



SVERIGES
LANTBRUKSUNIVERSITET
UPPSALA

INSTITUTIONEN FÖR MARKVETENSKAP

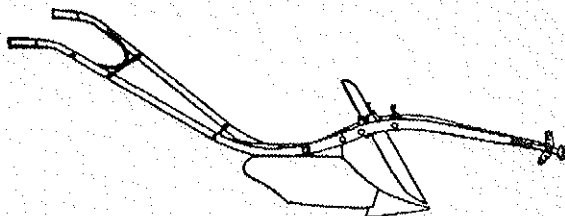
RAPPORTER FRÅN

JORDBEARBETNINGSAVDELNINGEN

Swedish University of Agricultural Sciences,
S-750 07 Uppsala.

Department of Soil Sciences,

Reports from the Division of Soil Management



Nr 97

2000

Ararso Etana, Tomas Rydberg och Inge
Håkansson

**Markfysikaliska studier i långliggande
försök med reducerad jordbearbetning
Slutrapport, projekt nr 9633028**

*Studies of soil physical properties in long-term
experiments with reduced tillage*

ISSN 0348-0976

ISRN SLU-JB-R--97--SE

Sveriges lantbruksuniversitet
Institutionen för markvetenskap
Avdelningen för jordbearbetning

Rapporter från jordbearbetnings-
avdelningen. Nr 97, 2000
ISSN 0348-0976
ISRN SLU-JB-R--97--SE

Ararso Etana, Tomas Rydberg och Inge Håkansson

**Markfysikaliska studier i långliggande försök med reducerad
jordbearbetning (Slutrapport, projektnr 9633028)**

Studies of soil physical properties in long-term experiments with reduced
tillage

Denna rapport utgör en slutredogörelse av ett projekt finansierat av Stiftelsen
Lantbruksforskning (SLF). Vi vill varmt tacka stiftelsen som gjorde det möjligt att
genomföra studien.

INNEHÅLLSFÖRTECKNING	1
SAMMANFATTNING	2
INLEDNING	3
MATERIAL OCH METODER	3
Försöksplatser och undersökta led	3
Mätningar och analyser	5
RESULTAT OCH DISKUSSION	7
Packningstillståndet i matjorden	7
Vattenhushållning	10
Lufthushållning	16
Marktemperatur	17
SKÖRDERESULTAT	25
SLUTSATSER	27
SUMMARY	28
REFERENSER	29

SAMMANFATTNING

Minsta möjliga jordbearbetning är en viktig del av ett resurshushållande jordbruk. Forskning och tillämpning av reducerad jordbearbetning startades för att minska energi- och tidsinsatsen vid konventionell växtodling. Numera tillämpas reducerad jordbearbetning inte bara för att minska insatsmedlen utan också för att bevara markstrukturen och för att minska växtnäringsutlakningen.

Försök och forskning med reducerad jordbearbetning i Sverige har pågått under mer än två decennier. Reducerad bearbetning innefattar olika bearbetningssystem där den traditionella plöjningen ersätts med ytligare bearbetning med tallriksredskap eller kultivator. Under senare år har man också utvecklat plogar som kan arbeta grunt.

I denna rapport redovisas resultat av markfysikaliska undersökningar som gjordes under 1997 och 1998 i långliggande försök med reducerad bearbetning. Studien genomfördes i sex långliggande försök, som var mellan 6 och 24 år gamla vid undersökningstidpunkten. De viktiga markfysikaliska egenskaper som inkluderades i studien var vattenhushållningen, lufthushållningen och marktemperaturen. Matjordens vatteninnehåll under vegetationsperioden undersöktes med hjälp av TDR (Time Domain Reflectometry). Vattenhalten registrerades med 5-10 dagars mellanrum. Mätvärdena kalibrerades mot värden från gravimetriska bestämningar. Dessutom bestämdes infiltrationen, vattengenomsläppligheten och vattenhållande förmågan. Luftgenomsläpplighet bestämdes både på laboratoriet och i fälten. Marktemperaturen mättes kontinuerligt i ett höstsått och i ett vårsått försök.

Skrymdensiteten i nedre delen av matjorden i led med reducerad bearbetning var högre än i led med konventionell plöjning. Denna ökning har inte visat någon påtaglig inverkan på skörden tack vare förbättringarna i andra markfysikaliska egenskaper. Mätresultaten visar att reducerad jordbearbetning förbättrade de flesta markfysikaliska egenskaperna. Vattenhaltsmätningar visade att vid reducerad bearbetning förbättrades markens dräneringsförmåga, men ändå var vattenförsörjningen till växterna under torra förhållanden bättre än vid konventionell plöjning. Detta beror på en bra porcontinuitet och en jämn porstorleksfördelning vid reducerad jordbearbetning. Reducerad bearbetning har lyckats br på styva leror, men har i regel sänkt skörden något i lättare jordar. Förbättring av avkastningen med tiden kan förklaras av förbättrad markstruktur. En noggrann planering av övergång från konventionell odling till reducerad bearbetning kan minska risken för skördeminskning. Sådana åtgärder kan vara luckring av plogsulan och bekämpning av fleråriga ogräs. Forskning rörande dessa frågor kan öka möjligheterna för tillämpning av reducerad jordbearbetning.

INLEDNING

Minsta möjliga jordbearbetning är en viktig del av ett resurshushållande jordbruk. Vid avdelningen för jordbearbetning, institutionen för markvetenskap har man bedrivit forskning och försök med olika former av reducerad jordbearbetning i mer än två decennier. Några av försöken är långliggande, och har pågått i längre än tjugo år. Huvudmålen med försöken har varit att studera inverkan av olika bearbetningssystem på avkastningen. Under de senaste åren har man börjat avveckla några av de långliggande försöken, varför det betraktades som nödvändigt att samla så mycket kunskap som möjligt om hur bearbetningen påverkat marken i dessa försök. Därför undersöktes ett antal markfysikaliska egenskaper som är viktiga för uthållig växtproduktion. Studien genomfördes under 1997 och 1998 i sex långliggande försök, spridda över landet. Syftet med studien var att jämföra några markfysikaliska egenskaper, särskilt sådana som påverkar vatten- och lufthushållningen.

MATERIAL OCH METODER

Försöksplatser och undersökta led

I tabell 1 anges de försök som ingick i studien. Oftast genomfördes undersökningarna i två led, nämligen i ett led med konventionell plöjning och i ett led med reducerad bearbetning. I det senare fallet valdes ledet med det minsta bearbetningsdjupet. Nedan beskrivs de undersökta försöken, och med fet stil visas de led som ingick i den markfysikaliska studien.

I försöksserien **R2-4007**, som startades 1974, ingick från början nio försök. Sedan 1993 omfattar serien endast ett försök, nr 141/74 som ligger i Ultuna, Uppsala. Jordarten är en styv lera med en lerhalt av 50% i matjorden och 54% i alven (Rydberg, 1986). Detta försök har varit ett bra hjälpmedel för att demonstrera hur markstruktur kan påverkas av olika jordbearbetningssystem. Följande led ingår i försöket:

A = Stubbearbetning + plöjning varje år

B = Stubbearbetning + plöjning vissa år, övriga år en extra stubbearbetning till 10-12 cm

C = Stubbearbetning + plöjning vissa år, övriga år en luckring till plogdjup

D = Stubbearbetning till 10-12 cm varje år

E = Kultivering till plogdjup varje år

Försöksserien **R2-4009** startades i mitten av 1970-talet, och motivet till denna serie 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 omfattade två försök från början, men endast ett försök, på Röbbäcksdalen (Umeå), pågår fortfarande. Jordarten på denna

försöksplats är en lerig mo, med 67% moinnehåll (Etana m fl., 1999). Följande led ingår i försöket:

- 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 = Endast stubbearbetning , gödsling på markytan**
- C2 = Endast stubbearbetning , radmyllning av gödsel

Det första försöket i försöksserien **R2-4010** anlades 1974. Syftet med serien har varit att studera effekter av olika halmhantering i samband med reducerad bearbetning. Serien har omfattat fyra försök, men endast ett försök på Lanna bedrivs fortfarande. Jordarten på denna försöksplats är en styv lera med 43% lerinnehåll (Rydberg, 1986). Följande behandlingar har ingått i serien:

- 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 = Endast stubbearbetning, kort stubb, halmen bortförd**
- C2 = Endast stubbearbetning ,kort stubb, halmen hackad

I serien **R2-4027** startades två försök 1991, och ett försök 1996. Syftet med försöksserien har varit att studera bearbetningsdjup vid plöjningsfri odling. Markfysikaliska undersökningar genomfördes i försök R2-4027 (nr 517/91). Jordarten på denna försöksplats är mellalera (Arvidsson, 1992). I försöksserien ingår följande behandlingar:

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

Förutom studier i försök med plöjningsfri odling inkluderades också ett försök med olika plöjningsdjup (**R2-4107**). Avsikten med serien har varit att undersöka hur årlig plöjning till vissa djup på lång sikt under olika mark- och klimatförhållanden påverkar avkastningen och markens egenskaper. Serien startades 1978 och som mest innehöll den femton försök. Markfysikaliska undersökningar genomfördes i ett försök (R2-4107, W 51/78) i Hedemora. Jordarten på denna försöksplats var lerig mjåla med 46% mjålainnehåll (Etana m. fl., 1999).

