

Inge Håkansson



SVERIGES
LANTBRUKSUNIVERSITET
UPPSALA

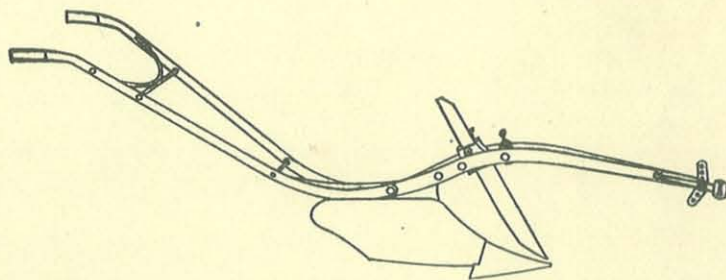
INSTITUTIONEN FÖR MARKVETENSKAP

RAPPORTER FRÅN _____ JORDBEARBETNINGSAVDELNINGEN

Swedish University of Agricultural Sciences,
S-750 07 Uppsala

Department of Soil Sciences

Reports from the Division of Soil Management



Nr 57

1979

Inge Håkansson

FÖRSÖK MED JORDPACKNING VID HÖG AXEL-
BELASTNING. MARKUNDERSÖKNINGAR 1-2 ÅR
EFTER FÖRSÖKENS ANLÄGGANDE.

*EXPERIMENTS WITH SOIL COMPACTION AT
HIGH AXLE LOAD. SOIL INVESTIGATIONS
1-2 YEARS AFTER THE EXPERIMENTAL
COMPACTION.*

ISBN 91-576-0228-X

RAPPORTER från JORDBEARBETNINGSAVDELNINGEN

- | Nr | År | | Nr | År | |
|----|------|---|----|------|---|
| 1 | 1968 | Inge Håkansson: Fysikalisk och kemisk beskrivning av markprofiler från 8 platser i Uppland och Västergötland. 128 s. | 33 | 1973 | Inge Håkansson: Tung körning vid skörd av slättervall. Tre försök på Röbbäcksdalen. 1969–72. 20 s. <i>Effect of heavy machinery when harvesting ley crops. Three field experiments in northern Sweden 1969–72.</i> |
| 2 | 1968 | Inge Håkansson: Några synpunkter på forskning och försöksverksamhet i jordbearbetning. 6 s. | 34 | 1973 | Göran Kritz: Såbäddens utformning på vårsådda fält. Stickprovsundersökning 1969–72. Maskinanvändningen på provplatserna. 76 s. |
| 3 | 1968 | Nils M. Nilsson, Lennart Henriksson: Försök med harvning till vårsådd 1941–1959. 29 s. <i>Field trials with harrowing to spring-sown cereals 1941–1959.</i> | 35 | 1973 | Lennart Henriksson: Redskap för såbäddsberedning. Undersökningsmetoder och inledande studier. 35 s. <i>Implements for seedbed preparation. Methods of investigation and preliminary studies.</i> |
| 4 | 1968 | Åke Huhtapalo, Reijo Heinonen: Inledande försök med gödselradmyllning kombinerat med sådd 1964–1966. 37 s. | 36 | 1973 | Inge Håkansson, József von Polgár: Försök åren 1969 och 1970 med en maskin för kombinerad såbäddsberedning och sådd (Svenska Sockerfabriks AB:s vårbrukningsmaskin). 26 s. <i>Experiments in the years 1969 and 1970 with a machine for combined seedbed preparation and sowing.</i> |
| 5 | 1968 | Lennart Henriksson: Orienterande försök med bearbetning till höstvet. 7 s. | 37 | 1974 | Lennart Engström: Intervjuundersökning om extremt tidig sådd våren 1973. 33 s. <i>A sampling study into extremely early spring sowing in Sweden in 1973.</i> |
| 6 | 1968 | Lennart Henriksson: Försök med olika såttider. 7 s. | 38 | 1974 | Lennart Henriksson: Studier av några jordbearbetningsredskaps arbetssätt och arbetsresultat. 144 s. <i>Studies of the mode of working and the working results of some soil tillage implements.</i> |
| 7 | 1968 | Reijo Heinonen: Berättelse över studieresa till Sovjet den 11–26 juli 1967. 13 s. | 39 | 1975 | Thomas Rydberg: Plöjningsfri odling i Sverige. En intervjuundersökning 1974. 21 s. |
| 8 | 1968 | Inge Håkansson: Markfysikaliska studier i ett växtföljdsförsök på Ås den 15–16 juli 1966. 13 s. | 40 | 1975 | Ulf Olsson: Redskap för såbäddsberedning, arbetssätt och arbetsresultat. 55 s. <i>Implements for seedbed preparation; studies of the mode of working and the working results.</i> |
| 9 | 1968 | Bo Thente: Luftpermeabilitetsmätning som markfysikalisk undersökningsmetod. 41 s. | 41 | 1975 | Inge Håkansson: Rapport över studieresa till USA hösten 1974. 15 s. |
| 10 | 1968 | Reijo Heinonen, Åke Huhtapalo: Besvarade och obesvarade frågor om radmyllning av kvävegödsel. 13 s. | 42 | 1976 | Inge Håkansson: Elva försök med alvlockring och djupplöjning i Syd- och Västsverige 1964–1975. 35 s. <i>Eleven Swedish field experiments with subsoiling and deep ploughing 1964–1975.</i> |
| 11 | 1968 | Lennart Fergedal: Försök med jordpackning vid olika tidpunkter på våren. År 1967. 9 s. | 43 | 1976 | Peter Edling: Redskap och intensitet vid vårbruk till potatis. Resultat av 11 försök i Norrland 1965–1969. 10 s. <i>Eleven experiments in northern Sweden with spring tillage for potatoes.</i> |
| 12 | 1968 | Nils M. Nilsson, Lennart Henriksson: Alvlockningsförsök 1937–1963. 32 s. | 44 | 1976 | Göran Kritz: Såbäddens utformning på vårsådda fält III. Stickprovsundersökning 1969–72. Primärdata för 300 provplatser. 76 s. <i>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.</i> |
| 13 | 1968 | Reijo Heinonen: Tidig vårsådd. Växtfysiologiska och ekologiska synpunkter på aktuella tendenser i såbäddsberedning och sådd av vårstråsådd. 19 s. | 45 | 1976 | PROCEEDINGS of the 7th Conference of the International Soil Tillage Research Organization, ISTRO. |
| 14 | 1968 | Erik Jakobsson: Plöjningsförsök med olika tiltbredder och vändskiveformer. 10 s. | 46 | 1976 | Inge Håkansson, József von Polgár: Modellförsök med såbäddens funktion. I. Såbädden som skydd mot avdunstning. 52 s. <i>Model experiments into the function of the seedbed. I. The seedbed as a protective layer against drought.</i> |
| 15 | 1968 | Lennart Henriksson: Försök med grund plöjning. 9 s. | 47 | 1976 | Lars Gunnar Nilsson: Texturanalys och jordartsklassifikation. Rapport från ett NJF-symposium i Uppsala 1976-03-09. 26 s. |
| 16 | 1968 | Stig Ledin: Olika halmnedbrukningsmetoders verkan på kvickrot och på några fröogräs. 21 s. | 48 | 1976 | Inge Håkansson: Olika grödors känslighet för packningsgraden i matjorden. Två försök med vallväxter 1971–74. 17 s. <i>The sensitivity of different crops to the degree of compactness in the plough layer. Two field experiments with forage crops 1971–74.</i> |
| 17 | 1969 | Inge Håkansson, Börje Gillberg: Lufttrycket i traktordäcken under fältarbeten. En stickprovsundersökning hösten 1968. 32 s. <i>Investigation into the inflation pressure of the tires of Swedish tractors engaged in field work.</i> | 49 | 1976 | Göran Kritz: Såbäddens utformning på vårsådda fält IV. Stickprovsundersökning 1969–72. En översiktlig studie av några viktiga faktorer. 33 s. <i>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.</i> |
| 18 | 1969 | Göte Bertilsson: Studier över tryckets markpåverkan. 67 s. | 50 | 1977 | Såbäddsberedning och sådd. Uppsatser presenterade vid Lantbrukshögskolans försöksledarmöte 1977. |
| 19 | 1969 | Peter Edling, Nils M. Nilsson, Inge Håkansson: Sju skånska försök med alvlockring och djupplöjning 1964–68. 26 s. <i>Seven experiments with subsoiling and deep ploughing in Southwestern Sweden 1964–68.</i> | 51 | 1977 | Lennart Henriksson: Stubbearbetningsredskapens arbetsresultat med hänsyn till mark- och halmförhållandena. 32 s. <i>The results given by implements for stubble cleaning with regard to different soil- and straw conditions.</i> |
| 20 | 1969 | Bengt Reimersson, Gunnar Falk: Försök på Persbo gård 1968 med minskad jordpackning. 8 s. <i>A field experiment with reduced soil compaction on a clay soil.</i> | | | |
| 21 | 1970 | Lennart Henriksson: Olika redskapstyper för stubbearbetning. Jämförelser av arbetssätt och arbetsresultat. 19 s. <i>Different types of implements for stubblecultivation. A study of working methods and working results.</i> | | | |
| 22 | 1970 | Inge Håkansson, Lennart Fergedal: Försök med jordpackningens ackumulativa efterverkningar. Preliminär redogörelse. 21 s. <i>Experiments with the accumulative after-effects of soil compaction. Preliminary report.</i> | | | |
| 23 | 1971 | Göran Kritz, Inge Håkansson: Såbäddens utformning på vårsådda fält. Stickprovsundersökning 1969–70. 43 s. <i>Investigation into seedbed preparation and properties of the seedbed on spring sown fields in Sweden, 1969–1970.</i> | | | |
| 24 | 1971 | Lennart Henriksson: Tilljämning av plogtiltan på hösten. Försök med höstharvning och tillsatsredskap till plogen. 68 s. | | | |
| 25 | 1971 | Ann Pettersson: Nya redskap för gödselplacering och sådd. 50 s. | | | |
| 26 | 1971 | Lennart Fergedal: Jordpackning med traktor vid olika tider för vårsådd. 140 s. | | | |
| 27 | 1971 | Göran Kritz: Jordbearbetningsforskning i Europa. Rapport från en studieresa. 16 s. | | | |
| 28 | 1972 | Helmut Frese: Zur Frage spezialisierter oder interdisziplinärer Forschung am Boden. 15 s. | | | |
| 29 | 1972 | Inge Håkansson, Sven Alvelid: Två försök i Kalmar län med halmnedplöjning för att minska vinderosionen. 4 s. | | | |
| 30 | 1972 | Ann Pettersson, Sten Wikström: Inledande undersökningar om radmyllning till potatis. 50 s. | | | |
| 31 | 1972 | Peter Edling, Lennart Fergedal: Modellförsök med jordpackning 1968–69. 71 s. | | | |
| 32 | 1973 | Åke Huhtapalo, Ann Wikström, Sten Wikström: Försök med kombisåmaskiner 1971–72. 46 s. | | | |

