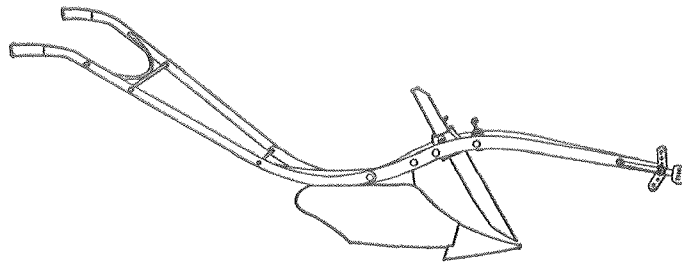




Institutionen för
Markvetenskap
Uppsala

MEDDELANDEN FRÅN JORDBEARBETNINGSAVDELNINGEN

Swedish University of Agricultural Sciences,
S-750 07 Uppsala
Department of Soil Sciences,
Bulletins from the Division of Soil Management



Nr 55

2007

Johan Yngwe

**Djup icke vändande bearbetning i
sockerbetsodling**

*Deep rotary cultivation as primary tillage in sugar
beet growing*

ISSN 1102-6995

ISRN SLU-JB-M--55--SE

Innehållsförteckning

FÖRORD	2
SAMMANFATTNING	3
SUMMARY	4
1. INLEDNING	5
2. SYFTE	5
3. MARKENS STRUKTUR OCH FYSIKALISKA EGENSKAPER	6
3.1 GOD MARKSTRUKTUR.....	6
3.2 JORDPACKNING.....	6
3.3 ROTUTVECKLING.....	7
4. METODER FÖR KARAKTÄRISERING AV MARKSTRUKTUR	7
4.1 MÄTNING AV MARKENS PENETRATIONSRESISTENS.....	7
4.2 MÄTNING AV MARKENS INFILTRATIONSFÖRMÅGA	8
4.3 BLÅFÄRGNING	8
5. SOCKERBETANS KRAV PÅ ODLINGSSUBSTRATET	9
5.1 ÅTERPACKNING	9
5.2 MARKSTRUKTUR	10
5.3 BEARBETNINGSTRATEGI.....	11
6. JORDBEARBETNING MED ROTERANDE REDSKAP	11
7. MATERIAL OCH METOD	12
7.1 FÖRSÖKETS GENOMFÖRANDE.....	12
7.2 MÄTNINGAR	15
7.3 ANDRA FÖRSÖK.....	22
8. RESULTAT	23
8.1 PENETROMETER OCH VATTENHALT.....	23
8.2 INFILTRATION	26
8.3 BLÅFÄRGNING	29
8.4 ÖVRIGA MÄTNINGAR	32
8.5 ANDRA FÖRSÖK	40
9. DISKUSSION	41
9.1 MARKSTRUKTURUNDERSÖKNINGAR	41
9.2 PLANTUNDERSÖKNINGAR.....	42
9.3 SKÖRD	42
9.4 PLATSEN BRAMSTORP	43
9.5 DJUPBEARBETNING.....	43
10. SLUTSATS	44
11. REFERENSER	45
LITTERATUR	45
PERSONLIGA MEDDELANDEN	46
BILAGA 1	47
BILAGA 2	48

Förord

Denna studie har genomförts som ett examensarbete inom agronomprogrammet vid Sveriges lantbruksuniversitet, SLU. Uppdragsgivare och finansiär har varit Sockernäringsens betodlingsutveckling AB, SBU. Studien har innefattat både undersökningar i fält och en litteraturstudie.

Handledare på SLU har varit Tomas Rydberg och på SBU Anita Gunnarsson. Jag vill rikta ett stort tack till er båda samt till alla övriga inblandade på institutionen för markvetenskap och på SBU. Arbetet har varit mycket lärorikt och har gett mig många goda erfarenheter inför arbetslivet.

Ett speciellt tack till Nina Bäcklund för din hjälp med infiltrationsmätningarna!

Johan Yngwe

Borgeby, april 2007

Sammanfattning

Under 2006 genomfördes ett fältförsök för att utreda om, och i så fall varför, en djup icke vändande bearbetning ger positiva effekter inom sockerbetsodlingen. Bakgrunden till försöket var ett pilotförsök under 2005, som visade på en potential till högre skörd, högre renhet och minskad grenighet där ett höstplöjt fält bearbetats till 35 cm med ett roterande redskap.

På fyra platser i sydvästra Skåne lades fem led ut: höstplöjning till 20 cm, höstplöjning till 20 cm + djup icke vändande bearbetning på våren till 35 cm, djup icke vändande bearbetning på hösten till 35 cm, djup icke vändande bearbetning på våren till 35 cm samt vårplöjning till 20 cm. Platserna var belägna i L:a Isie, Ädelholm, Stävie samt på Vragerup.

Redskapet som användes för den djupa icke vändande bearbetningen var tillverkat av det holländska företaget Imants. Redskapet bearbetade jorden med armar med spadliknande spetsar som satt monterade på en horisontell roterande axel som drevs av traktorns PTO.

Förutom undersökningar av bestånd och skörd genomfördes även markfysikaliska undersökningar. Dessa var penetrometermätning, infiltrationsmätning och blåfärgningsundersökning. Även rotform bedömdes.

Platsen Stävie skördades inte på grund av för dåligt bestånd. På de tre återstående platserna uppmättes högst skörd i ledet som bearbetats med Imants på hösten. En sammanslagning av skörderesultaten från de tre platserna visade att detta led gav en signifikant högre skörd, 4 %, jämfört med traditionell höstplöjning. Även sockerhalten var signifikant högre i ledet Imants höst, 0,3 %.

De markfysikaliska undersökningar visade tendenser till lägre penetrations motstånd och högre infiltrationshastighet i ledet som bearbetats med Imants på hösten, skillnaderna var dock ej signifikanta. Blåfärgningsundersökningen visade på signifikanta skillnader avseende hur stor del av snittytan som färgats blå. Både i alv och i matjord kunde signifikant högre andel färgad yta hittas i de led som bearbetats med Imants.

Slutsatsen är att det finns en biologisk potential i att bearbeta djupt i sockerbetsodlingen. Denna undersökning kunde dock ej fastställa vad som skapar denna potential.

Summary

A field experiment was carried out in 2006 to investigate the effects of deep rotary cultivation on sugarbeet growth. The background to the experiment was a 2005 study showing potentially higher yield, higher cleanness and higher sugar content when primary tillage was carried out to 35 cm depth with a rotary cultivator.

On four field sites in Skåne (L:a Isie, Ädelholm, Stävie and Vragerup), five different treatments were compared: mouldboard ploughing in the autumn to 20 cm; mouldboard ploughing in the autumn to 20 cm + rotary cultivation in the spring to 35 cm; rotary cultivation in the autumn to 35 cm; rotary cultivation in the spring to 35 cm; and mouldboard ploughing in the spring to 20 cm.

The rotary cultivator used in the treatments is manufactured by a Dutch company, Imants. The implement cultivates the soil with spade tines fitted on arms that are mounted on a horizontal rotating PTO-driven axle.

Beet plants were inspected and yield determined in the experiment, and three soil parameters were examined: penetration resistance, water infiltration and infiltration of blue dye. Root shape was also examined.

The site at Stävie was not harvested due to poor beet establishment. At the other sites, the highest yield was found when the soil was rotary-cultivated in the autumn. Pooling of the results from the three harvested sites showed that the yield was significantly higher (+4%) and the sugar content was also significantly higher (+0.3 %) when the soil was rotary-cultivated in the autumn compared with conventional mouldboard ploughing in the autumn.

The penetration resistance tended to be lower and the water infiltration rate higher when soil was rotary-cultivated in the autumn. The amount of blue colour covering the soil was also higher.

The conclusion is that deep rotary cultivation has good biological potential. However this study was unable to determine the reasons behind this potential.

1. Inledning

De ändrade förutsättningarna inom sockerbetsodlingen ställer allt högre krav på att förbättra odlingsekonomi och avkastning. Den primära jordbearbetningen inför etablering av sockerbetor utgör en betydande del av kostnaderna och har stor betydelse för avkastningspotentialen i odlingen. Viktiga krav som ställs på jordbearbetningen är att den ska ge en lagom lucker, homogen miljö för betan att växa i, samt att kontakten med de undre jordlagren ska bibehållas för att underlätta transport av vatten, näring och syre.

I både Danmark och Sverige pågår undersökningar med syfte att hitta rätt nivå på jordbearbetningen. Målet är att hitta en strategi som bearbetar just så mycket som sockerbetan kräver, men inte mer. Ytterligheter i detta sammanhang är att endast bearbeta just där sockerbetan växer eller att bearbeta hela övre delen av markprofilen ordentligt.

I detta arbete har en av dessa ytterligheter undersökts: djup, icke vändande bearbetning, där hela profilen bearbetas ned till 35 cm. År 2005 genomfördes ett pilotförsök där höstplöjning med efterföljande djupbearbetning med Imants jämfördes med endast höstplöjning. Anledningen till att dessa två led valdes var att man endast hade tillgång till ett höstplöjt fält när man kom i kontakt med det djupbearbetande redskapet. Fältet i fråga hade en lerhalt på 13 % och en mullhalt på 2 %. Bearbetningarna gjordes under goda betingelser och sådd genomfördes med Edenhall Advancer. Djupbearbetning med Imants gav en del positiva effekter. Blast- och rotvikt i juni ökade med 33 respektive 39 %, sockerskörden ökade med 11 %, nackhöjden minskade från 4,9 till 3,8 cm, grenigheten minskade från 25 till 6 % och renheten ökade från 91,6 till 93,3 % (Olsson, 2005).

Med utgångspunkt från ovanstående resultat beslutades det att genomföra ett mer omfattande försök med djup, icke vändande bearbetning. Man ville konstatera om dessa positiva resultat bara var en tillfällighet. Var de en effekt av vårbearbetningen eller av djupbearbetningen? Vilken effekt ger bearbetningen vid körning direkt i stubb på höst eller vår? För att få svar på dessa frågor valdes de fem leden ut. Resultaten från försöket ansågs även vara viktiga i ett större resonemang kring hur betan vill ha det. Uppkommer de positiva effekterna för att hela profilen luckras eller räcker det att luckra en viss nivå av profilen (Olsson, 2006, pers. med.)?

2. Syfte

Syfte med detta examensarbete var att utifrån SBU:s projekt 2006-1-1-205 utröna om djup icke vändande bearbetning ger fördelar gentemot plöjning i sockerbetsodling samt med utgångspunkt från befintlig kunskap inom området bedöma varför dessa eventuella fördelar uppstår. SBU, Sockernäringsens betodlingsutveckling AB, är ett kunskapsföretag som bedriver försöks- och odlingsutveckling i sockerbetor för svensk sockernäring. SBU ägs till hälften av Danisco Sugar och till hälften av Betodlarna ekonomisk förening.

Ett antal hypoteser sattes upp. Med tidigare försök i åtanke förväntades en skördeökning jämfört med plog i något av de led som djupbearbetats. Den djupa bearbetningen förväntades skapa en ur marksynpunkt mer homogen miljö för betan att växa i än efter plöjning. Som en konsekvens av det förväntades renheten bli högre och rotformen bättre.

Markfysikaliska undersökningar har genomförts för att hitta parametrar som kan förklara skillnader i skörderesultat mellan denna djupa bearbetning och traditionell plöjning.

3. Markens struktur och fysikaliska egenskaper

3.1 God markstruktur

Arvidsson & Pettersson (1995) definierar markstruktur som ”det sätt på vilket olika slag av partiklar i jorden är lagrade och förbundna i ett rumsligt arrangemang”. En jord med en god markstruktur är en jord som har förmåga att leda bort överskottsvatten, är lättarbetad, kan försörja rötterna med syre, samt tål yttre belastning, både i form av vattenmättnad och i form av tryck genom packning. Odlingsjordar kan med avseende på strukturtillstånd indelas i två huvudgrupper. *Enkelkornjordar* är lätta jordar, med svag bindning mellan markpartiklarna. Strukturen bestäms i första hand av kornstorleksfördelningen. *Aggregatjordar* är lerjordar eller mullrika jordar. Med tillräckligt stabila aggregat blir strukturen god. I sprickor mellan aggregaten kan vatten, syre och rötter ta sig fram. Klimat, jordbearbetning, markorganismer och vegetation samspelar och bestämmer strukturen i en aggregatjord.

3.2 Jordpackning

Jordpackning innebär att en viss jordmängds porositet minskar och skrymdensitet ökar genom ett påfört yttre tryck. Jordmängden kan vara ett visst jordlager, vars djup då minskar. I stort sett alla, såväl fysikaliska som biologiska och kemiska, processer i marken påverkas i någon utsträckning av en eventuell markpackning. När porositeten i marken minskar är det framförallt de grövsta porernas diameter som minskar. De stora porerna kan bestå av maskgångar och sprickor mellan kokor och aggregat. Exempel på biologiska processer som påverkas är växtnäringens mineralisering och organiska materialets omsättning (Håkansson, 2000).

Packningsgrad definieras som kvoten av jordens skrymdensitet vid mättillfället och skrymdensiteten i det mest packade tillstånd som kan åstadkommas med ett statiskt tryck av 200 kPa. Den optimala packningsgraden varierar med årsmån. En låg packningsgrad har visat sig lämplig under våta somrar, medan en hög packningsgrad har passat bättre under torra somrar. Nederbördens fördelning har dock också betydelse. Samma gröda odlad på olika platser, men under samma väderlek, har uppvisat samma behov av packningsgrad, varför detta sätt att mäta packningsbehov är användbart (Håkansson, 1989).

Vattenhalten har betydelse för hur känslig marken är för packning. Är marken torr kommer vattnet att fungera som ett klister. Vattnet binds hårt på grund av ytspänningen och vidhäftar till partiklarnas ytor. Markpartiklarna får svårare att röra sig i förhållande till varandra. Är marken däremot fuktig så blir förhållandet det motsatta. Vattnet flyter fritt och fungerar som ett smörjmedel och marken blir packningskänslig. Trycket fördelas inte heller lika mycket i sidled, varför packningen når djupare ner i alven då marken är våt (Arvidsson & Pettersson, 1995).

Även tryckets storlek, den tid trycket verkar och tidigare packning påverkar hur stor packning det blir efter en viss aktivitet. En kraftigt packad plogsula leder till att trycket fördelas ytterligare i sidled och packningen i alven minskar (Arvidsson & Pettersson, 1995).

Packning i alven får betydligt mer långvariga verkningar än packning i matjorden (Håkansson & Reeder, 1994). I grövre jordar kan i decennier kvardröjande effekter av packning uppstå redan vid 25-30 cm djup och i lerjordar tycks så vara fallet från 35-40 cm djup. Att utplåna en packning i alven är svårt. En sådan djup bearbetning kan göra mer skada än nytta då den kan förstöra markens hållfasthet (Håkansson, 2000). Även Arvidsson & Pettersson (1995) påpekar

att både svenska och utländska försök visat att alvluckring sällan ger några positiva effekter. En alvluckring innebär en rak motsats till den naturliga strukturuppbyggnad som sker utan yttre påverkan och som skapar stabila aggregat och spricksystem.

Håkansson (2000) resonerar kring metoder att minska markpackningens negativa effekter. Eftersom marken är mer känslig för packning vid högre markvattenhalt är god dränering viktig. Det främjar en snabb och jämn upptorkning. Grödval är också av betydelse. Strukturutveckling främjas av grödor som utvecklas jämnt och snabbt och som har stort rotdjup och lämnar mycket skörderester. Vall är således en bra gröda ur markpackningssynpunkt. Eftersom marken oftast är torrare under hösten än våren så är till exempel höstvetete bättre än vårkorn. Grödor som sockerbetor och potatis innebär hög körintensitet och marken är ofta våt vid skördetillfället.

3.2 Rotutveckling

Växtens rötter sköter om dess vatten- och näringsförsörjning. Rötterna förgrenas intensivt och det finns hundratusentals rotspetsar hos en fullväxt planta. Antalet rotspetsar är det viktigaste måttet på växtens förmåga att ta upp vatten och växtnäring. I rotspetsen återfinns rotmössan som täcker tillväxtpunkten. I tillväxtpunkten sker celledelning och dessa nya celler förlängs i cellsträckningszonen. Detta leder till att tillväxtpunkten och rotmössan förflyttas framåt och endast en liten del av roten drivs alltså framåt genom marken (Eriksson *et al.* 1974). Rötterna hos flertalet svenska jordbruksgrödor har en djuptillväxt av 2-3 cm per dygn (Håkansson, 2000).

4. Metoder för karaktärisering av markstruktur

4.1 Mätning av markens penetrationsmotstånd

En penetrometer används ofta för studier av det motstånd som rötterna möter i marken när de växer. En stav försedd med en konisk spets förs genom markprofilen. Eftersom den koniska spetsen är bredare än staven minskar friktionen mellan stav och jord och därför bestäms den kraft som krävs för att trycka ned penetrometern främst av markegenskaperna kring spetsen (Håkansson, 2000).

En rotspets kan utveckla ett tryck på omkring 1000 kPa. Det motstånd som marken erbjuder mot en rotspets är dock betydligt lägre än mot en stålspets av samma dimension. Undersökningar av jämförelser av kvoten mellan penetrationsmotstånd och rotmotstånd visade att kvoten kan variera mellan 2 och 8. Detta kan ha flera orsaker. Rotspetsen följer minsta motståndets lag och kan nyttja små förändringar i markhållfasthet och hitta andra vägar än stålspetsen. Rotspetsen har också en tendens att pressa ihop jorden cylindriskt. Kraftkomponenten vinkelrätt mot tillväxtriktningen är påtaglig. Bakom rotmössan förtjockas roten två till tre gånger, vilket minskar trycket på rotmössan och rotspetsen kan tränga vidare. Rotens vattenförbrukning påverkar också, eftersom den leder till krympsprickor som görs tillgängliga för roten. Rotspetsen lyckas behålla sin spetsiga form även under stora motstånd, och utsöndrar även slem som underlättar framfarten.

När markens penetrationsmotstånd ökar avtar rötternas tillväxthastighet. Vid ett penetrationsmotstånd över 1,5 MPa blir nedsättningen av tillväxthastigheten påtaglig. Vid ett penetrationsmotstånd kring 3-3,5 MPa avtar tillväxten helt i många jordar - i enkelkornjordar redan vid 2,5 MPa. Sammanhängande sprickor, maskkanaler och dylikt i alven kan tillåta rottillväxt även om penetrationsmotståndet i övrigt är stort (Håkansson, 2000).

Det uppmätta värdet på penetrationsmotståndet påverkas av den koniska spetsens storlek och form, med vilken hastighet spetsen förs genom jorden, markegenskaper så som bulkdensitet och jordart, samt jordens vattenhalt. De senare egenskaperna påverkar friktionen mellan staven och jorden och kan variera vid olika djup. Eftersom man ofta vill mäta och jämföra penetrationsmotståndet på olika djup måste hänsyn tas till skiftande friktion och vattenhalt. En penetrometer med givaren som mäter kraften placerad just vid spetsen ger bättre noggrannhet. Eftersom markvattenhalten har stor betydelse måste denna beaktas då olika platser ska jämföras (Barone & Faugno, 1994).

Chen *et al* (2005) jämförde djupbearbetning, direktsådd och kultivator på styv lerjord i Kanada. Resultaten visade att penetrationsmotståndet var likartat i samtliga led. Möjliga anledningar till detta kunde vara den lägre vattenhalt som uppmättes i det djupbearbetade ledet samt den glesa pindelningen på det djupbearbetande redskapet. Men slutsatsen var också att vädret spelar större roll än bearbetnings sätt, vad gäller penetrationsmotstånd, på styva lerjordar av den här typen.

