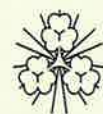


Norsk senter for økologisk landbruk

Norsk senter for økologisk landbruk (NORSØK) er et forskingsinstitutt og et nasjonalt kompetansesenter som ligger i Tingvoll kommune på Nordmøre. Denne rapporten inneholder resultat fra et treårig forsøk med direkte- og totrinns høsting av eng.



Norsk senter
for økologisk landbruk
NORSØK

Tingvoll gard, 6630 Tingvoll
Telefon: 71 53 13 42 – telefaks: 71 53 13 39
e-post: nso@post.nlh.no

ISBN 82-7687-067-8

NORSØK-rapport nr 1 1998

Høsteteknikk i eng

– resultat fra et treårig forsøk



Martin Lund, Ketil Valde, Sissel Hansen



Norsk senter
for økologisk landbruk
NORSØK

Høsteteknikk i eng

– resultat fra et treårig forsøk

Martin Lund Ketil Valde Sissel Hansen



Norsk senter
for økologisk landbruk
NORSØK

Martin Lund, Ketil Valde, Sissel Hansen
Høsteteknikk i eng – resultat fra et treårig resultat
NORSØK-rapport nr 1 1998
Norsk senter for økologisk landbruk 1998
Fotografier: NORSØK
Grafisk utforming: Fjørtoft forlag
Trykk: Betten Grafiske as

ISBN 82-7687-067-8

Innhold

Forord	4
Høsteteknikk i eng – resultat fra et treårig forsøk	
Sammendrag	5
Harvest techniques in ley – abstract	6
Innledning	7

Del 1:

Engavling, botanisk sammensetning og jordstruktur ved ulike mekaniseringslinjer	9
Materiale og metoder	10
Mekaniseringslinjer	11
Feltdata	13
Værforhold og fuktighet ved kjøring	14
Jordarbeiding, såing og gjødsling	15
Registreringer	16
Statistisk behandling	18
Resultat	19
Avling og botanisk sammensetning	19
Jordfysisk påvirkning	24
Sammenheng mellom jordfysisk tilstand, botanisk sammensetning og avling i 2. engår i yngre eng	27
Diskusjon	29
Konklusjon	30

Del 2:

Energibruk, tidsbruk og redskapenes ergonomiske egenskaper ved ulike mekaniseringslinjer	32
Materiale og metoder	32
Resultat	33
Tidsforbruk	33
Arbeidsforbruk	35
Energiforbruk	35
Gardbrukernes evaluering av mekaniseringslinjene	36
Tohjulstraktoren	36
Diskusjon	38
Konklusjon	39
Litteratur	40

Forord

Norsk senter for økologisk landbruk, NORSØK har gjennomført prosjektet «Resurs- og kostnadseffektiv mekanisering til eng i økologisk landbruk». Prosjektet har vært finansiert av Norges Forskningsråd. Martin Lund har vært prosjektleder.

Behovet for mer kunnskap om mekanisering tilpasset ei økologisk driftsform i Norge er stort. På bakgrunn av at eng er den viktigste kulturen i økologisk landbruk i dag har det vært naturlig for NORSØK å arbeide med engmekanisering.

Hoveddelen av prosjektet har bestått av et treårig storskala feltforsøk. Storskala forsøk er ressurskrevende, men gir tilnærmet realistiske resultater som lettere kan omsettes til praksis. NORSØK har gjennom dette prosjektet høstet verdifull kunnskap om slik metodikk.

Sigbjørn Leidal, med veileder Trond Børresen ved Institutt for jord- og vannfag ved NLH,

skrev sin hovedoppgave på bakgrunn av resultatene fra prosjektet. Prosjektet har hatt ei prosjektgruppe bestående av Erik L. Moen, Edvard Ormset, Jørgen Andersen, Sissel Hansen, Grete Lene Serikstad og Ketil Valde, foruten prosjektleder.

Jørgen Andersen og Sissel Hansen har stått for de statistiske beregningene. Edvard Ormset, Bernhard Reknes og Per Gjerde på NORSØKs mekaniske verksted har bidratt med ombygging og justering av utstyr. Gardbrukerne på Tingvoll Gard har velvillig stilt areal og utstyr til disposisjon, og deltatt aktivt i forsøksarbeidet. Flere forsøksassistenter har hjulpet prosjektleder med registreringsarbeidet, ikke minst Ulla Dahl Hansen og Gudrun Hagen. Takk også til Knut Lindberg, Kleiva landbruksskole og Kjell Mangerud, Høgskolen i Hedmark som har lest og kommentert manus underveis i skrivearbeidet.

Tingvoll, juni 1998

Grete Lene Serikstad

Høsteteknikk i eng

– resultat fra et treårig forsøk

Sammendrag

Kjørebeklastning på eng kan skade både planter og jordstruktur. Opptak av tilgjengelig plantenæring, mineralisering av organisk materiale, biologisk nitrogenfiksering m.m. reduseres i en tett jord og kan føre til stor avlingsnedgang i økologisk landbruk. For å prøve ut og evaluere et alternativ til den engmekaniseringen som er mest vanlig i dag, ble det i årene 1994-96 gjennomført et storskala forsøk med tre felt i økologisk dyrka eng på Tingvoll Gard på Nordmøre. Her ble avlinger, botanisk sammensetning, jordfysisk påvirkning og energi- og arbeidsforbruk ved to mekaniseringslinjer i enghøsting sammenlignet. Den ene mekaniseringslinja var direktehøsting av gras med fôr- høster. Den andre mekaniseringslinja med tottrinshøsting hvor enga ble slått med tohjulstraktor med skårlegger, og strengene ble plukket opp med en lessevogn. Ved begge typer mekanisering ble det kjørt med traktor med lavtrykksdekk. I tillegg var et behandlingsledd uten traktorkjøring med som målestokk. Effekter på planter og jordstruktur ble observert fra gjenleggsåret i det ene feltet. Denne yngre enga ble ikke gjødslet. På to andre felt med tredjeårseng, ble enga på tilsvarende måte høstet med direktehøsting, tottrinshøsting og kontroll. Den eldre enga ble gjødslet med land. Ved direktehøsting, ble landet spredd med vakumtankvogn og ved tottrinshøsting ble landet spredd med vanningsvogn.

Resultatene viste liten forskjell i totalavling mellom de tre behandlingene i alle tre forsøksårene i yngre eng. Det ble mer hvitkløver i forhold til rødkløver i direktehøstet enn i tottrinshøstet eng, og det ble tettere jord der enga ble direktehøstet enn både ved tottrinshøsting og uten kjøring.

I eldre eng var det tendenser til lavere avlinger ved direktehøsting og landspredning med vakumtankvogn, men registreringene viste ingen forskjell på jordas tetthet i løpet av forsøksperioden.

Direktehøsting førte til større tidsforbruk enn tottrinshøsting målt per kg tørrstoff. Det samlede drivstofforbruket var også høyere for direktehøsting enn ved bruk av tohjulstraktor og lessevogn.

Gardbrukerne på Tingvoll Gard mente at begge mekaniseringslinjene i forsøket hadde tilfredsstillende kapasitet ved korte og middels avstander fra jordet til silo. Tottrinshøstingen stilte noe større krav til nøyaktighet i silo- leggingen for å få ut lufta ut av massen, mens arbeidsmiljøet i traktorhytta var dårligere ved fôr- høsting. Tohjulstraktoren fungerte bra på flatt areal ved middels avling og ingen legde. Ved kort gras la fôret seg på slåmaskinen og en måtte stoppe for å ta det vekk. Ved stor avling var tohjulstraktoren tung å styre og det ble mye stopp ved legde. Den var også tung å snu i bakker. Styrebremser hadde hjulpet på dette.

En høyvender for firehjulstraktor ble ombygd for tohjulstraktor. Den fungerte godt både til vending og strenglegging av høy både på to- og firehjulstraktor. Tidsforbruket ved strenging med høyvenderen montert på tohjulstraktor var nesten det doble sammenlignet ved bruk av firehjulstraktor beregnet per daa.

Det lave arbeidsforbruket ved tottrinns høsting selv ved bruk av tohjulstraktor til engslått viser at det er mulig å redusere kjørebelast-

ningen uten at høstingen blir mindre effektiv. Dette vil være et viktig tiltak, særlig på mer pakkingsutsatt jord. Jorda på forsøksfeltene var næringsrik med stabil og god struktur og så ut til å tåle en del jordpakking uten at det gikk ut over avlingen. I alle fall kunne ikke dette registreres i løpet av forsøksperioden.

Tohjulstraktoren med slåmaskin bør gjøres mer brukervennlig. Et alternativ kan være en lett firehjulstraktor med slåmaskin og skårlegger.

Harvest techniques in ley

– Results from a three year trial

Abstract

The objective of this trial was to examine whether lighter machines with less number of wheel-passes are favourable for harvesting grasslands in a district with humid climate.

A large-scale trial was run for three years. Direct ensiling with a forage harvester (1.2 m wide), the common harvest technique, was compared with a two-step harvesting technique. The ley was cut with a two-wheel mower with a 1.9 m wide knife (Bucher M-550) and placed in windrows 3.7 m apart. The windrows were picked up with a pick-up wagon (Pöttinger Boss jr I-T). In both cases the tractors had low-pressure tyres. The trials were done at the organically managed farm Tingvoll Gard, situated in northwestern Nor-

way. Yields, botanical composition, soil structure, energy consume and work consume were compared in the trial.

There were only small differences in yield and percentage of clover between the two harvest techniques in all three years. The portion of white clover compared with red clover was however larger with direct ensilage than with two-step harvesting. Increased penetration resistance, reduced infiltration rate and reduced volume of air filled pores showed that the soil become more dense after direct ensilage. The energy consume and work consume was higher in using a forage harvester compared with the two-step harvesting technique.

Innledning

På husdyrgarder er eng den viktigste veksten. Et godt resultat i fjøset forutsetter rikelig tilgang på grovfôr av god kvalitet. På økologiske garder er eng også viktig for å opprettholde og forbedre jordas fruktbarhet. I dagens landbruk er kjøring med maskiner og redskap nødvendig ved gjødsling og høsting av eng. Det er derfor ofte en utfordring å unngå skadelig kjørebelastning på eng og samtidig oppnå tilfredsstillende kapasitet, et så lavt energiforbruk som mulig og ergonomiske og tekniske egenskaper som gjør maskinene brukervennlige.

Kjørebelastning på eng kan skade både planter (Håkansson et al. 1990) og jordstruktur (Douglas et al. 1992) og kan resultere i kortere levetid for eng og til dels store avlingsreduksjoner, spesielt i regnrikt klima (Douglas 1994, Hansen 1996). Skader på jord og planter øker med økende akselbelastning, dekktrykk og spordekning (Lindberg 1991, Ullring og Lunnan 1993) og gjør seg mer gjeldende dess våtere jorda er (Håkansson et al. 1990). Kjøre-skadd jord er tettere og mer kompakt enn jord med god struktur. Først og fremst går volumet av store porer ned. Dette fører til at både luftveksling og jordas evne til raskt å ta opp vann blir mindre, samtidig som det blir vanskeligere for både planterøtter og dyr i jorda som meitemark, spretthaler og nematoder å trenge seg fram. Dette har store negative agronomiske konsekvenser. I tett jord vil plantene få hemmet rotvekst og nedsatt opptak av tilgjengelig plantenæring. I tillegg vil mineralisering av organisk materiale, biologisk nitrogenfiksering og mykhorizaaktivitet reduseres. Faren for gasstap av nitrogen ved denitrifikasjon vil øke. Alle disse forholdene fører til store reduksjoner i tilførselen av

plantenæring og kan føre til stor avlingsnedgang i økologisk landbruk (Hansen 1996). I tett jord, hvor vannet lett blir stående, er eng også mer utsatt for overvintringsskader, den tørker seinere opp om våren og er vanskelig å drenere. Dette øker igjen faren for kjøreskader og gjør det nødvendig å grøfte oftere. Er det først problemer med kjøreskader oppstår fort en negativ spiral som det er viktig å bryte. Svært viktig i denne sammenhengen er teknikken som brukes ved gjødsling og høsting av eng.

En viktig del av et slikt studium er å se på utvikling i plantebestanden ved ulike høsteteknikker i eng. Dette fordi mange forsøk har konkludert med at jordstrukturens skader ikke har vært tilstrekkelig store til å forklare avlingsnedgangen ved kjørebelastning (Riley 1985, Tuvevsson 1993). Det synes å være en sammenheng mellom avlingsnedgang og synlige skader på blad og røtter (Håkansson et al. 1990). Engvekstene reagerer ulikt på kjørebelastning; rødkløver går lettere ut ved pakking enn både gras (Tuvevsson 1993) og hvitkløver (Hansen 1996). Dette er uheldig ved økologisk engdyrking, ettersom rødkløver har større avlingspotensiale enn hvitkløver og en samtidig vet at nitrogenfiksering er en forutsetning for tilfredsstillende produksjon. Det er derfor viktig å undersøke utviklingen i botanisk sammensetning ved ulik mekanisering.

Lav vekt på traktorer og redskap er ønskelig, men kan gå ut over kapasitet og ergonomiske egenskaper. Tilstrekkelig kapasitet er ønskelig for å kunne høste under gode forhold og oppnå god fôr kvalitet. Spesielt viktig er dette i områder hvor klimaet setter store begrensninger på antall høstetider. Det er derfor viktig å registrere arbeidsforbruk ved ulike

mekaniseringlinjer. I tillegg til at maskinene skal være skånsomme mot jord og planter må de også fungere bra og være behagelige å bruke. Det er derfor viktig å undersøke deres ergonomiske og tekniske egenskaper.

I det norske jordbruket som helhet var energibruken i matproduksjonen omtrent 4 ganger så stor som innholdet av omsettelig energi i produktene allerede på 80-tallet (Breirem 1984). Et bærekraftig landbruk forutsetter en reduksjon i energiforbruket. Minimalt forbruk av fossil energi er derfor en målsetting i økologisk landbruk. Drivstoffforbruket varierer for ulike enghøstingsystem (Nielsen 1991). Mekaniseringlinjer som forbruker minst energi per tonn høstet avling bearbeider ofte føret minst. Energiforbruket består både av direkte forbruk i form av drivstoff og indirekte forbruk i form av energi for å produsere maskinene.

