpunkten var hög, 0,9 x undre plasticitetsgränsen. Detta är den gräns som

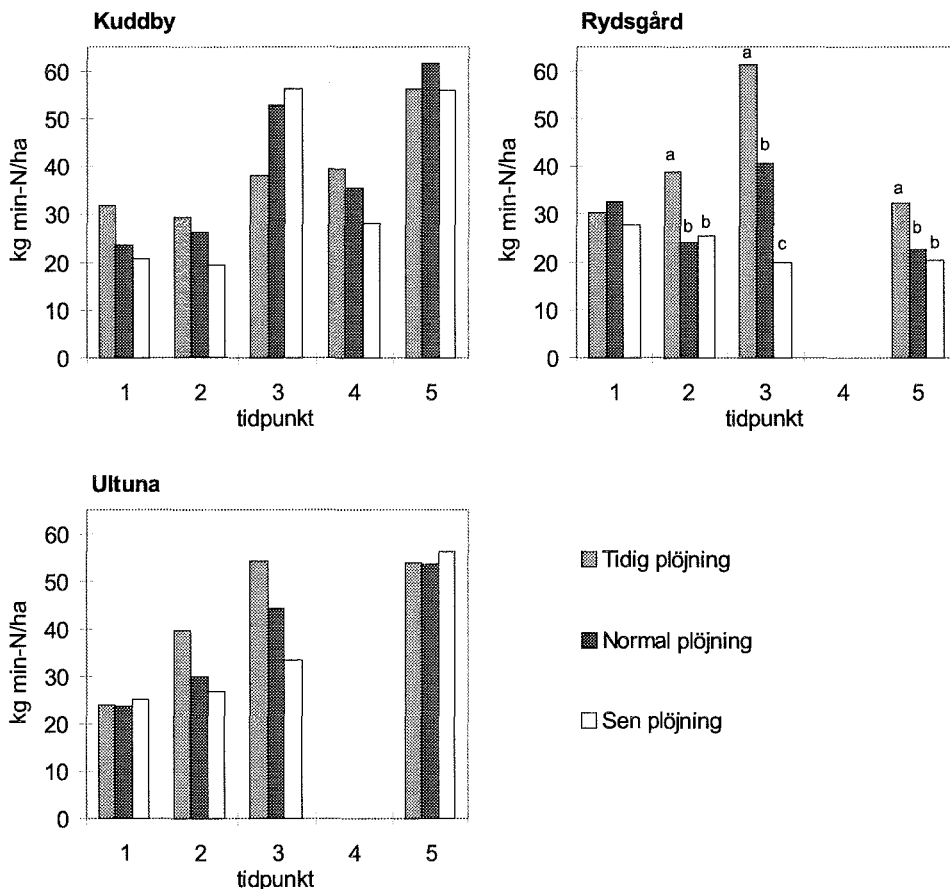
brukar anges som den optimala vattenhalten för jordbearbetning. Vad gäller aggregatstorleksfördelningen på Ultuna finns bara resultat från tidig och sen bearbetning. Plöjning gav många stora aggregat för båda dessa tidpunkter vilket kan ha berott på att jorden var för torr vid första plöjningstidpunkten (0,6 x undre plasticitetsgränsen) och för våt vid den sena (över undre plasticitetsgränsen). Tidig kultivering på Ultuna gav dock mycket högre andel fina aggregat än sen kultivering.

Markstrukturen året efter bearbetning beror inte bara på vattenhalten vid bearbetning utan också på den tid som finns tillgänglig för strukturbildning. Detta beror på att en god struktur på en lerjord till stor del uppkommer p g a vätning och upptorkning samt cykler med tjälning. Resultaten av de markfysikaliska undersökningarna som gjordes på våren var alltså påverkade såväl av bearbetningstidpunkt som vattenhalt vid bearbetning. Att tidig och normal plöjningstidpunkt på Ultuna gav fina såbäddar trots att jorden var mycket kompakt, åtminstone efter tidig plöjning, beror förmodligen på tjälens strukturbildande effekt.

En hög skrymdensitet skulle kunna tyda på packning, inga skillnader kunde dock märkas i skrymdensitet mellan de olika bearbetningstillfällena på någon av försöksplatserna. I studier angående plöjningens förmåga att återställa packningsskador konstaterades också att det mesta av packningseffekten (avseende förändringar i skrymdensitet) försvann efter plöjning.

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

Plats	Tidig bearbetning	Normal bearbetningstidpunkt	Sen bearbetning
Kuddby	20 augusti / 28.2%	1 oktober / 36.0%	1 december / 28.2%
Rydsgård	7 september / 25.0%	6 oktober / 28.2%	18 november / 30.8%
Ultuna	24 augusti / 19.9%	6 oktober / 29.5%	14 december / 34.1%



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

Enligt tabell 12 har den sena tidpunkten ej varit bäst ur struktursynpunkt för någon av undersökningarna. För Kuddby och Rydsgård gav den tidiga bearbetningen bäst resultat och för Ultuna den tidiga eller den normala bearbetningstidpunkten.

Bearbetningstidpunkterna då vattenhalterna låg över eller på gränsen till den undre plasticitetsgränsen (normal bearbetning på Kuddby och Rydsgård samt den sena bearbetningen på alla tre platserna) var förmodligen olämpliga för bearbetning ur markstruktursynpunkt i denna undersökning.

Vattenhalten vid de bearbetningstidpunkter som gav bäst markfysikaliska resultat låg på Kuddby runt 0,7 (tidig plöjning), på Rydsgård 0,9 (tidig plöjning) samt på Ultuna 0,6 och 0,9 (tidig och normal bearbetningstidpunkt) x undre plasticitetsgränserna. Exakt var den optimala vattenhalten för bearbetning ligger i förhållande till undre plasticitetsgränsen för dessa tre jordar går dock ej att konstatera efter dessa försök då bearbetning har skett vid för få olika vattenhalter och skillnader i de markfysikaliska undersökningarna varit små. Inga stora skillnader i skörd förekom mellan bearbetningstidpunkterna på någon

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, högst genomsläpplighet samt lägst aggregathållfasthet

Plats	Störst andel fina aggregat efter bearbetning	Störst andel fina aggregat i såbädden	Högst genomsläpplighet	Lägst aggregathållfasthet
Kuddby	tidig	tidig	tidig	
Rydsgård		tidig		tidig
Ultuna	tidig*	tidig - normal	normal -tidig	

* av sen och tidig kultivering

Tabell 13. Skörd i kg/ha för de tre bearbetningstidpunkterna. Värden med olika bokstäver är signifikant skilda ($P < 0,05$)

Plats	Led	Skörd	Relativtal
Kuddby	Tidig plöjning	6580	100
	Normal plöjning	6640	101
	Sen plöjning	6540	99
Rydsgård	Tidig plöjning	4960	100
	Normal plöjning	5380	109
	Sen plöjning	4980	100
Ultuna	Tidig plöjning	5140	100
	Normal plöjning	5170	100
	Sen plöjning	5150	100
	Tidig kultivering	5360	104
	Normal kultivering	5320	103
	Sen kultivering	5320	103
	Plöjning	5150 ^b	100
	Kultivering	5330 ^a	104
	Tidig	5250	100
	Normal	5240	100
Sen	5230	100	

försöksplats (tabell 13). På Ultuna är dock skillnaden i skörd mellan plöjda och stubbearbetade led signifikant. Större skillnader i skörd kan förväntas ett torrare år då speciellt såbädden blir viktigare för grödans etablering. Sett till resultaten 1999-2000 för markfysikaliska undersökningar, mineralkväveprovtagningar och skörd skulle den, totalt sett, bästa strategin på Rydsgård vara att plöja sent. Då det på Ultuna troligtvis var liten skillnad i kväveutlakning mellan

bearbetningstidpunkterna vore det kanske bäst att undvika den sena plöjningen då denna gav sämre markstruktur. Resultaten i sin helhet finns publicerade i ett examensarbete av Nina Nordström: Jordbearbetningstidpunkt på hösten- inverkan på skörd, markstruktur och kväveminerisering. Meddelanden från jordbearbetningsavdelningen, nr 34.

Kontaktperson är Johan Arvidsson, tel. 018/671172.

Jordbearbetningstidpunkt på hösten – inverkan på dragkraftsbehov

Markens vattenhalt och struktur har stor betydelse för dragkraftsbehovet vid bearbetning. En senareläggning av bearbetningen på hösten för att minska kväve-mineraliseringen måste beakta eventuella ökade kostnader för jordbearbetning och strukturförsämring.

Markens vattenhalt och struktur har stor betydelse för dragkraftsbehovet. Även redskap, bearbetningsdjup och hastighet påverkar dragkraftsbehovet. Vad gäller redskap beror skillnaden främst på bearbetningsdjupet. Ökad hastighet leder till högre energiåtgång eftersom mer kraft behövs för att accelerera jordpartiklarna. I Sverige har inga undersökningar gjorts avseende vattenhaltens betydelse för dragkraftsbehov eller energiåtgång vid jordbearbetning.

Försöksserien **R2-4111** lades ut för första gången 1999. Under 2000 ligger försöksserien på tre platser; Ultuna i Uppland, Kuddby i Östergötland och Rydsgård i Skåne. Försöksleden framgår av tabell 14.

Mätning av energiåtgång har gjorts i försöket på Ultuna med en mättraktor utvecklad vid Jordbrukstekniska Institutet. Utifrån uppmätta bränsleflöden, avgastemperatur och motorvarvtal beräknas motoreffekt och vridmoment. Genom bearbetningsbredd och radarmätning av verklig hastighet (till skillnad från hjulhastighet) kan sedan energibehovet per hektar beräknas.



Figur 6. Sen plöjning på Ultuna.

Även ett mått på sliringen fås genom att både verklig hastighet och hjulhastighet uppmättes.

Tabell 14. Försöksled på de tre försöksplatserna

Led	Bearbetning	Tidpunkt för bearbetning	
A1	Plöjning	Tidig	15 augusti – 1 september
A2	Plöjning	Normal	15 september – 10 oktober
A3	Plöjning	Sen	Tidigast 20 oktober i Skåne eller 10 okt i Östergötland och Uppland
B1	Kultivering	Tidig	15 augusti – 1 september
B2	Kultivering	Normal	15 september – 10 oktober
B3	Kultivering	Sen	Tidigast 20 oktober i Skåne eller 10 okt i Östergötland och Uppland

Tabell 15. Tidpunkt och vattenhalt vid de aktuella bearbetningstidpunkterna, Ultuna 2000

Bearbetningstidpunkt	Tidig	Normal	Sen
Datum	11 september	10 oktober	16 november
Vattenhalt, %	25,9	31,5	34,5

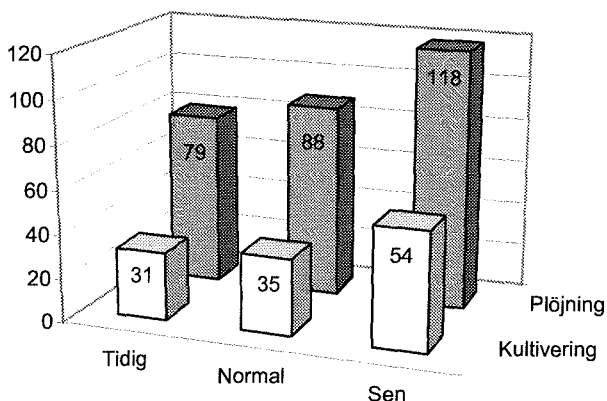
Resultat

Tidpunkter och vattenhalter vid bearbetning på Ultuna hösten 2000 framgår av tabell 15.

Relativt stora skillnader i vattenhalt uppmättes vid de tre bearbetningstidpunkterna vilket resulterade i stora skillnader i dragkraftbehov (se Figur 7). Från tidig till sen plöjning ökade energiförbrukningen med 50%. Samma jämförelse mellan tidig och sen kultivering visar på en 75%-ig ökning. Även slirningen har

ökat. Mellan tidig och sen bearbetning har en fördubbling skett, oavsett redskap. Detta tyder på att åtgärder för att minska kväve-mineraliseringen kan leda till ökade kostnader för jordbearbetning och strukturförsämring. För att bevara markens långsiktiga produktionsförmåga måste alla aspekter beaktas.

Kontaktperson är Johan Arvidsson, 018/67 1172 eller Fredrik Sassner, tel 018/671278.



Figur 7.
Energiåtgång
kWh/ha

Jordbearbetningstidpunkt på hösten – inverkan på markytans ojämnheter före och efter sådd

Vid såbäddsberedning strävar man efter att skapa en jämn såbotten då detta ökar möjligheterna att få en jämn uppkomst och därmed ett bestånd med god ogräskonkurrens och jämn mognad. Detta gör det intressant att utveckla metoder för att påvisa skillnader mellan olika bearbetningsmetoder och tidpunkter.

Vid avdelningen för jordbearbetning utvecklades under 1999 en apparatur för mätning av markytans ojämnheter som är ett sätt att karaktärisera bearbetningsresultatet. Exempel på mätningar visas i Figur 8 och 9. En laser för mätning av avstånd är monterad i ett koordinatbord. Med hjälp av två stegmotorer förflyttas lasern i x- och y-led. Drygt 1m² kan

mätas, med en upplösning av 1 mm. Under våren användes lasern för att mäta ojämnheten i markytan och såbäddsbottnen, som kan sägas vara ett slags mått på bearbetningsresultatet. Mätningar utfördes i tre av blocken, dels innan harvning och sådd den 29 april och dels efter sådd 4 och 5 maj. Innan harvning mättes en 52*98 cm stor ruta för att få en heltäckande

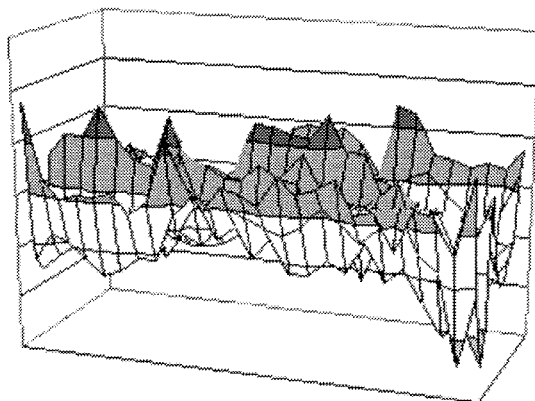
bild av plogfårorna. Efter sådd gjordes två mätningar, en mätning av markytans ojämnhet och en mätning av såbotten sedan såbruket skrapats bort. Mätningarna överfördes till excelark och ordnades i koordinatsystem. Standardavvikelse i x- och y-led kunde sedan räknas ut och behandlas i SAS.

Signifikanta skillnader i ojämnhet uppmättes enbart i x-led, d.v.s. vinkelrätt mot bearbetningsriktningen. Före sådd hade tidig bearbetning signifikant ojämnare markyta än normal bearbetning, men sen bearbetning skilde sig inte från de andra tidpunkterna, oavsett bearbetningsmetod. I såbottenmätningen fanns signifikanta skillnader mellan tidig bearbetning och de övriga tidpunkterna. Signifikanta skillnader mellan de plöjda och de kultiverade leden uppmättes endast i markytan före sådd. Normal bearbetningstidpunkt gav den jämnaste markytan medan tidig resulterade

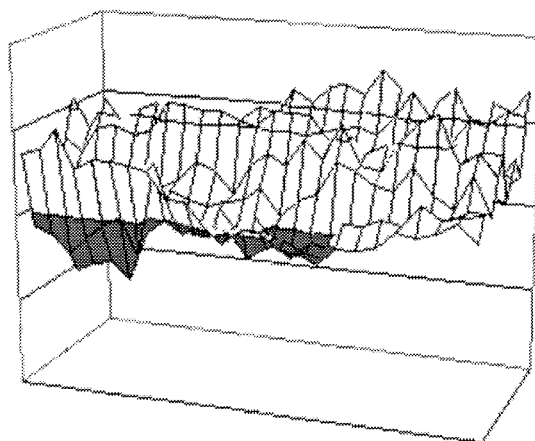
i den ojämaste. Detta kan förklaras av att jorden var mycket torr vid tidig bearbetning och att stora aggregat revs upp. Vid normal tidpunkt för plöjning var vattenhalten högre och tiltanslutningen blev bättre.

