

Bioforsk Rapport

Bioforsk Report

Vol. 4 Nr. 48 2009

Kostnadseffektiv høstkorndyrking uten pløying på erosjonsutsatt jord:

Sluttrapport for SLF-prosjekt 2002-2007

Hugh Riley & Mikkel Bakkegard

Bioforsk Øst Apelsvoll

www.bioforsk.no





Hovedkontor/Head office
Frederik A. Dahls vei 20
N-1432 Ås
Tel.: (+47) 40 60 41 00
post@bioforsk.no

Bioforsk Øst Apelsvoll
Bioforsk Arable Crops Division
2849 Kapp
Tel.: (+47) 40 62 26 30
hugh.riley@bioforsk.no

Tittel/Title: Kostnadseffektiv høstkorndyrking uten pløying på erosjonsutsatt jord Cost-effective production of autumn cereals without ploughing on erosion-prone soils
Forfatter(e)/Author(s): Hugh Riley & Mikkel Bakkegard

Dato/Date: 24.4.2009	Tilgjengelighet/Availability: Åpen/Open	Prosjekt nr./Project No.: 1210025	Saksnr./Archive No.: 9/408
Rapport nr./Report No.: 48/2009	ISBN-nr./ISBN-no: 978-82-17-00489-9	Antall sider/Number of pages: 27	Antall vedlegg/Number of appendices: 3

Oppdragsgiver/Employer: Statens landbruksforvaltning/ Norwegian Agricultural Authority	Kontaktperson/Contact person: Bjørn Huso / Øystein Jorde
-----------------------------------------------------------------------------------------------------	--------------------------------------------------------------------

Stikkord/Keywords: Avling, direktesåing, erosjon, høsthvete, redusert jordarbeiding, økonomi Autumn wheat, direct drilling, economy, erosion, reduced tillage, yield	Fagområde/Field of work: Korn og oljevekster Arable crops
-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------

Summary: A 5-year project was performed in SE Norway to assess the effects of conservation tillage in winter wheat on reducing soil erosion and nutrient losses, as well as its implications for grain yields and production economics. Information to and motivation of farmers for such tillage methods was an important aspect of the project. Effects on soil erosion are presented in a separate report. This report concentrates on results from 41 short-term tillage trials performed on farmers' fields in the counties of Østfold and Akershus, and from 4 longer-term trials in the same region. In 70% of the short-term trials, reduced tillage gave similar yields as autumn ploughing, whilst direct drilling gave 10% lower yield. In the remainder, yield reductions of ca. 30% and 40% were obtained with these two methods, respectively. In the longer-term trials, alternative tillage gave slightly greater yield reductions in autumn cereals than in spring cereals, whilst the relative effects of reduced tillage and direct-drilling were similar as in the other trials. Poor results with direct-drilling are attributed to establishment problems caused mainly by excessive amounts of straw residue. Due to savings in production costs, reduced tillage nevertheless compared favourably with traditional plough tillage.

Land/Country: Norge/Norway	
Fylke/County: Oppland	
Kommune/Municipality: Østre Toten	
Sted/Lokalitet: Bioforsk Øst Apelsvoll	

Godkjent / Approved		Prosjektleder / Project leader
Ragnar Eltun		Hugh Riley

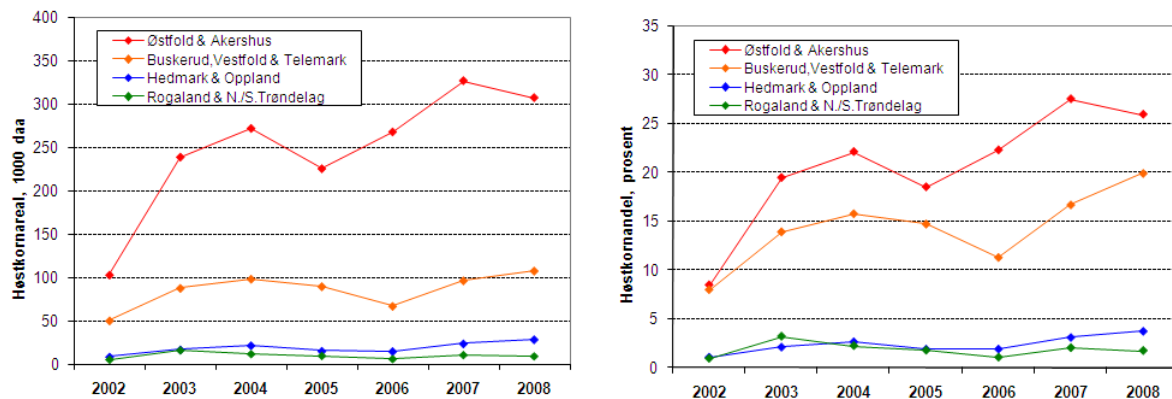
Innhold

<u>Avsnitt</u>	<u>Side</u>
1 Innledning	
1.1 Bakgrunn	2
1.2 Organisering av prosjektet	3
1.3 Prosjektøkonomien	3
1.4 Beskrivelse av delprosjektene	
1.4.1 Delprosjekt 1: Effekter av ulik jordarbeiding til høstkorn på erosjon og avrenning	4
1.4.2 Delprosjekt 2: Avlingsutslag ved ulik jordarbeiding til høstkorn	5
1.4.2 Delprosjekt 3: Dyrkerveiledning og motivering til å bruke forenkelt jordarbeiding	5
2 Delprosjekt 2: Avlingsutslag ved ulik jordarbeiding til høstkorn	
2.1 Storskala feltforsøk	7
2.1.1 Materiale og metoder	7
2.1.2 Resultater	9
2.2 Langvarige jordarbeidingsforsøk	
2.2.1 Forsøksplaner og jordarbeidingsmetoder	11
2.2.2 Været i forsøksperioden, sammenliknet med normale forhold	12
2.2.3 Resultater	12
3 Økonomiske vurderinger	
3.1 Beregningsgrunnlag	22
3.2 Resultater	22
4 Sammendrag og konklusjoner fra delprosjekt 2	24
5 Publikasjoner fra delprosjekt 2	24
Vedl. I Feltår, vertskommune og EURER-kartreferanser av storskalaforøkene	25
Vedl. I Jordsmonnskartsignatur og jordteksturgruppe av storskalaforøkene	26
Vedl. I Datoer for jordarbeiding, såing og høsting og kornsortene i storskalaforøkene	27

1. Innledning

1.1 Bakgrunn

Høstkorn har et betydelig omfang på Sør-Østlandet, hvor det ofte regnes som mer lønnsomt enn vårkorn. Arealet har økt betydelig de senere årene, spesielt fylkene Østfold og Akershus, hvor det har tredoblet siden 2002 og hvor det nå utgjør en fjerdedel av det totale kornarealet (figur 1.1).



Figur 1.1. Utviklingen 2002-2008 i høstkornarealet (venstre) og andelen av høstkorn i forhold til det totale kornarealet (høyre) for ulike fylkesgrupper (basert på tall fra Statens Landbruksforvaltning).

Høstpløying har vært den tradisjonelle jordarbeidingsmetoden, og har vært ansett som sikrest ut fra agronomiske betraktninger. Mye høstkorndyrking foregår på planert leirjord, særlig i Akershus, hvor en ofte har vanskelige spireforhold og lite tilfredsstillende avlinger av vårkorn. På planert leirjord er det ofte stor til svært stor erosjonsrisiko. I Østfold er det et stort høstkornareal i områdene rundt Morsa-vassdraget, der forbedring av vannkvaliteten er en høyt prioritert målsetting gjennom Morsa-prosjektet. Prosjektet startet i 1999 som et samarbeid mellom kommuner, regionale myndigheter og brukerinteresser for å bedre vannkvaliteten i Vansjø-Hobølvassdraget, og er fra 2007 organisert som et vannområdeutvalg innenfor Vannregion Glomma, med en foreløpig varighet til utgangen av 2011. Morsa er utpekt av miljøverndepartementet som et pilotprosjekt for praktisk gjennomføring av EUs Rammedirektiv for vann. Endret jordarbeiding er utpekt som ett viktig tiltak, og miljøhensyn tilsier således at andre metoder enn pløying bør foretrekkes ved høstkorndyrking.

I motsetning til situasjonen for vårkorn, hvor virkningen av redusert jordarbeiding er relativt godt dokumentert i Norge (eks. Riley & Ekeberg, 1998, Børresen, 1999, Børresen & Riley, 2003, Riley et al., 2005, Riley, 2006), er erfaringen med alternative jordarbeidingsmetoder til høstkorn begrenset. Noen forsøk med direktesåing og redusert jordarbeiding til høstkorn er utført tidligere, hovedsakelig i søndre Østfold, med varierende resultat. Feltregistreringer og observasjoner har vist betydelig erosjon ved høstkorndyrking utført med vanlig høstpløying. Dokumentasjonen for situasjonen under norske forhold har hittil vært mangelfull. Fra 1994 har det vært gjennomført forsøk med høstkorn etter høstpløying på Bjørnebekk og Øsaker, i regi av IJVF, NLH (nå IPM, UMB). Resultatene fra disse feltene har vist til dels store jordtap fra høstkorn etter høstpløying, og bekrefter behovet for andre jordarbeidingsmetoder. Sistnevnte felt ble overtatt av Forsøksringen SørØst i 1998.

Det har derfor vært behov både for å øke kunnskapen om høstkorndyrking uten pløying, og for å skaffe bedre dokumentasjon av potensialet for redusert erosjon som ligger i alternativ jordarbeiding til høstkorn. Begge målsettinger er viktige for å motivere dyrkere til å ta i bruk nye metoder. Dette prosjektet ble organisert som et samarbeid mellom Bioforsk Øst (tidl. Planteforsk), Bioforsk Jord og Miljø (tidl. Jordforsk), Selskapet for Norges Vel på Hellerud, forsøksringene i Akershus og Østfold og FMLAene i de samme fylkene. I løpet av prosjektperioden ble Jordforsk og Planteforsk fusjonert til Bioforsk, med dette har ikke hatt konsekvenser for gjennomføringen av prosjektet.

1.2 Organisering av prosjektet

Prosjektet har bestått av tre delprosjekt, med hvert sitt delprosjektansvarlige: Delprosjekt 1: Bioforsk Jord og Miljø, delprosjekt 2: Bioforsk Øst, delprosjekt 3: FMLAene i Østfold og Akershus. Bioforsk Øst hadde koordineringsansvaret for prosjektet som helhet. En styringsgruppe ble opprettet for å vurdere behov for justeringer og kursendringer underveis. Prosjektmedarbeiderne har hatt gjennomført tre fellesmøter i prosjektperioden, der prosjektets framdrift, resultater og økonomi ble diskutert. Representanter for SLF har også vært til stede på disse møtene. Status for prosjektet har også vært framlagt i årlige prosjektrapporter, og i møter mellom SLF og Bioforsk.

Styringsgruppa har bestått av følgende personer:

Thor Bjønnes	FMLA Østfold (leder)
Lars Martin Julseth	FMLA Akershus
Hans Stabbetorp	Planteforsk/Bioforsk
Nils Vagstad	Jordforsk/Bioforsk
Olav Skuterud	Follo forsøksring/forsøksringen SørØst
Petter Skaar	Forsøksringen Østfold/forsøksringen SørØst

1.3 Prosjektøkonomien

Prosjektet har mottatt Nkr. 4,005 mill. i prosjektperioden, inklusive en ekstrabevilgning i 2007 til fullføring av avrenningsundersøkelsen vinteren 2006/'07 og dekking av trykkeutgifter til faktaark. Det opprinnelige søknadsbeløpet lød på kr. 4,250 mill. for perioden 2002-2006. Bruken av midlene på de enkelte delprosjekt er vist i tabell 1.1.

Tabell 1.1. Bruk av midlene bevilget av Statens Landbruksforvaltning i prosjektperioden (tusen kr.)

	2002	2003	2004	2005	2006	2007	Sum	% av total
Delprosjekt 1:								
Feltlysimeterdrift/analyser ¹	380	390	276	290	390	176	1902	47,5
Delprosjekt 2:								
Feltgodtgjørelse ²	60	168	120	100	126	0	574	14,3
Langvarige feltforsøk ³	0	40	34	0	35	35	144	3,6
Interne kostnader ⁴	50	212	140	280	269	54	1005	25,1
Delprosjekt 3:								(sum 43,0)
FMLA Østfold/Akershus	60	90	70	80	80	0	380	9,5
Sum	550	900	640	750	900	265	4005	100,0

¹ Bioforsk Jord & Miljø, ² Forsøksringer i Akershus og Østfold, ³ Forsøksring SørØst (Øsaker), ⁴ Bioforsk Øst

Alle prosjektdeltakerne har hatt en betydelig egeninnsats i tillegg til tallene som står i tabellen. Dette er tidligere redegjort for i årsrapportene. Av SLF-midlene ble 90% fordelt, noenlunde likt, på delprosjekt 1 og 2, mens resten gikk til delprosjekt 3. Av midlene brukt i delprosjekt 2 ble ca. 40% brukt til utføring av feltforsøk, mens 60% ble brukt til dekking av Bioforsk Østs interne kostnader. Sistnevnte omfattet administrasjon, analyser, resultatberegning og rapportering, reiser, trykking osv.