4.2 Mätning av markens infiltrationsförmåga

Mätningar av vattens infiltration i jord görs för att kunna bestämma jordens ledningsförmåga, dess hydrauliska konduktivitet. Konduktiviteten bestäms dels av porstorleksfördelning och porsystemets uppbyggnad, alltså jordens textur och struktur, dels av dess vattenhalt. Den mättade hydrauliska konduktiviteten ökar snabbt med porens storlek, men strukturen har mycket stor betydelse. En vattenfylld spricka eller vattenfylld maskgång leder mycket mer vatten än motsvarande area vanliga jordporer. Konduktiviteten kan framräknas ur Darcys lag, vilken säger att flödet mellan två närliggande punkter i jorden är proportionellt mot potentialskillnaden mellan punkterna (Grip & Rodhe, 1994). Konduktiviteten anger den vattenmängd som per tidsenhet passerar igenom den vinkelrätt mot strömriktningen ställda ytenheten, då gradienten är ett (Andersson, 1955).

Jordpackning minskar markens vattengenomsläpplighet. I försök i Skåne (Håkansson, 2000) mättes vattengenomsläpplighet i alven där en sockerbetsupptagare med en axelvikt av nästan 20 ton gått fram fyra gånger föregående år. På djupet 30-50 cm var genomsläppligheten signifikant lägre där sockerbetsupptagaren gått fram jämfört med där den inte kört. Den minskade porvolymen och kontinuiteten i det grova porsystemet minskade vattengenomsläppligheten med upp till 90 %.

Olika metoder finns för mätning av infiltrationshastigheter och de kan ge olika absoluta tal. Vid mätning av infiltration vid mättade förhållande mäts jorden med vatten innan mätningen görs. En annan metod, "simplified falling-head", mäter hur lång tid det tar för en viss mängd vatten att infiltrera in i jorden. Om det intressanta är att se skillnader mellan olika behandlingar inom samma försök spelar det ingen större roll vilken metod som väljs. Vill man jämföra resultat från olika försök så kan det dock vara viktigt att använda samma metod för att kunna jämföra de absoluta talen. Men det faktum att man inte lyckas fånga upp den naturliga variationen inom fältet påverkar resultatet mer än vilken metod som väljs (Keller, 2006, pers. med.).

4.3 Blåfärgning

Både Flury *et al.* (1994) och Petersen *et al.* (1994) konstaterade att färgämnet Brilliant blue påvisade preferensflöde i flertalet jordtyper och att mönstret skiljde sig åt mellan strukturerade och icke strukturerade jordar.

Petersen *et al.* (1994) visade även att färgämnet färgade jorden djupare i våt än i torr jord, men jordens vattenhalt vid infiltrationstillfället hade dock mindre betydelse än dess struktur. Färgämnet färgade också jorden djupare om undersökningen gjordes på våren än på hösten. Om blåfärgade kanaler kunde hittas under ett djup av 100 cm hade de uteslutande möjliggjorts av sprickor skapade av plogen kombinerat med maskgångar under plogdjup. Roterande bearbetning till 15 cm djup motverkade aktiveringen av preferensflöde i alven.

Flury och Flühler (1995) undersökte färgämnet Brilliant blue och dess absorptionsförmåga i tre olika jordar. Jordarna skiljde sig åt väsentligt avseende pH, mängd fritt CaCO₃, jordart, mullhalt och katjonbyteskapacitet. Färgämnet absorberades mest till en jord med högt pH, stor mängd CaCO₃, hög andel ler+silt, hög mullhalt och hög katjonbyteskapacitet. Utifrån en laboratoriestudie drog även Flury och Flühler (1995) slutsatsen att Ca²⁺-joner kan påverka färgämnets absorptionsbeteende till jord.

Petersen *et al.* (1997) visade på skillnader i preferensflöde beroende på om marken inför sådd bearbetats konventionellt eller med roterande redskap. Antalet blåfärgade kanaler på djupet 25-100 cm var signifikant lägre om såbäddsberedning gjorts med rotorredskap till 5 cm djup än om den gjorts med konventionell kulturharv. I de rutor där såbädden bearbetats med det roterande redskapet ned till 15 cm fanns inga blåfärgade kanaler på djupet 25-100 cm. Marken hade infärgats med Brilliant blue.

Flury och Flühler (1994) jämförde två olika metoder att påföra färgämnet Brilliant blue. Dels genom att översvämma provytan med vätskan, dels genom besprutning. Slutsatsen blev att svämning är mindre passande om metoden ska användas för att visa jordens benägenhet att uppvisa preferensflöde. Detta eftersom svämning tydliggör kanalerna på ett ganska slumpmässigt sätt.

5. Sockerbetans krav på odlingssubstratet

5.1 Återpackning

Ett visst mått av packning av jorden ger positiva effekter för sockerbetan. Temperaturamplituden under dygnet minskar, då energi lättare transporteras i packad jord och jämnar ut skillnaderna genom att värmen på dagen lättare tar sig neråt och värme nerifrån tar sig upp lättare på natten. Jorden kan då bättre stå emot frost. Packad jord håller också fukt bättre och dessa effekter leder till bättre förhållande för unga plantor som utvecklas, om packningen är av rätt grad (Loman, 1986).

En lättare återpackning av jorden efter primär jordbearbetning ger oftast den högsta skörden, men bästa skrymdensitet för hög skörd varierar mellan olika jordar och många faktorer under växstsäsongen spelar också in (Draycott *et al.*, 2006). En återpackning genom en överfart med traktor med dubbelmontage brukar dock ge ett packningstillstånd nära det optimala vid ett vårbruk vid normala fuktighetsförhållanden. I försök med vårsådda grödor har det visat sig att sockerbetor tillsammans med korn och vete har högre optimal packningsgrad än till exempel råg, havre, ärt och oljevaxter, medan potatis har lägst optimal packningsgrad (Håkansson, 2000).

Brereton *et al.* (1986) visade dock resultat som tydde på att sockerbetor är en mer packningskänslig gröda än vårkorn. I ett försök jämfördes hur åkerbönor, vårkorn och sockerbetor påverkas av packning av det översta jordlagret efter sådd. Försöksytan packades en gång med en traktor med en vikt av 3500 kg och ett ringtryck av 0.84 kg/cm². Före sådd

hade ytan bearbetats djupt med kultivator två gånger på hösten och harvats en gång på våren. Packningen påverkade avsevärt total rotlängd, rötternas utbredning, bladyteindex, växtens upptag av vatten och total produktion av växtmassa i sockerbetor och åkerbönor. Skörden av sockerbetor minskade med 59 % i det packade ledet, troligen mycket beroende på ett 30 % lägre plantantal. Sockerhalten var oförändrad, men den låga rotskörden ledde till en låg sockerskörd. Rötternas längd och fördelning i profilen, mätt som centimeter rötter per centimeter tvärsnittsytta, minskade med 49 %. Nämnas bör att det packade vårkornsledet utvecklade en högre rotdensitet än de opackade leden med sockerbetor och åkerbönor. Man drog slutsatsen att sockerbetans primära anpassning till dålig markstruktur är en minskning av utvecklingen av bladyta. Mindre bladyta leder till minskad transpiration och hindrar individuella plantor från att upprätthålla vattenstatusen i bladen och överleva den påverkan på rötternas förmåga att ta upp vatten och näring som packningen ger. Minskad bladyta leder till minskat ljusupptag och därmed minskad produktion av växtmassa och minskad skörd.

Anledningen till att Håkansson och Brereton visade skilda resultat, kan bero på skördeteknik. När sockerbetan växer i packad jord är risken för förgreningar och sneda betor större. Vid skörd kan betan i detta fall skadas, och allt blir inte skördat (Draycott *et al.* 2006).

5.2 Markstruktur

I projektet 4T – Tillväxt Till Tio Ton (Blomqvist *et al.*, 2002) gjordes ett antal fältförsök, samt en parstudie mellan högproducerande gårdar och gårdar med lägre produktion, för att identifiera framgångsfaktorer inom betodlingen. Bland annat genomfördes mätningar där markstrukturen undersöktes och jämfördes mellan de två gårdstyperna. Skrymdensitet uppmättes men inga samband med skörderesultat kunde beläggas. Slutsatsen drogs att skrymdensitet generellt är ett dåligt mått på markstruktur. Vattengenomsläpplighet och syretransport kan säkerställas av stora porer trots att skrymdensiteten är låg. Däremot visade resultaten av mätning av vattengenomsläpplighet vid mättade förhållande att denna i sex av de sju pargårdarna i studien var högre på gården med högre skörd. Vattengenomsläppligheten var också väl korrelerad till skörd. Mätningarna genomfördes genom att cylinderprover togs ut i fält och sedan uppmättes den mättade vattengenomsläppligheten på laboratorium. Författarna konstaterar dock att det troligen inte är vattengenomsläppligheten direkt som påverkar skörden positivt. Hög vattengenomsläpplighet kan bero på hög dagmaskpopulation och stor rotaktivitet i samtliga grödor i växtföljden, varför det troligen är denna över lag förbättrade markbördighet som ligger till grund för de högre skördarna.

Organiskt material ökar porositeten i marken och det krävs ett högre yttre tryck för att syreinhållet i marken ska minskas så mycket att det når under en kritisk gräns. Alltså leder en högre halt organiskt material till ökad motståndskraft mot packning i marken (Arvidsson & Petterson, 1995).

Blomqvist *et al.* (2002) belyste förfruktens betydelse för sockerskörden. I en stor jämförelse mellan ett antal olika förfrukter hittade man rödklöver som en gemensam nämnare för högre sockerskörd. Grönträda med vall i form av gräs och rödklöver året före sockerbetor, gav en tydlig skördeökning på 7 % jämfört med höstvetete som förfrukt. Vårkorn med rödklöverinsådd som förfrukt gav en ökad sockerskörd på 4 %. Författaren drog slutsatsen att den ökade sockerskörden sannolikt var en struktureffekt. Infiltrationshastigheten i matjorden var dubbelt så hög i en sockerbetsgröda med grönträda som förfrukt jämfört med höstvetete som förfrukt. Infiltrationshastigheten i alven var 20-30 % högre med grönträda som förfrukt. Antalet dagmaskar ökade om rödklöver fanns i växtföljden. Även renheten ökade med grönträda som förfrukt.

5.3 Bearbetningsstrategi

Från den danska motsvarigheten till SBU, Alstedgaard, redovisades i en artikel ett antal aspekter på olika bearbetningsstrategier inför etablering av sockerbetor (Nielsen & Nyholm, 2006). Man konstaterade att den bästa sockerbetsgrödan uppnås när marken är bearbetad, lucker och homogen i det översta lagret, 0-25 cm. Detta ger förutsättningar för betan att växa sig stor utan förgreningar. Det är även viktigt att det via makroporer finns kontakt med de underliggande jordlagren, och att det finns goda förutsättningar för dagmask att leva i jorden.

Tabell 1. Alstedgaards förslag till inbördes rangordning av olika bearbetningsmetoder (Nielsen & Nyholm, 2006). Metoderna förklaras närmare i texten. Ett är bäst, fem är sämst

	Höstplöjning	Djupt i augusti	Kam i augusti	ALCS-tand	Partiell bearb.
Säker etablering av mellangröda	3	1	1	3	3
Minimal bearbetning av våt jord	5	2	2	3	1
Sönderdelning av jordklumpar	3	2	1	4	1
Optimalt näringsupptag	2	1	1	1	1
Sanering av betcystnematod	2	1	-	2	-
Skonsam mot dagmaskar	4	5	5	1	2
Bra sådd med lite skörderester	1	-	1	5	-
Tidig etablering av sockerbetor	2	2	1	1	1
Optimal årlig arbetsfördelning	1	3	5	1	2

Fem olika strategier på lerjord diskuterades och möjlighet till etablering av mellangröda belystes även, se tabell 1. Traditionell höstplöjning ger en lucker jord och vinterns frost leder till att strukturen förbättras ytterligare. Genom blåfärgningsstudier av höstplöjd jord har man dock upptäckt att man inte kan vara helt säker på att stora aggregat sönderdelas, vilket kan leda till för hög packning under det efterföljande vårbruket. Under varma vintrar är det också risk för att näringsämnen mineraliseras. Bearbetning i augusti till 10-20 cm, kolumn 2 i tabell 1, ger bra utveckling av mellangrödan, men förväntas vara relativt skadlig för dagmaskar. Anläggning av kammar i augusti anses ha en rad fördelar. Marken plöjs i augusti, vilket dock inte är så lämpligt ur arbetsfördelningssynpunkt, och kammar anläggs med mellangröda emellan dem. ALCS-metoden innebär att ett skär bearbetar just där betan ska etableras. Betsådd och bearbetning sker i en överfart i nedvissnad mellangröda. Metoden kräver en liten arbetsinsats, leder till tidig sådd och är skonsam mot den befintliga markstrukturen, men med risken att fröet placeras i för våt jord. Sista metoden, partiell bearbetning, innebär bearbetning med ALCS-tanden på hösten och sedan sådd av betor på våren i samma spår som tanden gått. Metoden är ringa utvärderad, kanske bör den partiella bearbetningen i betraden ske med kultivatorpinne eller tallrikar. En nackdel är att mellangrödan körs ned tidigt.

6. Jordbearbetning med roterande redskap

Grönevik (1962) resonerade kring varför kraftuttagsdrivna redskap kan vara fördelaktiga i jordbearbetningen. När kraven på kapacitet blir högre ökar också kraven på dragkraftsuttag vid bearbetning med plog eller kultivator. Då det inte räcker med att öka effekten på traktorn eftersom kraften måste komma ner i backen, blir följden att traktorns egenvikt ökas för att

undvika slirning. Detta leder till ökad markpackning. Tas kraften från traktorn till redskapet via kraftuttaget kan motorns effekt användas på ett fullständigare sätt. Det gäller i synnerhet om redskapet roterar med körriktningen, vilket ger en påskjutande kraft. Traktoreorna behöver följaktligen inte vara lika tunga för att göra motsvarande bearbetning.

I en italiensk studie jämförde Pezzi (2005) traditionell plog med två kraftuttagsdrivna redskap. Det ena redskapet gick under benämningen "spading machine" och som namnet antyder arbetade redskapet med spadar som bröt loss jord, dock utan att vända den. Det andra redskapet, "rotary chisel", bearbetade med pinnar monterade på en horisontell roterande axel. Framför redskapet satt ytterligare en rad pinnar, som var fixerade. Syfte med studien var att undersöka skillnader i bränsleförbrukning, bearbetningsresultat och kapacitet. Arbetsbredd för plogen var 1,05 m, för "spading machine" 3,04 m och för "rotary chisel" 2,90 m. Körningarna genomfördes på två olika djup, 30 respektive 40 cm, och i fyra olika framkörningshastigheter. De kraftuttagsdrivna redskapen kunde framföras i ungefär halva hastigheten jämfört med plogen. För "spading machine" berodde begränsningen i framkörningshastighet på maskinens konstruktion och för "rotary chisel" berodde den på begränsning i traktoreffekt. En traktor med 140 kW motoreffekt användes. Marken hade en lerhalt på 42 %.

Störst skillnad mellan de olika redskapen kunde uppvisas för slirning. Plog gav högst slirning, medan slirningen var negativ för "spading machine". Bränsleåtgången per volym bearbetad jord var 47 % lägre för "spading machine" än för plog. Även "rotary chisel" hade en lägre förbrukning per volym bearbetad jord än plog, 12 % lägre. Totala bränsleåtgången under körningen var högre för de kraftuttagsdrivna redskapen, men energieffektiviteten mellan traktor och redskap var betydligt högre för de kraftuttagsdrivna redskapen än för plogen: 23 % respektive 12 %. De kraftuttagsdrivna redskapen gav ett finare bruk med större andel små kokor än plogen. För plogen var 50 % av jordkokorna större än 200 mm, medan det efter de kraftuttagsdrivna redskapen inte fanns några kokor över 200 mm. De kraftuttagsdrivna redskapen gav också en bättre inblandning av skörderester.

7. Material och metod

7.1 Försökets genomförande

7.1.1 Försöksplatser

Fyra försöksplatser valdes ut. Bramstorps gård är belägen 10 km öster om Trelleborg och brukas av Sven Bramstop. Vragerup ligger strax väster om Lund och brukas av Christian Wraghe. Ädelholm brukas av Danisco Sugar och är belägen strax sydöst om Lund. Stävie ligger 10 km nordväst om Lund och marken brukas av Claes Jönsson. Analysdata för jordarna anges i tabell 2.

Tabell 2. Resultat av jordanalyser på de fyra försöksplatserna. Analyserna är utförda på ett samlingsprov från alla försöksrutorna. Analysmetoden redovisas i bilaga 1

	Bramstorp		Ädelholm		Stävie		Vragerup	
Provtagningsdatum	2006 09 12		2006 09 12		2006 09 12		2006 09 12	
Djup	0-20	40-60	0-20	40-60	0-20	40-60	0-20	40-60
Mullhalt (%)	2,9	1,1	2,7	0,96	1,8	0,68	3,5	1,1
Lerhalt (%)	18	23	24	23	12	12	26	28
Finler (%)	15	20	20	18	8	9	21	23
Sand + grovmo (%)	51	50	45	46	61	59	38	38
Benämning	nmh moLL	mf moLL	nmh moLL	mf moLL	mf lMo	mf lMo	mmh ML	mf ML
T-värde (mekv/100g jord)	14,3	13,7	16,2	12,5	9,2	7,9	18	15
S-värde (mekv/100g jord)	14,3	13,7	16,2	12,5	9,2	7,4	18	15
Basmättnadsgrad, % ber.	100	100	100	100	100	94	100	100
pH-värde	7,7	7,9	7,8	8,2	6,8	7,3	7,5	8
P-AL (mg/100 g jord)	10	4,1	9	6,1	13	4,6	12	10
<i>Klass</i>	<i>IV</i>	<i>III</i>	<i>IV</i>	<i>III</i>	<i>IV</i>	<i>III</i>	<i>IV</i>	<i>IV</i>
K-AL (mg/100 g jord)	11	7,3	9,1	7,5	11	4,9	14	11
<i>Klass</i>	<i>III</i>	<i>II</i>	<i>III</i>	<i>II</i>	<i>III</i>	<i>II</i>	<i>III</i>	<i>III</i>
Mg-AL (mg/10 g jord)	8,5	8,4	8,9	8,9	4,6	3,3	10	12
K/Mg-kvot	1,3	0,9	1	0,8	2,4	1,5	1,4	0,9
Ca-AL (mg/kg jord)	330	330	490	820	170	140	390	630
K-HCl (mg/100 g jord)	170	160	170	180	120	100	230	210
<i>Klass</i>	<i>3</i>	<i>3</i>	<i>3</i>	<i>3</i>	<i>3</i>	<i>2</i>	<i>4</i>	<i>4</i>
P-HCl (mg/100 g jord)	50	31	44	36	46	24	49	38
<i>Klass</i>	<i>3</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>2</i>
Cu-HCl (mg/kg jord)	10	8,9	8,4	9,2	6,6	5,3	11	9,6
Bor (mg/kg jord)	1,4	0,71	1,5	0,73	0,87	0,49	1,6	0,75

7.1.2 Försöksplan

Led 1, PH: Höstplöjning, 20 cm

Led 2, PI: Höstplöjning efterföljt av djupbearbetning med Imants på våren, 30-35 cm*.

Led 3, IH: Djupbearbetning med Imants på hösten, 30-35 cm*.

Led 4, IV: Djupbearbetning med Imants på våren, 30-35 cm*.

Led 5, PV: Vårplöjning, 20 cm

* På platsen Vragerup, med avsevärt högre lerhalt, kunde bearbetningen med Imants endast genomföras till 20-25 cm djup, eftersom maskinens stentlösning löste ut vid större djup.

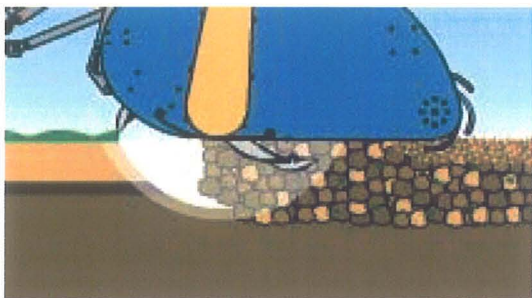


Fig 1. Illustration av redskapets arbetsätt.

