



Høgskolen
i Innlandet



Hans Christian Endrerud, Tommy Ruud, Bjørn Eidem, Egil Petter Stræte, Mads Dahl Gjefsen, Fred Håkon Johnsen, Lars Erik Ruud

Effekt av redusert jordarbeiding og forbedrede jordarbeidingsteknikker på klimagassutslipp i planteproduksjon

– et forprosjekt

Oppdragsrapport nr. 6 - 2023

RAPPORT NR. 6/2023

Utgivelsesår: 2023 Antall sider: 37 ISBN digital utgave: 978-82-8380-403-4 ISSN: 2535-4140

Tittel: Effekter av redusert jordarbeiding og forbedrede jordarbeidingsteknikker på klimagassutslipp i planteproduksjon – et forprosjekt.

Forfatter: Hans Christian Endrerud, Tommy Ruud, Bjørn Eidem, Fred Håkon Johnsen, Lars Erik Ruud

Utgiver: Høgskolen i Innlandet, Postboks 400 Vestad, 2418 Elverum

Prosjekt: Redusert klimautslipp gjennom endret jordarbeiding

Oppdragsgiver: FFL – Forskningsmidlene for jordbruk og matindustri

Stikkord: jordbruk, plantedyrking, jordarbeiding, redusert jordarbeiding, direktesåing, energibruk, klimaendringer

Forfatterne er selv ansvarlig for sine konklusjoner. Innholdet gir derfor ikke nødvendigvis uttrykk for høgskolens syn.

I Høgskolen i Innlandets oppdragsrapportserie publiseres FoU-arbeid som er eksternt finansiert, enten eksternt fullfinansiert som oppdragsprosjekt eller eksternt delfinansiert som bidragsprosjekt.

© Forfatteren/Høgskolen i Innlandet/Ruralis – Institutt for rural- og regionalforskning, 2023

Forsidebilde: Odd Roger Langørgen, Ruralis

Forord

Denne rapporten har blitt til gjennom et godt samarbeid mellom Høgskolen i Innlandet og Ruralis – Institutt for rural- og regionalforskning, og basert på prosjektsamarbeid rundt utprøving av biodiesel i det norske jordbruket i 2018-2019. Det følte naturlig å gå videre på dette gode samarbeidet, for å se videre på løsninger for redusert energibruk ved jordarbeiding, og for å finne nye løsninger og muligheter for fremtidens jordbruksdrift for energikrevende jordarbeidingsoperasjoner. Arbeidet i prosjektet er tenkt brukt som en forberedelse for et fremtidig hovedprosjekt, for å gi anbefalinger for fremtidens systemer for bærekraftig jordarbeiding i et endret klima.

Forfatterne vil få takke styret til fondet for forskningsmidlene i jordbruk og matindustri (FFL/JA) for midlene som har gjort prosjektet mulig.

Forfatterne vil også takke Mads Dahl Gjefsen som deltok i første del av prosjektet, og sto bak utformingen av intervjuguiden. Mot slutten av arbeidet har Egil Petter Stræte kommet med nyttige innspill i forbindelse med prosjektavslutningen.

Til å rekruttere gårdbrukere vil vi takke Truls Olve T. Hansen i NLR Trøndelag som kom med flere navn til oss, både i Trøndelag og på Østlandet. Truls var også med på en av intervjudagene i felt. Kongsvinger kommune ved Merete Glorvigen var også med på rekrutteringen av en av gårdbrukerne på Østlandet. Uten denne hjelpen hadde vi ikke sikret en tilgang på aktuelle gårdbrukere til intervjuene.

Til slutt vil vi som forfattere takke hver og en av de 12 gårdbrukerne som stilte opp for intervju i prosjektet. Vi nevner ingen ved navn her, siden prosjektet er avsluttet og navnene er anonymisert i henhold til personvernloven. Men alle 12 gav oss svært verdifulle data som grunnlag for arbeidet i rapporten.

Innhold

Forord	2
Innhold	3
Figurer	3
Sammendrag	4
Summary	5
Begreper	6
Bakgrunn	7
Materiale og metoder	10
Fokus og avgrensninger.....	10
Metode for og gjennomføring av litteraturstudien	10
Metode for og gjennomføring av intervjuundersøkelsen	11
Del 1: Resultater av litteraturundersøkelsen	12
Historisk utvikling	12
Endrede jordarbeidsteknikker.....	13
Sammenheng mellom jordarbeiding og naturlige klimagassutslipp.....	15
Maskinutprøving og lagelighet.....	16
Valg av plantekultur og jordarbeiding.....	17
Virkningsgrad.....	17
Del 2: Resultater av intervjuundersøkelsen	21
Erfaringer med redusert jordarbeiding	21
Vær, tidsvindu og kapasitet for jordarbeiding	22
Jordarbeiding er økonomisk pragmatikk.....	23
Overordnet diskusjon	25
Konklusjon og anbefalinger	26
Referanser	28
Vedlegg 1: Bøndernes kunnskapsønsker	30
Vedlegg 2: Bøndernes forslag til endringer i jordarbeidingen.....	31
Vedlegg 3: Bøndernes trinnvise jordarbeidingsoperasjoner	32
Vedlegg 4: Intervjuguide	37

Figurer

Figur 1. Illustrasjonen viser hvordan utslippskravene gradvis har blitt innskjerpet.	8
Figur 2. Fordeling av Norges jordbruksareal på korn, eng og andre vekster	10

Sammendrag

Denne rapporten er resultatet av et forprosjekt gjennomført som et samarbeid mellom Ruralis – Institutt for rural- og regionalforskning og Høgskolen i Innlandet. Tilnærmingen er todelt; der del 1 er en innledende litteraturstudie som gir oversikt over relevant norsk og internasjonal forskning omkring redusert jordarbeiding og forbedrede jordarbeidingsteknikker, med hensyn på reduserte klimagassutslipp og miljøbelastninger. Del 2 er hoveddelen av rapporten, og er en pilotstudie som omhandler bønders interesse for og erfaring med redusert jordarbeiding i sin daglige drift, og er basert på intervjuer med i alt 12 gårdbrukere på Østlandet og i Trøndelag.

Med redusert jordarbeiding menes endringer i antall operasjoner og tilpasning til nye redskapstyper, slik at det benyttes færre operasjoner enn tidligere for å bearbeide og bruke jorda. I mange tilfeller betyr redusert jordarbeiding bortfall av veltefjølsplog, men ikke alltid. Vi belyser bøndenes teknikker for jordarbeiding, som harving og andre arbeidsoperasjoner på jordbruksarealene. Valgene av teknikker og operasjoner tas for eksempel hos enkelte bønder som følge av tilpasninger til værforhold, økonomisering av drift, eller forsøk på å redusere klimagassutslipp, i noen tilfeller alt sammen. Andre bønder kjenner til mulighetene for, eller har forsøkt å endre teknikker og operasjoner, men har likevel valgt å fortsette som tidligere. Alle bøndenes valg bunner ifølge dem selv i deres ideer om best mulig bruk av jorda.

Rapporten inneholder funn som det vil bygges videre på i utformingen av hovedprosjekt innen fremtidige valg av jordarbeidingsstrategier i Norge, tilpasset et endret klima, krav til lavere energibruk ved jordarbeiding og bedret virkningsgrad i arbeidsoperasjonene tilknyttet jordarbeiding og planteetablering.

Summary

This report is the result of a preliminary project conducted in a collaboration between Ruralis – Institute for Rural and Regional Research and HINN – Inland Norway University of Applied Sciences. Our approach consists of two parts; Part 1 is a literature review of relevant Norwegian and international research on reduced soil tilling and improved techniques of soil cultivation, including effects on climate gas emissions and environmental hazards. Part 2 is the main part of the report and, is a pilot study about farmers' interest in and experiences with reduced soil tillage in their daily farming operations. This qualitative study is based on interviews with 12 farmers in two areas, the *Østlandet* area in the eastern part of Norway and *Trøndelag* county in the middle part of Norway.