Detta försök var det sista i serien och avslutades 1998. I serien ingick följande led:

- A = Grund plöjning (12-17 cm)**
- B = Konventionell plöjning (20-25 cm)**
- C = Djup plöjning (25-30 cm)**
- D = Grödanpassat plöjningsdjup**

Markfysikaliska studier genomfördes också i ett sex år gammalt försök (**R2-4108**). Syftet med serien, som omfattar två försök, har varit att jämföra grund plöjning och kultivering. Jordarten på denna försöksplats är en styv lera med 47 % lerinnehåll. Följande behandlingar jämförs i serien:

- A = Konventionell plöjning**
- B = Grund plöjning utan tiltpackare, 10-13 cm**
- C = Grund plöjning med tiltpackare, 10-13 cm**
- D = Kultivering till 10-13 cm, 2-3 ggr**

Tabell 1. Sex långliggande försök som utnyttjades för markfysikaliska studier

Försöks-serie	Plats	Startår	Jordart	Under-sökningsår	Gröda vid undersökningen
R2-4007	Uppsala (Ultuna)	1974	Styv lera	1997	Korn
R2-4009	Umeå (Röbäcksdalen)	1974	Lerig mo	1998	Vall
R2-4010	Lanna	1974	Styv lera	1998	Höstvete
R2-4027	Uppsala (Säby)	1991	Mellanlera	1997	Korn
R2-4107	Hedemora	1978	Lerig mjåla	1998	Höstvete
R2-4108	Uppsala (Gälbo)	1992	Styv lera	1997/98	Höstvete

Mätningar och analyser

Markfysikaliska egenskaper undersöktes i två lager inom matjorden (5-10 och 15-20 cm). Övre delen av matjorden (ner till 10-12 cm) har luckrats årligen i båda de jämförda försöksleden, men man kan förvänta sig markfysikaliska skillnader bland annat på grund av olikheter i djupfördelningen av den organiska substansen (Etana m fl., 1999). De undersökta markegenskaperna var matjordens packningstillstånd, vattenhalten under vegetationsperioden, infiltrationskapaciteten, vattenhållande förmågan vid olika vattenavförande tryck, luftgenomsläpligheten, syrehalten i markluften efter kraftigt eller ihållande regn, och marktemperaturen.

Matjordens packningstillstånd

För studier av matjordens packningstillstånd togs två parallella prover med cylindrar (diameter = 72 mm; höjd = 50 mm) från varje ruta och djup. Proverna togs på djupen 5-10 och 15-20 cm, och användes för att bestämma den torra skrymdensiteten. Samma prover

användes också för att bestämma jordens vattenhållande förmåga, samt vatten- och luftgenomsläppligheten under laboratorieförhållanden.

Vattengenomsläpplighet och vattenhållande förmåga

Cylinderproverna tagna från samtliga försök användes för bestämning av jordens vattengenomsläpplighet och vattenhållande förmåga vid olika vattenavförande tryck. Vattengenomsläppligheten bestämdes med en teknik för konstant tryckhöjd, en timme och 24 timmar efter starten. Jordens vattenhållande förmåga bestämdes i de flesta fallen vid 5, 50, 100, 200, 300 och 600 cm vattenavförande tryck.

Jordens vattenhushållning

Uppföljning av matjordens vattenhalt under vegetationsperioden gjordes i syfte dels att studera jordens kapacitet att leda bort överskottsvatten, dels växternas vatten försörjning under torrperioder. Vattenhaltsmätningar gjordes på 5-10 cm och 15-20 cm djup, med hjälp av TDR-teknik (Topp, 1980; Schjønning, 1993; Summer, 1999). Mätutrustningen är bra för jämförande studier, men absolutvärdena avviker ofta från verkligheten, särskilt på styva leror under torra förhållanden. Därför kalibrerades mätresultaten mot samtidig gravimetrisk bestämning av vattenhalten (vikts%) vid två tillfällen. Vattenhaltsmätningar med TDR gjordes i fyra försök (R2-4007, R2-4027, R2-4010 och R2-4108) och upprepades med 5-10 dagars mellanrum, beroende på väderleksförhållandena.

Infiltration

Infiltrationsmätningar gjordes i fält i försök R2-4027 (Ul 517/91) med två uppreningar i varje led. För detta användes en stål cylinder med 60 cm diameter och 35 cm höjd. Cylindern drevs ner i matjorden till 25 cm djup. Före starten av infiltrationsmätningen vattenmättes jorden i cylindern steg för steg. Infiltrationsmätningen upprepades med ca en veckas mellanrum för att studera förändringar på grund av igenslamning och sprickbildning.

Lufthushållning

Luftgenomsläppligheten bestämdes både i fält och på laboratoriet. Mätningarna i fält gjordes på 15-20 cm djup. Luftströmningen genom jorden i en cylinder med ytan 40,7 cm² och höjden 5 cm mättes först medan den satt kvar i jorden (in situ). Sedan grävdes cylindern upp med jordpelaren, och mätningen upprepades. Mätningarna på laboratoriet gjordes på jordprover efter att vattenhalten reglerats till 100 cm vattenavförande tryck.

Markluftens syrenehåll efter kraftigt eller ihållande regn

Syrehalten i marken mättes med hjälp av en utrustning som direkt anger det procentuella syrenehållet i markluften. En sond drevs ner i marken till 15-20 cm djup, och luften på detta djup sögs upp och pumpades till en mätcell för avläsning av syrenehåll. Fyra upprepning gjordes per ruta och led. Syrehalten bestämdes i fem försök.

Marktemperatur

Marktemperaturen mättes i ett vårsått (R2-4027) och i ett höstsått (R2-4108) försök. Mätningarna gjordes med termoelement med automatisk registrering på 5, 10, 15, 20 och 25 cm djup. Mätningarna i höstsådden gjordes under vintern 1997 och under våren 1998.

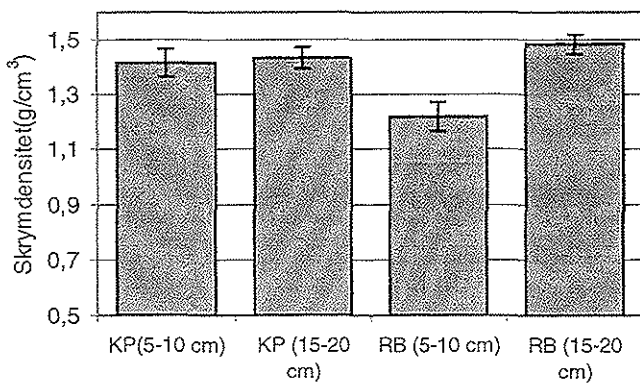
Statistik och beräkningar

Statistiska analyser gjordes både för enskilda försök och för alla försök gemensamt. Vid gemensam analys betraktades enskilda försöksplatser som block, vilket innebar att "split split block" analysmetoden användes. Vid upprepade mätningar i samma led och block beräknades först medelvärdena för varje led och block före den statistiska analysen.

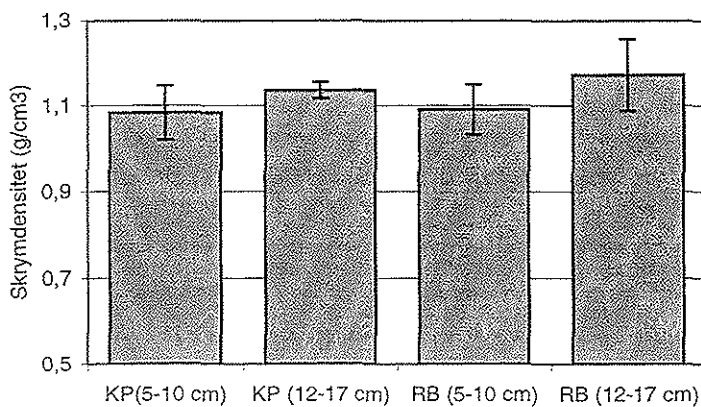
RESULTAT OCH DISKUSSION

Packningstillståndet i matjorden

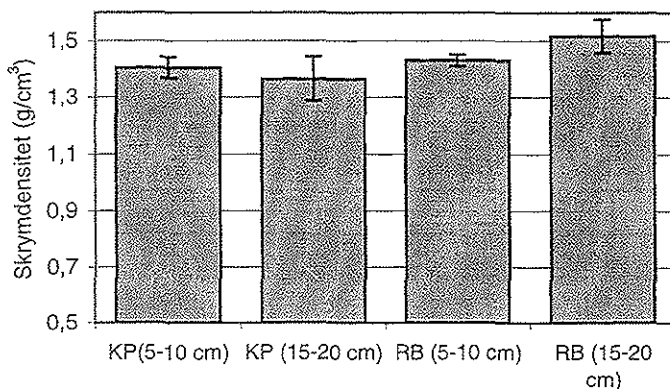
I figur 1-7 anges matjordens torra skrymdensitet. I övre matjordslagret varierade skillnaderna i skrymdensitet från försök till försök. I nedre delen av matjorden var skrymdensiteten högre i ledet med reducerad bearbetning än i ledet med konventionell plöjning. Trenden var likartad för alla undersökta försöken, men skillnaderna var ej statistiskt signifikanta för enskilda försök (figur 1-6). Signifikant skillnad erhöles för genomsnittet av alla försök (figur 7). Tidigare studier både i Norden och andra tempererade områden med likartad försöksbehandling (Rydberg, 1987; Ehlers & Claupein 1994; Rasmussen, 1999; Tebrügge & Düring, 1999) har gett liknande resultat. Vid minskat bearbetningsdjup ökar packningsgraden i det nedre obearbetade matjordslagret på grund av utebliven årlig luckring. Djupfördelningen av den organiska substansen kan också påverka skrymdensiteten. Skillnaden i skrymdensitet mellan leden påverkades inte av hur länge försöken pågått. Hög packningsgrad torde i regel vara mindre skadlig i obearbetade än i årligen bearbetade matjordslager tack vare bättre porcontinuitet och stabilitet i det grova porsystemet (Lipiec & Håkansson 2000). Dessutom kan växternas vattenförsörjning under torra förhållanden förbättras. Vidare kan lagom packning ha en positiv effekt genom att förbättra matjordens bärkraft (Ehlers & Claupein 1994).