UDK:nr 631.431.7

Sveriges Lantbruksuniversitet, 750 07 UPPSALA
Institutionen för markvetenskap
Rapporter från jordbearbetningsavdelningen
Nr 57, 1979
ISBN 91-576-0228-X

Inge Håkansson:

FÖRSÖK MED JORDPACKNING VID HÖG AXELBELASTNING. MARKUNDERSÖKNINGAR
1-2 ÅR EFTER FÖRSÖKENS ANLÄGGANDE.

*EXPERIMENTS WITH SOIL COMPACTION AT HIGH AXLE LOAD. SOIL
INVESTIGATIONS 1-2 YEARS AFTER THE EXPERIMENTAL COMPACTION.*

| <u>Innehållsförteckning:</u> | sid |
|---|-----|
| Inledning | 2. |
| Försöksplan. Försökens skötsel | 3. |
| Försöksplatser. Tidpunkter för anläggningen | 3. |
| Markundersökningar hösten 1978 | 5. |
| Resultat av markundersökningarna | 6. |
| Avkastningsresultat | 6. |
| Några observationer på Ljungs säteri 1975 | 10. |
| Diskussion | 11. |
| Sammanfattning | 12. |
| Summary | 13. |
| Litteratur | 15. |

Delrapport över försöksprojekt R2-P21,
jordpackningens långtidsverkningar, försök
enligt plan R2-7107, jordpackning vid hög
axelbelastning.

Projektledare: Inge Håkansson.

INLEDNING

Storleken på de maskiner, som används i jordbrukets fältarbeten och fälttransporter, har hittills successivt ökat och ökningen fortsätter. Maskinerna åstadkommer en betydande jordpackning, vilken i huvudsak har negativ inverkan på markens egenskaper och på grödornas avkastning. Plöjning kan dock lämna matjorden i ett alltför luckert tillstånd och då kan en måttlig återpackning vara positiv.

I Sverige har under de senaste 20 åren ganska mycket arbete lagts ned på forskning och försöksverksamhet rörande jordpackning. Resultaten t o m år 1973 sammanfattades i en rapport av Eriksson, Håkansson & Danfors (1974). I denna anfördes att så länge axelbelastningarna är måttliga, är packningen i huvudsak lokaliserad till markens övre lager, matjorden och alvens allra översta del. De avkastningsförsök, som redovisades, hade tagit sikte på packningen i matjorden. Med ökande axelbelastning kommer emellertid packningen att nå allt djupare ned i marken. Att så är fallet framgår av allmän erfarenhet och av teoretiska beräkning (Eriksson 1976), likaså av de mätningar av rörelserna i alven vid körning med olika axelbelastningar, som redovisades i ovan nämnda sammanfattande rapport samt i en rapport av Danfors (1974). Eriksson (1976) undersökte marken på ett militärt övningsfält, som sedan ett trettio år befarits intensivt med bandfordon med upp till 50 tons totalvikt och hjulfordon med upp till 20 tons totalvikt. Han fann packningsverknningar ner till närmare 100 cm djup i marken. I nivån 0-50 cm var packningen mycket påtaglig.