Efter sådd finns inga signifikanta skillnader vad gäller ojämnheten, delvis p.g.a den noggranna harvningen och bearbetningen av Rapid-såmaskinen. Bearbetningsmetoden hade alltså endast betydelse för markytans jämnhet före vårbruket.

Mätningarna tyder på att det är svårt att jämna till de initiala ojämnheter som skapas under hösten med hjälp av harvningar på våren. Ojämnheterna har dock inte lett till några signifikanta skillnader i skörd (Tabell 13). Kontaktperson är Johan Arvidsson, 018/67 11 72, eller Fredrik Sassner, 018/671278.



Figur 8. Ytstruktur innan såbäddberedning



Figur 9. Ytstruktur efter sådd

SÅBÄDDSDBEREDNING OCH YTSKIKTETS FUNKTION

Såbäddsberedningen är ett kritiskt moment inom växtodlingen, då det gäller att få en säker groningen 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):

Försök med såplog

(1999)

Försök med såplog

Under 1999 startades tre försök där en s.k. såplogs användbarhet på olika jordar prövas. Ett försök är beläget på en lättlera och de två övriga på mellanleror. Torråret 1999 minskade avkastningen i såplogsleden med ökande lerhalt. Det nederbördsrika året 2000 fungerade såplogssystemet bra på alla tre försöksplatser.



Under 1999 startades tre fastliggande försök 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 % respektive 36 % ler i matjorden. Såplogssystemet innebär att plöjning och sådd sker i samma överfart, vilket gör att vårsådden normalt kan tidigareläggas ca 10-20 dagar. Såplogssystemet är således ett system med reducerad jordbearbetning (färre överfarter) och tidig sådd.

Från och med år 2000 ingår också två försöksled där Kvernelands ekoskär prövas. Syftet med ekoskåret är att luckra skiktet omedelbart under plogen, det vill säga plogsulan.

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

Såplogsförsöken är randomiserade blockförsök bestående av sex led i fyra upprepningar. I tabell 16 redovisas försöksleden.

Tabell 16. Försöksled

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

Samtliga led såddes med korn av sorten Filippa. De konventionellt sådda leden, A, B och F, harvades tre gånger före sådd. Plogsådd utfördes vid för såplöjning optimal tidpunkt, dvs 10-20 dagar före konventionell vårsådd.

De konventionellt sådda leden (A, B och F) såddes med en konventionell såmaskin av märket Nordsten.

Vältningen av led D utfördes två till tre veckor efter sådd med en konventionell cambridgevält. Anledningen till att vältningen inte gjordes omedelbart efter sådd var att plogsådden lämnade matjorden mycket porös och med låg bärighet, så vältningen fick vänta tills marken hunnit torka upp något och bar bättre.

I samband med sådden upptäcktes det att såbädden blev märkbart grövre i leden där ekoskåret användes. Detta gällde i synnerhet försöket med den högsta lerhalten (36 %). Därför gjordes såbäddsundersökningar i led B (vårplöjt) och led F (vårplöjt + ekoskär) i detta försök. Såbädden delades i två lager vid dessa undersökningar.

Motståndet mot penetration mättes i samtliga led i alla tre försök, med hjälp av en

handburen Bush penetrometer. Mätningarna gjordes två till sex veckor efter sådd i mitten av maj.

Ekoskärrets påverkan på strukturen i plogsuleskiktet undersöktes med hjälp av infiltrationsmätningar i fält i början av maj. Mätningar utfördes i led A, E och F i alla tre försök. Vattnets infiltrationshastighet mättes i skiktet från 22 cm och nedåt.

Under andra halvan av maj gjordes en okulär gradering av planttätheten i alla tre försök.

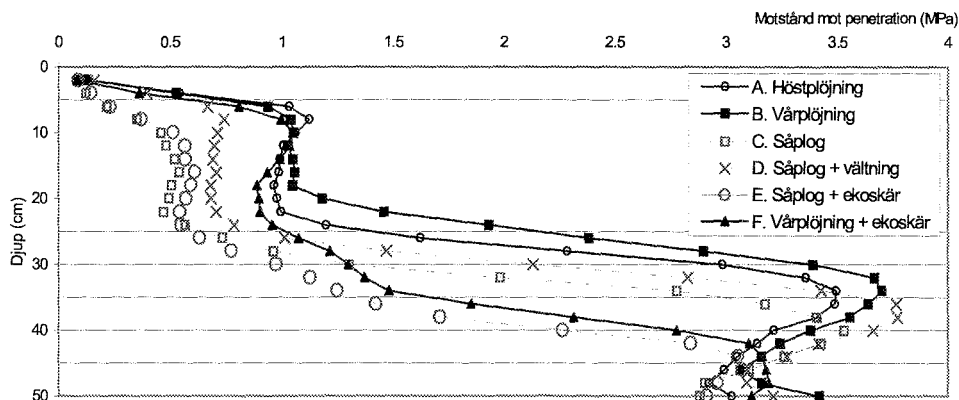
Resultat

Strax efter sådden gjordes såbäddsundersökningar i de vårplöjda leden, med respektive utan ekoskär, i försöket som var beläget på den styvaste mellanleran (36 % ler). Vid dessa undersökningar visade det sig att andelen stora aggregat var betydligt större i det vårplöjda ledet med ekoskär än i det vårplöjda ledet utan ekoskär. Det var statistiskt signifikant i såbäddens båda lager. Andelen finjord (aggregat < 2 mm) var större i ledet utan ekoskär, och det var statistiskt signifikant i såbäddens undre lager. En möjlig förklaring till den sämre strukturen i ekoskärslidens såbäddar kan vara att ekoskåret, som luckrade skiktet omedelbart under plogdjup, försämrade den kapillära

vattentransporten till markytan och på så sätt bidrog till ett snabbare upptorkningsförlopp i matjorden. Detta skulle i så fall ha lett till att aggregaten blev mycket hårda och inte lät sig sönderdelas vid följande bearbetning.

I alla tre försök mättes motståndet mot penetration i skiktet 0-50 cm. I figur 10 redovisas resultaten från penetrometermätningarna gjorda i försöket som låg på en moig lättlera (16 % ler i matjorden). I matjorden var motståndet betydligt lägre i de tre såplogsleden (led C, D och E) än i de konventionellt sådda leden (led A, B och F). Den skillnaden var statistiskt signifikant från 8 till 18 cm. Ledet med såplog + vältning (led D) hade högre motstånd än de två övriga såplogsleden (led C och E) i hela matjorden och den skillnaden var statistiskt signifikant i skiktet 2-14 cm.

Jämförs ekoskärsliden såplog + ekoskär och vårplöjning + ekoskär (led E och F) med sina motsvarigheter utan ekoskär, såplog och vårplöjning (led C och B) visar det sig att motståndet i övre alven var betydligt lägre i leden med ekoskär. Ledet med såplog + ekoskär (led E) hade statistiskt signifikant lägre motstånd än såplogsledet (led C) från 32 till 42 cm.



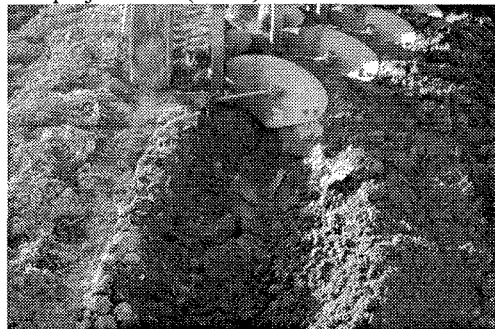
Figur 10. Penetrationsmotstånd (MPa) i skiktet 0-50 cm i Såplogsförsöket beläget på en lättlera (16 % ler).

Ledet med vårplöjning + ekoskär (led F) hade statistiskt signifikant lägre motstånd än det vårplöjda ledet (led B) från 18 till 40 cm.

Resultaten från penetrometermätningarna i de två försöken belägna på mellanleror såg i princip ut på samma sätt. Det var tydligt att återpackningen i matjorden hos såplogsleden var betydligt lägre än i de konventionellt sådda leden. Det resultatet kan man förvänta sig eftersom såplogssystemet innebär att man sår direkt på tiltorna som endast har bearbetats med en belastad tiltpackare efter plöjning. Den mindre återpackningen innebär risk för försämrad kapillär upptransport av vatten genom matjorden. Detta gäller i synnerhet de två försöken belägna på mellanleror. På lättleran kan man förvänta sig att den grövre kornstorleksfördelningen i kombination med dess lägre aggregatstabilitet gör att jorden snabbare återfår förmågan till kapillär transport genom det luckrade skiktet. Ytterligare ett intressant resultat från penetrometermätningarna är den tydliga packningseffekt som kan ses i såplogsledet som vältades efter sådd. Denna packning orsakades förmodligen både av välten i sig liksom av traktorn som drog densamma. Denna återpackning bör ha förbättrat den kapillära upptransporten av vatten genom matjorden.

Vatteninfiltrationen i fält mättes i det höstplöjda ledet (led A), såplogsledet med ekoskär (led E) och i det vårplöjda ledet med ekoskär (led F) i alla tre försök. Infiltrationen

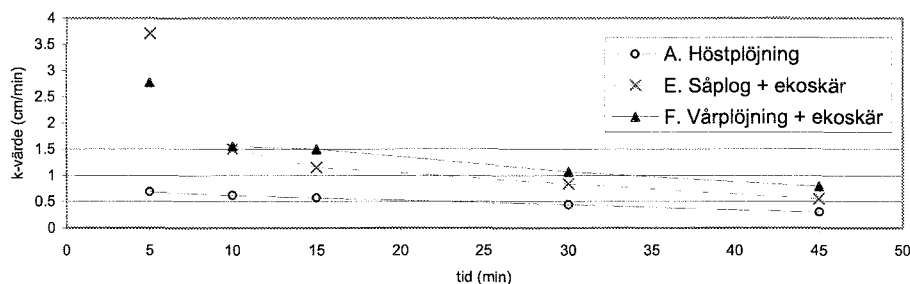
mättes i skiktet från 22 cm och nedåt. I figur 11 redovisas resultaten av dessa mätningar från försöket med 36 % ler. Vid dessa undersökningar var inga skillnader mellan leden inom de enskilda försöken statistiskt signifikanta. Men vid en statistisk analys av alla tre försöken sammantagna visade det sig att infiltrationshastigheten efter 30 och 45 minuter var signifikant högre ($p < 0,05$) i det vårplöjda ledet med ekoskär (led F) än i det höstplöjda ledet (led A).



Ekoskärets luckrande effekt syns tydligt i plogfårans botten.

Vid den okulära graderingen av planttätheten i slutet av maj, så bedömdes den (med undantag för det vårplöjda ledet med ekoskär led F) vara lägre i de tre såplogsleden än i de konventionellt sådda leden i alla tre försök.

Försöken skördades i slutet av augusti. Skörderesultaten redovisas i tabell 17.



Figur 11. Infiltrationen av vatten i skiktet från 22 cm och nedåt som en funktion av tiden i försöket beläget på en mellanlera med 36 % ler.

Tabell 17. Skörd år 2000. I tabellhuvudet anges lerhalten på försöksplatsen ifråga. LSD värdet anger den minsta skillnad som krävs mellan två skördevärden för att dessa skall vara statistiskt signifikant skilda

Lerhalt	36%	30%	16%
	kg/ha	kg/ha	kg/ha
A. Höstplöjning	5230	4710	4110
B. Vårplöjning	4740	3890	3800
C. Såplog	4600	4360	4600
D. Såplog + vältning	4820	4560	4750
E. Såplog + ekoskär	3480	4310	4540
F. Vårplöjning + ekoskär	3680	4060	4390
LSD	400	340	260
Signifikansnivå	***	**	***

Såplogssystemet fungerade mycket bra år 2000. På försöket som var beläget på en lättlera gav såplogsleden högst skörd. I de båda försöken som var belägna på mellanleror med lerhalter på 30 respektive 36 %, gav såplogssystemet, med undantag för såplogsledet med ekoskär, 3-12 % lägre skörd än konventionell höstplöjning och sådd.

I försöket med 36 % ler gav leden med ekoskär betydligt lägre skörd än motsvarande led utan ekoskär. Det var förmodligen ett resultat av den tidigare beskrivna, betydligt sämre såbäddsstrukturen i leden med ekoskär. Vårplöjning med ekoskär gav högre skörd än vårplöjning utan ekoskär i de två övriga försöken och på lättleran var skillnaden statistiskt signifikant.

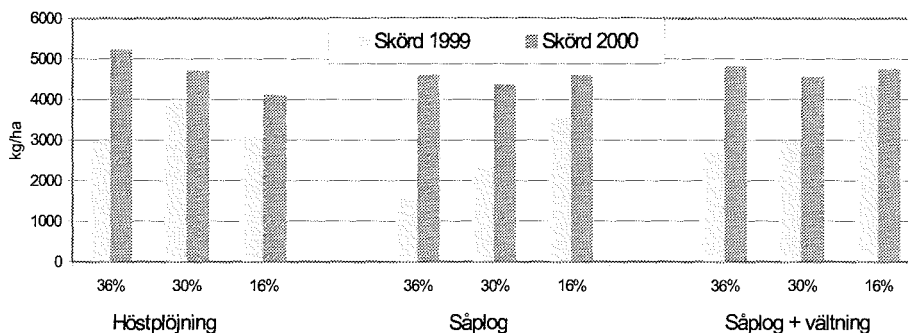
I figur 12 redovisas skördeutvecklingen åren 1999-2000 i leden höstplöjt, såplog och såplog + vältning.

Figur 12 visar att skördenivån i såplogsleden år 2000 inte var tydligt kopplad till lerhalten. Torrråret 1999 var det stora skillnader i skörd beroende av lerhalten på växtplatsen. Då minskade skörden med ökande lerhalt. Den lägre skörden i såplogsleden 1999 kan förmodligen till stor del förklaras med den sämre såbädden och den sämre fröplaceringen i dessa led. Vidare bör den luckrare matjorden i såplogsleden ha gett lägre kapillärluptransport av vatten och det i kombination med den sämre såbädden har förmodligen resulterat i sämre vattenförsörjning.

Den goda skörden i såplogsleden år 2000 kan förmodligen till stor del förklaras med den relativt rikliga nederbörden under växtsäsongen. Förbättringen i såplogsleden kan även ha varit ett resultat av förbättrad matjordsstruktur åstadkommen av det mindre antalet överfarer i dessa led.

Den högre graden av återpackning i de vältade såplogsleden har gett tydlig effekt på skörden. Vältade såplogsled har gett högre skörd än ovältade såplogsled på alla försöksplatser både 1999 och 2000.

Kontaktperson är Urban Svantesson, tel. 018/671246



Figur 12. Skördeutveckling 1999-2000, i leden höstplöjt, såplog och såplog + vältning. Procentsatsen under respektive stapel anger lerhalten på försöksplatsen ifråga.

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)

Förutom den traditionella verksamheten kring jordpackning ingår också generella markvårdsfrågor, även internationellt, i detta program.

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. Packningen innebar en försämring i markens funktion i form av sänkt genomsläpplighet och ökat penetrationsmotstånd. Effekten på skörden har hittills varit liten.

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

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

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

De sex fältförsöken benämns i fortsättningen Brahmehem (nära Kävlinge), Tornhill (strax utanför Lund), Sandby (nära Borby på Österlen), Kronoslätt (mellan Trelleborg och Ystad), Elvireborg (nära Billeberga) och Rinkaby (mellan Åhus och Kristianstad). Brahmehem och Tornhill startades 1995, Sandby och Kronoslätt 1996 samt Elvireborg och Rinkaby 1997. Alla

platser är moränjordar, utom Rinkaby som är en vindtransporterad sandjord.

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

Försöksplan och försökens utläggning

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

A= Ingen körning

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

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

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

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

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

betupptagarens hjul var 200-250 kPa och i traktorhjulen 200-250 kPa.

6-radig upptagare: Totalvikt på ca. 35 ton fördelat på fyra hjul. P.g.a. maskinernas stora vikt var det ej möjligt att väga dem i fält. Den betupptagare som användes i försöket vid Hemmesdyngge vägdes vid ett tillfälle, och vägde då 34,5 ton med last. Upptagarna kördes med 850-1050 mm breda hjul, som kördes med ringtryck mellan 170 och 240 kPa.