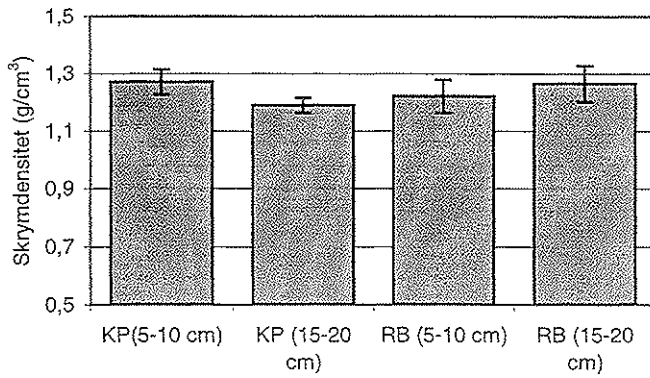
Figur 1. Matjordens packningstillstånd i försök R2-4007, Ultuna (KP=konventionell plöjning; RB =reducerad bearbetning)



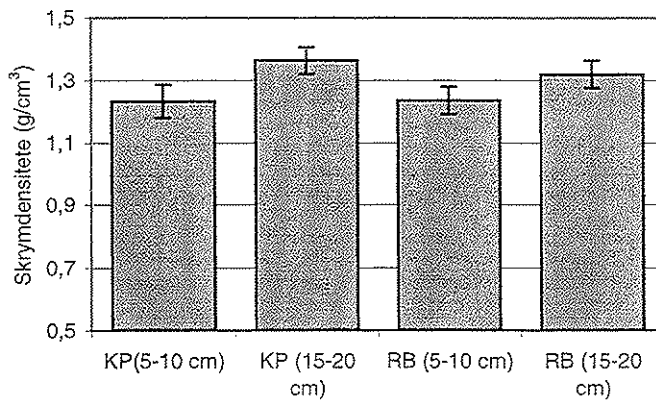
Figur 2. Matjordens packningstillstånd i försök R2-4009, Röbbäcksdalen (KP= konventionell plöjning; RB = reducerad bearbetning)



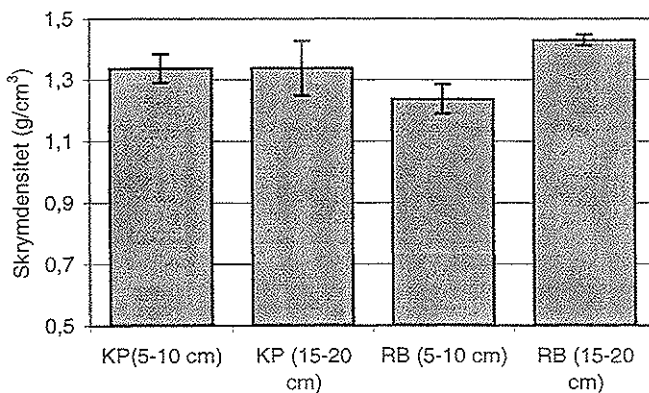
Figur 3. Matjordens packningstillstånd i försök R2-4010 (KP = konventionell plöjning; RB = reducerad bearbetning)



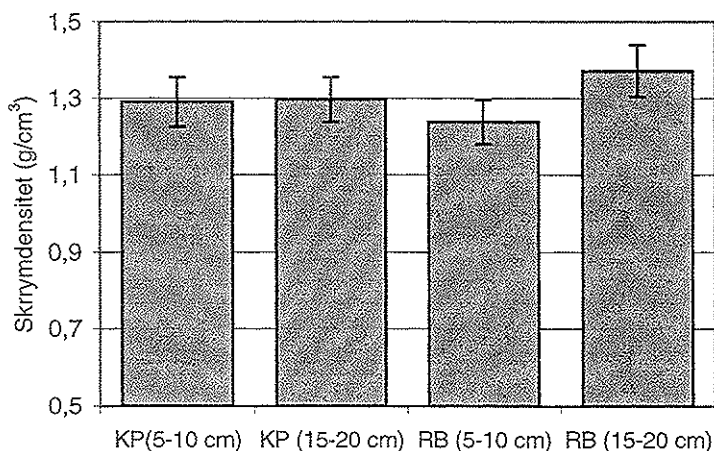
Figur 4. Matjordens packningstillstånd i försök R2-4027 (KP = konventionell plöjning; RB = reducerad bearbetning)



Figur 5. Matjordens packningstillstånd i försök R2-4107 (KP = konventionell plöjning; RB =reducerad bearbetning)



Figur 6. Matjordens packningstillstånd i försök R2-4108 (KP = konventionell plöjning; RB = redducerad bearbetning)



Figur 7. Matjordens packningstillstånd (genomsnitt för 6 försök. KP= konventionell plöjning; RB= reducerad bearbetning)

Vattenhushållning

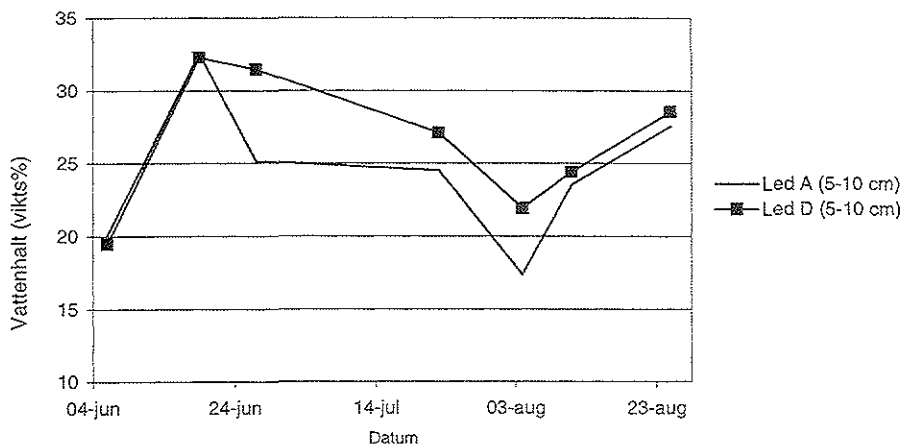
Figur 8 till 14 åskådliggör matjordens vatteninnehåll under större delen av vegetationsperioden. Variation i vattenhalt under vegetationsperioden i led med reducerad bearbetning var mindre än variationen i det konventionellt plöjda ledet. Det innebär att dräneringen var bättre vid reducerad bearbetning, tack vare en god porcontinuitet, än vid konventionell plöjning. Samtidigt förbättrade reducerad bearbetning markens vattenhållande förmåga under torra perioder. Detta beror på en jämn porstoleksfördelning i detta led.

I tabell 2 presenteras vatteninfiltrationen i försök R2-4027 (Uppsala). Infiltrationen bestämdes vid fyra tillfällen med sju dagars mellanrum. Upprepade mätningar efter upptorkning och vattenmätning gjordes för uppföljning av förändringar som uppstår på grund av sprickbildning och igenslamning. Vid första tillfället var infiltrationshastigheten lägre och försämrades fortare i det plöjda ledet än i ledet med reducerad bearbetning. En vecka senare var infiltrationen vid början av mätningen högre i det plöjda ledet, men försämrades fortare än i ledet med reducerad bearbetning. Detta var ett tecken på att vid konventionell plöjning ökar jordens benägenhet för sprickbildning vid upptorkning och igenslamning vid uppblötning. Vid sista mätningstidpunkten var infiltrationen vid reducerad bearbetning mycket sämre än vid första mätningen. Detta kan bero på att upprepade upptorkning och vattenmätning förstörde markstrukturen.

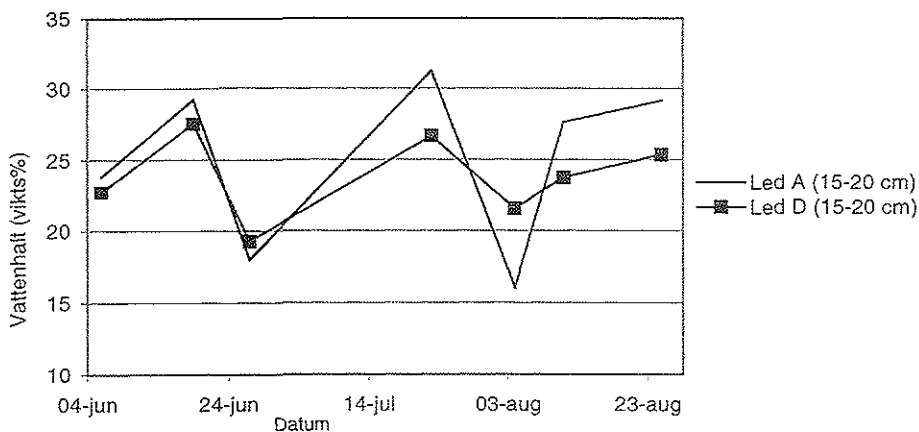
I tabell 3 visas den mättade vattengenomsläppligheten. I några försök var vattengenomsläppligheten högre vid reducerad än vid konventionell bearbetning och i några var den lägre. I andra försök var det ingen skillnad alls. Det oklara mätresultatet kan bero dels på de stora variationerna i denna egenskap inom jordarna, dels på reella jordartsskillnader och dels på svältnings/krympningsproblematiken som uppstår under laboriearbetet. I genomsnitt var det dock en tendens till högre genomsläpplighet i ytlagret efter reducerad

bearbetning än efter konventionell, och tvärtom i det djupare lagret. Detta står i samklang med skrymdensitetsvärdena.

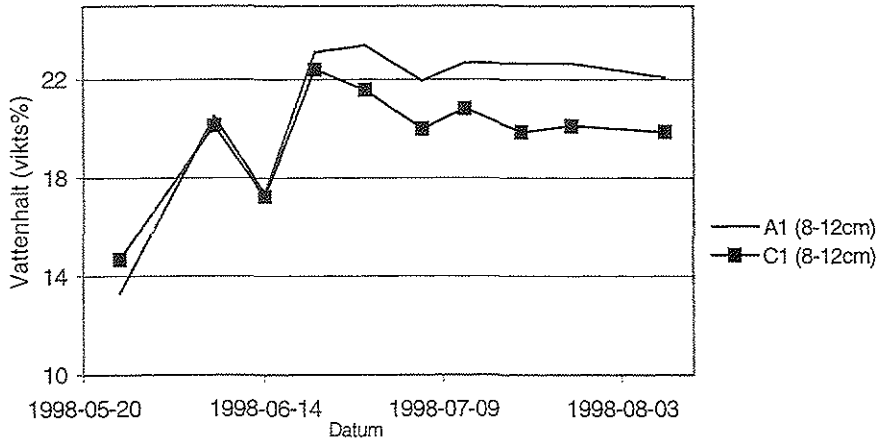
I tabell 4 anges jordens vattenhållande förmåga vid olika tensionsvärden. Resultaten från tensionsmätningarna speglar något resultaten av mätningarna med TDR. Trenderna var dock ej så tydliga som för vattenhalten vilket kan bero på svällnings/krympningsproblematiken som påpekades ovan.