Enligt Eriksson, Håkansson & Danfors (1974) riskerar man vid axelbelastning över 6 ton (på boggie 8 ton) att få packning ner till 50 cm djup i marken. På detta djup antogs packningsverknningarna bli bestående mycket länge, "sannolikt under minst en jordbrukaregeneration". Dittills hade inga avkastningsförsök utförts med körning med mycket höga axelbelastningar. Det var därför osäkert både hur länge packningsverknningar i alven består och vilka avkastningseffekter de ger.

I och med att axelbelastningarna på maskiner och transportfordon fortsätter att öka, har frågan uppstått, om detta bör få fortsätta eller om man bör sätta någon axelbelastningsgräns för åkermark. Sätter man inte någon speciell gräns, är det troligt att den gräns, som gäller för de större allmänna vägarna (10 ton på enkel axel, 16 ton på boggie), i praktiken slår igenom som en övre gräns också för åkermark.

Då frågan om en axelbelastningsgräns har stor praktisk betydelse, ansågs det motiverat att genomföra ett antal avkastningsförsök för att belysa densamma. Under åren 1976--78 startade därför försöksavdelningen för jordbearbetning en serie på nio sådana försök. Försöksmässig körning gjordes med ett transportfordon, som hade den för de allmänna vägarna maximalt tillåtna axelbelastningen. Försöksmässig skörd är planerad att göras under ett tiotal år. Försöksplanen omfattade dessutom markundersökningar, dels något år efter försökens start dels under försöksperiodens senare del.

I föreliggande rapport redovisas resultaten av markundersökningarna strax efter försökens anläggning. Dessutom redovisas de hittills erhållna avkastningsresultaten. Försöken har dock ännu gått för kort tid, för att man skall kunna fästa något större avseende vid avkastningsresultaten.

FÖRSÖKSPLAN. FÖRSÖKENS SKÖTSEL

Den försöksmässiga körningen utfördes vid försökens anläggande och upprepas ej. Körningen gjordes i samtliga fall med en dumper av märket Volvo BM 860, vilken har en enkel axel fram och boggie bak. Däcksdimensionen är 18,00 x 25" fram och 16,00 x 24" bak. I något av försöken hade den använda dumpern däcksdimensionen 20,5 x 25" på bakhjulen. Ringtrycket var ca. 300 kPa. Vid körningen var dumpern lastad så att den hade en bruttovikt på 26 ton, varav 10 ton på framaxeln och 16 ton på boggien. Körningen gjordes sent på hösten eller tidigt på våren, då alven var vattenmättad men tjälfri. Följande fyra försöksled ingick (försöksplan R2-7107):

- A. Ingen körning.
- B. Ett körspår per försöksruta.
- C. Försöksrutornas yta täckt av spår en gång.
- D. Försöksrutornas yta täckt av spår fyra gånger.

Varje försök omfattar 6 randomiserade block, totalt 24 försöksrutor. Individuell randomisering för varje försök. Bruttoreutan är 5 x 20 m, skörderutans bredd är ca 2 m.

I försöksled B lades kördraget så, att det ena hjulspåret gick i bruttoreutans mitt och ingår i skörderutan. I försöksled C påbörjades körningen ca 0,5 m från ena kanten av bruttoreutan. Därefter kördes flera drag med en spårbredds sidoförskjutning, tills hela utrymmet mellan det första kördragets spår blev utfyllt. För detta åtgick totalt 4 eller 5 kördrag. Den spårbelagda ytans bredd blev då drygt 4 m. I led D gjordes körningen på samma sätt som i led C men upprepades fyra gånger.

Efter den försöksmässiga körningen sköts hela försöken ensartat och på ett för praktiskt jordbruk normalt sätt. Gröda, gödsling o d är vanligen lika som på resp fält i övrigt. I vissa av försöken har brukningen överlåtits åt försöksvärden. Där detta av försöksmässiga skäl ej är lämpligt, sköts försöken av försökspatrullen. En belastningsgräns har satts upp för maskiner och fordon, nämligen 4 ton på enkel axel och 7 ton på boggie.

I de flesta fall plöjdes försöken direkt efter den försöksmässiga körningen för att packningsverkningsarna i matjorden så långt möjligt skulle elimineras. I några av försöken kunde detta ej göras. Dessa försök blev därför endast ytligt bearbetade före första försöksgrödan.

FÖRSÖKSPLATSER. TIDPUNKTER FÖR ANLÄGGNINGEN

Hösten 1975 togs nio försöksplatser ut, tre i vardera Kristianstads, Skaraborgs och Uppsala län. Av försöksplatserna krävdes, att grödornas rötter normalt skulle kunna gå ner i alven. I övrigt eftersträvades så olika jordar som möjligt på de olika försöksplatserna.

Efter uttagningen av försöksplatserna skulle den försöksmässiga körningen utföras så snart marken var vattenmättad. Hösten och vintern 1975--76 blev emellertid ovanligt torr och samma sak inträffade det följande året. Det dröjde därför ända till hösten 1978, innan körningen var gjord på samtliga försök. I tabell 1 lämnas en del uppgifter om de enskilda försöken.

Tabell 1. Uppgifter om försökens läge, jordarter, datum för försöksmässig körning m m.

Data on individual experiments.

| Län | Försök nr <i>Exp no</i> | Försöksplats <i>Place</i> | Koordinater ¹⁾ <i>Locality</i> | Jordart ²⁾ <i>Particle size distribution</i> ²⁾ | | | Datum för körning <i>Date of compaction</i> | Anm <i>Note</i> |
|-----|----------------------------|------------------------------|--|---|-------------------------------|-------------------------------|--|--------------------|
| | | | | 0-20 cm | 20-40 cm | 40-70 cm | | |
| L | Ug 203/76 | Ugerup | 6205750/1394450 | 2,7: 6-4-28-60 | Lerig moränsand ¹⁾ | <i>Sandy loam</i> | 76-04-09 | 3) |
| L | Ug 204/77 | Helgagården | 6213400/1390900 | 3,8:10-10-48-28 | 10-9-40-41 | 10-9-45-36 ⁵⁾ | 77-04-20 | |
| L | Ug 205/77 | Önnestad | 6216950/1388300 | 4,4:31-27-34-4 ⁶⁾ | 29-41-28-1 ⁶⁾ | 29-50-20-1 | 77-04-20 | 4) |
| R | R 202/77 | Viken | 6450650/1370350 | 6,7:20-15-40-18 | 2,0:13-17-41-28 ⁷⁾ | 2,6:13-25-39-20 ⁷⁾ | 77-11-02 | 3) |
| R | R 203/78 | Stensfält | 6504050/1398200 | Mycket styv lera <i>Heavy clay (≥70 % clay)</i> | | | 78-12-07 | |
| R | R 204/77 | Finneboden | 6494650/1342950 | 2,7:29-27-37-5 | 48-23-26-2 | 54-25-20-1 | 77-11-01 | |
| C | Ul 155/76 | Nygård | 6692550/1590650 | 15,2:18-20-40-7 | 27-63-10-0 | 16-60-25-0 | 76-10-18 | |
| C | Ul 156/76 | Ultuna | 6633700/1603300 | 5,0:55-24-13-3 | 1,1:63-25-9-2 | 60-26-14-1 | 76-12-17 | 4) |
| C | Ul 157/76 | Kungsängen | 6636950/1605450 | 3,8:45-28-23-1 | 1,0:48-30-20-2 | 1,0:49-30-18-2 | 76-12-17 | 4) |

1) Koordinater enligt det system, som används på ekonomiska kartan.