What is meant by reduced soil tillage is changes in number of operations and adjustments to new equipment, resulting in reduction in number of operations compared to former practices to cultivate the soil. In many instances reduced soil tillage is involves exclusion of the tillage plough, but this is not always so. We investigate the farmers' techniques for soil tillage, such as harrowing and other operations in the fields. Their choice of techniques and operations are based on, amongst other things, the weather conditions, economization of the farming, or attempts in reducing climate gas emissions, in some instances all of them at once. Other farmers know about the opportunities for, or have tried to change, techniques and operations, but have chosen to continue previous procedures. All the farmers' choices are, according to themselves, based on their own ideas regarding how to best cultivate the soil.

The report contains results which we will build on in our preparations for a main project researching future choices of soil tillage strategies in Norway, that is, strategies adapted to a changing climate, resulting in reduced energy consumption and improved efficiency in the operations on soil and plant cultivation.

Begreper

Jordarbeiding

Med jordarbeiding menes typiske enkeltelement i våronna som pløying, steinplukking, harving, slodding, og såing, enten det skjer på vår eller høst. Innhøsting, enten det er slått eller skuronn/tresking, omfattes ikke i vårt jordarbeidingsbegrep.

Redusert jordarbeiding

Vi bruker begrepet “reduert jordarbeiding” flere steder i rapporten. Redusert kan bety “mindre av det samme”, men oftest er det snakk om å erstatte noe ressurskrevende med noe annet og mindre ressurskrevende eller mer effektivt. Eksempelvis er det ofte snakk om å slutte med pløying og heller så fangvekster om høsten og innføre direktesåing. Begrepet vil som oftest bety færre antall overkjøringer og mindre tidsbruk til overkjøring av arealene, og bruk av ulike redskaper som takler mere innslag av planterester i det øverste jordlaget.

Primær og sekundær jordarbeiding

Vi kan dele jordarbeidingen inn i primær jordarbeiding som henviser til operasjoner og redskaper som løsner, blander, mikser og i ulik grad vender det bearbejdede jordsjiktet, mens sekundær jordarbeiding har til hensikt å legge til rette for og lage et ferdig såbed.

Direktesåing

Direktesåing er en metode der en og samme maskin forbereder et såbed og plasserer frøet direkte i jorda uten foregående jordarbeiding.

Energi og effekt

Vi bruker begrepene effekt og energi i samme avsnitt flere steder. Vi minner om sammenhengen mellom effekt (P), energi/arbeid (W) og tid (t)

$$P \cdot t = W$$

Eksempelvis vil dieselforbruket på en stor maskin med høy belastning i form av plog være høyere enn en liten maskin med harv. Den store maskina må bruke mindre tid på arbeidet for å komme ut med samme utslipp av CO₂. Timelønna vil allikevel trekke i retning av store maskiner. Roboter vil kunne tillate seg å bruke lenger tid og kanskje overkompensere med lav effekt.

Bakgrunn

Endringene i klimaet forårsaket av menneskelige utslipp av klimagasser er en av vår tids største utfordringer. Problemstillingen er kompleks, og landbruket må også være en del av løsningen i utbredelsen av sirkulære og 'grønnere' løsninger. Bærekraftige løsninger må ivareta matforsyning for dagens befolkning, uten at det går på bekostning av den muligheten morgendagens mennesker må ha for det samme. Bærekraftbegrepet omhandler normalt både miljø- og klimamessige, økonomiske og sosiale forhold. I diskusjoner om bærekraft, henvises det ofte til FNs bærekraftsmål.¹

Det norske landbruket har samlet sine satsingsområder innen klima i en felles handlingsplan; «Landbrukets klimaplan 2021-2030» (Norges Bondelag, 2020). «Fossilfri maskinpark» er et av satsingsområdene for å redusere klimagassutslipp i jordbruket. Tiltaket sikter seg om å redusere utslipp fra landbruksmaskiner, hvorav traktorer brukt i jordarbeiding utgjør en stor andel. Det er imidlertid mye å ta tak i her, alt fra valg av arbeidsoperasjoner, drivstoff og redskap, til bruk og vedlikehold av disse.

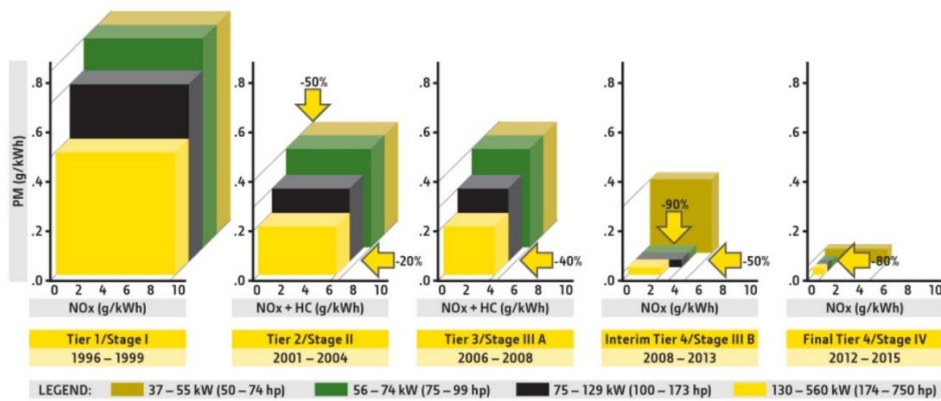
I et lengre tidsperspektiv finnes det flere løsninger der noen er klar for bruk, andre er 'rett rundt hjørnet', mens andre igjen ligger langt inn i framtida (eller er ikke funnet opp ennå).

Tidligere forskning utført i samarbeid mellom Ruralis og Høgskolen i Innlandet, viser at traktorer allerede i dag kan ta i bruk 100% biodrivstoff med svært få eller ingen ulemper eller tilpasninger (Eidem, Endrerud & Jystad, 2019). Markedet for biodrivstoff egnet til bruk i traktormotorer er imidlertid preget av høy etterspørsel og begrenset tilbud. Det testes for tiden en rekke ulike kilder til biodrivstoff, de fleste er enten plantebaserte eller bygger på bruk av 'brukte' oljeråstoffer (Sahoo et al., 2009; Prabu et al., 2017). En stor andel av biodrivstoffet ispes fossilt drivstoff, for å dekke kravet til innblanding i veitrafikkens drivstofforbruk på 24,5% (Miljødirektoratet, 2021).

Selv om det finnes regelverk som regulerer klima/ miljøbelastning i jordbruket, så har disse fokus på utslipp gjennom avrenning av plantenæringsstoffer etc (for eksempel regelverk om anvendelse av husdyrgjødsel), og ikke i seg selv på anvendelsen av traktor og redskap knyttet opp mot klimagassutslipp. Du kan med andre ord kjøre med feil redskap og full gass uten at noen kan ta deg på det. Det har likevel skjedd en stor utvikling de siste 10-20 år med hensyn til eksosrensing og bruk av tilsetningsstoffer mm. Mye av dette er for europeiske forhold stadig mer regulert av EU gjennom direktivet for «*non-road mobile machinery*» (EU 97/68/EC ⁽¹⁹⁹⁷⁾), som i praksis strammer inn utslippskravene over tid – og samtidig tar over for nasjonale reguleringer. Ulike tiltakspakker som gjelder fra bestemte startår betegnes med Stage/ Tier 4, 5 og så videre (se Figur 1).

¹ www.sdgs.un.org/goals.

EPA and EU nonroad emissions regulations: 37 – 560 kW (50 – 750 hp)



Figur 1. Illustrasjonen viser hvordan utslippskravene gradvis har blitt innskjerpet siden EUs direktiv for “non-road mobile machinery” først ble introdusert i 1997. Illustrasjon fra Sander Poulsen (2017).

I dagens moderne dieselmotorer benyttes det for eksempel rutinemessig tilsetning av urea (*Selective Catalytic Reduction (SCR)/ Ad Blue*). Denne bidrar imidlertid til å omdanne nitrogenoksider i eksosen til nitrogen og vann, og har liten eller ingen effekt på utslipp av CO₂.