Det finnes mye kunnskap om følgene av kjørebelastning på eng, om energiforbruk og ergonomiske og tekniske egenskaper. Imidlertid savnes kunnskap om hvordan en mest mulig helhetlig engmekanisering som tar hensyn til alle disse faktorene og som er tilpasset økologisk landbruk bør se ut.

Mange gardbrukere som ønsker å drive økologisk er urolige over de negative effektene av jordpaking, de store kostnadene til traktor og redskap, samt energiforbruk i forbindelse med gjødsling og høsting av eng. Samtidig domineres traktormarkedet av stadig større og tyngre maskiner (Lund 1996).

Prosjektet «Helhetlige mekaniseringsnettverk tilpasset økologisk landbruk» avdekket behov hos gardbrukere for mer kunnskap om

hvordan høsteteknikken påvirker produktiviteten i økologisk engdyrking (Lund 1996). De savnet kunnskap om rimelige og energivennlige alternativ som var mer skånsomme for jorda enn de vanlige mekaniseringlinjene. De ønsket samtidig en god kapasitet ved høsting av eng. For å imøtekomme dette ble det i årene 1994-1996 gjennomført forsøk med sammenligning av to mekaniseringsalternativer.

Direktehøsting av gras med fôrhøster ble sammenlignet med totrinnshøsting hvor enga ble slått med tohjulstraktor og plukket opp med en lessevogn. I begge tilfelle ble det kjørt med traktor med lavtrykksdekk. I tillegg var et behandlingsledd uten traktorkjøring med som kontroll.

I en del av forsøket ble effektene av en lett mekanisering både ved gjødsling og høsting sammenlignet med tyngre utstyr i de samme operasjonene. I den lette mekaniseringen ble gjødsla (land) spredd med slangespreder og graset ble totrinnshøstet. I den tyngre mekaniseringen ble gjødsla spredd med vakum-tankvogn og graset ble totrinnshøstet. I behandlingsledd uten kjørebelastning ble gjødsla spredd fra siden av forsøksruta.

Mekaniseringlinjenes påvirkning på jorda ble inngående registrert. Det ble gjort færre registreringer av energiforbruk, kapasitet, samt at ergonomiske og tekniske egenskaper ble mer overfladisk studert. Forsøkene ble gjennomført på Tingvoll Gard på Nordmøre.

Rapporten er todelt. Del 1 beskriver biologiske og jordfysiske effekter av mekaniseringlinjene og del 2 behandler energiforbruk og tekniske egenskaper.

Del 1:

Engavling, botanisk sammensetning og jordstruktur ved ulike mekaniseringlinjer

Omtale av feltforsøket

Effekt på planter og jordstruktur i en mekaniseringlinje med direktehøsting av gras og en med totrinnshøsting med tohjulstraktor og lessevogn, ble observert fra gjenleggsåret i felt 1 (figur1). I felt 2 og 3 ble det undersøkt om ulik mekanisering ga utslag på avling i eldre eng (3.- 6. års eng) ved å ta i bruk en mer skånsom mekaniseringlinje. Forsøksarbeidet ble konsentrert om den nysådde enga (felt 1), og utviklingen ble nøye fulgt gjennom de tre for-

søksårene. Utviklingen i tredjeårsenga ble undersøkt mer ekstensivt.

Mekaniseringlinjenes effekt på jordstrukturen ble vurdert ut fra hvor tett jorda var, det vil si andel og fordeling av porer, luftpermeabilitet, gjennomtrengelighet for vann, volumvekt og penetrasjonsmotstand (motstand mot gjennomtrengning med jordspyd). Videre ble jordaggregatenes størrelse og stabilitet undersøkt.

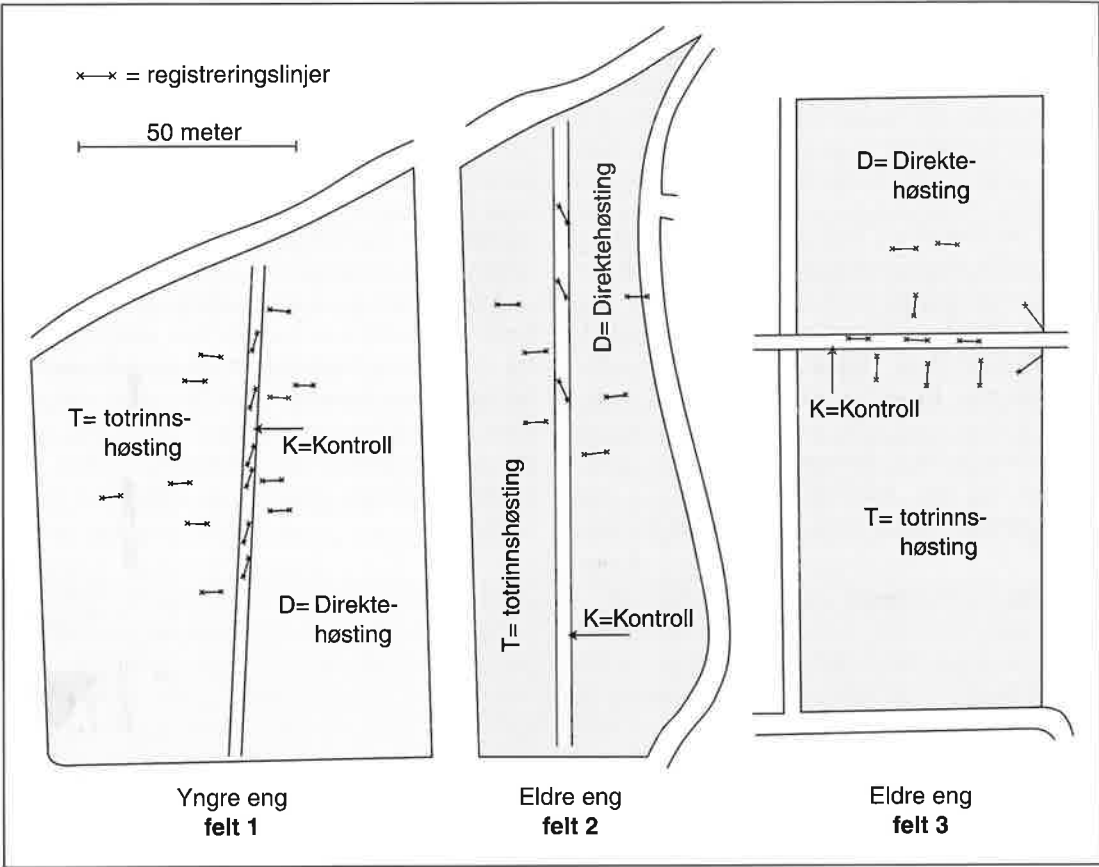


Maskiner og redskap som ble brukt i feltforsøket. Til direktehøsting ble traktor med fôrhøster og avlesservogn brukt (til venstre). I midten tohjulstraktoren med slåmaskin og skårlegger, og til høyre traktor med lessevogn brukt til totrinnshøsting. Begge firehjulstraktorene er utstyrt med spesielt breie dekk med lavt lufttrykk.

Materiale og metoder

Maskinene ble kjørt som i praktisk jordbruk. For å få plass til dette, var det nødvendig med store forsøksareal. Feltene ble delt opp i tre felt – ett med direktehøsting og ett med tottrinns- høsting og et 3,4 m bredt felt uten noen form for kjørebelastning (se figur1). Fordi vi ønsket

at kjøremønsteret skulle ligne mest mulig på praktisk drift, ble ikke feltene delt opp mer. Dermed ble det ikke plass til flere gjentak i forsøket. Prøvetaking og statistisk bearbeiding ble lagt opp med hensyn til dette.



Figur 1. Forsøksfeltene på Tingvoll Gard med registreringslinjer på yngre eng (felt 1) og eldre eng (felt 2 og 3). Mekaniseringslinjene var direktehøsting, tottrinns- høsting og kontroll.

Mekaniseringslinjer ved enghøsting

Engene ble slått to ganger i året. De tre behan- dlingsmåtene var følgende:

- Mekaniseringslinje D var direktehøsting av eng med en 112 cm bred fôrhøster. En avlesservogn og en «vanlig» tilhenger med høye karmar ble brukt til innkjøring av avlingen.
- Mekaniseringslinje T var tottrinns- høsting hvor enga ble slått med tohjulstraktor med en 190 cm modifisert fingerslåmaskin og skårlegger som la graset til siden i strenger. Kjøringen ble lagt opp slik at to strenger ble lagt sammen. Disse doble strengene med avstand 3,7 m ble siden kjørt inn med lessevogn. Fortørkingstida varierte fra ca 1 til 4 timer.

- Kontroll (K) var et behandlingsledd uten traktorkjøring. Kontrollen ble slått med en liten motorslåmaskin. Avlingen ble raket ut av forsøksområdet og plukket opp. Både ved direktehøsting (D) og ved tottrinns- høsting (T) ble det kjørt med traktor med lavtrykksdekk. Ved direktehøsting ble spor- deknningen (sportetthet av traktor og vogn) ca 140% per slått, mens den ble ca 40% ved tottrinns- høsting. Dette gir en spordekning pr år på 280% ved direktehøsting og 80% ved tottrinns- høsting. En oversikt over traktorer og redskap med vekt, dekktrykk og arbeidsbredde brukt ved de ulike behandlingene finnes i tabell 1a, 1b, 1c og 1d.

Tabell 1. Tekniske data for utstyr brukt i forsøket. Maskintype, totalvekt (kg), dekktrykk (kPa), dekk- merke og dimensjon i bak- og framhjul arbeidsbredde (m) er angitt. Fuktigheten i graset varierte. Vekten av full lessevogn, avlesservogn og tilhenger er gjennomsnittstall ved 84% fuktighet i graset.

Tabell 1a. Tekniske data for utstyr brukt i forsøket ved direktehøsting (D).

DIREKTEHØSTING (D)							
Kjøretøy	Merke	Tyngde	Bakdekk		Framdekk		Arbeids- bredde
			Dekk- trykk	Merke og dimensjon	Dekk- trykk	Merke og dimensjon	
Traktor D	Agriful 65	3150 kg	50 kPa	Twin, 600/60-30,5 8PR	50 kPa	Pneumant 16-20	
Fôrhøster	Serigstad 112	600 kg		Vredenstein, 5.00-8 (4PR) V50			1,12 m
Avlesservogn	Tim	2900 kg (full)	120 kPa	Viskafors, 14,0-16 8PR			
Tilhenger		2900 kg (full)	100 kPa	400/60-15,5 8PR			

Tabell 1b. Tekniske data for utstyr brukt i forsøket ved totrinnshøsting (T)

TOTRINNSHØSTING (T)						
Kjøretøy	Märke	Tyngde	Bakdekk		Framdekk	
			Dekk-trykk	Märke og dimensjon	Dekk-trykk	Märke og dimensjon
Tohjulstraktor påmontert slåmaskin med skårlegger	Bucher M-550	350 kg	30 kPa	Firestone, 6-12 2PR		
Traktor M	Fiat 45-66	2650 kg	60 kPa	Twin, 600/55-26,5 6PR	50 kPa	Twin, 400/55-22,5 8PR
Traktor L	Shibaura	1800 kg	60 kPa	Viborg-Baner, 11,2-24 4PR	40 kPa	Pneumant, 6-16 6PR
Sjøllesservogn	Pöttinger Boss jr I-T	3500 kg (full)	100 kPa	Viskafors, 500/50-17		

Tabell 1c. Tekniske data for utstyr brukt i forsøket ved kontroll (K)

KONTROLL (K)				
Kjøretøy	Märke	Tyngde	Dekk, dimensjon	Arbeidsbredde
Tohjuls slåmaskin	Agria 5300	75 kg	3,50 - 6	1 m

Tabell 1d. Tekniske data for utstyr til gjødsling i felt 2 og 3

GJØDSELUTSTYR				
Utstyr	Märke	Tyngde	Dekk, dimensjon	Arbeidsbredde
Gjødsling				
Vakumtankvogn	Botnetank 3200 liter	4400-4700 kg (full)	400/60 - 15,5	10 m
Spreddebom for gjødsel	Agromiljø gjødslingsmaskin	ca 40 kg		60 m

Mekaniseringslinjer ved gjødsling

I felt 1 ble det ikke gjødslet i løpet av forsøks-tiden. I felt 2 og 3 ble to ulike mekaniser-ingslinjer brukt ved gjødsling. Ved mekaniser-ingslinje D (direktehøsting) ble det gjødslet med en vakumtankvogn og ved T (totrinns-høsting) med gjødselmaskin (vanningsvogn).

Feltdata

Forsøket ble utført på Tingvoll Gard, i Tingvoll kommune på Nordmøre (62°55' N,8°13'E) i årene 1994-1996. Feltene ligger sørvendt mot Tingvollfjorden. Jordart og kornstørrelses-fordeling er vist i tabell 2 og moldinnhold i tabell 3. Jordarten varierer fra lettleire (felt 1 og 2) til siltig sand (felt 3). Moldinnholdet er på grensa mellom moldholdig og moldrik. Dreneringsforholdene er tilfredsstillende på

alle feltene. På felt 3 finnes det et hardt lag (aurhelle) i 20-30 cm dybde. På alle feltene var det god jordstruktur med stor andel luftfylte porer ved forsøkets start (tabell 6). Det var tilfredsstillende forsyning av fosfor (P-Al 12-26 mg/100g jord) og kalium (K-HNO₃ 120-280 mg/100 g jord og K-Al 4-15 mg/100 g jord) på alle feltene.

Tabell 2. Jordarter og kornstørrelsesfordeling på de tre forsøksfeltene på Tingvoll Gard i to ulike dybder, 0-20 cm og 20-40 cm. Tallene angir andel grus i prosent av den totale jordprøven og andel sand, silt og leire i prosent av den siktede fraksjonen. Verdiene er oppgitt som gjennomsnitt for felt 2 og 3 og for hvert enkelt behandlingsledd på felt 1. Jordartene er navngitt etter den norske jordart-trekanten (Sveistrup & Njøs, 1984). n= antall prøver.