2) Mull: ler-mjåla-mo-sand. *Org. cont: Clay-silt-fine sand-sand (limits 0.002, 0.02 and 0.2 mm resp.)*

3) Moränjord. *Morainic till with stones.*

4) Ej plöjning mellan den försöksmässiga körningen och första försöksgrödan. *Only shallow cultivation between the experimental compaction and the first experimental crop.*

5) 40-60 cm.

6) 0-25 cm resp 32-40 cm.

7) 20-30 cm resp 30-50 cm.

1) Large variations, but as an average, a composition similar to that of the 0-20 cm layer, except the humus content.

MARKUNDERSÖKNINGAR HÖSTEN 1978

Enligt försöksplanen skulle markundersökningar utföras något år efter försökens start. Dessa kom till stånd under september-november 1978. Syftet var ganska begränsat, nämligen att se, om det strax efter de försöksmässiga körningarna gick att påvisa någon packning i alven och i så fall i vilka nivåer. Avsikten var däremot inte att mera detaljerat klargöra, hur jordens odlingsegenskaper påverkats. En sådan målsättning hade varit alltför omfattande. Endast sådana mätningar och provtagningar företogs, som relativt lätt kunde genomföras med de medel som stod till förfogande.

Tidigare erfarenheter visade, att man kunde förvänta packningsverknin-
ningar vid de använda belastningarna till högst ca 60 cm djup. Mät-
ningar och provtagningar begränsades därför till detta djup. I de
flesta fall begränsades de också till A- och D-leden. Följande mät-
ningar och provtagningar utfördes.

Volymviktsmätning gjordes i lagren 30-45 cm och 45-60 cm med 0,5 m²
plåtram enligt Håkansson (1976). I varje försök utfördes mätning i
ett par av intill varandra liggande A- och D-rutor med ett avstånd
mellan mätytorna på ca 3 m. Två mätningar gjordes i var och en av
rutorna. Dessa gjordes dock alldeles intill varandra och är inte
oberoende upprepningar. I stället kan båda tillsammans betraktas som
en mätning med ytan 1 m². Statistisk bearbetning har därför endast
kunnat göras för hela försöksserien.

Avsugningsbestämningar gjordes vid de vattenavförande trycken 1 och 10
m.v.p. på jordprover i naturlig lagring uttagna med 10 cm provtagnings-
cylindrar. Två parallellprover togs i lagren 32-42 cm och 47-57 cm i
samma A- och D- rutor, där volymviktsmätning gjordes.

Vingborrmätning gjordes i samtliga A-, C- och D-rutor med minst 3
mätningar i varje ruta fördelade över ytan. Dessa gjordes med ett
vingborr enligt Schaffer (1967) med fyra vingar med höjden 10 cm och
med bredden 2,5 cm från centrum räknat. Mätningen tillgår så, att
vingborret drivs ner till det önskade mätdjupet, varefter det vrids
med en momentnyckel tills brott uppstår i marken. Det maximala vrid-
momentet avläses och är ett relativt mått på jordens hållfasthet.
Mätdjupet var 35-45 cm.

Uttagning av snitt. I par av intill varandra liggande A- och D-rutor
uttogs med provtagningslådor av plåt enligt Andersson (1954) dels
vertikala snitt 0-60 cm dels horisontella snitt med snittytorna på
djupet 40 cm. Dessa preparerades i färskt tillstånd med tanke på struk-
turtillståndet i jorden och fotograferades. Därefter fick de luft-
torka vid rumstemperatur för att jordens krympning skulle kunna iaktas,
varefter de åter fotograferades.

Markundersökningarna utfördes endast i sex av försöken. I ett av de
övriga försöken var de försöksmässiga körningarna ännu inte utförda,
när undersökningarna gjordes. I två utgjordes alven av stenig morän-
jord, som skulle ha givit mycket stora mättekniska svårigheter.

Vid undersökningarnas genomförande rådde synnerligen lämpliga förhållan-
den. Framförallt vingborrmätningarna men även övriga mätningar och
provtagningar fordrar, att fuktighetssituationen är densamma i de olika
försöksleden. År 1978 var nederbörden hög under augusti och början av
september, varför jorden då blev helt vattenmättad. Därefter blev
det torrt väder och ev överskottsvatten hade god tid att dränera bort,
innan undersökningarna gjordes.

RESULTAT AV MARKUNDERSÖKNINGARNA

I tabell 2 redovisas resultaten av volymvikts- och vingbormätningarna. I nivån 30-45 cm erhöles i flertalet försök högre volymviktsvärde i led D än i led A. I ett av försöken erhöles samma värde men detta är antagligen orsakat av slumpen, då andra mätningar och provtagningar visar på packning i alven också i detta försök. I genomsnitt för samtliga försök var volymvikten i led D 1,35 och i led A 1,47. Skillnaden mellan leden är statistiskt signifikant.

I nivån 45-60 cm var skillnaden i volymvikt mellan leden mindre och ej statistiskt signifikant. Dock hade även här led D i genomsnitt något högre volymvikt än led A. I två av försöken gick resultaten i motsatt riktning men detta får anses bero på jordens heterogenitet på försöksplatserna.

Avsugningsmätningarna visade som väntat i genomsnitt mycket små och statistiskt ej signifikanta skillnader mellan försöksleden, när vattenhalten uttrycks i viktprocent. Värdena har ej medtagits. Resultaten visar, att packningen endast påverkat det grövsta porsystemet.

Vingbormätningarna gav i samtliga fall statistiskt säkra eller mycket säkra skillnader mellan leden. Led C visade i samtliga fall högre värde än led A och led D högre än led C. I genomsnitt var differensen mellan D och C nästan dubbelt så stor som mellan C och A. Detta visar, att packningsverkningsarna även vid upprepad körning är betydande men inte fullt så stora som vid första körningen.

Vid grävningarna märktes i samtliga försök tydliga skillnader mellan A- och D-leden. I D-ledet var jorden mera kompakt och svårare att gräva i än i A-ledet. Strukturen var grövre. Detta gällde framförallt i nivån 30-40cm, men även därunder ner till drygt 50 cm djup kunde skillnader iakttas. Dessa observationer stämmer väl med mätresultaten.

Skillnader framträdde också i de uttagna snitten framförallt i horisontalsnitten. Figur 1 visar ett typiskt exempel med fotografier av ett par av horisontalsnitt från 40 cm djup i färskt tillstånd samt efter torkning. I snittet från D-ledet är strukturen grövre och jorden ger ett mera kompakt intryck. Frekvensen av maskkanaler är något lägre. Vid torkningen krympte snittet från D-ledet som en sammanhållen enhet, varför stora sprickor uppstod mellan jorden och provtagningslådans vägg. I snittet från A-ledet skedde krympningen i större utsträckning inom de enskilda aggregaten och sprickorna mellan dess vidgades. Sprickorna mellan jorden och lådans vägg blev därför mindre. Liknande iakttagelser gjordes i flertalet av de uttagna snittparen men p g av jordvariationerna finns det par som avviker.