Redskapet som användes vid djupbearbetningen, figur 1, tillverkas av det holländska företaget Imants. Tillverkaren kallar redskapet "spading machine" och redskapet som användes i försöket kan bearbeta till ett djup av 45 cm. Pezzi (2005) kallar dock redskap av denna typ för "rotary-chisel". "Spading machine" arbetar med större spadar, liksom hur man bryter loss jord med en spade för hand.

Redskapet har en arbetsbredd på 2,90 meter och av tillverkaren rekommenderad framkörningshastighet är 4,5 km/h. Så fort gick det dock inte att köra. På Vragerup begränsades hastigheten till 2 km/h och på de andra platserna till 3-4 km/h. Spadarna sitter placerade på en roterande axel, fyra och fyra. Det aktuella redskapet hade sex omgångar spadar.

På samtliga platser genomfördes sådden i alla led samma dag, på tvärs mot bearbetningsriktningen, med Edenhall Advancer. Såbäddsberedning genomfördes vid behov. Målet var att bearbeta så lite som möjligt då Edenhall Advancer har bearbetande funktioner. Tidig sådd eftersträvades också, då bearbetningsmetoderna inte får påverka såtidpunkten negativt.

7.1.3 Praktiskt genomförande – iakttagelser

Höstbearbetning

På platsen Vragerup genomfördes Imants-körningarna på hösten endast till 25 cm djup då det annars tog stop i tröskspåren.

Vårbearbetning

På platsen Ädelholm genomfördes Imants-körningen på våren med en del stopp på grund av våta förhållanden. Även på platsen Bramstorp blev det flera stopp vid körning med Imants på våren på grund av blöta förhållanden, långsammare framkörningshastighet gav bättre resultat. Under körning med Imants på våren på platsen Vragerup blev det grundare än planerat, 25-27 cm i led 2 och 20-24 cm i led 4.

Sådd

Led 1 på platsen Stävie harvades en gång innan sådd. Samtliga led på platsen Bramstorp harvades med kulturharv, led 4 och 5 harvades även med Germinator. Måttligt bra resultat vid sådd på platsen Bramstorp, då vårbearbetade rutor var mycket fuktiga. Hela försöket på Vragerup harvades med både kulturharv och Germinator. En del av försöket harvades ytterliggare en gång.

Markfukten var av betydelse och troligen var det för vått på våren för Imants-körningarna. På hösten var dock markfukten mer passande. Resultatet av bearbetningen illustreras i figur 2.



Fig 2. Resultat av höstkörning med Imants på platsen Ädelholm.

7.2 Mätningar

En översikt över mätprogrammet redovisas i tabell 3. I de följande avsnitten ges en närmare beskrivning av utförandet. Samtliga redovisade resultat avser mätningar utförda i sårader som ej påverkats av traktorns eller såmaskinens hjul vid sådd.

Tabell 3. Mätprogrammet

	Bramstorp	Ädelholm	Vragerup	Stävie
Penetrometer	Alla led	Alla led	Alla led	Alla led
Vattenhalt	Alla led, rutvis	Alla led, ledvis	Alla led, ledvis	Alla led, rutvis
Infiltration	Led 1, 2, 3, 4	-	-	Led 1, 2, 3, 4
Blåfärgning	Led 1, 3, 4	Led 1, 3, 4	-	-
Frötäckning	Alla led	Alla led	Alla led	Alla led
Planträkning	Alla led	Alla led	Alla led	Alla led
Blastvikt	Alla led	Alla led	Alla led	Alla led
Rotvikt	Alla led	Alla led	Alla led	Alla led
Nackhöjd	Alla led	Alla led	Alla led	Alla led
Rotform	Alla led	Alla led	Alla led	Alla led
Polsockerskörd	Alla led	Alla led	Alla led	Alla led
Renhet	Alla led	Alla led	Alla led	Alla led
Socketthalt	Alla led	Alla led	Alla led	Alla led
K+Na	Alla led	Alla led	Alla led	Alla led

7.2.1 Penetrometer och vattenhalt



Fig 3. Penetrometern.

Mätningar av penetrationsmotståndet i jorden gjordes på samtliga platser i samtliga block. Två sårader, som ej påverkats av ekipagets hjul vid sådd, valdes ut och 15 stick gjordes i varje ruta i dessa drag. Mätningarna genomfördes mellan den 9 och 11 maj under mycket goda förhållanden. Penetrometern som användes var av märket Eijkelkamp, se figur 3. Jordprover togs ut på alla platser för bestämning av vattenhalt. På platserna Stävie och Bramstorp togs jordprover ut rutvis, med 5 stick per ruta, och på platserna Vragerup och Ädelholm togs jordprover ut ledvis, med 2 stick per ruta. Prover togs ut på tre nivåer i marken: 5-15 cm, 15-25 cm och 25-35 cm. Proverna torkades vid en temperatur av 105° i 90 timmar och vatteninnehållet kunde härmed bestämmas.

7.2.2 Infiltration

Mätningar av infiltrationshastighet i jorden gjordes på två platser: Bramstorp och Stävie. Led 1, 2, 3 och 4 valdes ut för att göra mätningar i. Led 5 valdes bort på grund av sämre uppkomst. På platsen Bramstorp gjordes mätningar i block 2, 3 och 4. Block 1 valdes bort då det under körningen med Imants hade uppstått vissa problem i detta block. På platsen Stävie gjordes mätningarna i block 1, 2 och 3. Mätningarna genomfördes mellan den 24 och 27 maj under goda, torra förhållanden utan avbrott för regn. Mätmetodens praktiska genomförande illustreras i figurerna 4 och 5.



Fig 4. Mätning i matjorden.



Fig 5. Mätning i alven.

Både matjorden, 0-20 cm, och alven, 20-35 cm undersöktes och två mätningar i respektive nivå gjordes per ruta. Stålcylindrar med diametern 160 mm och längden 350 mm användes, vilka drevs ner i marken med slägga. För mätning i matjorden drevs cylindern ned 20 cm under ytan och cylinder grävdes sedan loss och placerades på ett galler. Detta gjordes för att kunna göra mätningar just i detta skikt utan att flödet bromsas upp av underliggande jord. För mätning i alven grävdes 20 cm av matjorden bort och cylindern drevs sedan ned 15 cm. Cylindern fylldes därefter med vatten upptill en nivå 10 cm över jordytan i cylindern och klockan startades samtidigt. Vattenstrålen dämpades med en lite spade för att undvika att jordytan i cylindern slammade igen under påfyllningen. Vattennivån hölls konstant genom att vid behov fylla på mer vatten. Efter 5 min lästes vattennivån av och inget vatten fylldes på under de påföljande 5 min. Därefter mättes nivån igen och vatten fylldes på för att återigen hålla nivån konstant 10 cm över jordytan. 30 min efter start gjordes en ny mätning, och efter 60 min gjordes en tredje. Under den tredje mätningen ökades tidsintervallet till 10 min.

Jorden ansågs vara mättad under den tredje mätningen. Resultaten från dessa mätningar användes för att räkna fram konduktiviteten vid mättade förhållande för att kunna göra jämförelser mellan de olika behandlingarna. Vid den statistiska bearbetningen användes ett aritmetiskt medelvärde av de två proverna i varje ruta. I de fall där resultat från tredje mätningen ej fanns, användes resultat från den andra mätningen. Så skedde när jorden i matjordsproverna rasade igenom röret, på grund av att jorden luckrats upp, innan tredje mätningen hunnits göras.

Konduktiviteten framräknades ur Darcys lag. Fri vattenytan antogs vara i nivå med cylinderns underkant.

$$U_r \quad q = k * (\Delta H / \Delta x)$$

där q = vattenflöde
 k = konduktivitet
 ΔH = hydraulisk gradient
 Δx = jordskiktets tjocklek

$$f\ddot{a}s \quad k = ((h_2 - h_1) / \Delta t) * (\Delta x / ((H_1 + H_2) / 2))$$

där h_1 = avstånd från cylinderns kant till vattenytan i cylindern vid första avläsningen
 h_2 = avstånd från cylinderns kant till vattenytan i cylindern vid andra avläsningen
 Δt = tid mellan mätningarna
 H_1 = avstånd från antagen fri vattenyta till vattenyta i cylindern vid första avläsningen
 H_2 = avstånd från antagen fri vattenyta till vattenyta i cylindern vid andra avläsningen

För att få ett värde på konduktiviteten i hela profilen räknades ett harmoniskt medelvärde fram från värdet i matjorden och värdet i alven (Keller, 2006, pers. med.).

$$k_{\text{profil}} = 1 / \left((1 / n) * \sum (1 / k_{\text{skikt}}) \right)$$

där k_{profil} = konduktivitet för hela profilen
 n = antal skikt
 k_{skikt} = konduktivitet för respektive skikt

Uträkningen av harmoniskt medelvärde för konduktiviteten i hela profilen kan jämföras med hur man inom ellära beräknar vilket motstånd som kan ersätta två seriekopplade resistorer (Keller, pers med).

För att kunna göra variansanalys på resultaten från mätningarna är det en förutsättning att de olika värdena på konduktiviteten är normalfördelade. Vid mätning av vattengenomsläpplighet kan det vara svårt att få resultat som är normalfördelade på grund av stora variationer inom fältet och relativt få mätningar. Genom att logaritmera resultaten kommer man närmare en normalfördelning (Keller, pers. med.). Variansanalys genomfördes både med resultat före logaritmering och efter. Fanns skillnader i resultat från variansanalysen mellan de logaritmerade och de icke logaritmerade värdena, användes resultaten från de logaritmerade.

7.2.3 Blåfärgning

Teori

I obearbetad mark skapas ett makroporsystem som sköter transporten av växtnäring och vatten samt utväxlingen av syre. Detta system påverkas när marken bearbetas. Metoden att infiltrera marken med ett blått, svag anjoniskt ämne syftar till att kunna hitta de delar av makroporsystemet som fortfarande har anslutningar genom profilen trots att en bearbetning genomförts. Härigenom kan olika bearbetningssystem utvärderas.

Utrustningen

Utrustningen som användes vid blåfärgningen, se figur 6, består av en enhet med pump och vattenbehållare och en enhet med en motordriven sprutrampe. Sprutrampen sitter upphängd på en ca 1,6 m lång balk och drivs fram och åter längs balken med en elmotor. Sex stycken munstycken sitter placerade längs sprutrampen på 250 mm avstånd. Sprutrampens hastighet längs balken går att variera steglöst. En ram av plexiglas, 160x160x80 cm, placeras runt platsen där blåfärgningen ska genomföras, detta för att minska risken för vindavdrift. Balken med sprutrampen placeras ovanpå plexiglasramen.



Fig 6. Utrustningen testas på Ädelholm.

Pumpen drivs av en motor på 1,5 kW och trycket går att variera steglöst. Ett bensindrivet elverk med en effekt på 2,6 kW användes för att driva utrustningen. En funktionskontroll av utrustningen, utförd av tillverkaren, visade att spridningsvariationen i sprutbommens färdriktning gav en variationskoefficient på 1-5 % och variation i sprutbommens längdriktning gav en variationskoefficient på 6 %. Detta ligger i nivå med eller lägre än liknande konstruktioner på marknaden. Kravet på spridningsjämnhet i bommens längdriktning för lantbrukets bomsprutor är att variationskoefficienten ej får överstiga 10 %, enligt EN 13790-1.

Färgämnet som användes marknadsförs under namnet Brilliant Blue FCF, CAS-nummer 3844-45-9. Användningsområdet i övrigt är som färgämne i livsmedel - då under beteckningen E 133.

Val av plats för blåfärgning

På grund av att metoden är resurs- och tidskrävande begränsades mätningarna till tre rutor per plats och två platser. På planeringsstadiet var tanken att genomföra mätningarna på försöksplatserna Stävie och Bramstorp, för att kunna koppla ihop resultaten från blåfärgningen med resultaten från infiltrationsmätningarna. Ett mycket dåligt bestånd på platsen Stävie ledde dock till att det beslutades att inte mäta skörden på denna plats. Därför genomfördes blåfärgning i stället på platsen Ädelholm.

Leden höstplöjt, Imants vår och Imants höst bedömdes vara mest intressanta att genomföra blåfärgning i. För att hitta rutor med ett högt plantantal jämfördes antalet plantor, frånsett sent uppkomna betor, så kallade pellar, mellan blocken. Högt plantantal ger bättre förutsättningar att i fält hitta lämplig plats för blåfärgning, då man gärna vill ha fullt bestånd av plantor på ytan där blåfärgning genomförs. Block 3 valdes på platsen Ädelholm och block 2 valdes på platsen Bramstorp. I de utvalda leden inom de två blocken valdes en lämplig plats ut för blåfärgning i respektive ruta.

Genomförande

Blåfärgningen genomfördes under augusti månad: på platsen Bramstorp den 7-11 augusti och på platsen Ädelholm den 21-25 augusti. Blasten skars bort från betorna på en yta av ca 2x2 m där blåfärgningen skulle göras. Ramen placerades så att de två betraderna som skulle undersökas var centrerade mellan plexiglasväggarna och den drivna balken placerades så att sprutrampen rörde sig längs med betraderna. Sprutmunstycket Albusz AVI 80-01 användes, detta för att kunna ha ett relativt högt flöde utan att hög risk för vindavdrift. Vatten påfördes med sprutrampen med ett flöde på ca 0,2 liter per minut. Augusti var en mycket nederbördsrik månad i Skåne och båda platserna var blöta vid tillfällena för blåfärgning. Därför bedömdes 80 mm vara en lämplig vattenmängd för att uppnå en vattenhalt i jorden motsvarande dräneringsjämvikt. För att undvika att det påförda vattnet skulle evaporeras täcktes rutorna över efter det att vattningen var klar. Efter ca 20 timmar påbörjades färgningen. 40 mm vätska påfördes. Koncentrationen var 2 g Brilliant blue per liter vatten. Platsen täcktes återigen över med presenning för att undvika att nederbörd skulle påverka färgens nedträngning i profilen. Under både vattning och färgning reglerades flödet och rampens hastighet för att undvika att stora mängder vatten blev stående i pölar på markytan.

Efter ytterligare ett dygn grävdes en grop med grävmaskin i ena kanten av rutan. Denna grop fungerade som "stågrop". Härifrån grävdes snitt fram för hand och jorden kunde kastas bakåt i gropen. 5 snitt grävdes fram och ytan i varje snitt preparerades fram med kniv. Varje snitt fotograferades och en ram med ett rutnät sattes upp och fungerade som referens vid fotograferingen. Detta för att i efterhand utifrån bilderna kunna bedöma andelen färgad yta vid olika djup. En bild togs per 6 rutor av rutnätet och en ruta i nätet hade måtten 10x10 cm. Betorna i snittet fotograferades även. Första snittet i varje grop grävdes ut så att ett snitt motsvarande tio rutors djup kunde fotograferas. Övriga snitt grävdes på platsen Ädelholm ut så att sex rutors djup kunde fotograferas och på platsen Bramstorp ut så att åtta rutors djup kunde fotograferas. Rutnätets övre kant placerades fem centimeter under markytan. Ett exempel visas i figur 7.

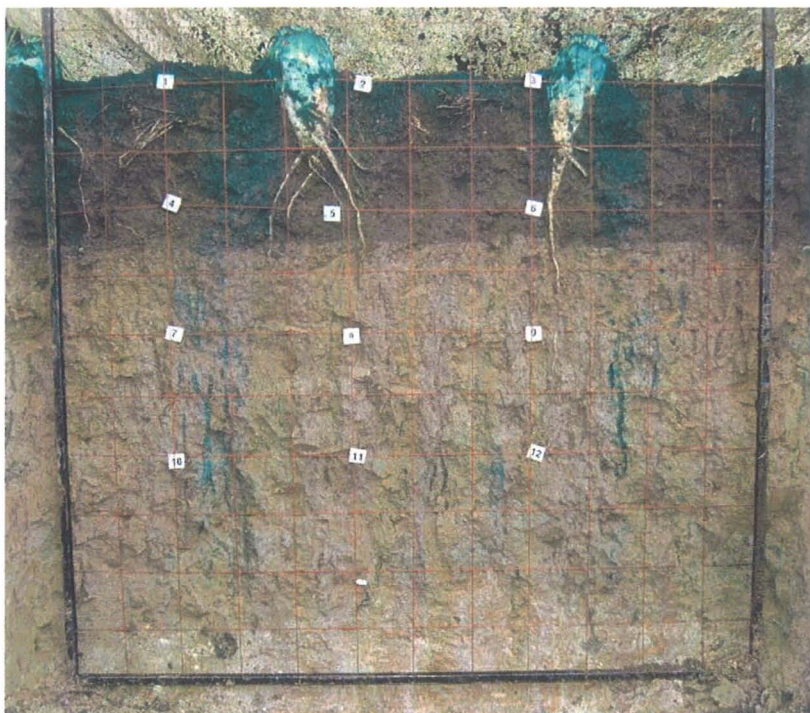


Fig 7. Första snittet i gropen i ledet Imants vår på platsen Bramstorp.

En allmän bedömning av profilen gjordes även, där bland annat matjordsdjup, plogsula och eventuella effekter av mellangröda studerades.

Behandling av resultat

Bilderna från undersökningen studerades okulärt. Det bedömdes hur stor andel av ytan i varje ruta i varje skikt som blivit blåfärgad. Ett medelvärde för varje djup, motsvarande 10 cm, i varje skikt räknades fram. Med Students t-test gjordes jämförelser för att analysera om de olika behandlingarna sannolikt gav olika andel färgad jord. Tvåsampeltest med lika varians och tvåsidig fördelning användes, med snitten som replikat. För att kunna bedöma profilen i sin helhet beräknades medelvärden på olika samlade djup och även dessa genomgick ett t-test.

För att åskådliggöra färgandelen i gropens samtliga skikt gjordes en bild som illustrerar en genomlysning av alla fem skikten. Rutor med en färgandel över 10 % gavs siffran 1, övriga gavs siffran 0. Antalet 1:or i de olika skikten för varje ruta, maximalt 5 stycken, adderades. Beroende på antal 1:or gavs varje ruta en färg.

7.2.4 Rotform

För att få ytterligare en indikation på om huruvida de olika bearbetningsmetoderna och tidpunkterna skapar olika gynnsamma förhållande för betan att växa i bedömdes rotformen. Samtidigt som betor togs upp för skördeanalys, togs på varje plats ytterligare ca 50 betor upp vilka släpptes ned på marken direkt efter betupptagaren. Betorna bedömdes efter en av SBU fastställd femgradig skala. Helt symmetriska betor utan förgreningar och med helt rak rot gavs betyget 5, medan kraftigt greniga och snedvridna betor gavs betyget 1. På platsen Bramstorp skadades betorna så svårt av upptagningen att en bedömning av dessa betor inte ansågs helt tillförlitlig. Därför grävdes tio betor upp för hand i varje ruta, varpå dessa bedömdes efter samma skala. Bedömningarna på de olika platserna genomfördes under september och oktober månad. Resultaten jämfördes med variansanalys i SAS – dels platsvis och dels som en sammanslagning av platserna med block och plats som replikat. På platsen Bramstorp jämfördes även de båda metoderna att bedöma rotform.

7.2.5 Övriga mätningar

Planträkning, bestämning av blast- och rotvikt, mätning av frötäckning, mätning av nackens höjd över marken samt skördemätningar genomfördes av Hushållningssällskapet Malmöhus försökspatrull samt av SBU, enligt av SBU uppsatta normer. Alla mätningar utom nackhöjd genomfördes på försommaren, nackhöjden mättes i september. Statistiska jämförelser av dessa resultat genomfördes av SBU, med Fischers LSD.

