



SVERIGES
LANTBRUKSUNIVERSITET
UPPSALA

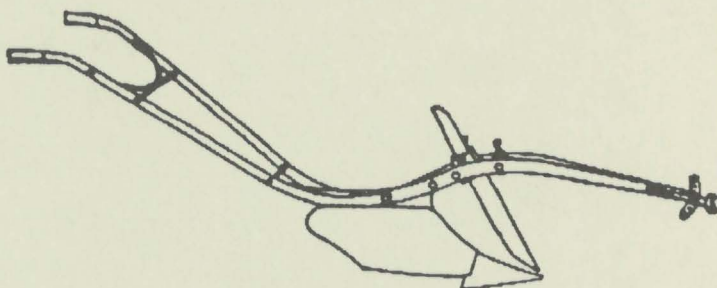
INSTITUTIONEN FÖR MARKVETENSKAP

MEDDELANDEN FRÅN JORDBEARBETNINGSAVDELNINGEN

Swedish University of Agricultural Sciences,
S-750 07 Uppsala

Department of Soil Sciences

Bulletins from the Division of Soil Management



Nr 12

1994

Anders Gustafsson

**TOTALINNEHÅLL OCH DJUPFÖRDELNING
AV ORGANISK SUBSTANS I MÅNGÅRIGA
PLÖJNINGSDJUPSFÖRSÖK**

Total content and vertical distribution of organic matter in long-term experiments with different ploughing depths.

ISSN 0348-0976

ISRN SLU-JB-M--12--SE

Sveriges lantbruksuniversitet
Institutionen för markvetenskap
Avdelningen för jordbearbetning

Meddelanden från jordbearbetningsavdelningen. Nr 12, 1994
ISSN 0348-0976
ISRN SLU-JB-M--12--SE

Anders Gustafsson

Totalinnehåll och djupfördelning av organisk substans i mångåriga plöjningsdjupsförsök

Total content and vertical distribution of organic matter in long-term experiments with different ploughing depths

Mätningar genomförda år 1993 i försök tillhöriga serien R2-4107, startade år 1978.

Examensarbete i jordbearbetning

Handledare: Inge Håkansson

Medel till denna undersökning har erhållits från Skogs- och Jordbrukets forskningsråd.

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

INNEHÅLLSFÖRTECKNING.....	3
ABSTRACT	4
INLEDNING.....	5
MATERIAL OCH METODER.....	10
Försöksplatser	10
Försöks- och fältplaner	10
Markfysikaliska undersökningar	11
Markkemiska undersökningar	12
RESULTAT.....	14
Skörderesultat	14
Markfysikaliska undersökningar	14
Markkemiska undersökningar.....	17
DISKUSSION	19
Markfysikaliska undersökningar	19
Markkemiska undersökningar.....	20
SAMMANFATTNING.....	22
LITTERATURFÖRTECKNING.....	23

ABSTRACT

In two long-term experiments (started in 1978) on clay loam soils each with four randomized blocks, four different ploughing depths had been compared during a fifteen year period on sites previously ploughed to a depth of about 25 cm. During the whole experimental period, fertilizing, crop residue management and other treatments had been equal for all ploughing depths. Deep ploughing had resulted in a few percent higher accumulated yields than shallow ploughing, probably because of higher weed infestation (*Elymus repens*, (L.) Gould) for shallow ploughing.

In two treatments (mouldboard ploughing to about 31 cm and 16 cm) an investigation was made in 1993 on bulk soil properties and penetration resistance and on concentration and total amount of organic matter and nitrogen. Depending on the ploughing depth used, sampling was done in two layers for deep ploughing and three layers for shallow ploughing. The first layer from the ground surface to present ploughing depth and the second layer (shallow ploughing) from present to previous ploughing depth. The bottom layer is a shallow transition layer between topsoil and subsoil.

Bulk density and degree of compactness were higher and porosity lower in deeper layers. There was a plough pan in both treatments but at different depths.

Total amount of organic matter in the soil was equal for both treatments, but the vertical distribution of organic matter differed between the ploughing depths.

The concentration of organic matter was about 0.5 % higher in the upper layer in shallow ploughing than in deep ploughing.

INLEDNING

Plog i vår nutida svenska betydelse har använts i ungefär 150 år i vårt land. Tidigare fick man nöja sig med den relativt grunda och ofullständiga bearbetning som man kunde uppnå med hjälp av årder eller tråplog. Sedan järnplogen började användas har plöjningsdjupet ökat allt mer. Under de senaste hundra åren har plöjningsdjupet mer än fördubblats. Orsakerna till det ökade plöjningsdjupet har varit flera.

Plogarna har förbättrats och dragkraftsresurserna har ökat. Men i dagens lantbruk går utvecklingen åter igen mot grundare bearbetning.

Skälen till det är flera. Kostnaderna i växtodlingen är höga och effektiviteten är högt uppskruvad. Det tar längre tid och krävs mera drivmedel att plöja djupt.

En djupare plöjning kan vara till fördel för växterna i de fall de då får tillgång till en större matjordsvolym för sin genomrotning. Men om alven är av sämre beskaffenhet än matjorden så kan en djupare plöjning rent av vara till skada för växten. Även om alven är av god kvalitet så minskar halten organiskt material vid ökat plöjningsdjup eftersom det organiska materialet och skörderesterna blir inblandade i en större jordvolym. Om man istället minskar plöjningsdjupet får man däremot efterhand en höjning av halten organiskt material i det grundare bearbetade matjordsskiktet, vilket är gynnsamt för strukturen (Kritz,1987).

Många forskare har undersökt och rapporterat om plöjningsdjupets effekt på skördarnas storlek. Ettåriga och långliggande försök här i landet visade på i stort sett samma skörd för grund (12 cm) och djup plöjning (20-25 cm), (Torstensson och Enge,1943 ; Henriksson, 1968). Annars har reducerad bearbetning givit allt ifrån större till mindre skörd jämfört med konventionell bearbetning (Comia et al.1991). Börressen (1993) fann att ett ökat plöjningsdjup gav högre skörd sett över flera år.