Iakttagelsen om krympningen visar, att körningen åstadkommit en sammanpressning av aggregaten mot varandra, så att en del av sprickorna mellan aggregaten minskat i vidd eller försvunnit. Likaså har en del av maskkanalerna, särskilt de mindre, tryckts samman ner till ett djup av minst 40 cm.

AVKASTNINGRESULTAT.

I tabell 3 ges en översikt över de hittills erhållna avkastningsresultat.

Tabell 2. Resultat av volymviktsbestämningar och vingborrmätningar hösten 1978.
Results of bulk density determinations and vane borer measurements 1978.

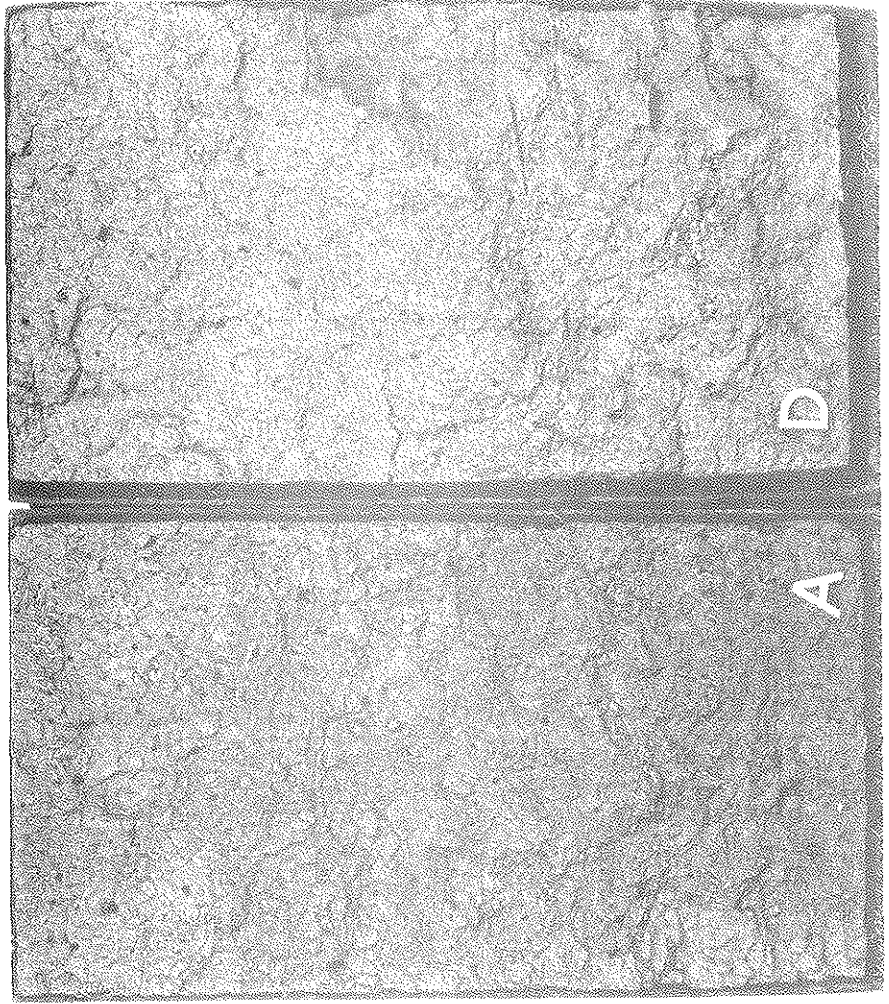
Notes.
1982

| Försök Experiment | Mät datum Date of measure- ments | Volymvikt, g/cm ³ 30-45 cm | | | | Bulk density, g/cm ³ 45-60 cm | | | | Vingborrmätning Vane borer measure- ments 35-45 cm, vrid- moment i Nm turning moment in Nm | | | | |
|------------------------|---|--|------|-------|------|---|------|-------|------|--|-----|-------|------|------|
| | | Led A | | Led D | | Led A | | Led D | | Led A | | Led D | | Sign |
| | | | | | | | | | | | | | | |
| Ug 204/77 | Helgagården | 78-11-20 | 1.71 | 1.83 | 1.58 | 1.65 | 43.9 | 45.3 | 57.5 | 57.5 | *** | 1,31 | 1,37 | |
| Ug 205/77 | Önnestad | 78-11-22 | 1.63 | 1.65 | 1.63 | 1.61 | 67.2 | 71.7 | 75.6 | 75.6 | ** | 1,13 | 1,02 | |
| R 204/77 | Finneboden | 78-10-24 | 1.53 | 1.61 | 1.49 | 1.53 | 84.2 | 88.3 | 92.8 | 92.8 | ** | 1,10 | 1,21 | D |
| U1 155/76 | Nygård | 78-10-06 | 1.49 | 1.52 | 1.49 | 1.50 | 64.2 | 69.2 | 74.4 | 74.4 | *** | 1,16 | 1,08 | A |
| U1 156/76 | Ultuna | 78-09-25 | 1.32 | 1.32 | 1.34 | 1.30 | 65.4 | 67.9 | 73.3 | 73.3 | * | 1,20 | 1,11 | |
| U1 157/76 | Kungsängen | 78-09-20 | 1.14 | 1.22 | 0.95 | 1.03 | 43.8 | 50.1 | 55.9 | 55.9 | *** | 1,28 | 1,34 | |
| Medeltal ¹⁾ | Average ¹⁾ | | 1.47 | 1.53 | 1.42 | 1.44 | 61.5 | 65.4 | 71.6 | 71.6 | *** | | | |

1) Skillnaden i volymvikt mellan leden är statistiskt signifikant ($P \geq 0.95$) i nivån 30-45 cm men ej i nivån 45-60 cm (gäller medeltalet).
The difference between the treatments in average bulk density is statistically significant ($P \geq 0.95$) in the 30-45 cm layer but not in the 45-60 cm layer.

1) The vane shear measurements show that the D-treatment is more compact than the A-treatment. The determinations of bulk density are made without replicates.

cm
45
40
35
30
25
20
15
10
5
0



Figur 1. Horisontalsnitt uttagna 1978-09-20 på 40 cm djup i försöksled A (ruta 10) och i försöksled D (ruta 9) i försök U1 157/76, Kungsängen. Samma snitt är fotograferade dels i färskt tillstånd (till vänster) dels efter lufttorkning (till höger). I snittet från D-ledet är jorden mera kompakt än i snittet från A-ledet. Antalet maskkanaler är något mindre. Vid torkningen uppstod större sprickor mellan jorden och provtagningslådans vägg i D-ledet än i A-ledet.