Felt 1 (n=6)						
Dybde	0-20 cm			20-40 cm		
	Kontroll	Direkte-høsting	Totrinns-høsting	Kontroll	Direkte-høsting	Totrinns-høsting
Jordart	Lettleire	Lettleire	Lettleire	Lettleire	Lettleire	Lettleire
Grus	14	14	13	18	16	17
Sand	45	48	37	44	40	38
Silt	37	35	42	38	41	41
Leire	18	17	21	18	19	21

Felt	2 (n=9)	3 (n=9)	2 (n=9)	3 (n=1)
	0-20 cm		20-40 cm	
Jordart	Lettleire	Siltig sand	Lettleire	Siltig sand
Grus	16	16	16	24
Sand	56	69	54	73
Silt	31	23	32	20
Leire	13	8	14	7

Tabell 3. Gjennomsnittlig moldinnhold på forsøksfeltene i % av total jordmasse, 0-20 cm dybde (variasjonen i parentes). Prøvene ble tatt i mai 1994. Tallene fra felt 1 er gjennomsnitt fra 6 prøver og fra felt 2 og 3 fra 3 prøver. Tabellen viser at moldinnholdet er på grensen mellom moldholdig og moldrik.

Felt	1	2	3
Behandlinger	Moldinnhold %		
Kontroll	5 (4-6)	6 (5-6)	7 (7-7)
Direktehøsting	5 (4-6)	5 (5-6)	6 (5-6)
Totrinns høsting	5 (4-6)	6 (5-6)	7 (7-7)

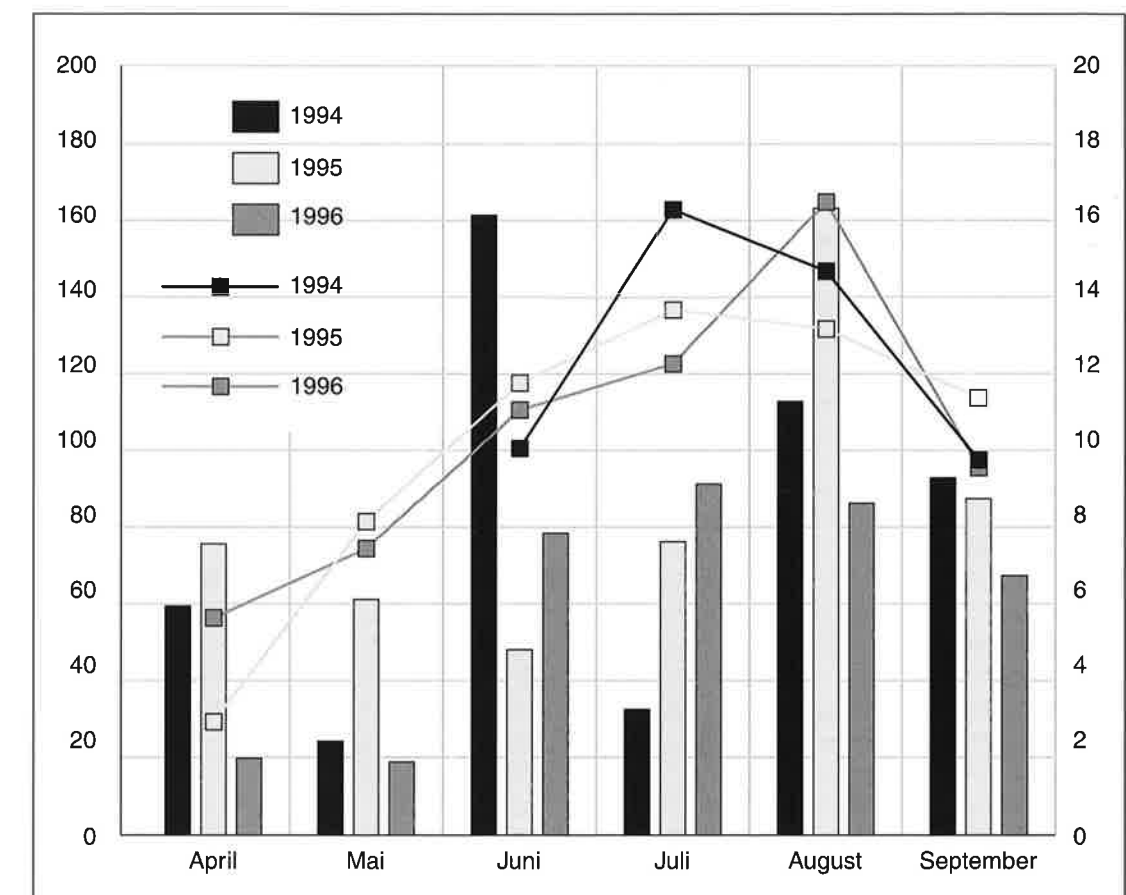
Værforhold og fuktighet ved kjøring

Normal årsnedbør er 1160 mm. Vekstsesongen varer fra april/mai til midt i september. Det var svært fuktig i juni 1994 og i august 1995 (figur 2). Tabell 4 viser at det ble høstet under noe fuktige forhold. I de fleste tilfelle var jordfuktigheten nær 40% volum vann i prosent av jordvolumet (v/v), hvilket er nær feltkapasiteten på denne jorda. Feltkapasitet er den største mengden vann som jorda kan holde fast ved 1

m grøftedyp. Det vil si at jorda var langt fra oppfylt med vann (vassmetta) under høsting. Jorda var imidlertid så fuktig at det ble noe spor ved kjøring. Et unntak var ved første slått 1995 hvor det ved tottrinns høsting (T) ble høstet 4. juli med ca 33% jordfuktighet. Høsting ved direktehøsting og kontroll ble på grunn av regn utsatt til 10. juli. Jordfuktigheten var da ca 39%.

Tabell 4. Jordfuktighet ved høsting av yngre eng (felt 1) ved direktehøsting (D) og tottrinns høsting (T). Målingene ble gjennomført med elektronisk måleinstrument (TDR) og er oppgitt som volum vann i prosent av jordvolumet (v/v).

År	Slått	Tidspunkt	Jordfuktighet (v/v)	
			Direktehøsting	Tottrinns høsting
1994	1	31. juli	37	37
	2	16. sept	40	38
1995	1	5. juli	ikke målt	33
	1	12. juli	39	ikke målt
	2	8. sept	35	39
1996	1	29. juni	37	40



Figur 2. Gjennomsnittsnedbør (søylor) og temperatur (kurver) per måned fra april til september 1994-96, ved Tingvoll gard.

Jordarbeiding, såing og gjødsling

Jordarbeiding på felt 1 ble gjort i forbindelse med gjenlegg til eng i 1994. Jordarbeidingen var den samme over hele feltet. Feltet ble vårløyd (10. mai) med traktor D og sloddet, harvet og sådd med traktor L med tvillinghjul (tabell 1). Eng med havre som dekkvekst ble sådd 20. mai. Såmengden var 3,4 kg engfrø og 10 kg havre per daa. Engfrøblanding bestod av 61% timotei, 18% engsvingel, 18% rødkløver og 3% hvitkløver. Året før var det grønnfôr med havre, erter, vikke og raigras.

På felt 2 og 3 var det tredjeårseng ved for-

søksstart. De var tidligere direktehøstet tilsvarende mekaniseringslinje D.

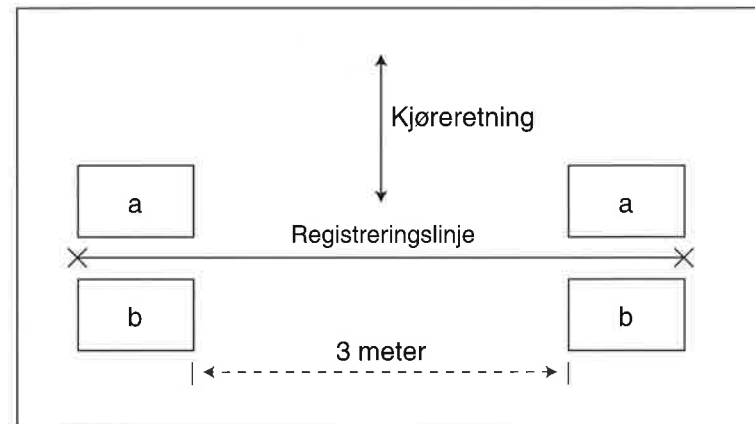
Det ble gjødslet bare på felt 2 og 3. Her ble det gjødslet med 1 tonn vannblanda urin (1:1) per daa etter første slått i 1994, og både om våren og etter første slått i 1995 og 1996. På grunn av det høye næringsinnholdet i jorda ble det ikke gjødslet på felt 1 verken ved gjenlegg eller i engårene. Til grønnfôret året før forsøket startet ble gjødslet med 3,5 tonn fast storfégjødsel per daa.

Registreringer

Med registreringer menes både direktemåling i felt og prøvetaking for senere analyse. Registreringstidspunktene varierte mellom år og felt.

Prøvetakingssteder

For å redusere ulempene ved å drive et forsøk uten gjentak ble det gjort mange registreringer i hvert behandlingsledd. Målinger og prøveutak ble foretatt på faste steder. Disse var plassert i hver sin ende av det som her kalles registreringslinje, med en avstand fra hverandre (sentrum til sentrum) på 4 m (figur 3). Dermed



Figur 3. Registreringslinje med ruter for avlingsprøver (a) og arealer for jordprøver (b). Rutene er 1 m x 0,5 m. Pilene viser kjøresporenes retning i forhold til linjen. Kjøresporenes fordeling er tilfeldig og ulike i de ulike rutene. Plassering av registreringslinjene går fram av figur 1.

Planteregistreringer

Avling ble registrert i to prøveruter (1 m x 0,5 m) ved hver registreringslinje (figur 3) en til tre dager før hver engslått alle tre forsøksår. Prøverutene ble klippet med saks ved 5 cm stubbhøgde. Plantemassen ble tørket ved 80°C, og deretter veid. For å se om avlingsregistreringene i disse smårutene stemte med den totale avlingen på feltet, ble alle lass på felt 1 veid i 1996.

Botanisk sammensetning ble kartlagt ved å sortere og veie avlingen på prøverutene i frak-

var det to registreringsplasser per linje.

Registreringslinjene lå vinkelrett på kjøretningen ved normal høsting og var plassert slik at jordforholdene skulle bli mest mulig like ved kontroll, direktehøsting og totrinns-høsting. Figur 1 viser registreringslinjenes plassering på forsøksfeltene. På felt 1 ble det lagt ut seks registreringslinjer per behandlingsledd, mens det på felt 2 og 3 ble lagt ut tre registreringslinjer per behandlingsledd. På hvert prøvetakingssted ble det gjort både planteregistreringer og jordfysiske målinger.

sjonene gras, kløver og tofrøbladet ugras før tørking. Dette er videre i rapporten kalt «botanisk analyse». Andel av høymole, løvetann og krypsoleie i ugraset ble bestemt på felt 1 ved første slått i 1995 og 1996 og på felt 2 og 3 ved en linje på hver behandling alle tre år. I 1996 ble kløver sortert i hvit- og rødkløver på felt 1.

Før høsting av dekkvekst med gjenlegg på felt 1 i 1994 ble alle ugrasarter og antall eksemplarer av hver ugrasart registrert i et område på 1 dm² midt i hver prøverute. Antall høymole- og løvetannplanter i hele prøveruta ble telt i felt før klipping. Dette er i rapporten kalt



Prosjektlederen tar ut prøver i ei prøverute for å registrere avling og botanisk sammensetning.

for «ugrastelling».

Dekningsgrad av kulturplanter ble anslått etter hver høsting i et belte på 0,8 m x 5 m ved hver registreringslinje.

Jordfysiske målinger

Jordas tetthet og struktur ved de ulike mekaniseringslinjene ble undersøkt med forskjellige metoder. Porevolum, porestørrelsesfordeling, luftpermeabilitet og tetthet i jorda ble målt i sylinderprøver. To til fire sylindre ble tatt ut

ved ca 7 cm dybde på hver prøverute.

Oversikt over jordfysiske målinger

- Luftpermabilitet er et uttrykk for hvor gjennomtrengelig jorda er for luft. Dette oppgis som areal hvor jorda slipper gjennom luft i den aktuelle prøven.
- Jordas vanninnhold kan uttrykkes i pF. Vanninnhold og luftvolum i jorda ble målt ved pF2. Dette tilsvarer det vanninnholdet

som jorda kan holde på ved en meters grøftedybde og er det samme som jordas feltkapasitet.

- Totalt porevolum er summen av porer fylt med luft og vann.
- Standardpakkingsgrad er et uttrykk for hvor pakket jorda er og ble bestemt som jordtetthet ved prøvetaking delt på jordtetthet i jordprøve fra feltet pakket med en kraft tilsvarende 200 kPa (Håkansson 1988).
- Stabilitet og fordeling av størrelse på jordaggregatene ble bestemt i en prøve på 2 dm³ fra hver prøverute (0-20 cm dybde). Størrelsesfordeling ble bestemt ved sikting og stabilitet ved regnmetoden. Aggregatstørrelsesfordeling gir et godt mål på jordstrukturen. Jo flere klumper større enn 2 cm, jo dårligere er jordstrukturen. I matjord som domineres av store aggregater kan rot-

Statistisk behandling

For å undersøke forskjellene mellom de ulike mekaniseringslinjene ble det brukt enveis variansanalyse og minste signifikante differanse (LSD_{5%}). Forskjeller mellom jordfysiske parametre ved startkarakterisering i 1994 og ved 1. slått 1996 ble undersøkt med parvis T-test. Sammenhengen mellom noen av de målte parametrene ved 2. engår i yngre eng (felt 1) ble analysert ved hjelp av faktoranalyse (SAS PROC FACTOR). En faktor er en hypotetisk variabel som bidrar til variasjonen i minst to av de registrerte parameterene og forklarer dermed variansen i noen av de målte parametrene (SAS 1987). De vises her på to synlige

veksten bli redusert (Dexter 1986). Aggregatstabilitet er et mål på jordstrukturens motstandsdyktighet mot ytre påvirkning.