Så snart förnamaterial (halm) inblandats i marken påbörjas nedbrytningen och humifieringen av växtmaterialet genom en mängd olika organismer såsom insekter, maskar, protozoer, alger, svampar och bakterier. Markorganismernas bearbetning av förnan består till största delen av sönderdelning och oxidation. De lätt oxiderbara föreningarna oxideras först medan de mer stabila anrikas relativt sett.

Omvandlingsprocessen fortgår därför snabbt i början men sedan allt långsammare. Processen leder så småningom till enkla slutprodukter som koldioxid, vatten, ammoniak, vätesulfid och salter. Det är denna nedbrytning som är mineraliseringen. De frigjorda mineralämnena kan därefter åter upptas av växtrötterna.

Men dessutom assimileras en del av näringsämnen av mikroorganismerna, vilka i likhet med växterna också behöver mineralsalter. När bakterierna och svamparna sedan dör så införlivas deras celler åter med förnan och mineralämnena kommer åter i cirkulation (Wiklander, 1976).

Det organiska materialet är en oerhört betydelsefull beståndsdel i marken. Det lagrar viktiga näringsämnen, ökar katjonbyteskapaciteten, medverkar till att bygga upp markens struktur och ökar infiltrationen och vattenhållande förmågan. Det tjänstgör som en buffert mot pH förändringar och som energikälla för markmikroorganismerna (Stewart, 1993).

Den organiska substansen kan delas in i tre fraktioner beroende av dess stabilitet eller omsättbarhet. En fraktion består av mikroflora och färsk skörderester. Den andra fraktionen består av halvstabla humussubstanser och den tredje består av mycket stabla humussubstanser. Fraktionen med mikroflora och skörderester varierar både till storlek och kvalitet under året p.g.a stor variation i mängden växtrester. Den halvstabla humusfraktionens storlek och kvalitet påverkas av växtodlingsåtgärder som pågår under lång tid, kanske decennier. Den stabla humusfraktionen har en mycket lång omsättningstid, hundratals år och påverkas i liten utsträckning av människans odlingsystem (Geber, 1985).

Halm nedplöjd i jord med hög biologisk aktivitet kan brytas ned med ca 50 % redan under första månaden och efter två år kan mängden ha minskat till ca 15 % av den ursprungliga mängden. Vid "normal" halmmängd är detta tillskott till markens förråd av humus litet och höjer markens procentuella humushalt i matjorden endast med ca 0,02-0,03 % (Wiklander 1976).

En jords humusinhåll befinner sig i dynamisk jämvikt mellan tillförsel av växtmaterial och en mer eller mindre långsam nedbrytning. Hög temperatur, lagom fuktighet, god genomluftning och riklig näringstillgång stimulerar markmikroorganismernas verksamhet och sänker humushalten. I Sverige stiger humushalten från söder mot norr p.g.a fallande årsmedeltemperatur (Janson och Persson, 1982).

Heinonen (1982) anger att den optimala humushalten troligen är omkring 10 % i lerjordar och ett par procent lägre i sandjordar. Ännu högre humushalt skulle ytterligare förbättra strukturabiliteten (särskilt hos mjälarika jordar) och motståndskraften mot jordpackning (särskilt i styva lerjordar) men medför också vissa nackdelar.

En hög humushalt försämrar ytlagrets värmeledningsförmåga och värmekapacitet. Den höga humushalten ökar också nitrifikationen på sensommaren, vilket med all säkerhet leder till ökad kväveutlakning under vinterhalvåret.

I Norge känner man på platser med hög nederbörd och förhållandevis låg temperatur väl till hur ett alltför stort innehåll av organiskt material kan ställa till med problem. Den ökande mängden organiskt material minskar infiltrationen som i sin tur för med sig att ytvattnet får svårt att infiltrera vilket försvårar brukningen av marken. Detta är speciellt påtagligt när nederbörden är hög, temperaturen förhållandevis låg och jorden packad. Sådana klimatförhållanden sänker nedbrytningstakten av det organiska materialet vilket får till följd att det ackumuleras och bromsar vattenrörelserna (Haraldsen och Sveistrup, 1994).

I stort sett hela markens kväveförråd är bundet i den organiska marksubstansen, dvs i mullämnen, växtrester och markorganismer. Förrådets storlek hänger därför nära samman med jordens mullhalt. När färsk skörderester och annat organiskt material tillförs marken kan det inträffa att mikroorganismerna till en början lägger beslag på frigjort kväve för sitt eget behov, dvs för sin proteinuppbyggnad. I vilken utsträckning detta sker bestäms av hur mycket energi materialet innehåller i förhållande till kväveinnehållet. Det uttrycks med den så kallade kol-kvävekvoten eller med andra ord materialets innehåll av organiskt bundet kol dividerat med kväveinnehållet. Efter hand som organismerna utnyttjar energin i nedbrytningsprodukterna minskar samtidigt kol-kvävekvoten. När den sjunkit ner till ca 20 börjar mer kväve frigöras än vad mikroorganismerna själva behöver (Claesson och Steineck, 1991).

Den torra skrymdensiteten influeras av volymsrelationen mellan fast material och porer. Jordar med stor andel porer, hög porositet, har lägre skrymdensitet än jordar som är mer kompakta och har lägre porositet. Om porvolymen av någon anledning förändras så påverkar det samtidigt också skrymdensiteten. Fintexturerade jordar som exempelvis leror har i allmänhet något lägre skrymdensitet än sandjordar. Förklaringen är att leror har förmåga att bilda aggregat vilket höjer porositeten och sänker skrymdensiteten.

I sandjordar ligger sandpartiklarna nära varandra, vilket medför lägre porvolym och högre skrymdensitet (Soane 1990).

En hög markpackning leder till att skördarnas storlek och kvalitet minskar och effektåtgången vid jordbearbetning ökar. Det organiska materialet har förmåga att påverka jordens motståndskraft mot packning på flera sätt, bland annat genom

bindningskrafter mellan mineralpartiklar och inom aggregat, elasticitet och friktion. Det organiska materialet bildar ett kitt på mineralpartiklarnas ytor, vilket ökar partiklarnas möjlighet att bindas till varandra och bilda aggregat. Den organiska komponenten har också större elasticitet än vad mineralpartiklar har (Soane, 1990).