Av praktiska skäl har försöken lagts ut i stubbåker. Vid varje körtillfälle bestämdes markens vattenhalt och ringtrycket i de hjul som överfor marken. Körning i led B-D gjordes under "våta" förhållanden i oktober eller november. "Torra" förhållanden i led E erhöles genom att utföra körningen tidigare på hösten. Höstarna 1995, 1996 och 1997 var relativt torra och ingen av körningarna gjordes under speciellt svåra förhållanden.

Spårdjup efter 4 överfarer med de sexradiga upptagarna var i regel 5-10 cm, och något mer för den tre-radiga.

Resultat

Skörd i samtliga försök som skördats t.o.m. 2000 redovisas i tabell 18. Skillnader i skörd mellan leden har i genomsnitt varit liten. Endast i två fall har uppmätts signifikanta skördeskillnader, i båda fallen med lägst skörd i led D. I medeltal för samtliga försök är skörden i led D samma som för kontrolledet. Undersökningar av markens fysikaliska egenskaper visar dock att körningen i framförallt led D orsakat en sänkning av markens genomsläpplighet och en höjning av penetrationsmotståndet till ca 50 cm djup.

Tabell 18. Relativ skörd (ingen körning=100) efter körning med tunga betupptagare, 1997-2000

Plats	År	Gröda	Rel. Skörd (A'=100)					Sign.
			A	B	C	D	E	
Tornhill	1997	Vårkorn	100	99	101	95	95	*
Tornhill	1998	Höstraps	100	105	105	106	105	n.s.
Brahmehem	1998	Höstvete	100	102	103	103	105	n.s.
Sandby	1998	Årter	100	101	91	91	98	n.s.
Kronoslätt	1998	Vårkorn	100	102	100	99	101	n.s.
Tornhill	1999	Höstvete	100	101	102	104	103	n.s.
Kronoslätt	1999	Höstvete	100	100	103	101	101	n.s.
Sandby	1999	Höstvete	100	102	98	97	99	*
Elvireborg	2000	Höstvete	100		99	96		n.s.
Sandby	2000	Rödsvingelfrö	100	106	103	108	112	n.s.
Brahmehem	2000	Korn	100	99	102	99	96	n.s.
Kronoslätt	2000	Höstraps	100	99	98	95	99	n.s.
Medel (n=12)			100		100	100		n.s.
Medel (n=11)			100	101	101	100	101	n.s.

¹ 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 sänkt ringtryck

Under hösten 2000 gjordes mätningar av tryck och packning på olika djup i marken för en sexradig betupptagare med utrustning för att reglera ringtryck. Vid en last på 8300 kg var både tryck och packning signifikant lägre på 30 cm djup för 90 jämfört med 220 kPa ringtryck. På större djup var skillnaden liten.

Under hösten 2000 gjordes ett test av verkan av sänkt ringtryck på packning i alven. Testet gjordes med en sexradig betupptagare i Önnestad utanför Kristianstad. Jordarten var mellanlera och körning utfördes vid en vattenhalt nära fältkapacitet, dock utan någon extrem spårbildning (5-10 cm djupa spår). Betupptagaren hade reglerbar ringtrycksutrustning för framhjulen, som var utrustade med Trelleborg TWIN 850/60-38. Körning gjordes med två hjullaster: 8320 och 12120 kg, och två ringtryck per last: 90 resp 220 kPa (0,9 resp 2,2 kp/cm²) och 140 resp. 220 kPa för den högre lasten. Rekommenderat ringtryck för detta däck vid lasten 8700 kg och hastigheten 10 km/h är 200 kPa. Avsikten med testen var att studera om sänkt ringtryck överhuvudtaget är en möjlig metod för att minska packning i alven. Som lågt ringtryck valde vi därför ett så lågt ringtryck som möjligt där däckets fortfarande arbetade normalt. Det höga ringtrycket valdes efter vad som är normalt att använda för att klara hög belastning och körning på väg.

Mätningar av tryck och markrörelse gjordes för vänster framhjul på 30, 50 och 70 cm djup. Fyra mätningar per ringtryck gjordes vid den lägre lasten, två per ringtryck vid den högre. Dessutom mättes understödsytan på hårt underlag.

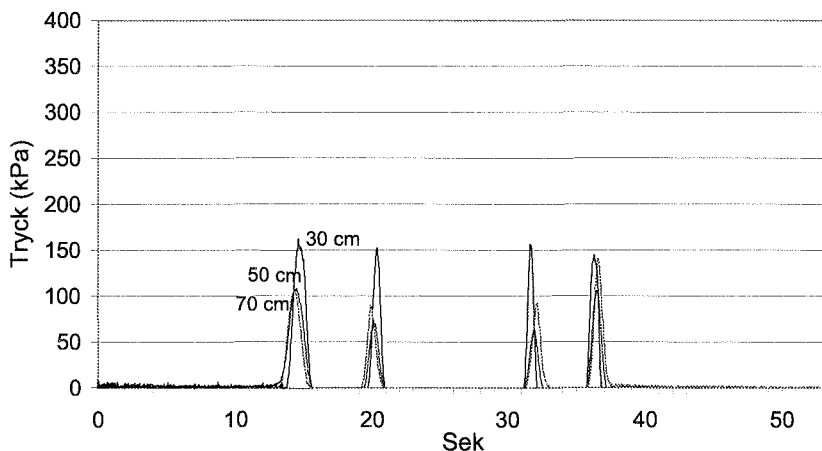
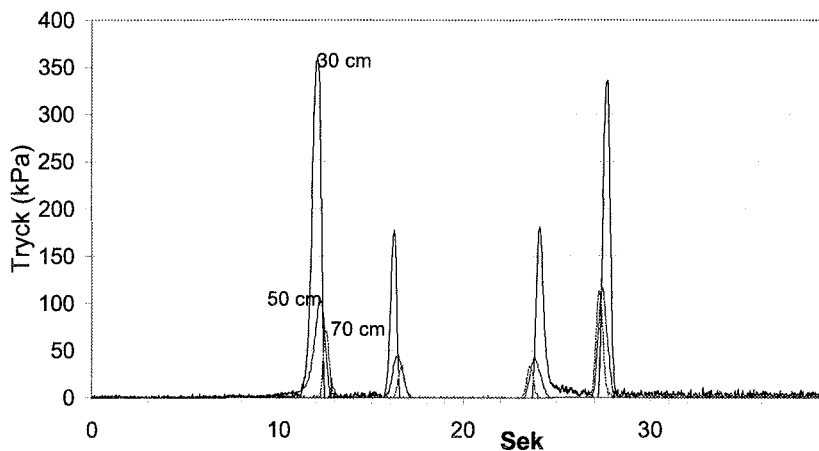
Resultat

Understödsyta för de olika lasterna och ringtrycken redovisas i tabell 19. Det beräknade genomsnittliga marktrycket ligger mycket nära ringtrycket för de lägre ringtrycken, 90 och 140 kPa. Vid det högre ringtrycket ligger det beräknade genomsnittliga trycket under ringtrycket. Det är värt att notera den stora effekten av ringtrycket på däckets understödsyta, som är nästan dubbelt så stor vid 90 jämfört med 220 kPa vid hjullasten 8320 kg. Vid det lägre ringtrycket är understödsytan nästan en kvadratmeter!

Ett exempel på mätningar av tryck ges i figur 13. Figuren visar trycket vid körning fram och tillbaka med upptagaren. Den första och sista toppen motsvarar därför upptagarens framhjul, mätningarna i mitten trycket för upptagarens bakhjul, vars ringtryck ej varierades mellan körningarna. Av figuren framgår att trycket på 30 cm djup var betydligt högre vid det högre ringtrycket. Ett genomsnitt för samtliga mätningar vid lasten 8320 kg visas i figur 14. På 30 cm djup uppmättes betydligt lägre tryck vid 90 jämfört med 220 kPa ringtryck, något lägre på 50 cm och ingen skillnad mellan ringtrycken på 70 cm djup.

Tabell 19. Uppmätt understödsyta och beräknat genomsnittligt marktryck för olika hjullaster och ringtryck

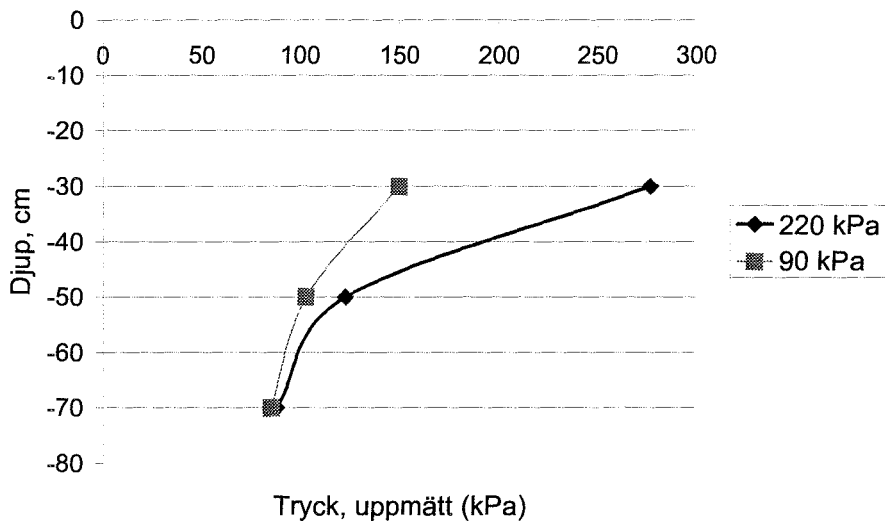
Last	Ringtryck (kPa)	Understödsyta (m ²)	Beräknat marktryck (kPa)
8300	90	0,89	91
8300	220	0,49	166
12120	140	0,88	135
12120	220	0,64	185



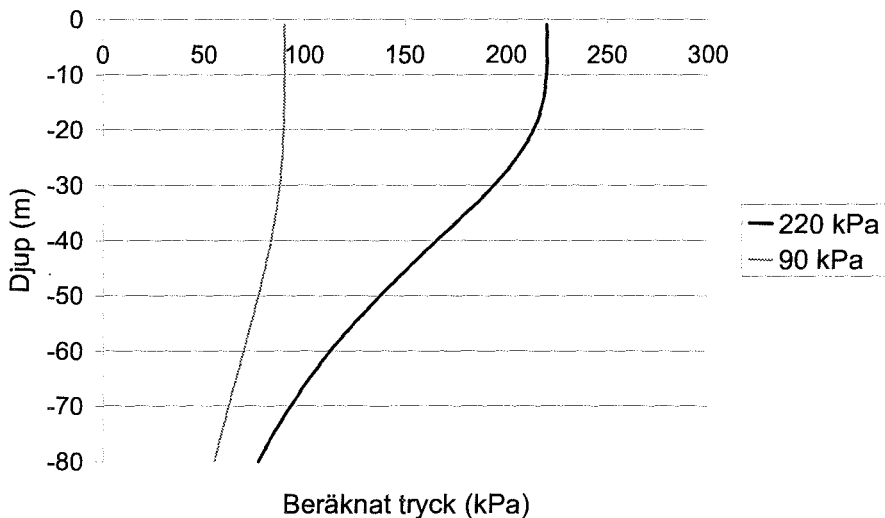
Figur 13. Mätning av tryck i marken vid körning fram och tillbaka med sexradig upptagare. Första och sista toppen svarar mot upptagarens framhjul med en hjullast på 8320 kg, topparna två och tre mot upptagarens bakhjul. Överst: 220 kPa ringtryck i framhjulen. Underst 90 kPa ringtryck.

I figur 15 redovisas också ett beräknat tryck för en hjullast på 8320 kg, och ett jämnt fördelat marktryck på 220 respektive 90 kPa, med utgångspunkt från Söhnes ekvationer för tryckfördelning i mark. Det uppmätta trycket var högre än det beräknade, speciellt på 30 cm. En möjlig förklaring till detta kan vara att trycket är ojämnt fördelat under däck och punktvis betydligt högre än ringtrycket. Detta stämmer också med att det beräknade och uppmätta trycket stämmer bättre överens på större djup, där inverkan av ringtrycket är mindre. Det är också möjligt att de lastceller

som används mäter ett högre tryck än jorden utsätts för, t.ex. beroende på skillnad i elasticitet mellan lastcellen och jorden. På 70 cm djup mättes ingen skillnad i tryck för de olika ringtrycken. Detta stämmer med teorin såtillvida att hjullasten har större betydelse än ringtrycket ju djupare man kommer i alven. För det beräknade trycket finns dock fortfarande en skillnad mellan olika marktryck på 70 cm djup.



Figur 14. Uppmätt tryck vid körning med olika ringtryck, hjullast 8320 kg.



Figur 15. Beräknat tryck vid körning med olika ringtryck, hjullast 8320 kg.

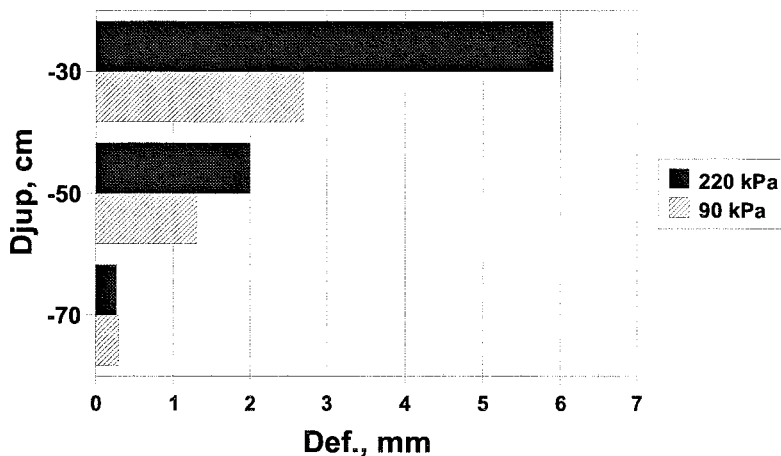
I figur 16 redovisas deformationen på 30, 50 och 70 cm djup för olika ringtryck med 8320 kg hjullast. Trenden är densamma som för trycket i marken: skillnaden är stor (och statistiskt signifikant) på 30 cm djup, mindre på 50 cm djup medan det på 70 cm djup inte uppmättes någon skillnad mellan ringtrycken. I tabell 20 redovisas resultat från samtliga

mätningar, både med 8320 och 12 120 kg hjullast. Vid den högre hjullasten uppmättes större tryck djupare ned i marken, vilket kunde förväntas. Skillnaden i deformation var dock liten mellan den högre och den lägre lasten. Det ska dock poängteras att det gjordes fler mätningar gjordes för hjullasten

8320 kg, och att resultaten för denna last är betydligt säkrare än för den högre lasten.

Sammanfattningsvis medförde en sänkning av ringtrycket en mycket stor förändring av däckets understödsyta, vilket resulterade i betydligt lägre tryck och deformation på 30 cm djup. På 70 cm djup uppmättes inte någon skillnad mellan ringtrycken.

Resultaten är mycket intressanta, och det är önskvärt med fortsatt forskning kring sänkta ringtryck som en metod för att minska packning i alven. Kontaktperson är Johan Arvidsson, 018-67 11 72, Andreas Trautner, 018-67 12 03 eller Thomas Keller, 018-67 12 12.



Figur 16. Vertikal deformation på 30, 50 och 70 cm djup vid körning med olika ringtryck och en last på 8320 kg.

Tabell 20. Mätning av tryck och deformation (vertikal rörelse) för olika ringtryck och hjullaster. Värderna som ej följs av samma bokstäver är signifikant skilda ($P < 0,05$)

Last	Ringtryck (kPa)	Tryck (kPa)			Rörelse (mm)		
		30 cm	50 cm	70 cm	30 cm	50 cm	70 cm
8320	220	277a	123	88	5,9a	2,0	0,3
8320	90	150b	103	85	2,7b	1,3	0,3
12120	220	296	203	132	4,9	1,0	0,4
12120	140	260	140	121	4,3	2,7	0,4
	Högt	282	150	103	5,6a	1,8	0,32
	Lågt	177	116	97	3,2b	1,6	0,34
8320		214	113	86	4,3	1,6	0,28
12120		278	172	126	4,4	1,8	0,4

Markpackning under band- och hjultraktor vid "on land" plöjning

I slutet av november gjordes mätningar av marktryck och markrörelse i matjorden och i alven under en bandtraktor (18,5 ton) och under en hjultraktor (19,5 ton) vid "on land" plöjning med 9-, respektive 12-skärig plog.