1.4 Beskrivelse av delprosjektene

Det gis her en kort omtale av innholdet i hver av de tre delprosjektene. Det er utarbeidet egen sluttrapport for delprosjekt 1:

Heidi Grønsten, Lillian Øygarden og Rut. M. Skjevvald (2007). Bioforsk Rapport Vol. 2 Nr. 60: Jordarbeiding til høstkorn- effekter på erosjon og avrenning av næringsstoffer.

Kapittel 2 av den nåværende rapporten tar for seg sluttrapportering av delprosjekt 2.

Delprosjekt 3 har ikke egen sluttrapport og er beskrevet i avsnitt 1.4.3 i denne rapporten.

1.4.1 Delprosjekt 1: Effekter av ulik jordarbeiding til høstkorn på erosjon og avrenning av næringsstoffer.

Hovedmål:

Målsettingen med delprosjektet var å dokumentere effekter av ulik jordarbeiding til høstkorn på jorderosjon, og drive demonstrasjonsfelt for kunnskapsspredning blant gårdbrukere i nærområdet.

Delmål:

- Dokumentere effekter på fosfortap ved overflateavrenning
- Dokumentere effekter på risiko for nitrogenavrenning
- Skaffe data til kalibrering av avrennings- og erosjonsmodeller for høstkorn i Norge
- Dokumentere effekter på vekstutvikling, sykdom og ugrasproblemer samt avlingsstørrelse

Slik dokumentasjon krever målinger under mest mulig kontrollerbare betingelser. Det var av stor verdi å kunne samle opplysninger fra flere steder, slik at en fikk god geografisk spredning/dekning av de mest erosjonsutsatte områdene på Østlandet (Romerike og ytre Østfold), og dermed den nødvendige faglige dokumentasjonen for å stimulere til økt gjennomføring av tiltak mot erosjon.

Gjennomføring:

Bioforsk Jord og Miljø har vært ansvarlig for administrasjon, økonomi, analyser og beregninger i dette delprosjektet. Agronomidelen og det praktiske arbeidet i felt (drift av målestasjoner, oppfølging og prøveinnhenting) har i hovedsak blitt utført av Forsøksringen SørØst og Det Kgl. Selskapet for Norges Vel. Forsøksringen Romerike har også vært noe involvert.

Forsøksfelt Hellerud gård, Skedsmo på Romerike:

Avrenningsanlegget ble etablert på siltig mellomleire tidlig på 90-tallet i regi av Norges Vel i samarbeid med Helge Lundekvam ved UMB. Anlegget består av totalt 8 ruter, hvorav 6 ruter med dimensjonen 30x6 m, 1 rute 30x24 m og 1 rute 70x12 m. En har tidligere hatt god erfaring med anlegget, og fortsatt drift var derfor ønskelig. Lysimeteret ble rustet opp sommeren og høst 2002, og har virket etter hensikten i hele prosjektperioden. På feltet har det vært mulig å måle effekt av forskjellig jordarbeiding, forskjellig retning på jordarbeidinga (langs eller på tvers av fallet), forskjellig hellingslengde og høstkorn kontra vårkorn.

Forsøksfelt Øsaker, Søndre Østfold:

Avrenningsanlegget ble etablert på stiv leire på 80-tallet i regi av N LH (nå UMB). Anlegget består av totalt 8 ruter, med dimensjonen 8 x 22 m. Fallet er 13%.

En har tidligere god erfaring med feltet og det supplerer feltet på Hellerud med en annen viktig jordart. Ny drift på lysimeteret var ønskelig. Noe opprusting var nødvendig også på dette feltlysimeteret, det ble også utført høsten 2002. På dette feltlysimeteret har det vært mulig å måle effekt av forskjellig jordarbeiding, og høstkorn kontra vårkorn.

Måleopplegg og oppfølging:

Måleopplegget på begge feltlysimetrene er standardisert og basert på vippekar, kontinuerlig måling (logging) av vannføring fra de enkelte forsøkrutene og automatisk uttak av blandprøver i avrenningsperioder. Dekningsgaden av høstkornet ble registrert om høsten og påfølgende vår. Gjennom vekstsesongen er det gjort observasjoner av vekstutvikling og sykdomsangrep i høstkornet. Avlingen høstes og avlingsstørrelse ved de ulike behandlingene registreres.

Analyser:

Vannprøvene analyseres for følgende stoffer:
Tot. N, Tot. P, Ortofosfat, Suspendert tørrstoff

Resultater: For en oversikt over konklusjonene henvises det til Bioforsk Tema Vol. 2 Nr. 35, 2007 og for mer utfyllende opplysninger til Grønsten, Øygarden og Skjevdal (2007), Bioforsk Rapport Vol. 2 Nr. 60: Jordarbeiding til høstkorn- effekter på erosjon og avrenning av næringsstoffer.

1.4.2 Delprosjekt 2: Avlingsutslag for ulik jordarbeiding til høstkorn

Hovedmål:

Målsettingen med delprosjektet var å undersøke virkningene av ulik jordarbeiding til høstkorn på avling og avlingskvalitet.

Delmål

- Å klarlegge årsaken til evt. avlingsutslag gjennom notater og oppfølging i vekstperioden
- Observere og notere om de ulike behandlingene gir synlig utslag på erosjon om vinteren
- Undersøke betydningen av vekstskifte ved dyrking av høstkorn ved ulik jordarbeiding

Gjennomføring:

Delprosjektet har omfattet to aktiviteter:

1. Gjennomføring av ettårige *storskalaforsøk med ulik jordarbeiding til høstkorn*. Forsøksringen SørØst (tidligere Forsøksringen Østfold, Øvre Østfold forsøksring og Follo forsøksring) og Forsøksringen Romerike har vært ansvarlig for feltarbeidet (jordarbeiding, såing, notater gjennom sesongen, og høsting). Bioforsk Øst (Apelsvoll) har stått for analyser, beregning, sammenstilling og formidling av forsøksresultater.
2. Å bidra til å opprettholde driften av de *langvarige jordarbeidingsforsøk på Øsaker* i Østfold, der redusert jordarbeiding og direktesåing av både høst- og vårkorn inngår, sammen med ulike spørsmål knyttet til vekstomløp osv. Forsøksringen SørØst har vært ansvarlig for feltarbeidet. Bioforsk Øst (Kise) har stått for analyser, resultatberegning, sammenstilling og formidling av forsøksresultater.

Storskalaforsøk:

Stor årlig variasjon i været, både om høsten og vinteren, forventes å gi store variasjoner i utslagene i høstkornforsøk. Det var derfor viktig å få gjennomført relativt mange forsøksfelt for å få et godt og sikkert grunnlag for veiledningen. Det ble derfor gjennomført 6-12 forsøk pr. år mellom 2002/3 og 2005/6 med stor spredning i tid og rom. I alt ble det utført 41 ettårige storskalaforsøk med ulik jordarbeiding til høstkorn, 12 i Akershus og 29 i Østfold. I forsøkene er konvensjonell pløying sammenliknet med redusert jordarbeiding (harving uten pløying) og direktesåing i stubb (uten jordarbeiding). Effekt av høstgjødsling og/eller høstsprøyting mot sopp ble også undersøkt.

Langvarige jordarbeidingsforsøk:

Forsøksringen Sør-Øst har siden 1998 videreført tre langvarige jordarbeidingsfelt etablert av NLH på Øsaker i 1977, 1985 og 1991, og de etablerte selv et nytt forsøk i 2001. Tre av feltene har i perioden hatt både høst- og vårkorn mens ett har hatt bare vårkorn. Forsøksbehandlingene omfatter pløying, redusert jordarbeiding og direktesåing så vel som ulikt vekstskifte, N-gjødsling og halmbehandling. Resultater fra hele perioden er brukt i nåværende delprosjekt for å vurdere variasjonen mellom år i utslagene for jordarbeiding, samt evt. langtidsvirkninger av endret jordarbeidingspraksis. Resultater for både vårkorn og høstkorn rapporteres her, siden det i prosjektet var av interesse å se om det finnes forskjeller mellom disse vekstgruppene med tanke på krav til jordarbeiding.

1.4.3 Delprosjekt 3: Dyrkerveiledning og motivering til bruke forenklet jordarbeiding

Hovedmål:

Målsettingen var gjennom aktivt bruk av tilgjengelige resultater og kunnskap om forenklet jordarbeiding til både vår- og høstkorn å redusere erosjon og avrenning av næringsstoffer

Delmål:

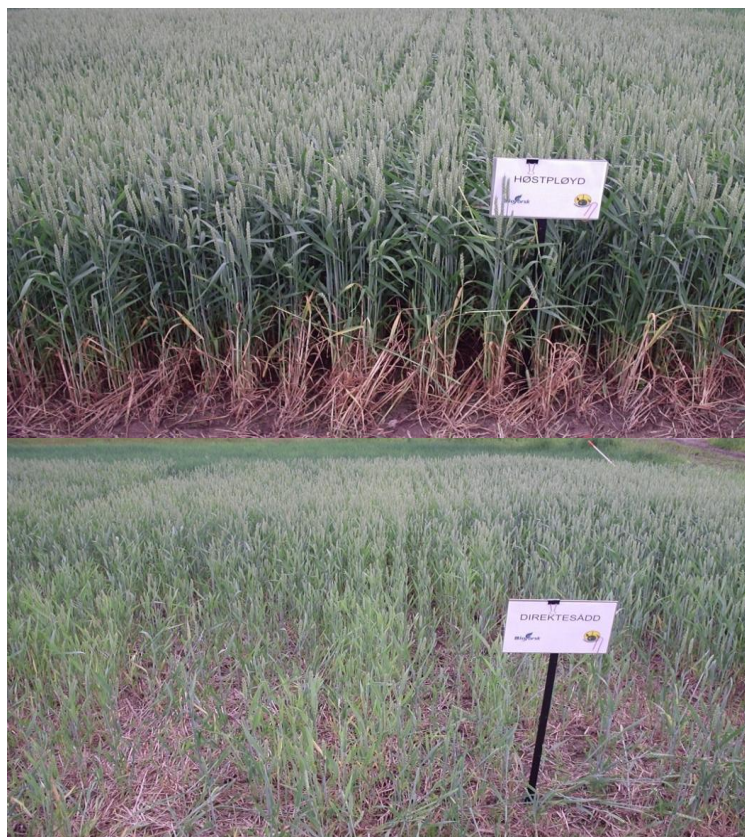
- Nå alle korndyrkere med informasjon om endret jordarbeiding, fangvekster og vegetasjonssoner
- Demonstrere effekt av ulike jorddyrkingsteknikker på jordstruktur, vekst og utvikling
- Motivere bønder til å prøve ut nye metoder i praksis for å skaffe egen erfaring
- Tilgjengeliggjøre informasjon på Internett om forskningsbasert kunnskap om ulike tiltak
- Skape et positivt omdømme om jordbrukets miljøtiltak mot avrenning i samfunnet.

Gjennomføring:

Alle aktørene har deltatt i dette arbeidet, men FMLA -ene har hatt hovedansvaret for dette delprosjektet, og de har lagt ned en stor egeninnsats på dette området. Det var viktig å få ut informasjon om resultatene fra prosjektet så fort som mulig, da det i de mest utsatte områdene har vært avgjørende å redusere avrenning fra jordbruksarealene betydelig og snarest. Erfaringsmessig vet en at det ofte kan gå lang tid før resultater blir tatt i bruk. I dette tilfellet har ny kunnskap framkommet parallelt med at myndighetene har innført restriksjoner på dyrkingsmetoder i de mest erosjonsutsatte områdene der naturen er spesielt sårbar.

I hele prosjektperioden har det vært arrangert mange markvandring i regi av forsøksringene og FMLA-ene. Til sammen har et betydelig antall bønder vært med på dette. FMLA-ene har også i hele prosjektperioden lagt ned et stort arbeid på å utarbeide planer, innføre forskrifter og informere bønder for å redusere miljøbelastningen på vassdragene i området.

Planteforsk laget allerede andre året av prosjektperioden en dyrkingsveileder basert på resultatene fra prosjektet, og denne ble tilgjengeliggjort på Planteforsk/Bioforsk sine internettsider. Denne veilederen er oppdatert underveis. Informasjon har kommet til bøndene ved direkte kontakt, utsendelser fra FMLA og via internett. Sommeren 2007 ble det, som en del av prosjektets avslutning også laget to faktaark, Bioforsk TEMA 2(32) 2007 og Bioforsk TEMA 2(35) 2007. Disse er trykket opp i 5000 eksemplarer hver og distribuert i jordbruksmiljøet på hele Østlandet. Vinteren 2008 ble det dessuten avholdt fagmøter i Akershus og Østfold Bondelag, med deltakelse fra delprosjekter 1 og 2.



Bilde 1.1. Forsøksruter med høsthvete etter hhv. pløying (øverst) og direktesåing (nederst), fra en markdag på Øsaker i 2006 (foto: H.Riley).