Andre grep som brukes i dieselmotorer, er eksosgassresirkulering (EGR). Dette er en teknologi som via en EGR-ventil styrer en del av eksosen tilbake til motorens luftinntak og forbrenningsrom. Dette reduserer forbrenningstemperaturen i motoren og fører til lavere nitrogenoksidutslipp.

Partikkelfiltre brukes for å redusere utslipp av partikler (sot), men også dette tiltaket har liten betydning for utslipp av klimagassen CO₂.

Turbo og ladeluftkjøling muliggjør en mer effektiv forbrenning gjennom en mer effektiv sylindrefylling. Sammen med en presis tilførsel av diesel gjennom et *common rail* system (en teknologi for direkte og elektronisk styrt innsprøyting av diesel i samtlige sylindre samtidig), samt rene dyser med god forstøving av drivstoffet, reint luftfilter, riktig vedlikehold med skift av olje og lignende, påvirker dette motorens effektivitet og derigjennom dieselforbruket. En god del av merforbruket vil imidlertid ende som partikler (sot) og omdannes ikke til CO₂ på grunn av dårlig fungerende forbrenning.

Elektrifisering av traktorer har et stort potensial på sikt, men det er svært få elektriske traktorer på markedet ennå, og det vil fortsatt gå noen år før slike traktorer er i vanlig bruk. Flertallet av dagens elektriske traktorer er også relativt små, men stadig større traktorer introduseres nå. Sist ut er New Holland med en traktor på 120 hestekrefter (Opheim, 2022). En utfordring med elektriske traktorer er at jordarbeiding er effektkrevende, og at regenerering gjennom bremsing i praksis ikke er mulig på en traktor i arbeid på et jorde. Tunge batterier og lang ladetid i ei travel onn gir også helt klare begrensninger i praktisk bruk. Batteriteknologien er imidlertid i rask utvikling, og energitettheten i batteripakkene øker stadig.

Konvertering til elektrisk drift krever gjerne også en annen grunnkonstruksjon enn fossildrevne traktorer, og vil i mange tilfeller kreve tilpasninger på redskaper som benyttes til ulikt arbeid (Renius, 2020). Dette fordi det vanligvis vil være mer gunstig med elektrisk drift direkte på arbeidsredskapet, enn å gå veien fra en sentral motor der effekt fordeles via en kraftoverføringsaksel.

Det forventes også at biogass kan bli et viktig drivstoff i landbruket, men da spesielt på gårder med egen husdyrproduksjon. Her finnes det traktorer på markedet i dag, men til en vesentlig merpris

(Giæver, 2022). Det er heller ikke helt rett fram med å benytte egenprodusert biogass. For det første må gassen renses; vann, svovelholdige komponenter med mer må fjernes slik at biogassen kan brukes i en motor uten å skade denne. Deretter må gassen komprimeres for å få med en tilstrekkelig mengde energi for en del timers feltarbeid. Litt forenklet tilsvarer energiinnholdet i 1 m³ biogass 1 liter diesel. Biogassanlegg er lite utbredt i Norge per i dag. Det finnes kun 10-12 gårdsbaserte biogassanlegg i drift. Høye energipriser gjennom den seinere tida, sammen med nye tilskuddsordninger, vil antakeligvis gjøre biogass mer attraktivt også i den aller nærmeste framtida.

Levetiden for traktorer er lang, typisk flere tiår. De fleste traktorene som er i bruk i 2030 vil derfor fortsatt være eldre modeller som benytter flytende drivstoff. Landbrukets klimaplan anslår derfor i praksis et beskjedent bidrag til reduserte klimagassutslipp fra for eksempel elektrifisering av jordbruksmaskiner (Norges Bondelag 2020: 21) til dette tidspunktet. Effekten av en overgang til nullutslippstraktorer vil først komme på lengre sikt.

Det er derfor ikke gitt at en bare kan bytte drivstoff, så er problemet med klimagassutslipp fra landbrukets maskinpark løst. På denne bakgrunn må det tenkes på andre muligheter for redusert klimagassutslipp fra traktorkjøring i jordbruket.

Landbrukets klimaplan påpeker at «Det er også et reduksjonspotensial knyttet til adferdsendring. Økt bruk av GPS kan også redusere drivstofforbruket i jordbruket. Potensialet for utslippsreduksjon som følge av redusert kjøring er ikke tallfestet og kommer i tillegg til målfestet utslippsreduksjon i Landbrukets klimaplan» (Norges Bondelag 2020: 21).

Det er også et poeng i seg sjøl at kunnskapen om energiforbruk og utslipp er mangelfull på den enkelte gården. Mange har oversikt over for eksempel samlet dieselforbruk i løpet av et år gjennom kjøpsdokumentasjon, men forbruk eller utslipp knyttet til det enkelte jorde, til kilogram vare eller den enkelte arbeidsoperasjonen er ukjent. Presisjonsløsninger, som for eksempel *Dataväxt* sitt dataprogram *CropPlan* og *posisjons- og dieselforbruksmåleren LogMaster* kan gi denne typen informasjon, men er ikke særlig utbredt ennå. Felleskjøpet Agri opplyser at det er solgt kun 150 slike *posisjons- og dieselforbruksmålere i Norge (J.O. Botnevik, Felleskjøpet Agri, personlig kommunikasjon, 10. februar 2023)*.

På 90-tallet ble det vist at energibehov og tidsbruk ved jordarbeiding kunne reduseres mye (Morken & Endrerud, 1996; Mangerud, 1996; Skjelhaugen, 1999) og flere kurs i regi av Norsk landbruksrådgiving (NLR) stimulerer til effektivisert traktorkjøring og annen maskinbruk, med økt utnyttelse av maskinenes arbeidskapasitet (Langeland, 2022; Agjeld & Dyrdal, 2019).

Innenfor «utslippsreduksjon som følge av redusert kjøring» er jordarbeidingsteknikker et aktuelt aspekt. Herunder er pløying den mest energikrevende arbeidsoperasjonen ved traktorkjøring i jordbruket, og dermed blir redusert jordarbeiding svært relevant med hensyn til utslippsreduksjon.

Videre er det kjent at bonden kan velge mellom ulike former for jordarbeiding med ulikt energiforbruk. Miljøfokuset forskning på redusert jordarbeiding og direktesåing ble utført allerede i siste fjerdedel av det tjuende århundre. Den gangen var siktemålet ofte å unngå jorderosjon og fosforutslipp til ferskvann (se for eksempel Johnsen, 1993), men deler av arbeidet er også relevant med tanke på reduserte klimagassutslipp. Dette gjelder blant annet analyser av endrede jordarbeidingsteknikkers konsekvenser for jord, avlinger, behov for plantevernmidler, bruk av arbeidskraft og økonomi. Dette

har vært gjenstand for et stort antall feltforsøk i lokale forsøksringer i flere tiår, som en del av et pågående sortsutviklingsarbeid og i mange av Nibio sine feltforsøk i ulike deler av landet.

Problemstillingen i dette prosjektet er hvorvidt jordbrukets klimautslipp kan reduseres vesentlig gjennom endringer i jordarbeidinga. For at det skal være mulig, må to betingelser være oppfylt:

- For det første må det finnes tekniske løsninger der jordarbeidinga foregår på en mer klimavennlig måte uten at det går på bekostning av avling og økonomi. Dette er undersøkt gjennom en litteraturstudie.
- For det andre må bøndene være villige til å ta i bruk slike tekniske løsninger. Hvorvidt dette er tilfelle, er undersøkt gjennom kvalitative intervjuer med gårdbrukere som har forsøkt ulike jordarbeidingsteknikker.

Materiale og metoder

Problemstillingen som er skissert ovenfor, er belyst gjennom en litteraturstudie og en intervjuundersøkelse. Dette er to svært forskjellige metoder som legger forskjellig type forskningsmateriale til grunn. I og med at de to delene belyser samme problemstilling, har de imidlertid en felles avgrensning.