Skördemätningar gjordes både i rader som påverkats av traktor- eller såmaskinshjul under sådd och i rader som inte påverkats av något hjul under sådd. Även planträkning gjordes i båda typerna. Blast- och rotvikt, frötäckning och nackhöjd mättes dock endast i rader som inte påverkats av hjul vid sådd. Eftersom undersökningar av penetrationsmotstånd och infiltrationshastighet gjorts i rader som inte påverkats av hjul vid sådd, beslutades det att även från övriga undersökningar endast använda resultatet från rader som inte påverkats av hjul vid sådd.

Blast- och rotvikt bestämdes för att hitta skillnader i sockerbetans tidiga utveckling. Frötäckning mättes för att se om såbotten skiljde sig åt mellan de olika behandlingarna. Mätning av nackens höjd över marken gjordes för att få ytterligare en indikation på hur hårt det varit i marken där sockerbetan vuxit.

Platsen Stävie bedömdes på grund av bristfälligt plantantal i alla led inte vara värd att skörda. Därför redovisas inom vissa mätningar bara resultatet från de tre övriga platserna.

7.3 Andra försök

SBU driver ett omfattande projekt som går under titeln "Mot maximal regional tillväxtpotential - ett On Farm Research-projekt i sockerbeter". 7 gårdar från olika delar av Skåne, representerande olika mineralogi men en högre sockerskörd i relation till medeltal för regionen, har valts ut att delta i projektet. Projektet kallas "Team 20/20", då målet är att minska kostnaderna i betodlingen med 20 % och samtidigt öka sockerskörden med 20 %. Bland annat utvärderas olika bearbetningssystem, såsom plöjningsfritt och grund plöjning. Under år 2006 nyttjades samma djupbearbetande, roterande redskap som användes i Imants-försöket, på 5 av gårdarna inom "Team 20/20". Resultat från mätningar inom "Team 20/20" kan därför vara intressanta att ta del av inför analysen av resultaten från Imants-försöket. Ett mycket stort antal parametrar beaktas inom "Team 20/20". Resultat från bland annat infiltrationsmätningar och skördemätningar ansågs intressanta att ta med i denna rapport. Ledet gårdens standard jämfördes med ledet Imants höst på gårdarna. Statistisk jämförelse av dessa resultat gjordes med Students t-test, tvåsidig och parad.

8. Resultat

Om inget annat anges är resultaten tagna från mätningar gjorda i betrader som inte påverkats av traktorns eller såmaskinens hjul vid sådd. Gäller ej blåfärgningen, där rader av båda typerna ingår.

8.1 Penetrometer och vattenhalt

8.1.1 Penetrometer

Tabell 4 visar överskådligt signifikanta skillnader i penetrationsmotstånd mellan leden. För varje led på varje plats kan man se på vilka djup motståndet är mindre än eller större än i något annat led på samma plats. Exempelvis är motståndet i ledet plog höst mindre än i ledet Imants vår på platsen Ädelholm på de djup som redovisas i tabellen.

Tabell 4. Signifikanta skillnader i penetrationsmotstånd

Plats/djup	Plog höst, PH	Plog+Imants, PI	Imants höst, IH	Imants vår, IV	Plog vår, PV
Ädelholm					
3-7 cm	< IV	< IV	< IV	> PH, PI, IH	
10-18 cm	< IV	< IV	< IV	> Alla	< IV
18-30 cm	< IV	< IV	< IV	> PH, PI, IH	
Bramstorp					
5-7 cm	< PV	< PV	< PV	< PV	> Alla
20-23 cm	> IH		< IV, PH	> IH	
23-28 cm	> IH	> IH	< IV, PH, PI	> IH	
28-30 cm			< IV	> IH	
Stävie					
0-5 cm		> PV			< PI
5-11 cm	> PV	> PV			< PI, PH
11-19 cm	> PV, PI, IH	< PH	< PH		< PH
21-30 cm			< IV	> IH	
Vragerup					
0-10 cm	< PV	< PV	< PV		> PH, PI, IH
29-33 cm		> IH	< PI		

På platsen Ädelholm, figur 8, var penetrationsmotståndet på djupen 3-7 cm och 10-30 cm signifikant högre i ledet Imants vår än i de tre höstbearbetade leden. På djupet 10-18 cm var motståndet även signifikant högre i ledet Imants vår än i ledet plog vår.

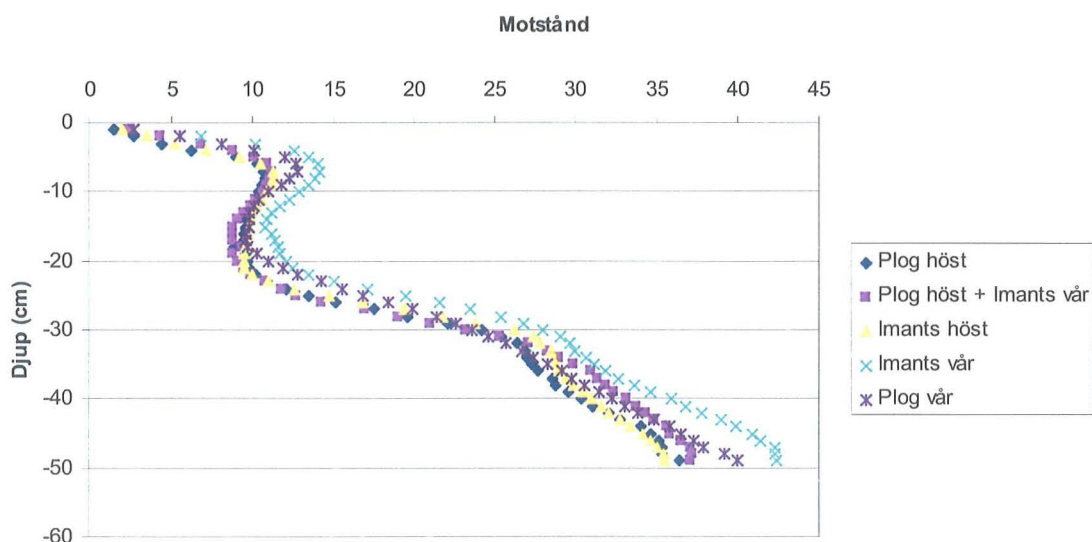


Fig 8. Mätning av markens penetrationsmotstånd i samtliga led på platsen Ädelholm.

På platsen Bramstorp, figur 9, var penetrationsmotståndet i ledet plog vår signifikant högre än i de övriga leden på djupet 5-7 cm. På djupet 20-30 cm var motståndet signifikant högre i ledet Imants vår än i ledet Imants höst. På djupet 23-28 cm var motståndet i ledet plog höst + Imants vår signifikant högre än i ledet Imants höst. På djupet 20-28 cm var motståndet signifikant högre i ledet plog höst än i ledet Imants höst.

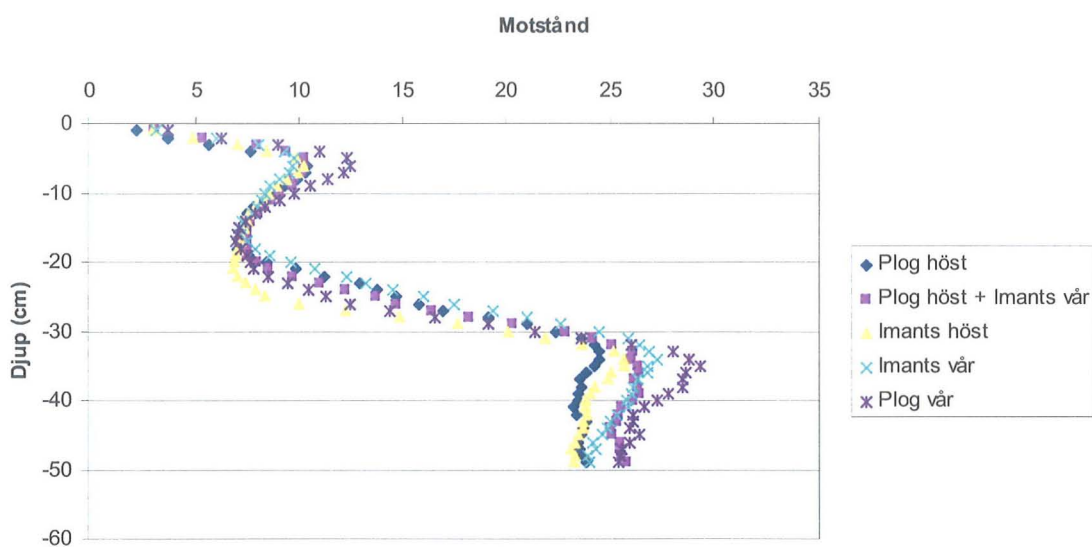


Fig 9. Mätning av markens penetrationsmotstånd i samtliga led på platsen Bramstorp.

På platsen Stävie, figur 10, var penetrationsmotståndet i ledet plog höst + Imants vår signifikant högre än plog vår på djupet 0-11 cm. På djupet 5-19 cm var motståndet signifikant högre i ledet plog höst än i ledet plog vår. På djupet 11-19 cm var motståndet i ledet plog höst signifikant högre än i ledet Imants höst och i ledet plog höst + Imants vår. På djupet 21-30 cm var motståndet signifikant högre i ledet Imants vår än i ledet Imants höst.

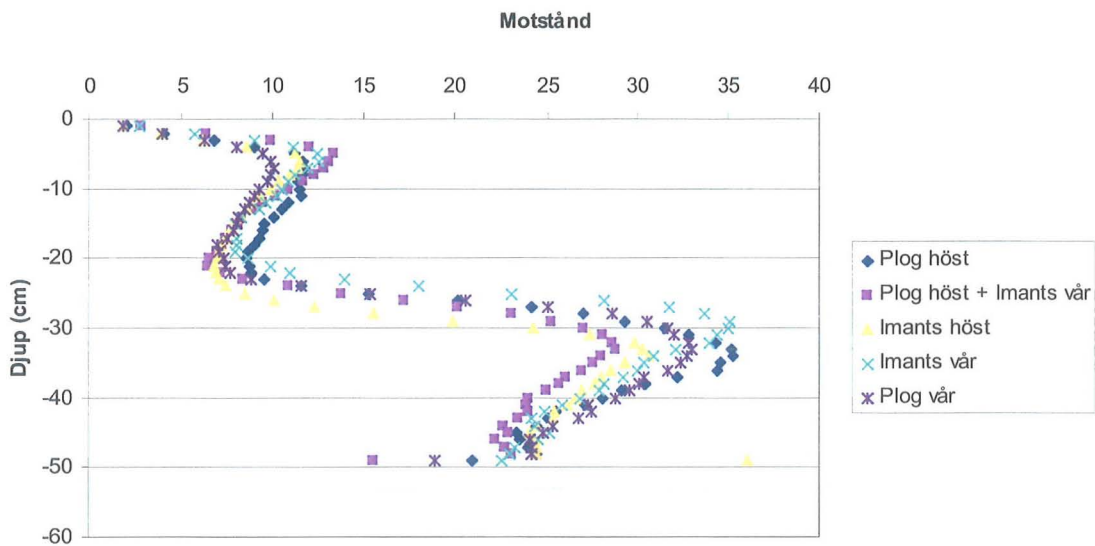


Fig 10. Mätning av markens penetrationsmotstånd i samtliga led på platsen Stävie.

På platsen Vragerup, figur 11, var penetrationsmotståndet i ledet plog vår signifikant högre än i de höstbearbetade leden på djupet 0-10 cm. På djupet 29-33 cm var motståndet signifikant högre i ledet plog höst + Imants vår än i ledet Imants höst.

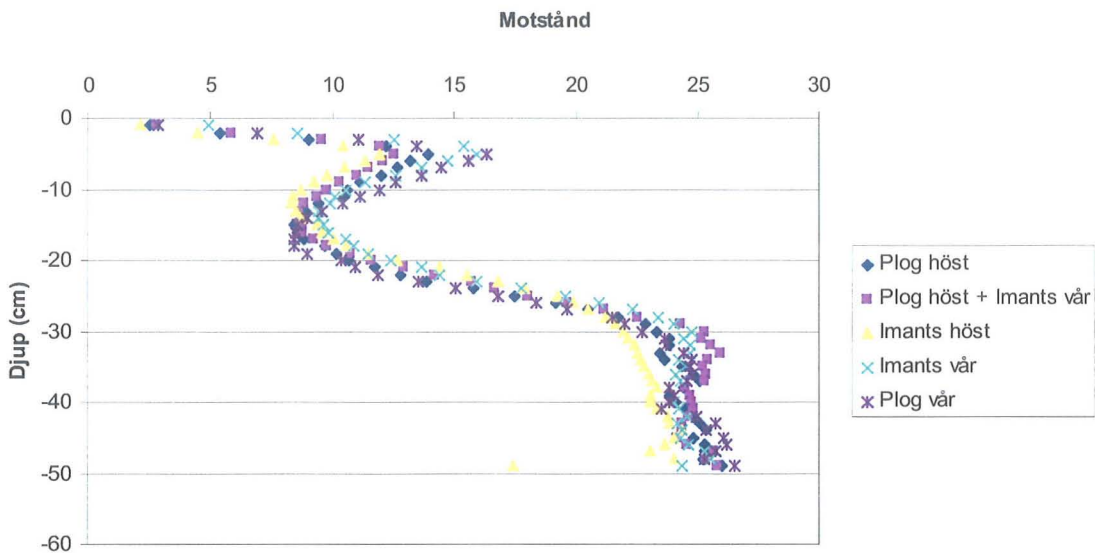


Fig 11. Mätning av markens penetrationsmotstånd i samtliga led på platsen Vragerup.

8.1.2 Vattenhalt

Inga tydliga skillnader i vattenhalt kunde hittas vid en jämförelse mellan de fem leden på de fyra platserna, se figur 12-15.

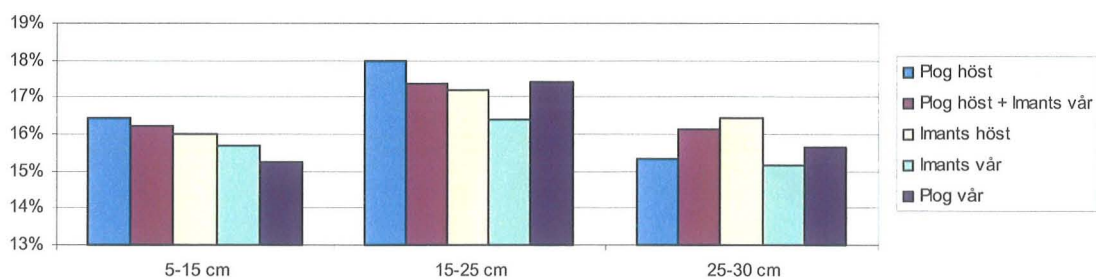


Fig 12. Vattenhalt på platsen Bramstorp, torr bas. Medelvärde av rutvis prover.

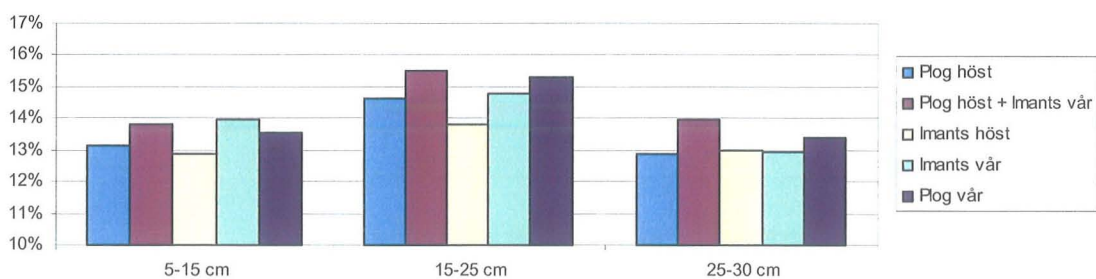


Fig 13. Vattenhalt på platsen Stävie, torr bas. Medelvärde av rutvis prover.

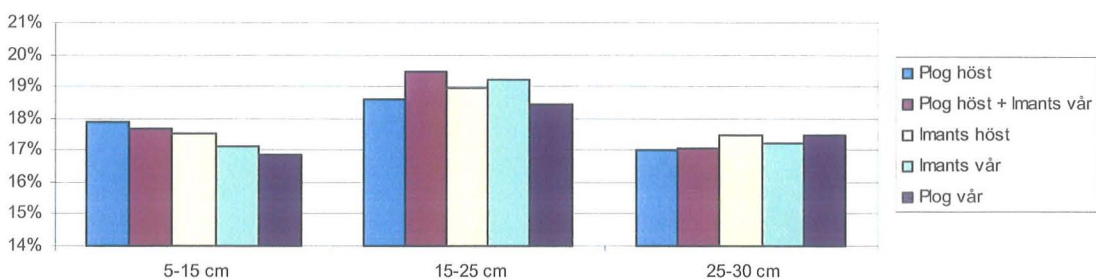


Fig 14. Vattenhalt på platsen Ädelholm, torr bas. Samlat prov per led.

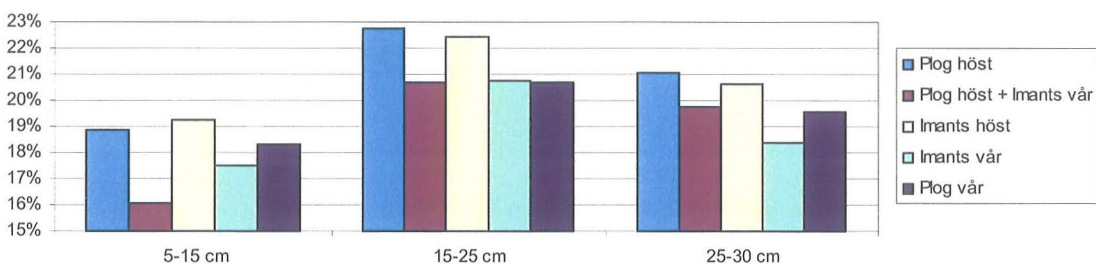


Fig 15. Vattenhalt på platsen Vragerup, torr bas. Samlat prov per led.

8.2 Infiltration

Infiltrationshastigheten i matjorden var signifikant lägre i ledet plog höst + Imants vår än i de övriga leden på platsen Bramstorp. På platsen Stävie kunde inga signifikanta skillnader mellan leden visas. Se figur 16.

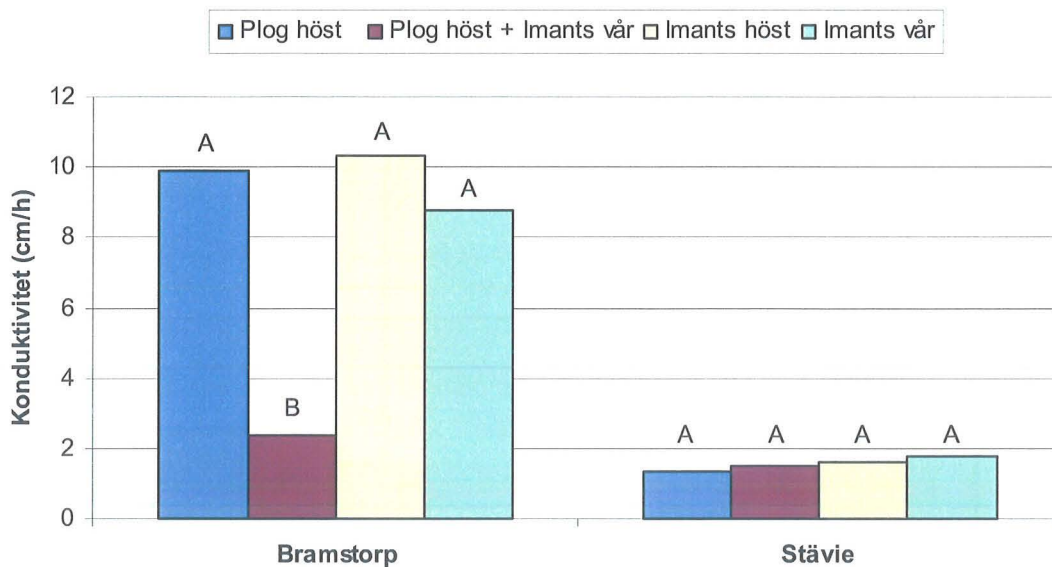


Fig 16. Hydraulisk konduktivitet vid mättade förhållande i matjorden på platserna Bramstorp och Stävie. Staplar med samma bokstav är ej signifikant skilda från varandra. Signifikansnivå 5 %.