- Penetrasjonsmotstand i jorda (jordas motstand mot gjennomtrenging) sier noe om hvor fast jorda er. Målinger av jordas penetrasjonsmotstand ble gjort med elektrisk drevet penetrometer med standardkonus (ASAE standard S313.2).
- Infiltrasjonsmålinger angir jordas evne til å suge opp vann. Infiltrasjonsmålinger ble gjort ved at plastikkringer med diameter 38 cm ble slått 5-10 cm ned i jorda. Deretter ble ringene fylt med vann til jorda var vannmettet. Nedsivingshastigheten ble registrert ved vannmetning som et mål på jordas infiltrasjonsevne.

faktorakser 1 og 2 og på faktoraksen 3 i tredje dimensjon (figur 10). Jo høyere verdi på aksene desto større forklaringsgrad. Parametrene hvor mer enn 50% av variasjonen forklares i faktor 3, markeres i diagrammet av sirkler som er proporsjonale med forklaringsprosenten i størrelse. Samme fortegn (+/-) ved sirklene viser at de samvarierer. En "scoreplot" ble laget ved at resultatene fra hvert enkelt prøvested med kode for de ulike behandlingsleddene ble lagt inn i diagrammet over faktor 1 og 2. «Scoreplot» viser hvordan de ulike observasjonene fra de tre behandlingsleddene grupperer seg i forhold til faktoraksene.

Resultat

Avling og botanisk sammensetning

I yngre eng (felt 1) var det liten forskjell på totalavling ved de tre behandlingene (figur 4), men det var tendens til størst avling ved tottrinshøsting. I gjenleggsåret (1994) var det omtrent lik grønnfôravling i de tre behandlingsleddene ved 1. slått (240 kg tørrstoff per daa). Dette var første forsøksbehandling. Avlingsnivået var i 1995 omtrent 700 kg tørrstoff per daa og i 1996 600-650 kg tørrstoff.

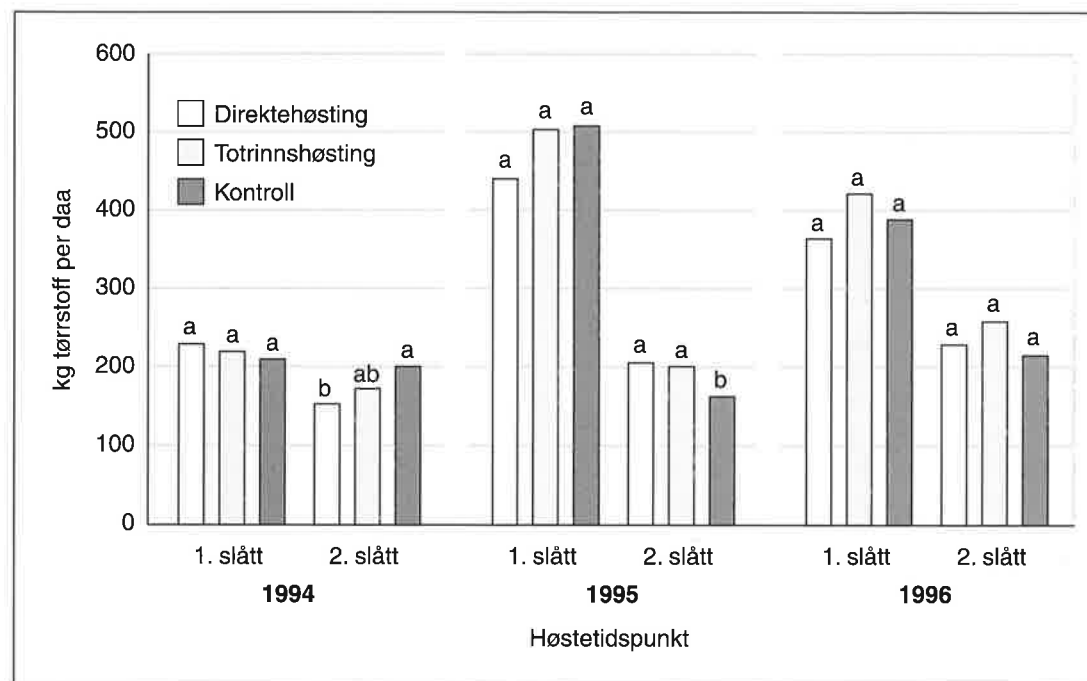
Kløveravlingene i yngre eng var like store ved direktehøsting og tottrinshøsting (figur 5). Det var heller ingen forskjell i forholdet mellom kløver og gras mellom disse mekaniseringslinjene. I 1996 ble hvitkløver og rødkløver registrert hver for seg, og det viste seg at det var mer hvitkløver i forhold til rødkløver ved direktehøsting enn ved tottrinshøsting (figur 6). Totalavlingen av hvitkløver og rødkløver 1996 var ved direktehøsting henholdsvis 70 og 160 kg tørrstoff per daa og ved tottrinshøsting, 20 og 230 kg tørrstoff per daa.

Høymolemengden i yngre eng økte i løpet av de tre forsøksårene og det var signifikant større høymolemengde ved kontrollen uten kjøring enn ved direktehøsting og tottrinshøsting totalt i de to engårene (figur 7). Det var

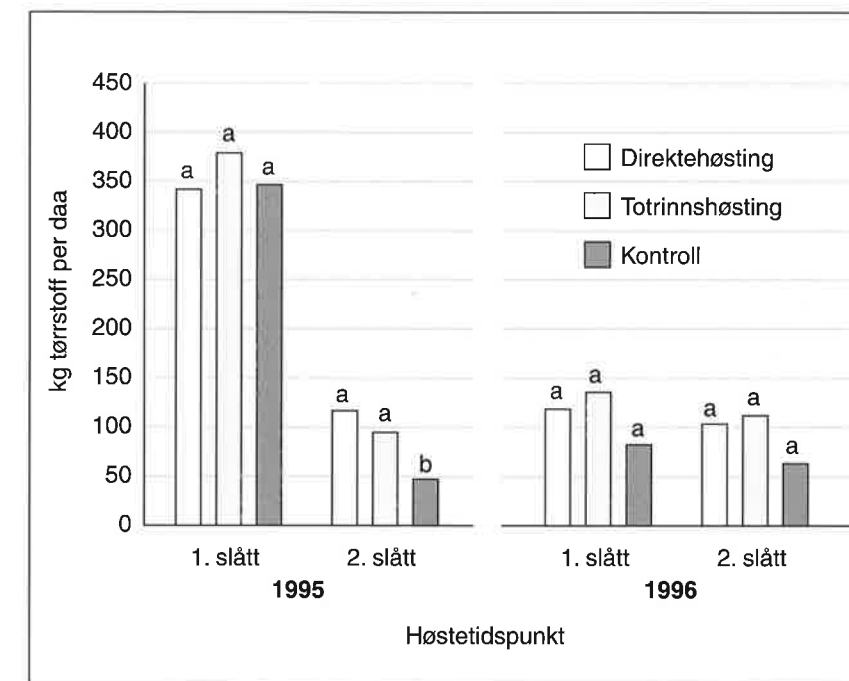
tendens til størst løvetannavling ved tottrinshøsting andre engår. Flere forsøksruter var ugrasfrie ved botanisk analyse i første engår enn ved ugrastellingen i gjenleggsåret (tabell 5). Men allerede fra første til andre engår var antall ugrasfrie ruter redusert.

I siste forsøksår var det ved direktehøsting mer hjulspor og større arealer med jord uten vegetasjon enn ved tottrinshøsting og kontroll. På feltene med tottrinshøsting og kontroll ble bare flekker etterhvert overgrodd med tunarve (*Sagina procumbens*). På feltene med direktehøsting var det også tunarve, men ikke i så store mengder at den dekte de bare flekkene. Den var så lavvokst at den ikke kom med i avlingsprøvene, og mesteparten av plantene stod igjen etter slått. En del mose fantes også mellom kulturplantene, mest i kontrollen uten kjøring og ved tottrinshøsting.

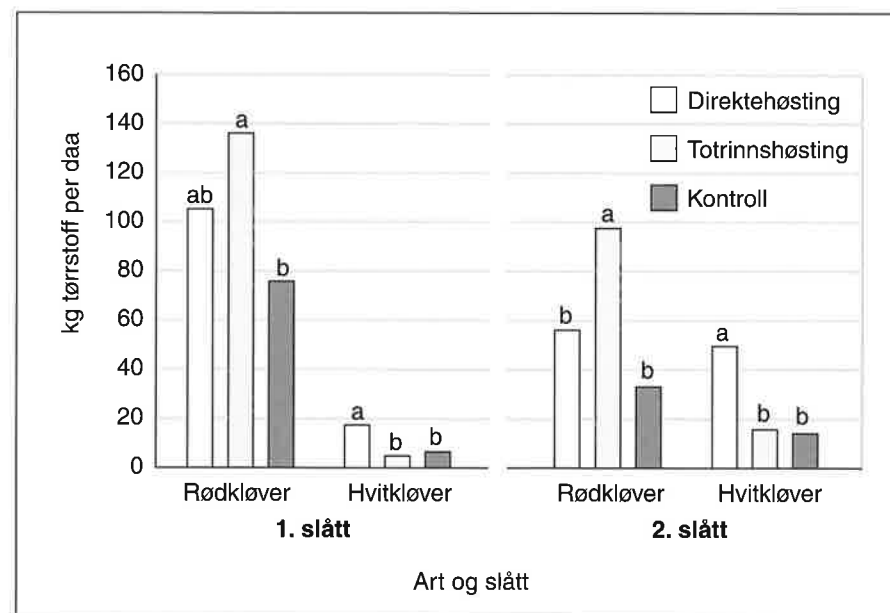
I eldre eng på felt 3 var det signifikant større avlinger ved tottrinshøsting, både beregnet som gjennomsnittsavlinger for hele forsøksperioden og for noen av de enkelte slåttene (figur 8). På felt 2 var det størst avling ved kontrollen beregnet for hele forsøksperioden.



Figur 4. Totalavling i yngre eng i kg tørrstoff per daa ved direktehøsting, tottrinshøsting og kontroll. Registreringene ble gjort i gjenleggsåret (1994) og i 1. og 2. engår (1995,1996). Både første og andre slått ble registrert. Hver søyle representerer 12 registreringer. Står det samme bokstav (a) over de 3 søylene som viser avlingen ved en slått, viser dette at det ikke er noen signifikant forskjellig avling ved direktehøsting, tottrinshøsting og kontroll. Står det b over en eller to av søylene er avlingen signifikant lavere enn der det står a. Ved 2. slått 1994 er det f.eks. signifikant lavere avling ved direktehøsting enn ved kontroll, mens avlingen ved tottrinshøsting ikke er signifikant forskjellig fra noen av de to andre.



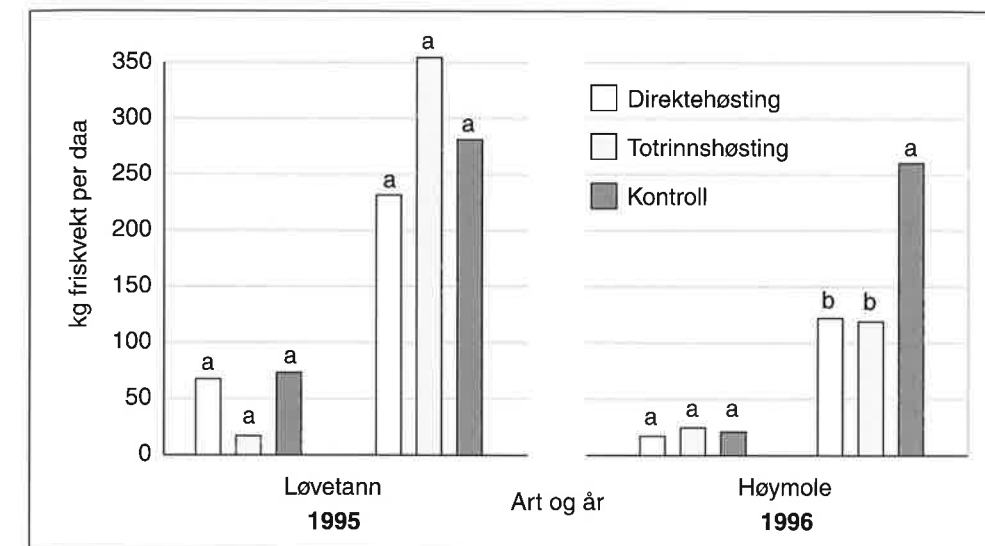
Figur 5. Kløveravling (sum av hvit- og rødkløver) i yngre eng i kg tørrstoff per daa ved direktehøsting, tottrinshøsting og kontroll. Registreringene ble gjort ved 1. og 2. slått i 1. og 2. engår (1995,1996). Hver søyle representerer 12 registreringer. Står det samme bokstav (a) over de 3 søylene som viser avlingen ved en slått, viser dette at det ikke er noen signifikant forskjellig avling ved direktehøsting, tottrinshøsting og kontroll. Står det b over en eller to av søylene er avlingen signifikant lavere enn der det står a.