2. Delprosjekt 2: Avlingsutslag for ulike jordarbeiding til høstkorn

2.1 Storskala feltforsøk

2.1.1 Materiale og metoder

Feltantall:

Opprinnelig ble det planlagt å utføre 12 praktiske storskala-forsøk årlig i fire år, som skulle anlegges fra høsten 2002 til høsten 2005. Forsøkene skulle primært legges på områder med stor eller svært stor erosjonsrisiko. I praksis har man måttet velge mellom de arealene som gårdbrukere har stilt til disposisjon. Det har i stor grad vært godt egnede arealer, men ikke alle feltene fikk helt optimal plassering. Antall høstete forsøk ble noe lavere enn planlagt, totalt 41 (Vedlegg I). Dette skyldes en kombinasjon av reduserte bevilgninger i 2004/5, samt at 3 anlagte forsøksfelt av ulike årsaker ikke ble høstet. Dette feltantallet felt må likevel sies å utgjøre en solid forsøksserie. De fleste forsøkene ble brukt på markdager for dyrkere som ble avholdt i samarbeid mellom FMLA og forsøksringene.

Fordelingen av forsøkene mellom forsøksringer og over år går fram av tabell 2.1.1. I tillegg ble tre forenklede forsøksfelder anlagt i Follo høsten 2002, men disse er ikke med i de videre beregningene.

Tabell 2.1.1. Oversikt over gjennomførte storskala feltforsøk i perioden 2002-2006

Forsøksring	Romerike	Sørøst	Øvre Østfold*	Follo*	Østfold*	Totalt
2002-2003	4		3	2	3	12
2003-2004	4	8				12
2004-2005		6				6
2005-2006	4	7				11
Totalt	12	21	3	2	3	41

* slått sammen til Forsøksringen Sørøst 01.01.2004

Forsøkene har ligget på ulike jordarter over store deler av Østfold, Follo og Romerike. Jordarten ble bestemt ved søk på kartkoordinater for hvert felt i kartdatabasen til Skog og Landskap (jfr. Vedlegg II). De fleste forsøksfeltene har ligget på siltig mellomleire (55% av feltene), mens 21% lå på siltig lettleire og 16% på siltig finsand.. Det var bare ett felt på hver av jordartene silt, lettleire og sand.

Bare tre av jordartene er representert så mange ganger at det ut fra disse forsøkene kan si noe om effekten av jordarten. En slik sammenlikning er preget av at jordarter til en viss grad fordeler seg distriktsvis, slik at klimaforskjeller mellom distrikt også kan virke inn. Det ble ikke gjort noe forsøk på å styre dette, og forsøksfeltene ble tilfeldig plassert der det fantes egnete og tilgjengelige areal.

Forsøksplan:

Alle forsøk ble gjennomført etter samme plan. Forsøksplanen hadde to faktorer, ulike jordarbeiding (faktor A) og 'tilleggsbehandlinger' (faktor B), som bestod av høstgjødsling og/eller høstsprøyting mot sopp. Forsøksplanen var lagt opp som et split-blokk forsøk, dvs. med samme behandling i striper på tvers av feltet i begge retninger. Det var tre randomiserte gjentak av alle behandlingene.

Faktor A. jordarbeiding

- 1 Pløying, slodding og harving
- 2 Redusert jordarbeiding (bare harving)
- 3 Direktesåing (uten pløying og harving)

Faktor B. Tilleggsbehandling

- 1 Ingen tilleggsbehandling om høsten, behandles som bondens øvrige areal om våren og sommeren
- 2 20 kg daa⁻¹ kalksalpeter om høsten i tillegg til eventuell annen gjødsling, ellers som ledd B1
- 3 Sprøyting om høsten mot overvintringssopp, ellers som ledd B1
- 4 Begge tilleggsbehandlinger (ledd B2 + B3), ellers som ledd B1

Anlegging av forsøkene:

Det ble brukt det utstyret som feltvertene hadde til rådighet. Dette gjorde at det var noe forskjell fra felt til felt mht. såbedskvalitet og hvordan såmaskinene taklet dette. Pløying ble gjennomført på en god måte, slik at det i hovedsak gav et fint såbed med lite halm i overflata. Til harving ble det brukt mange forskjellige merker av tung skålharv, spaknivharv eller kultivator med faste tinder. Det ble harvet én eller flere ganger etter behov. Dette medførte at det var relativt stor variasjon fra felt til felt i nedmolding, arbeidsdybde og finfordeling.

På nesten alle felt ble det sådd med Väderstad Rapid såmaskiner. Denne maskintypen har skåler og høyt trykk, og er dermed egnet for såing etter både pløying, redusert jordarbeiding og direktesåing. På ett felt ble det brukt en Kongskilde Multiseeder, og på ett en Moore Uni-Drill.

Feltene ble lagt ut på stubbåker. Mengden av stubb og kuttete halmrester varierte fra sted til sted. Det ble dyrket hvete på alle felt unntatt ett med rug. Datoer, sorter mv. går fram av Vedlegg III. Bildene nedenfor viser hvordan det så ut på noen av forsøkene om høsten. Det var relativt store mengder av halmrester ved direktesåing på disse feltene, noe som trolig er årsaken til den ujevne etableringen av høstkorn som vises nederst i bilde 2.1.



Bilde 2.1. Noen storskalaforsøk med ulike jordarbeidingsystemer til høstkorn. Direktesåing sees på rutene i midten, flankert av ruter med redusert jordarbeiding og pløying (foto: M. Bakkegard).

Arbeid i vekstsesongen:

Forsøkene er fulgt opp på vanlig måte med observasjoner og notater om høsten og gjennom hele vekstsesongen neste år. Følgende parametre ble kontrollert eller registrert:

- Plantebestand, høst
- Plantebestand, vår
- Snømugg
- *Septoria*
- *Sephalosporium*
- Legde

I noen tilfeller manglet registrering av for eksempel plantebestand om høsten, på grunn av tidlig vinterinntreden. Et annet eksempel er registrering av snømugg, som i praksis bare er mulig å gjennomføre de første par dagene etter at snøen har smeltet. En del soppregringer er heller ikke registrert fordi det ble gjort ubetydelige observasjoner, uten variasjon mellom behandlinger.

Innhøsting er gjort med Wintersteiger forsøkskurtresker med 1,5 meter skjærebord. For hver forsøksrute er det tresket ut en stripe på 5-12 meter, varierende fra felt til felt. Hele ruteavlinga er veid, og en liten del av avlinga fra hver rute tatt ut for videre analyse av en rekke parametre. Disse analysene er gjort leddvis (dvs. etter sammenslåing av gjentak innen felt).

Analysar:

Følgende parametre er funnet ved måling/analyser av kornavlingen og påfølgende beregninger

- Avlingens størrelse
- Vanninnhold i kornet ved høsting
- Proteininnhold i kornet
- Kornets tusenkornvekt
- Kornets hektolitervekt

Avling er beregnet med utgangspunkt i målt avling på forsøksruta, målt vannprosent i kornet, og omregnet til korn ved 15 % vann. Vanninnholdet i kornet, kornets hektolitervekt og proteininnhold er målt med Infratec™ 1241 grain analyser. Tusenkornvekt er beregnet etter oppveining og telling av små delprøver. Alle analyser finnes for alle behandlinger på samtlige felt, unntatt protein og hektolitervekt for to av feltene i 2004, der det oppstod feil i kalibreringen av analyseapparatet.

2.1.2 Resultater

I mange tilfelle ble det målt bare små avlingsforskjeller mellom leddene med konvensjonell og redusert jordarbeiding, mens det i andre var klart problematisk for dyrkerne å oppnå samme avlingsnivå uten pløying som med pløying. For å vise omfanget av disse problemene, ble materialet delt i to grupper, på grunnlag av det relative avlingsnivået på leddet med redusert jordarbeiding. Feltene der det ble oppnådd et avlingsnivå på >90% med redusert jordarbeiding, sett i forhold til pløying, ble betraktet som 'vellykkete' felt, mens resten ble betraktet som 'mislykkete' felt. Middelavlingene og kornkvaliteten i disse to feltgruppene er vist i tabell 2.1.2.

På denne måten kunne 70% av feltene (29 av 41) betegnes som vellykkete, mens 30% var mislykkete (12 av 41). I den første gruppen gav redusert jordarbeiding vel så godt resultat som pløying mens direktesåing gav 10% mindre avling. Årsaken til dårligere avling ved direktesåing hadde sammenheng med både dårligere etablering om høsten og dårligere overvintring enn på de andre leddene.

I gruppen med mislykkete resultater var avlingen nesten 30% lavere med redusert pløying enn med pløying, og nesten 40% lavere ved direktesåing. Her var det allerede om høsten markert dårligere plantebestand ved redusert jordarbeiding og spesielt ved direktesåing enn ved pløying.

I middel av alle 41 feltene, var avlingsnivået med pløying 708 kg daa⁻¹, kontra 665 kg daa⁻¹ med redusert jordarbeiding (rel. avling 94%) og 580 kg daa⁻¹ med direktesåing (rel. avling 82%).

Tabell 2.1.2. Kornavlinger, kornkvalitet og visuelt bedømt plantebestand i middel av 29 storskalaforsøk hvor redusert jordarbeiding til høstkorn gav 'vellykkete' resultater og 12 forsøk hvor det gav 'mislykkete' resultater

	Avling kg daa ⁻¹	Rel. %	Vann %	HL-vekt g	Protein %	Tk-vekt g	Plantebestand, %	
							Høst	Vår
<u>Felt med 'vellykkete' avlingsresultater</u>								
Pløying	727	100	18,8	81,6	13,1	41,6	100	94
Harving	742	102	19,6	81,6	13,1	42,0	98	90
Direktesåing	651	90	21,2	80,3	13,6	41,0	86	65
<u>Felt med 'mislykkete' avlingsresultater</u>								
Pløying	662	100	21,2	79,9	12,5	43,2	93	94
Harving	478	72	22,5	78,2	12,8	40,7	86	76
Direktesåing	407	61	22,5	77,0	13,2	39,7	64	43

Vanninnhold i kornet ved høsting var i begge grupper litt høyere ved redusert jordarbeiding og direktesåing enn ved pløying, noe som tyder på senere og mer ujevn modning ved de alternative metodene. Kornkvaliteten varierte relativt lite ved ulik jordarbeiding, bortsett fra proteininnholdet som var høyere i de tilfellene redusert jordarbeiding og direktesåing gav lavere avlingsnivå. Pløying gav dessuten noe høyere tusenkornvekt enn andre jordarbeidingsledd i feltene der redusert jordarbeiding var mislykket.

Gruppering av feltene etter jordart gav ikke grunnlag for å si om risikoen for mislykket resultat kunne knyttes til noen bestemt jordart. I middel av 23 felt på siltig mellomleire var det relative avlingsnivået ved redusert jordarbeiding 92% av nivået med pløying, mens det ved direktesåing var 81%. Tilsvarende tall for 9 felt på siltig lettleire var hhv. 93% og 78%, og for 6 felt på siltig finsand var de 95% og 86%. Resultatene på sistnevnte jordart var altså noe bedre enn på de mer leirholdige jordartene, men de gikk i samme retning og avlingsforskjellene mellom ledd var nesten like store.

Gruppering av feltene etter år viste at sesongen 2004/2005 skiller seg noe ut fra de andre ved at leddet med redusert jordarbeiding gav ca. 30 kg daa⁻¹ større avling enn pløying. I de andre tre sesongene gav pløying størst avling, i gjennomsnitt nær 60 kg daa⁻¹ mer enn med bare harving.

Tilleggsbehandlingene gav relativt små utslag og viste ikke noe entydig samspill med jordarbeiding. Derfor vises det her bare middelverdier over alle jordarbeidingsledd (tabell 2.1.3). Bruk av ekstra kalksalpeter om høsten hadde liten påviselig effekt, mens sprøyting mot overvintringssopp gav litt bedre plantebestand om våren og 4% større avling enn kontroll-leddet.

Tabell 2.1.3. Kornavlinger, kornkvalitet og visuelt bedømt plantebestand ved bruk av ulike tilleggsbehandlinger om høsten (tilførsel av 20 kg daa⁻¹ ekstra kalksalpeter, sprøyting mot overvintringssopp eller begge deler). Middel av 41 felt

	Avling kg daa ⁻¹	Rel. %	Vann %	HL-vekt g	Protein %	Tk-vekt g	Plantebestand, %	
							Høst	Vår
Kontroll	645	100	20,5	80,5	13,2	41,3	91	79
Kalksalp.	635	98	21,0	79,9	13,3	41,3	88	78
Sprøyting	672	104	20,3	80,9	13,0	41,8	92	83
Begge	686	106	20,4	80,6	12,9	42,1	91	81

Det er ikke lett å oppgi sikre årsakssammenhenger for feltene som er karakterisert som mislykkete, men det er sannsynlig at vekstetablering om høsten ofte ble hemmet på oppløyd jord av faktorer som for mye halm, for grunn såing osv. Noe dårligere overvintring på oppløyd jord kan ha sammenheng med at plantene var svakere i utgangspunktet. Resultatene av tilleggsbehandlingene tyder ikke på at angrep av snømugg var av betydning i dette materialet. Ugrasproblem kan ha spilt en rolle i den videre utviklingen av plantene, men dette var neppe den primære årsaken til de dårligere resultatene, da feltene i utgangspunktet ble lagt til områder uten ugras.