I alven kunde inga signifikanta skillnader i infiltrationshastighet mellan leden visas på platsen Bramstorp. På platsen Stävie var infiltrationshastigheten signifikant högre i led 3 än i led 2, medan infiltrationshastighet i led 1 och 4 inte skiljde sig signifikant vare sig från varandra eller från de övriga leden. Se figur 17.

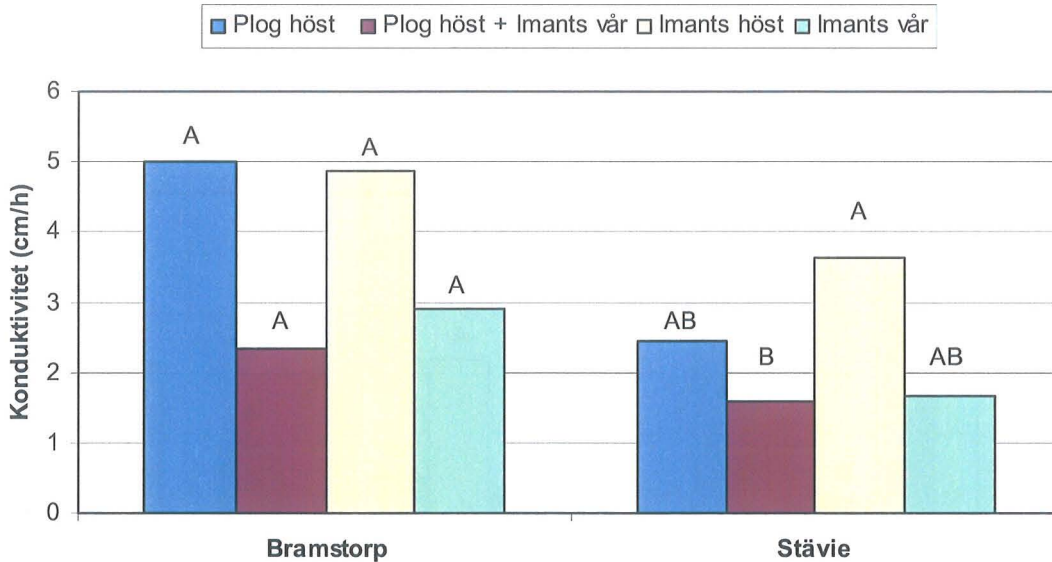


Fig 17. Hydraulisk konduktivitet vid mättade förhållande i alven på platserna Bramstorp och Stävie. Staplar med samma bokstav är ej signifikant skilda från varandra. Signifikansnivå 5 %.

En sammanvägning av infiltrationshastigheten i de båda skikten, figur 18, visade att led 2 på platsen Bramstorp hade signifikant lägre infiltrationshastighet än de övriga leden på platsen. På platsen Stävie visade sammanvägningen att led 3 hade signifikant högre infiltrationshastighet än led 2, medan infiltrationshastigheten i led 1 och 4 inte skiljde sig signifikant från de övriga leden på platsen.

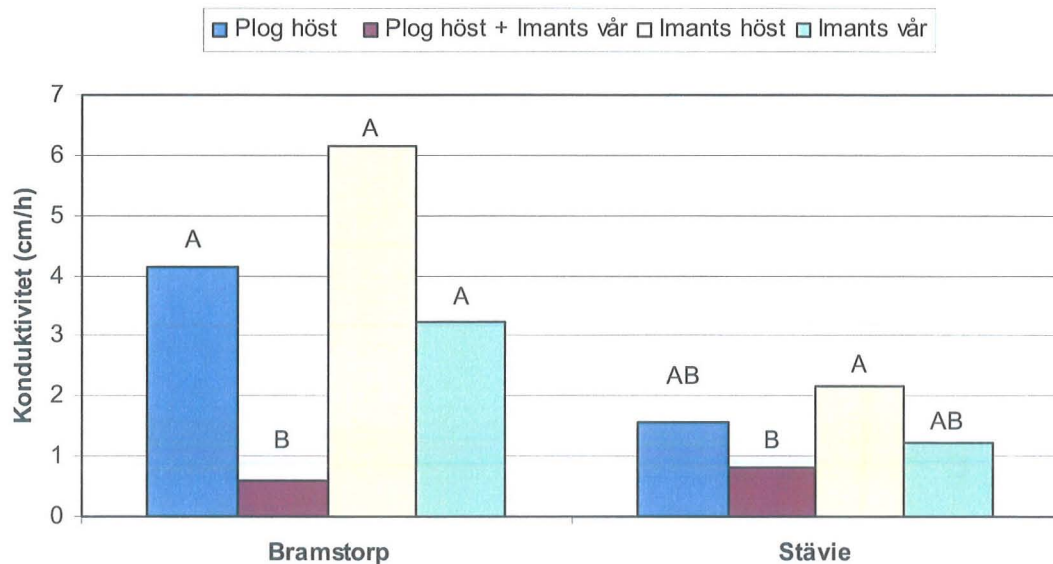


Fig 18. Hydraulisk konduktivitet vid mättade förhållande i hela profilen på platserna Bramstorp och Stävie. Sammanslagningen avser ett harmoniskt medelvärde av de båda skikten. Staplar med samma bokstav är ej signifikant skilda från varandra. Signifikansnivå 5 %.

Test av samspel mellan plats och bearbetningsmetod visade inte att något samspel fanns. En analys av en sammanslagning av resultatet från de båda platserna, figur 19, visade att infiltrationshastigheten i matjorden var signifikant lägre i ledet plog höst + Imants vår jämfört med leden plog höst och Imants höst. Samma signifikanta skillnad kunde hittas i alven. Infiltrationshastigheten för hela profilen var signifikant lägre i ledet plog höst + Imants vår än i de övriga leden.

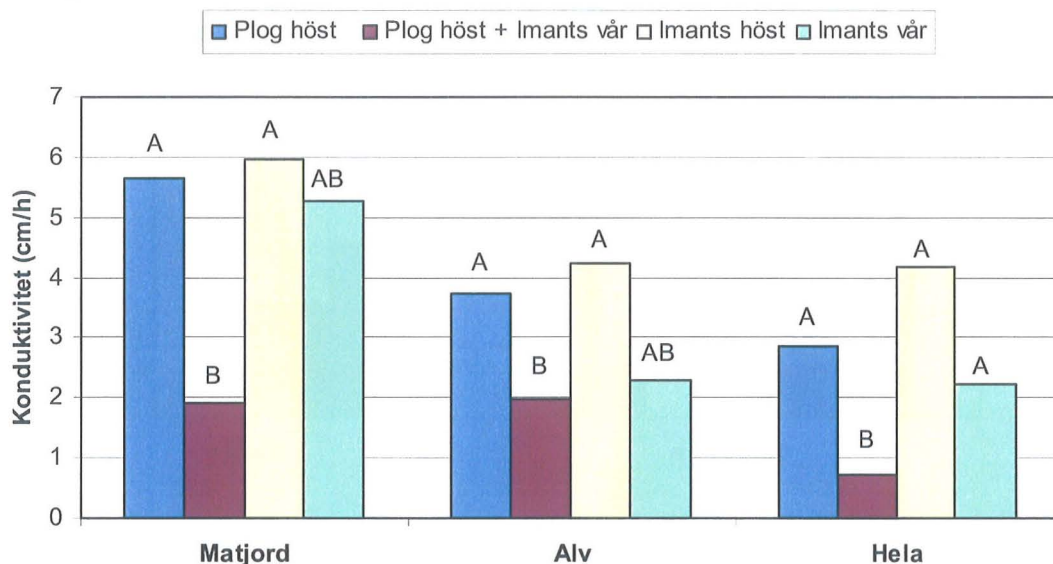


Fig19. Sammanslagning av de båda platserna Stävie och Bramstorp. Hydraulisk konduktivitet vid mättade förhållande. Kategorin "Hela" avser ett harmoniskt medelvärde av infiltrationshastigheten vid i de båda skiten. Staplar med samma bokstav är ej signifikant skilda från varandra. Signifikansnivå 5 %.

8.3 Blåfärgning

8.3.1 Färgandel per djup

På platsen Bramstorp var mängden blåfärg signifikant högre i ledet Imants vår än i leden plog höst och Imants vår på djupet 5-15 cm. Även på djupet 15-25 cm var mängden högre i detta led, dock ej signifikant. På djupet 45-75 cm var mängden blåfärg signifikant högre i leden Imants höst och Imants vår än i ledet plog höst. Se figur 20.

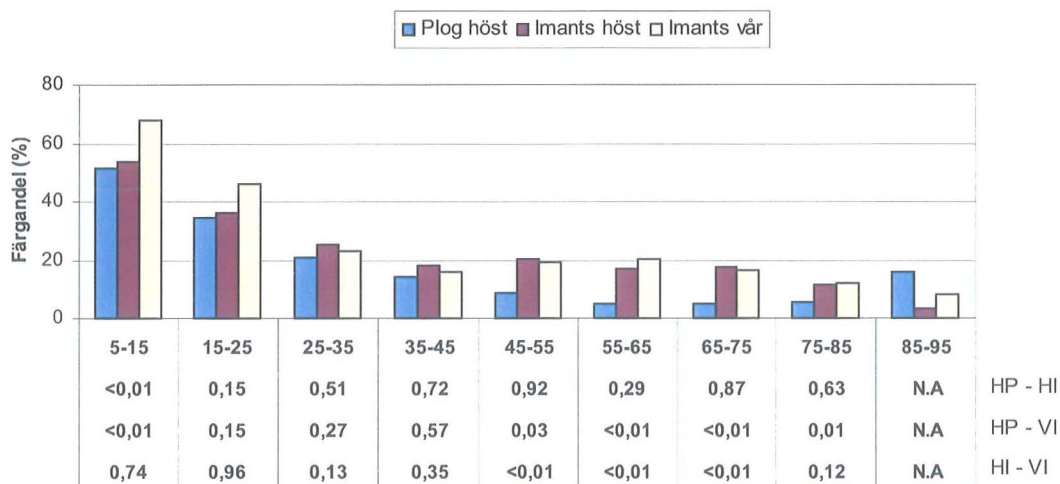


Fig 20. Andel blåfärgad yta vid olika djup på platsen Bramstorp. P-värde för jämförelse mellan led där HP = Höstplöjt, HI = Imants höst och VI = Imants vår.

På platsen Ädelholm var tendenserna desamma i övre delen av profilen. Mängden blåfärg på djupet 5-15 cm var signifikant högre i ledet Imants vår än i de två andra leden. På djupet 15-25 cm var mängden blåfärg signifikant högre i både ledet Imants höst och Imants vår jämfört med ledet plog höst. På djupet 25-35 cm var mängden blåfärg signifikant högre i ledet Imants höst än i de övriga två leden. Under 35 cm syntes inga signifikanta skillnader. Se figur 21.

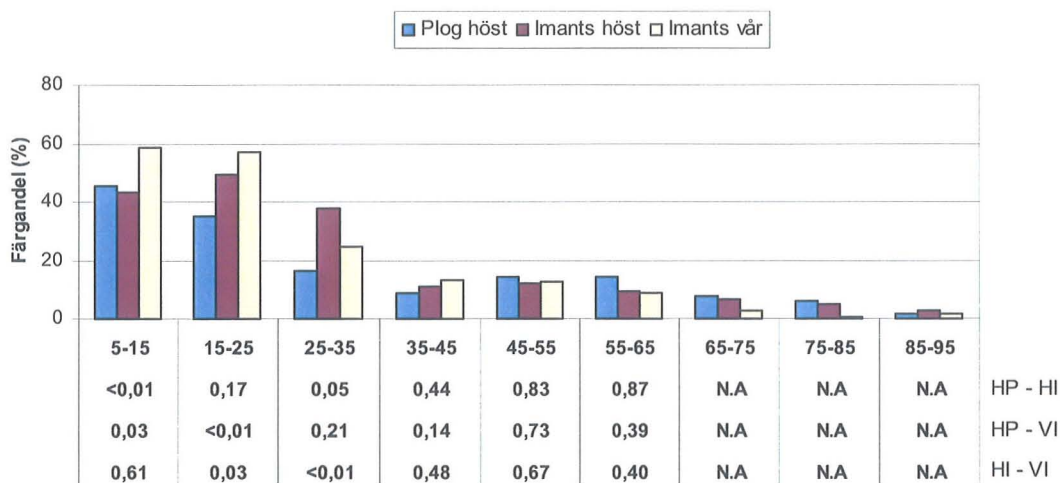


Fig 21. Andel blåfärgad yta vid olika djup på platsen Ädelholm. P-värde för jämförelse mellan led där HP = höstplöjt, HI = Imants höst och VI = Imants vår.

I diagrammen nedan, figur 22 och 23, tydliggörs ytterliggare de resultat som redovisats ovan. På platsen Bramstorp var mängden blåfärg signifikant högre på djupet 5-35 cm i ledet Imants vår jämfört med plog höst. Jämfört med Imants höst var färgandelen troligen signifikant högre i ledet Imants vår. På djupet 35-65 cm var mängden blåfärg signifikant högre i de djupbearbetade leden än i det plöjda ledet. På djupet 15-65 cm var mängden blåfärg signifikant högre i ledet Imants vår jämfört med ledet plog höst. Signifikansnivå 5 %.

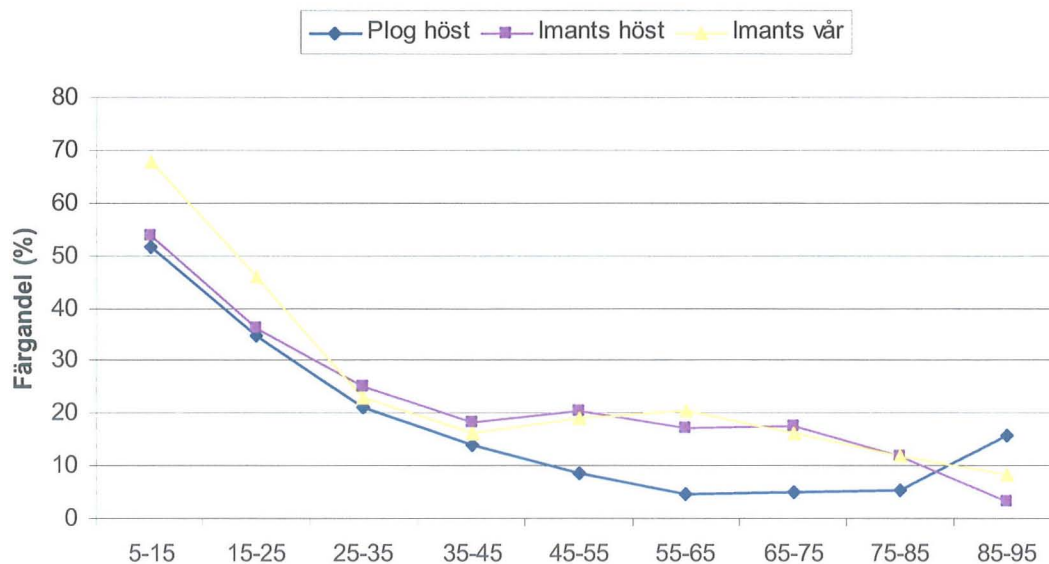


Fig 22. Färgandel vid olika djup på platsen Bramstorp.

På platsen Ädelholm var mängden blåfärg signifikant högre i de djupbearbetade leden än i det plöjda på djupet 5-35 cm. I övrigt hittades inga signifikanta skillnader.

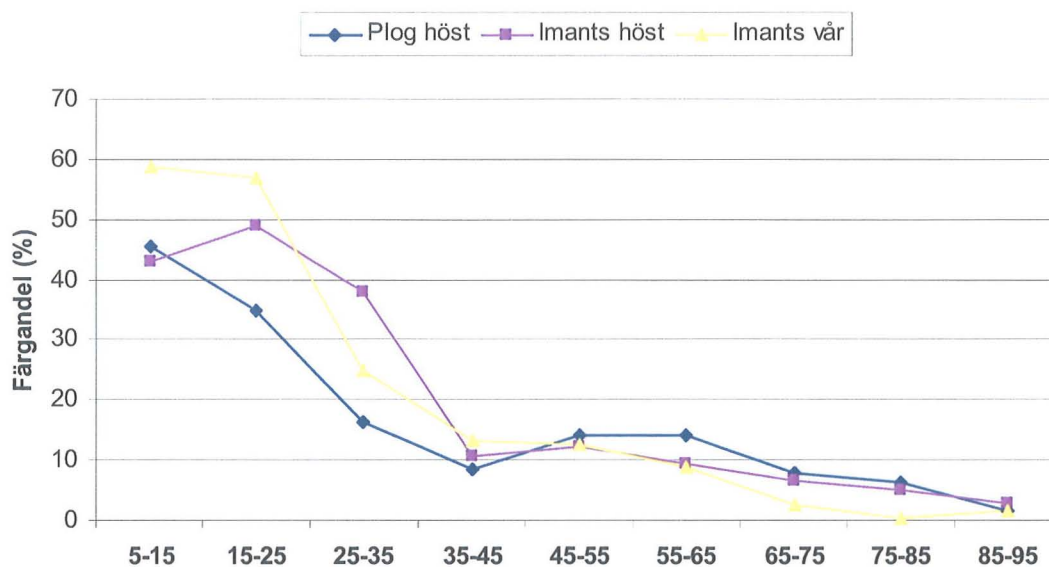


Fig 23. Färgandel vid olika djup på platsen Ädelholm.

8.3.2 Gropvis åskådliggörande

En genomlysning av skikten i varje led på platsen Bramstorp visade att färgen trängt ned djupare i fler skikt i de djupbearbetade leden än i det plöjda ledet. Djupast trängde färgen i ledet Imants vår. Se figur 24.

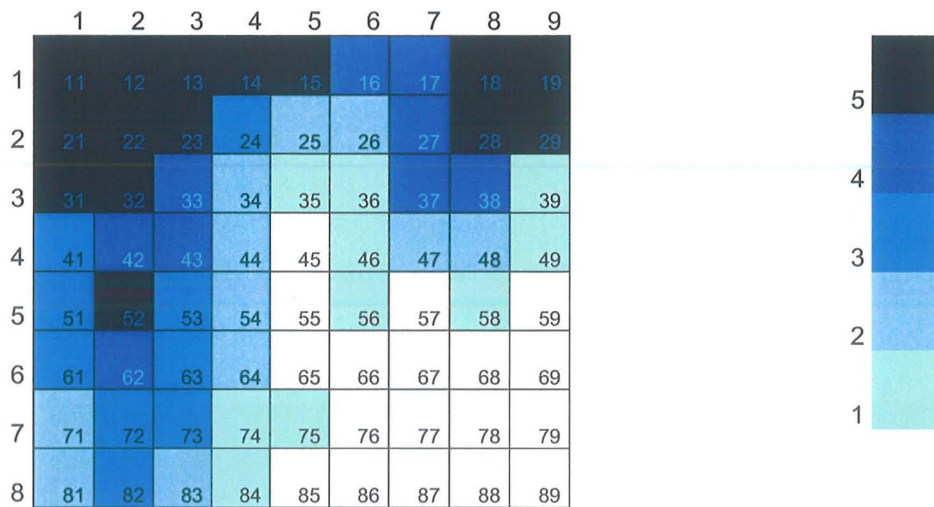


Fig 24a. Plog höst.