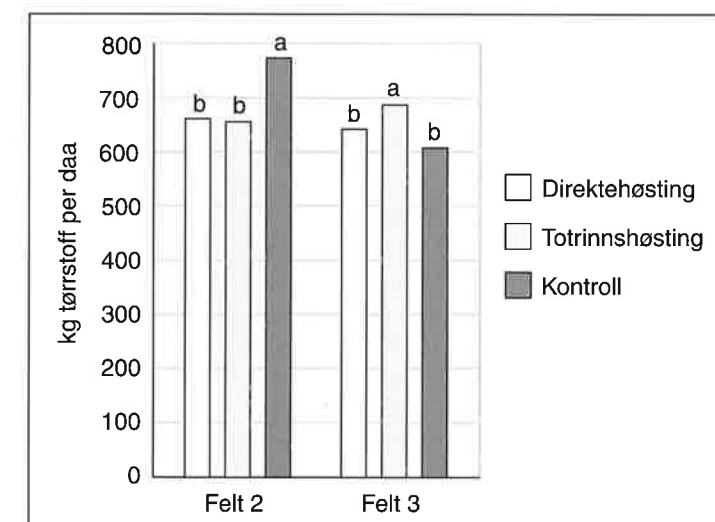
Figur 6. Hvit- og rødkløveravling i yngre eng i kg tørrstoff per daa ved direktehøsting, tottrinshøsting og kontroll. Registreringene ble gjort ved 1. og 2. slått i 2. engår (1996). Hver søyle representerer 12 registreringer. Står det samme bokstav (a) over de 3 søylene som viser avlingen ved en slått, viser dette at det ikke er noen signifikant forskjellig avling ved direktehøsting, tottrinshøsting og kontroll. Står det b over en eller to av søylene er avlingen signifikant lavere enn der det står a.

Tabell 5. Antall prøveruter på yngre eng uten forekomst av høymole og løvetann ved direktehøsting, tottrinshøsting og kontroll. Registreringene ble gjort i gjenleggsåret før første slått (1994) og i 1. og 2. engår (1995,1996). I 1994 er antall planter bestemt før høsting av gjenlegget. I 1995 og 1996 er ugraset i ulike behandlinger bestemt etter høsting.

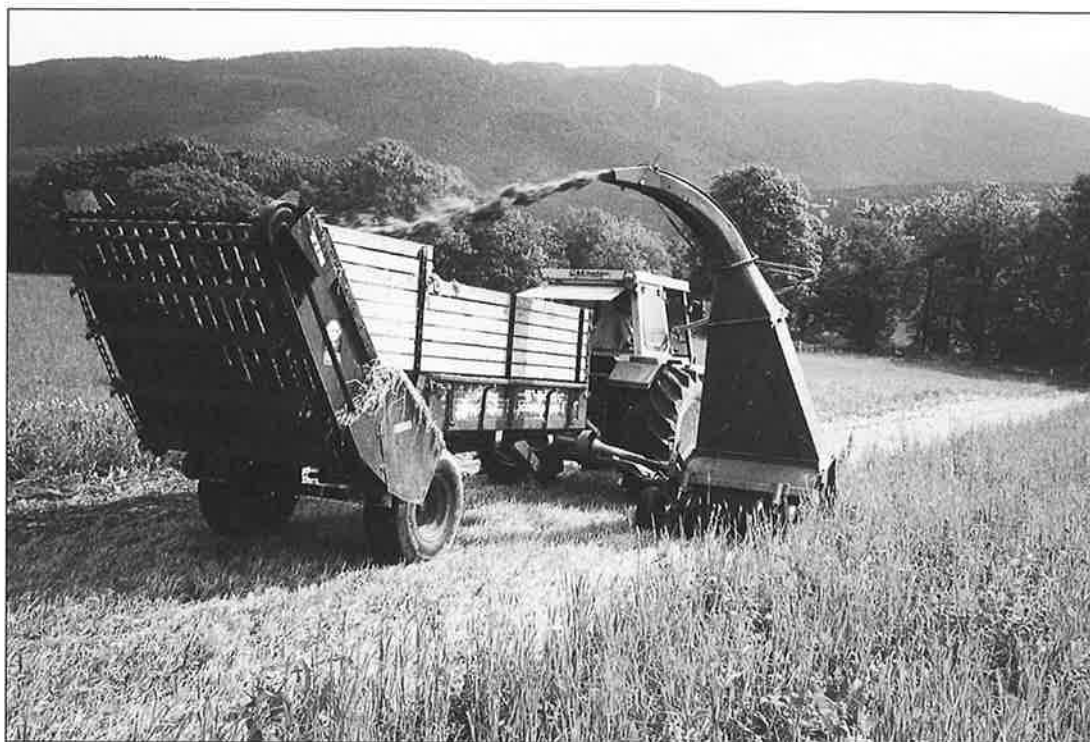
Behandling	Antall prøveruter uten høymole/løvetann					
	Høymole			Løvetann		
	1994	1995	1996	1994	1995	1996
Direktehøsting	4	7	1	1	6	0
Tottrinshøsting	2	1	0	2	5	2
Kontroll	2	3	1	1	3	0



Figur 7. Løvetann- og høymolemengde i kg friskvekt per daa ved direktehøsting, tottrinshøsting og kontroll. Registreringene ble gjort ved 1. slått i 1. og 2. engår (1995,1996). Hver søyle representerer 12 registreringer. Står det samme bokstav (a) over de 3 søylene, viser dette at det ikke er noen signifikant forskjellig avling ved direktehøsting, tottrinshøsting og kontroll. Står det b over en eller to av søylene er avlingen signifikant lavere enn der det står a.



Figur 8. Gjennomsnittsavlinger i eldre eng (felt 2 og 3) i kg tørrstoff per daa og år ved direktehøsting, tottrinshøsting og kontroll i årene 1994-96. Hver søyle representerer 60 registreringer. Står det samme bokstav (a) over de 3 søylene, viser dette at det ikke er noen signifikant forskjellig avling ved direktehøsting, tottrinshøsting og kontroll. Står det b over en eller to av søylene er avlingen signifikant lavere enn der det står a.



Direktehøsting med fôrhøster pakket jorda mer enn ved tottrinshøsting selv med bruk av breie Twin-dekk på traktoren.

Jordfysisk påvirkning

I yngre eng ble jorda tettere der enga ble høstet med direktehøsting (D) enn ved tottrinshøsting (T) og kontroll (K). Dette viste seg ved større penetrasjonsmotstand (figur 9) og høyere standardpakkingsgrad (tabell 6). Tendensen var den samme for infiltrasjon, men det var ikke signifikant forskjell mellom direktehøsting og tottrinshøsting. Det var små forskjeller i andel aggregat større enn 20 mm i skiktet 0-20 cm. Dette tyder på små forskjeller i jordstruktur (tabell 6). Det var høyere luftfylt porevolum ved første slått 1996 enn ved startkarakteriseringen i 1994 ved alle behan-

dlingene. Det var en signifikant ($p < 0,05$) oppgang i luftpermeabilitet ved kontrollen og en oppgang i totalt porevolum ved feltpakapitet (pF2) både ved kontroll og ved tottrinshøsting, men ikke ved direktehøsting. Aggregatstabiliteten var minst like stor i alle behandlingene ved første slått 1996 som ved startkarakteriseringen 1994 (tabell 6).

I eldre eng ble det ikke målt noe løsere jord (målt med penetrometermålinger) verken med tottrinshøsting eller i kontrollen i løpet av forsøksperioden.

Tabell 6. Jordfysiske analyser på felt 1 (yngre eng) ved direktehøsting, tottrinshøsting og kontroll. Registreringene ble gjort før 1. slått ved start 1994 og 1996 unntatt infiltrasjon som bare ble registrert etter 2. slått.

Porer ved pF2 = totalt porevolum i % av totalt jordvolum ved pF2 som er vanninnholdet ved jordas feltpakapitet (det vannet jorda kan holde på ved 1 m grøftedyp);

Luft ved pF2 = luftfylt porevolum i % av totalt jordvolum ved jordas feltpakapitet;

Permeabilitet = luftpermeabilitet som er areal i målesylindren som er gjennomtrengelig for luft;

Aggregatstabilitet = vektprosent stabile aggregater;

Aggregat > 20 mm = vektprosent jordaggregater større enn 20 mm;

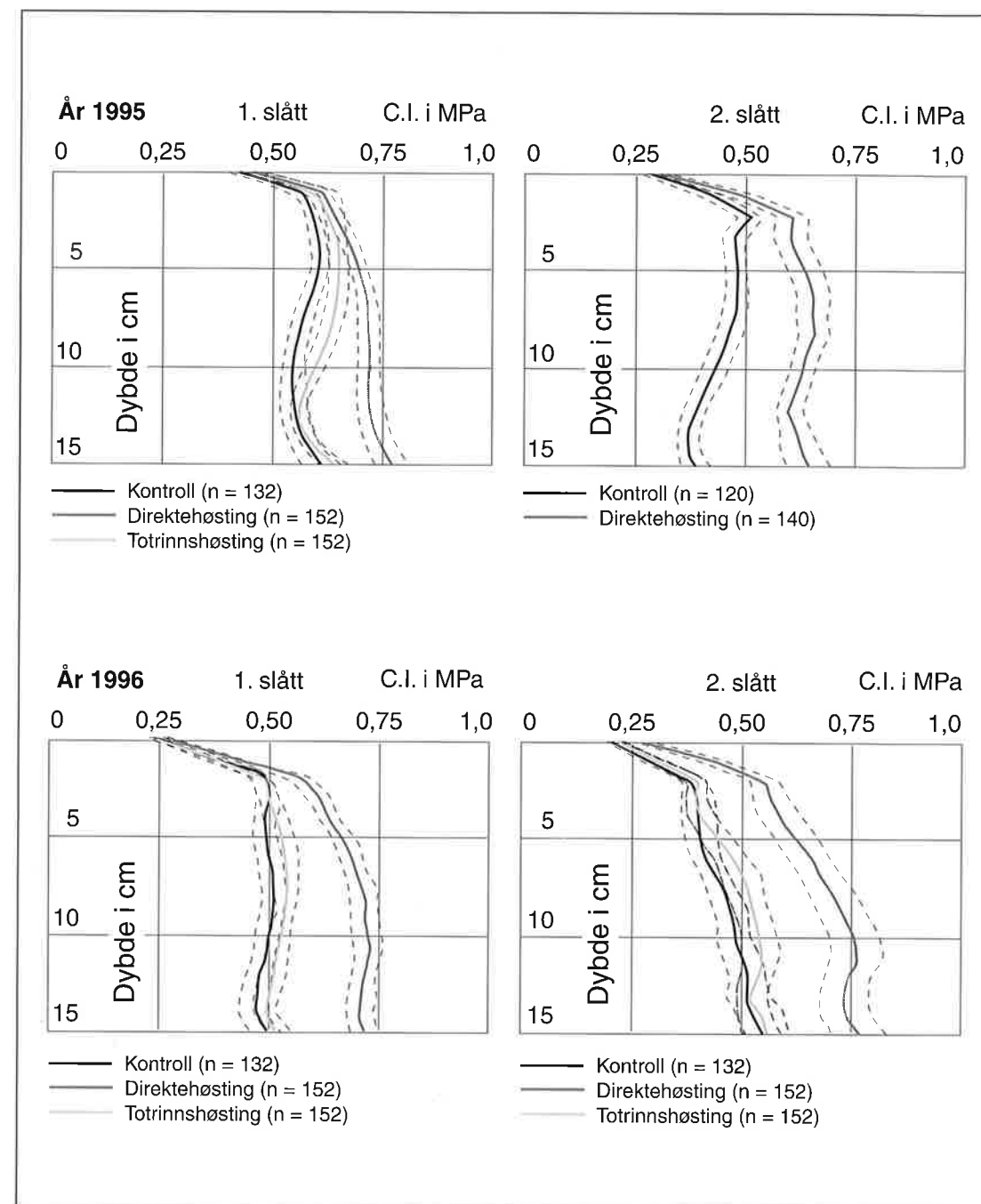
Stdpakk = standardpakkingsgrad som er feltprøve i prosent av standardpakket prøve;

Infiltrasjon = vanngjennomtrenging i mm/time.

Ulik bokstav innenfor samme parameter viser signifikant forskjell mellom behandlingene.

Signifikant forskjell fra 1994 til 1996 er markert med x. n=antall målinger bak hvert tall.

Parameter	Behandling	1994		1996		Signifikant forskjell fra 1994 til 1996
Porer ved pF2 n=12	Direktehøsting	58 %	ab	58 %	a	
	Tottrinshøsting	57 %	b	60 %	a	x
	Kontroll	60 %	a	62 %	a	x
Luft ved pF2 n=12	Direktehøsting	18 %	b	22 %	b	x
	Tottrinshøsting	20 %	ab	24 %	b	x
	Kontroll	22 %	a	27 %	a	x
Permeabilitet n=12	Direktehøsting	177	b	148	b	
	Tottrinshøsting	299	a	361	a	
	Kontroll	299	a	439	a	x
Aggregatstabilitet n=6	Direktehøsting	95 %	a	96 %	a	
	Tottrinshøsting	96 %	a	97 %	a	
	Kontroll	95 %	a	96 %	a	
Aggregat >20 mm n=12	Direktehøsting	3 %	b	3 %	a	
	Tottrinshøsting	8 %	a	3 %	a	x
	Kontroll	7 %	a	4 %	a	
Stdpakk n=12	Direktehøsting	82 %	a	87 %	a	x
	Tottrinshøsting	79 %	a	79 %	b	
	Kontroll	81 %	a	80 %	b	
Infiltrasjon n=6	Direktehøsting			364 mm/time	b	
	Tottrinshøsting			637 mm/time	b	
	Kontroll			1067 mm/time	a	



Figur 9. Penetrasjonsmotstand i jorda ved yngre eng målt i MPa og registrert for hver cm i skiktet 0-15 cm ved direktehøsting, tottrinshøsting og kontroll. Målingene ble gjennomført like før 1. og 2. slått i 1. og 2. engår. Stiplede linjer indikerer 95% konfidensintervall av gjennomsnittsverdien for hver cm. Tall etter n= i parentes angir antall målinger bak hvert punkt.