Det finns mycket skrivet om hur olika bearbetningssystem påverkar parametrar som skrymdensitet och porositet. Det är väl känt att vid en ytligare bearbetning så ökar skrymdensiteten och porositeten minskar i djupare skikt i matjorden, (Hill,1990).

Optimala värden för skrymdensiteter för en och samma gröda är olika för olika jordarter. Därför utvecklades begreppet packningsgrad (Håkansson,1990). Packningsgradens påverkan på grödans tillväxt är i stort sett oberoende av jordart, eller med andra ord samma värde för packningsgraden betyder ett jämförbart packningstillstånd i olika jordar.

En ökad halt organiskt material höjer porositeten och andelen stora porer. Porer större än 30 μm dräneras vanligen vid fältkapacitet. Dessa porer är viktiga för vattenrörelser, gasväxlingar och rotpenetrering.

Det är allmänt vedertaget att bearbetning reducerar mängden organiskt material. Bearbetningen påverkar både fördelningen i matjorden och nedbrytningen av det organiska materialet (Juma and Mc Gill, 1986; Smith et al., 1992).

Jordbearbetning ökar den mikrobiella aktiviteten som i sin tur medför en snabb oxidation av det organiska kolet. Detta är bl.a. ett resultat av fysisk nedbrytning av markaggregat som skapar nya ytor för mikroorganismer och ökar syresättningen i marken. En minskning i bearbetningsintensitet minskar förlusten av organiskt material jämfört med den konventionella bearbetningen. Minskad bearbetning sänker nedbrytningstakten både för det organiska material som är inblandat i matjorden och för växtresterna på ytan. Halm som hamnar på ytan bryts ner jämförelsevis långsamt därför att den biologiska aktiviteten där är låg. Bearbetning utsätter också det bearbetade skiktet för uttorkning i och med att "ny" jord vänds upp till ytan efter varje bearbetning. Efter varje sådan uttorkning får man, några dagar efter återfuktning av jorden, en explosion i biologisk aktivitet. Det beror på att uttorkningsprocessen frigör organiska föreningar från mineralpartiklarna så att mikroorganismerna lättare kommer åt att bryta ned de organiska föreningarna (Smith et al., 1992).

Den positiva effekten av minskad bearbetning skulle kunna vara begränsad till de ytnära lagren. De underliggande lagren i dessa system uppvisar troligen en nettominskning av organiskt material på grund av att växtrester inte blandas in i jorden i dessa djupare skikt (Juma and Mc Gill, 1986).

Svenska försök av Comia et al. (1994) har visat att minskat bearbetningsdjup resulterade i en ökad halt av organiskt kol i ytlagret och en minskad halt i djupare skikt. Även Börressen (1993) fann i ett långliggande plöjningsdjupsförsök att den grunda plöjningen gav en anrikning av organiskt material nära markytan. Han visade också på att den totala mängden organiskt material i matjorden inte påverkades av de olika bearbetningsdjupen.

En djup plöjning skulle å andra sidan kanske kunna öka den totala mängden organiskt material. Den djupa bearbetningen tillför organiskt material till djupare skikt där nedbrytningstakten är lägre.

Jordbearbetning är en grundläggande och viktig faktor för jordbrukets uthållighet både på kort och lång sikt. Mängden växthusgaser från olika markprocesser är då en central och viktig del. Här kan jordbearbetningen spela en icke ovesäntlig roll för att binda så mycket organiskt material som möjligt i den odlade jorden.

Ökad mängd organiskt material ökar möjligheterna till höga skördar. Ökar skördekvantiteten leder det till att mer koldioxid kommer att användas av växterna och mer kol lagras i marken i form av organiskt material som annars skulle sändas ut i atmosfären i form av koldioxid.

Huvudsyftet med denna undersökning har varit att i två långliggande plöjningsdjupsförsök undersöka hur markens totala innehåll av organiskt material och dettas vertikala fördelning beror av bearbetningsdjupet. Försöken startades 1978 och har således legat i 15 år.

På det organiska materialet kommer utöver den kvantitativa bestämningen senare även att göras en fysikalisk fraktionering. Där kommer det organiska materialets fördelning på olika kornstorlekar och dess nedbrytningsgrad att bestämmas.

MATERIAL OCH METODER

Försöksplatser

De två undersökta försöken tillhör jordbearbetningsavdelningens försöksserie med olika plöjningsdjup (R2-4107).

Båda försöken startade 1978.

Plöjningsdjupet var på båda platserna 20-25 cm innan försöken påbörjades.

1. Kattarpsgården, Kattarp, i Malmöhus län med försöksnummer M 407/78
Jordarten är mmh sa LL, men varierade på vissa platser i försöksrutan så att det ibland var mer eller mindre rena skikt av sand eller lera.
2. Hamrefältet, Hedemora, i Kopparbergs län med försöksnummer W 51/78
Jordarten är nmh l Mj.

Försöks- och fältplaner

Försöken har identiska försöksplaner med 4 försöksled i 4 randomiserade block.

Rutstorleken är i Kattarpsförsöket ¹⁰⁰~~400~~ m² och i Hamrefältsförsöket ¹²⁰~~480~~ m².

Höstplöjning vid konventionell tidpunkt jämförs i led med följande avsedda plöjningsdjup:

- Grund plöjning (12-17 cm)
- Normal plöjning (20-25 cm)
- Djup plöjning (25-30 cm)
- Grödeanpassat plöjningsdjup

I undersökningen valdes de båda leden grund och djup plöjning.

Försöksrutorna skördades ~~ledvis~~ varje år (1978-1993). Halmen har plöjts ned i försöksleden. Växtnäringstillförsel och övrig skötsel under växtodlingssäsongerna har varit lika för alla försöksled

Markfysikaliska undersökningar

Bestämning av skrymdensiteter

Skrymdensiteterna mättes i två lager (djup plöjning) och tre lager (grund plöjning) Mätningarna gick till så att en stålram på 0,5 m² slogs ner till ett djup på ca 35 cm. Jorden i varje lager vägdes och samtidigt mättes också respektive lagers medeldjup. Den använda ramtekniken är utförligt beskriven av Andersson och Håkansson (1963, metod b)

Mätning och provtagning utfördes i fyra block på Kattarp och tre block på Hamrefältet. I varje block gjordes provtagningar i de två nämnda leden med 3 upprepningar per led.