Fokus og avgrensninger

Siktemålet er å redusere norske klimautslipp. Vi har derfor bare intervjuet norske bønder. Litteraturundersøkelsen rapporterer også hovedsakelig undersøkelser gjort under norske forhold, men vi har også referert til utenlandsk litteratur som kan ha overføringsverdi til norske forhold eller som kan bidra til bedre grunnleggende forståelse av problemkomplekset vi håndterer, uavhengig av geografi.

Studien begrenser seg til arealer med korn og eng. Grunnen til dette er at disse to produksjonene er helt dominerende i fordelingen av Norges jordbruksareal. Figur 2 viser areal av korn, eng og andre vekster i dekar (daa) og prosent av fulldyrka areal og totalt jordbruksareal i Norge i 2020, basert på Statistisk sentralbyrå (2023). Korn og eng utgjorde her 94,3% av alt fulldyrka areal og 95,3% av alt jordbruksareal.

Vekstslag	Fulldyrka areal		Alt jordbruksareal	
	Areal (daa)	Prosent	Areal (daa)	Prosent
Korn	2 828 753	35,1	2 828 753	28,7
Eng	4 775 448	59,2	6 556 695	66,6
Annet areal	457 956	5,7	459 744	4,7
Sum	8 062 157	100,0	9 845 192	100,0

Figur 2. Fordeling av Norges jordbruksareal på korn, eng og andre vekster, basert på tall fra 2020 (Statistisk sentralbyrå, 2023).

Videre har vi valgt å fokusere på Østlandet og Trøndelag, da dette er de landsdelene som har betydelige arealer av både korn og gras.

Metode for og gjennomføring av litteraturstudien

Litteraturdelen er utført som et ordinært litteratursøk i kjente kilder innen jordarbeidingslitteratur, samt kilder som beskriver energibruk, maskinutnyttelse og virkningsgrader i ulike mekaniseringssystemer.

Metode for og gjennomføring av intervjuundersøkelsen

Det er en lang tradisjon i Norge for ulike feltforsøk der faktorer som sortsutprøving og gjødslingsstrategi er i fokus, men også forsøk med ulik ugrasstrategi, systemer for økologisk drift, og til en viss gras redskaps- og mekaniseringsstrategi inngår. Forsøkene har for det meste foregått i regi av lokale avdelinger i NLR, både ute hos gårdbrukere og i mere langvarige forsøk. Norsk institutt for bioøkonomi (Nibio) og Norges miljø- og biovitenskapelige universitet (NMBU) har også hatt en lang rekke forsøk både på Ås og på andre lokaliteter. Ved NMBU var det frem til ca. 1990 redskapsutprøvinger i regi av daværende Landbruksteknisk institutt (Weseth, 2007).

Vi har ikke funnet noen studie der det under norske forhold er foretatt kvalitative intervjuer med gårdbrukere om valg og strategier knyttet til jordarbeidingsystemer på gårdsnivå med hensyn til klimabelastning, og valgte derfor å gjennomføre en slik pilotstudie på utvalgte gårder.

Intervjuguide og prosjektbeskrivelse ble sendt over til Sikt (Kunnskapssektorens tjenesteleverandør), som godkjente vårt undersøkelsesopplegg, intervjuguide og opplegg for innsamling av data fra gårdbrukerne.

Det ble valgt ut et mindre antall aktive gårdbrukere i to fysisk adskilte regioner i Norge: Trøndelag og Østlandet, herunder Viken og Innlandet. Respondentene er nærmere beskrevet i vedlegg 3.

Vi har gjennomført kvalitative intervjuer av et utvalg på tolv bønder med ulik driftserfaring. Vi har siktet på å ha et utvalg bønder med variert erfaringsbakgrunn, forskjellige redskapsvalg og jordarbeidingssteknikker, og et spenn i sine erfaringer om jordarbeiding. En viktig bemerkning er at det ikke var noe variasjon i kjønn blant bøndene vi intervjuet; alle var menn.

Utvalget består av seks bønder fra Trøndelag og seks bønder fra Østlandet. Alle seks informanter i Trøndelag ble rekruttert via NLR Trøndelag. Blant informantene fra Østlandet, er fire rekruttert via andre prosjekter utført av Ruralis og Høgskolen i Innlandet (HINN); en er rekruttert via annen fagperson; og en er rekruttert fra Hans Christian Endreruds nettverk i undervisningssektoren.

Blant alle tolv bøndene, drev seks med korn og to med gras, mens fire drev med både gras og korn. Gjennomsnittsalderen deres var 51 år, med en variasjon fra 30 til 60 år. Blant de seks bøndene fra Trøndelag, drev fire med korn, mens to drev med både gras og korn. Gjennomsnittsalderen deres var 45 år. Blant de seks bøndene fra Østlandet, drev to med korn, to drev med gras og to med både gras og korn. Gjennomsnittsalderen deres var 57,5 år.

Del 1: Resultater av litteraturundersøkelsen

Dannelsen av jordbruksjord er en svært kompleks prosess, der samspillet mellom det geologiske opphavet, plantene som vokser, mikroorganismer i jorda og ulike nedbrytningsprosesser spiller sammen over lang tid for å bygge opp jordas humusinnhold. Disse mekanismene spiller sammen under påvirkning av ulike abiotiske faktorer som vannregime, temperatur og andre ytre påvirkninger (Foot, 1984).

Klimautslipp fra planteproduksjon kommer til dels fra jorda/ biologiske forhold og til dels som utslipp fra maskiner som benyttes i produksjonen. Denne rapporten fokuserer på forbruket av fossil energi i forbindelse med jordarbeiding. Da blir det snakk om vekt på redskap, hvor dypt redskapen skal arbeide, og hvor presist en kan dekke et areal uten sløsing i form av overlapp. Videre blir det viktig hvor mange ganger en skal utpå jordet med redskap; jo mer av jordarbeidinga som kan tas i en og samme overkjøring, jo bedre er det normalt med tanke på utslipp.

Optimale driftsplaner vil variere med jordtype, klima på stedet og avling som skal dyrkes. Så lenge vi regner på klimagassutslipp *per arealenhet*, slipper vi imidlertid å bekymre oss for jordkvalitet og varierende avkastning/ avling. Dersom en velger å regne på utslipp *per produsert enhet* av avling, må en også ta hensyn til hvordan jordkvalitet, jordpakking og lignende påvirker forventet avling. I så fall blir drøfting av avlingsgap viktig. Vi kan også velge å inkludere ulik jordarbeiding og innvirkning på behovet for å gjødsle med kunstgjødsel, i så fall bør gjødsselfabrikkenes utslipp og transport også medregnes. Et klimaregnskap vil alltid være avhengig av å definere en systemgrense.

Hovedmengden av norsk åkerproduksjon går til fôr. Dermed kan også produksjonsdyras utslipp problematiseres og tas med i beregninga. Da vil også bruk av husdyrgjødsel bli et element. Biokull² og regenerativt jordbruk³ er begreper som også har berøringspunkter med det nevnte, men alt dette ligger utenfor dette forprosjektet hvor vi har valgt å konsentrere oss om klimagassutslipp fra bearbeiding av jordbruksarealer i drift.

Historisk utvikling

Premissene for det moderne jordbruket har historiske røtter flere tusen år bakover i ulike kulturer. Tvedt (2020: 28) påpeker at et produktivt jordbruk er en nødvendig forutsetning for den arbeidsdeling som gjør sivilisasjoner mulig: «Det var i Sumer de diktet den første kjærlighetssangen, formulerte det første lovsystemet og innkrevde de første skattene. Noen av menneskehetens viktigste institusjoner så dagens lys her. De utviklet hjulet, oppfant et skriftspråk, anla store byer og etablerte statsmakt, presteskap og en grad av arbeidsdeling som var ukjent i tidligere samfunn. Og alt hvilte på et usedvanlig produktivt jordbruk.»