Sammenheng mellom jordfysisk tilstand, botanisk sammensetning og avling i 2. engår i yngre eng

Ved høy rødskløveravling ble det også høy totalavling ved begge slåttene andre engår (1996), mens hvitkløveravlingen påvirket den totale avlingen i liten grad. På faktoranalysen (figur 10) vises dette ved at avling av rødskløver og total avling ligger nær hverandre først og fremst ved faktor 2 ved første slått, men også ved faktor 1 ved andre slått. Graset betydning for avlingsresultatet er usikkert fordi det ved første slått var mindre gras der kløveravlingen var stor, mens det ved andre slått var stor grasavling der totalavlingen var stor. Grasavlingen var imidlertid liten ved andre slått og hadde derfor liten betydning for totalavlingen. Dette betyr at variasjoner i rødskløveravlingen har hatt størst betydning for tendensene til avlingsforskjeller som finnes i feltet med yngre eng. Ved andre slått var det størst avling der det var

stor andel luftfylte porer og høy luftpermeabilitet i jorda. Det var størst hvitkløveravling der penetrometermotstanden var størst. Dette ble særlig tydelig ved faktor 2 ved andre slått. Det betyr at totalavlingen ble størst der jorda var mest porøs, mens hvitkløveravlingen ble størst der jorda var mest pakket. Figur 10 viser at direktehøsting (D) har gitt lavere rødskløver- og totalavling, men mer hvitkløver og en tettere jord. Dette var en tendens ved første slått som ble tydeligere ved andre slått. Tottrinshøsting (T) har gitt både større rødskløveravling og totalavling. Dette var mest markert i første slått når avlingene var større. Tottrinshøsting har ført til løsere jord og mindre hvitkløver. I kontroll uten kjøring (K) var det tendens til lavere avling, særlig ved første slått. Jorda var også løsere.

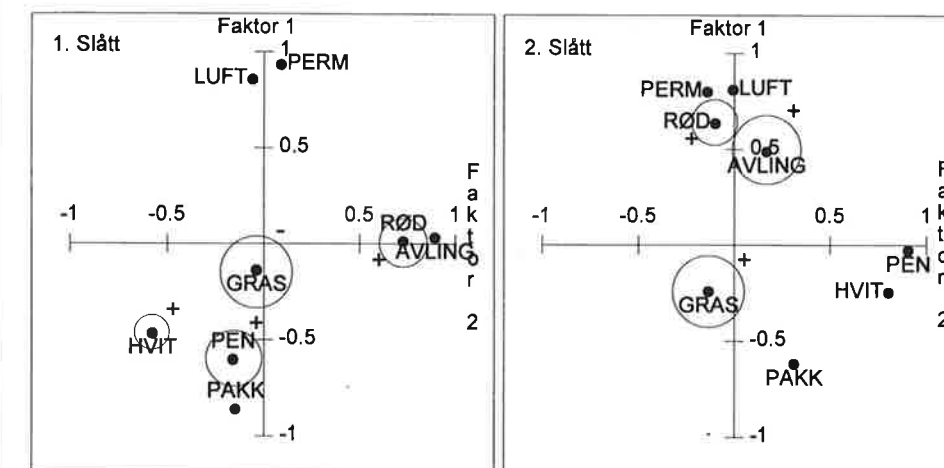


Oppsamling av graset fra strengene med lessevogn. Med 3,7 meter mellom strengene ble det lite kjøring på enga og dermed mindre pakking enn ved direktehøsting.

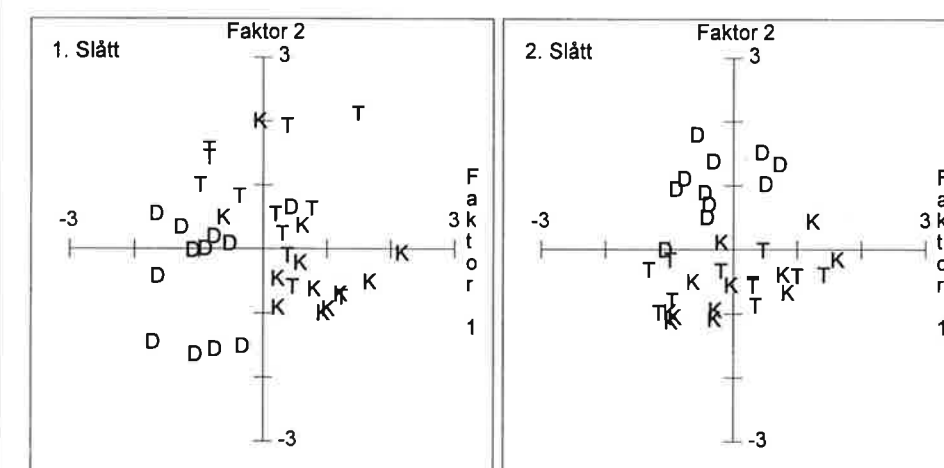


Tohjulstraktoren med slåmaskin og skårlegger. Knivbjelken var hele 1,9 meter bred. Prosjektlederen sjekker at forsøket blir utført i tråd med forutsetningene.

Faktor-analyse



Scoreplot



Figur 10. Faktoranalyse og "scoreplot" fra 2. engår (1996) ved 1. og 2. slått i yngre eng (felt 1). Faktor 1 og 2 er synlige, mens faktor 3 ligger i tredje dimensjon og er usynlig. Parametrene som forklares i faktor 3, markeres i diagrammet av sirkler med størrelse som er proporsjonale med forklaringsprosenten. Samme tegn ved sirklene (+/-) viser at de samvarierer. Faktorenes retning betyr ingenting. Parametre: Luft = Luftfylte porer, Perm = Luftpermeabilitet, Avling = Totalavling, Gras=Grasavling, Rød = Rødkløveravling, Hvit = Hvitkløveravling, Pen = Penetrometermotstand og Pakk = Standardpakkingsgrad. I "scoreplotten" er de ulike observasjonene fra de tre behandlingsleddene lagt inn i faktoranalysen. D=direktehøsting, T=totrinns høsting, K=kontroll. Merk at aksene i "scoreplotten" er omvendte av faktoranalysen. Faktoranalysen viser at det er mye rødkløver er det også stor avling og at andel luftfylte porer og luftpermeabilitet er omvendt proporsjonale med penetrometermotstand og standardpakkingsgrad. "Scoreplotten" viser at ved tottrinns høsting og ved kontroll er jorda løsere enn ved direktehøsting og det er en tendens til større avling.

Diskusjon

Små forskjeller mellom avlingene både før første behandling og gjennom forsøksperioden tyder på et jevnt avlingspotensiale på forsøksfeltene og små avlingsutslag for de ulike mekaniseringene. Det var imidlertid tendens til lavere avling ved direktehøsting enn ved tottrinshøsting andre engår. Det er mulig at denne tendensen ville blitt en reell avlingsforskjell i senere engår, men så langt forsøket varte, var det små forskjeller. Tettere jordstruktur ved direktehøsting (D) enn ved tottrinshøsting (T) tyder på at direktehøsting har vært mer skadelig for jordstrukturen enn tottrinshøsting med lav spordekning og tohjulstraktor til engslått. Selv ved direktehøsting har imidlertid jorda fortsatt en god struktur og er lite kompakt. Andelen luftfylte porer var aldri under 10 %, noe som ofte oppgis som en grenseverdi for reduksjon av plantevekst (Riley 1988). En standardpakkingsgrad på 87% som ble funnet ved direktehøsting (D) er trolig ikke nok pakking til å redusere avlingen de første årene. Forsøk på lettleire her i landet har vist at for å redusere kornavlinger trengs en pakkingsgrad på mer enn 90% (Riley 1988). Resultatene fra infiltrasjonsmålingene gir også grunn til å tro at jorda ikke er hardt pakket. Særlig den store infiltrasjonsevnen i 1996 viser en svært høy dreneringseffekt også etter direktehøsting.

En grunn til små strukturskader og lite avlingsreducerende planteskader kan være at jorda aldri var ekstremt våt ved høsting i forsøksårene. Det er mindre regn på Tingvoll enn mange andre steder på Vestlandet. Det er stor utstråling fra det sørvendte feltet og grøftetilstanden var god. En annen grunn kan være at jorda på felt 1 (yngre eng) er en stabil lettleire med bra moldinnhold og god struktur som ikke forandrer seg så lett. Både direktehøsting og tottrinshøsting slik de var utført i dette forsøket er forholdsvis skånsomme mekaniseringslinjer. Traktorene var relativt lette og både traktor og vogner hadde lave lufttrykk i dekk (tabell 1). Porøsiteten i jorda økte i løpet av forsøksperioden, spesielt i kontrollfeltene uten

kjøring, men det var også en tendens til økning ved tottrinshøsting. Kjøringen må derfor ha vært svært skånsom ved denne mekaniseringslinja. Forskjellene i penetrasjonsmotstand mellom direktehøsting, tottrinshøsting og kontroll var reell og så ut til å øke i løpet av de tre årene forsøket varte. Det er likevel vanskelig å sammenligne resultatene ved de ulike måletidspunktene på grunn av at vanninnholdet i jorda påvirker penetrasjonsmotstanden og vanninnholdet varierte mellom måletidspunktene (Leidal 1996).

Med tanke på den lille påvirkningen på jordstrukturen er det derfor grunn til å tro at de lave rødkløveravlingene ved direktehøsting skyldtes planteskader og at planteskader også kan være grunnen til tendens til lavere avling ved direktehøsting enn ved tottrinshøsting. Forsøket omfattet bare to engår og de små, men økende skadene på jord og planter gjør det sannsynlig at det kan utvikle seg større avlingsforskjeller mellom mekaniseringslinjene ved økende engalder.

På mer struktursvak jord og i fuktigere klima kan kjøring få mye større konsekvenser for avling og jordstruktur. Det viser et langvarig forsøk på siltig finsand i Surnadal på Nordmøre. Der ble avlingsnedgangen i eng i gjennomsnitt 27% ved kjørebeklastning sammenlikna med upakket jord etter 2-4 års behandling (Hansen 1996). Behandlingen etterliknet normal kjøring på eng i forbindelse med gjødsling og høsting. Størst hvitkløveravling ved direktehøsting (D) indikerer at hvitkløveren har tålt kjøring bedre enn rødkløver, og har økt når rødkløveren har gått ut. Dette har sannsynligvis bidratt til at avlingssnivået ved direktehøsting har holdt seg på samme nivå som i de øvrige behandlingene. Dette styrkes av andre forsøk som viser lavere rødkløveravling og høyere hvitkløveravling ved kjørebeklastning enn uten kjøring (Rasmussen & Møller 1981, Hansen 1996).

Forandringen i høymolemengde fra 1995 til 1996, hvor høymola økte mest i kontrollen, indikerer at høymola trives best med lite

kjøring. Dette er også observert i forsøket i Surnadal (Hansen, upublisert). Utviklingen i løvetannbestandene viser ikke noen klar tendens. Prøverutene i dette forsøket er imidlertid for små til å gi et sikkert sammenlikningsgrunnlag for så store planter som høymole. Dessuten er kontrollen et smalt belte hvor prøverutene nesten ligger på linje, noe som innebærer at ugras kan ha spredd seg med harving eller liknende til flere av rutene. Dette gjør at både den registrerte botaniske sammensetningen og totalavlingen i kontrollen kan være lite representative.

Tunarve vokser først og fremst i felt uten kjøring eller i felt med tottrinshøsting. Tunarve kan være en viktig årsak til lave kløveravlinger i kontrollfeltene.

I eldre eng (felt 2 og 3) viste penetrasjonsmålingene små forskjeller mellom direktehøsting, tottrinshøsting og kontrollfeltene i jord-

tetthet og dermed liten påvirkning av kjøring. I disse feltene var ulik mekanisering ved gjødsling med som en del av behandlingen, og ulik mekaniseringslinje ved gjødsling har dermed heller ikke påvirket jordas tetthet i stor grad. Selv i kontrollfeltene uten kjøring ble ikke jorda løsere i løpet av disse 3 årene. Større avling ved kontrollen på felt 2 og ved tottrinshøsting på felt 3 kan skyldes at det ble mer planteskade ved direktehøsting. Her var det jo en spordekning på 280%, mens den bare var 80% ved tottrinshøsting. Det at direktehøstingsleddet (D) ble gjødslet med vakumtankvogn i eldre eng, mens tottrinshøstingsleddet (T) og kontroll-leddet ble gjødslet uten eller nesten uten kjøring på feltene, kan også ha påvirket avlingsresultatet. En usikkerhet med målingene i den eldre enga var at det kun var halvparten av registreringsrutene på henholdsvis felt 2 og 3 i forhold til felt 1.

Konklusjon

Ulik mekanisering gjennomført helt fra jenneleggsåret (yngre eng) gjorde jorda mer kompakt ved direktehøsting enn ved tottrinshøsting (med tohjulstraktor og lessevogn), og der det ikke ble kjørt. Dette skjedde til tross for at breie lavtrykksdekk ble brukt på traktorer og vogner både ved direktehøsting og tottrinshøsting. På denne næringsrike jorda med stabil og god struktur og med de relativt lave maskinvektene i forsøket ser det ut til at dette dekkutstyret har gitt nok beskyttelse mot kjøreskader til å unngå avlingsreduksjon under de tre årene

forsøket varte. Selv ved direktehøsting er jorda ikke nok pakket til å føre til avlingsreduksjon. Rødkløveren tålte imidlertid den harde behandlingen ved direktehøsting dårlig. Det skyldes sannsynligvis planteskade. Økt vekst av hvitkløver kompenserte for utgangen av rødkløver. Totalavlingen ble dermed ikke redusert så mye.

Høymole er et stort problem for mange i grasdyrkinga, og det ble den også i disse forsøksarealene. Størst ble imidlertid høymolebestanden i det upakkete leddet.

Del 2:

Energibruk, tidsbruk og redskapenes ergonomiske egenskaper ved ulike mekaniseringslinjer

for denne delen av undersøkelsene var å få et mest mulig helhetlig bilde av maskinenes bruksegenskaper ved enghøsting. Gjødsling-sutstyret er ikke blitt evaluert. For høstmaskinene er det flest data fra siloslått og mindre fra høyvending og ranking. Dette fordi bare en

liten del av engarealet på Tingvoll Gard blir høstet som høy. Arbeids- og drivstofforbruket for de ulike høstelinjene ble registrert i forsøket. De ergonomiske og tekniske egenskapene ble evaluert av gardbrukerne som kjørte maskinene.

Materiale og metoder

Mekaniseringslinjene i forsøket er i store trekk presentert i del 1. Opplysninger om maskinene

utover det som står i tabell 1, er gitt under.