För alla lager togs också vattenhaltsprov, mullhaltsprov och prov för standardpackning, enligt Håkansson (1990).

Följande lager undersöktes vid den grunda plöjningen:

Lager 1.= Markytan- nuvarande plöjningsdjup

Lager 2.= Nuvarande plöjningsdjup-plöjningsdjupet före försökets start

Lager 3.= Övergångsskikt matjord-alv

Följande lager undersöktes vid den djupa plöjningen:

Lager 1.= Markytan- nuvarande plöjningsdjup

Lager 2.= Övergångsskikt matjord-alv

Vid provtagningen av de olika lagren har inte eftersträvat att lagren skulle komma på exakt samma nivåer eller motsvarande lager innehålla exakt samma mängd jord, utan lagergränserna enligt ovan har istället bestämts med ögats hjälp.

Standardpackning för att beräkna matjordens packningsgrad

Bestämningarna gjordes på ett generalprov för varje enskilt lager i resp. led. För båda ledens översta lager gjordes fyra upprepningar och för övriga lager gjordes två upprepningar.

Metoden är beskriven av Håkansson (1990). Vattenmättad lös jord från respektive försöksled och lager utsätts under fri dränering i laboratorium för ett långvarigt statiskt tryck av 200 kPa. Den erhållna torra skrymdensiteten utgör det packade standardtillståndet. Jordens packningsgrad definieras sedan som jordens aktuella skrymdensitet i procent av skrymdensiteten vid det packade standardtillståndet.

Bestämning av penetrationsmotstånd

Penetrationsmätningar gjordes inom ca. 1 meter från de platser där ramarna för skrymdensitetsmätningarna slogs ner. Mätningarna gjordes i 4,0 cm:s intervaller till 40 cm djup i Kattarp och i 3,5 cm:s intervaller till 35 cm djup på Hamrefältet. För varje försöksled gjordes 120 upprepningar. En Bush recording penetrometer (Findlay, Scotland) med 12.8 mm kondiameter användes. Penetrometern beskrivs av Anderson et al. (1980).

Porositets- och kompaktdensitetsbestämning

Den totala porositeten bestämdes som 1 minus kvoten mellan den torra skrymdensiteten och kompaktdensiteten. Kompaktdensiteten definieras som förhållandet mellan jordpartiklarnas massa och volym. Undersökningens utförande finns närmare beskrivet i Laborationskompendium i marklära för agr. och hort. studerande 1991.

Markkemiska undersökningar

Bestämning av totalkväve och totalkolhalt

Innehållet av kväve och kol bestämdes för varje enskilt lager från varje ramprovtagning.

Den metod som användes var torr förbränning och elementaranalyserna gjordes med Masspektrometer. Metoden är utförligt beskriven av Nelson and Sommers (1982). De använda instrumenten beskrivs av Barrie (1991). Halten organiskt material är beräknad från mängden totalkol gånger faktorn 1.72.

Statistiska bestämmningar

Statistiska beräkningar gjordes i förekommande fall i SAS.

RESULTAT

Skörderesultat

Skörd

Skördarna på Kattarp har i genomsnitt för perioden 1978-1992 varit 3% högre vid den djupa plöjningen än vid den grunda.

För Hamrefältet har genomsnittsskördarna för samma period varit 5% högre vid djup än vid grund plöjning.

Leden med grund plöjning har drabbats hårdare av kvickrot. Det är troligtvis en viktig orsak till varför den djupa plöjningen givit högre skördar.

Markfysikaliska undersökningar

Jorden var på båda platser fuktig till fältkapacitet vid provtagningstillfällena.

Penetrationsmotstånd

Profilerna för penetrationsmotståndet för de båda försöksplatserna är i grova drag likartade, Se Figur 1 och 2.

Kattarp

Skillnaderna mellan leden är inte så stor ner till det djup som motsvarar det grunda plöjningsdjupet. Men sedan stiger penetrationsmotståndet markant för den grunda plöjningen. Detta på grund av att plogsulan då passerats. Den djupa plöjningen får en liknande höjning av motståndet när dess plogsula passerats.

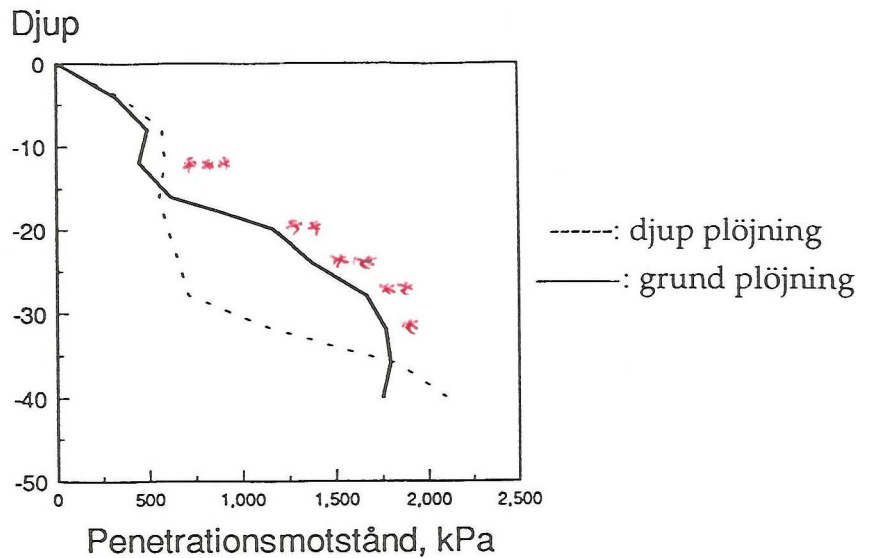


Fig. 1. Penetrationsmotstånd för de båda bearbetningsdjupen på Kattarp. Skillnaden mellan leden är signifikanta vid 5 nivåer av 10. Signifikans vid 12 (***) , 20 (**), 24 (**), 28 (**) och 32 cm:s (*) djup.

Signifikansnivåer: *) $0.05 \geq P > 0.01$; **) $0.01 \geq P > 0.001$; ***) $P \leq 0.001$

Hamrefältet

För Hamrefältet är penetrationsmotståndet högre vid den grunda plöjningen vid 8 nivåer av 10. Båda leden får en kraftig höjning av motståndet vid övergången mellan plöjd och oplöjd jord.