Jordarbeiding og såing er grunnleggende operasjoner i ethvert jordbruk der det dyrkes vekster i et organisert regime. Dette er gjerne basert på monokulturer i et rotasjonsbasert dyrkingssystem på det enkelte gårdsbruket, der bruk av innsatsfaktorer styrer avlingsmengde og avlingskvalitet.

² Det kan imidlertid nevnes at ifølge undersøkelsen vår, kjente elleve av tolv bønder til biokull, men ingen brukte det i sin egen drift. En av bøndene bemerket at han ønsket seg pyrolyseovn for å lage biokull selv, men at kostnaden foreløpig var for høy for ham.

³ Det kan også nevnes at blant de tolv bøndene i undersøkelsen vår, tilførte syv bønder halm tilbake i jorda etter tresking av korn. Tre andre bønder høstet halmen til eget eller andre bønders bruk som strø og fôr i husdyrhold. To andre bønder hadde ikke kornproduksjon.

I den vestlige verden er jordbruket i dag industrialisert og spesialisert, og kjennetegnes av spesialiserte produksjoner med innsatsfaktorer som gjødsel, plantevern og maskiner tilpasset optimal drift med lite bruk av arbeidskraft. Et moderne jordbruk er også kunnskapsintensivt, og er basert på forskning og kunnskap om de aktuelle innsatsfaktorene sett i sammenheng med regionale og nasjonale anbefalinger, føringer og lovverk.

Den industrielle revolusjon (eller «det store hamskiftet») på midten av 1800-tallet førte til en omlegging fra jordarbeiding utført med 'hjemmelagde' redskaper, til bruk av industrielt produserte hesteredskaper. Dette førte til markedsdannelser der det var en fordel for utstyrsleverandørene å ha 'effektive' redskaper.

Etter andre verdenskrig skjedde det en massiv omlegging til et jordbruk basert på traktor med forbrenningsmotor i stedet for bruk av trekkdyr. Denne omleggingen utgjør en forskjell på mange millioner tonn diesel per år globalt (Dikshit & Singh, 2010).

På samme tid fikk landbruket tilgang til kjemiske plantevernmidler og kunstgjødsel. Dette gjorde at planteproduksjon i praksis kunne skje atskilt fra husdyrproduksjoner.

Utviklingen av jordarbeidingsredskaper har skjedd kontinuerlig gjennom hele denne perioden, og spesielt tett koplet på utviklingen av jordbrukstraktoren. Innovasjoner som forbrenningsmotor, gummihjul og trepunktsløft med vektoverføring gjorde det mulig å gå fra hestedrift med begrenset trekraft i en ekvipasje, til traktorer med helt andre muligheter for å trekke ulike redskaper og redskapskombinasjoner. På denne måten har effektiviteten økt mye gjennom de cirka 100 siste årene. Traktor og maskinstørrelse har hele tiden økt, og det har hele tiden skjedd mindre innovasjoner på både traktorer og redskaper, spesielt fra slutten på andre verdenskrig og frem mot våre dager. Utvikling på førermiljø, motor- og transmisjonssystemer, hydraulikksystemer, automasjon og posisjonering har gitt stadig større, mer effektive og tilpassede redskapssystemer (Renius, 2020).

Det finnes i dag en rekke produsenter av traktorer og redskaper på verdensmarkedet, og mange av disse selges og markedsføres i Europa. Kravet til effektivitet og innsparinger på arbeidskraft, har gjort at de mer arbeidsekstensive systemene er valgt, både innen planteetablering, stell og pleie i vekstsesong, høsteteknikk og *postharvest*-teknologi. Videre finnes det gjerne ulike klasser eller serier av maskiner og maskinsystemer, tilpasset driftsstørrelse og bearbeidet areal. Mindre maskintyper og mer manuelt opererte systemer finner gjerne andre markeder enn de europeiske, gjerne ut fra andre krav til investeringsstørrelse og arbeidsinnsats.

Endrede jordarbeidsteknikker

Traktorer og maskiner for jordarbeiding og såing har vært under kontinuerlig utvikling siden traktorene ble introdusert. Fra bruken av hesteredskap skjedde det en gradvis overgang der mindre traktorer ble brukt til rene trekkoppdrag, mens utvalget av redskaper økte da traktorene etter hvert fikk trepunktsløft. Fra et utvalg spesialiserte jordarbeidingsredskaper i tidligere tider, har redskapene blir større, mer spesialiserte og tilpasset stadig større og mer kraftige traktorer. Økt jordpakking ved bruk av stadig tyngre redskaper, har derfor blitt et problem (Håkansson, 2005),

Traktorer

Den første traktoren i Norge kom til Dønna hovedgård i 1908. Den gikk på damp, og var vel ikke spesielt effektiv eller funksjonell. Mellomkrigstidas traktorer ble ofte brukt som stasjonærmotorer eller som

rein trekkraft. Etter andre verdenskrig var forbrenningsmotoren enerådende, med motorer basert på parafin-, bensin- eller dieseldrift.

Først på 1950-tallet ble traktorene vanlige på både store og små gårder, og kunne settes inn i allsidig drift med både trepunktsløft og kraftuttak. Ut over 1950 og -60 tallet utviklet traktorbruken seg, ved gradvis større motorer og større totalvekt og den effektive dieselmotoren ble i praksis enerådende. Traktorene kunne nå løfte, trekke og benytte seg av større og mer effektive redskaper. På 1970-tallet ble traktorer med firehjulsdrift vanlige, og gjorde at redskapsstørrelsen kunne øke enda mer.

Siden 1980-tallet har redskapsstørrelsen økt jevnt med traktorstørrelse, motoreffekt, mer effektive transmisjonssystemer, bedre og mer effektivt hydraulikkutstyr, større hjulustrustning og innføring av elektronikk på traktorene, for å nevne noen utviklingsområder. Arbeidsmiljøet for føreren er drastisk endret fra åpne og trekkfulle førerplasser på 1950-tallet frem til dagens traktorhytter med full avfjæring, moderne ventilasjon og førermiljø på linje med andre typer kjøretøyer.

Parallelt med større og mer effektive traktorløsninger, har redskapene som koples til traktorene også blitt større og tilpasset traktorene. Det har vært en kontinuerlig utvikling med små innovasjoner og produktutviklinger gjennom perioden, der det er vanskelig å trekke frem milepæler som fremhever seg. Likevel kan vi nevne motorstyring med *Common rail*-innsprøyting på traktormotorene, lastkjennende hydraulikk og variable oljeleveranser, lavtrykks radialdekk, avfjæring på førerhusene og *ISOBUS*-kommunikasjon mellom traktor, motor og eventuelt redskap.

Jordarbeidingsredskaper

Utviklingen på redskaper for jordarbeiding og såing har vært stor siden traktorene tok plass i det norske jordbruket. De første traktorene tok i bruk hestens redskaper, og ble raskt modifisert fra hestedrift over til trekkopling bak på traktoren. Både plog, slodd, harver, såmaskiner og tromler ble konvertert på denne måten. Traktorene var fortsatt bakhjulsdrevne de første tiårene, og ulike løsninger med stålhjul, belter og utbygging av gummihjul ble prøvd for å sikre trekkraften under ulike forhold. Med innføring av trepunktsløftet kunne traktoren i større grad håndtere ulike redskaper og øke produktiviteten. Her kan nevnes Fergusonsystemet, som overførte vekt fra redskap over på traktorens bakaksel for å øke trekkraften. Dette var noe som man faktisk kan kalle en liten revolusjon innen jordarbeidingen i Norge.

Etter hvert kunne sleperedskaper egentlig tilpasset hesten gjøres løftbare på trepunktsløftet, og man kan si at redskapene ble skreddersydd til traktorene. Med stadig økende mengde teknologi på traktorene, har redskapene utviklet seg tilsvarende. Dette har muliggjort større arbeidsbredde, flere funksjoner og arbeidsorganer innen arbeidsbredden, flere innstillingsmuligheter, og benyttelse av hydraulikk, elektronikk og styringssystemer for å tilpasse arbeidsoppgavene som utføres kontinuerlig også under drift.