Mekanisering ved direktehøsting (D):

Det ble brukt en Fiat Agriful 65 (årsmodell 1990) med en dieselmotor på 65 hk. Førhøst-eren som ble brukt var en Serigstad førhøster (1988 modell). Den har støttehjul, men hviler delvis på traktoren. To grasvogner ble brukt:

En tilhenger med høye karmen og hydraulisk tipp og en Tim avlesservogn (combivogn) eldre enn årsmodell 1985. Sistnevnte tømmes med en bunntømmer.

Mekanisering ved totrinnshøsting (T):

Tohjulstraktoren Bucher M-550 årsmodell 1993 ble brukt til å slå graset. Den har en bensindrevet, luftkjølt motor på 12 hk og er utstyrt med en knivbjelke og skårlegger av type sidevenderive. Firehjulstraktoren som ble brukt ved totrinnshøsting var en Fiat 45-66, årsmodell 1985, og har en dieselmotor på 45 hk. Den er utstyrt med lesseapparat. Ved innkjøring av graset ble det brukt en lessevogn av typen Pöttinger boss junior I-T, årsmodell 1994. Ved silohøsting ble lessevogna utstyrt med 12 kniver med 11 cm knivavstand. Første

forsøksåret ble det brukt en Mengele lessevogn med tomvekt på omtrent 1200 kg og maksimalt 7 kuttekniver i innmatingssystemet, noe som gir 15 cm knivavstand.

Avlingen fra direktehøsting og totrinnshøsting ble transportert til låven der det ble tippet direkte fra vognene ned i tårnsiloer. Massen ble fordelt manuelt. To av siloene er firkanta, omtrent 3,5 x 4 m med dybde 5,5 m, og to siloer er runde med diameter 4,4 m og dybde 6,9 m.

Registrering av tids- og drivstofforbruk

Tids- og drivstofforbruket ble målt 2. og 3. forsøksåret. Disse ble registrert 2. året ved at gardbrukerne noterte underveis. Tredje året noterte forskerspersonalet tids- og drivstofforbruket. Det ble noen færre registreringer dette året. Tidspunkt for start og slutt for arbeidsoperasjoner, samt lengre avbrudd, ble notert. I de fleste tilfellene ble transport fra låve til felt og arbeid på felt registrert separat. Tid for klargjøring, vedlikehold m.m. ble ikke målt. Drivstofforbruket ble registrert av gardbrukerne andre og tredje forsøksåret. Før arbeidsoperasjonen stod traktorene mest mulig i vater

og tanken ble fylt til et bestemt nivå. Etter arbeidets slutt ble drivstoff fylt til samme nivå. Firehjulstraktorene ble tanket med gardens dieselpumpe som måler med ca en liters nøyaktighet. Den bensindrevne tohjulstraktoren ble fylt med en enliters målesylinder gradert i milliliter. Bensinmengden er omregna til dieselmengde med ekvivalent energiinnhold.

Tallene for tids- og drivstofforbruk ble dividert både med areal for respektive behandlingsledd og med tørrstoffavling for disse. På den måten ble forbruket målt både per dekar og per tonn tørrstoff.

Ergonomiske og tekniske egenskaper

De ergonomiske og tekniske egenskapene hos maskinene ble evaluert av gardbrukerne på Tingvoll Gard, ved at de fylte ut et spørreskjema. De ble bedt om å sammenligne kapasitet, teknisk funksjon, arbeidsmiljø m.m.

Tohjulstraktoren Bucher M-550 ble evaluert mer inngående enn de øvrige maskinene i forsøket fordi denne type maskin ikke er så vanlig i landbruket i Norge i dag.

Resultat

Tidsforbruk

De fleste av målingene ble gjennomført ved høsting av felt 1 og 2. Avstand fra silo til felt var da 300-400 m. Noen målinger ble gjennomført på felt 3, som ligger 400 m fra silo.

Som det framgår av tabell 7 var det stor variasjon i tidsforbruket beregnet per dekar. Omregnet til minutt per daa varierte for eksempel tohjulstraktorens kapasitet ved slått fra 11 til 18 minutter per dekar og førhøsterens kapasitet fra 24 til 51 minutter per dekar. Ved 2. slått var det større kapasitet både for direktehøsting og totrinnshøsting, trolig fordi avlingene var lavere ved 2. slått.

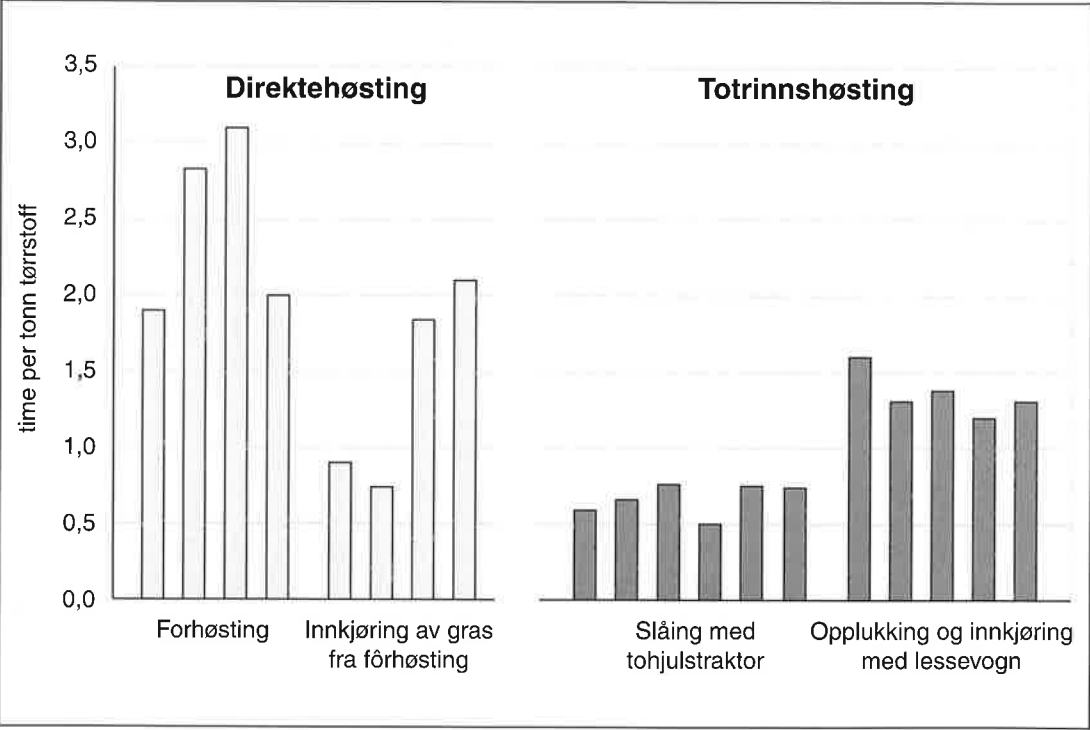
Fordi kapasiteten påvirkes av avlingen ble også tidsforbruket per kg tørrstoff beregnet (figur 11). På grunn av få målinger presenteres de enkelte observasjonene i stedet for middel-

verdier i figur 11. Ved direktehøsting med forhøster (D) var det større tidsforbruk enn ved totrinnshøsting med tohjulstraktor og lessevogn (T). For eksempel ved første slått på felt 1 i 1995 ble det brukt 2,3 timer per tonn tørrstoff ved totrinnshøsting og 2,8 timer per tonn tørrstoff ved direktehøsting. Tilsvarende resultat for 2. slått var 2,7 timer ved totrinnshøsting og 4,1 timer ved direktehøsting. Det innebærer at ved 1. slått var tidsforbruket 22% høyere og ved andre slått 52% høyere ved direktehøsting sammenligna med totrinnshøsting. Det var liten avstand mellom garden og feltene, så kjøring med tohjulstraktoren tok høgst 7 minutter til det feltet som lå lengst vekk og 4 minutter til det nærmeste feltet.

Tabell 7. Tidsforbruk i time per 10 dekar og dieselforbruk i liter per 10 dekar ved ulike arbeidsoperasjoner innen direktehøsting og tottrinshøsting på felt 1,2 og 3. Tallene er oppgitt som middeltall og variasjon av alle målinger 2. og 3. engår (1995 og 96). Merk at utregningsgrunnlaget for samla tidsforbruk til direktehøsting og tottrinshøsting er et annet enn for hver enkelt arbeidsoperasjon.

Arbeidsoperasjon	Tidsforbruk			Dieselforbruk		
	Time per 10 daa			Liter per 10 daa		
	Middeltall	Variasjon	Antall målinger	Middeltall	Variasjon	Antall målinger
Direktehøsting	10	8-13	4	22	10-35	3
Fôrhøsting	6	4-9	4	17	8-28	3
Grastransport	3	2-4	4	4	2-7	4
Tottrinshøsting	6	4-11	6	16	6-31	6
Slått med tohjulstraktor	2	2-3	12	6	5-7	5
Opplukking med lessevogn	2	1-3	4	6*	1-12	6
Transport med lessevogn	2	1-5	4			

* Dieselforbruket inkluderer både opplukking og transport til/fra lager



Figur 11. Tidsforbruk i timer per tonn tørrstoff, ved slått og høsting 1995 og 1996 ved ulike arbeidsoperasjoner på felt 1,2 og 3. Hver søyle representerer en måling.

Arbeidsforbruk

Til forsøket på Tingvoll Gard trengtes det i siloslått ved direktehøsting en person til å kjøre fôrhøsteren, en til grastransporten og to i siloen. Det betyr at ved direktehøsting må tidsforbruket ved selve fôrhøstingen multipliseres med fire for å få forbruk av persontimer. Til tottrinshøstingen trengtes en person til å slå enga med tohjulstraktor, en til å kjøre lessevogn og en til to personer i siloen. Dermed trengs bare to til tre personer samtidig fordi den som slår enga som regel er ferdig når inn-

kjøringen begynner. Ved tottrinshøstingen multipliseres lessevognens tidsforbruk med tre og tohjulstraktorens tidsforbruk adderes til dette.

I tillegg til innkjøringsarbeidet kommer arbeid med dekking av siloene, men dette ble ikke registrert. Som det fremgår av gardbrukernes evaluering nedenfor ble det mer arbeid med dekking ved tottrinshøsting enn ved direktehøsting.

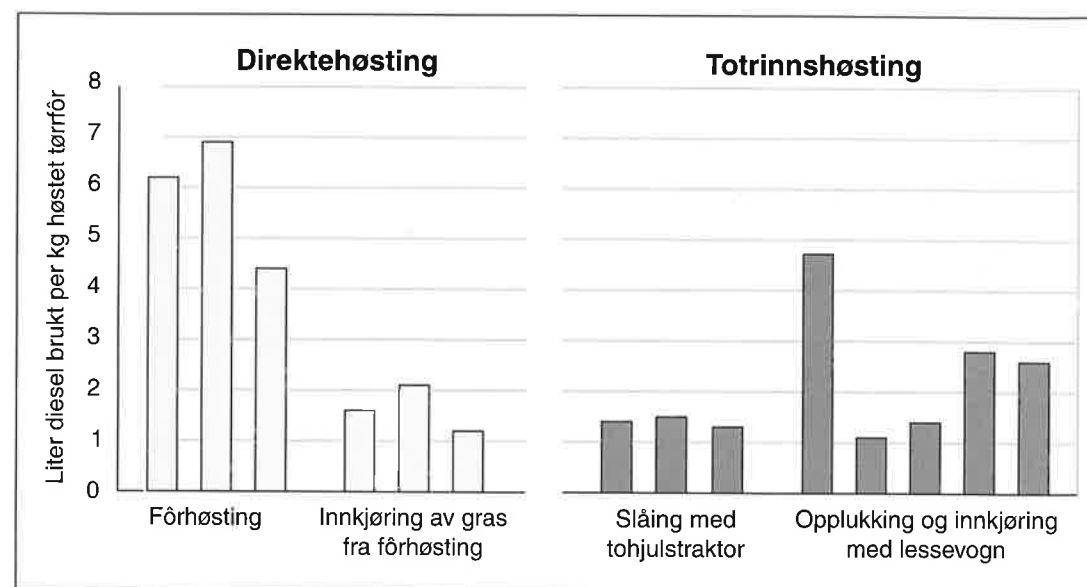
Energiforbruk

Når drivstofforbruket ble beregnet per dekar, var det stor variasjon innen hver mekanisering. Når drivstofforbruket ble beregnet per kg tørrstoff, var variasjonen mindre. Det samlede drivstofforbruket ved direktehøsting var høyere sammenliknet med tottrinshøsting (figur 12). Dieselforbruket på felt 1 var ved 1. slått

7,8 liter per tonn tørrstoff ved direktehøsting og 6,1 liter per tonn tørrstoff ved tottrinshøsting. Dette gir 28 % høyere drivstofforbruk. Ved 2. slått på felt 3 var tilsvarende drivstofforbruk 5,6 liter per tonn tørrstoff (direktehøsting) og 4,3 liter per tonn tørrstoff (tottrinshøsting).



Transport av graset til lager med lessevogn. Det var relativt korte avstander fra feltet til lager i forsøket.



Figur 12. Dieselforbruk i liter per tonn tørrstoff, ved slått og høsting 1995 og 1996 ved ulike arbeidsoperasjoner på felt 1,2 og 3. Hver søyle representerer en måling.

Gardbrukernes evaluering av mekaniseringslinjene

Gardbrukerne mener at begge mekaniseringslinjene i forsøket har tilfredsstillende kapasitet ved korte og middels avstander fra jordet til silo. Totrinns høstingen stiller noe større krav til nøyaktighet i siloleggingen og føret pakkes dårligere og tar derfor mer plass i siloen. Det medfører en del ekstraarbeid ved at siloen må åpnes på nytt for å fylle på etterhvert som føret synker sammen. Kvaliteten på føret har imidlertid blitt god ved innlegging med

lessevogn. Graset blir ikke så sammenpresset i vogna som ved førhøstingen. Dette er en fordel for den som arbeider med fordelingen i siloen.