Konklusjon fra storskalaforsøkene:

Undersøkelsene viser at jordarbeidingsystem som inkluderer pløying er sikrest, med stabilt høy avling hvert år. De andre systemene er mer krevende med tanke på å ha kontroll på halmrester, ugrassituasjon og jordstruktur. Dersom ikke alt er i orden, mislykkes gjerne systemene i større eller mindre grad, spesielt ved direktesåing. Dette betyr at det er noe mer risiko forbundet med et pløyefritt system. Det kan være flere grunner til dårligere overvintring ved harving eller direktesåing. Eksempel på faktorer som vil gjøre pløying relativt sett mer konkurransedyktig kan være for store halmrestmengder, flerårige ugrasarter, fuktige jordforhold og dårlig jordstruktur.

2.2 Langvarige jordarbeidingsforsøk

2.2.1 Forsøksplaner og jordarbeidingsmetoder

Feltene ligger på UMBs tidligere forsøksgård Øsaker i søndre Østfold, som er drevet av Forsøksringen SørØst siden 1998. Jordarten på Øsaker er middels mellomleire i matjordlaget og stiv leire i undergrunnen. Jorda er ikke tidligere planert og den har et middels moldinnhold (ca. 4%).

Felt 1. Forsøket ble etablert i 1977 og fram til 1990 ble to harvedybder sammenlignet på pløyd og oppløyd jord. Fra 1991 til 2001 er det sammenlignet følgende jordarbeidingsledd: A. Upløyd, med bare vårharving, B. Upløyd, med stubbharving om høsten og harving om våren, C. Høstpløying uten stubbharving, med slodding og harving om våren, og D. Høstpløying etter stubbharving, ellers som C. Fra og med 2002, ble ledd D endret til vårpløying uten stubbharving om høsten, ellers som C. Behandlingene har fire gjentak.

Vårkorn er dyrket på feltet, i et omløp med bygg, havre og hvete. Halmen kuttet er beholdes på feltet. De senere årene er stubbharving utført til ca. 10 cm dybde med en 2 m Dyna-Drive rotorharv. Fram til 2000, ble en Kuhn stivtindskultivator brukt istedenfor. Pløying til ca. 25 cm utføres med en Kverneland 2-skjærs vendeplø. Dyna-Drive brukes igjen om våren på oppløyd jord og alle ledd harves deretter to ganger med Tume såbedsharv. Såing utføres med en Nordsten slepelabbsåmaskin. Alle forsøksruter får 8 kg N i såbedet og halvparten av hver rute delgjødsles senere med ytterligere 4 kg N.

Felt 2. Forsøket ble startet i 1985 for å undersøke virkningen av direktesåing i et omløp med både høst- og vårsådde vekster (høsthvete etter vårrybs, havre, høsthvete etter havre, vårrybs). Hver av disse vekster dyrkes hvert år på to storruter. Hver storrute har tre jordarbeidingsmetoder, og tre N-mengder (6, 9 og 12 kg N/(daa)). Fra 1998-2006 er det sammenlignet følgende jordarbeidingsledd: A: Høstpløying, B: Høst- og vårhavig og C: Direktesåing (før 1998 ble ledd B høstpløyd før såing av vårsådde vekster, men ellers er planen uendret). Kuttet halm er i beholdt her også. Høstkorn ble ikke sådd i 2006 og feltet ble avsluttet i 2007.

Felt 3. Forsøket ble startet i 1990 for å sammenlikne ulike halmbehandlinger og såmåter på oppløyd jord. Siden 1998 har det hatt følgende forsøksledd, med to gjentak:

Storruter: Kombinasjoner av harving/såing:

A. Høst- og vårharving ¹	Nordsten slepelabbsåmaskin
B. Bare vårharving	Nordsten slepelabbsåmaskin
C. Harving etter såing	Breisåing med Nordsten
D. Direktesåing	Väderstad Rapid såmaskin

¹) ledd A fikk to harvinger til høstkorn, ledd B bare én

²) brenning ble erstattet med halmsnitning fra 2000

Halmbehandlinger (på tvers av storrutene):

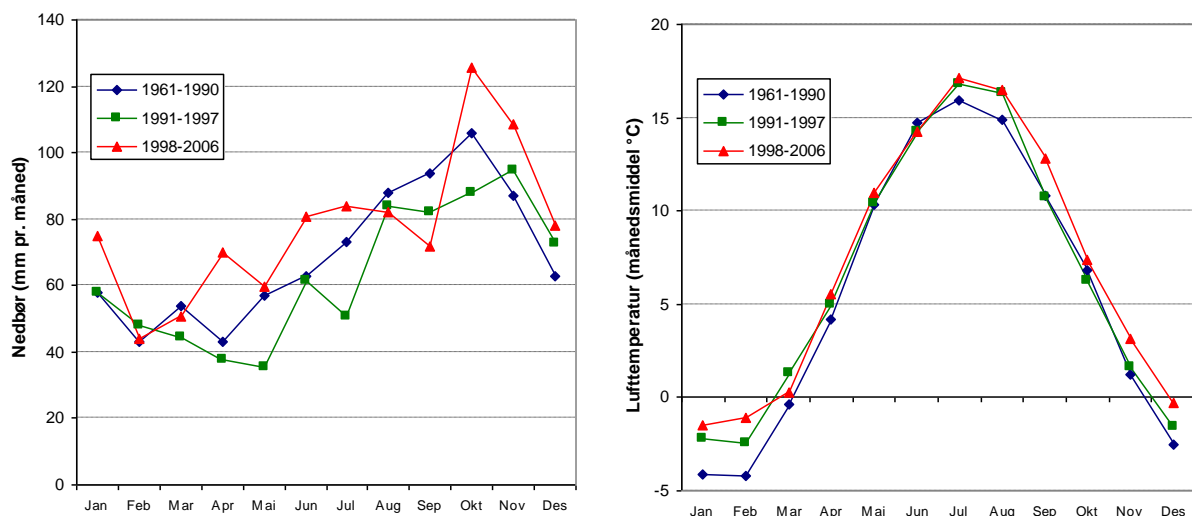
1. Halmen fjernet
2. Nedmoldet til 2 cm
3. Nedmoldet til 8 cm
4. Brent eller snittet²
5. Normal mengde halmhakk
6. Dobbel mengde halmhakk

På ledd A ble det harvet med Dynadrive rotorharv om høsten, og igjen om våren. På ledd B ble dette gjort om våren, før bruk av Tume såbedsharv. På ledd C ble kornet først sådd på jordoverflaten (såkalt 'breisåing' med oppheiste slepelabber på Nordsten-maskinen). Deretter ble kornet nedmoldet med Kuhn stivtindhav. Fram til 2005 ble det dyrket vårkorn på feltet, mens det i 2006 og 2007 er dyrket høsthvete. I disse to årene ble ledd A harvet først med Dynadrive og 1-2 uker senere med Väderstad kultivator, mens ledd B ble harvet ved bare ett tidspunkt, like før såing.

Felt 4. Forsøket ble startet høsten 2000 for å sammenlikne høsthvete og havre dyrket i omløp ved ulik jordarbeiding. Avlingsresultater foreligger for perioden 2002-2006. Feltet har følgende forsøksledd: A. Høstpløying i alle år til begge vekster, B. Lett høstharving i alle år til begge vekster, C. Høstpløying til høsthvete og lett høstharving og vårharving til havre og D. Direktesåing til høsthvete og bare vårharving til havre. Samme jordarbeidingsredskap og såmaskiner ble brukt på dette feltet som i de øvrige feltene på Øsaker. Halmen er kuttet og fordelt. Hver vekst dyrkes på to blokker, med ulik jordarbeiding på tvers av blokkene.

2.2.2 Været i forsøksperioden, sammenliknet med normale forhold

Lufttemperatur og nedbør ved Rygge værstasjon er sammenlignet i figur 2.1 for periodene 1961-1990 (gjeldende normalperiode, 1991-1997 og 1998-2006. Nedbøren har vært høyere enn normalt i perioden etter 1997, spesielt på forsommeren og senhøstes, mens det var tørrere enn normalt tidligere på '90-tallet. Forskjellen mellom 1991-97 og 1998-2006 utgjorde i gjennomsnitt mer enn 150 mm pr. år. Lufttemperaturen var høyere enn normalt i begge periodene etter 1990, unntatt i mai-juni.



Figur 2.1. Nedbørssummer (til venstre) og midlere lufttemperatur (til høyre) ved Rygge værstasjon i periodene 1991-1997 (grønne firkanter) og 1998-2006 (røde trekkanter) sammenliknet med normalperioden fra 1961 til 1990 (blå ruter).

2.2.3 Resultater

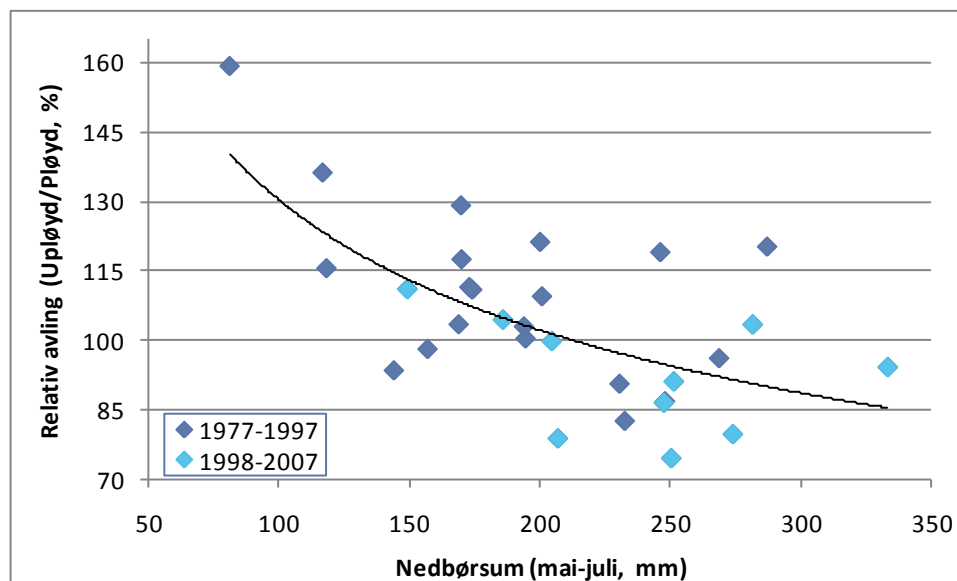
Felt 1. I perioden 1991-1997 var det ca. 10 % høyere avling på de oppløydle leddene enn på de pløydle. Flere av årene i denne perioden var preget av tørke. Fuktigere værforhold i perioden 1998-2007 er trolig årsaken til at ledd A, med bare vårharving, har gitt 13 % mindre avling enn høstpløying i denne perioden, mens høst- og vårharving gav 6 % mindre avling (tabell 2.2.1). Etter at ledd D ble lagt om til vårpløying, har dette gitt 5 % mindre avling enn høstpløying. Bruk av 12 kg N istedenfor 8 kg N gav sikker meravling uansett jordarbeidingsmåte.

Tabell 2.2.1. Vårkornavlinger (kg daa⁻¹ ved 15% vanninnhold og relativ avling som % av høstpløying) i ulike tidsrom på felt 1. Middell av to N-nivå

Periode	Uten pløying siden 1976				Med pløying hvert år				Signifikans
	Bare vårharving		Høst- og vårharving		Høstpl. uten stubbharving		Høstpl. med stubbharving		
	kg daa ⁻¹	Rel. %	kg daa ⁻¹	Rel. %	kg daa ⁻¹	Rel. %	kg daa ⁻¹	Rel. %	
1991-1997 ¹	395	110	391	109	359	<u>100</u>	352	98	-
1998 - 2001	482	94	514	101	511	<u>100</u>	506	99	i.s.
2002 - 2007	399	82	432	89	487	<u>100</u>	461 ²	95	p<0.01
<u>1998 - 2007</u>									
8 kg N daa ⁻¹	403	85	445	94	473	<u>100</u>	465	98	Jordarb. p<0.02
12 kg N daa ⁻¹	461	89	484	93	519	<u>100</u>	493	95	N-gj. p<0.001
Middel	432	87	465	94	496	<u>100</u>	479	97	Samspill i.s.
Hele perioden	418	94	437	98	445	<u>100</u>	431	97	-

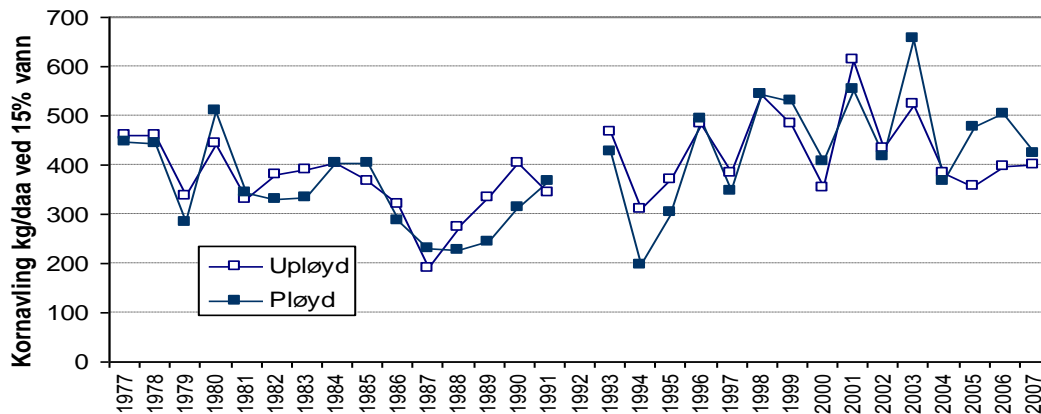
¹) Ikke høstet i 1992 pga. tørkeskade ²) Vårpløying uten stubbharving siden 2002

Plotting av relativ avling uten og med pløying mot nedbørssummer for mai-juli viser at redusert jordarbeiding gir best resultat under tørre forhold og dårligst resultat under fuktige forhold (figur 2.2), med et balansepunkt på rundt 225 millimeter nedbør i disse månedene.