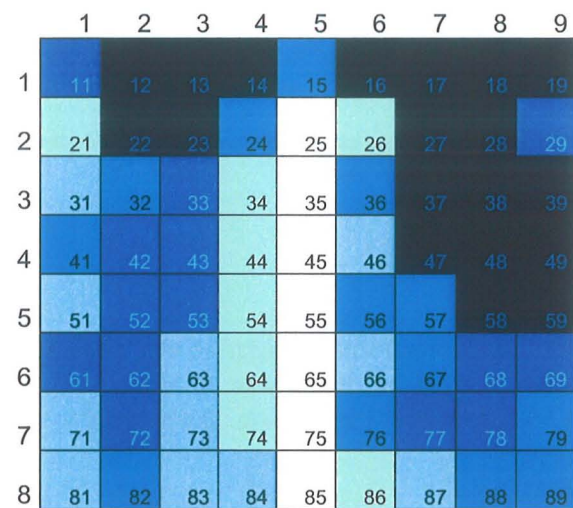


Fig 24b. Imants höst.

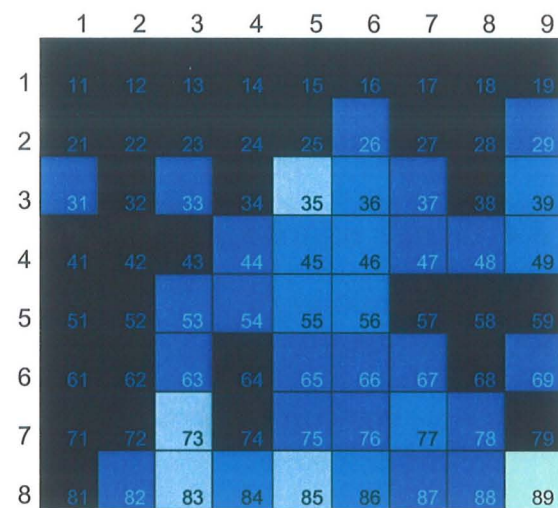


Fig 24c. Imants vår.

Fig 24. Åskådliggörande av färgandel i groparna på platsen Bramstorp. Färgerna betecknar antal snitt med mer än 10 % färgad yta.

På platsen Ädelholm visade genomlysningen att färgandelen var högre i övre delen av profilen i de båda djupbearbetade leden jämfört med det plöjda ledet. Färgen hade även nått djupare i dessa två leden. Se figur 25.

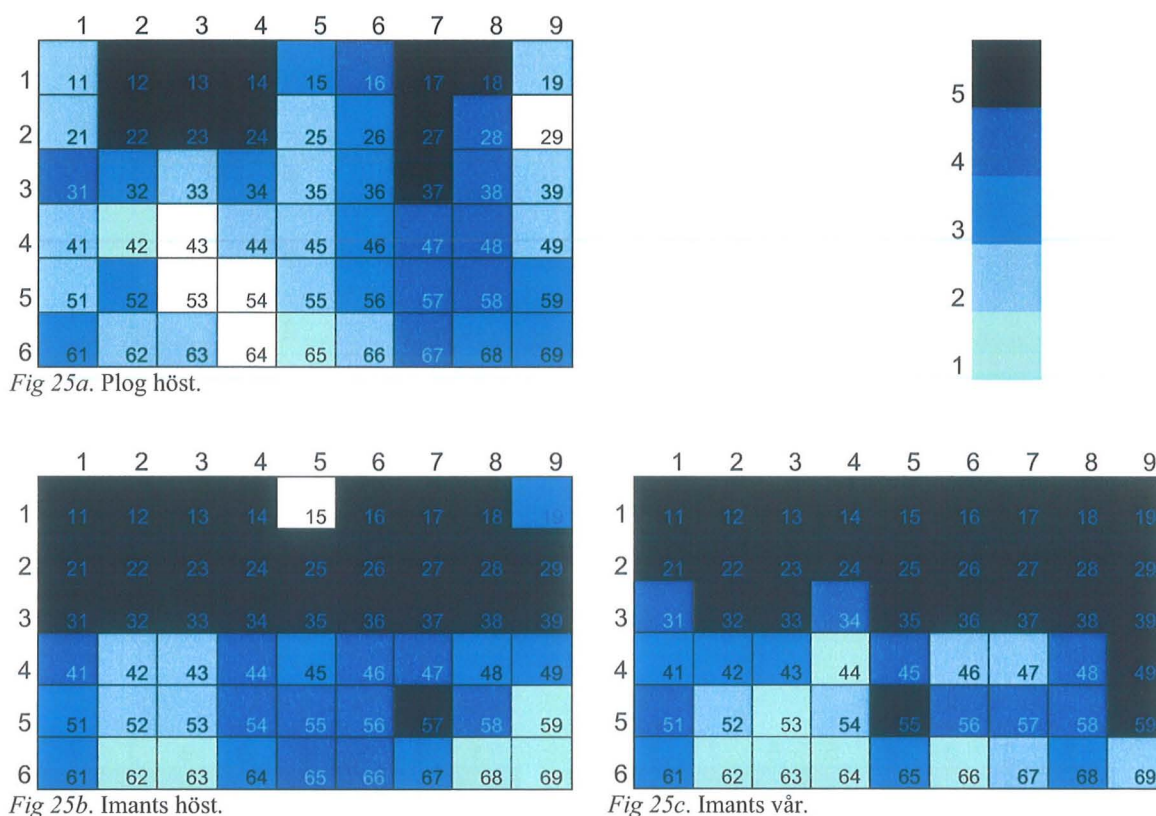


Fig 25. Åskådliggörande av färgandel i groparna på platsen Bramstorp. Färgerna betecknar antal snitt med mer än 10 % färgad yta.

8.4 Övriga mätningar

8.4.1 Planträkning

På ingen av platserna fanns signifikanta skillnader i totalt plantantal, se figur 26 och tabell 5. Skillnader fanns dock i andel sent uppkomna plantor. Främst var det ett stort antal sent uppkomna plantor i leden Imants vår och Imants höst, men också ledet plog höst + Imants vår visade liknande tendens.

Test av samspel mellan led och plats visade inte att det fanns samspel mellan bearbetningsmetod och plats, vare sig gällande totalt plantantal eller andel sent uppkomna. P-värde 0,32 respektive 0,33. Resultatet av sammanslagningen av de tre platserna visar att plantantalet var signifikant lägre i leden Imants vår och plog vår än i de övriga leden. Antalet sent uppkomna plantor var signifikant högre i leden Imants vår och plog vår. Leden plog höst och Imants höst hade lägre antal sent uppkomna plantor än ledet plog höst + Imants vår. Skillnaden var dock inte signifikant för Imants höst.

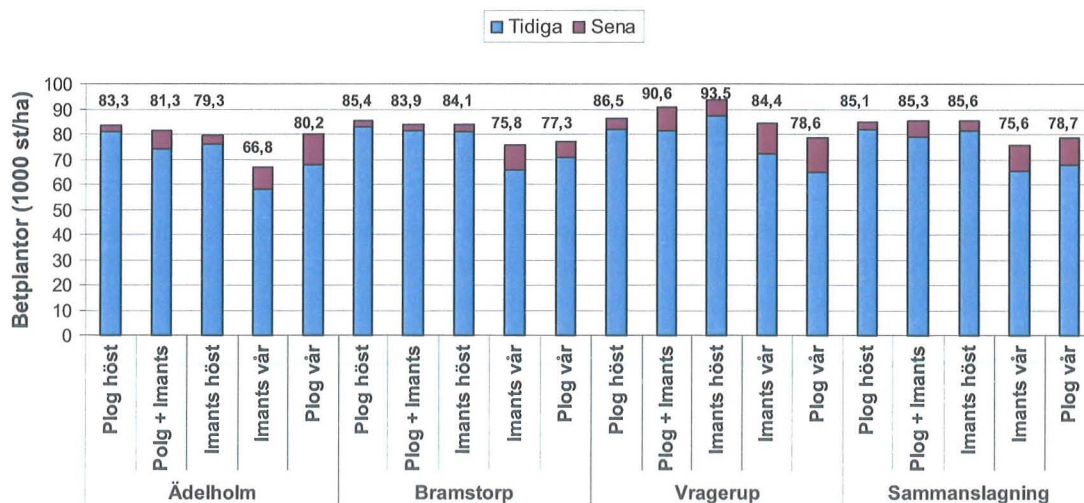


Fig 26. Antal plantor per hektar på de fyra platserna. Övre delen av stapeln betecknar den andel av plantorna som bedömdes som sent uppkomna. Siffran vid varje stapel anger totalt plantantal.

Tabell 5. Resultat från statistisk bearbetning av planträkningsresultaten

	Ädelholm		Bramstorp		Vragerup		Sammanslagning	
	Totalt	Sena	Totalt	Sena	Totalt	Sena	Totalt	Sena
LSD	12,0	4,8	8,1	2,5	12,8	6,1	6,0	2,5
p-värde	0,08	<0,01	0,08	<0,01	0,17	0,04	<0,01	<0,01

8.4.2 Frötäckning

På platsen Ädelholm hade betfröet placerats signifikant djupare i leden 1, 2 och 3 än i de övriga leden. Se figur 27. Skillnaderna var desamma på platsen Bramstorp, men där var skillnaden mellan led 2 och 5 inte signifikant. På platsen Stävie fanns inga signifikanta skillnader i frötäckning.

Test av samspel mellan led av plats visade inte att det fanns samspel mellan bearbetningsmetod och plats, p-värde 0,56. Därför kunde en sammanslagning av de tre platserna göras. Sammanslagningen visar att frötäckningen var signifikant lägre i leden Imants vår samt plog vår än i de övriga leden.

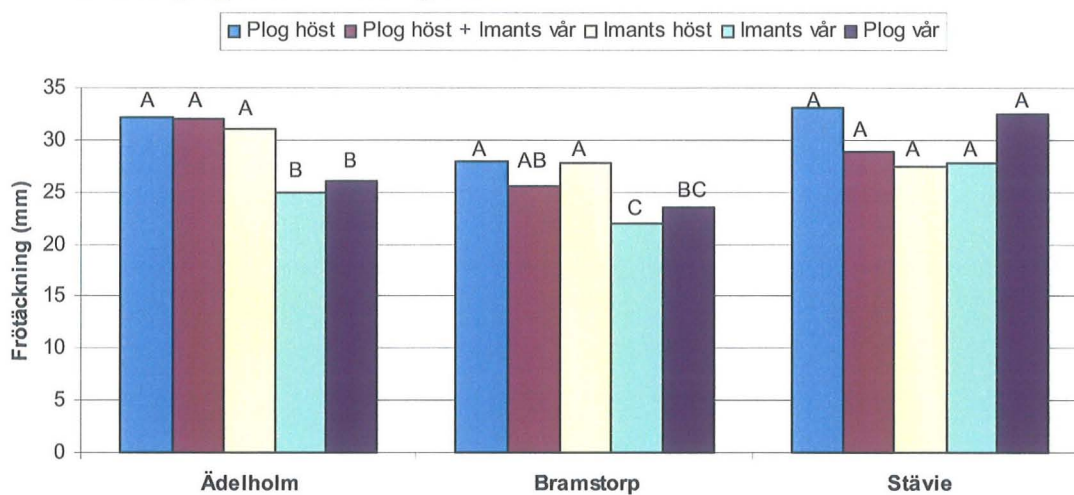


Fig 27. Frötäckning på de fyra platserna. Staplar med samma bokstav är ej signifikant skilda från varandra. Signifikansnivå 5 %.

8.4.3 Blast- och rotvikt

Tendensen på samtliga platser var att led 1, 2 och 3 hade större blastvikt än de övriga leden, se figur 28. På platsen Vragerup var skillnaden tydligast och även signifikant. På platserna Bramstorp och Ädelholm var skillnaden signifikant förutom i led 1. På platsen Stävie fanns inga signifikanta skillnader.

Test av samspel på platserna Ädelholm, Bramstorp och Vragerup visar att det finns samspel mellan plats och led, p -värde $<0,0001$. Detta innebär att åtminstone någon av behandlingarna ger olika resultat på olika platser, varför ingen sammanslagning av resultaten på de olika platserna bör göras. Samspelet mellan plats och led syns tydligast vid en jämförelse av led 1 och 2, där Vragerup är enda platsen där blastvikten var mindre i led 2 än i led 1.

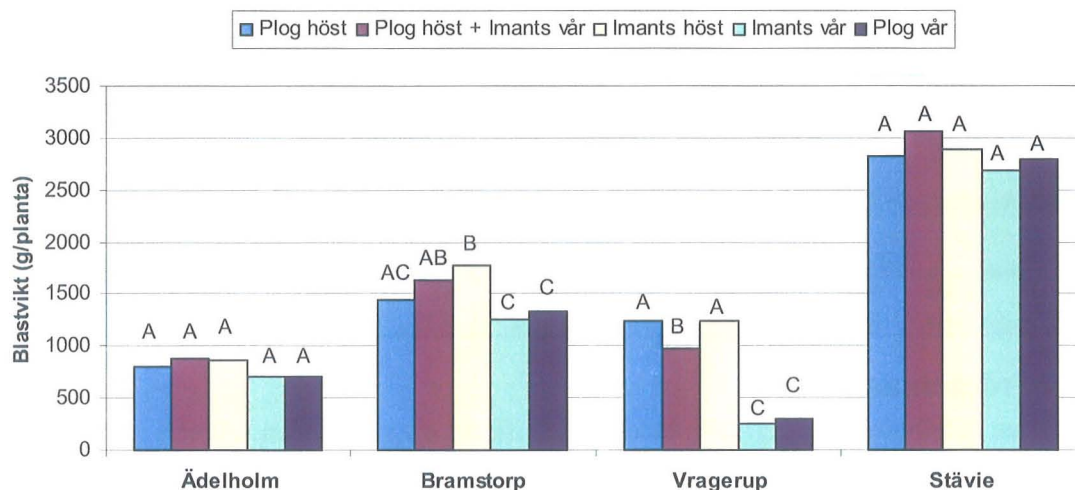


Fig 28. Blastvikt på de fyra platserna. Staplar med samma bokstav är ej signifikant skilda från varandra. Signifikansnivå 5 %.

På Vragerup var rotvikten signifikant större i led 1, 2 och 3 än i led 4 och 5. Rotvikten i led 2 var signifikant mindre än i led 1 och 3. På platsen Bramstorp var rotvikten i led 3 signifikant högre än i led 1, 4 och 5. På de två andra platserna fanns inga signifikanta skillnader. Se figur 29.

Test av samspel mellan platserna Ädelholm, Bramstorp och Vragerup visar att även vad gäller rotvikt finns det samspel mellan plats och led, p -värde $<0,0001$.

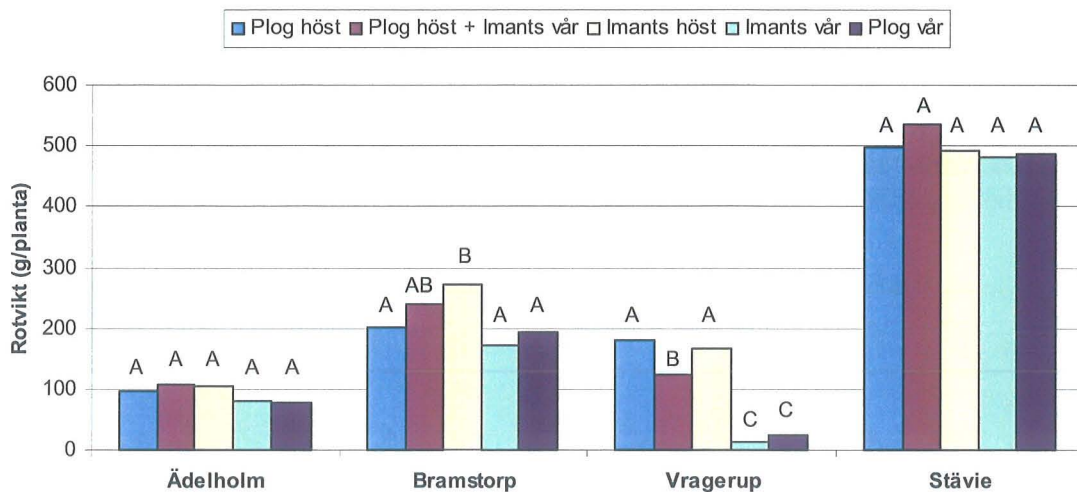


Fig 29. Rotvikt på de fyra platserna. Staplar med samma bokstav är ej signifikant skilda från varandra. Signifikansnivå 5 %.

8.4.4 Nackhöjd

På platsen Bramstorp var nackhöjden i ledet plog höst + Imants vår signifikant lägre än i övriga led. Se figur 30. På platsen Ädelholm var nackhöjden i ledet plog vår signifikant lägre än i ledet Imants vår. I övrigt hittades inga signifikanta skillnader.

Test av samspel mellan platserna Ädelholm, Bramstorp och Vragerup visar att det fanns samspel mellan plats och led, p-värde 0,047. Detta innebär att behandlingarna ger olika resultat på olika platser, varför ingen sammanslagning av resultaten på de olika platserna inte kan göras.

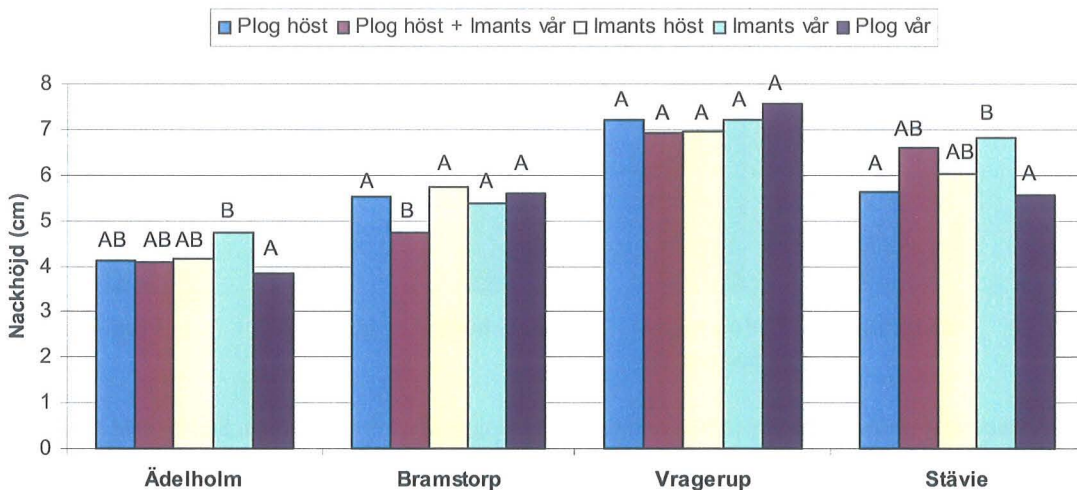


Fig 30. Nackhöjd strax före skörd på de fyra platserna. Staplar med samma bokstav är ej signifikant skilda från varandra. Signifikansnivå 5 %.

8.4.5 Rotform

På platsen Vragerup var rotformen signifikant bättre i ledet plog höst + Imants vår än i ledet Imants vår, se figur 31. På platserna Ädelholm och Stävie var rotformen signifikant bättre i ledet Imants höst än i ledet plog höst. På platsen Stävie var även rotformen i ledet plog höst + Imants höst signifikant bättre än i ledet plog höst.