Mätningarna visade generellt låga marktryck och rörelser i alven under båda fordonen, lägst under bandtraktorn, dock ej signifikant. Markens vattengenomsläpplighet efter körning med hjultraktor var lägre än efter körning med bandtraktorn.

Med "standardinställning" vid plöjning uppmättes höga marktryck under bakre delen av banden. Genom att justera bandtraktorns dragpunkt var det möjligt att få en relativt jämn tryckfördelning under banden och därmed låga maximala tryck.

Under hösten 2000 gjordes mätningar för att jämföra tryckfördelning under en bandtraktor och under en hjultraktor vid "on land" plöjning. Mätningarna genomfördes på Vallø Gods på Själland, några mil söder om Köpenhamn i Danmark. Jordarten var en lättlera, och vattenhalten var under försökstidpunkten omkring 20 procent i hela profilen ner till en meters djup.

Bandtraktorn var en CLAAS Challenger 2, 65E, totalvikt på 18,5 ton.



Kontaktarean var två gånger 2,1 m², som resulterade i ett nominellt anläggningstryck på 45 kPa.

Hjultraktorn var en John Deere 9400, 425 hk, totalvikt på 19,5 ton.



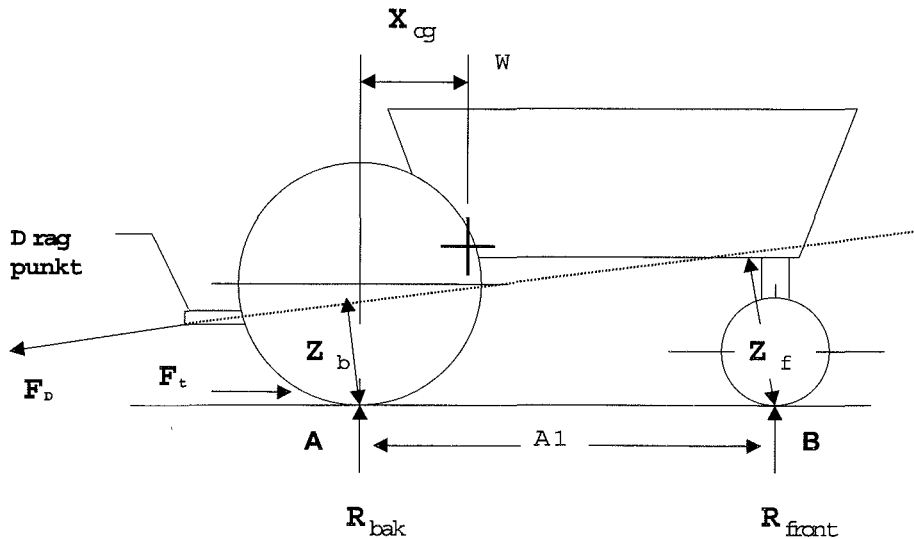
På asfalt och utan plog var kontaktarean fyra gånger 0,9 m², vilket resulterade i ett nominellt anläggningstryck på 60 kPa på framhjulen och 50 kPa på bakhjulen. Ringtrycket var 80 kPa i framhjulen och 70 kPa i bakhjulen.

Båda fordonen plöjde "on land" med en 9-, respektive 12-skärig plog.

Vertikala marktrycket och markrörelsen under fordonen uppmätts i fält. Från en grävd grop borrades 1,4 m långa mätsonder horisontellt in i marken på 30, 50, samt 70 cm djup. Jordstrukturen kring mättutrustningen blev därvid lämnad ostörd. Sönderna installerades precis under mittlinjen av bandet respektive hjulet.

Vid försöket togs jordprover ut på 10, 30, 50, samt 70 cm djup för att bestämma förkonsolideringstryck i laboratoriet. Förkonsolideringstrycket är ett mått på markens hållfasthet. Bara ringa packning förväntas när marktrycket är mindre än förkonsolideringstrycket, medan relativt stor packning kan förväntas när marktrycket överstiger förkonsolideringstrycket.

Efter körningarna togs ytterligare jordprover ut för att bestämma markens skrymdensitet och vattenledningsförmåga, mätt som mättad vattengenomsläpplighet. Jordprov togs ut omedelbart under plogbotten på 30 cm djup under mittlinjen av både bandtraktorns och hjultraktorns spår samt i den ostörda marken.



Figur 17. Krafter som verkar på en traktor. A1: avstånd mellan fram- och bakhjul, Z_f : avstånd från draglinjen till punkt B, Z_b : avstånd från draglinjen till punkt A, X_{cg} : avstånd mellan mittlinjen av bakaxel och traktorns tyngdpunkt, W : traktorns tyngdkraft, R_{bak} : hjullast i punkt A under bakhjul, R_{front} : hjullast i punkt B under framhjul, F_D : dragkraft, och F_T : drivkraft.

Teori om viktöverföring vid plöjning

En traktor som drar en plog genom jorden har en annan viktfordelning än en traktor utan plog. Också dragpunktens position har stor betydelse. Figur 17 illustrerar de olika krafterna vid t.ex. plöjning. Friktionskrafterna försummas för enkelhetens skull.

Hjullaster på hjulen är givna vid:

$$R_{front} = \frac{W X_{cg} - F_D Z_b}{A1} \quad (\text{Ekvation 1})$$

$$R_{bak} = \frac{(A1 - X_{cg})W + F_D Z_f}{A1} \quad (\text{Ekvation 2})$$

Om t.ex. traktorns tyngdpunkt (allt annat oförändrat) förskjuts framåt mot framaxeln genom att sätta på extra frontvikt, ökar både X_{cg} och traktorns tyngdkraft W . Enligt ekvation 1 ökar därmed hjullasten på framhjulen (R_{front}). Observera att hjullasten på bakhjulen (R_{bak}) kan minska eller öka (ekvation 2), beroende på förändringar i X_{cg} och W .

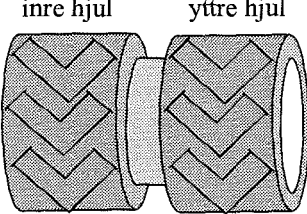
Om dragpunkten sänks, reduceras avstånden Z_b och Z_f mellan draglinjen och punkt A respektive B. Hjullasten på framhjulen (R_{front}) ökar därmed (ekvation 1), medan hjullasten på bakhjulen (R_{bak}) minskar (ekvation 2). Om däremot dragpunkten höjs, ökar Z_b och Z_f . Enligt ekvationerna 1 och 2 minskar därmed hjullasten på fronthjulen (R_{front}), samtidigt som hjullasten på bakhjulen (R_{bak}) ökar.

Om traktorn inte drar något redskap blir F_D lika med noll, och tryckfördelningen är given enbart av tyngdpunktens placering.

Förundersökning av tryckfördelningen under band- och hjultraktor

Innan den egentliga jämförelsen gjordes utfördes en specialstudie för att mäta var trycket var störst under hjultraktorns dubbelmonterade hjul: mitt under det inre hjulet, mellan de två hjulen, och mitt under det yttre hjulet. Resultaten är sammanfattade i tabell 21.

Tabell 21. Tryckmätningar på tre djup (30, 50 och 70 cm) och tre ställen (under inre hjulet, mitt under dubbel-montagen och under det yttre hjulet).



Djup [m]	Tryck [kPa]		
	inre hjul	mitten	yttre hjul
0.3	110	53	140
0.5	40	35	40
0.7	20	20	18

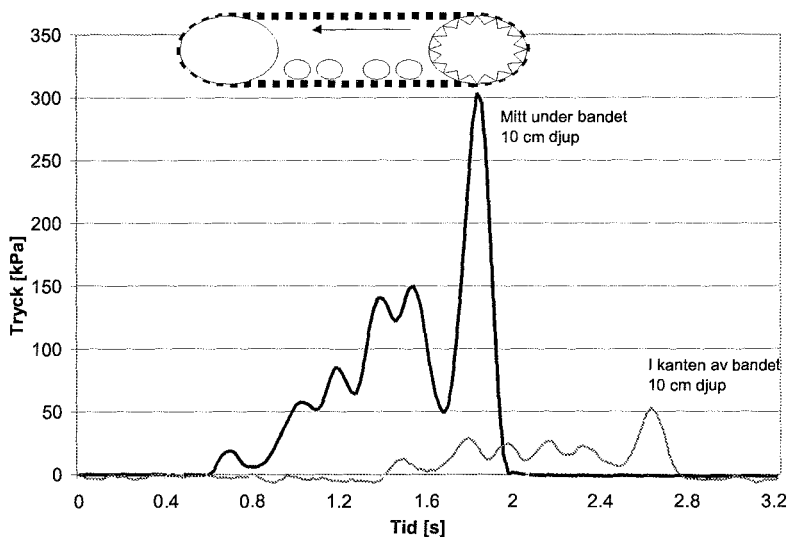
De visar att trycket skiljer sig bara på 30 cm djup, och är då högst under det yttre hjulet. Mätningarna gjordes därför under det yttre hjulet.

Mätningar under en bandtraktor som gjordes under våren 2000 (Jordbearbetningsavdelningens årsrapport 1999) visade, att det är viktigt att ha en jämn viktfordelning under bandfordon för att undvika höga marktryck. Därför gjordes en undersökning av trycket under bandtraktorn. Figur 18 visar

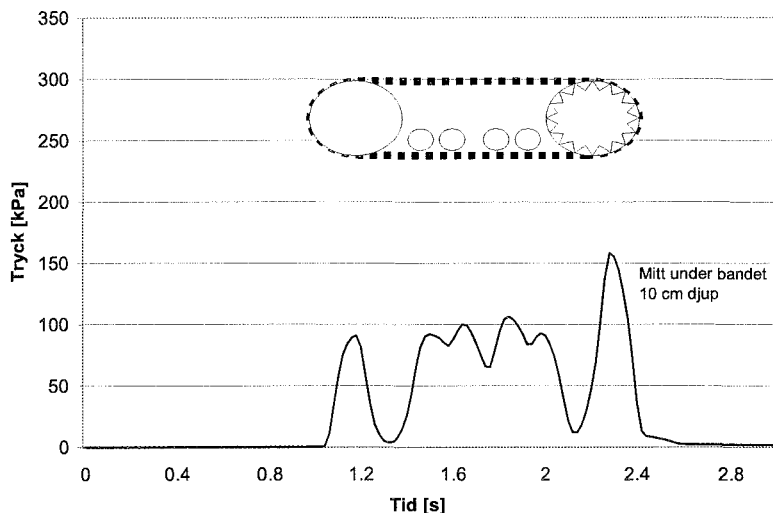
marktrycket på 10 cm djup under bandtraktorn vid plöjning när den används med "standardinställning". Som man ser var viktfordelningen under traktorn ojämn, och trycket på 10 cm djup under den bakre delen av banden översteg 300 kPa, vilket är mycket över det nominella marktrycket. Det syns tydligt att mest vikt ligger på bakre delen av traktorn, och att främsta delen grovt taget "hänger" i luften. Detta betyder, att bara en del av hela bandet verkade som anläggningsyta, och att kontaktrycket därmed ökade. Också i sidled var trycket ojämnt fördelat, i kanten av bandet översteg trycket inte 50 kPa.

Den ojämn lastfördelningen i längdriktningen kan bero på två faktorer när fordon, plog och dragkraft antas som konstanter: att traktorns tyngdpunkt är placerad för långt mot bakaxeln, eller att redskapets dragpunkt är för högt (ekvationer 1 och 2).

Justering av tyngdpunkten kan göras antingen genom att sätta extra frontvikt på traktorn, eller med att ta bort vikt från den bakre delen av traktorn, t.ex. genom att sätta på ett hjul på plogen så att den blir bogserad.



Figur 18. Mätning av trycket på 10 cm djup under bandtraktor (totalvikt 18,5 ton) som plöjer med en 9-skärig plog.



Figur 19. Mätning av trycket på 10 cm djup under en Caterpillar bandtraktor (totalvikt 18,5 ton) som plöjer med en 9-skärig plog. Dragpunkten är här 23 cm lägre än i figur 18.

Vid detta tillfälle sänkte vi dock dragpunkten 23 cm, vilket gav en betydligt bättre viktfordelning av traktorn vid plöjning, se figur 19.

Resultat

I tabell 22 redovisas det maximala marktrycket, den vertikala markrörelsen samt förkonsolideringstrycket på 30, 50 och 70 cm djup. Det högsta trycket (95 kPa) uppmättes under hjultraktorns bakhjul på 30 cm djup, och under framhjulen var trycket på samma djup 60 kPa. Vi ser här effekten av att viktfordelningen förändras vid plöjning. Det

nominella marktrycket var 60 kPa på framhjulen och 50 kPa på bakhjulen, men dragkraften gjorde att marktrycket på bakhjulen ökade, samtidigt som marktrycket på framhjulen minskade (se ekvationer 1 och 2).

Trycket under banden på 30 cm djup var 28 kPa, vilket är förvånande lågt. På 50 och 70 cm djup var trycket lågt för både hjul- och bandtraktor. På alla djup var trycket lägre än markens förkonsolideringstryck. Detta betyder att packningen var liten för både bandtraktorn och hjultraktorn, vilket också kan ses av rörelsemätningarna.

Tabell 22. Maximala trycket och deformationen under fram- och bakhjul och under bandet, samt förkonsolideringstrycket på 30, 50 och 70 cm djup. Medel av tre mätningar.

Djup [m]	Förkons. tryck [kPa]	Hjultraktor			Bandtraktor	
		Tryck [kPa]	Tryck [kPa]	Rörelse [mm]	Tryck [kPa]	Rörelse [mm]
0.3	100	60	95	-1.2	28	-0.9
0.5	110	21	30	-0.3	23	-0.3
0.7	130	12	13	-0.1	12	-0.1

Tabell 23. Mättad vattengenomsläpplighet och skrymdensitet efter körningar.

	Hjultraktor	Bandtraktor	Opackat
Skrymdensitet [g cm ⁻³]	1.65	1.57	1.66
Vattenledningsförmåga [mm t ⁻¹]	1.77	60.48	17.64

Resultat från mätningarna av vattengenomsläppligheten visas i tabell 23. Vattengenomsläpplighet där det kördes med hjultraktorn var lägre än där det kördes med bandtraktorn och för den ostörda marken, skillnaderna var dock ej signifikanta. Inga signifikanta skillnader i skrymdensitet uppmättes. Vattengenomsläppligheten är en parameter som varierar kraftigt i naturen även inom små områden. Fastän det är intressant att leden där bandtraktorn körde visade hög vattenledningsförmåga, kan detta bero på naturlig variation. Flera undersökningar behövs här för att dra några slutsatser.

Diskussion

Mätningar av marktryck och markrörelse i matjorden och i alven under en bandtraktor (18,5 ton) och under en hjultraktor (19,5 ton) vid "on land" plöjning med 9-, respektive 12-skärig plog, visade låga marktryck i alven under båda fordonen, lägst under bandtraktorn, dock inte signifikant. Markens vattengenomsläpplighet efter körning med hjultraktor var mindre än efter körning med bandtraktorn, dock ej signifikant.

Ur packningssynpunkt är en jämn viktfördelning mycket önskvärd. Enligt både teori och praktik kan en jämn viktfördelning uppnås genom att sätta på extra vikter, eller att justera dragpunkten. Om det är praktiskt

möjligt är den sista åtgärden alltid att föredra eftersom det är önskvärt att hålla fordonets totalvikt så låg som möjligt.