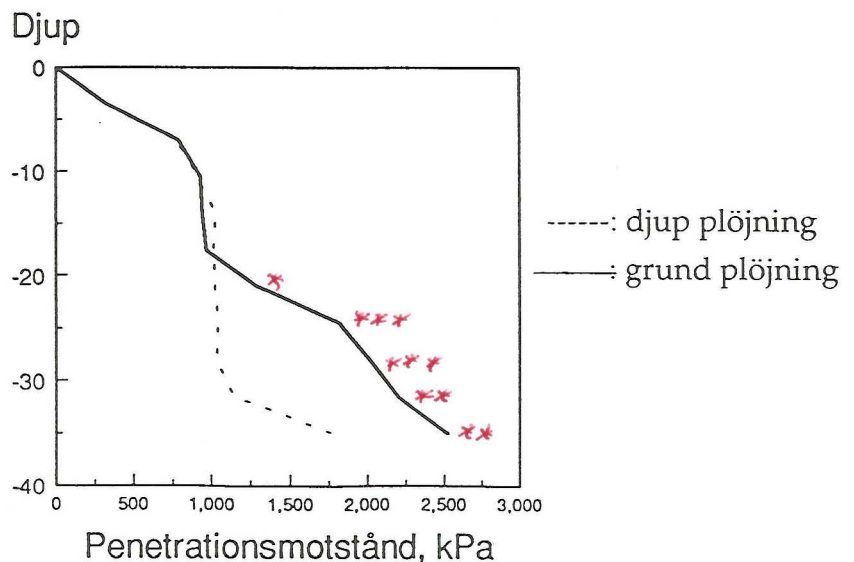


Fig. 2. Penetrationsmotstånd för de båda bearbetningsdjupen på Hamrefältet. Signifikans mellan leden vid 21 (*), 24.5 (***) , 28 (***) , 31.5 (**) och 35 cm:s (**) djup.

Signifikansnivåer: *) $0.05 \geq P > 0.01$; **) $0.01 \geq P > 0.001$; ***) $P \leq 0.001$

Volymförhållanden, skrymdensiteter och packningsgrader

I Tabell 1. redovisas skrymdensiteterna i de olika lagren, skrymdensiteterna vid standardpackning och packningsgrader och vattenhalter vid provtagningen. Genomgående för de båda försöken är att värdena för skrymdensiteter och packningsgrader ökar och porositeterna minskar i allt djupare lager. Undantagen är skrymdensiteten vid den packade standarden för Kattarp vid den grunda plöjningens andra lager. Förklaringen till det är med all sannolikhet den ibland snabba växlingen i kornstorleksfördelning. Det fanns en tendens till att sand och någon form av märegera (försöket låg precis i närheten av en gammal märegergrav) förekom samtidigt i botten av matjorden och i alven. Fördelningen mellan sand och lera i en bestämd volym påverkar då skrymdensiteten.

Värdena för packningsgrader kan anses vara rimliga efter hela växtodlingens körningar fram till skörd bortsett kanske då för det höga värdet 110.2. Här har troligtvis återigen fördelningen sand-lera påverkat det uppmätta värdet, kanske så att provet för standardpackning blev mindre representativt.

Kompaktdensiteten är för alla lager 2.58 g/cm³ för Kattarp och 2.57 g/cm³ för Hamrefältet.

Tabell 1. Djup (cm), torr skrymdensitet i fält (γ_t , g/cm³) och efter standardpackning (γ_{tp} , g/cm³), packningsgrad (D), porositet (p, %) och vattenhalt (ω , vikts-%) i olika dellager på de två provplatserna.

Försök	Lager	Djup	γ_t	γ_{tp}	D	p	ω
Kattarp (grund plöj.)	115,97 1	0-16,3	1,423	1,646	86,5	44,8	18,3
	85,90 2	16,3-26,6	1,668	1,590	104,9	35,3	15,7
	23,35 3	26,6-29,2	1,796	1,733	103,7	30,4	13,9
	<u>225,22</u>						
Kattarp (djup plöj.)	218,20 1	0-30,2	1,445	1,605	90,1	44,0	17,2
	168,56 2 149,77	30,2-33,9	1,799	1,633	110,2	30,3	14,4
	<u>33,28</u> <u>251,48</u>						
Hamrefältet (grund plöj.)	98,92 1	0-16,5	1,199	1,423	84,3	53,3	25,7
	95,06 2	16,5-30,5	1,358	1,472	92,3	47,2	22,9
	28,17 3	30,5-33,9	1,657	1,580	104,9	35,5	13,9
	<u>222,15</u>						
Hamrefältet (djup plöj.)	208,64 1	0-32,6	1,280	1,497	85,5	50,2	23,8
	29,22 2	32,6-35,9	1,771	1,663	106,5	31,3	17,6
	<u>237,86</u>						

Markkemiska undersökningar

Halter och totala mängder av kväve och organiskt material.

Målsättningen med mätningarna var att undersöka eventuella skillnader i mängd och djupfördelning av den organiska substansen vid jämförelse mellan grund och djup plöjning, (Tabell 2).

Även om halterna organiskt material i de olika lagren skiljer sig med upp till ca 0,5 % mellan de båda försöken så är trenden mellan de olika lagren likartade. Den högsta halten är inte oväntat i det översta lagret i ledet med grund plöjning och den lägsta i övergångsskiktet matjord/alv i ledet för djup plöjning.

Kvävehalterna är starkt korrelerade med halterna organiskt material.

Tabell 2. Halter av kväve (N) och organiskt material (O.M.) i g/100g torr jord samt totala mängder kväve och organiskt material i ton/ha samt kol-kväve kvot i olika dellager på de två provplatserna. Inga signifikanta skillnader mellan leden i totalt innehåll av organiskt material och kväve erhöles.