Figure 1. Horizontal sections taken out on 1978-09-20 at a depth of 40 cm in treatment A (plot 10) and treatment D (plot 9) in experiment U1 157/76, Kungsängen. The same sections are photographed fresh (to the left) and after air drying (to the right). The soil is more compact in treatment D than in treatment A and the number of earthworm holes is somewhat lower. During the drying broader cracks appeared between the soil and the edges of the sampling boxes in treatment D than in treatment A.

Tabell 3. Avkastningsresultat i kg/ha (15 % vattenhalt) resp i relativtal.
Crop yield in kg/ha (at 15 per cent moisture content) or in relative numbers.

| Försök | År 1 Year 1 | | | | År 2 Year 2 | | | | År 3 Year 3 | | | | | | |
|-----------------------|-------------|---------------------|---------|--------------|-------------|--------------|----------------------|--------------|-------------|--------------|-----------|--------------|---------|--------------|-----|
| | Gröda A | | Gröda B | | Gröda C | | Gröda D | | Gröda A | | Gröda B | | Gröda C | | |
| | kg/ha | rel. numbers | kg/ha | rel. numbers | kg/ha | rel. numbers | kg/ha | rel. numbers | kg/ha | rel. numbers | kg/ha | rel. numbers | kg/ha | rel. numbers | |
| Ug 203/76 Ugerup | Potatis | 5.200 ¹⁾ | 100 | 101 | 110 | Korn | 3.760 | 102 | 102 | 101 | Korn | 3.630 | 101 | 110 | 99 |
| Ug 204/77 Heigagården | Korn | 3.700 | 102 | 85 | 69 | Socketerb | 10.350 ²⁾ | 99 | 103 | 103 | Socketerb | 10.350 | 100 | 101 | 94 |
| Ug 205/77 Önnestad | Socketerb | Ej skörd | | | | Åkerb | 4.950 | 98 | 92 | 85 | | | | | |
| R 202/77 Viken | Havre | 4.420 | 91 | 98 | 103 | | | | | | | | | | |
| R 204/77 Finneboden | Korn | 5.230 | 93 | 79 | 67 | Ärnysås | 2.400 | 102 | 92 | 96 | | | | | |
| U1 155/76 Nygård | Korn | 4.170 | 93 | 93 | 88 | Havre | 5.850 | 101 | 105 | 103 | Korn | 4.160 | 102 | 101 | 105 |
| U1 156/76 Ultuna | Korn | 4.680 | 96 | 89 | 80 | Havre | 5.650 | 96 | 98 | 92 | Korn | 4.210 | 99 | 98 | 91 |
| U1 157/76 Kungsängen | Havre | 5.030 | 103 | 93 | 78 | Korn | 4.810 | 99 | 94 | 90 | Korn | 5.110 | 99 | 94 | 85 |
| Medeltal | | 100 | 97 | 91 | 85 | | 100 | 99 | 99 | 96 | | 100 | 100 | 102 | 96 |

1) Torrsubstans Dry matter

2) Socketerskörd Sugar

3) Potatis= potatoes, Korn= barley, Socketerb= sugar beets
 Havre= oats, Åkerb= field beans

taten. Försöksutslagen varlerar ganska mycket mellan de enskilda försöken. En del av variationen beror givetvis på slumpen men det finns också stora reella skillnader.

I medeltal har i de hittills skördade försöken en avkastningssänkning i leden B, C och D på 3, 9 resp 15 procent erhållits första skördeåret och 1, 1 resp 4 procent andra skördeåret. Som tidigare nämnts är avsikten med försöken att studera packningen i alven vid körning med hög axelbelastning och betydelsen härav för grödan. Körningen orsakar emellertid packning också i matjorden och enligt tidigare försöksresultat (Eriksson, Håkansson & Danfors, 1974) tar det några år innan effekterna av denna har ebbat ut. Första skördeåret torde avkastningseffekterna till övervägande del bero på packningen i matjorden och även andra året bör denna ha rätt stor betydelse. Först tredje året kan man anta, att packningen i alven har det dominerande inflytandet på skördeutslagen. Det är därför för tidigt att dra några slutsatser om alvpackningens betydelse för grödan. Av allt att döma kommer dock avkastningssänkningen i fortsättningen även i led D att stanna vid några få procent.

NÅGRA OBSERVATIONER PÅ LJUNGS SÄTERI 1975.

I detta sammanhang kan omnämnas resultaten av en markundersökning på Ljungs säteri i Östergötland, vilken belyser varaktigheten av en packning i alven. Vintern 1966-67 hade där en större vattenledning byggts med användande av tunga maskiner och transportfordon. Flera av dessa hade enligt uppgift samma tyngd och axelbelastningar som de, som använts i de ovan beskrivna försöken. I ett körområde längs ledningen hade körningarna varit mycket intensiva, åtminstone i delar av körområdet betydligt intensivare än i försöken. Körningarna hade gjorts, när marken var våt, varför det på många ställen bildats djupa spår.

En orienterande markundersökning gjordes hösten 1975, alltså nära nio år efter körningarna. Syftet med undersökningen var att se, om det efter denna tid gick att iaktta några kvarstående effekter av körningarna. Jorden var lera av varierande styvleksgrad.

Undersökningen gick till så att fem par av provgropar grävdes längs ledningen, en av groparna inom körområdet och en strax utanför det-samma. I groparna studerades markstrukturen okulärt. Dessutom uttogs med provtagningslådor av plåt horisontalsnitt med snittytorna på 47-50 cm djup. På detta djup syntes strukturskillnaderna tydligast.

Det visade sig, att strukturskillnader av samma slag som de i fig 1 illustrerade förekom i flertalet av de uttagna snittparen. Särskilt framträdande var skillnaden i krympning, när snitten torkade ut. I detta avseende var skillnaden i genomsnitt större än den var i snitten från försöken. Snitten fotograferades men av utrymmesskäl medtas inga bilder.

Observationerna och tolkningarna av dessa försvårades av att det förekom vissa jordartsskillnader inom paren. Dessutom var det inte dokumenterat, hur omfattande körningarna varit inom olika delar av körområdet. Slutomdömet om observationerna är ändå, att de visar på kvarstående struktureffekter i alven av samma typ som de, som iakttagits i försöken. Struktureffekterna var lättast iakttagbara i nivån 45-50 cm. Denna undersökning är sålunda ett starkt indicium på att packningsverkningar i alven kvarstår lång tid efter det att de uppstått.

DISKUSSION

Undersökningsresultaten visar helt klart, att körning med de i försöken använda axelbelastningarna orsakar packning i alven till minst 50 cm djup men att packningen är mest intensiv på ca 40 cm djup. På mindre djup är marken redan i förväg ofta rätt starkt packad genom tidigare körningar. Då axelbelastningarna vid dessa körningar i regel varit betydligt lägre, har packningsverkningarna inte sträckt sig så djupt.

Ju djupare ner i marken en packning uppstår, desto längre tid kan den förväntas bestå. Iakttagelserna på Ljungs säteri ger vid handen, att man måste befara mycket långvarig verkan, om man får packning under 40 cm djup. Ju djupare ner i marken man går, desto svårare blir det också att genom någon form av bearbetning åstadkomma en effektiv luckring. Under 40 cm djup är en effektiv luckring mycket besvärlig och dyrbar. Det synes därför motiverat att begränsa axelbelastningarna, så att man inte packar jorden under detta djup så starkt, att betydande avkastningssänkning erhålles eller luckring nödvändiggörs.