Bandtraktorn är känslig för viktöverföring under jordbearbetning. Fel justering kan ge mycket höga marktryck. Omvänt visade mätningarna att den med rätt justering ger mycket låga marktryck. Eftersom olika typer av jordbearbetning ger olika behov av dragkraft är det nödvändigt att justera bandtraktorn specifikt för varje typ av jordbearbetning för att undvika höga marktryck och därav resulterande markpackning. Dragkraften varierar dessutom något med bland annat jordens textur, vattenhalt, packningsgrad, föregående gröda, bearbetningsdjup, vikt och typ av redskap, fordonets hastighet, m.m. En praktisk lösning på problemen skulle kunna vara att installera en mätsond i banden så att föraren i kabinen kontinuerligt kan kontrollera om tryckfördelningen under banden är jämn.

Tack till Bregentved Gods, Vallø Gods och Krenkerup Gods för deras stora hjälp, utan den hade det inte varit möjligt att genomföra dessa mätningar.

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

Packning vid plöjning - jämförelse mellan konventionell plöjning och "on land" plöjning

Under hösten 2000 gjordes mätningar av tryck och packning på olika djup i marken vid både konventionell plöjning och "on land" plöjning.

Trycket och packningen var mycket lägre vid "on land" plöjning i både plogsula och alv.

Under hösten 2000 gjordes ett försök där effekterna av olika plöjningsvarianter på packningen i alven studerades. Försöket genomfördes på Krenkerup Gods på Lolland (Danmark), och var utlagt som en jämförelse mellan konventionell plöjning och "on land" plöjning.

Traktorn var en Fendt 920 som drog en 7-skärig plog.



Samma traktor och plog kunde användas vid både konventionell och "on land" plöjning. Traktorns totalvikt var 9,7 ton, uppdelad i 5,7 ton på frontaxeln och 4 ton på backaxeln, och den körde med ett ringtryck på 140 kPa i bakdäcken och 120 kPa i framdäcken.

Det gjordes ytterligare mätningar med en bandtraktor, som plöjde "on land". Den traktorn var en CLAAS Challenger med en totalvikt på 18,5 ton.



Anläggningsytan var två gånger 2,1 m² som resulterade i ett nominellt kontaktryck på 45 kPa. Bandtraktorn drog en 12-skärig plog.

Jordarten var en lättlera, och mätningarna gjordes vid mycket torra förhållanden. Vattenhalten var bara omkring 10 procent i alven.

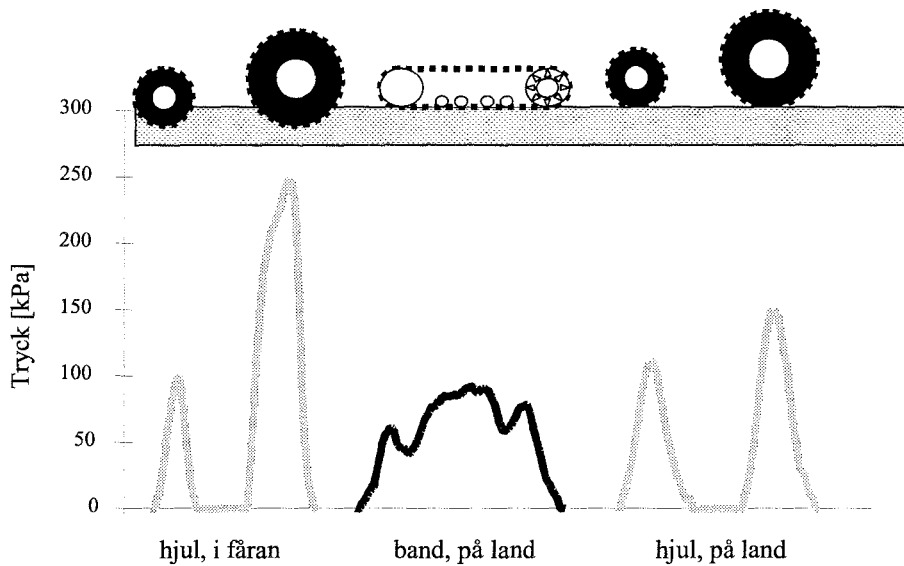
Mätningarna av vertikala tryck och markrörelser gjordes på 30 och 50 cm djup från den oplöjda markytan. Vid "on land" plöjning mättes även på 15 cm djup, medan ytterligare mätningar gjordes på 70 cm djup vid konventionell plöjning.

Observera att mätsonden på 30 cm djup låg omedelbart under plogdjupet, dvs bara några få centimeter under körspåret vid konventionell plöjning. Fårans djup var 25 cm.

Vid försöket togs cylindrar ut på olika djup för att bestämma förkonsolideringstrycket, som är ett mått på markens hållfasthet.

Resultat och diskussion

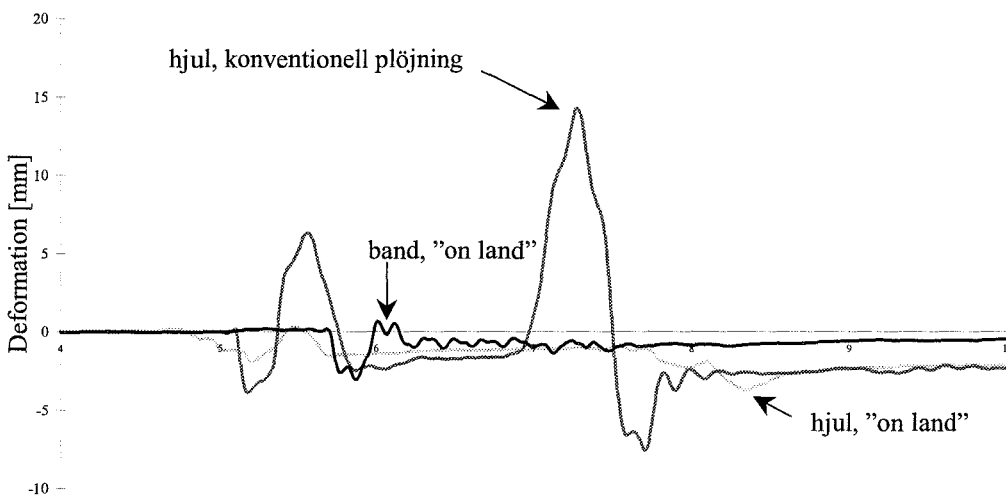
Ett exempel från mätningarna av det vertikala trycket vid de olika plöjningsvarianterna ges i figur 20. Den första toppen i figuren motsvarar traktorns framhjul, den andra toppen traktorns bakhjul. Trycket under bakhjulet var större än under framhjulet, både vid konventionell plöjning och "on land" plöjning. Tryckfördelningen under band(traktorn) var ganska jämn. De uppmätta markrörelserna vid samma överfarter redovisas i figur 21. Kvarstående deformation eller packning kan avläsas vid slutet av mätningen.



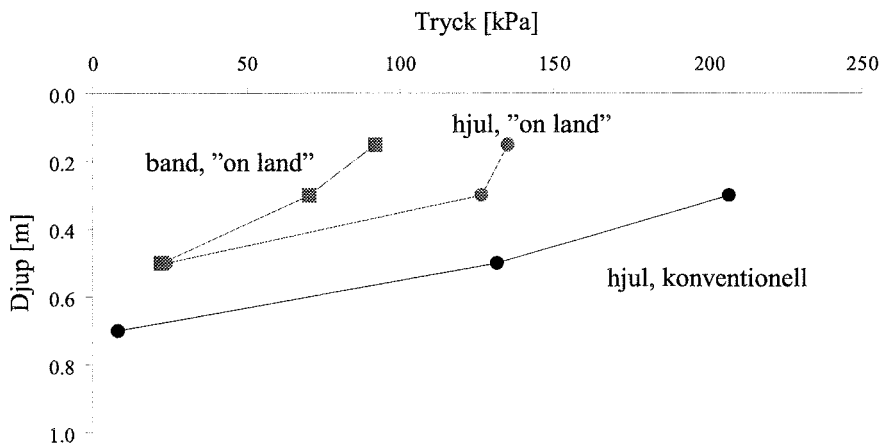
Figur 20. Mätning av trycket på 30 cm djup vid plöjning.

Det vertikala trycket på de olika djupen och för de olika plöjnings varianterna visas i figur 22. Det syns tydligt att trycket på 30 samt på 50 cm djup var mycket högre när det plöjdes konventionellt och traktorn körde i plogfäran än när det plöjdes "on land" och traktorn körde på den oplöjda markytan. Det högre trycket vid konventionell plöjning resulterade

också i större packning på 30 cm djup, som redovisas i figur 23. På 50 cm djup fanns inga skillnader i packning, eftersom förkonsolideringstrycket på det djupet var mycket högt, till och med högre än trycket under hjultraktorn som plöjde konventionellt.



Figur 21. Mätning av vertikal markrörelse på 30 cm djup vid plöjning.



Figur 22. Uppmätt tryck vid plöjning. Medelvärde av tre mätningar.

Markrörelserna i matjorden (15 cm djup) vid "on land" plöjning var mycket större än i alven. Förklaringen till detta är att de uppmätta trycken översteg matjordens hållfasthet, och det resulterade i packningsskador. I alven däremot var situationen tvärtom, alvens hållfasthet var högre än de uppmätta trycken, och skadorna förblev marginella.

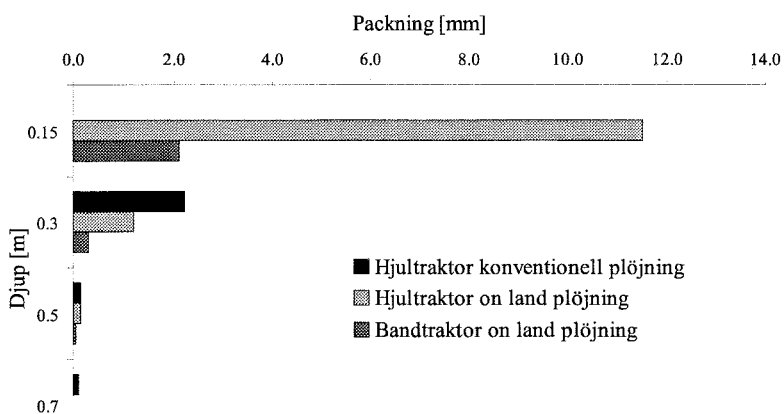
Trycket liksom packningen under bandtraktorn var mindre på 15 och 30 cm djup jämfört med hjultraktorn på grund av det lägre kontakttrycket, fastän bandtraktorn vägde nästan dubbelt så mycket som hjultraktorn. Djupare nere i alven var trycket dock

detsamma för bandtraktorn och hjultraktorn som plöjde "on land".

Sammanfattningsvis kan konstateras att "on land" plöjning minskar risken för alvpackning betydligt.

Tack till Krenkerup Gods för ett bra samarbete.

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



Figur 23. Uppmätt deformation vid plöjning. Medelvärde av tre mätningar.

Låga marktryck i odling med och utan plöjning

I tre fastliggande försök studeras samspelseffekter mellan primärbearbetningsmetod (plöjning eller plöjningsfri odling) och däcksutrustning. Hittills har effekterna av däcksutrustning varit små.

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 samspillet 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, i lågtrycksleden samma däck i dubbelmontage. 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 2000 genomfördes mätningar av markens skrymdensitet och genomsläpplighet i försök 641/97 efter sådd. Fyra cylindrar (höjd 100 mm, diameter 72 mm) togs på nivåerna 10-20 cm och 25-35 cm i varje ruta.

Tabell 24. Skörd (kg/ha och relativtal) i försöksserie R2-7115 2000

Försök nr	641/97	642/97	643/97	Medel
Plats	Ultuna	Ultuna	Ultuna	2000
Jordart	nmh ML	nmh ML	mmh LL	
Förfrukt	Korn	Vårvete	Vårvete	
Gröda	Havre	Korn	Korn	
Plöjning, normala marktryck	5810=100	4400	4350	100
Plöjning, låga marktryck	100	100	96	99
Ej plöjning, normala marktryck	101	101	85	96
Ej plöjning, låga marktryck	101	101	85	96
Plöjning	100	100	100	100
Ej plöjning	101	101	87	96
Normala marktryck	100	100	100	100
Låga marktryck	100	100	98	99
Sign. plöjning	n.s.	*	**	
Sign. marktryck	n.s.	n.s.	*	
Sign. samspel	n.s.	n.s.	**	

Tabell 25. Skörd (kg/ha och relativtal) i försöksserie R2-7115 1998-2000

Försök nr	641	642	643	Alla
Plats	Ultuna	Ultuna	Ultuna	
Jordart	nmh ML	nmh ML	mmh LL	
Försöksår	3	3	3	9
Plöjning, normala marktryck	100	100	100	100
Plöjning, låga marktryck	102	97	97	98
Ej plöjning, normala marktryck	100	105	103	102
Ej plöjning, låga marktryck	103	104	93	100
Plöjning	100	100	100	100
Ej plöjning	100	105	99	102
Normala marktryck	100	100	100	100
Låga marktryck	102	98	94	98

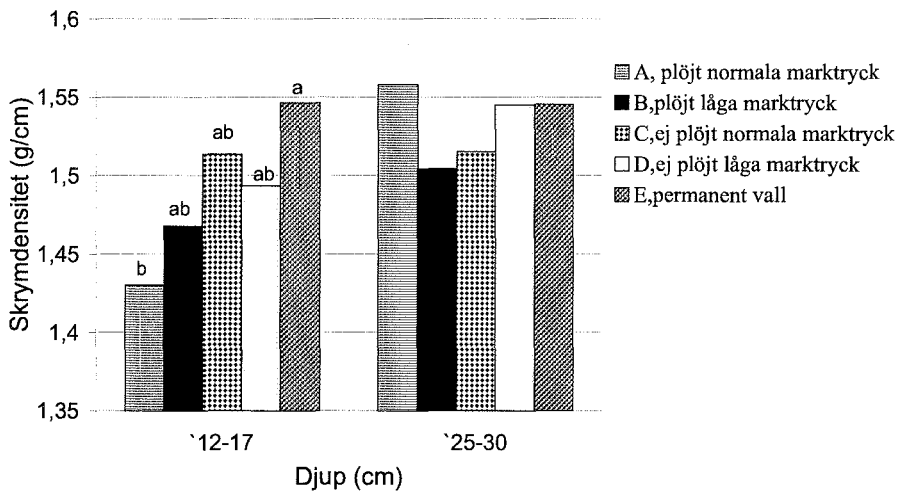
Resultat

I två av försöken var skörden år 2000 ungefär densamma i samtliga led, tabell 24. I försök 643/97 på lättlera var skörden däremot betydligt lägre i plöjningsfria led jämfört med plöjda led. Skillnaderna mellan led med olika ringtryck var i regel små. I genomsnitt för samtliga försök har låga ringtryck t.o.m. givit något lägre skörd än normala ringtryck.

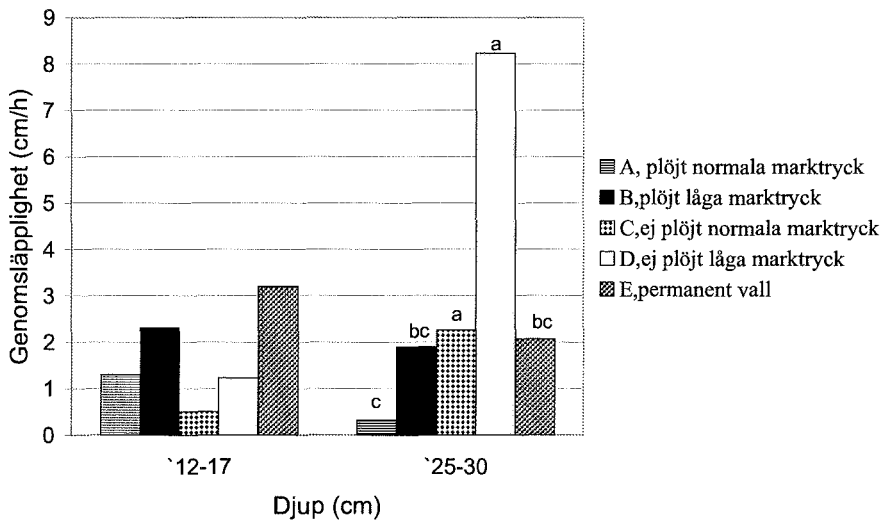
I figur 24 och 25 visas skrymdensitet och genomsläpplighet för vatten på 10-20 och 25-35 cm djup för samtliga led i försök 641/97. Skrymdensiteten i matjorden var högst i vallen, och signifikant högre än i ledet med plöjning och normala ringtryck. Plöjning med normala ringtryck har istället givit den högsta skrymdensiteten i plogsulan,

skillnaderna var dock ej signifikanta. För genomsläppligheten erhöles inga signifikanta skillnader i matjorden, även om genomsläppligheten generellt sett var högre i led med låga ringtryck. Tendensen var densamma i plogsulan, här fanns också signifikanta skillnader mellan leden. Plöjningsfri odling med låga ringtryck har t.o.m. givit högre genomsläpplighet än vallodling, som förväntades ge den bästa markstrukturen. En möjlig förklaring till detta är att vallen ej skördats, vilket kan ha gjort uttorkningen lägre än för en vall som skördas eller betas kontinuerligt.