Försök	lager	Halt		Total mängd				C/N
		N	O.M. C	N	Σ-N	O.M.	Σ-O.M.	
Kattarp (grund p.)	1	0,21	3,72 ^{2,16}	4,91		86,3		10,3
	2	0,18	3,16 ^{1,84}	2,89	7,80	51,07	137,37	10,2
	3	0,06	1,15 ^{0,67}	0,27	8,07	6,19	143,56	11,1
Kattarp (djup p.)	1	0,19	3,20 ^{1,86}	8,13	8,13	141,50	141,50	9,8
	2	0,05	0,96 ^{0,56}	0,34	8,47	5,04	146,54	11,2
Hedemora (grund p.)	1	0,18	3,20 ^{1,86}	3,54		62,9		10,3
	2	0,14	2,63 ^{1,53}	2,71	6,25	49,93	112,83	10,9
	3	0,05	1,08 ^{0,63}	0,25	6,50	6,19	119,02	12,6
Hedemora (djup p.)	1	0,15	2,65 ^{1,54}	6,15	6,15	109,82	109,82	10,3
	2	0,03	0,64 ^{0,37}	0,20	6,35	3,79	113,61	12,4

På grund av att matjorden är något mäktigare där det har plöjts djupt, så har en något större mängd jord grävts upp vid mätningarna i ledet för djup plöjning. Skillnaden i jordmängd inom mätramen (area 0,5 m²) var i genomsnitt för samtliga parallellmätningar i Kattarp 24,7 kg och i Hamrefältet 14,1 kg, vilket motsvarar ett lager av ca. 3 cm:s tjocklek. Om detta lager tagits med i provtagningen så hade det givit en mindre mängd organiskt material ytterligare.

För att då kompencera de något lägre totala mängderna organiskt material i ledet för grund plöjning, multipliceras jordmängdsskillnaderna med den lägsta halten organiskt material som erhållits i det djupaste lagret. Dessa halter var för Kattarp respektive Hamrefältet 0,43 % och 0,40 %. Mängden organiskt material per ha som då skall läggas till det grunt bearbetade lagret blir 2,12 ton på Kattarp och 1,13 ton på Hamrefältet. Efter detta tillägg blir totala mängden organiskt material, dock utan någon statistiskt signifikant skillnad mellan leden,:

Kattarp, grund plöjning = 143,56 + 2,12 = 145,67 ton/ha
djup plöjning= 146,54 ton/ha

Hamrefältet, grund plöjning = 119,02 + 1,13 = 120,15 ton/ha
djup plöjning= 113,61 ton/ha

DISKUSSION

Målsättningen med undersökningen var, som tidigare nämnts, att se om olika plöjningsdjup påverkar den totala mängden organiskt material i matjorden.

Tillförseln av växtrester till de olika försöksleden, vilket är en viktig del i detta sammanhang, får anses vara så lika som det nästan bara är möjligt. Den djupa plöjningen har endast några få procent högre skörd i medeltal över hela försöksperioden.

Själva förfaringssättet med att gräva upp och väga mängden jord för varje skikt som gjordes i detta försök får internationellt sett anses vara originellt. Undertecknad har inte hittat något liknande förfaringssätt i den internationella litteraturen. Den mest använda metoden är annars att använda cylinderprover.

Markfysikaliska undersökningar

Som nämndes i inledningen är den allmänna iakttagelsen i tidigare undersökningar att vid en grundare bearbetning blir jorden tätare i matjordens djupare del.

Skrymdensitetsvärdena och penetrometermätningarna i de här undersökta försöken ger samma resultat. Skrymdensiteten för det översta lagret i båda försökens respektive led är ungefär lika stora. Men då motsvarar översta lagret vid den grunda plöjningen bara ca halva matjordens mäktighet.

Att matjorden blir allt tätare ju längre ner man kommer beror av packning, utebliven luckring och minskad mängd organiskt material. Det visar sig då markfysikaliskt genom ökad packningsgrad, lägre porositet och ökad skrymdensitet.

Vid årlig plöjning till samma djup bildas ett förtätat jordlager, en plogsula. Om plöjningsdjupet minskas så erhålls ett nytt förtätat skikt omedelbart under det nya bearbetningsdjupet. Trenden vid penetrometermätningarna är att motståndet ökar allt mer ju längre ner i matjorden man kommer och det gäller båda bearbetningarna. Dexter (1986) visade i sitt modellexperiment att den övre gränsen för penetrationsmotstånd för att gräsrötter skall kunna växa är 3 MPa.

Inga sådana höga värden mättes upp i dessa två försök, men mätningarna gjordes när jorden var fuktig vilket ger ett lägre värde än om jorden varit torr. En ökad fuktighet har här en smörjande effekt vilket sänker motståndet.

Börresen och Njös (1993) fick efter ett 13-årigt försök med grund (jordfräs) och konventionell bearbetning ingen signifikant skillnad i penetrationsmotstånd för de övre 14 centimetrarna i matjorden. Mellan ca 14 och 30 cm hade den djupa bearbetningen lägst penetrationsmotstånd.

Håkansson et al. (1988) anger den optimala packningsgraden under växtodlings-säsongen till ca 87. Vid detta värde är tillväxten högst. I försökens övre lager ligger de uppmätta värdena på packningsgraden ganska nära 87 trots att mätningarna gjordes efter skörden då marken är som mest tillpackad.

Markkemiska undersökningar

När platserna i de olika leden bestämdes togs hänsyn till den eventuella "översläpningseffekten" som kan äga rum mellan leden. Med översläpningseffekt menas här att jord från en ruta flyttas över till en annan ruta som ligger intill. Speciellt gäller detta då vid plöjningen. Mättramarnas läge i respektive ruta anpassades då så att ramarna alltid flyttades närmare mot en angränsande ruta med samma bearbetningsdjup än mot en ruta med ett annat plöjningsdjup. Som mest vid ett plöjningstillfälle skulle nästan en hel plogtilta kunna komma över i "fel" ruta. Om skillnaden i halt organiskt material mellan de båda ledens översta bearbetade lager sätts till 0,4 % kan man räkna med att ett par hundradels procent av det organiska materialet förs från grund till djup plöjning och därmed hamnar i fel ruta. Denna andel är då jämnt fördelade i lagret när man betraktar det rent teoretiskt. I praktiken erhålls en gradient från den ena sidan av rutan till den andra vilket minskar den verkliga effekten.

Sett över hela försöksperioden skulle det då bli $0,02 \% \cdot 15 \text{ år} = 0,30 \%$.