Eriksson, Håkansson & Danfors (1974) anförde, att man vid axelbelastningar över 6 ton får kvarstående packning till större djup än 40 cm. Detta påstående grundades på mätningar, som i vissa avseenden var något ofullständiga. Det har emellertid till fullo bekräftats av de här redovisade mätningarna och iakttagelserna. Om de packade leden i försöken i fortsättningen visar betydande avkastningssänkningar, så finns det därför stor anledning att ta upp frågan om en övre axelbelastningsgräns för åkermark. Avkastningssänkningarna p g av höga axelbelastningar måste då ställas mot de kostnader eller andra nackdelar, som en begränsning kan medföra.

Begränsning av axelbelastningen behöver inte nödvändigtvis vara det samma som en begränsning av totalvikten på maskiner och fordon. Ökande vikt kan givetvis kompenseras med flera axlar och hjul, så att lasten fördelas på flera understödspunkter.

I inledningen sades, att om man inte sätter upp någon speciell axelbelastningsgräns för åkermark, så är det troligt, att man i praktiken automatiskt får samma gräns, som gäller för de större allmänna vägarna. Detta skulle innebära 10 ton på enkel axel och 16 ton på boggie. Att sätta en speciell gräns för åkermark strax under dessa värden synes inte meningsfullt. Alternativen synes därför vara antingen att acceptera 10-tonsgränsen eller att sätta en speciell gräns vid högst 6 ton.

En sådan belastningsgräns kan givetvis inte få formen av ett förbud mot högre belastning. Om den skall införas bör den få formen av en kraftfull rekommendation, vilken utformas efter diskussioner mellan forskare, tongivande jordbrukare och representanter för maskinindustrin. När ytterligare ett eller två skördeår förflutit är det dags att ta upp sådana diskussioner, om skörderesultaten föranleder det. Redan är den gräns på 6 ton som ovan nämnts uppnådd i en hel del fall men än så länge överskriden endast i enstaka fall.

Eriksson, Håkansson & Danfors (1974) beräknade körmängderna i fältarbetena i tonkm och angav den normala årliga körmängden för åkermark till ca 100 tonkm per ha. Om man går över till större maskiner och fordon, är det möjligt, att antalet tonkm per ha ökar något men troligen inte särskilt mycket. I de försök, som redovisats ovan, motsvarade körmängden vid den försöksmässiga körningen i led B 60 å 70 tonkm per ha, i led C 250 å 300 tonkm per ha och i led D 1.000 å 1.200 tonkm per ha.

Går man över till maskiner av den i försöken använda storleken för ca hälften av fältarbetena, får man med dessa maskiner redan under ett år samma körmängd som i försökens led B. Under några år får man en sammanlagd körmängd som är lika med den i led C och under ett å två decennier en körmängd som är lika med den i led D. Resultaten i led C är därför aktuella, om packningserkningarna varar under några år, och resultaten i led D, om de varar under ett par decennier, vilket senare är det sannolikaste.

SAMMANFATTNING

Under åren 1976--78 lades en serie om nio försök med engångskörning med hög axelbelastning ut i Kristianstads, Skaraborgs och Uppsala län. Avsikten med försöken var att studera packningen i alven och betydelsen därav för grödan. Körningen gjordes med lastad dumper (totalvikt 26 ton, varav 10 ton på framaxeln och 16 ton på boggien bak). Försöken kommer att skördas under ett totalt år för bestämning av efterverkan. Försöksplanen var följande:

- A. Ingen körning.
- B. Ett körspår per försöksruta.
- C. Försöksrutornas yta täckt av spår en gång.
- D. Försöksrutornas yta täckt av spår fyra gånger.

Hösten 1978, 1-2 år efter försökens anläggning, undersöktes alven i sex av försöken för fastställande av ev packning. Därvid uttogs vertikala och horisontella marksnitt, likaså gjordes volymviktsbestämning samt bestämning av jordens hållfasthet med vingborr. Markundersökningarna visar klart, att körningen orsakat packning i alven till minst 50 cm djup men att packningen är mest intensiv på ca 40 cm djup.

I sammanhanget redovisas också en del observationer gjorda 1975 på Ljungs säteri i Östergötland. Här undersöktes alven nio år efter en intensiv körning med maskiner av samma tyngd som de i försöken använda. Packningsverkningsgränser var då fortfarande synliga, särskilt i nivån 45-50 cm. Får man packning i marken på detta djup, så är det således stor risk att denna kvarstår under mycket lång tid.

I försöken har körningen under första och andra skördeåren orsakat stora avkastningssänkningar. Under dessa år torde dock packningen i matjorden vara huvudsak till skördesänkningarna. Först tredje året kan man räkna med att packningsverkningsgränserna i matjorden ebbat ut så pass, att effekterna av alvpackningen dominerar. Framtiden får därför utvisa, dels hur stora avkastningseffekterna av en alvpackning blir, dels hur länge dessa består.

Om avkastningseffekterna i fortsättningen blir betydande, så finns det anledning att ta upp frågan om en axelbelastningsgräns för åkermark. Gör man inget, så är det troligt, att den gräns, som gäller för de större allmänna vägarna (10 ton på enkel axel, 16 ton på boggi), blir normgivande också för jordbruket. Om en lägre gräns på exempelvis 6 ton på enkel axel skall rekommenderas, så måste för- och nackdelar av en sådan noggrant diskuteras mellan representanter för forskningen, jordbruket och maskinindustrin.

SUMMARY

During the past twenty years a fairly large amount of experimental work on soil compaction has been carried out in Sweden. The results obtained up to 1973 were summarized by Eriksson, Håkansson & Danfors (1974). At that time many experiments concerning the crop yield response to compaction of the plough layer were carried out, but none concerning the response to compaction of the subsoil.

However, the size of the machinery used in agriculture is continuously increasing, which causes compaction to increasing depths. This has raised the question whether restrictions on the axle load should be recommended. Therefore new experiments with soil compaction at high axle load were started.

The previous experiments had shown that under Swedish conditions - with annual ploughing and frost penetration below ploughing depth nearly every winter - compaction of the plough layer disappears within a few years. The deeper the compaction, however, the longer the time that can be expected for the compaction to disappear by natural processes, and the more difficult is it to shatter the compaction by loosening the soil.

An example of the duration of compaction in the subsoil is given here. A field with clay soil was investigated in 1975. Machines weighing up to 30 tons had intensively trafficked one part of the field nine years earlier. Compaction could still be observed especially in the 45-50 cm horizon. This shows that compaction, if occurring at that depth, can remain for a very long time in spite of the recurrent cycles of freezing - thawing and drying - wetting.

In the authors opinion a restriction of the axle load should be made, so that no compaction causing significant yield decreases occurs deeper than 40 cm. Compaction below this depth can be supposed to remain for decades, and loosening is very difficult. The earlier work has shown that compaction below the 40 cm level can be expected, if the axle loads exceed 6 tons. It is not clear, however, to which extent the crop yield is influenced.