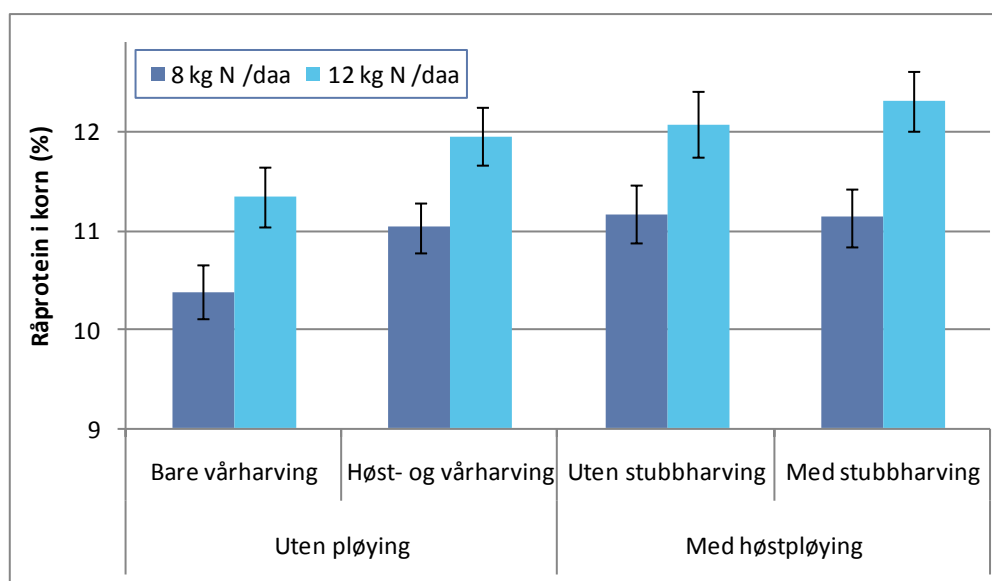
Figur 2.2. Relativ avling ved redusert jordarbeiding (upløyd som prosent av pløyd) på felt 1, plottet mot summen av nedbør fra mai til juli i periodene før og etter 1998.

Til tross for lavere relativ avling uten pløying de senere årene, har avlingsnivået på feltet steget siden 1998 i forhold til tidligere, både med og uten pløying (figur 2.3). Dette gjenspeiler trolig at avlingspotensialet har vært høyere de senere årene i fravær av betydelig tørke.



Figur 2.3. Avlinger uten pløying (ledd A-B) og med pløying (ledd C-D) på felt Ø1, 1977-2007.

Det ble målt sikre virkninger av både N-gjødselnivå og ulik jordarbeiding på proteininnholdet i kornet (figur 2.4). Gjødsling med 12 kg N istedenfor 8 kg økte proteininnholdet med ca. 1 %, uavhengig av jordarbeidingsystem. Forskjellene mellom pløyeleddene og det oppløyde leddet med både høst- og vårharving var ikke signifikante, men leddet uten pløying og med harving bare om våren hadde signifikant ($p < 0,001$) lavere proteininnhold (ca. 0,7-0,8 %) enn de øvrige ledd. Leddet med bare vårharving hadde ca. 1,5 kg daa⁻¹ lavere N-opptak i kornet enn leddet med høstpløying.



Figur 2.4. Protein i kornet ved to N-gjødselnivå, på ledd uten og med pløying på felt 1. Middell av fire hveteår, tre havreår og ett byggår, i perioden 1999-2007 (ikke målt i 2005). (Leddet 'høstpløying med stubbharving' ble endret til vårpløying uten stubbharving i 2002).

Felt 2. I perioden fram til 1997 var avlingsnivået noe lavt på dette feltet og det var bare små forskjeller ved ulik jordarbeiding, med unntak av direktesåing som gav i gjennomsnitt 8-10 % lavere avling enn pløying (data ikke vist). Fra 1998 har avlingsnivået vært høyere, men avlingstapet ved direktesåing har holdt seg rundt 10 % både i høsthvete og i havre (tabell 2.2.2). Leddet med bare harving (på oppløyd jord) har gitt en avlingsnedgang på 4-5 % i høsthvete, mens det i havre har gitt en økning på 6 %. Det var ingen signifikant effekt av forgrøde (vårrys kontra havre) før dyrking av høsthvete. Avlingene av både hvete og havre økte med N-gjødsling, uavhengig av jordarbeiding. Det ser ut til at økt N-gjødsling kan kompensere for noe av avlingsreduksjonen som oppleves ved

direktesåing. N-effektiviteten ville likevel bli lavere ved en slik praksis, med mulige negative miljøvirkninger. Hverken N-gjødsling eller jordarbeiding hadde sikker effekt på rybsavlingene. Disse var lave i dette forsøket, trolig på grunn av ugras i noen år og problem med dryssing i andre. Det så imidlertid ut til at leddet med bare harving kom godt ut i rybs, på samme måte som i havre. Også i Sverige har man god erfaring ved direktesåing av raps.

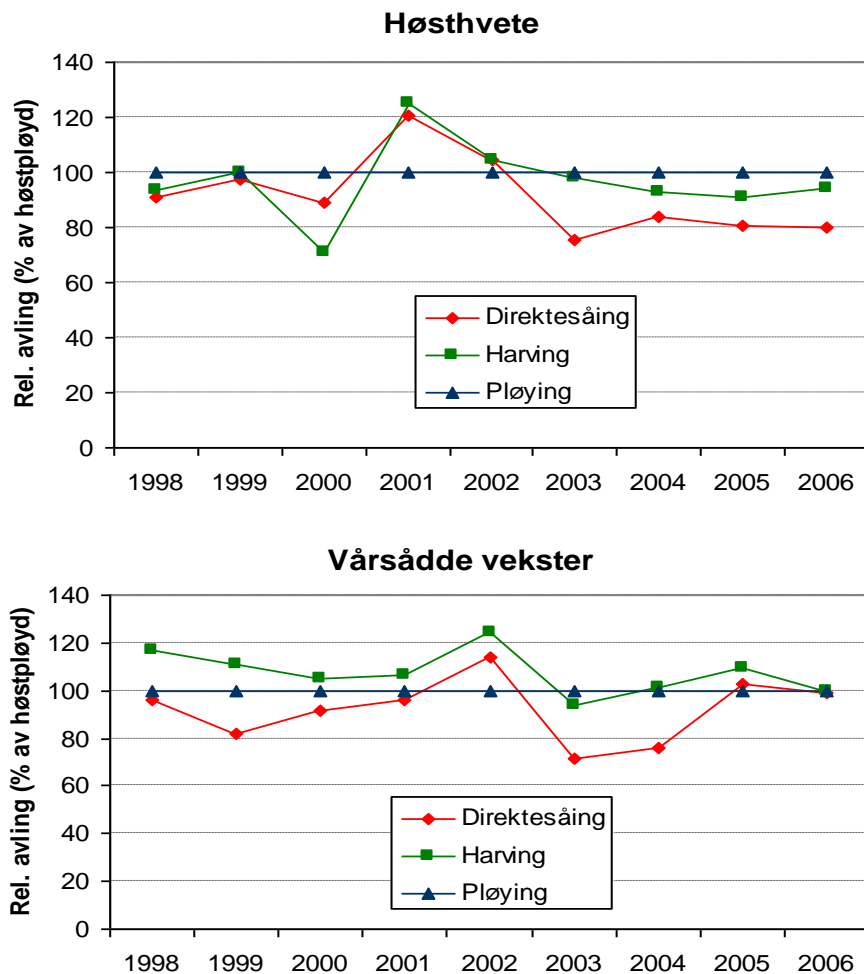
Tabell 2.2.2. Kornavlinger ved ulik jordarbeiding i perioden 1998-2006 på felt 2 (kg daa⁻¹ ved 15% vanninnhold og relativ avling som % av pløying)

Vekst		Direkte- såing	Bare harving	Pløying og harving	Middel	Signifikans
<u>Høsthvete</u>	etter rybs	468	479	521	489	Omløp i.s.
	etter havre	432	482	486	467	
	6 kg N daa ⁻¹	395	418	457	424	N-gj. p<0,001 Jordarb. P<0,05
	9 kg N daa ⁻¹	457	488	509	485	
	12 kg N daa ⁻¹	498	536	543	526	
	Middel	450	481	503		Samspill i.s.
Rel. %	90	96	<u>100</u>			
<u>Havre</u>	6 kg N daa ⁻¹	381	470	434	428	N-gj. p<0,01 Jordarb. P<0,1
	9 kg N daa ⁻¹	451	513	487	484	
	12 kg N daa ⁻¹	465	540	520	508	
	Middel	432	508	481		Samspill i.s.
	Rel. %	90	106	<u>100</u>		
<u>Rybs¹</u>	6 kg N daa ⁻¹	100	109	106	105	N-gj..i.s Jordarb. i.s. Samspill i.s.
	9 kg N daa ⁻¹	96	119	104	106	
	12 kg N daa ⁻¹	109	117	91	105	
	Middel	111	125	112		
	Rel. %	102	114	<u>100</u>		

1) Ikke høstet i 1999 pga. stort ugrasproblem

Også i dette forsøket var det betydelig årsvariasjon i utslagene for jordarbeiding (figur 2.5). I 2001, var det betydelig høyere avling på leddene med bare harving og direktesåing enn på leddet med pløying. Det samme gjaldt for vårsadde vekster i 2002. Det er sannsynlig at disse avvik skyldes henholdsvis det svært fuktige været høsten 2000, som favoriserte etablering på oppløyd jord, og kraftig nedbør våren 2002, som førte til skorpeproblem på pløyd jord men ikke på oppløyd jord. Nedgangen i høsthveteavling ved bare harving, istedenfor pløying, var mer enn 10 % i ett av de ni årene siden 1998, men som regel mye mindre. Avlingsnedgangen ved direktesåing var for de vårsadde vekstene omkring 20% i to år, og for høsthvete i fire år.

Høstpløying gav signifikant lavere vanninnhold (ca. 0.6%, tabell 2.2.3) i høstkornet enn både harving og direktesåing, trolig som følge av at modning ofte er noe forsinket ved redusert jordarbeiding. Det samme var ikke tilfelle hos havre. Økt N-gjødsling gav signifikant høyere vanninnhold hos alle vekstene, og denne faktoren ser dermed ut til å spille vel så stor rolle som jordarbeidingsregimet. Noe redusert proteinkonsentrasjon (ca. 0,5%) ble målt etter direktesåing i både høsthvete og havre. Betydningen av N-gjødsling for proteinkonsentrasjonene var imidlertid langt større enn betydningen av jordarbeiding, og den eventuelle nedgangen i proteininnhold ved direktesåing så ut til å kunne kompenseres ved å gi ca. 2 kg mer N daa⁻¹.



Figur 2.5. Årsvariasjonen 1998 - 2006 i relative avlinger (% av høstpløying) av høstsådde vekster (høsthvete) og vårsådde vekster (havre og rybs) med ulike jordarbeidingsystem på Øsaker Felt 2.

Tabell 2.2.3. Vann% ved høsting og råprotein i kornet på felt 2, middel for 1998-2006

Gjødsel	Høsthvete		Havre		Vann %
	Vann %	¹ Protein %	Vann %	² Protein %	
6 kg N daa ⁻¹	16,3	10,6	20,7	11,4	15,0
9 kg N daa ⁻¹	16,4	11,4	19,6	11,9	16,4
12 kg N daa ⁻¹	16,8	12,4	21,6	12,6	17,4
	p=0,01	p<0,001	p=0,01	p<0,01	p<0,05
Jordarbeiding					
Pløyd og harvet	16,1	11,6	21,0	12,2	13,9
Bare harvet	16,7	11,6	20,0	12,0	17,3
Direktesådd	16,8	11,2	20,9	11,6	17,6
	p=0,05	p<0,1	i.s.	(p=0,11) i.s.	p=0,01

¹ Protein ikke målt i hvete i 1998

² Protein ikke målt i havre i 1998-1999



Bilde 2.2. Høsthvete på felt 2 i april 2006. Høsthøring til venstre, direktesåing i midten og høstpløying til høyre. (Foto: H.Riley)



Bilde 2.3. Høsthvete på felt 2 i april 2006. Direktesåing (venstre) og pløying (høyre). (Foto: H.Riley)

Felt 3. Nokså like utslag av behandlingene ble funnet med høsthvete i 2006-2007 (tabell 2.2.5) som med vårhvete i 1998-2005 (tabell 2.2.4). Avlingene ved direktesåing var i begge vekstgruppene betydelig lavere enn ved de andre såmåtene, 19% lavere enn ledd A for vårkorn og 24% lavere enn ledd A for høstkorn. Direktesåing i halmhakk gav dårligst resultat, med ca. 10% lavere vårkornavling og ca. 25% lavere høstkornavling enn der halmen ble fjernet eller nedmoldet. Det var stor variabilitet i de leddene med halmhakk. Enkelte ruter hadde svært lav avling på grunn av dårlig planteetablering. Snitting av halmen, i tillegg til kutting, forbedret situasjonen litt ved direktesåing, og gav nesten lik avling som de øvrige halmbehandlingene ved andre såmåter.