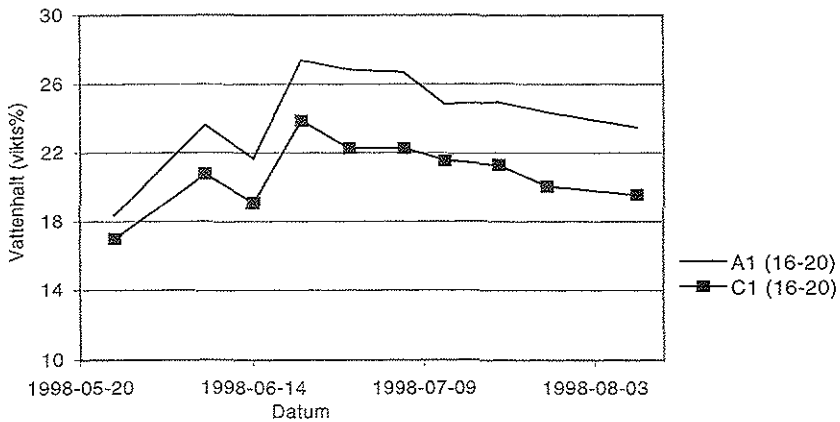
Figur 8. Matjordens vattenhalt (5-10 cm) under vegetationsperioden (R2-4007, A = konventionell plöjning, D = stubbearbetning till 10-12 cm)



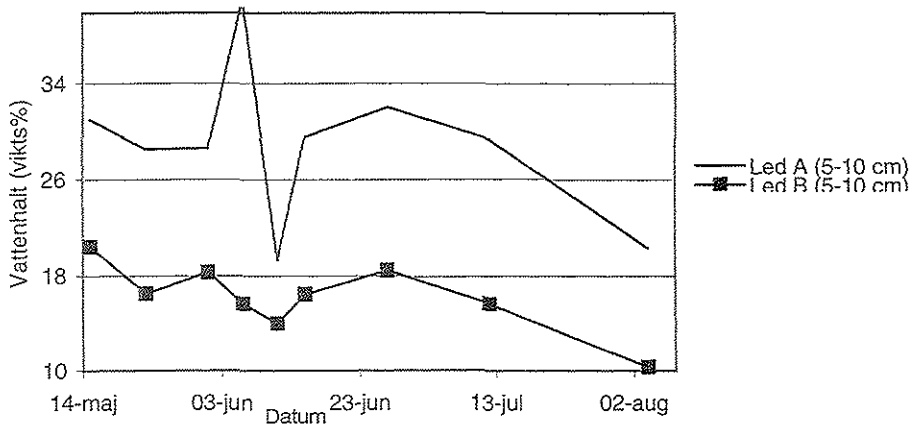
Figur 9. Matjordens (15-20 cm) vattenhalt under vegetationsperioden (R2_4007)



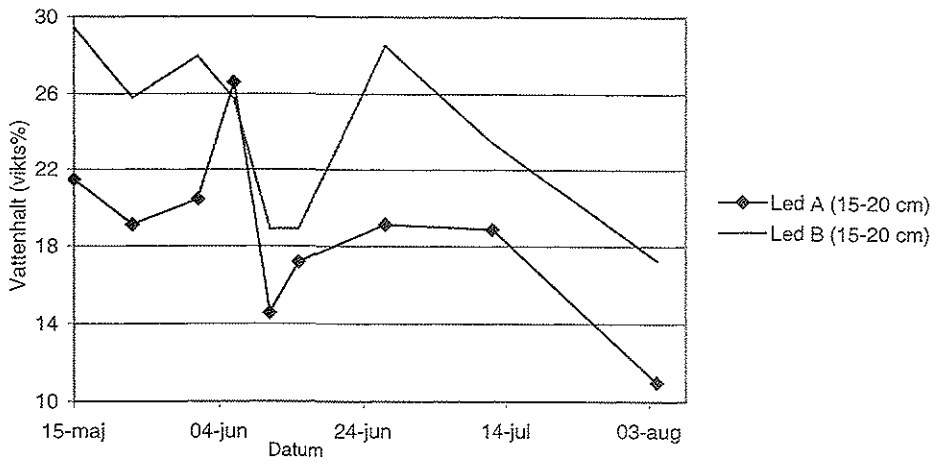
Figur 10. Matjordens (6-10 cm) vattenhalt under vegetationsperioden (R2-4010, Lanna. A1 = konventionell plöjning; C1 = stubbearbetning)



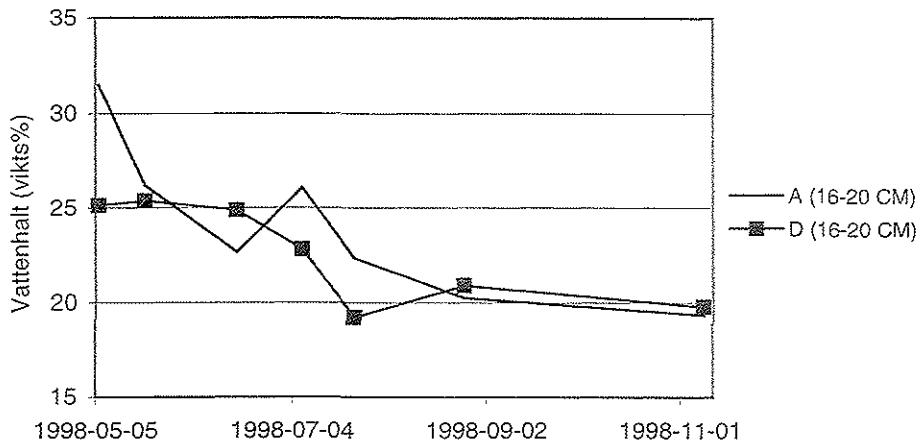
Figur 11. Matjordens (16-20 cm) vattenhalt under vegetationsperiod (R2_4010, Lanna).



Figur 12. Matjordens vattenhalt under vegetationsperioden i försök R2-4027, Ultuna (A=konventionell plöjning; B= ytlig bearbetning)



Figur 13. Matjordens vattenhalt under vegetationsperiod i försök R2_4027, Ultuna (A=konventionell plöjning; B= ytlig bearbetning)



Figur 14. Matjordens vattenhalt under vegetationperioden i försök R2-4108, Ultuna (A=konventionell plöjning; D= kultivering 2-3 ggr)

Tabell 2. Infiltrationshastighet (mm min^{-1}) i försök R2-4027

Tid efter start (min)	Första mätning		En vecka senare		Två veckor senare		Tre veckor senare	
	KP	RB	KP	RB	KP	RB	KP	RB
5	3,5	5,0	5,2	4,4	3,8	4,2	1,9	1,9
10	1,9	2,7	3,5	3,1	2,7	3,2		
15	1,4	2,1	2,9	2,8	2,3	2,9		
20	1,2	2,0	2,6	2,6	2,0	2,6	1,2	1,2
25	1,1	1,8	2,4	2,5	1,8	2,5		
30	1,0	1,7	2,2	2,4	1,7	2,4	1,0	0,9
35	0,9	1,7			1,6	2,4		
40	0,8	1,6					0,8	0,8
45	0,8	1,6						
50	0,8	1,5					0,8	0,7
55	0,8	1,5						
60	0,7	1,5					0,7	0,6
70							0,6	0,6
80							0,6	0,6

KP = konventionell plöjning; RB = reducerad bearbetning.

Tabell 3. Vattengenomsläpplighet 1 timme (K_1) och 24 timmar (K_{24}) efter mätningens början (RB = reducerad bearbetning, KP = konventionell plöjning)

Försök	Led	djup cm	Vattengenomsläpplighet (m/dygn)	
			K_1	K_{24}
R2-4007	KP	5-10	0,20	0,10
R2-4007	RB	5-10	2,04	0,04
R2-4007	KP	15-20	0,94	0,54
R2-4007	RB	15-20	1,10	0,73
R2-4009	KP	5-10	0,80	0,70
R2-4009	RB	5-10	1,36	1,31
R2-4009	KP	15-20	0,07	0,15
R2-4009	RB	15-20	0,04	0,10
R2-4010	KP	5-10	2,40	1,61
R2-4010	RB	5-10	2,30	2,24
R2-4010	KP	15-20	6,88	5,83
R2-4010	RB	15-20	5,39	3,73
R2-4027	KP	5-10	0,92	0,38
R2-4027	RB	5-10	1,64	0,77
R2-4027	KP	15-20	1,06	0,41
R2-4027	RB	15-20	0,72	0,52
R2-4107	KP	5-10	0,16	0,20
R2-4107	RB	5-10	0,18	0,22
R2-4107	KP	15-20	0,05	0,09
R2-4107	RB	15-20	0,38	0,50
R2-4108	KP	5-10	2,09	1,37
R2-4108	RB	5-10	1,49	,61
R2-4108	KP	15-20	1,84	1,61
R2-4108	RB	15-20	0,61	0,85
Medelvärde	KP	5-10	1,10	0,73
Medelvärde	KP	15-20	1,81	1,44
Medelvärde	RB	5-10	1,50	0,86
Medelvärde	RB	15-20	1,37	1,07

Inga signifikanta skillnader mellan leden

Tabell 4. Vatteninnehåll (vikts%) vid olika vattentension, (RB = reducerad bearbetning, KP = konventionell plöjning)

Försök	Led	djup cm	Tension, cm vp					
			05	50	100	200	300	600
R2-4007	KP	5-10	31,9	29,2	27,9		26,9	25,7
R2-4007	RB	5-10	39,8	33,5	27,1		27,0	26,0
R2-4007	KP	15-20	32,7	26,5	25,5		25,4	24,3
R2-4007	RB	15-20	29,9	27,0	25,3		24,6	23,7
R2-4009	KP	5-10		51,2	43,2	41,5	40,0	37,9
R2-4009	RB	5-10		51,6	45,1	43,0	41,2	39,0
R2-4009	KP	15-20		48,5	42,4	44,1	38,7	36,9
R2-4009	RB	15-20		43,9	38,8	38,9	34,8	33,3
R2-4010	KP	5-10	34,9	29,5	28,3	27,7	27,0	26,0
R2-4010	RB	5-10	33,4	27,8	26,0	25,7	25,3	24,4
R2-4010	KP	15-20	33,2	28,4	27,6	26,6	26,0	24,8
R2-4010	RB	15-20	29,4	25,4	24,7	24,3	23,9	22,9
R2-4027	KP	5-10	43,8	34,9	32,9		30,9	29,4
R2-4027	RB	5-10	44,0	34,1	32,4		30,6	29,1
R2-4027	KP	15-20	44,1	35,5	33,8		31,6	31,3
R2-4027	RB	15-20	36,8	31,4	29,9		28,4	27,3
R2-4107	KP	5-10	42,0	37,2	35,0	32,8	31,4	29,4
R2-4107	RB	5-10	41,5	37,3	35,5	33,3	32,0	29,4
R2-4107	KP	15-20	36,8	34,7	32,8	30,9	29,6	27,5
R2-4107	RB	15-20	34,8	32,4	30,8	28,7	27,2	24,2
R2-4108	KP	5-10		39,8	29,8	29,1	28,3	27,5
R2-4108	RB	5-10		40,1	32,6	31,7	30,8	29,6
R2-4108	KP	15-20		37,6	29,7	28,9	28,1	26,9
R2-4108	RB	15-20		31,6	27,1	26,6	26,2	25,3