In Sweden there is already some traffic on arable fields with axle loads above 6 tons. On Swedish highways the maximum loads permitted are 10 tons on a single axle and 16 tons on a tandem-axle arrangement. It is supposed, for practical reasons, that the highway limits in most cases will also be adopted in agriculture, if special, lower limits are not recommended. Thus, for Swedish agriculture the choice seems to be either to accept the 10/16 tons limit or to introduce restrictions at, say 6 tons on a single axle and 10 tons on tandem-axles.

In order to examine more closely whether the 10/16 tons limit can be accepted, nine long-term field experiments were started in different parts of Sweden in 1976-1978. On the experimental sites the clay content in the subsoil ranged from below 10 to about 70 per cent (Table 1). At all sites the crop roots can normally penetrate the subsoil to more than 60 cm depth.

Experimental traffic was done only at the establishment of the experiments and is not repeated. A vehicle with a total weight of 26 tons was used, 10 tons on a single front axle and 16 tons on a rear tandem-axle arrangement. The traffic was done when the soil was at about field capacity. The experiments comprise the following treatments.

- A. No compaction
- B. One compaction track per harvest plot.
- C. The plot surface covered by tracks once.
- D. The plot surface covered by tracks four times.

The gross plot size is 5 x 20 m. The net harvest plots are 2 m wide. The experiments have 6 replicates in a randomized block design. They will be harvested for about ten years. After the experimental treatments each experiment is uniformly treated. Normal farming management is used. Maximum axle load following the initial compaction is 4 tons.

In six of the experiments the subsoil was examined in the autumn of 1978, 1-2 years after the experimental treatment, to investigate to what depth compaction was produced. The bulk density was determined in the 30-40 cm and 45-60 cm layers using a 0.5 m² steel frame according to Håkansson (1976). Relative values of the soil strength in the 35-45 cm layer were determined using a vane borer according to Schaffer (1967). Undisturbed soil cores were taken out in 10 cm sampling cylinders in the 33-43 cm and 47-57 cm layers for determining the moisture content at a matric tension of 1 and 10 m water column. Using steel sampling boxes according to Andersson (1954) horizontal soil sections from a depth of 40 cm were prepared in order to visualize the soil structure. In each experiment the bulk density determinations were made in one pair of adjacent A- and D-plots. The cylinder samples were taken out in duplicate in the same plots. Horizontal sections were taken out in two pairs of adjacent A- and D-plots. The vane borer determinations were made in triplicate in all A-, C- and D-plots.

The results (Table 2 and Fig 1) clearly show that the compaction reached a depth of at least 50 cm. The compaction was most obvious at a depth of about 40 cm.

The results of the determinations on the cylinder samples are not given in the table. As could be expected only very small (not statistically significant) differences in moisture content in per cent by weight were obtained. Thus, the compaction has only affected the coarsest pores.

The crop yield response in the years 1976-1978 is given in Table 3. During the first years, however, the effects can be supposed to depend mainly on the compaction of the plough layer (cf. Eriksson, Håkansson & Danfors 1974). It takes about three years before the compaction effects in the plough layer have faded out, so that the compaction of the subsoil can be regarded as the main cause of the crop yield effects. Another one or two years are therefore needed before this phase is reached in the different experiments, and a basis is obtained for a discussion whether the 10/16 tons weight limit can be accepted by Swedish farming. After that it will take many years more before a clear statement can be made concerning the duration of the crop yield effects of compaction in the subsoil.

LITTERATUR

- Andersson, S., Markfysikaliska undersökningar i odlad jord. VI. GRUNDFÖRBÄTTRING 7 (1954), s 35-56.
- Danfors, B., Packning i alven. JORDBRUKSTEKNISKA INSTITUTET. SPECIALMEDDELANDE NR S 24. 1974.
- Eriksson, J., Influence of extremely heavy traffic on clay soil. GRUNDFÖRBÄTTRING 27 (1976), s 33-51.
- Eriksson, J., Håkansson, I. & Danfors, B., Jordpackning-markstruktur-gröda. JORDBRUKSTEKNISKA INSTITUTET. MEDDELANDE NR 354. Uppsala 1974.
English translation 1975 by J. Kristian Aase, USDA-ARS,
The effect of soil compaction on soil structure and
crop yields.
- Håkansson, I., Demonstration av fält- och laboratoriemetodik för bestämning av packningsgraden i matjorden. SAMARBETS-ORGANISATIONEN FÖR FORDON-MARKFÖRSKNING. MEDDELANDE NR 19. Stockholm 1976. s 77-84.
- Schaffer, G., Determination of structure strength by measuring the shearing resistance. WEST EUROPEAN METHODS FOR SOIL STRUCTURE DETERMINATIONS. Ghent 1967. S VI, 4-5.

RAPPORTER FRÅN JORDBEARBETNINGSAVDELNINGEN

NR ÅR

- 52 1977 Arne Ljungars: Olika faktorerers betydelse för traktorernas jordpackningsverkan. Mätningar 1974-1976. 43 s.
Importance of different factors on soil compaction by tractors. Measurements in 1974-1976. 43 p.
- 53 1977 Inge Håkansson & Josef von Polgár: Modellförsök med såbäddens funktion. II Försök med skiktade och oskiktade såbäddar. 22 s.
Model experiments into the function of the seedbed. II Experiments with stratified and unstratified seedbeds. 22 p.
- 54 1978 Ulf Olsson: Harvningens konstruktion och harvningens utförande - inverkan på bearbetningsresultatet. 28 s.
Influence of harrow construction and harrowing on the tillage result. 28 p.
- 55 1978 Olle Wallbom & Kjell Wretler: Förekomsten av några viktiga växtskadegörare vid plöjningsfri odling. 29 s.
Occurrence of some important plant diseases on ploughless cereal cropping. 29 p.
- 56 1978 Åke Huhtapalo: Kombisådd av kväve och fosfor till vårsäd. 27 s.
Combi-drilling of nitrogen and phosphorus with spring cereals. 27 p.
- 57 1979 Inge Håkansson: Försök med jordpackning vid hög axelbelastning. Markundersökningar 1-2 år efter försökens anläggande. 15 s.
Experiments with soil compaction at high axle load. Soil investigations 1-2 years after the experimental compaction. 15 p.

Denna serie av stencilerade rapporter utges från Sveriges Lantbruksuniversitetets institution för markvetenskap, avdelningen för jordbearbetning. Serien utkommer i fri följd och innehåller material, som inte alls eller först i ett senare sammanhang ges ut i tryck. Som exempel kan nämnas preliminära undersökningsresultat och försökssammansättningar, primärmaterial och tabellbilagor till tryckta publikationer samt rapporter, meddelanden o. d., som av olika skäl vänder sig endast till en begränsad grupp av läsare. Serien finns tillgänglig vid avdelningen och kan i mån av tillgång erhållas därifrån.

Adress: Avdelningen för jordbearbetning, Sveriges Lantbruksuniversitet, 750 07 UPPSALA.

Vinjetten på första omslagssidan återger den s. k. Ultunaplogen, tillverkad på Ultuna slöjdverkstad omkring år 1850.