En viktig milepæl innen norsk redskapsutvikling var Kverneland sin vendepløgg tidlig på 70-tallet, som nesten over natten gjorde teigplogene gammeldagse (Weseth, 2007). Med vendepløgg var det mulig å pløye feltet fra en side til den motsatte, uten å måtte legge opp teiger med tilhørende tomkjøring på vendeteigen. Innføring av vendepløgen ble gjort mulig av traktorer med tilstrekkelig løftekraft for å løfte og vende pløgen på vendeteigen.

Omtrent samtidig med vendeplogen ble de konvensjonelle såmaskinene erstattet av kombisåmaskiner, som kunne plassere ut både gjødsel og frø samtidig. Dette erstattet separate kjøringar med gjødselspredning og såmaskin.

En annen milepæl som betegner fleroperasjonsredskaper var utviklingen av sloddarva på 1980-tallet, der deler av både slodd og harv var satt sammen til ett og samme redskap.

Redusert jordarbeiding

Frem til starten på 1990-tallet var konvensjonelle redskaper basert på pløying de dominerende. Ulike hendelser med erosjon vinterstid på høstpløydde åkere, gjorde at man i nedbørfeltet til enkelte vassdrag satte fokus på jordarbeidingsstrategiene. Her kan nevnes Haldenvassdraget, der mange erosjonshendelser satte vassdraget i fare. Løsningen ble å se på ulike alternativer for redusert jordarbeiding, der plogen ble parkert enten midlertidig eller permanent. Fra rundt 1990 ble tilbudet av såmaskiner større, ikke minst på tyngre, fleroperasjonssåmaskiner som kunne brukes under alt fra konvensjonelle forhold, via redusert jordarbeiding til direktesåing under lettere forhold. Økningen av redskaper for redusert jordarbeiding og direktesåing var i mange tilfeller stimulert av offentlige støtteordninger for utelatt høstpløying i områder med middels til høy erosjonsfare.

Dagens jordarbeidingsystemer

Det tilbys i dag en lang rekke modeller av både konvensjonelle redskaper og fleroperasjonsredskaper tilpasset ulike traktorstørrelser. For mange av redskapene er det mulig å skreddersy både for- og etterredskaper til lokale forhold, traktoren som skal benyttes og gårdbrukerens preferanser. Denne modulmuligheten gjør at et bestemt redskap kan tilpasses ulike forhold og betingelser ut fra lokal kunnskap og erfaring innen jordbruket. Trenden med fleroperasjonsredskaper er at det behøves færre overkjøringar i dag enn tidligere, samtidig som traktorene som benyttes gjerne er større, kraftigere og langt dyrere enn tidligere. Dette gjør jordpakking til en stadig større utfordring.

Det har begynt en forsiktig robotisering i jordbruket, og det antas at dette er teknologier som vil utgjøre det neste store skiftet i jordbruket. Innen robotisering er det forventet at utviklingen vil følge flere ulike spor, alt fra 'bare' å automatisere dagens traktorer, til å tenke 'svermer' med mindre autonome kjøretøyer. Robotisering kan skje uten spesielle hensyn til valg av drivstoff, men egner seg godt for elektrifisering. Hovedtrenden per i dag, er et fokus på relativt lette og mindre effektkravende arbeidsoperasjonar, men vi begynner også å se at tyngre arbeidsoppgaver robotiseres.

Sammenheng mellom jordarbeiding og naturlige klimagassutslipp

De viktigste klimagassene er karbondioksid (CO₂) og metan (CH₄). Da ser vi bort fra vanndamp (H₂O) som felles ut i form av regn⁴ - og lystgass (N₂O) som har kort halveringstid, og kan reduseres kraftig ved å unngå å gjødsle med nitratholdig gjødsel når det står vann i jorda.

Karbondioksid dannes i naturen ved nedbrytning av organisk materiale i kontakt med oksygen (luft) eller ved forbrenning. Metan dannes i naturen av *metanogene* bakterier, som med karbon og karbondioksid som råstoff produserer metan under anaerobe forhold. I jordbruket er det i fordøyelsessystemet til husdyr, særlig drøvtyggere, at metanet dannes. I tillegg produseres og frigjøres metan ved grøfting og dyrking av myr. Metan er en mye sterkere klimagass enn CO₂, men til gjengjeld forsvinner den raskere med en halveringstid på rundt 10 år i luft. Ved omregning av metans klimaeffekt

⁴ Men lufta holder på mer av vanndampen med høyere temperatur.

til CO₂-ekvivalenter, multipliserer en normalt med et forholdstall på 25. Myr lagrer biologisk materiale i vann og hindrer dermed aerob nedbryting. Når myr grøftes og dyrkes tørker den opp, det settes fart i nedbrytinga og store mengder metan frigis. Moderne dyrkingsmetoder der myra snus og leirlaget under myra kommer på toppen som en forsegling gir mindre metanutslipp enn tradisjonell dyrking som start med åpen grøfting.

Jordart er en viktig variabel, der spesielt det varierende innholdet av organisk materiale i matjorda er sentralt med tanke på utslipp av klimagasser. Humusholdig jord (eller moldjord/svartjord) har mye slikt materiale som er omdannet med lufttilgang og er relativt stabil. Lite påvirkede masser av leire, silt, sandjord og morene inneholder mindre organisk materiale, men mengden avhenger av de lokale forholdene over lengre tid (Nedrebø og Nome, 1983).

Omdannelsen fra organisk materiale til humus skjer i hovedsak mikrobiologisk, men også større dyr deltar i prosessen, blant annet meitemark. Humusholdig jord brukes om en blanding av mineraljord og humus når humusinnholdet er så stort at det setter tydelig preg på jorda. Humusdannelse er en prosess over lang tid, og påvirkes av ulike faktorer, lokalitet og geologisk opphav. Status for humusinnhold vil derfor variere mye i norsk jordbruksjord. På Møystad ved Hamar er humusinnholdet undersøkt over mange tiår, og viser utviklingen over tid. Her lå humusinnholdet fra 6 til 3%, og var preget av bruken av jord og en rekke andre forhold (Riley og Øverli Kristoffersen, 2022). Pløying av slik jord gir lite 'avdamping' av metan og karbondioksid til luft, i forhold til grøfting av myr. Men direkteutslippet fra dyrka jord varierer en god del med jordtype, vanninnhold og årstid/ temperatur i tillegg til jordarbeiding og humusinnhold. Dessuten er det viktig om jorda får ligge åpen, eller om det brukes fangvekster som pløyes eller harves ned i forbindelse med våronn.

Maskinutprøving og lagelighet

Tidligere feltforsøk innen korn- og grasdyrking har for en stor del skjedd innenfor utvikling av nye sorter som del av det pågående utviklingsarbeidet innen planteforedling. Arbeid med sortutvikling innen planteforedlingen har vært sterkt medvirkende til utvikling av bedre sorter, der egenskaper som avling, kvalitet, motstandskraft mot sykdommer og skadegjørere, utnyttelse av vekstsesong og lokal egnethet har vært nøkkelparametere. Systematiske forsøk skjer som en del av sortforedlingsarbeidet, mens lokale forsøksringer og Nibio har sine liknende forsøk for å finne optimale kombinasjoner av sorter, gjødsling og plantevern gjennom sesongen for gårdbrukere i et område.

Forsøk/ utprøving for å undersøke egnethet for jordarbeidingsredskaper og såmaskiner har vært mindre vanlige, men de finnes. På daværende Norges Landbrukshøgskole skjedde det på 1990-tallet utviklingsarbeid på nye redskapstyper og -kombinasjoner for både redusert jordarbeiding og direktesåing (Weseth, 2007).