Lufthushållning

I tabell 5 anges markluftens syrehalt efter kraftigt eller långvarigt regn. Låg syrehalt i markluften förelåg särskilt i två försök (i R2-4007, Uppsala och i R2-4009, Umeå). I dessa försök var jorden nästan vattenmättad vid mättillfällena, och därför var detta resultat ej oväntat. I dessa försök liksom i genomsnitt var syrehalten högre vid reducerad bearbetning än vid konventionell plöjning. I tabell 6 och 7 anges luftgenomsläppligheten i cylindriska prover på laboratoriet respektive i fält. Luftgenomsläppligheten mätt i fält var 50% högre efter reducerad än efter konventionell bearbetning. Det finns inte något klart samband mellan luftgenomsläppligheten mätt på laboratoriet och behandlingarna. Luftflödet kan lätt påverkas av små förändringar som kan uppstå under mätningar på laboratoriet.

Marktemperatur

I figur 15-20 anges marktemperaturen i två försök (R2-4027 och R2-4108).

Temperaturvariationen påverkades av vattenhaltsvariationen. I försök R2-4027 till exempel sjönk marktemperaturen i samband med kraftigt och ihållande regn. Detta beror på in- och utstrålningsförhållandena, på lufttemperaturens växlingar och på att vattnets värmekapacitet är mycket större än värmekapaciteten både i markluften och i det fasta materialet. I höstsådda försöket var växtbeståndet dåligt särskilt i led med kultivering. Detta försvårade tolkningen av mätresultatet eftersom växtligheten har en stor betydelse för värmeflödet mellan mark och luft. En mer detaljerad studie behövs för att fastställa effekter av reducerad bearbetning på marktemperaturen. En sådan specialstudie kan behövas bland annat med tanke på valet av såtid på våren och frostsador på höstsådda grödor.

Tabell 5. Markluftens syreinhåll efter kraftigt eller ihållande regn

Plats (försöksserie)	Provtagningsdjup (cm)	Syreinhåll (%)	
		Konv.	Reduc.
Uppsala (R2-4007)	15-20	11,2	15,1*
Uppsala (R2-4027)	15-20	17,5	18,0
Uppsala (R2-4108)	17-22	16,0	16,4
Hedemora (R2-4107)	12-17	16,6	16,8
Umeå (R2-4009)	7-12	13,5	16,3*
Genomsnitt för alla försök		15,2	16,8*

* visar statistisk signifikans ($p < 0,05$)

Tabell 6. Luftgenomsläpplighet i fält

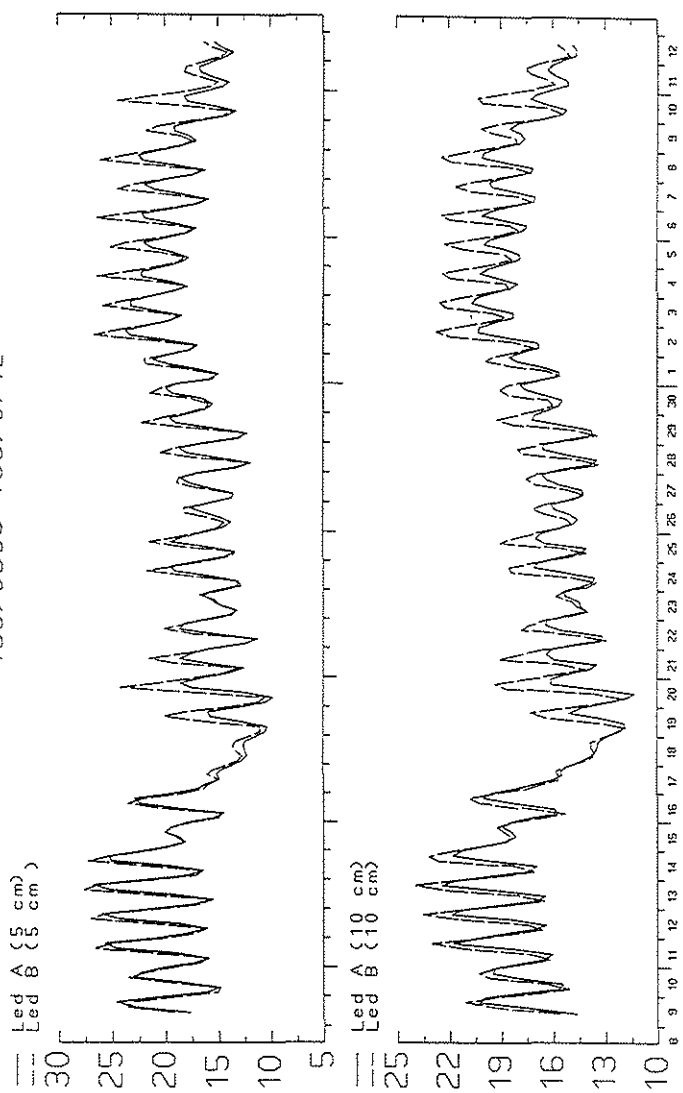
Försök	Led	Luftgenomsläpplighet (ml/s)		
		In situ	Uppgrävd	"Porkontinuitetsindex"
R2- 4007	KP	0,29	4,26	0,07
R2- 4007	RB	0,67	2,05	0,33
R2- 4009	KP	0,002	0,09	0,02
R2- 4009	RB	0,00	0,18	-
R2-4107	KP	0,25	0,92	0,27
R2-4107	RB	0,14	4,97	0,03
Medelvärde	KP	0,18*	1,76*	0,10
Medelvärde	RB	0,27	2,40	0,11

* visar statistisk signifikans ($p < 0,05$). Porkontinuitetsindex = In situ/Uppgrävd.

Tabell 7. Luftgenomsläpplighet (k) mätt på cylindriska prover på laboratoriet vid en vattentension av 1 meter vatten pelare

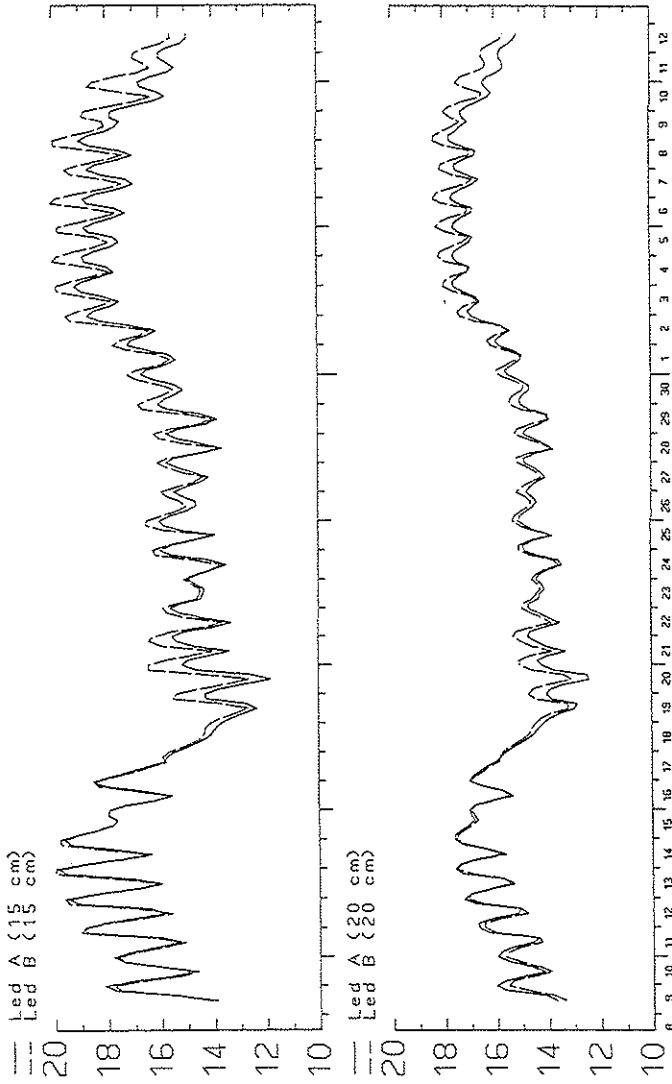
Försök	Led	Djup (cm)	k-värde(cm/s)
R2-4007	KP	5-10	44,2
R2-4007	RB	5-10	35,1
R2-4007	KP	15-20	15,9
R2-4007	RB	15-20	5,6
R2-4009	KP	5-10	12,7
R2-4009	RB	5-10	21,9
R2-4009	KP	15-20	4,8
R2-4009	RB	15-20	1,6
R2-4010	KP	5-10	83,2
R2-4010	RB	5-10	42,9
R2-4010	KP	15-20	36,7
R2-4010	RB	15-20	40,9
R2-4027	KP	5-10	63,9
R2-4027	RB	5-10	47,6
R2-4027	KP	15-20	15,4
R2-4027	RB	15-20	22,5
R2-4107	KP	5-10	28,0
R2-4107	RB	5-10	3,6
R2-4107	KP	15-20	2,5
R2-4107	RB	15-20	15,9
R2-4108	KP	5-10	16,7
R2-4108	RB	5-10	27,5
R2-4108	KP	15-20	18,8
R2-4108	RB	15-20	4,2
Medelvärde	KP	5-10	41,4
Medelvärde	RB	5-10	29,8
Medelvärde	KP	15-20	15,7
Medelvärde	RB	15-20	15,1

19970609 - 19970712



Figur 15. Marktemperatur på 5 och 10 cm djup i försök 4027 (Uppsala)