Men innan försöket startade fanns ingen gradient så därför delas värdet med två vilket blir 0,15 %. Dessa 0,15 % får då ses som ett värde jämt fördelat över rutan. Men i praktiken fås en gradient även här med låt oss säga 0,30 % vid ena sidan av rutan och 0 % vid den andra. Om rutan då är 6 m bred skulle man kunna säga att mängden organiskt material förändras med 0,06 % per meter. Ramarna för mätningen placerades någon meter ifrån gränsen mellan två rutor, så den reella påverkan på mängden organiskt material p.g.a översläpning skulle alltså då bli ca. 0,06 %.

På 100 ton organiskt material med en halt i matjorden på ca. 3 % blir det en total jordmängd på lite drygt 3300 ton/ ha. Av den jordmängden är 0,06 % organiskt material 2 ton/ ha.

Denna översläpning ligger det grunt plöjda ledet till nackdel eftersom dess högre halt organiskt material i det översta lagret blir utspätt i en större jordvolym i det djupt plöjda ledet. Totalt över hela försöksperioden skulle alltså i runda tal 2 ton/ha organiskt material kunnat ha flyttats över i "fel" ruta. Dessa 2 ton får anses vara en möjlig maximal mängd, men att exakt kunna avgöra hur stora mängder det handlar om är naturligtvis omöjligt. Beräkningen visar dock på att det i sammanhanget inte är någon större mängd organiskt material det handlar om.

Ur resultaten går att utläsa att den totala mängden organiskt material i matjorden inte har ändrats vid olika plöjningsdjup utan bara omfördelats i vertikalled.

Detta faktum styrks av tidigare publicerade undersökningar.

Rydberg (1987) fann vid jämförelse mellan grund och konventionell bearbetning att halten organiskt material ökade i ytskiktet och minskade i nedre halvan av matjorden vid grund bearbetning.

Börresen och Njös (1993) fick en ökning av det organiska materialet i ytskiktet vid grund bearbetning.

Angers et al. (1993) kom inte fram till några påvisbara skillnader i total mängd organiskt material i matjorden efter grund och konventionell bearbetning.

Börresen (1993) fick i ett plöjningsdjupsförsök anlagt 1939 ingen skillnad i total mängd organiskt material vid de olika bearbetningsdjupen. Den grundaste bearbetningen hade den högsta halten i det översta lagret.

Skillnaden i halter organiskt material mellan de två olika leden förklaras av att skörderesterna blir inblandade i olika tjocka skikt. Däremot går det utifrån dessa undersökningar inte att säga något om det organiska materialets ålder och nedbrytningsgrad i de olika lagren. Men detta ger förhoppningsvis den senare undersökningen svar på.

Kattarp har en större total mängd organiskt material än vad Hamrefältet har. Som tidigare antytts borde förhållandet vara det omvända med större mängd i det mest nordligt belägna försöket p.g.a fallande årsmedeltemperatur norrut. Svaret på detta är nog att det är tillförseln av mullråämnen som varit större i Kattarp till följd av högre medelskördar i vår sydligaste landsända jämfört med Dalarna.

I och med att kol-kvävekvoterna ligger på omkring 10-11 så tyder det på att kväve nettomineraliserades vid tidpunkten för provtagningen. Risk för att kväve kommer att utlakas när ingen gröda finns kvar som kan ta upp näringen är uppenbar.

Båda försöksplatserna har jordarter som räknas till de struktursvaga. Här borde då en anrikning av det organiska materialet närmare ytan vara värdefull ur struktur-stabilitetssynpunkt.

SAMMANFATTNING

Efter 15 år med olika plöjningsdjup gjordes undersökningar i två försök hösten 1993. De två försöksplatserna är Kattarp (mmh sa LL) i Skåne och Hamrefältet (nmh l Mj) i Dalarna. I försöksrutorna undersöktes de båda leden grund (12-17 cm) och djup (25-30 cm) plöjning. Övrig skötsel av försöksrutorna under växtodlingssäsongerna har varit identisk för de båda försöksleden.

Målsättningen med undersökningarna har i första hand varit att studera hur den vertikala fördelningen och den totala mängden organiskt material påverkas av olika plöjningsdjup.

De markfysikaliska mätningarna visar på ökad skrymdensitet för de lager som inte luckrats genom plöjning. Penetrationsmätningarna visade på ett ökat motstånd längre ner i matjorden.

Det totala kväveinnehållet är väl korrelerat med den totala mängden organiskt material vilket de jämnhöga kol-kväve kvoterna visar på.

Den grunda bearbetningen gav en ökning av halten organiskt material i det översta skiktet. Den totala mängden organiskt material i hela profilen skiljer sig däremot inte mellan de båda leden.

LITTERATURFÖRTECKNING

Andersson, G., Pidgeon, J.D., Spencer, H.B. & Parkes, R., 1980. A new hand-held recording penetrometer for soil studies. *J. Soil Sci.*, 31: 279-296.

Andersson, S. & Håkansson, I., 1963. Markfysikaliska undersökningar i odlad jord. XIV. Om ett par nya metoder att bestämma markens mikrotopografi, dess höjdförändringar och matjordens porositet. *Grundförbättring*, 16, pp.1-26.

Angers, D.A., N`dayegamiye, A. & Cote`, D., 1993. Tillage-induced differences in organic matter of particle-size fractions and microbial biomass. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 57: 512-516.

Barrie, A., 1991. New methodologies in stable isotope analysis. International Atomic Energy Agency, 1991. *Stable Isotopes in Plant Nutrition, Soil Fertility and environmental studies*, pp. 3-12.

| Börresen, T., 1993. The long-term effect of tillage practice on soil properties and crop yields. In: Elonen, P. & Pitkänen, J. (Eds.), *Soil Tillage and Environment*, NJF-Utredning/ Rapport. nr. 88. pp. 295-300.

Börresen, T. & Njös, A., 1993. Ploughing and rotary cultivation for cereal production in a long-term experiment on a clay soil in southeastern Norway. *Soil Tillage Res.*, 28: 97-108.

? Claesson, S. & Steineck, S., 1991. Växtnäring, hushållning-miljö. Speciella skrifter 41, Sveriges Lantbruksuniversitet, Uppsala, pp.14-20.

| Comia, R.A., Stenberg, M., Nelson, P., Rydberg, T. & Håkansson, I., 1994. Soil and crop responses to different tillage systems. *Soil Tillage Res.*, 29: 335-355.