Tabell 2.2.4. Vårkornavlinger 1998-2005 på felt 3 (kg/daa ved 15% vann) ved ulike såmåter og ulik halmbehandling på upløyd jord. Relative tall, % av harving både om høsten og om våren i kursiv

Jordarbeiding: Halmbehandling	Såing:	C. Harving				Middel (halm.)	Signif.
		A. Høst- og vårharving	B. Bare vårharving	etter såing	D. Direkte- såing		
		Nordsten	Nordsten	Breisåing	Väderstad		
Halmen fjernet		580	565	562	497	551	Jordarb.
Nedmoldet til 2 cm		600	537	543	500	545	p<0,05
Nedmoldet til 8 cm		588	548	545	491	543	Halmbe.
Brent eller snittet*		594	543	542	490	542	p<0,001
Normal mengde halmhakk		591	527	532	440	522	Samspill
Dobbel mengde halmhakk		577	530	533	443	521	p<0,05
Middel (jordarbeiding)		588	541	543	477		
Rel. %		<i>100</i>	<i>92</i>	<i>92</i>	<i>81</i>		

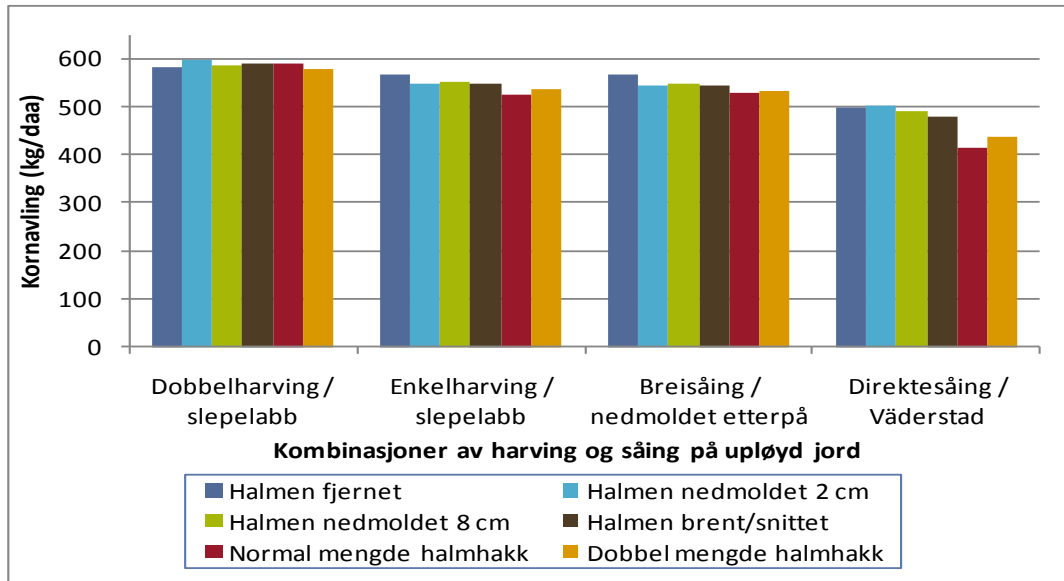
Tabell 2.2.5. Høstkornavlinger 2006-'07 på felt Ø3 (kg/daa ved 15% vann) ved ulike såmåter og ulik halmbehandling på upløyd jord. Relative tall, % av harving både om høsten og om våren i kursiv

Jordarbeiding: Halmbehandling	Såing:	C. Harving				Middel (halm.)	Signif.
		A. Høst- og vårharving	B. Bare vårharving	e. såing	D. Direkte- såing		
		Nordsten	Nordsten	Breisåing	Väderstad		
Halmen fjernet		577	571	589	499	559	Jordarb.
Nedmoldet til 2 cm		585	589	555	510	560	p<0,02
Nedmoldet til 8 cm		576	560	552	488	544	Halmbe.
Brent eller snittet*		576	571	541	428	529	p<0,001
Normal mengde halmhakk		593	525	525	320	491	Samspill
Dobbel mengde halmhakk		588	554	526	411	520	p<0,01
Middel (jordarbeiding)		582	562	548	442		
Rel. %		<i>100</i>	<i>97</i>	<i>94</i>	<i>76</i>		

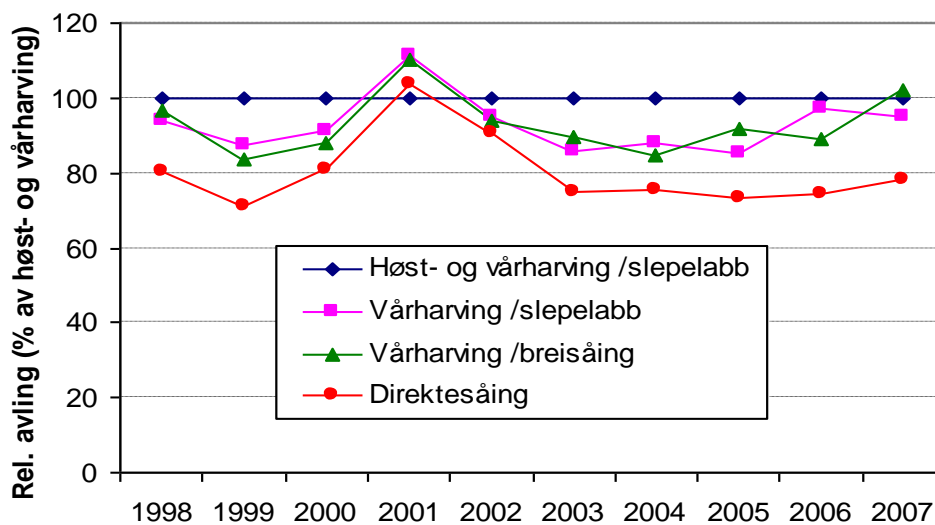
Blant de andre såmatene, gav bruk av Nordsten slepelabbsåmaskin best resultat i jord som var harvet ved to tidspunkt (jfr. 'dobbelharving' i figur 2.6), uansett halmbehandling. Harving bare én gang (jfr. 'enkelharving' i figur 3) fungerte bra i ledd med fjerning, snitting eller nedmolding av halmen, men mindre bra ved såing i halmhakk. Breisåing senket avlingsnivået en del, mest i leddene med mye halmhakk til stede. Det gav vel så godt resultat i høstkorn som i vårkorn.

Liknende årsvariasjoner ble funnet på dette feltet som på felt 2 (figur 2.7). I dette tilfellet har avlingsnedgangen ved direktesåing, relativt til ledd A med den mest intensive harvinga, vært i størrelsesorden 20 - 30 % eller mer i 8 av de ti årene siden 1998.

Det var signifikant høyere vanninnhold i kornet (ca. 1,2 %) etter direktesåing enn på leddene med harving, spesielt på leddene med mye halmrester. Også breisåing førte til litt høyere (ca. 0,3 %) vanninnholdet i kornet enn harving. Økningene i vanninnhold har trolig sammenheng med forsinket eller mer ujevn planteetablering. Proteininnholdet i kornet var signifikant høyere (ca. 0,5 %) ved dobbelharving (ledd A) enn ved andre såmåter. En lignende forskjell ble også funnet mellom leddene med hhv. halmfjerning og dobbel mengde halmhakk (data ikke vist).



Figur 2.6. Kornavlinger på felt 3 ved ulike kombinasjoner av harving og såing på oppløyd jord, og med ulike halmbehandlingsmåter. Middell av årene 1998-2005 (vårkorn) og 2006-2007 (høstkorn).



Figur 2.7. Årsvariasjonen 1998 - 2007 i relative avlinger (% av høst- og vårharving) med ulike kombinasjoner av halmbehandling og harving/såing på Felt 3. Høstkorn i 2006-2007, se tekst for forklaring av harveleddene i disse årene

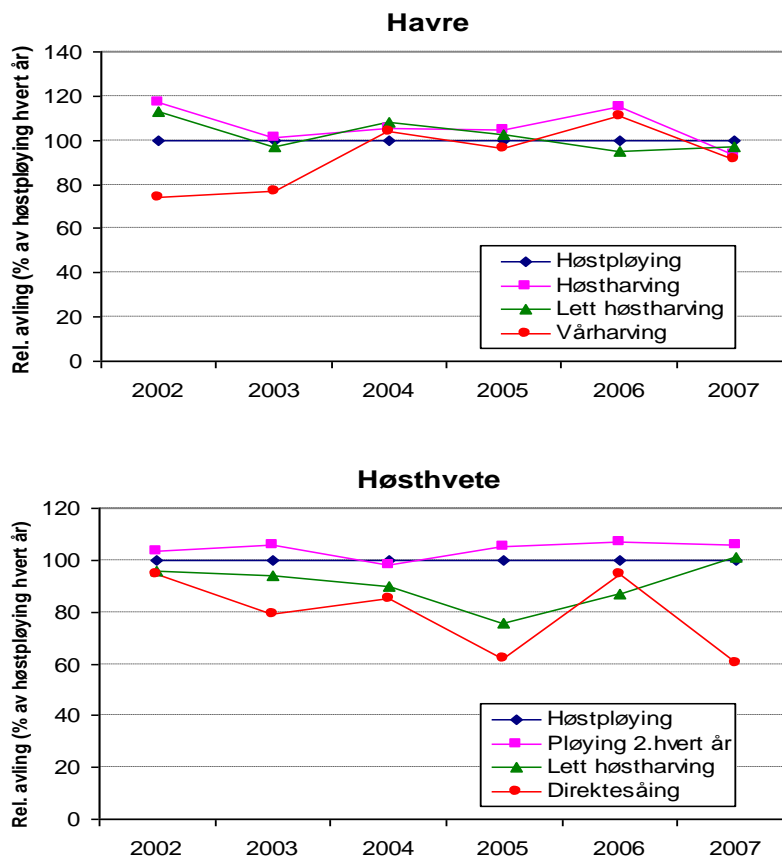
Felt 4. En liknende forskjell mellom vekstene ble funnet her som på felt 2, med dårligere resultat av direktesåing for høsthvete enn for havre (tabell 5). Avlingsnedgangen i forhold til pløying var 20% i høsthvete mot 7% i havre. Det var stor variasjon mellom årene ved direktesåing av høsthvete. Direktesåing har gitt nesten samme avling som pløying i to av de seks årene som forsøket har gått, og nesten 40 % avlingstap i to av årene.

Havre klarte seg relativt bra med lett høstharving etterfulgt av harving om våren, men høstkorn gav 12% mindre avling ved lett høstharving enn leddene med pløying. Utslagene varierte lite mellom år hos havre. Det var en tendens til høyere vanninnholdet i kornet etter direktesåing av høstkorn, men det var ingen entydig effekt av jordarbeiding på denne egenskapen i havre (tabell 2.2.6).

Tabell 2.2.6. Kornavlinger (kg/daa ved 15% vann, og relativ % av pløying) og vanninnholdet i kornet ved høsting på felt 4 i 2002-2007

	Høstpløying (begge vekster)	Pløying (hvete) Høstharv. (havre)	Lett høstharving (begge vekster)	Dir.såing (hvete) Vårharv. (havre)
	Ledd A	Ledd C	Ledd B	Ledd D
Havre	513	540	524	476
Relativ (%)	100	105	102	93
Vanninnhold (%)	13,0	13,0	12,7	13,2
Høsthvete	583	605	522	465
Relativ (%)	100	104	89	80
Vanninnhold (%)	18,2	18,4	18,4	18,8

Årsvariasjonen i relative avlinger er vist i figur 2.2.7. Bortsett fra de lave havreavlingene ved bare vårharving de to første årene, var det bare små avlingsvariasjoner i denne veksten. Derimot har det vært store svingninger i relative avlinger ved direktesåing av høsthvete. For denne veksten gav direktesåing bare tilnærmet samme avling som pløying i to av de seks årene som forsøket har gått, og det har vært nesten 40 % avlingstap i to av årene.



Figur 2.2.7. Årsvariasjonen 2002 - 2007 i relative avlinger ved ulike jordarbeidinger på felt 4

Det har vært tendenser til høyere vanninnholdet i kornet etter direktesåing av høstkorn, men det var ingen entydig effekt av jordarbeiding på denne egenskapen (tabell 2.2.7). Forskjellene mellom jordarbeidingsleddene i proteininnhold og hektolitervekt var svært små (ikke vist).