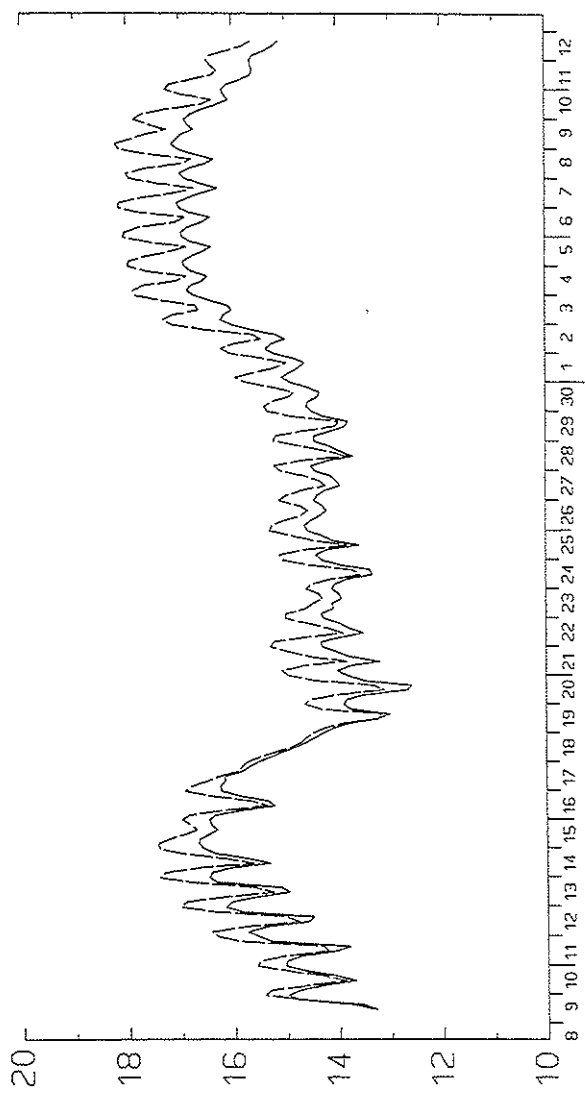
19970609-19970712



Figur 16. Marktemperatur på 15 och 20 cm djup i försök 4027 (Uppsala)

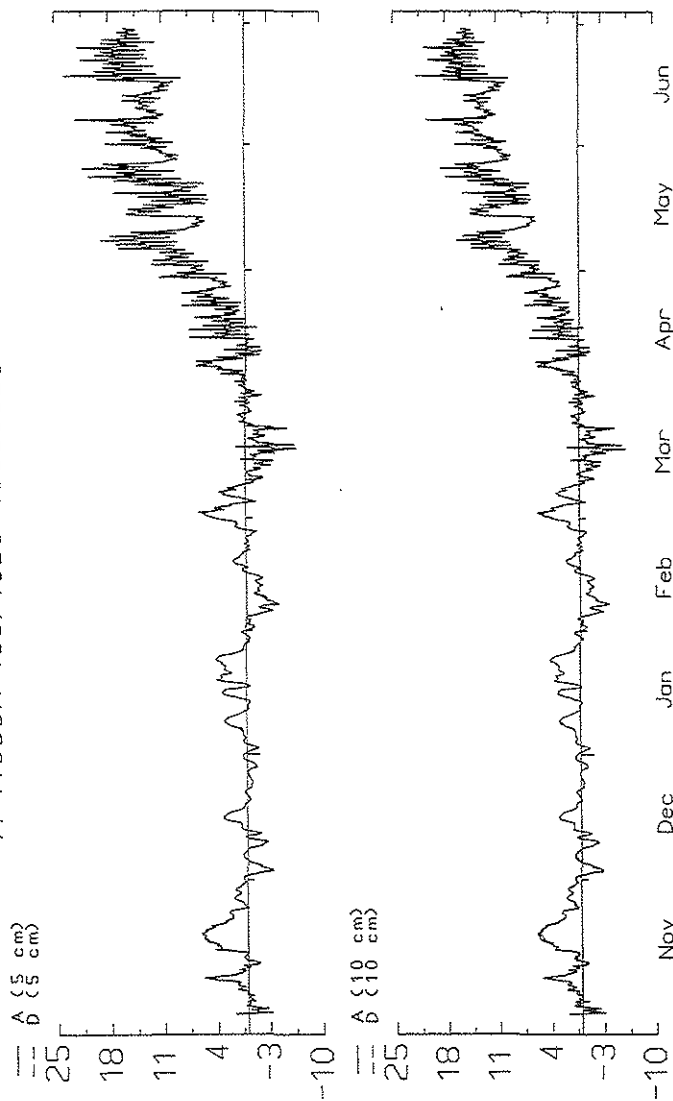
19970609-19970712

-- Led A (25 cm)
-- Led B (25 cm)



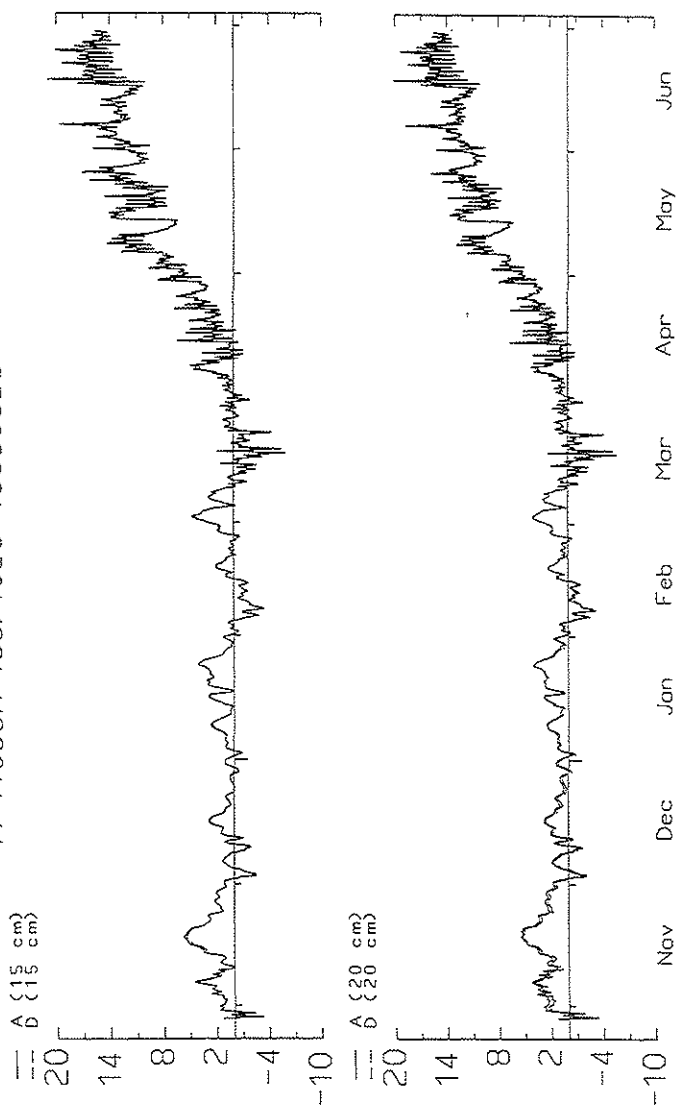
Figur 17. Marktemperatur på 25 cm djup i försök 4027 (Uppsala)

TP41088H 19971028-19980629



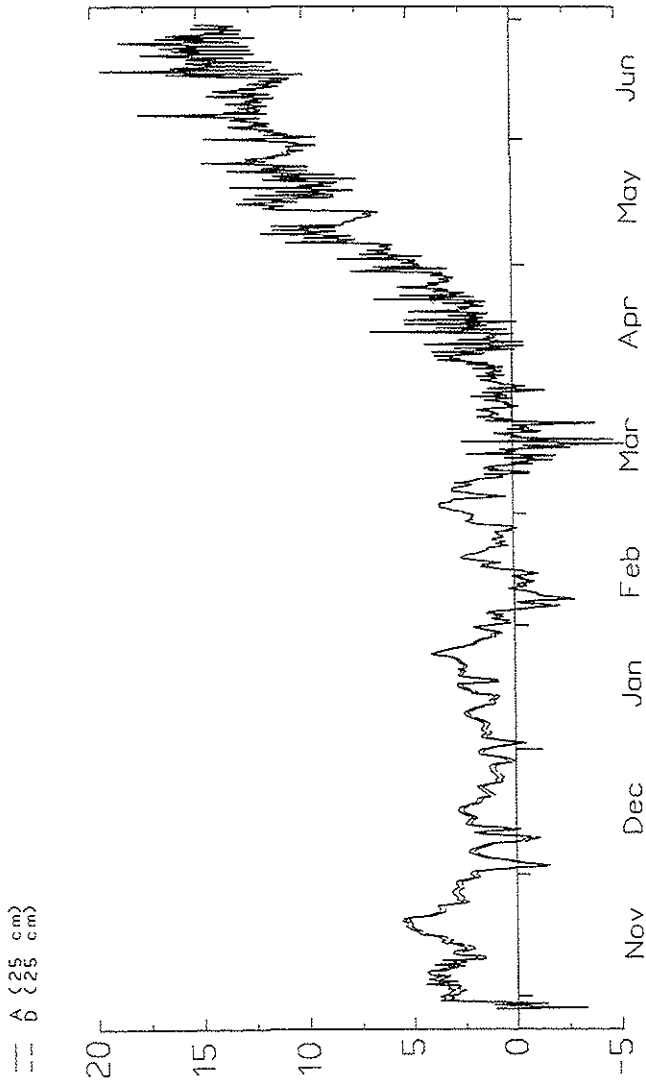
Figur 18. Marktemperatur på 5 och 10 cm djup i försök 4108 (Uppsala)

TP41088H 19971028-19980629



Figur 19. Marktemperatur på 15 och 20 cm djup i försök 4108 (Uppsala)