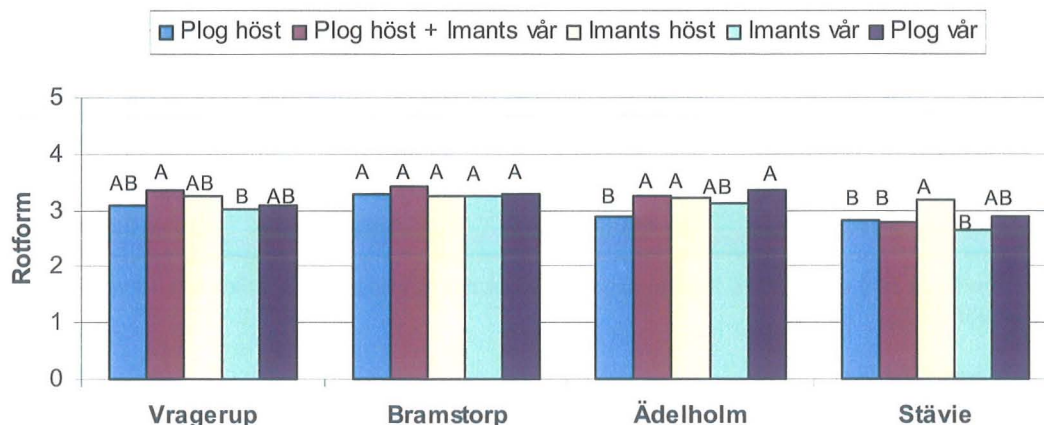


Fig 31. Resultat av bedömning av rotform på de fyra platserna var för sig. Staplar med samma bokstav är ej signifikant skilda från varandra. Signifikansnivå 5 %.

En sammanslagning av resultaten från de fyra platserna, figur 32, visar att leden plog höst + Imants vår och Imants höst uppvisade signifikant bättre rotform än leden plog höst och Imants höst. Plog vår skiljde sig inte signifikant från de övriga leden.

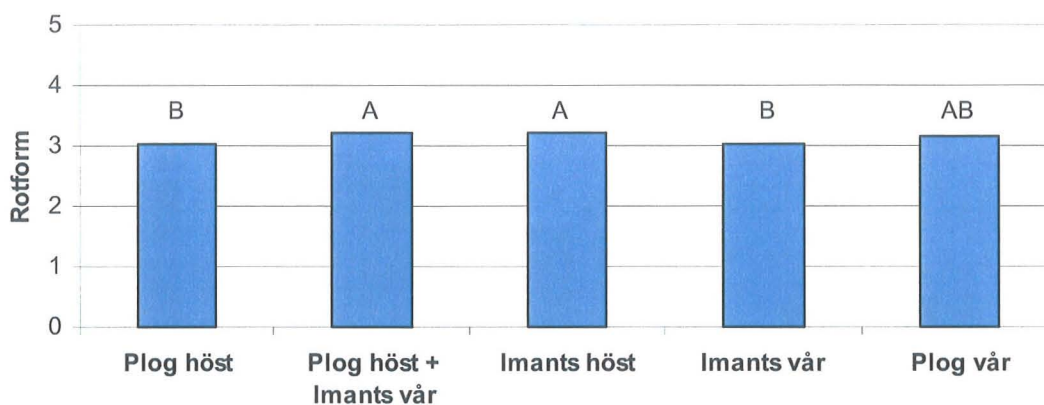


Fig 32. Sammanslagning av resultaten från rotformsbedömningen på de fyra platserna. Staplar med samma bokstav är ej signifikant skilda från varandra. Signifikansnivå 5 %.

En jämförelse av de två metoderna att ta upp betorna ur jorden inför bedömning visar på skillnader, se figur 33. I leden plog höst och plog höst + Imants vår gavs betorna tydligt ett bättre betyg när betorna grävts upp för hand. De båda leden skiljer sig signifikant från de övriga leden. Detta tyder på att betorna gavs underbetyg när de tagits upp med betupptagare jämfört med när grävts upp för hand. När betorna grävts upp för hand fanns hela spetsen, med vilket bidrog till ett bättre betyg.

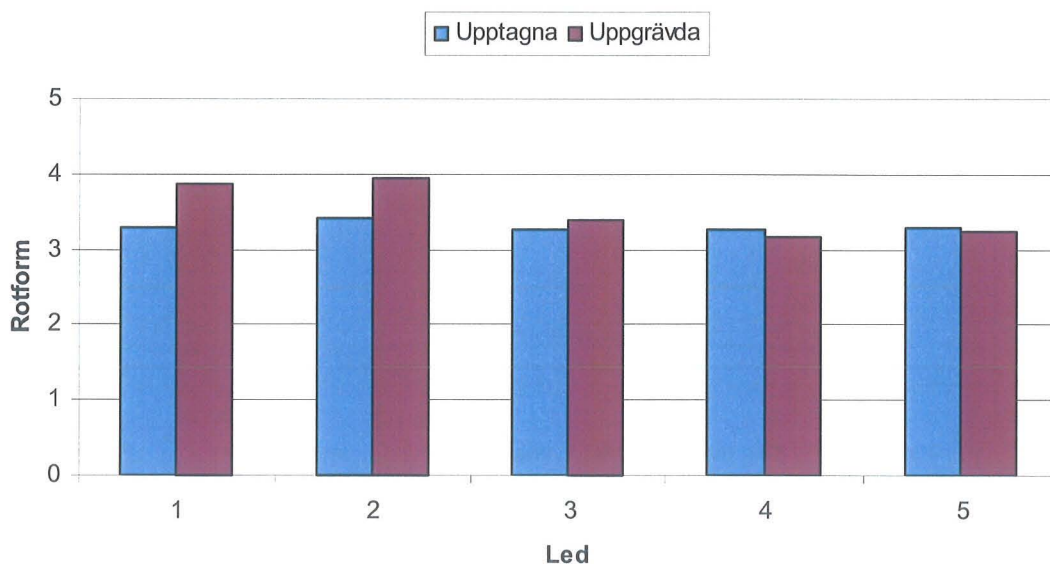


Fig 33. Jämförelse av resultaten från de två bedömningsmetoderna på platsen Bramstorp.

8.4.6 Skörd och kvalitet

I bilaga 2 redovisas en tabell över resultaten av skördemätningarna. På alla platser uppmättes den högsta polsockerskörden i ledet Imants höst, se figur 34. Dock fanns inga signifikanta skillnader, förutom på platsen Vragerup där polsockerskörden i leden Imants vår och plog vår var signifikant lägre än i de övriga leden.

Test av samspel mellan platserna Ädelholm, Bramstorp och Vragerup visar att det finns samspel mellan plats och led, p-värde 0,0001. Detta innebär att åtminstone någon behandlingarna ger olika resultat på olika platser och därför bör ingen sammanslagning av resultaten på de olika platserna göras. En analys av samspelet, figur 35, visade dock att det troligen inte förelåg något samspel vad gäller skillnaden mellan ledet plog höst och ledet Imants höst. Alltså gav ledet Imants höst signifikant högre polsockerskörd än ledet plog höst.

I figur 36 visas polsockerskörden i relativtal mot plog höst.

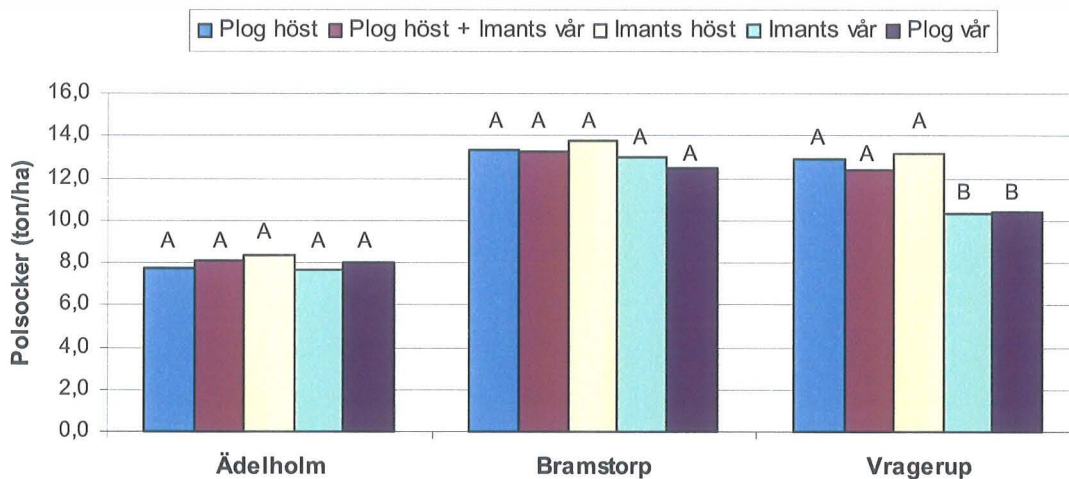


Fig 34. Polsockerskörd. Staplar med samma bokstav är ej signifikant skilda från varandra. Signifikansnivå 5 %.

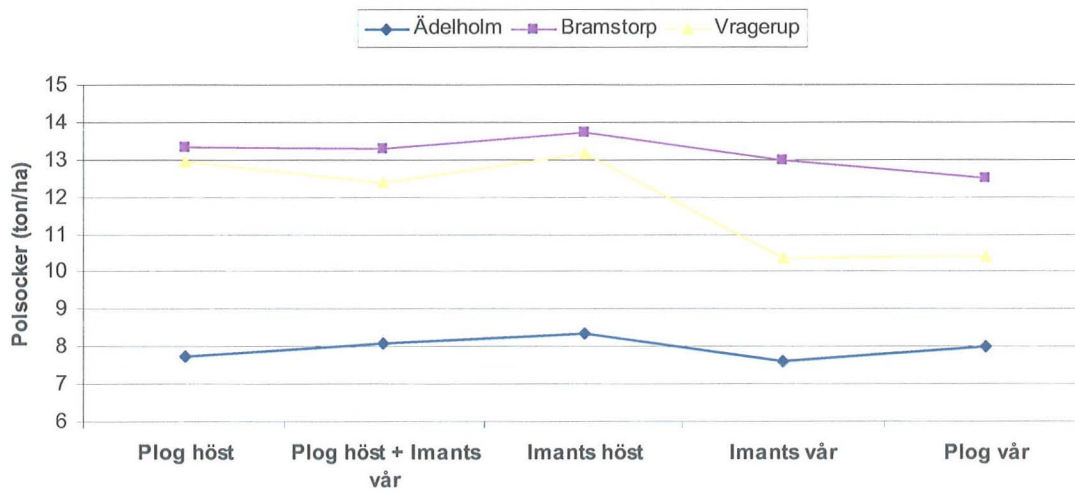


Fig 35. Översikt över samspelet mellan plats och polsockerskörd.

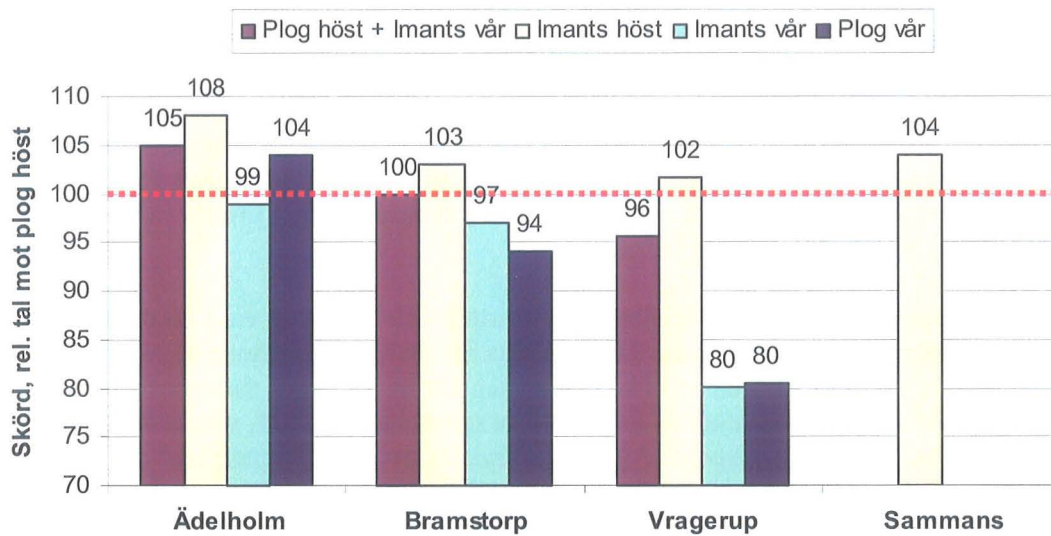


Fig 36. Polsockerskörd per ha i relativt tal mot ledet plog höst. Sammanslagningen innehåller bara Imants höst, eftersom det endast i detta led kan antas att det inte fanns något samspel mellan plats och behandling. Signifikansnivå 5 %.

En jämförelse mellan polsockerskörden i rader som påverkats av traktorns eller såmaskinens hjul vid sådd och rader som inte påverkats, visade inga signifikanta skillnader. Figur 37.

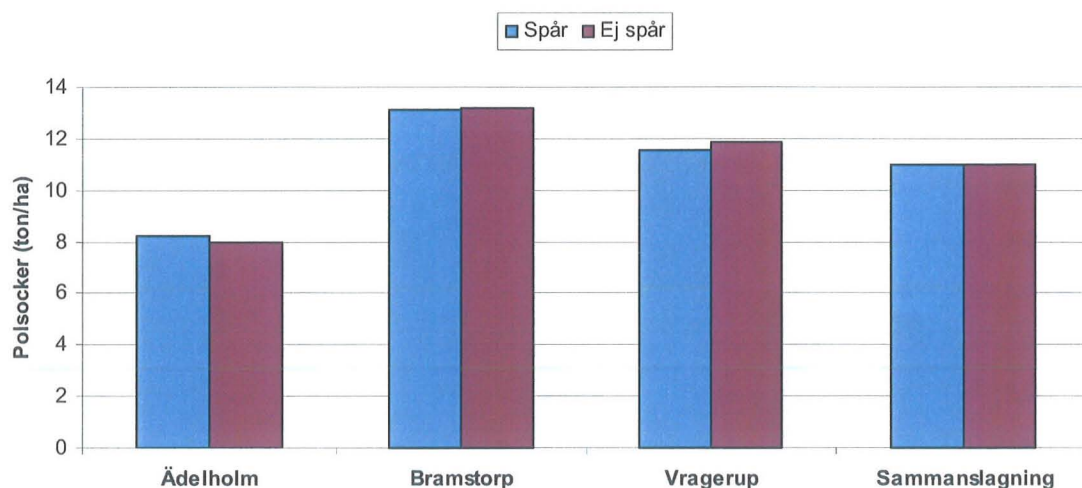


Fig 37. Jämförelse av skörderesultat i rader som påverkats av hjul och rader som ej påverkats av hjul vid sådd.

Inga signifikanta skillnader i renhet kunde uppmätas. Se figur 38. På platsen Vragerup fanns dock tendens till signifikant högre renhet i ledet Imants vår. Test av samspel mellan platserna Ädelholm, Bramstorp och Vragerup visade inte att det fanns samspel mellan plats och led, p-värde 0,19. Inte heller vid en sammanslagning av resultaten kunde signifikanta skillnader i renhet visas, dock fanns här likt på platsen Vragerup en tendens till signifikant högre renhet i ledet Imants vår.

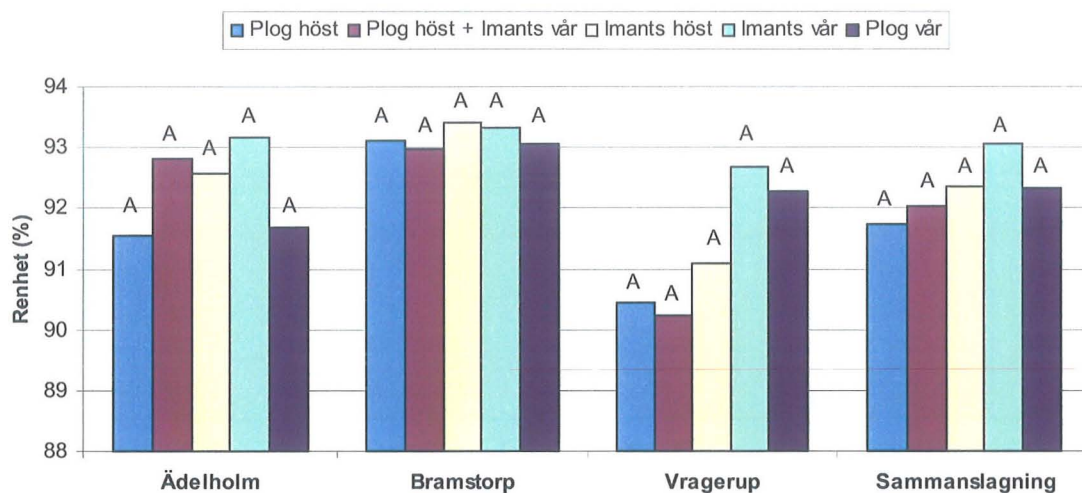


Fig 38. Renhet. Staplar med samma bokstav är ej signifikant skilda från varandra. Signifikansnivå 5 %.

På platserna Ädelholm och Bramstorp fanns inga signifikanta skillnader i sockerhalt mellan leden. Se figur 39. På platsen Vragerup var sockerhalten signifikant högre i ledet Imants höst än i leden plog höst + Imants vår, Imants vår samt plog vår. Test av samspel mellan platserna Ädelholm, Bramstorp och Vragerup visade inte att det fanns samspel mellan plats och led, p-värde 0,24. En sammanslagning av resultaten visade signifikant högre sockerhalt i ledet Imants höst än leden plog höst och plog vår, ca 0,3 %.

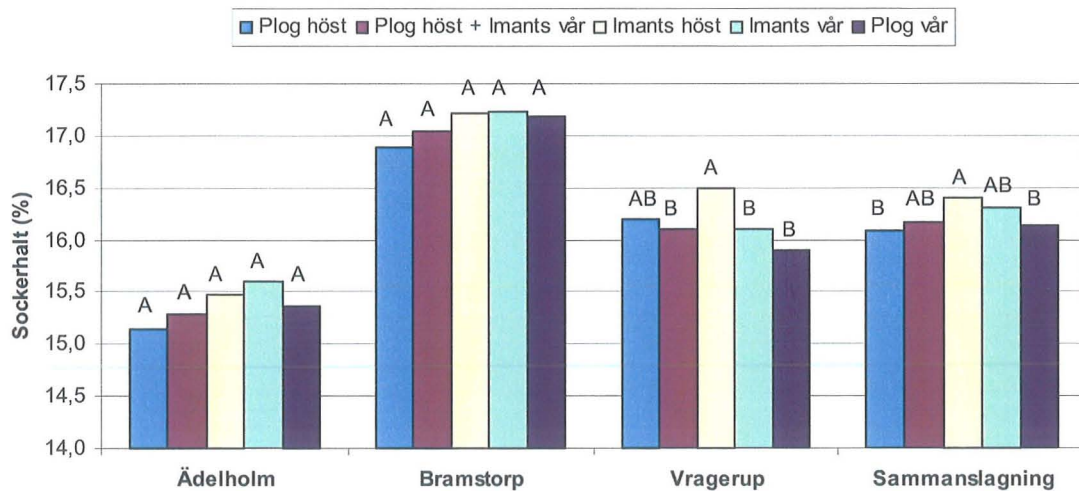


Fig 39. Sockerhalt. Staplar med samma bokstav är ej signifikant skilda från varandra. Signifikansnivå 5 %.

K + Na-värdet var på platsen Vragerup signifikant lägre i ledet Imants höst än i leden Imants vår och plog vår. Se figur 40. Test av samspel mellan platserna Ädelholm, Bramstorp och Vragerup visade inte att det fanns samspel mellan plats och led, p-värde 0,44. En sammanslagning av resultaten visade signifikant lägre K + Na-värdet i ledet Imants höst än leden plog höst + Imants vår, Imants vår samt plog vår.