Tabell 2.2.7. Vanninnholdet (%) i kornet ved høsting 2002-'07 på felt 4

		Høstpløying (begge vekster)	Pløying (hvete) Høstharv. (havre)	Lett høstharving (begge vekster)	Dir.såing (hvete) Vårharv. (havre)
		Ledd A	Ledd C	Ledd B	Ledd D
<u>Havre</u>	2002	16,1	16,3	15,8	17,2
	2003	14,1	14,3	14,1	14,3
	2004	7,3	6,5	6,3	7,8
	2005	14,8	14,1	14,4	14,0
	2006	16,2	16,7	15,8	15,5
	2007	9,6	10,3	10,1	10,3
	Middel	13,0	13,0	12,7	13,2
<u>Høsthvete</u>	2002	19,2	20,0	19,2	19,0
	2003	14,9	15,0	14,5	15,1
	2004	8,8	9,3	9,2	9,9
	2005	16,1	15,9	17,0	18,1
	2006	22,9	23,8	23,2	23,7
	2007	27,4	26,6	27,6	26,9
	Middel	18,2	18,4	18,4	18,8

Konklusjoner fra de langvarige forsøkene:

Felt 1 ('Plogfri jordarbeiding til vårkorn')

- Plogfri drift hadde positiv virkning i 1991-1997, trolig pga. flere tørkeår i perioden
- En del avlingsreduksjon ved plogfri drift 1998-'07, trolig pga. våtere vær i noen år
- Ingen entydig trend i utslag for sterkere N-gjødsling ved ulik jordarbeiding
- Høstharving før pløying har hatt liten avlingseffekt, men det er gunstig når det ikke pløyes
- Vårpløying har siden 2002 gitt i gjennomsnitt 5 % lavere avling enn høstpløying
- Lavere proteininnhold (-0,8 %) er målt på ledd uten pløying med harving bare om våren

Felt 2 ('Direktesåing med høsthvete i omløp med havre og rybs')

- Harving av upløyd jord siden 1998 har gitt i snitt 5% mindre høsthveteavling enn høstpløying, mens i havre og rybs har det som regel gitt litt større avlings enn pløying
- Direktesåing har som oftest gitt lavere avlinger enn de andre systemene, både til høst- og til vårsådde vekster, unntatt i 2001 og 2002, da høstpløying kom dårligst ut
- Ugunstig virkning av høstpløying kontra andre jordarbeidingsystem skyldtes dårlig spiring under våte forhold høsten 2000, og skorpedannelse etter regn våren 2002
- Ingen signifikant forskjell mellom direktesåing av høsthvete etter hhv. havre og rybs
- Avlingene økte til største N-mengde i hvete og havre, uavhengig av jordarbeidingsmåten
- Seinere modning ved direktesåing, som gir seg utslag i litt høyere vanninnhold i kornet (+0,7 % i hvete) og noe lavere proteininnhold (-0,3 % i hvete og -0,6 % i havre)

Felt 3 ('Halmbehandling og såmåter ved forenklet jordarbeiding')

- Høst- og vårharving har vanligvis gitt best resultat, mens direktesåing har gitt dårligst
- Bruk av breisåing etter vårharving har gitt like godt resultat som bruk av slepelabb
- Ulik halmbehandling har oftest gitt små avlingsutslag for på harvet jord, unntatt ved direktesåing, som viser avlingsnedgang med økende halmmengde på jordoverflaten
- Direktesåing har ofte gitt høyere vanninnhold i kornet (+ 1%) enn andre såmåter

Felt Ø4 ('Ulik jordarbeiding med høsthvete og havre i omløp')

- Høstharving har gitt litt høyere havreavling enn pløying, men det har redusert avlingsnivået av høsthvete med ca. 11 % (samme forskjell mellom vekster i responsen til denne jordarbeidingsmåten ble funnet på felt Ø2)
- Direktesåing har redusert havreavlingene med 7% og hveteavlingene med 20% (altså noe større avlingsnedgang i høsthvete på dette feltet enn på Ø2)
- Direktesåing har gitt høyere vanninnhold (+0,6 %) i høsthvete men ikke i havre, sett i forhold til pløying, men proteininnhold var ikke påvirket av jordarbeidingsmåten

3. Økonomiske vurderinger

3.1 Beregningsgrunnlag

Ved redusert jordarbeiding sparer man kostnadene til pløying og slodding, men får ofte en merkostnad til sprøyting mot rotugras samt noe dyrere harving. Vi har satt opp kalkyler over kostnader til jordarbeiding og sprøyting for ulike system, på bakgrunn av opplysninger hentet fra Håndbok for driftsplanlegging 2006/2007 (NILF). Det er inkludert sprøyting mot rotugras hvert år i systemene uten pløying, men ikke i systemet med pløying. Nettobesparelsen som oppnås ved redusert jordarbeiding (to harvinger) og direktesåing er på henholdsvis 83 og 152 kroner pr. dekar (tabell 3.1.1). Eventuelle tilskudd til endret jordarbeiding er ikke tatt i betraktning her.

Tabell 3.1.1. Eksempel på kostnader (kr daa⁻¹) ved forskjellige jordarbeidingssystem til korn (Kilde: NILF)

Arbeidsoperasjon	Konvensjonell	Redusert (2 x harving)	Direktesåing
Sprøyting, rotugras	-	35	35
Pløying	110	-	-
Slodding	49	-	-
Harving, såbedsharv	33	-	-
Harving, tung skålharv	-	44	-
Harving, skålgrubber	-	60	-
Såing, slepelabbmaskin	60	60	-
Såing, direktesåmaskin	-	-	65
Sum kostnader	252	169	100

Tallene i tabell 3.1.1 er brukt i en økonomisk vurdering av avlingsresultatene fra både de langvarige forsøkene på Øsaker 1998-2007 og de lokale storskalaforsøkene som ble utført i løpet av 2002-2006. Det er brukt middelresultatene fra alle feltene, medregnet storskalaforsøkene med 'mislykkete' avlingsresultat. Det ble til sammen 56 feltår med høsthvete og 25 feltår med vårkorn. I sistnevnte gruppe var det bare 15 feltår med direktesåing, men det er antatt samme prosentvis avlingstap for alle felt. Det er brukt kornpriser basert på 2007-sesongen, med kr 1,8 for havre og bygg, kr 1,9 for forhvetete og kr 2,2 for mathvete, og det antas at 80 % av høsthveteten brukes til mat. Dette gir en snittpris for hvete på kr 2,14.

3.2 Resultater

For vårkorn tyder beregningene (tabell 3.1.2) på at systemene uten høstpløying har bedre lønnsomhet enn systemet med pløying, til tross for noe lavere avlinger, når det tas hensyn til kostnadene for jordarbeiding. For høsthvete har systemene med pløying og redusert jordarbeiding omtrent lik lønnsomhet, tross 6 % lavere avling i sistnevnte system. Direktesåing, som hadde et gjennomsnittlig avlingstap på 18 %, kommer betydelig dårligere ut økonomisk, med 95 kr mindre i nettoverdi pr. dekar enn pløying.

Tabell 3.1.2. Kornavling (kg daa⁻¹), bruttoverdi (kr daa⁻¹) og nettoverdi (minus kostnadene til jordarbeiding) ved de tre ulike jordarbeidingssystemene skissert i tabell 3.1.1

	Høstpløying	Redusert (2 x harving)	Direktesåing
Vårkorn (havre/bygg):			
Kornavling	495	481 (- 3 %)	450 (- 9 %)
Bruttoverdi	910	884 (- 26 kr)	809 (- 101 kr)
Nettoverdi	658	715 (+ 57 kr)	709 (+ 51 kr)
Høsthvete:			
Kornavling	662	620 (- 6 %)	546 (- 18 %)
Bruttoverdi	1416	1327 (- 89 kr)	1169 (- 247 kr)
Nettoverdi	1164	1158 (- 6 kr)	1069 (- 95 kr)

Beregningene viser at i et omløp med ca. 33 % høstvetete og 67 % vårkorn (bygg og havre), får man nettoverdier på 827 kr daa⁻¹ år⁻¹ ved pløying, 863 kr (+ 36 kr) ved redusert jordarbeiding og 829 kr (+ 2 kr) ved direktesåing. Dette betyr at også direktesåing kan være like lønnsom som pløying over en årrekke. Det presiseres, imidlertid, at det er relativt stor variasjon i avlingstallene som danner grunnlaget for denne kalkylen, og at det også kan også knytte seg usikkerhet til andre av forutsetningene.

En mulig innvending mot slike kalkyler er at ikke alle har alternativ inntekt av arbeidsinnsatsen sin. Lønninger utgjør trolig ca. én tredjedel av jordarbeidingskostnadene i tabell 3.1.1. Dessuten kan man frykte at det vil bli en større andel fôrkorn i systemene uten pløying, på grunn av lavere proteininnhold og/eller lavere hektolitervekt eller andre forhold, og at tørkekostnadene kan stige. Forsøkene gir dekning for en slik frykt, men langt fra alltid. For å kunne vurdere disse forholdene er det i tillegg gjort beregninger for noen tenkte 'i verste fall' tilfeller (tabell 3.1.3). Det vises til nettoverdiene av korn beregnet 1) uten besparelsen i arbeidskostnader (dvs. bare maskinkostnader), 2) med en høyere tørkekostnad i systemene uten pløying, tilsvarende 2 % vann (5 øre/kilo lavere kornpriser) og 3) der bare 50 % av høstveteten har matkvalitet uten pløying, mot 80 % med pløying (ytterligere 9 øre lavere pris for høstvetete, dvs. kr 2,00).

Tabell 3.1.3. Nettoverdier (kr daa⁻¹) beregnet for tilfeller 1) uten besparelser i arbeidskostnader i systemene uten pløying, 2) med økte tørkeutgifter i tillegg og 3) med større andel høstvetete av fôrkornkvalitet i tillegg

	Høstpløying	Redusert (2 x harving)	Direktesåing
1. Jordarbeidingskostnader ekskl. lønninger¹):			
Vårkorn (bygg/havre)	742	771 (+ 29)	742 (+/- 0)
Høstvetete	1248	1214 (- 34)	1102 (- 146)
2. Som ovenfor, med økte tørkeutgifter²:			
Vårkorn (bygg/havre)	742	747 (+ 5)	720 (- 22)
Høstvetete	1248	1183 (- 65)	1075 (- 173)
3. Som ovenfor, med økte tørkeutgifter og økt andel fôrkorn³:			
Høstvetete	1248	1127 (- 121)	1026 (- 222)

¹ 1/3 lavere kostnad enn i tabell 3.1.1, ² 5 øre kg⁻¹ høyere tørkekostnad, ³ 50% fôrkorn

Beregningene uten besparelsene i arbeidskostnader viser at man får samme nettoverdi ved direktesåing av vårkorn som ved pløying, tross 9 % lavere avling. Ved redusert jordarbeiding til vårkorn er nettoverdien litt høyere enn ved pløying, mens ved redusert jordarbeiding til høstkorn er den litt lavere. Sett i forhold til kalkylen i tabell 3.1.2, kommer direktesåing av høstkorn 50 kr dårligere ut når man ikke verdsetter besparelsen i arbeidstid. Økte tørkeutgifter antas å gi 20-30 kr lavere nettoverdi i systemene uten pløying. En nedgang fra 80 % til 50 % matkornkvalitet i disse systemene gir tap av ytterligere 50-55 kr i høstvetete. Setter man disse 'i verste fall' tilfellene sammen til et omløp med 33 % høstvetete, får man nettoverdier på 911 kr daa⁻¹ år⁻¹ ved pløying, 874 kr (-37 kr) ved redusert jordarbeiding og 822 kr (- 89 kr) ved direktesåing.

Som allerede antydnet, er det mange forutsetninger som ligger bak kalkyler av denne typen, og resultatene for den enkelte bonden vil avhenge av flere faktorer. Blant disse nevnes gårdsstørrelse og arrondering, alderen og størrelsen på maskiner, jordtype (spesielt drenering) og ikke minst bondens egen dyktighet og interesser. Det er kanskje realistisk å regne med at lønnsomheten av de alternative jordarbeidingsystem vil ligge et sted mellom de to ytterpunktene som er skissert her. I gjennomsnitt vil dette si samme lønnsomhet ved redusert jordarbeiding og en viss reduksjon (kr 40-50) i lønnsomhet ved direktesåing, sett i forhold til pløying hvert år.

4. Sammendrag og konklusjoner fra delprosjekt 2

- I 41 storskalaforsøk i Østfold og Akershus har redusert jordarbeiding til høstkorn gitt samme resultat som pløying i 70% av forsøkene, mens direktesåing har gitt 10% mindre avling. I de resterende 30% av forsøkene har det vært mye større avlingstap, i gjennomsnitt 28% ved redusert jordarbeiding og 38% ved direktesåing. Dårlig planteetablering antas å være hovedårsaken til dette.
- Redusert jordarbeiding med harving om høsten har i langvarige jordarbeidingsforsøk som regel gitt tilfredsstillende avlinger av både vårkorn og høsthvete, forutsatt tilstrekkelig kutting og fordeling av halmen. Ved bare vårharving, er det ofte noe avlingsnedgang, spesielt i fuktige år, og halmen bør fjernes i slike tilfeller.
- Vårpløying av stiv leire har gitt 5 % avlingsnedgang i vårkorn over en 6-års periode, sett i forhold til høstpløying. Dette skyldes trolig at vårpløying gir mindre gunstige såbedsforhold, med dårligere planteetablering.
- Direktesåing har gitt betydelig avlingsreduksjon i nesten alle forsøk, spesielt i høstkorn (10-20 %), og denne praksisen fører ofte til noe dårligere kornkvalitet. Årsaken ligger trolig hovedsakelig i etableringsproblemer på grunn av store halmrestmengder.
- En økonomisk vurdering av resultatene, inklusive kostnadsbesparelsene ved endret jordarbeiding, tyder på at redusert jordarbeiding kan være like lønnsom som pløying, når hele kornomløpet tas i betraktning. Direktesåing, derimot gir noe dårligere lønnsomhet.