Arbeidsmiljøet i traktoren var dårlig ved førhøsting på grunn av mye støy og dårlig arbeidsstilling. Dette skyldes delvis traktoren som ble brukt, og delvis at førhøsteren har manuell styring. Ved arbeid med lessevogn er støynivået i traktoren lavt og arbeidsstillingen brukbar, mener gardbrukerne.

Tohjulstraktoren

Tohjulstraktoren som slåmaskin

Tohjulstraktoren fungerte godt på flatt areal ved middels avling og ingen legde. Ved stor avling og legde ballet graset seg på kniven og det var nødvendig å stoppe for å ta vekk graset. Også ved kort gras kunne det samme skje. Graset la seg da på kniven fordi skårleggeren

ikke nådde ned til graset, og det ble nødvendig å stoppe for å ta det vekk. Ved stor avling var tohjulstraktoren tung å styre. Tohjulstraktoren ble trukket inn mot grasstrengen. Det var størst problem med dette når slåtekniven ikke var helt kvass. Det fulgte ikke med noen slepesko til den delen av slåmaskina som går inn i grasstrengen fra forrige drag. Det medførte at

det ble veldig kort stubbehøgde på den siden før ekstra slepesko ble montert. Ved kjøring opp- eller nedover i bakker var det vanskelig å skifte gear og traktoren var tung å snu. Styrebremser ville derfor ha vært ønskelig. Vedlikeholdet var enkelt og gikk mest på å holde knivene skarpe. Transporten av tohjulstraktoren vil ta lang tid hvis den skal kjøres til felt som ligger avsides, spesielt om føreren må gå og derfor ikke kan kjøre høyeste fart.

Arbeidsmiljø

Lydnivået er akseptabelt. Avhengig av vindretning og kanskje også høyden på føreren, kan eksosen bli et problem. Systemet for å stille høyden på handtak er tungvint dersom personer med ulik høyde skal bytte på å slå.

Evaluering av høyvender for to- og firehjulstraktor

Høyvender av type sidevenderive JF HRS 200 som er 2,10 m brei for firehjulstraktor ble ombygd ved NORSØK for å kunne brukes

både på to- og firehjulstraktor. Den ble brukt på Bucher tohjulstraktor M-550 og på firehjulstraktor og fungerte for det meste godt både til vending og strenglegging av høy. Ved kjøring av høyvenderen på tohjulstraktor i motvind ville imidlertid høyet trenge inn under beskyttelsen og snurre seg rundt kraftoverføringskrysset på høyvendersiden. En ekstra beskyttelse laget av pvc-rør for å unngå dette ble montert utenpå den vanlige beskyttelsen, og fungerte som planlagt. En annen ulempe ved å kjøre høyvenderen i motvind var at støv blåste på føreren.

Det tok ca 20 minutter for en person å montere sidevenderen på tohjulstraktoren. Det tok nesten like lang tid å demontere den. Monteringen/demonteringen gikk vesentlig raskere om det var to personer i arbeidet. Tohjulstraktoren med høyvenderen påmontert var mer lettkjørt enn med slåmaskin, selv om svingradiusen ble betydelig større fordi de ekstra framhjulene som bærer høyvenderen fungerer som styrehjul.



Tohjulstraktoren fungerte godt på steder som dette og la opp perfekte og vel avgrensede strenger. De som prøvde utstyret var imidlertid enige om at det ofte ble for tungt arbeid. Legde i graset, stor avling eller kort gras medførte at det ofte ble stopp for å fjerne gras som satte seg fast. I bakker var det tungt å styre.

Tidsforbruket ved strenglegging på et trekantforma felt på seks dekar var ca 65 minutter, hvilket innebærer 0,18 timer per daa. Tilsvarende tall når høyvenderen var montert på firehjulstraktor var 0,10 timer per daa. Høy-

Diskusjon

I dette forsøket på Tingvoll Gard ble det lavere drivstoff- og tidsforbruk både per dekar og per tonn tørrstoff ved tottrinshøsting enn ved direktehøsting. Dette kan ha flere årsaker. Den brede knivbjelken på slåmaskina gjorde at grasstrengene ble liggende med en avstand på hele 3,8 m (senter til senter) ved sammenlegging av to skårbredder. Det tilsvarer arbeidsbredden til en stor slåmaskin som trenger en traktor på ca 80 hk som trekkraft. Vi fikk på denne måten fordelene med stor arbeidsbredde uten å behøve å kjøre med en stor traktor på jorden. Videre gjorde dette at det ble lite kjøring ved opp-plukking av graset med lessevogn. På grunn av at arbeidet med tohjulstraktoren var tungt, hadde en lite effektkrevende slåmaskin med skårlegger og god slåtebredde til firehjulstraktor vært ønskelig. De skårleggende slåmaskinene som finnes på markedet i dag er store og har stort effektbehov.

En fôrhøster på 1,12 m er forholdsvis smal. Det ville derfor ha blitt mindre kjøring og dermed mindre tids- og drivstofforbruk ved direktehøsting med en bredere fôrhøster. Imidlertid måtte traktoren da kanskje kjørt på et lavere gear og dermed langsommere. Her ville gearvalget avgjort om det ville bli mindre kapasitet.

Selv om forsøksarealene var store nok til at de maskinene som ellers ble benyttet i praktisk drift kunne brukes, var felt 2 og 3 så små at det ble tidkrevende å rygge og snu med fôrhøster og tilhenger. Traktor og lessevogn er lettere å manøvrere. Tidsstudiene på disse feltene er derfor mest representative for høsting på mindre arealer.

Lavere tidsforbruk for tottrinshøsting er vist av blant andre Nielsen (1991). I to økonomiforsøk med registreringer fra flere

vending på felt 2 og 3 gikk på 0,14 timer per daa med høyvenderen påmontert tohjulstraktoren. Tilsvarende arbeid når høyvenderen var montert på firehjulstraktor gikk på 0,7 timer per daa.

garder (Skar 1995) var tottrinshøsting og rundballeensilering de høstemetodene som var minst tidkrevende. Arbeidsforbruket var henholdsvis 1,02 og 1,05 timer per dekar. Direktehøsting tok 1,62 timer per daa (Skar 1995). Det var redskap montert på firehjulstraktor som ble brukt.

I vår undersøkelse har det vist seg at selv med tohjulstraktor kan tottrinshøsting være mindre tidkrevende enn direktehøsting. Avbrudd i arbeidet på grunn av gras/kløver som baller seg på slåmaskinen er inkludert i arbeidstiden for tohjulstraktoren og den var derfor konkurransedyktig selv med disse problemene. Med en mer effektiv knivutrustning som for eksempel dobbelkniv, hadde sannsynligvis tohjulstraktorens tidsforbruk blitt ennå lavere.

Lavt tidsforbruk er ikke bestandig noe mål i seg sjøl, men kan være nødvendig for å kunne høste i finvær og dermed oppnå bedre forkvallitet og unngå jordpakking. Organiseringen av arbeidet er imidlertid like viktig som mekaniseringen for å oppnå en høy kapasitet (Lund 1996).

Minimering av energiforbruket er en viktig del av det ressursbevarende jordbruket som økologisk landbruk ønsker å være. Drivstoffforbruket ved ulike mekaniseringslinjer er undersøkt i Danmark (Nielsen 1991) og drivstofforbruk ved fôrhøsting er undersøkt her i landet (Bøe & Brøndbo 1990). Disse undersøkelsene viser at drivstofforbruket kan reduseres med minst 30% ved å bytte ut fôrhøster med slåmaskin og lessevogn. En del av den ekstra energien som blir brukt til fôrhøsting brukes til å bearbeide fôret mer. Derfor pakkes fôrhøstet gras bedre og gir et sikrere ensileringsresultat ved manuell for-



Direktehøsting med fôrhøster var mer arbeidskrevende og hadde større dieselforbruk enn tottrinshøsting. Arbeidsmiljøet var heller ikke godt, med sterk støy og tung styringsmekanisme på fôrhøsteren.

deling og pakking. I tårnsilo med grasfordeler pakkes fortrøket gras bedre enn ved direktehøstet gras.

Andre undersøkelser har vist at trafikk med tyngre maskiner kan forårsake større trekkraftbehov og dermed også økt drivstofforbruk ved påfølgende jordarbeiding (Dickson et al. 1992), men slike undersøkelser var ikke inkludert i dette forsøket.

Konklusjon

Ved høsting av gras på små arealer og ved den aktuelle kjøreavstanden, gav tottrinshøsting med tohjulstraktor til slått og sjøllessevogn til høsting, lavere drivstofforbruk og lavere arbeidsforbruk enn direktehøsting. I undersøkelsen viser det lave arbeidsforbruket ved tottrinshøsting at det er mulig å redusere kjørebelastningen uten at høstingen blir mindre effektiv, selv ved bruk av tohjulstraktor til engslått. Tohjulstraktoren med slåmaskin var imidlertid tung å handtere. Skal den kunne brukes av flere må den gjøres mer bruker-

Hvis både høy- og siloslått praktiseres på samme gard er lessevogn et naturlig alternativ fordi den er brukbar til begge typer slått. Ved nyinvestering bør størst mulig redskap i forhold til traktorstørrelse brukes for å minimere drivstofforbruk og spordekking. Redskapsstørrelsen skal tilpasses slik at traktoren belastes til minst 2/3 av full effekt for å utnytte drivstoffet best mulig (Kristensen & Nielsen 1986).

vennlig. Et alternativ kan være slåmaskin med god kapasitet tilpasset lett firehjulstraktor.

Uansett anbefales lavtrykksdekk eller tvillinghjul på traktorer og vogner slik at de kan kjøres med lavt lufttrykk. Det er viktig å huske at de agronomiske tiltakene som for eksempel grøfting, valg av rett art og sort, gjødsling, kalking samt å unngå kjøring på våt jord er viktige faktorer som legger grunnen for en god eng, og de blir ikke mindre viktige av at en god mekanisering blir brukt.

Litteratur

- Breirem, K. 1984. Energibruk og matproduksjon i landbruket. *Norges landbruksvitenskapelige forskningsråd, Oslo*. 149 s.
- Bøe, J. K. & Brøndbo, K. 1990. Traktorens dieselforbruk. *Norsk Landbruk*, 5, s.18-19.
- Dexter, A. R. 1986. Model experiments on the behavior of roots at the interface between a tilled seed-bed and a compacted sub-soil. *Plant and Soil*, 95, s.123-133.
- Dickson, J.W., Campbell D.J. and Ritchie R.M. 1992. Zero and conventional traffic systems for potatoes in Scotland, 1987-1989. *Soil & Tillage Research*, 24, s. 397-419.
- Douglas, J.T. 1994. Responses of perennial forage crops to soil compaction. I: *Soil compaction in crop production (B.D. Soane & C. van Ouwerkerk, red.)*. Elsevier Science, s. 343-364
- Douglas, J.T., Koppi, A.J., and Moran, C.J. 1992. Changes in soil structure induced by wheel traffic and growth of perennial grass. *Soil & Tillage Research*, 23, s.61-72.
- Hansen, S. 1996. Effects of manure treatment and soil compaction on plant production of a dairy farm system converting to organic farming practice. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 56, s.173-186.
- Håkansson, I. 1988. A method for characterizing the state of compactness of an arable soil. I: *Catena Supplement 11, Catena Verlag; Braunschweig*. s. 101-105
- Håkansson, I., McAfee, M., Gunnarsson, S. 1990. Verkan av körning med traktor och vagn vid vallskörd. Resultat från 24 försöksplatser. *Sveriges lantbruksuniversitet, Rapporter från jordbearbetningsavdelningen nr. 78*, 41 s.
- Kristensen, P.S. & Nielsen, V. 1986. Energiforbrugets afhængighed af redskabsstørrelse og køreteknik ved traktorkørsel. *Statens jordbrugstekniske forsøg, Beretning nr 27. Horsens*, 48 s.
- Leidal, S. 1996. Jordpakking og køyreskader i eng. *Hovedoppgåve ved Norges landbrukshøgskole, Institutt for jord- og vannfag. Ås*, 134 s.
- Lindberg, K. 1991. Kjøreskader på grasmark. Virkning av dekktyper og belastning på jord og avlingsnivå på myrjord i kystklima. *Doctor Scientiarum theses 1991:15, Norges Landbrukshøgskole, Ås*, 76 s.
- Lund, M. 1996. Mekanisering i ekologiskt lantbruk – En genomgång av problemen och förslag till lösningar. *Rapport, Norsk senter for økologisk landbruk*. 6630 Tingvoll, 72 s.
- Nielsen, V. 1991. Energiforbrug ved håndtering af græs. *Statens jordbrugstekniske forsøg, Beretning 47, Horsens*, 86 s.
- Rasmussen, K.J. & Möller, E. 1981. Genvækst efter fortørring af græsmarksafgrøder. II. Jordpakning i forbindelse med høst og transport. *Tidsskr. Planteavl.*, 85, s.59-71.
- Riley, H. 1985. Jordundersøkelser på felt med kjøreskader i eng. *Aktuelt fra SFFL nr 4*, s.111-114.
- Riley, H. 1988 Cereal yields and soil physical properties in relation to the degree of compactness of some norwegian soils. *Proceedings 11th Conf. Int. Soil Tillage Res. Org., Edinburgh*, Vol. 1, s.109-114.
- SAS 1987. SAS/STAT Guide for personal computers, version 6 edition. *SAS Institute Inc., Cary, NC, USA*. 1029 s.
- Skar, R. 1995. Arbeidsforbruket ved grashøsting. *NILF-rapport 6*, 54 s.
- Sveistrup, T.E. & Njøs, A. 1984. Kornstørrelsesgrupper i mineraljord. Revidert forslag til klassifisering. *Jord og myr 8*, s.8-15.
- Turesson, M. 1993. Körskador i klöver-gräsvall. *Sveriges lantbruksuniversitet, Grovfoder, Forskning - tillämpning 1*, s.21-34.
- Ullring, U.E. og Lunnan, T. 1993. Kjøreskader og jordpakking. *Norwegian Agricultural Research 14*, s.1-54.