TP41088H 19971028-19980629

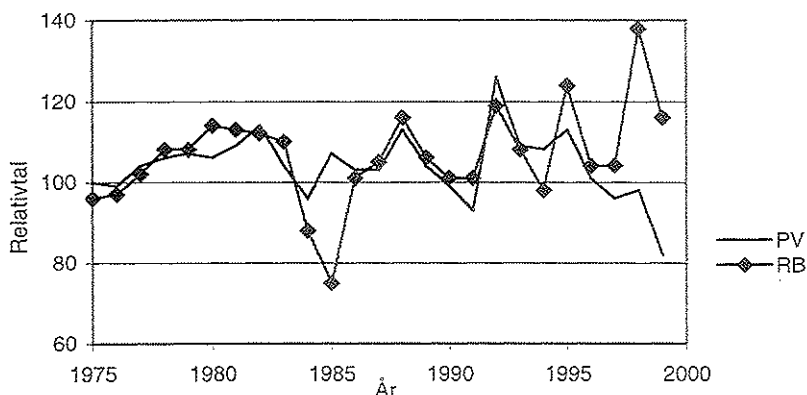


Figur 20. Marktemperatur på 25 cm djup i försök 4108 (Uppsala)

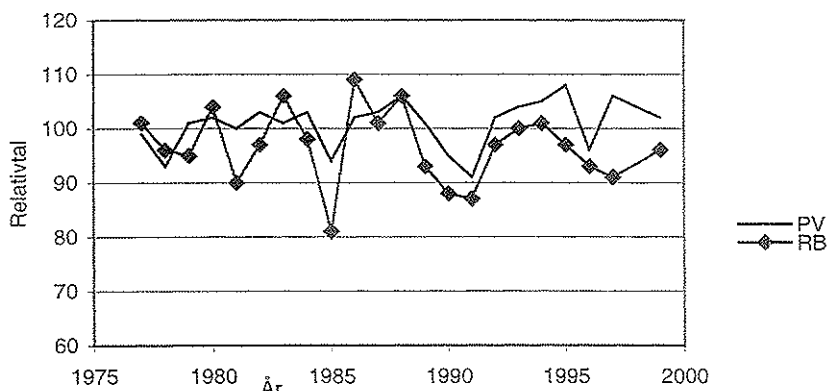
SKÖRDERESULTAT

I figur 21-26 visas skörderesultaten i relativtal (skörd från konventionell plöjning = 100). I försök R2-4007 och R2-40010 blev skörden från de oplöjda leden bättre och bättre med åren. Förbättringar av de markfysikaliska egenskaperna har antagligen varit en viktig orsak till skördeförbättringen. Ökning av avkastningen på styva leror har också rapporterats av Rasmussen (1999). Väderleksförhållandena under vegetationsperioderna har också en stor betydelse. Skördeökning under torra vegetationsperioder har rapporterats från andra Nordiska länder (Rily & Rydberg, 1994; Aura, 1999). I försök R2-4027 gick skörden ner under början av försöksperioden för att därefter stiga. I övriga försök är tidstrenderna mindre påtagliga.

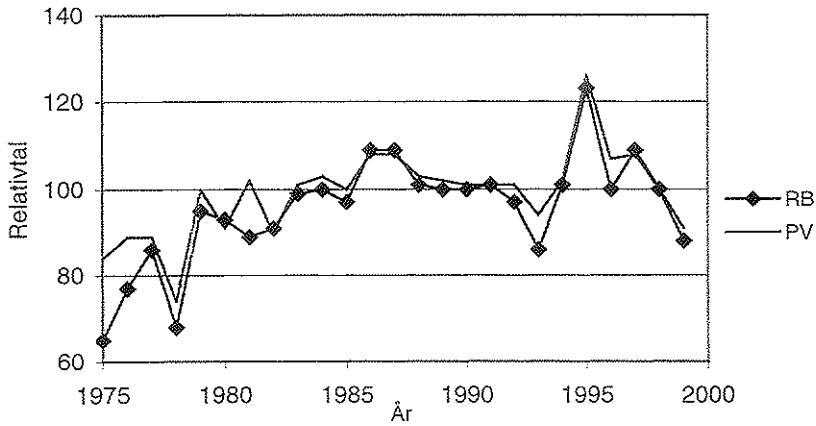
Ovan redovisade markfysikaliska effekter ger en del av förklaringen till skörderesultaten. Många andra faktorer påverkar dock skörden, exempelvis effekterna på markens kemiska och biologiska egenskaper, på ogräset, särskilt kvickrotten, på växtsjukdomarna och på såbäddens egenskaper och därmed på groningen, uppkomst och skorpbildningsrisk.



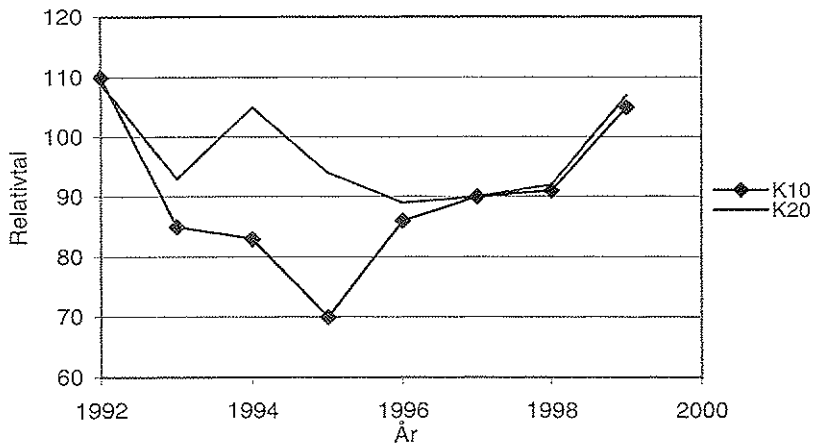
Figur 21. Skörd (relativtal) i försök R2-4007. Skörd vid konventionell plöjning=100. (RB = reducerad bearbetning; PV = plöjning vissa år).



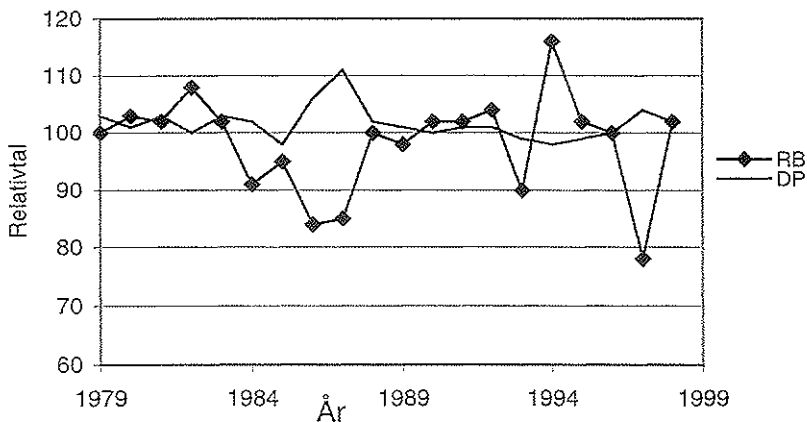
Figur 22. Skörd (relativtal, skörd vid konventionell plöjning = 100) i försök R2-4009, Röbbäcksdalen. RB = reducerad bearbetning; PV = plöjning vissa år.



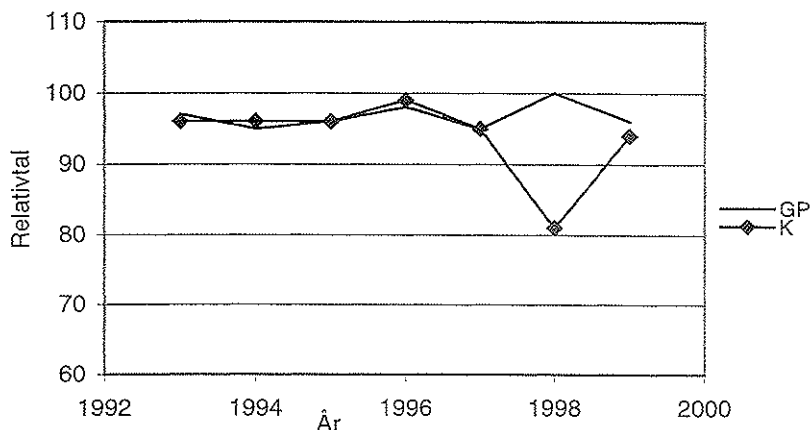
Figur 23. Skörd (relativtal) i försök R2-4010, Lanna. Skörd vid konventionell plöjning = 100 (RB = reducerad bearbetning, PV plöjning vissa år).



Figur 24. Skörd (relativtal, skörd vid konventionell plöjning = 100) i försök R2-4027 (Ul 517/91). K10 = kultivering till 10 cm; K20 = kultivering till 20 cm



Figur 25. Skörd (Relativtal, avkastning vid konventionell plöjning = 100) i försök R2-4107, Hedemora. RB = reducerad bearbetning; DP = djup plöjning.



Figur 26. Skörd (relativt, skörd vid konventionell plöjning =100) i försök R2-4108. GP = grund plöjning; K = kultivering till 10 cm.

SLUTSATSER

Mätresultaten visar att reducerad jordbearbetning förbättrade de flesta markfysikaliska egenskaperna. Skrymdensiteten i nedre matjordslagret var högre i reducerad än konventionell bearbetning. Konsekvenserna för skörden var ej påtagliga tack vare förbättringarna i andra markfysikaliska egenskaper som påverkar vattenhushållning. Vattenhaltsmätningarna visade att vid reducerad bearbetning förbättras markens dräneringsförmåga, men ändå var vattenförsörjningen till växterna under torra förhållanden bättre än vid konventionell plöjning. Detta beror på en bättre porcontinuitet och en jämnare porstorleksfördelning vid reducerad jordbearbetning än vid konventionell plöjning. Sammanställning av skörderesultaten visar att reducerad bearbetning kan sänka skörden något vid övergång till bearbetningssystemet, men skörden kan bli bättre med tiden tack vare förbättring av de markfysikaliska egenskaperna. Det behövs en välplanerad övergång från konventionell odling till minimerad bearbetning för att minska risken för skördesänkning. Före övergången kan man exempelvis luckra upp plogsulan och bekämpa fleråriga ogräs.

SUMMARY

The minimum possible soil tillage is an important part of a sustainable crop production system. Research and practice of reduced tillage was originally started mainly to reduce energy and time consumption related to tillage. However, current research and practice of reduced tillage is also aimed at soil and water conservation as well as reduction of nutrient losses from arable land.

Research on reduced tillage in Sweden has been conducted for more than two decades. Reduced tillage comprises different tillage systems, which replace the traditional mouldboard ploughing. These also include modern plough shares by which depth of ploughing can be reduced to about 10 cm.