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



Figur 24. Skrymdensitet mätt på våren efter sådd i försök 642/97. A=plöjning, normala marktryck, B=plöjning, låga marktryck, C=ej plöjning, normala marktryck, D=ej plöjning, låga marktryck, E=permanent vall.



Figur 25. Mättad genomsläpplighet mätt på våren efter sådd i försök 642/97. A=plöjning, normala marktryck, B=plöjning, låga marktryck, C=ej plöjning, normala marktryck, D=ej plöjning, låga marktryck, E=permanent vall.

Biologisk alvluckring

Laboratorieförsök har påvisat skillnader mellan olika växtarters förmåga att penetrera packad jord. I fältförsöken har mekanisk alvluckring bidragit till skördeökningar i kornleden, luckring i växande lusernvall sänkte efterföljande års vallskörd.

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 laboratorieförsök. Om resultaten från laboratoriet kan verifieras av fältförsöken skall metoden sedan användas till att kartlägga olika grödors möjligheter att fungera som "biologiska alvluckrare".

Mätningar i fält

Under 2000 har mätningar av penetrationsmotstånd, skjuvhållfasthet och infiltration utförts. Resultaten av infiltrationsmätningarna från försöket i Skåne redovisas i tabell 26. I de led som 1999 hade högst rotlängdsdensitet (se tabell 27) var genomsläppligheten sämst. Detta beror sannolikt på att porerna i dessa led var upptagna av rötter och inte bidrog till infiltrationen. Mätningarna utfördes i slutet av maj, då rötterna haft god tid på sig att etablera sig i profilen. För att testa denna hypotes skall vi detta år mäta infiltrationen tidigt på våren innan rottillväxten kommit igång.

Tabell 26. Infiltrationshastighet av vatten, i försök R2-7117 på Lönnstorp år 2000, efter olika långa perioders infiltration

Led	5 min. (cm/h)	15 min. (cm/h)	30 min. (cm/h)	60 min. (cm/h)
Lupin	5,1	3,0	1,2	1,2
Lusern	2,1	1,5	0,6	0,3
Lucern alvl.	1,2	1,4	0,25	0,6
Rödklöver	9,0	2,4	2,1	0,6
Rörsvingel	4,8	0,6	0,8	0,0
Cikoria	2,1	0,85	0,9	0,3
Korn	3,3	1,35	0,75	0,45
Korn alvl.	5,4	6,0	2,7	0,9
Korn op.	15,0	9,9	5,7	5,4

Tabell 27. Resultaten av 1999 års mätningar av rotlängdsdensitet i försök R2-7117 på Lönnstorps försökstation. Resultatet redovisas som relativtal med det opackade kornledet som referens

Led	Lupin	Lucern	Rödklöver	Rörsvingel	Cikoria	Korn	Korn
Behandling	packat	packat	packat	packat	packat	packat	opackat
Rotlängd (relativtal)							
32,5-37,5 cm	-	175	94	192	92	58	100
52,5-57,5 cm	-	93	103	226	94	32	100

I försöken i Skåne var penetrationsmotståndet i de packade leden högre än i det opackade referensledet (se fig. 26). Skillnaderna mellan de övriga leden var ej statistiskt åtskiljbara.

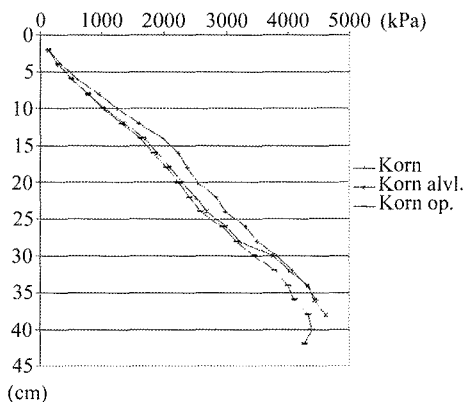


Fig. 26. Penetrometermotståndet i packat, alvluckrat och opackat kornled hösten -00 i försök R2-7117 på Lönnstorps försöksstation i Skåne.

Resultaten från R2-7117 på Ultuna visade -99 på högre skjuvmotstånd i de opackade ledet än i det packade, vilket sannolikt berodde på skillnader i vattenhalt mellan leden. Mätningarna 2000 senarelades och utfördes sent på hösten, vilket minskade sannolikheten för vattenhaltsskillnader. Resultaten visar på klart högre skjuvmotstånd i det packade ledet än i det opackade. Alvluckringen som utfördes hösten -99 luckrade jorden effektivt i plogsuleskiktet, men hade ingen effekt längre ner i alven. Resultaten redovisas i tabell 28.

Tabell 28. Skjuvmotstånd uppmätt med vingborr i packat, alvluckrat och opackat kornled hösten -00. Försök R2-7117 på Ultuna

Gröda	Behandling	30-40 cm (kPa)	50-60 cm (kPa)
Korn	packat	148	143
Korn	alvluckrat	85	146
Korn	opackat	120	137

Skörderesultaten i kornleden tyder på ett lyckat utfall av alvluckringen, både på Lönnstorp och Ultuna, se tab. 29. I leden med lusern var situationen omvänd. Detta beror troligtvis på att grödan inte hunnit återhämta sig från de skador som rotsystemet åsamkades

i samband med alvluckringen, som utfördes i växande gröda hösten året innan.

Tabell 29. 2000 års skörd i försök R2-7117 på Ultuna och Lönnstorp

Led	Behandling	Lönnstorp (kg/ha)	Ultuna (kg/ha)	Vattenhalt (%)
Korn	packat	5180	3540	15
Korn	alvluckrat	5300	3780	15
Korn	opackat	5120	3480	15
Lusern	packat	-	8480	t.s.
Lusern	alvluckrat	-	6310	t.s.

Utveckling av laboratoriemetod

Material och metoder

Grödorna odlas i PVC-rör som är delade på längden i två halvor, detta för att underlätta friläggning av rötterna efter avslutad tillväxtperiod. I rören packades jord med en pneumatisk kolv. Trycket varierades för att åstadkomma olika packningsgrader, vi packade med 100 och 400 kPa. För att få en homogen kompaktet i hela röret skedde packningen i skikt om två centimeter. I försöksodlingar växte rötterna preferentiellt längs rören sidor. Detta problem minskade kraftigt då sand limmades fast på rören insida. I varje rör planterades fem frön av samma art, efter uppkomst gallrades beståndet så att de tre groddplantorna i bäst kondition återstod. Rören placerades sedan i klimatkammare där ett kontrollerat klimat kunde hållas. 16 timmar dag och åtta timmar natt, 90 % luftfuktighet, 24 grader dagtemperatur samt 22 grader nattemperatur var den regim som gällde.

När tillväxten avbrutits tvättades rötterna från hälften av rören fram. Rötterna avbildades sedan i en scanner. Bilderna från scannern analyserades därefter i ett dataprogram avsett för rotmätningar. Det mått som användes för att gradera grödorna var rotlängd. Andra hälften av rören vattenmätades varefter genomsläpplighetsmätningar utfördes. En första mätning utfördes direkt efter vattenmätning och en andra efter det att rötterna i jordkolumnen brutits ned och lämnat bioporer efter sig. För att säkerställa att höga konduktivitetvärden inte

åstadkommit genom kantflöde avslutades mätningarna med att vatten färgat med "Crystal Blue" fick infiltrera jordkolumnen. Därefter delades rören och man kunde se om insidan av rören fått en starkare blåfärgning än jordkolumnens centrala delar.

Resultat

Lusern påverkades minst av packning medan korn var känsligast. Rotlängden redovisas som relativt i tabell 30.

Resultat från konduktivitetmätningarna redovisas inte, då kontrollen av rören visade på preferentiellt kantflöde.

Penetration av hårda skikt

Grödornas förmåga att penetrera medium med stor hållfasthet har också utvärderats med en metod tidigare använd på ris. Här odlades växterna i rör fyllda med sand, i vilka vaxskikt av bestämda hårdhetsgrader installerats. Hårdheten bestäms av andelen vax i skiktet, ju mer vax desto större penetrationsmotstånd. Resultatet av metoden gav resultat liknande dem vi fick med vår egen metod, se tab. 31.

Tabell 31. Rötters förmåga att penetrera vaxskikt av olika hårdhetsgrader

Art	Penetrerade rötter		'Procentuell penetration' ¹
	3% vax	80% vax	
Korn	23,80	3,18	13,37
Cikoria	1,00	0,27	27,27
Lucern	0,80	0,64	79,55
Lupin	1,00	0,30	30,00
Rödklöver	1,00	0,27	27,27

¹Antal rötter som penetrerade 80% vax / antal rötter som penetrerade 3% vax * 100

Diskussion

Mätningarna av rotlängdsdensitet i fält visar att det finns skillnader mellan olika arters förmåga att etablera ett utbrett rotsystem i packad jord. I undersökningarna har samtliga grödor som testats visat sig uthärda mekanisk stress bättre än korn. Flera av dem har också etablerat ett väl utvecklat rotsystem i fältförsöken, trots att jorden där packats mycket kraftigt. Det tycks därför som om biologisk avlucckring har potential som en strukturfrämjande åtgärd. Rötternas inverkan på markstrukturen har dock ännu inte utretts tillräckligt, men med kommande års verksamhet skall förhoppningsvis ett svar på den frågan kunna ges.

Tabell 30. Relativ rotlängd hos korn, lucern och lupin i olika markskikt

Packning Jordlager (cm)	100 kPa			400 kPa		
	Korn (%)	Lusern (%)	Lupin (%)	Korn (%)	Lusern (%)	Lupin (%)
0-10	100,00	18,58	25,78	100,00	11,38	20,98
10-20	100,00	48,49	43,65	100,00	780,35	103,24
20-30	100,00	156,96	98,36	100,00	1284,36	0,00

Mätningarna i fält stämmer relativt väl överens med resultaten från laboratorieundersökningarna. I dessa är det genomgående lusern som påverkats minst av mekaniskt motstånd. Rörsvingel som hade högst rotlängdsdensitet i fält har dock inte prövats i laboratorietester ännu. Detta beror på att utsädet haft för låg grobarhet, med för låg uppkomst och uteblivna replikationer som följd.

Inför fortsättningen på laboratoriestudien kommer odlingssystemet bitvis att förändras. Tidigare försök, vars resultat redovisats ovan, visade på brister i bevattningsmetodiken.

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

För att kringgå detta problem prövas just nu en metod att bevattna odlingsrören kontinuerligt efter behov. Lysimetrarna placeras då på en sandbädd hydrauliskt förbunden till en vattenreservoar med konstant dräneringsdjup. Således får lysimetrarna kapillärt dra upp vatten och hålla en konstant tension i markvattnet.

Jorden som används är en lättlera som packats i fyra rör, två med 100 kPa samt två med 400 kPa belastning. I rören odlas korn som ska få växa till till axgång. Under tiden mäts tensionen i markvattnet på 6, 18 respektive 30 cm djup. Förhoppningen är att det kapillära vattenupptaget skall vara tillräckligt stort för att kunna hålla tensionen relativt konstant under hela odlingsperioden. Detta skulle

innebära att också vattenhalten och det mekaniska motståndet skulle variera mycket litet.

Slutord

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

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

Kontaktperson är John Löfkvist, tel. 018-671214.

VÄXTNÄRINGSUTLAKNING OCH EROSION

För att minska jordbrukets negativa miljöpåverkan beslöt riksdagen år 1988 att halvera kväveutlakningen från jordbruket fram till år 2000. I internationella överenskommelser har detta mål tidigarelagts och en halvering skall istället nås till 1995 i särskilt belastade områden. Regeringen anvisade därför år 1991 ytterligare medel till försöks- och utvecklingsarbete för att kunna halvera växtnäringssläckaget redan till år 1995. Jordbearbetningsavdelningen och avdelningarna för vattenvård och växtnäringssläta bedriver tillsammans för närvarande en förhållandevis omfattande forsknings- och försöksverksamhet inom ramen för denna satsning. Olika odlings- och bearbetningsåtgärder studeras avseende effekter på kväveläckage. Inom ramen ingår även ett projekt där målsättningen är att minimera fosforförluster via erosion. Huvudfinansier är Jordbruksverket men till fosforstudierna har medel även erhållits från Stiftelsen Lantbruksforskning och länsstyrelsen i Falun. Verksamheten är främst inriktad på följande frågeställningar:

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

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

R2-8302	Bearbetningssystem och fosforerosion
R2-8401-05	Grön mark och N-utlakning
R2-8407	Kväveeffektiv jordbearbetning
R2-8408	Jordbearbetning-kväveutlakning på lerjord

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 1994-2000 redovisas i tabell 32. Vårplöjning har givit skördar i samma storleksordning som höstplöjning men variationen mellan åren har varit stor. De plöjningsfria leden har oftast givit större skördar än de plöjda. Direktsådd har dock de flesta åren avkastat betydligt sämre än övriga led då denna slammings- och erosionsbenägna jord ofta blir mycket hård i ytan vid upptorkning på våren. En hård markyta som ej luckrats genom bearbetning försämrar förhållandena vid sådd. Tidig sådd på våren kan ge grödan möjligheter att etableras innan förhållanden med stark upptorkning inträder men det kan även öka risken för fler tillfällen med en slammad och hårdnande markyta. Den direktsådda rutan har såtts ca 10 dagar tidigare än övriga från och med 1995. 1995 var detta gynnsamt för grödan, men senare år har det inneburit betydligt sämre förhållanden

för etablering av grödor. Störst skördar har uppmätts i ett plöjningsfritt led där organiskt material (färsk vall) tillförs markytan på hösten. Detta har troligen både varit gynnsamt för markstrukturen och för grödorna genom att 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. Utförligare resultat från försöket finns även redovisade av Persson (1999).

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

Tabell 32. Skörd (kg/ha och relativtal) 1994-2000 i försöksserie R2-8302

Led	Vårkorn 1994	Havre 1995	Vårkorn 1996	Havre 1997	Vårkorn 1998	Vårkorn 1999	Havre 2000	Medel 1994- 2000
Höstplöjt	1490=100	3140=100	4390=100	4380=100	3400=100	2580=100	4380=100	100
Vårplöjt	94	76	112	94	101	131	106	102
Plöjningsfri odling	173	104	104	105	99	112	87	112
Direktsådd	38	107	73	59	65	26	85	65
Djupkultivering varje år	107	90	107	105	99	107	83	100
Djupkultivering vart tredje år	-	76	115	100	99	115	98	101
Vårplöjning och fånggröda	91	76	105	73	100	136	101	97
Höstvete/vall ¹	-	149	-	52	-	110	-	
Plöjningsfri odl. + org, mtrl. höst	177	118	115	119	118	119	102	124

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

Kväveeffektiv jordbearbetning

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

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

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

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

dvs år 5 i växtföljden. Skörden av raps liksom skörden av höstvetete det andra försöksåret var högre i det kväveeffektiva systemet men skillnaderna var ej signifikanta (tabell 34).

Tabell 34. Skörd (kg/ha) i försök R2-8407 1999-2000

Bearbetningssystem	Vårraps	Höstvetete
	1999	2000
Konventionellt	2770	6140
Kväveeffektivt	3110	6490
Signifikans	n.s. (LSD 930)	n.s. (LSD 520)

Mängden dräneringsvatten från respektive ruta mäts och analyseras på kväveinnehållet. Likaså bestäms mineralkväveinnehållet i markprofilen och kväve i grödorna i försöket. Utlakningen av nitrat under den första säsongen (99/00) var 11 kg lägre i det kväveeffektiva jordbearbetningssystemet än i det konventionella (26 kg respektive 37 kg).