Dexter, A.R., 1986. Model experiments on the behaviour of roots at the interface between a tilled seedbed and a compacted subsoil. 1. Effects of seedbed aggregate size and subsoil strength on wheat roots. *Plant and Soil*, 95: 123-133.

Geber, U., 1985. Gröngödsling. Ur: Baljväxter som bottengröda. Seminarier och examensarbeten 745, Inst. för växtodlingslära, Sveriges Lantbruksuniversitet, Uppsala, pp.3-17.

- | Haraldsen, T.K., & Sveistrup, T.E., 1994. Effects of cattle slurry and cultivation on infiltration in sandy and silty soils from northern Norway. *Soil Tillage Res.*, 29: 307-321.
- | Heinonen, R., 1983. Jordbruket och vår miljö. Stad och land/ Rapport nr.22. Sveriges Lantbruksuniversitet, Alnarp, pp. 86-93.
- | Henriksson, L., 1968. Försök med grund plöjning. Rapport från jordbearbetningsavd, Lantbr. högsk., Uppsala, nr 15, pp.9.

Hill, R.L., 1990. Long-term conventional and no-tillage effects on selected soil physical properties. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 54: 161-166.

Håkansson, I., 1990. A method for characterizing the state of compactness of the plough layer. *Soil Tillage Res.*, 16: 105-120.

Håkansson, I., Voorhees, W.B. & Riley, H., 1988. Vehicle and wheel factors influencing soil compaction and crop response in different traffic regimes. *Soil Tillage Res.*, 11: 239-282.

Jansson, S.L. & Persson, J., 1982. Mineralization and Immobilization of soil nitrogen. In: F. J. Stevenson (Ed). *Nitrogen in Agricultural Soils*. Am. Soc. Agron. Madison, WI, pp. 229-248.

- | Juma, G.N. & Mc Gill, W.B., 1986. Decomposition and nutrient cycling in agroecosystems. In: Mitchell, M.J. and Nakas, J.P., (Eds). *Microfloral and Faunal Interactions in Natural and Agroecosystems, Developments in Biogeochemistry*. Martinus Nijhoff/ Dr W. Junk Publishers, Dordrecht., pp. 74-136.

Kritz, G., 1987. Hur djupt bör man plöja?. Sveriges lantbruksuniversitet, Uppsala, Faktablad nr.1, pp 4.

Nelson, D.W. & Sommers, L.E., 1982. Total carbon, organic carbon and organic matter. In: Page, A.L., Miller, R.H. and Keeney, D.R. (Eds) *Methods of Soil Analysis*. pp. 539-579.

Rydberg, T., 1987. Studier i plöjningsfri odling i Sverige 1975-1986. Rapport från jordbearbetningsavd, Sveriges Lantbruksuniversitet, Uppsala, nr 76. pp.1-35.

/ Smith, J.L., Papendick, R.I., Bezdick, D.F. & Lynch, J.M., 1992. Soil organic matter dynamics and crop residue management. In: Metting, F.B., Jr.(Ed). *Soil Microbial Ecology: Applications in Agricultural and Environmental Management*. Marcel Dekker, New York, pp. 65-94.

| Soane, B.D., 1990. The role of organic matter in soil compactibility: A review of some practical aspects. *Soil Tillage Res.*, 16: 179-202.

Stewart, B.A., 1993. Managing crop residues for the retention of carbon. *Water, Air and Soil Pollution*, 70: 373-380.

| Torstensson, G. & Enge, G., 1943. Redogörelse för plöjningsförsök. I. Försök med olika plöjningsdjup. *Kungl. Lantbr. akad. Tidsskr*, 82: 369-399.

Wiklander, L., 1976. *Marklära*. Sveriges lantbruksuniversitet, Uppsala, pp. 50-60.

Övrig litteratur:

Laborationskompendium i marklära för agr. och hort. stud., 1991. Avdelningen för marklära, Sveriges Lantbruksuniversitet, Uppsala, pp. 6:1-6:2.

MEDDELANDEN FRÅN JORDBEARBETNINGSAVDELNINGEN

Nr	År	
1	1992	Johan Arvidsson, Sixten Gunnarsson, Lena Hammarström Inge Håkansson, Tomas Rydberg, Maria Stenberg, Bo Thunholm: 1990 års jordbearbetningsförsök. 40 s.
2	1992	Mats Tobiasson: EKOODLAREN - En studie av ett kombinationsredskap för sådd och ogräshackning, utförd våren och sommaren 1991. Examensarbete. 19 s.
3	1993	Mats Tobiasson: Såbillar för reducerad bearbetning. Undersökningar av nya såbillar för odlingssystem med reducerad bearbetning, utförda 1991 och 1992. 23 s.
4	1993	Anna Borg: Flöden av kväve och fosfor i Forshällaåns avrinningsområde - beräkning av olika källors bidrag till växtnäringens läckaget. Examensarbete. 45 s. <i>Flows of nitrogen and phosphorus in the Forshällaån watershed - estimations of the contributions from different sources to the leaching of plant nutrients. 45 pp.</i>
5	1993	Thomas Grath: <i>Effects of soil compaction on physical, chemical and biological soil properties and crop production.</i> 101 pp.
6	1993	Estela Pasuquin: <i>Tillage influences on soil conditions and crop response under dry weather in the Philippines and in Sweden.</i> 62 pp.
7	1994	Hans Pettersson: Radhackning i stråsäd med ny hackutrustning. Examensarbete. 28 s. <i>Rowhoeing in cereals with new hoeing equipment. 28 pp.</i>
8	1994	Jörgen Lidström och Lars Olsson: Nya såmaskiner för reducerad bearbetning. Examensarbete. 57 s. <i>New drills for reduced tillage. 57 pp.</i>
9	1994	Sara Lindén: Tidig start och tillväxt av sockerbeter. Examensarbete. 37 s. <i>Early start and growth of sugarbeets. 37 pp.</i>
10	1994	Sasa Ristic och Tomas Rydberg: Optimering av bearbetningsintensitet och jordpackning samt studier av markfysikaliska orsaker till ojämna bestånd i oljevaxter. 13 s.