This report summarises investigations of soil physical properties in six long-term experiments with reduced tillage. The experiments were 6 to 24 years old at the time of investigation (in 1997 or 1998). In this study, soil physical properties after minimum tillage and conventional ploughing were compared. Soil physical properties investigated include dry bulk density, soil water content during the vegetation period, infiltration, saturated hydraulic conductivity, water holding capacity, air permeability in the field and laboratory, oxygen content of soil air after continuous or heavy rain, and soil temperature. Soil water content during the vegetation period was measured with TDR (Time Domain Reflectometry).

The dry bulk density in the lower part of the top soil was greater in plots with reduced tillage than in plots with conventional ploughing. Many of the investigated soil physical properties were improved by reduced tillage. Variation of soil water content was smaller for reduced tillage than for conventional ploughing. This shows that drainage and water holding capacity often were improved, particularly in the heavy soils. Crop yield in heavy clays has been improved by reduced tillage. In some cases, A decrease in yield was observed during the initial periods of reduced tillage, but the difference has been minimised with time, which can be attributed to the improvement of soil structure. This improvement, however, may be less pronounced in light soils. A well planned transition from conventional ploughing to reduced tillage, such as loosening of old plough pan and minimising of infestation by perennial weeds, can minimise yield losses.

REFERENSER

- Arvidsson, J. 1992 (redaktör). Jordbearbetningsavdelningens årsrapport, nr 92, 86 s.
- Arvidsson, J. 1998 (redaktör). Jordbearbetningsavdelningens årsrapport , nr 93, 74 s.
- Arvidsson, J. 1999 (redaktör). Jordbearbetningsavdelningens årsrapport, nr 96, 68 s.
- Aura, E., 1999. Effects of shallow tillage on physical properties of clay soil and growth of spring cereals in dry and moist summers in southern Finland. *Soil and Tillage Res.* 50: 169-176.
- Ehlers, W. & Claupein, W., 1994. Approaches toward conservation tillage in Germany. In: Martin R. Carter (Editor), *Conservation Tillage in Temperate Agroecosystems*. Lewis Publications, London. 141-165.
- Etana, A., Håkansson, I., Zagal, I. & Bučas, S., 1999. Effects of tillage depth on organic matter content and physical properties in five Swedish soils. *Soil and Tillage Res.* 52: 129-139.
- Lipiec, J. & Håkansson, I., 2000. Influence of degree of compactness and matric tension on some important plant growth factors. *Soil Tillage Res.* 53: 87-94.
- Rasmussen, K.J., 1999. Impact of ploughless soil tillage on yield and soil quality: a Scandinavian review. *Soil & Tillage Res.* 53: 3-14.
- Riley, H., Børresen, T., Ekeberg, E. & Rydberg, T., 1994. Trends in reduced tillage research and practice in Scandinavia. I: Martin Carter (redaktör), *Conservation Tillage in Temperate Agroecosystems*, Lewis Publishers, London, 23-45.
- Rydberg, T., 1986. Markfysikaliska och markkerniska effekter av plöjningsfri odling i Sverige. Sveriges Lantbruksuniversitet, Uppsala, Avd. för jordbearbetning. Rapporter, nr70, 52 s.
- Rydberg, T., 1987. Studier i plöjningsfri odling i Sverige 1975- 1986. Sveriges Lantbruksuniversitet, Institutionen för Markvetenskap, Rapporter från Jordbearbetningsavdelningen nr 76.
- Schjønning, P. & Jacobsen, O.H., 1993. Field evaluation of time domain reflectometry for soil water measurement. *Journal of Hydrology* 151: 159-172.
- Summer, M.E. (redaktör), 1999. *Hand book of Soil Science*. CRC Press, London, A59-A63.
- Tebrügge, F. & Düring, R.-A. 1999. Reducing tillage - a review of results from a long-term study in Germany. *Soil & Tillage Res.* 53: 15-28.
- Topp, G.C., Davis, J. & Annan, P., 1980. Electromagnetic determination of soil water content: Measurements in coaxial transmission lines. *Water Resources Res.* 16 (3): 574-582.

RAPPORTER FRÅN JORDBEARBETNINGSAVDELNINGEN

Nr	År	
1	1968	Inge Håkansson. Fysikalisk och kemisk beskrivning av markprofiler från 8 platser i Uppland och Västergötland. 128s.
2	1968	Inge Håkansson. Några synpunkter på forskning och försöksverksamhet i jordbearbetning. 6s.
3	1968	Nils M. Nilsson, Lennart Henriksson. Försök med harvning till vårsäd 1941-1959. 29s. <i>Field trials with harrowing to spring-sown cereals 1941-1959. 29pp.</i>
4	1968	Åke Huhtapalo, Reijo Heinonen. Inledande försök med gödsel radmyllning kombinerat med sådd 1964-1966. 37s.
5	1968	Lennart Henriksson. Orienterande försök med bearbetning till höstvetete. 7s.
6	1968	Lennart Henriksson. Försök med olika såtider. 7s.
7	1968	Reijo Heinonen. Berättelse över studieresa till Sovjet den 11-26 Juli 1967. 13s.
8	1968	Inge Håkansson. Markfysikaliska studier i ett växtföljdsförsök på Ås den 15-16 juli 1966. 13s.
9	1968	Bo Thente. Luftpermeabilitetsmätning som markfysikalisk undersökningsmetod. 41s.
10	1968	Reijo Heinonen, Åke Huhtapalo. Besvarade och obesvarade frågor om radmyllning av kvävegödsel. 13s.
11	1968	Lennart Fergedal. Försök med jordpackning vid olika tidpunkter på våren. År 1967. 9s.
12	1968	Nils M. Nilsson, Lennart Henriksson. Alvluckningsförsök 1937-1963. 32s.
13	1968	Reijo Heinonen. Tidig vårsådd. Växtfysiologiska och ekologiska synpunkter på aktuella tendenser i såbäddsberedning och sådd av stråsådd. 19s.
14	1968	Erik Jakobsson. Plöjningsförsök med olika tiltbredder och vändskiveformer. 10s.
15	1968	Lennart Henriksson. Försök med grund plöjning. 9s.
16	1968	Stig Ledin. Olika halmedbrukningsmetodernas 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 halm-nedplöjning för att minska vinderosionen. 4s.
- 30 1972 Ann Pettersson, Sten Wikström. Inledande undersökningar om rad-myllning 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 kombiså-maskiner 1971-72. 46s.
- 33 1973 Inge Håkansson. Tung körning vid skörd av slättervall. Tre försök på Rö-bäcksdalen. 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. Stickprovs-undersökning 1969-72. Maskinanvändningen på provplatserna. 76s.
- 35 1973 Lennart Henriksson. Redskap för såbäddsberedning. Undersöknings-metoder 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 Socker-fabriks 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 autumns ploughing. 30pp.
- 64 1982 Jan Cederlund. Kombinerad bearbetning och sådd (harvsådd). Examenarbete. 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. Examenarbete. 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 rotrot och utveckling hos ärter. 61s.
Influences of soil compaction and anaerobic soil conditions on crop nutrient uptake and on root rot and growth of peas. 61pp.

- 88 1995 Johan Arvidsson, Lena Hammarström, Tomas Rydberg, Maria Stenberg, Eva Salomon, Staffan Steineck, Ingrid Karlsson, Sixten Gunnarsson, Daniel Johansson, Åse Littorin-Johansson. Jordbearbetningsavdelningens årsrapport 1994. 77s.
- 89 1996 Ingrid M. Karlsson. Sportgräsytor etablering och skötsel - erfarenheter från ett markbyggnadsförsök. 94s.
Establishment and maintenance of grassed sports fields - experience from a field experiment on soil construction alternatives. 94pp.
- 90 1996 Johan Arvidsson, Helena Elmquist, Sixten Gunnarsson, Daniel Johansson, Susanne Johansson, Ingrid M. Karlsson, Tomas Rydberg, Eva Salomon, Maria Stenberg, Johan Bengtsson, Calle Blackert, Rickard Ivarsson, Anna Lena Carlsson, Sasa Ristic. Jordbearbetningsavdelningens årsrapport 1995. 80s.
- 91 1997 Johan Arvidsson, Helena Elmquist, Sixten Gunnarsson, Daniel Johansson, Tomas Rydberg, Eva Salomon, Maria Stenberg. Jordbearbetningsavdelningens årsrapport 1996. 80s.
- 92 1997 Johan Arvidsson. Tidig sådd - ett system för reducerad bearbetning vid vårsådd. Slutrapport för fältförsök 1992-1996. 45s.
Early sowing - a reduced tillage system for spring sowing. Final report for field experiments 1992-1996. 45pp.
- 93 1998 Johan Arvidsson, Helena Elmquist, Sixten Gunnarsson, Daniel Johansson, Tomas Rydberg, Maria Stenberg, Andreas Trautner, Thomas Wildt-Persson. Jordbearbetningsavdelningens årsrapport 1997. 74s.
- 94 1998 Daniel Johansson. Radhackning med och utan efterredskap i stråsäd. Slutrapport för fältförsök 1995-1997. 49s.
Row hoeing in cereals with and without tools behind. Final report for field experiments 1995-1997. 49pp.
- 95 1998 Maria Stenberg, Göran Bergkvist, Helena Aronsson. Jordbearbetningsstrategi och etableringsteknik till höstraps för att minska risken för kväveläckage. 18s.
Soil tillage strategy and winter oil-seed rape establishment techniques to reduce the risk for nitrogen leaching. 18pp.
- 96 1999 Johan Arvidsson, John Löfkvist, Tomas Rydberg, Erika Sjöberg, Maria Stenberg, Urban Svantesson, Andreas Trautner. Jordbearbetningsavdelningens årsrapport 1998. 68s.
- 97 2000 Ararso Etana, Tomas Rydberg och Inge Håkansson. Markfysikaliska studier i långliggande försök med reducerad jordbearbetning. 29s.
Studies of soil physical properties in long-term experiments with reduced tillage. 29pp
- 98 2000 Johan Arvidsson, Ararso Etana, John Löfkvist, Magnus Melin, Lars Pålsson, Tomas Rydberg, Maria Stenberg, Urban Svantesson, Andreas Trautner. Jordbearbetningsavdelningens årsrapport 1998. 76s.