Deler av dette arbeidet var næringslivstilknyttet gjennom brukerstyrte prosjekter, og ble derfor ikke publisert på vanlig måte i vitenskapelige tidsskrift. Deler av arbeidet ble publisert, inkludert et PhD-arbeid (Endrerud,1999). Etter at Landbruksteknisk Institutt på Ås ble nedlagt i 1990, ble den systematiske redskapsutprøvingen beregnet på gårdsnivå i praksis nedlagt i Norge. En følge var at det etter dette årstallet ikke ble utført offentlig prøving av nye redskapstyper, og introduksjon og innfasing av nye og forbedrede redskaper var nå opp til importører, fabrikanter og forhandlere å gjennomføre. Lokale forsøk med jordarbeidingsredskaper er til en viss grad videreført gjennom Nibio og lokale avdelinger av NLR, men forsøkene er gjerne basert på et begrenset utvalg av redskaper og med lokal eller regional tilknytning.

Nibio Apelsvoll har stått for viktige elementer i forskningsarbeidet for jordarbeidingsystemer i Norge. Forsker Hugh Riley har ledet dette arbeidet, der det er utviklet en samlet modell for å undersøke lagelighet⁵ og tilgjengelige våronndager på Østlandet og i Trøndelag. Modellen baserer seg på empiri rundt jordarbeidingsredskaper, jorddata, meteorologiske data og modellberegninger rundt effektivitet og kapasitet på ulike jordarbeidingsredskaper. Datamaterialet viser at det i Trøndelag er mindre tilgjengelig tid til våronna enn på Østlandet uten å tape avling på grunn av lagelighetsfaktoren (Riley, 2016)

Valg av plantekultur og jordarbeiding

Valg av plantekultur gir visse føringer for hvordan jordarbeidingsregimet kan settes sammen.

Planteetablering omfatter tradisjonelt jordarbeiding og såing eller setting, og kan løses på ulike måter. Rent strukturelt kan operasjonene deles i primær jordarbeiding, sekundær jordarbeiding og såing/setting.

Primær jordarbeiding er operasjoner som klargjør arealet etter forrige kultur, og kan skje med plog, harv eller skålbaserte redskaper.

Ved primær jordarbeiding blandes de øvre jordlagene, planterester og ugras blandes inn, og jordvolumet øker ved at andelen luftfylte porer i det øvre jordsjiktet økes. Sekundær jordarbeiding er operasjoner som klargjør for såing, ved at et såbed etableres. Et såbed er en organisering av det øverste jordlaget tilrettelagt slik at frø plasseres i en sortert fordeling med jordaggregater, og på en fastere såle, slik at optimale spireforhold etableres. Dybden på såbedet og sammensetningen av størrelse og type jordaggregater må tilpasses den enkelte vekst og frøslag.

Såing og setting av frø, knoll, spire eller plantedel skjer da i et forbehandlet jordsmonn, og på en måte som er optimal for den enkelte vekst, lokale forhold og en lang rekke agronomiske faktorer som inngår i bondens beslutningsgrunnlag. Operasjoner som tromling, hypping og bedforming kan regnes som en del av så- og plantearbeidet.

Etterfølgende operasjoner i løpet av vekstsesongen defineres ikke som planteetablering, men hører ofte til innhøstingsmekaniseringen.

Dorothee Kolberg leverte i 2019 sin PhD-avhandling knyttet til jordarbeiding og såing i et våtere klima. Hensikten med arbeidet var å undersøke virkningen av tunge redskaper i fuktig og våt jord slik det vil bli mer av med et endret klima. En av konklusjonene i arbeidet var at såbedstillagingen med tunge maskiner under fuktige forhold kunne ha negativ innvirkning på vekst og avling av korn (Kolberg, 2019). Dette bekreftes også av Inge Håkansson som viste en klar sammenheng mellom maskintyngde og jordpakking ved maskinbruk (Håkansson, 2005). Spesielt under fuktige forhold, gjentatt belastning og ugunstige hjulvalg, vil plantenes vekst kunne påvirkes.

Virkningsgrad

Virkningsgrad er en sentral parameter for å oppnå reduserte utslipp, men mange og til dels sammenhengende forhold påvirker virkningsgrader innen jordarbeiding. I tillegg til valg av plantekultur, er et av de første forholdene som spiller inn, naturgitte forhold som vær, jordart, jordas tilstand med hensyn til grøfting, lagelighet og lignende. Videre vil valg vedrørende jordarbeiding spille

⁵ Hvorvidt jorda er tørr nok til å bearbeides, men fuktig nok til at det spirer.

inn. Kjøres det med tradisjonell full jordarbeiding med djup pløying, slodding, harving og så videre, eller opereres det med redusert jordarbeiding, eventuelt med mer ugrassprøyting? Deretter vil både sjåførens kjørestil, innstilling av utstyr, utnyttelse av arbeidsbredde, arbeidsdybde og ikke minst vedlikeholdet av utstyret påvirke den samlede virkningsgraden.

I en forbrenningsmotor vil virkningsgraden aldri bli 100%. Normalt går langt over halvparten av energien i drivstoffet tapt som varme. Her vil det være variasjoner fra motor til motor der både type, alder, bruk og vedlikehold vil spille inn. Noe av effekten ut fra motor, vil også gå tapt i drivverk/transmisjon, og noe brukes også for drift av tilleggssystemer som hydraulikk, elektriske systemer med mer. En trekkmaskin vil normalt også tape effekt gjennom sluring og 'knaing' av jord, samt eventuell klatring i terreng. Også kjørehastighet påvirker virkningsgraden. Til sist kan man også snakke om en jordarbeidingsmessig virkningsgrad; hvor god er rett og slett det enkelte redskapet til å vende mest mulig jord med minst mulig effektbehov? Samlet virkningsgrad varierer mye, og vil være et svært sentralt spørsmål, men er altså avhengig av kontekst.

Forbruk av diesel i norsk jordbruk og hypoteser om jordarbeiding

I studien «Årsforbruk av diesel og annet flytende drivstoff i norsk landbruk. Med skisse til utfasing av fossilt drivstoff innen ti år» (Eidem 2020)⁶ framgår det at norsk jordbruk bruker cirka 134 millioner liter diesel til gårdsdrift per år. Dette tallet er utenom diesel brukt til korntørking, drivhus og inntransport til foredlingsanlegg (slakteri, meieri, mølle og lignende). Vi vet ikke hvor mye av dette dieselvolumet som går med direkte til jordarbeiding.

Dersom vi sammenholder brutto jordbruksarealer på 9,9 millioner daa, herav 8,8 millioner daa fulldyrka, får vi henholdsvis 13,6 og 16,6 liter/daa per år forbrukt til total gårdsdrift.

I intervjuundersøkelsen som er gjennomført i dette prosjektet er det noen få utsagn som indikerer at tradisjonell våronn med flere runder med enkeltoperasjoner kan gi 5-6 liter/daa i dieselforbruk. Samtidig har vi utsagn som kan peke i retning av at våronn i en operasjon etter vinterdekke med fangvekst kan trekke ned mot 2 liter/daa.⁷ Dersom vi regner en innsparing på 3 liter/daa på det fulldyrka arealet, snakker vi om vel 26 millioner liter diesel spart. Forbrenning av en liter diesel gir 2,66 kilogram CO₂ og vi snakker følgelig om 70 tusen tonn CO₂-ekvivalenter i sparte utslipp, som en størrelsesorden.

⁶ Ifølge vår undersøkelse her, benyttet ingen av de tolv bøndene biodiesel. En bonde påpekte at han syntes ressursene biodiesel lages av, heller burde brukes som mat enn drivstoff, med mindre biodieselen kun lages på skogsavfall som ikke er nyttig som ernæring. Andre bønder bemerket at de kunne tenke seg å bruke biodiesel istedenfor konvensjonell diesel, dersom det fikk lik pris eller biodiesel ble billigere enn konvensjonell diesel.