Försöket finansieras inom SLU:s ram för långliggande fältförsök. Kontaktpersoner vid avdelningen för jordbearbetning är Maria Stenberg, 018-671213 och Tomas Rydberg, 018-671200.

Tabell 33. Försöksplan försök R2-8407

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

Jordbearbetning - kväveutlakning på lerjord

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

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

I det här försöket jämför vi, förutom tidpunkten för höstbearbetningen, även plöjningsfri odling med konventionella system ur läckagesynpunkt. På lätta jordar har vi ej kunnat göra den jämförelsen. I försöket tas kväveprofiler ut vid flera tillfällen under året. Gröda och fånggrödor analyseras också på innehåll av kväve under säsongen. I försöket har även så kallade 0N-rutor anlagts

för att möjliggöra bestämning av kväve-mineraliseringen 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 27). Tidig bearbetning har dock gett något högre mineralisering under hösten än sen bearbetning. Mängden mineralkväve i marken under våren har överlag varit i nivå med och till och med högre än i december vilket tyder på att riskerna för utlakning beroende på bearbetningsåtgärderna under hösten är begränsade på denna typ av jord i Västergötland.

Tabell 35. Försöksplan försök R2-8408 och skörd (kg/ha och relativtal) 1997-2000

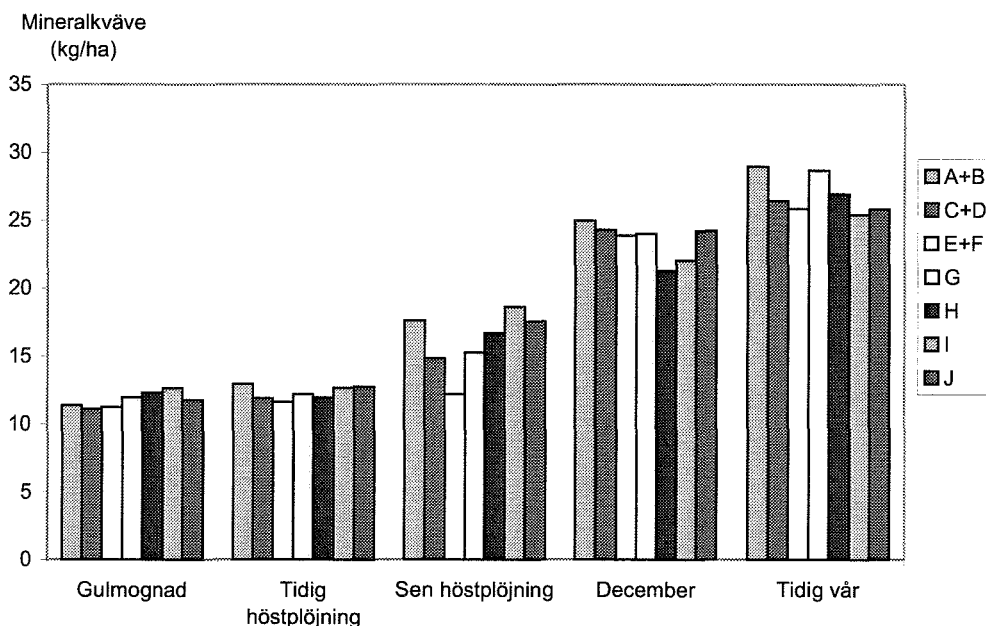
Led	Jordbearbetning	Vårkorn 1997 ¹	Havre 1998	Vårvete 1999	Vårkorn 2000	Medel 1997-2000
A	Tidig höstplöjning (ca 1.9), halmen nedbrukas	6530 =100	4530 =100	4580 =100	3850 =100	100
B	Tidig höstplöjning (ca 1.9), halmen bortföres	98	91	107	110	102
C	Sen höstplöjning (20-25.10), halmen nedbrukas	100	101	94	90	96
D	Sen höstplöjning (20-25.10), halmen bortföres	97	90	110	106	101
E	Sen höstplöjning (20-25.10), fånggröda (eng. rajgräs), halmen bortföres	102	97	104	106	102
F	Sen höstplöjning (20-25.10), fånggröda (cikoria), halmen bortföres	101	99	96	97	98
G	Stubbearbetning ca 1.9, halmen nedbrukas, sen höstplöjning (20-25.10)	106	94	102	102	101
H	Stubbearbetning ca 25.9, halmen nedbrukas, sen höstplöjning (20-25.10)	102	98	100	97	99
I	Stubbearbetning ca 1.9 och ca 25.9, halmen nedbrukas, sen höstplöjning (20-25.10)	101	91	106	109	102
J	Plöjningsfri odling: stubbearbetning ca 1.9 och ca 25.9, halmen nedbrukas	103	99	97	101	100
Sign.		-	n.s.	* (LSD 630)	n.s.	-

¹De första bearbetningsåtgärderna enligt försöksplanen genomfördes efter skörd 1997.

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

är dock inte signifikanta.

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



Figur 27. Mineralkväve (kg N ha^{-1}) i marken i 0-90 cm i medeltal 1997-2000 vid respektive provtagningstidpunkt i de olika bearbetningsleden (A+B = tidig höstplöjning, C+D = sen höstplöjning, E+F = sen höstplöjning med fånggröda, G = tidig stubbearbetning och sen höstplöjning och H = sen stubbearbetning och sen plöjning, I = tidig och sen stubbearbetning innan plöjning, J = plöjningsfri odling).

Grön mark och kväveutlakning

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

Utlakningsbegränsande odlingsåtgärder

Förlusterna av kväve genom utlakning från en lerjord kan hållas relativt låga om kvävegödselgivan är normal. En fånggröda reducerar kväveutlakningen ytterligare medan direktsådd av vårsådda grödor kan innebära ökat läckage.

I serien **R2-8401** ingår ett försök som är placerat på en lerjord på Lanna i Västergötland. Försöket är en fortsättning på ett utlakningsförsök med serienummer R3-2194 men försöksplanen har modifierats något. Med försöket vill man belysa möjligheterna att utesluta fånggröda som metod för att minska kväveutlakning på styv jord vid kvävegödselgivor av normal omfattning. Resultat från försöksserien R3-2194 åren 1988-1992 finns rapporterade av Lindén et al. (1993).

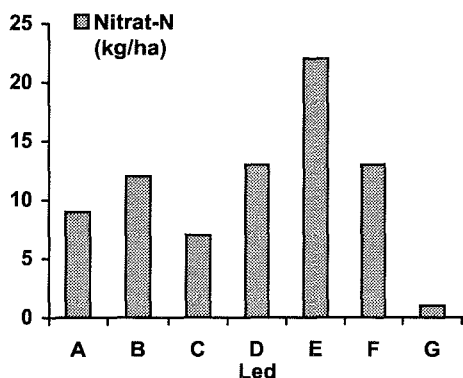
Försöket består av sju rutor, 95 x 42 m, med ett led i varje ruta. Varje ruta är separat dränerad så att avrinningen kan mätas. Dräneringsvattnet provtas för bestämning av nitrat, ammonium, totalkväve, fosfat, totalfosfor, kalium, pH och elektrisk konduktivitet. Dessutom bestäms mineralkväve i marken och totalkväve i gröda och fånggröda. Leden är olika kombinationer av kvävegiva, bearbetningsmetod och fånggröda (tabell 36). Endast vårsådda grödor odlas i försöket. I den tidigare serien visade man att läckaget av kväve från en lerjord kan hållas lågt om storleken på kvävegivan är normal. Det gäller även utan en fånggröda.

Kväveläckaget under vintern reducerades dock när en fånggröda fick växa under hösten. I det direktsådda ledet (F) minskade kvävemineralseringen under vintern jämfört med i höstplöjda led.

Tabell 36. Försöksplan för R2-8401 (1N=90 kg N/ha till vårkorn)

Led	Handels- gödsel-N	Tidpunkt för stubbear- betning	Tidpunkt för plöjning	Fång- gröda
A	1 N	Tidig höst	Sen höst	-
B	1,25 N	Tidig höst	Sen höst	-
C	1 N	-	Sen höst	Eng. rajgräs
D	1,25 N	-	Sen höst	Eng. rajgräs
E	1,5 N	-	Sen höst	Eng. rajgräs
F	1 N	-	Direktsådd	
G	0 N	-	Extensiv betesvall	

Resultat



Figur 28. Medel av årlig utlakning av nitrat (kg NO₃-N/ha) från försök R2-8401 1992/93-1999/2000 (data från Helena Aronsson, avdelningen för vattenvårdslära, SLU, 018-672466).

Utlakningen av nitrat från försöket som ett medel för 1992/93-1999/2000 visas i figur 28. Engelskt rajgräs som fånggröda minskade läckaget något jämfört med den tidigt på hösten stubbearbetade marken. Vid överoptimala kvävegivor gav rajgräset ingen minskning av kväveläckaget. Att lämna marken obearbetad över vintern och direktså på våren har, trots en minskad mineralisering på hösten, inte minskat risken för

kväveläckage. Den låga avkastningen under flera år är troligen orsaken till detta (tabell 37). Utlakningen från den ogödslade vallen (led G) var nästan försumbar och av samma storleksordning som från naturlig, gräsbevuxen, opåverkad mark.

Avkastningen i försöket 1994-1999 redovisas i tabell 37. De överoptimala kvävegivorna i led B, D och E, har inte givit förväntade skördeökningar ett flertal år. Rajgräs som fånggröda har reducerat skördenivån i försöket. Direktsådd har de tre senaste åren givit högre skördar än tidig höstplöjning. Utlakningen har dock ej minskat jämfört med övriga led. Utförligare resultat från försöket är rapporterade av Aronsson (1996d, 1998b). Fosforförlusterna från försöket finns publicerade av Ulén (1995).

Våren 2000 bearbetades alla led utom den extensiva vallen, varefter vårsäd såddes. Det gjordes för att under ett år kunna följa eventuella långsiktiga effekter av de olika behandlingarna på kväve mineralisering, avkastningsförmåga och markstruktur. Resultaten från dessa undersökningar är under bearbetning. Skördarna redovisas i tabell 37. Fr o m år 2001 kommer försöket att få en delvis ny utformning.

Tabell 37. Skörd (kg/ha och relativt) i försök R2-8401 1994-2000

Led ¹	Havre 1994	Våraps 1995	Vårkorn 1996	Havre 1997	Vårkorn 1998	Havre 1999	Medel 1994-1999	Havre 2000 ²
A	6160=100	2580=100	7440=100	5900=100	6530=100	5370=100	100	5600=100
B	99	103	92	105	96	99	99	100
C	91	56	98	98	100	88	89	83
D	88	56	100	102	97	93	89	87
E	86	65	93	102	81	91	86	87
F	61	61	91	117	103	102	89	100

¹ Skördarna i led G, extensiv, ogödslad betesvall, redovisas ej här.

² Detta år studerades N-efterverkan och samtliga led behandlades därför lika med avseende på bearbetning och gödsling.

Flytgödsel - fånggrödor - utlakning

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

I försöket i serie **R2-8402** som startades 1992 belyses kväveläckage och mineralkvävedynamik i marken i odlingssystem med och utan tillförsel av stallgödsel. Försöksplanen presenteras i tabell 38. Försöket är placerat på en sandjord på Fotegården utanför Lidköping. Åtta rutor, 30 x 28 m, har täckdikats separat för mätning av avrinningen och provtagning

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

Tabell 38. Försöksplan i försök R2-8402

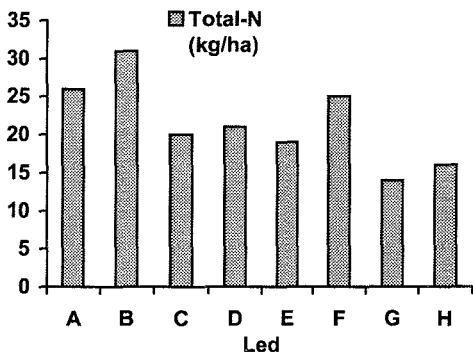
Led	Svinflyt- gödsel Tot-N, kg/ha	Handels- gödsel, kg N/ha	Tidpunkt stubbear- betning	Tidpunkt plöjning	Fånggröda
A	-	90	Tidig höst	Sen höst	-
B	90	45	Tidig höst	Sen höst	-
C	-	90	-	Sen höst	Eng. rajgräs
D	90	45	-	Sen höst	Eng. rajgräs
E	-	90	-	Tidig vår	-
F	90	45	-	Tidig vår	-
G	-	90	-	Tidig vår	Eng.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

Tabell 39. Skörd (kg/ha och relativtal) 1994-2000 i försök R2-8402

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

¹ kg torrs substans per ha.

Resultat



Figur 29. Genomsnitt av årlig utlakning av totalkväve (kg N/ha) från försök R2-8402 1993/94-1999/2000 (data från Helena Aronsson, avdelningen för vattenvårdslära, SLU, 018-672466).

Kväveförlusterna från de olika leden har varit betydande i flera fall sedan starten av mätningarna hösten 1993 (figur 29). 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 1993/94-1999/2000 visas i figur 29.

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

Rajgräs som fånggröda har reducerat läckaget av kväve i försöket men effekten har varit beroende av fånggrödans tillväxt under hösten. Skördarna i försöket 1994-2000 visas i tabell 39. Rajgräs som fånggröda har ej medfört någon reduktion av kärnskördarna i försöket. Utförligare resultat från mätningar i försöket har presenterats av Aronsson (1996a, 1998a) och Lindén et al. (1999).

Miljöanpassad flytgödsling och fånggrödor

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

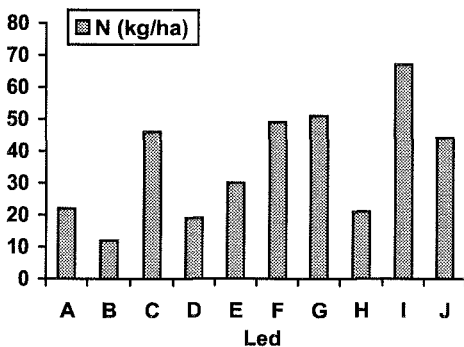
I serien **R2-8403** ingår ett försök på grovmjord i Mellby, Laholm. Försöket belyser växtnärläckage och mineralkvävedynamik i odlingssystem med stallgödelspridning och är en fortsättning på försöket R3-0071 som startades 1983. Resultaten från det tidigare försöket är rapporterade av Lindén et al. (1993). Försöket bestod tom 1998 av tio rutor (40 m x 40 m) med en behandling per ruta (tabell 40) och separata dränerings-system. Fyra försöksrutor inkluderades i försöket from 1999

(f.d. R0-0044). I dessa jämförs sen höstplöjning med och utan fånggröda. Avrinningen mäts och dräneringsvattnet provtas för analys av kväve och fosfor i alla 14 försöksrutorna. Dessutom bestäms kväveupptaget i de olika leden genom provtagning av grödan. Kvävetillgång och kväve-mineralisering i marken beräknas från mineralkvävebestämning i jordprover. I försöket odlas vårsådda grödor.

Tabell 40. Försöksplan för R2-8403 (1N=90 kg/ha som total-N eller som handelsgödsel)

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

Resultat



Figur 30. Genomsnittlig årlig utlakning 1989/90-1997/98 av kväve (kg N/ha) från försök R2-8403 (data från Helena Aronsson, avdelningen för vattenvårdslära, SLU, 018-672466).

Fånggrödan har effektivt reducerat kväveutlakningen i det här försöket, speciellt i kombination med vårplöjning (figur 30). Vårplöjning med fånggröda har flera år reducerat utlakningen med upp till 70 %

jämfört med höstplöjning utan fånggröda. Med normal gödselgiva (1N) och fånggröda har kväveläckaget till och med varit lägre än i led utan gödsling och fånggröda.

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

Skördarna i försöket 1994-2000 visas i tabell 41. De första åren orsakade insådd av rajgräs skördeförluster. 1997, 1998 och 2000 var skörden cirka 10% högre i det normalgödslade ledet med fånggröda än i det normalgödslade utan fånggröda. Skörden av vårvete 1999 var dock högre i det normalgödslade ledet utan fånggröda än med fånggröda. Medelskördarna 1994-2000 visar ej på någon tydlig trend.