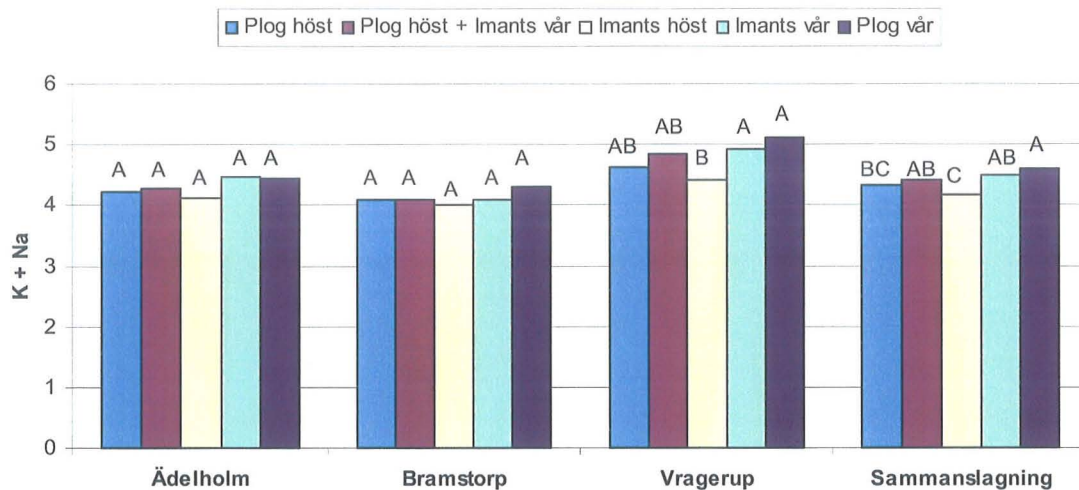


Fig 40. K + Na. Staplar med samma bokstav är ej signifikant skilda från varandra. Signifikansnivå 5 %.

8.5 Andra försök

På två av gårdarna ökade skörden vid bearbetning med Imants på hösten gentemot höstplöjning. Se figur 41. På de tre andra gårdarna sjönk skörden. Skillnaderna var ej signifikanta på någon av gårdarna (signifikansnivå 5 %). På gårdarna LN och BB var skillnaderna dock troligen signifikanta. Bearbetning med Imants gjordes till djupet 30-35 cm på alla gårdar utom på gården MJ där bearbetningen gjordes till 25 cm.

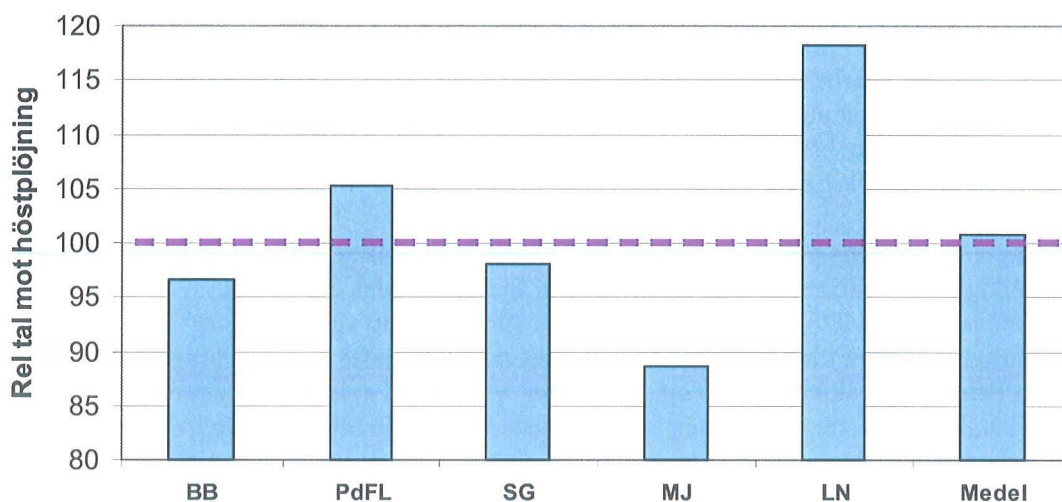


Fig 41. Skörd, polsocker/ha, i relativt tal till höstplöjning.

Infiltrationsmätningarna visade att på en av gårdarna, MJ, var infiltrationshastigheten signifikant lägre i det led som bearbetats med Imants på hösten jämfört med det led som plöjts på hösten. På ytterligare en gård, LN, var infiltrationshastigheten lägre i Imants-ledet, dock ej signifikanta skillnader. På gårdarna BB, PdFL och SG var infiltrationshastigheten lägre i det plöjda ledet. På gården SG fanns tendens till signifikanta skillnader.

På fyra av gårdarna var nackhöjden lägre i Imants-ledet än i det höstplöjda ledet. På en av gårdarna fanns tendens till att skillnaden i nackhöjd var signifikant. På den femte gården var nackhöjden lägre i det plöjda ledet.

Socketbetans grenighet bedömdes efter en 9-gradig skala där 9 motsvarar en perfekt sockerbeta. På gårdarna PdFL och LN var grenigheten mindre i Imants-ledet, skillnaderna var troligen signifikanta. På gården SG fanns ingen skillnad i grenighet och på gårdarna BB och MJ var grenigheten högre i Imants-ledet, skillnaden dock ej signifikant.

9. Diskussion

9.1 Markstrukturundersökningar

Blåfärgningsundersökningarna gav resultatet att färgandelen generellt var högre i leden Imants höst och Imants vår än ledet plog höst. På platsen Bamstorp fanns skillnaden i hela profilen, medan skillnaden på platsen Ädelholm bara fanns ner till 35 cm. Dessa resultat tyder på att markstrukturen blivit mer homogen och lucker efter att ha bearbetats med Imants, eftersom färgen tenderar att sprida ut sig mera i matjorden. Resultaten går stick i stäv med de resultat som Petersen (1994) visade, att preferensflödet i alven skulle bli mindre efter det att matjorden bearbetats med ett roterande redskap. I Petersens försök bearbetade man bara till 15 cm, så det krävs nog bearbetningsdjup ner mot 30-35 cm för att underlätta för makroporflödet. Sammantaget kan med försiktighet slutsatsen dras att den djupa bearbetningen med Imants påverkar markens genomsläpplighet positivt, en parameter som är viktig för skörderesultatet enligt projektet 4T (Blomquist, 2002).

Lika tydliga skillnader kunde dock inte ses när markens genomsläpplighet studerades genom infiltrationsmätningar. En anledning till detta kan vara att blåfärgningen genomfördes två månader senare, och att sprickor kan ha bildats genom upptorkning under den tiden. Leden plog höst, plog höst + Imants vår, Imants höst samt Imants vår studerades, och resultaten antyder svagt att bearbetning med Imants på hösten ger högre infiltrationshastighet. Men den enda skillnad som var signifikant var den att infiltrationshastigheten var lägre i ledet plog höst + Imants vår. Kanske blev strukturen alltför finfördelad efter denna dubbla bearbetning. Stora porer är nämligen viktiga för infiltrationshastigheten (Grip & Rodhe, 1994).

Mätningar av markens penetrationsmotstånd visade inga tydliga skillnader mellan de olika behandlingarna. På alla platser utom på platsen Stävie hittades det största penetrationsmotståndet i något av leden Imants vår eller plog vår. Tendenser till lägre penetrationsmotstånd i ledet Imants höst jämfört med plog höst kunde hittas på tre platser. På platsen Bramstorp i skiktet 20-30 cm, på platsen Vragerup i skiktet 5-15 cm och på platsen Stävie i skiktet 5-40 cm. Hypotesen var att motståndet skulle bli lägre i de led som bearbetats med Imants och hypotesen får alltså visst stöd. Det faktum att vattenhalten varierade något mellan leden vid mättillfället, påverkar jämförelsen av resultaten (Barone & Faugno, 1995).

9.2 Plantundersökningar

Leden Imants vår och plog vår uppvisade lägre plantantal och signifikant högre andel sent uppkomna plantor på samtliga platser. Primär jordbearbetning på våren passar inte på dessa jordar, det blir svårt att få till en bra såbädd. Och en bra etablering är viktigt för bra skörderesultat. 80 000 plantor per hektar krävs för att inte drabbas av skördesänkningar (Olsson, 2005, pers. med.).

På platsen Bramstorp var blast- och rotvikten signifikant högre i ledet Imants höst än i ledet plog höst, vilket påvisar en snabbare tillväxt tidigt under säsongen.

Rotformsbedömningarna visade tendenser till bättre rotform i leden plog höst + Imants vår och Imants höst, och detta de späder på teorin att bearbetning med Imants ger en mer homogen miljö för betan att växa i. Eftersom betorna skadades ganska svårt vid upptagningen, så får dock bedömningen anses något bristfällig. Betorna måste tas upp på ett sådant sätt att de inte skadas vid upptagning.

9.3 Skörd

På alla platser gav Imants höst högst skörd. Vid en sammanslagning av skörderesultaten från de tre skördade platserna syntes en signifikant högre skörd i ledet Imants höst än i ledet plog höst, vilket visar på att denna djupare bearbetning ger högre skörd.

På platserna Bramstorp och Ädelholm uppvisades en högre polsockerskörd i ledet Imants höst jämfört med plog höst, trots lägre plantantal och högre andel sent uppkomna plantor. Det indikerar att behandlingen kan ge hög tillväxt per planta.

På platsen Bramstorp var blast- och rotvikten signifikant högre i ledet Imants höst än i ledet plog höst, och här syntes också en skördeökning på 0,4 ton polsocker/ha. Den skillnaden var dock ej signifikant., men visar betydelsen av en tidig utveckling samt visar ytterligare en tendens till tillväxtpotential vid bearbetning med Imants.

9.4 Platsen Bramstorp

Bramstorp var den enda platsen där samtliga undersökningar inom studien genomfördes. Detta på grund av att etableringen av betgrödan blev så dålig på platsen Stävie att denna inte ansågs värd att göra skördemätningar på. På platsen Bramstorp fanns inga signifikanta skillnader i skörd, men polsockerskörden var 3 % högre i ledet Imants höst än i leden plog höst och plog höst + Imants vår. Skördeskillnaden kan kopplas till resultaten från infiltrationsmätningarna. Ett harmoniskt medelvärde av infiltrationshastighet i skiktet 0- 35 cm visade att genomsläppligheten var högre i ledet Imants höst än i leden plog höst och plog höst + Imants vår. Skillnaden var signifikant gentemot ledet plog höst + Imants vår. Mätningarna av markens penetrationsmotstånd visade signifikant lägre motstånd på djupet 20-30 cm djup i ledet Imants höst jämfört med leden plog höst och plog höst + Imants vår. Att polsockerskörden blev lägre i leden Imants vår och plog vår kan kopplas samman med dålig etablering. Andelen sent uppkomna plantor var signifikant högre i dessa led än i de övriga leden, och jämfört med Imants höst så var även blast- och rotvikten signifikant lägre. Blåfärgningsundersökningen visade att andelen blåfärgad yta var större i leden Imants höst och Imants vår än i ledet plog höst.

9.5 Djupbearbetning

I samband med blåfärgningen gjordes en allmän bedömning av profilen och den bedömningen gav intrycket att halmen blandats in bättre vid bearbetning med Imants jämfört med plöjning. Så borde vara fallet, med tanke på redskapets arbetsätt. Det blir lättare att undvika en halmsula som stör betans tillväxt.

Vid så pass djup bearbetning som med Imants, så skapas ett behov av återpackning som är viktigt att tillgodose. Sockerbetan får dock anses vara packningskänslig. Försök med plöjningsfritt till sockerbeter har generellt inte uppvisat några positiva resultat avseende sockerskörd.

Den positiva effekt på sockerskörd och sockerhalt som uppvisas genom denna djupbearbetning kan ha sin grund i både en bättre markstruktur generellt, samt att bearbetning görs till ett större djup än normalt. Intressant vore att studera om liknande positiva effekter kan uppnås med traditionell plöjning till ett större djup.

Pezzi (2005) visade att denna typ av bearbetning kan kräva mindre energi per enhet bearbetad jord. Detta tillsammans med en potentiellt högre intäkt gör att det vid tillräckligt stort arealunderlag kan vara intressant.

Gällande upplägget för just det här försöket så blev det kanske lite för mycket att både undersöka bästa miljö för betan att växa i samtidigt som olika bearbetningsstrategier jämfördes. Men de båda frågorna är svåra att skilja åt, de går hand i hand. Ett tänkbart upplägg vore att i ett försök fokusera på vad som är rätt markstruktur för betan och i ett annat studera hur denna markstruktur skapas i fält. Kanske genomförs det första försöket i en miljö där en viss markstruktur skapas innan etablering och sedan studeras endast betan, inte markfysiken.

10. Slutsats

Det kan skapas en potential till ökad avkastning genom att bearbeta djupt till sockerbetor. Försöksresultaten visade på högre sockerskörd och högre sockerhalt om marken bearbetats med Imants jämfört med om marken plöjts. Denna studie kunde dock inte fastställa vilken markfysikalisk parameter som ligger till grund för denna potential. Tendenser finns dock till att markstrukturen generellt blev bättre där marken bearbetats med Imants på hösten i stället för med plog. Att bearbetning var både djup och intensiv ligger säkerligen till grund för den positiva effekten på skörderesultatet.

11. Referenser

Litteratur

- Andersson, S. 1955. Markfysikaliska undersökningar i odlad jord. *Tidskrift för jordbrukets rationalisering genom jordförbättringar, specialnummer 2*. Uppsala.
- Arvidsson, J. & Pettersson, O. 1995. Jordpackning och markstruktur. *Aktuellt från lantbruksuniversitetet, nr 435*. Uppsala.
- Barone, L., Faugno, S. 1994. Penetration tests for measurements of soil compaction. *Istituto di Meccanica Agraria, report no. 94-D-063*. Naples, Italy.
- Blomquist, J., et al. 2002. Tillväxt Till Tio Ton. *SBU-rapporter*.
- Brereton, J.C., McGowan, M., Dawkins, T.C.K. 1986. The relative sensitivity of spring barley, spring field beans and sugar beet crops to soil compaction. *Field crops research, no 13*. 223-237.
- Chen, Y., Cavers, C., Tessier, S., Monero, F., Lobb, D. 2005. Short-term tillage effects on soil cone index and plant development in a poorly drained, heavy clay soil. *Soil and tillage research, nr 82*. 161-171.
- Draycott, P. (red) 2006. *Sugar beet*. Oxford.
- Eriksson, J. et al. 1974. Jordpackning – markstruktur – gröda. *Institutet för jordbruks- och miljöteknik, meddelande nr 354*. Uppsala.
- Eriksson, J. 1983. Markpackning och rotmiljö. *Rapporter från avdelningen för lantbrukets hydroteknik, nr. 126*. Uppsala.
- Flury, M., Fluhler, H. 1995. Tracer Characteristics of Brilliant Blue FCF. *Soil Society of America Journal, no. 59*. 22-27.
- Flury, M., Fluhler, H. 1994. Susceptibility of soils to preferential flow of water: A Field study. *Water resources research, no. 7*. 1945-1954.
- Grip, H. & Rodhe, A. 1994. *Vattnets väg från regn till bäck*. Uppsala.
- Grönevik, G. 1962. Bearbetning med jordfräs. *Tidskrift för jordbrukets rationalisering genom grundförbättringar, nr 4*. Uppsala.
- Håkansson, I. 1989. Packning av matjordslagret - Vilken packningsgrad är bäst? *Fakta – Mark/Växt*. Sveriges lantbruksuniversitet, Uppsala.
- Håkansson, I. & Reeder, R.C. 1994. Subsoil compaction by vehicles with high axel load – extent, persistence and crop response. *Soil and tillage research, nr 29*. 277-304.
- Håkansson, I. 2000. Packning av åkermark vid maskindrift. Omfattning – effekter – motåtgärder. *Rapporter från jordbearbetningsavdelningen, nr 99*. Uppsala.

Loman, G. 1986. *The climate of a sugar beet stand*. Lund.

Nielsen, O., Nyholm, J. 2006. Hvilken jordbearbejdning giver de bedste forhold for sukkerroer og hvordan integreres efterafgrøder? *Sukkerroenytt, no. 4*. Danmark.

Olsson, R. 2005. Pløjningsfritt och djupbearbetning på Ädelholm. *SBU-rapporter, projektkod 2005-1-1-205*.

Petersen, C. T. *et al.* 1997. Depth distribution of preferential flow patterns in a sandy loam soil as affected by tillage. *Hydrology and Earth System Sciences, no. 4*. 769-776.

Petersen, C. T. *et al.* 1994. Transport of water in heterogeneous soils: a field study of flow patterns. *Proceedings, NJF-seminar no. 247*.

Pezzi, F. 2005. Traditional and new deep soil tillage techniques in Italy. *Transactions of the ASAE, vol. 48*. 13-17.


Personliga meddelanden

Keller, T. 2006, Institutionen för markvetenskap, Sveriges lantbruksuniversitet. Personligt meddelande.

Olsson, R. 2006, Sockernäringsens betodlingsutveckling AB. Personligt meddelande.

Bilaga 1.

Beskrivning av analysmetod vid analys av jordprover.

AnalyCen  Dokumentansvarig: Krstd JoV Version: Dokumentanvändare: Krstd JoV	Utskrivet är dokumentet ej dokumentstyrt. Metodreferenser , mätosäkerhet i jord	Nivå: Ksd
	Dokumentnummer: KriJord.0B.33	Godkänd av:

<i>Analys</i>	<i>Metod (referens)</i>	<i>Rel.Mätosäkerhet</i>
Fosfor P-AL	SS028310/SS028310T1	20% i lufttorkat prov
Kalcium Ca-AL	-"-	-"-
Kalium K-AL	-"-	-"-
Magnesium Mg-AL	-"-	-"-

<i>Analys</i>	<i>Metod (referens)</i>	<i>Rel.Mätosäkerhet</i>
Fosfor P-HCl	KLK 1965:1/SS028183	20% i lufttorkat prov
Kalium K-HCl	-"-	-"-
Koppar Cu-HCl	-"-	20-40% i lufttorkat prov

<i>Analys</i>	<i>Metod (referens)</i>	<i>Rel.Mätosäkerhet</i>
Bor B	SLL.1979:11 mod.för mullrika jordar	20% i lufttorkat prov

<i>Analys</i>	<i>Metod (referens)</i>	<i>Rel.Mätosäkerhet</i>
pH	SS-ISO 10390, utg 1	0,3 pH-enh. i lufttorkat prov

<i>Analys</i>	<i>Metod (referens)</i>	<i>Rel.Mätosäkerhet</i>
Glödgningsförlust	KLK nr 1 1965 mod.	10%
Mullhalt	KLK nr 1 1965	15%
Lerhalt	SS ISO 11277 mod.	20%
Sand och Grovmo	-"-	30%
Mjåla och Finmo	Beräkning	-"-

Bilaga 2.

Tabell över sockerskördar och betalningspåverkande kvalitetsparametrar. Resultaten är från mätningar i rader som ej påverkats av traktorns eller såmaskinens hjul vid sådd.

<i>Parameter, led</i>	Ädelholm	Bramstorp	Vragerup	Sammanst.
Polsocker, ton/ha				
Plog höst	7,74	13,33	12,93	11,33
Plog + Imants	8,10	13,28	12,38	11,25
Imants höst	8,38	13,74	13,16	11,76
Imants vår	7,63	12,99	10,36	10,32
Plog vår	8,03	12,51	10,40	10,31
Sockerkhalt, %				
Plog höst	15,14	16,89	16,20	16,08
Plog + Imants	15,29	17,05	16,10	16,16
Imants höst	15,48	17,22	16,50	16,40
Imants vår	15,60	17,24	16,10	16,30
Vragerup	15,37	17,19	15,90	16,14
Renhet, %				
Plog höst	91,56	93,12	90,46	91,74
Plog + Imants	92,82	92,99	90,23	92,02
Imants höst	92,58	93,42	91,10	92,36
Imants vår	93,17	93,33	92,68	93,07
Plog vår	91,69	93,06	92,27	92,34
K+Na				
Plog höst	4,23	4,10	4,64	4,33
Plog + Imants	4,28	4,10	4,83	4,42
Imants höst	4,11	4,00	4,42	4,18
Imants vår	4,46	4,10	4,93	4,49
Plog vår	4,43	4,30	5,12	4,61