5. Publikasjoner fra delprosjekt 2

Bakkegard, M., Lindemark, P.O., Strand, E., & Tørresen, K.S. 2005. Redusert jordarbeiding til høstkorn. Palnteforsk Grønn Kunnskap 9 (116) 4s.

Bakkegard, M., Riley, H., Tørresen, K.S., Lindemark, P.O. & Stabbetorp, J. 2007. Redusert jordarbeiding til høstkorn. Bioforsk Tema 2 (32) 4s.

Bakkegard, M. & Riley, H. 2008. Høstkorn og redusert jordarbeiding. Bioforsk FOKUS 3 (1): 58-59

Riley, H., S. Selnes & P.O. Lindemark. 2005. Langvarige jordarbeidingsforsøk på ulike jordarter: Resultater fra 1998-2004, sammenlignet med tidligere år. Grønn kunnskap 9(1): 20-35

Riley, H. 2005. Langvarige jordarbeidingsforsøk på morenejord og leirjord i sørøst Norge: Avlingsresultat for 1998-2005. Report from seminar 'Recent results and future challenges in soil tillage research', Lithuanian University of Agriculture p. 59-64

Riley, H. 2006. Langvarige jordarbeidingsforsøk på morenejord og leirjord i sørøst Norge: Avlingsresultater for 1998-2004. NJF-seminar 378 'Tillage systems for the benefit of the environment' Odense, Denmark, NJF Rapport 2: 190-195

Riley, H. 2008. Yield results of long-term tillage trials on loam and clay loam in Norway. NJF seminar 448 'New insights into sustainable cultivation methods in agriculture', Piikiö, Finland, NJF Report 4(3): p.8.

Riley, H., Børresen, T. & Lindemark, P. O. 2008 Recent yield results and trends over time with conservation tillage on clay loam and silt loam soils in southeast Norway', Acta Agriculturae Scandinavica, Section B - Plant Soil Science, available online: DOI: 0.1080/09064710802263200 RL: <http://dx.doi.org/10.1080/09064710802263200>

Vedlegg I. Feltår, vertskommune og EUREF-kartreferanser av storskalaforsøkene

Felt nr.	Høsteår	Lokalisering		Merknad
		Kommune	EUREF-89 UTM 32v	
1	2003	Våler i Østfold	N 6589483 Ø 617365	
2	2003	Sarpsborg	N 6579343 Ø 620578	
3	2003	Rakkestad	N 6585689 Ø 640784	
4	2003	Marker	N 6589640 Ø 651498	Ikke høstet direktesådd ledd
5	2003	Trøgstad	N 6617680 Ø 631330	
6	2003	Hobøl	N 6610593 Ø 611187	Ikke høstet direktesådd ledd
7	2003	Ås	N 6614993 Ø 601291	
8	2003	Ås	N 6617166 Ø 602649	
9	2003	Frogn	N 6615189 Ø 594125	Ikke høstet
10	2003	Ullensaker	N 6663420 Ø 622947	
11	2003	Aurskog Høland	N 6630502 Ø 640886	
12	2003	Aurskog Høland	N 6635817 Ø 642976	
13	2003	Nittedal	N 6665421 Ø 602360	
14	2003	Hobøl	N 6616739 Ø 613211	Forenklet felt
15	2003	Vestby	N 6610060 Ø 601462	Forenklet felt
16	2003	Enebakk	N 6621448 Ø 615642	Forenklet felt
17	2004	Rakkestad	N 6578969 Ø 636134	
18	2004	Sarpsborg	N 6580332 Ø 620684	
19	2004	Rakkestad	N 6585694 Ø 640946	
20	2004	Marker	N 6590028 Ø 651282	
21	2004	Trøgstad	N 6617680 Ø 631330	
22	2004	Spydeberg	N 6609962 Ø 617642	
23	2004	Ås	N 6618726 Ø 602341	
24	2004	Ås	N 6617200 Ø 602810	
25	2004	Aurskog Høland	N 6623598 Ø 638756	
26	2004	Ullensaker	N 6663894 Ø 622381	
27	2004	Sørum	N 6658143 Ø 617033	
28	2004	Nittedal	N 6655926 Ø 605827	
29	2005	Skiptvet	N 6602214 Ø 620810	
30	2005	Sarpsborg	N 6580159 Ø 620471	
31	2005	Marker	N 6589798 Ø 651503	
32	2005	Trøgstad	N 6617532 Ø 631342	
33	2005	Ski	N 6618844 Ø 605699	
34	2005	Ås	N 6614917 Ø 601826	
35	2006	Ås	N 6617200 Ø 602810	
36	2006	Ski	N 6614528 Ø 604782	
37	2006	Skiptvet	N 6602197 Ø 620813	
38	2006	Fredrikstad	N 6569622 Ø 602611	
39	2006	Trøgstad	N 6618497 Ø 631438	
40	2006	Marker	N 6593077 Ø 649829	
41	2006	Sarpsborg	N 6579384 Ø 620658	
42	2006	Gjerdrum	N 6665341 Ø 616169	
43	2006	Gjerdrum	N 6665171 Ø 615262	
44	2006	Aurskog Høland	N 6643530 Ø 644872	
45	2006	Aurskog Høland	N 6644344 Ø 637320	

Vedlegg II. Vertskommune, jordsmonnskartsignatur og jordteksturgruppe for storskalaforsøkene

Feltnr.	Kommune	Kartsignatur	Tekstur
1	Våler i Østfold	THe6B	Siltig lettleire
2	Sarpsborg	THk8AB1	Siltig mellomleire/Mellomleire/Sandig mellomleire
3	Rakkestad	THk8Cp	Siltig mellomleire/Mellomleire/Sandig mellomleire
4	Marker	THd4TId4B1	Siltig finsand
5	Trøgstad	ERk8B1	Siltig mellomleire/Mellomleire/Sandig mellomleire
6	Hobøl	ERk8B	Siltig mellomleire/Mellomleire/Sandig mellomleire
7	Ås	THe8TKn9B1	Siltig mellomleire/Mellomleire/Sandig mellomleire
8	Ås	KLk7D1	Lettleire
9	Frogn	ERk8THe8B	Siltig mellomleire/Mellomleire/Sandig mellomleire
10	Ullensaker	TCo5A	Silt/Sandig silt
11	Aurskog Høland	THe8ELg6C	Siltig mellomleire/Mellomleire/Sandig mellomleire
12	Aurskog Høland	TGd7SFj3D/ ERk6ELg6B	Siltig lettleire
13	Nittedal	ERk6ELg6BC	Siltig lettleire
14	Hobøl	KLk4B	Siltig finsand
15	Vestby	ERk8B1	Siltig mellomleire/Mellomleire/Sandig mellomleire
16	Enebakk	THe6ERk6B	Siltig lettleire
17	Rakkestad	ERk6BC	Siltig lettleire
18	Sarpsborg	THe8B/ THk8C	Siltig mellomleire/Mellomleire/Sandig mellomleire
19	Rakkestad	THk8C	Siltig mellomleire/Mellomleire/Sandig mellomleire
20	Marker	THd4B1	Siltig finsand
21	Trøgstad	ERk8B1	Siltig mellomleire/Mellomleire/Sandig mellomleire
22	Spydeberg	ERk6ELg6CD	Ukjent
23	Ås	ERk8THe8B1	Siltig mellomleire/Mellomleire/Sandig mellomleire
24	Ås	KLk4TGd4B1	Siltig finsand
25	Aurskog Høland	THe8AB	Siltig mellomleire/Mellomleire/Sandig mellomleire
26	Ullensaker	THe8B	Siltig mellomleire/Mellomleire/Sandig mellomleire
27	Sørum	PDF8D	Ukjent
28	Nittedal	PDF8C	Siltig mellomleire/Mellomleire/Sandig mellomleire
29	Skiptvet	ELg6D1	Siltig lettleire
30	Sarpsborg	THk8D	Siltig mellomleire/Mellomleire/Sandig mellomleire
31	Marker	THd4C1	Siltig finsand
32	Trøgstad	ERk8B1	Siltig mellomleire/Mellomleire/Sandig mellomleire
33	Kråkstad	THe8B	Siltig mellomleire/Mellomleire/Sandig mellomleire
34	Ås	SRy1C1	Mellomsand/Grovsand
35	Ås	KLk4TGd4B1	Siltig finsand
36	Kråkstad	ERk8C1	Siltig mellomleire/Mellomleire/Sandig mellomleire
37	Skiptvet	ELg6D1	Siltig lettleire
38	Fredrikstad	EGt6THe6B	Siltig lettleire
39	Trøgstad	ERk8C1	Siltig mellomleire/Mellomleire/Sandig mellomleire
40	Marker	ERk8B1	Siltig mellomleire/Mellomleire/Sandig mellomleire
41	Sarpsborg	THk8AB1	Siltig mellomleire/Mellomleire/Sandig mellomleire
42	Gjerdrum	TGd4KLk5C	Siltig finsand
43	Gjerdrum	ERk6ERk5B	Siltig lettleire
44	Aurskog Høland	THe8BC	Siltig mellomleire/Mellomleire/Sandig mellomleire
45	Aurskog Høland	THe8B	Siltig mellomleire/Mellomleire/Sandig mellomleire

Vedlegg III. Datoer for jordarbeiding, såing og høsting og kornsортene brukt i storskalaforsøkene

Felt nr.	Høsteår	Pløyedato	Harvedato	Sådato	Hvetesort	Høstedato	Merknad
1	2003	03.09	05.09	05.09	Bjørke	25.08	
2	2003	26.08	28.08	29.08	Kosac	17.08	
3	2003	02.09	03.09	03.09	Bjørke	12.08	
4	2003	28.08	29.08	03.09	Mjølner	23.08	
5	2003	10.09	11.09	12.09	Kosac	25.08	
6	2003	11.09	12.09	13.09	Lars	18.08	
7	2003	26.08	28.08	28.08	Mjølner	18.08	
8	2003	25.08	31.08	01.09	Bjørke	10.08	
9	2003	02.09	02.09	04.09	Mjølner	-	Ikke høstet
10	2003	09.09	10.09	11.09	Bjørke	25.08	
11	2003	28.08	29.08	29.08	Bjørke	18.08	
12	2003	24.08	22.08	26.08	Bjørke	18.08	
13	2003	10.09	10.09	12.09	Bjørke	21.08	
14	2003	01.09	01.09	03.09	Bjørke	18.08	Ekstrafelt
15	2003	27.08	27.08	29.08	Bjørke	18.08	Ekstrafelt
16	2003	26.08	26.08	28.08	Bjørke	20.08	Ekstrafelt
17	2004	12.09	12.09	13.09	Mjølner	18.08	
18	2004	30.08	01.09	02.09	Lars	24.08	
19	2004	01.09	03.09	04.09	Mjølner	23.08	
20	2004	06.09	09.09	10.09	Mjølner	26.08	
21	2004	09.09	11.09	11.09	Mjølner	24.08	
22	2004	05.08	29.08	10.09	Mjølner	23.08	
23	2004	03.09	03.09	04.09	Mjølner	14.08	
24	2004	01.09	04.09	04.09	Mjølner	16.08	
25	2004	04.09	04.09	05.09	Bjørke	18.08	
26	2004	11.09	12.09	13.09	Bjørke	15.08	
27	2004	26.08	01.09	01.09	Bjørke	18.08	
28	2004	09.09	11.09	11.09	Bjørke	03.09	
29	2005	25.08	27.08	29.08	Lars	19.08	
30	2005	07.09	07.09	28.09	Olivin	31.08	
31	2005	01.09	08.09	30.09	Lars	22.08	
32	2005	06.09	07.09	08.09	Mjølner	22.08	
33	2005	05.09	07.09	08.09	Magnifik	22.08	
34	2005	05.09	09.09	10.09	Magnifik	17.08	
35	2006	05.09	08.09	09.09	Magnifik	09.08	
36	2006	02.09	04.09	07.09	Magnifik	07.08	
37	2006	01.09	20.08	05.09	Magnifik	07.08	
38	2006	02.09	25.08	05.09	Olivin	09.08	
39	2006	14.09	18.09	19.09	Magnifik	17.08	
40	2006	02.09	03.09	05.09	Olivin	17.08	
41	2006	05.09	06.09	06.09	Olivin	11.08	
42	2006	07.09	09.09	09.09	Picasso	30.08	Rug
43	2006	07.09	10.09	11.09	Mjølner	20.08	
44	2006	31.08	31.08	05.09	Magnifik	11.08	
45	2006	04.09	04.09	10.09	Magnifik	09.08	