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

Tabell 41. Skörd (kg/ha och relativt) i försök R2-8403 1994-2000

Led	Havre 1994	Vårrops 1995	Vårvete 1996	Vårkorn 1997	Havre 1998	Vårvete 1999	2000	Medel 1994-2000
A	38	2	47	22	35	36	31	30
B	58	2	44	40	50	52	44	41
C	3370=100	2100=100	4920=100	4040=100	5390=100	5990=100	4987=100	100
D	88	86	81	110	109	96	111	97
E	96	66	79	92	88	90	95	87
F	109	105	84	107	101	110	113	104
G	114	92	95	127	118	103	114	109
H	91	92	83	117	102	106	112	100
I	91	119	77	123	95	102	121	104
J	73	128	79	118	107	97	116	103
K	-	-	-	-	-	85	92	89
L	-	-	-	-	-	89	109	99

Växtföljder - fånggrödor - utlakning

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

I försöksserie **R2-8404**, med ett försök på uppfyller kraven på "vintergrön mark" Lönnstorps försöksstation utanför Lund, (tabell 42). jämförs två olika växtföljder som båda

Tabell 42. Försöksplan för R2-8404

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

¹ Blasten nedbrukas.

² Blasten bortföres.

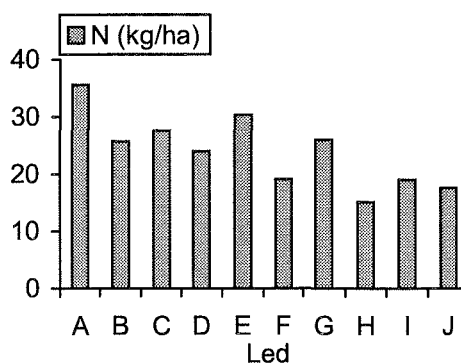
Försöket anlades 1992 och består av tio separat dränerade rutor varav åtta ingått i ett tidigare försök. Båda växtföljderna innehåller 80 % "vintergrön mark". I den ena växtföljden (1) ingår höstsådda grödor och i den andra (2) ingår rajgräs som fånggröda för att nå upp till 80 %. För varje gröda i växtföljderna tillämpas ett för grödan konventionellt jordbearbetningssystem. I växtföljd 2 är dock tidpunkten för höstplöjning senarelagd när fånggröda tillämpas. Gödslingsnivån är också grödanpassad. Avrinningen mäts och dräneringsvattnet och grödorna provtas för att bestämma utlakningen och upptaget av kväve.

Resultat

De största förlusterna av kväve genom utlakning från försöket har uppmätts från höstraps och från vårkorn med höstraps som förfrukt (figur 31). Även om växande höstraps tar upp en hel del kväve (ca. 40 kg/ha) på hösten så blir kväveförlusterna stora, till och med större än där marken lämnats bar under vintern efter en tidig jordbearbetning. Vid sådd av höstrapsen tillförs vanligtvis 40 kg N per ha. Det är sannolikt en förklaring till de stora kväveförlusterna. Engelskt rajgräs som fånggröda, vilket tillämpas i växtföljd 2, har här reducerat utlakningen av kväve. Det har visats tidigare bl.a. i försök på grovmo- och

sandjordar i Halland. Förlusterna av kväve hölls även relativt låga när man förde bort betblasten från fältet. Avkastningen i försöket 1994-2000 redovisas i tabell 43. Skördarna av höstvete, vårkorn och sockerbeter har i medeltal varit högre i växtföljd 1 än i växtföljd 2. Detta trots lika gödselgivor i båda växtföljderna och större utlakning av kväve från växtföljd 1.

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



Figur 31. Genomsnittlig årlig utlakning 1993/94-1999/2000 av kväve (kg N/ha) från försök R2-8404 (data från Helena Aronsson, avdelningen för vattenvårdslära, SLU, 018-672466).

Tabell 43. Skörd (kg/ha) 1994-2000 i försök R2-8404 på Lönnstorp. För sockerbeter redovisas ren vikt socker

Led	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	Medel 1994-2000
A	3370	2920	2660	2270	2400	3140	2904	2810
B	7110	7300	9980	10940	7940	10960	10728	9280
C	4370	6860	5650	7590	7660	7040	5495	6380
D	10110	7420	11220	10550	8520			9564 ¹
E	6320	6010	7200	7370	6890	6940	6922	6810
F	4880	3230	6200	6760	7140	6630	6681	5930
G	6320	8090	8610	9770	7570	9290	9832	8500
H	5380	5260	6100	6280	6430	5530	5834	5830
I	9450	7430	9920	10070	9260			9226 ¹
J	5180	5350	6730	6880	6830	5570	5989	6080

¹ Medel 1994-1998.

Jordbearbetning - kväveutlakning

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

Inom försöksserie **R2-8405** anlades hösten 1992 ett försök på grovmo i Mellby utanför Laholm. Hösten 1993 utfördes de första bearbetningsåtgärderna enligt försöksplanen (tabell 44). 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 bortförel av skörderesterna.

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

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

Tabell 44. Försöksplan för försök R2-8405 i Mellby, Halland, och skörd (kg/ha och relativt) 1994-2000

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

¹ Stubbearbetning 1 gång omedelbart efter skörd

² Tidig vårsådd, utförd 1997 och 1999.

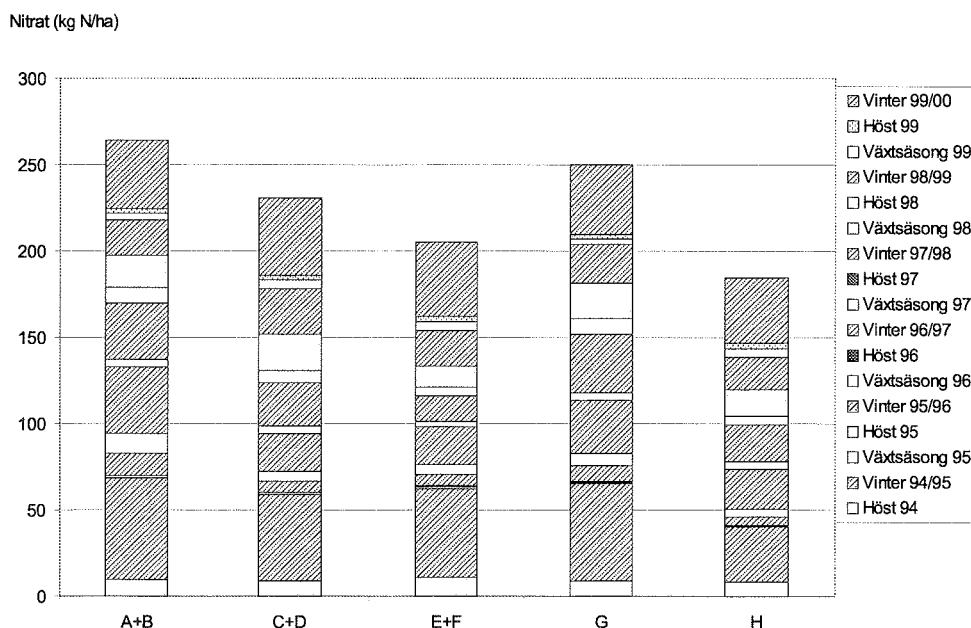
Resultat

Kvickrot uppförökades återigen i försöket 1998, speciellt i det vårplöjda ledet vilket troligen orsakade skördeminskningen i havre detta år (tabell 44). 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.

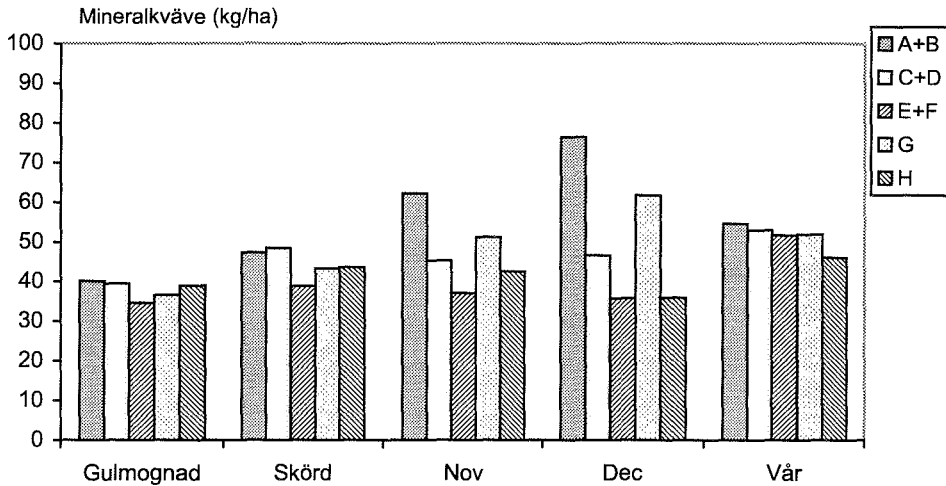
Skörden i det vårplöjda ledet var 1999 och 2000 återigen låg (tabell 44). 1999 var vårvetet i hela försöket angripet av rottdöare

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.

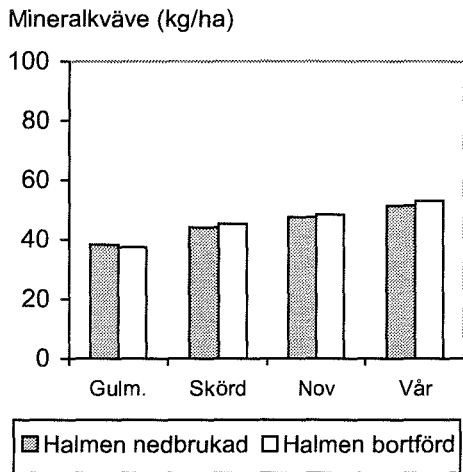
Figur 32 visar den ackumulerade utlakningen efter de olika tidpunkterna för plöjning och figur 33 visar innehållet av mineralkväve (nitrat och ammonium) i 0-90 cm. Tidig höstplöjning och sen höstplöjning med föregående stubbearbetning har orsakat störst innehåll av mineralkväve i marken på hösten och störst utlakning. Vårplöjning har medfört den klart minsta utlakningen av kväve.



Figur 32. Ackumulerad nitratutlakning (kg N ha^{-1}) beräknad från nitratkoncentrationer i markvattnet på 60 cm djup i försök R2-8405 fr.o.m. juli 1994 t.o.m. mars 2000 fördelad på tre perioder (växstsäsong = april t.o.m. juli, höst = augusti t.o.m. oktober och vinter = november t.o.m. mars). Första jordbearbetningsåtgärden i försöket utfördes första veckan i september 1993 (A+B = tidig höstplöjning, C+D = sen höstplöjning, E+F = sen höstplöjning med fånggröda, G = tidig stubbearbetning och sen höstplöjning och H = vårplöjning).



Figur 33. Mineralkväve (kg N ha^{-1}) i marken i 0-90 cm i medeltal 1993-2000 vid respektive provtagningstidpunkt i de olika bearbetningsleden i försök R2-8405, Mellby (A+B = tidig höstplöjning, C+D = sen höstplöjning, E+F = sen höstplöjning med fånggröda, G = tidig stubbearbetning och sen höstplöjning och H = vårplöjning).



Figur 34. Mineralkväve (kg N ha^{-1}) i marken i 0-90 cm 1993-2000 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 34). Skillnaden mellan leden har varit försumbar förutom vid ett fåtal tillfällen

Utförligare resultat från försöket har rapporterats av Aronsson et al. (1994b), Stenberg (1998), Stenberg & Aronsson (1995, 1999) och Stenberg et al. (1997, 1998, 1999).

Litteraturförteckning fosforerosion, grön mark och kväveutlakning

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

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

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 gödselradmyllning kombinerat med sådd 1964-1966. 37s.
5	1968	Lennart Henriksson. Orienterande försök med bearbetning till höstvetete. 7s.
6	1968	Lennart Henriksson. Försök med olika såttider. 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 stråsäd. 19s.
14	1968	Erik Jakobsson. Plöjningsförsök med olika tiltbredder och vändskiveformer. 10s.
15	1968	Lennart Henriksson. Försök med grund plöjning. 9s.
16	1968	Stig Ledin. Olika halmnedbrukningsmetoders verkan på kvickrot och på några frögräs. 21s.
17	1969	Inge Håkansson, Börje Gillberg. Lufttrycket i traktordäcken under fältarbeten. En stickprovsundersökning hösten 1968. 32s. <i>Investigation into the inflation pressure of the tires of Swedish tractors engaged in field work. 32pp.</i>
18	1969	Göte Bertilsson. Studier över tryckets markpåverkan. 67s.
19	1969	Peter Edling, Nils M. Nilsson, Inge Håkansson. Sju skånska försök med alvluckring och djupplöjning 1964-68. 26s. <i>Seven experiments with subsoiling and deep ploughing in Southwestern Sweden 1964-68. 26pp.</i>
20	1969	Bengt Reimersson, Gunnar Falk. Försök på Persbo gård 1968 med minskad jordpackning. 8s. <i>A field experiment with reduced soil compaction on a clay soil. 8pp.</i>
21	1970	Lennart Henriksson. Olika redskapstyper för stubbearbetning. Jämförelser av arbetssätt och arbetsresultat. 19s. <i>Different types of implements for stubblecultivation. A study of working methods and working results. 19pp.</i>
22	1970	Inge Håkansson, Lennart Fergedal. Försök med jordpackningens ackumulativa efterverkningar. Preliminär redogörelse. 21s. <i>Experiments with the accumulative after-effects of soil compaction. Preliminary report. 21pp.</i>

- 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 höst-harvning och tillsatsredskap till plogen. 68s.
- 25 1971 Ann Pettersson. Nya redskap för gödselplacering och sådd. 50s.
- 26 1971 Lennart Fergedal. Jordpackning med traktor vid olika tider för vårsådd. 140s.
- 27 1971 Göran Kritz. Jordbearbetningsforskning i Europa. Rapport från en studieresa. 16s.
- 28 1972 Helmut Frese. Zur Frage spezialisierter oder interdisziplinärer Forschung am Boden. 15s.
- 29 1972 Inge Håkansson, Sven Alvelid. Två försök i Kalmar län med halmnedplöjning för att minska vinderosionen. 4s.
- 30 1972 Ann Pettersson, Sten Wikström. Inledande undersökningar om radmyllning till potatis. 50s.
- 31 1972 Peter Edling, Lennart Fergedal. Modellförsök med jordpackning 1968-69. 71s.
- 32 1973 Åke Huhtapalo, Ann Wikström, Sten Wikström. Försök med kombisåmaskiner 1971-72. 46s.
- 33 1973 Inge Håkansson. Tung körning vid skörd av slättervall. Tre försök på Röbäcksdalen. 1969-72. 20s.
Effect of heavy machinery when harvesting ley crops. Three field experiments in northern Sweden 1969-72. 20pp.
- 34 1973 Göran Kritz. Såbäddens utformning på vårsådda fält. Stickprovsundersökning 1969-72. Maskinanvändningen på provplatserna. 76s.
- 35 1973 Lennart Henriksson. Redskap för såbäddsberedning. Undersökningsmetoder och inledande studier. 35s.
Implements for seedbed preparation. Methods of investigation and preliminary studies. 35pp.
- 36 1973 Inge Håkansson, Jozsef von Polgár. Försök åren 1969 och 1970 med en maskin för kombinerad såbäddsberedning och sådd (Svenska Sockerfabriks AB:s vårbrukningsmaskin). 26s.
Experiments in the years 1969 and 1970 with a machine for combined seedbed preparation and sowing. 26pp.
- 37 1974 Lennart Engström. Intervjuundersökning om extremt tidig sådd våren 1973. 33s.
A sampling study into extremely early spring sowing in Sweden in 1973. 33pp.
- 38 1974 Lennart Henriksson. Studier av några jordbearbetningsredskaps arbetssätt 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, arbetssätt 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 gröders 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. Stubbearbetningsredskapens 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 autumn's 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 3rd workshop of the Concerted Action " Experiences with the impact of subsoil compaction on soil, crop growth and environment and ways to prevent compaction", 14-16 June, Uppsala, Sweden.