⁷ Ifølge undersøkelsen vår var det fem av tolv bønder som brukte plog i jordarbeidingen sin. Fire av disse fem hadde ingen formeninger om eget dieselforbruk. Tre av disse fire hadde forsøkt å ikke pløye, kun harve, men gikk tilbake til pløying fordi de syntes det ga bedre jordforhold. En av disse fire påpekte at dieselforbruket kom an på redskapstypen som ble brukt på hvilken jordart. Femtemann fortalte at dieselforbruket hans ved pløying ble omtrent halvert ved å gå fra konvensjonell plog til grunnplog, og at dieselforbruket dermed ble noe redusert i jordarbeidingen totalt sett. Videre var det syv av tolv bønder som ikke brukte plog i jordarbeidingen sin. Alle syv fortalte at redusert jordarbeiding hadde gitt dem lavere dieselforbruk på traktoren, ved lettere redskaper som kjøres grunnere i jorda og gir mindre motstand, og færre overkjøringer på åkeren. En av disse syv fortalte at dieselforbruket ble halvert ved å harve istedenfor å pløye. Han bemerket at ved pløying kan det bli ytterligere dieselforbruk enn ved pløyinga i seg selv, fordi det kan føre til at det må fjernes mer stein fra jorda. En annen av disse syv fortalte at ved å kun til dels harve og ellers direkte så, var dieselforbruket omtrent en syvendedel sammenlignet med om han skulle pløye, slodde og harve.

For å sette dette i perspektiv nevner vi at beregnet utslipp til teknisk drift av gårdsbruk, det vil si i hovedsak forbrenning av diesel/olje, er på $(134 \text{ mill. liter diesel} \times 2,66 \text{ kg CO}_2/\text{liter diesel} / 1000) = 356$ tusen tonn CO₂, eller 482 tusen tonn CO₂ om vi regner med drivhus, korntørking, inntransport og primærskogbruk.

I tillegg til dette beregnes det i norsk statistikk at det fra biologiske funksjoner i jordbruket kommer et samlet utslipp på 4,5 millioner tonn CO₂-ekv. Dette fordeler seg på 59% metan fra husdyr/ lagring av husdyrgjødsel, 39% lystgass fra landbrukets bruk av nitrogen og 2% CO₂ fra kalking og bruk av urea (Nibio. (u.å.)).

Økonomi

Jordarbeiding innebærer store kostnader, dermed er det muligheter for betydelige kostnadsreduksjoner ved redusert jordarbeiding. Økonomi er antakeligvis et av de sterkeste insentivene for å fremskynde utslippsreduksjoner. Hvor store reduksjoner som er mulig, avhenger av mange faktorer, som jordart, klima, eksisterende jordarbeidingspraksis, hvilke redskaper som finnes på gården, og hvordan bonden verdsetter sin egen arbeidskraft. Det kan derfor ikke gis tall med allmenn gyldighet, men følgende resonnement antyder størrelsen av den økonomiske gevinsten ved plogfri drift.

Laveste anslag for kostnaden ved pløying får vi ved bare å regne med kostnaden til diesel. Det vil si at alle andre kostnader forbundet med traktor og plog regnes som faste (dvs. uavhengige av hvor myede brukes) og at bonden ikke regner med noen pris på sin egen arbeidskraft. Arvidsson og Magnusson (2010: 5-6) har gjennom feltforsøk kommet fram til et drivstofforbruk ved pløying på 0,7 – 1,6 liter/daa, avhengig av plogtype, pløedybde og jordart. Med en dieselpriis på 17 kr/liter, vil det gi en kostnad på 11,90 – 27,20 kr/daa.

Som høyeste anslag kan vi bruke prisen på leiekjøring. Priser på leiekjøring oppgis vanligvis per time, ikke per daa. NIBIOs Handbok for driftsplanlegging (Hovland 2021:108) oppgir imidlertid et prisintervall for pløying med vendeplog på 70 – 150 kr/daa.

Anslagene for kostnadene ved pløying kan dermed variere fra drøyt en tikroning til godt over en hundrelapp per dekar. De høyeste anslagene er mest relevante for gårdsbruk med beskjedent kornareal. For eksempel kan en bonde med 50 daa korn finne det mer lønnsomt og praktisk å betale en regning i størrelsesorden 5000 kr totalt for å leie noen til å pløye kornarealet sitt framfor å kjøpe og vedlikeholde sin egen redskap. På den annen side er det usannsynlig at en bonde som driver stort med korn vil finne det økonomisk fornuftig å sette bort pløyinga til et maskinfirma. Det er for eksempel lite trolig at en bonde med 1000 daa korn velger å ta en regning i størrelsesorden 100 000 kr for å få pløyd åkeren sin. Men selv om bonden pløyer med egen redskap, er det lite realistisk å regne bare dieselkostnaden når et så stort areal skal pløyes. Pløying av 1000 daa vil slite på både traktor og plog, og dessuten kreve at bonden bruker verdifull tid. Det er derfor utvilsomt at bonden med 1000 daa korn vil spare titusener på å sløyfe pløyinga.

Kostnadssida ved å sløyfe pløyinga kan enten manifestere seg i form av risiko for avlingsnedgang på grunn av at kornet får økt konkurranse fra ugras eller i form av økt bruk av plantevernmidler, noe som i praksis vanligvis betyr sprøyting med glyfosat (Roundup).

NIBIOs Handbok for driftsplanlegging har et standard eksempel på dekningsbidragskalkyle for bygg der det er tatt utgangspunkt i en avling på 400 kg som selges for 3,16 kr/kg, slik at salgsinntekten per daa er 1264 kr (Hovland 2021: 6). Hvis avlingsnedgangen som følge av manglende pløying er 1%, betyr det i så fall et inntektstap på 12,64 kr/daa. Da vil det normalt være mer lønnsomt for bonden å akseptere

inntektstapet enn å pløye. Dersom avlingsnedgangen er 10%, blir inntektstapet 126,40 kr. Da vil det normalt være lønnsomt å pløye for å unngå tapet. Her må det legges til at kornavlingene varierer betydelig fra år til år på grunn av andre faktorer, først og fremst været. En avlingsendring på én eller noen få prosent som følge av plogfri drift vil neppe merkes. Det er derfor rimelig å anta at bonden ut fra sin økonomiske interesse ikke vil sløyfe pløyinga dersom dette fører til en merkbar avlingsnedgang.

Prisen på ugrasmidlet Roundup er oppgitt til cirka 1000 kr for en kanne på 20 liter (Hovland 2021: 103), altså 50 kr/liter. Handboka anbefaler en dosering på 300 – 400 ml/daa (Hovland 2021:119). Hvis vi forutsetter at vi sprøyter med 0,4 liter/daa og at prisen er 50 kr/liter, har vi en kostnad på 20 kr/daa til selve sprøytemiddelet. I tillegg kommer kostnaden ved å spre glyfosaten på jordet, enten med egen redskap eller ved leiekjøring. Hovland (2021:109) oppgir et prisintervall på 20 – 50 kr/daa for traktorsprøyting som leiekjøring. Dermed er kostnaden noen tikroninger per daa, enten vi velger pløying eller sprøyting med glyfosat (Roundup) for å få bukt med ugraset. Tallene som er referert peker i retning av at glyfosatsprøyting i de fleste tilfeller er noe rimeligere enn pløying, men tallene kan variere så mye avhengig av forholdene på det enkelte bruk at det ikke kan trekkes noen allmenngyldig konklusjon. Så kan man hevde at det kanskje ikke er nødvendig å gjennomføre glyfosatsprøyting hvert år, men det samme kan sies om pløying. Glyfosatsprøyting kan fremstå som et mer klimavennlig alternativ enn pløying, men om det også alt i alt er mer miljøvennlig er en stor og omfattende diskusjon.

Del 2: Resultater av intervjuundersøkelsen

Erfaringer med redusert jordarbeiding

Alle bøndene i Trøndelag og på Østlandet drev mer eller mindre redusert jordarbeiding ut ifra en formening om hva som ga best agronomisk og/ eller økonomisk resultat. Blant bøndene i Trøndelag var det en variasjon mellom å pløye kun om høsten, istedenfor både høst og vår, til å pløye grunt og kun om våren, til å kun harve og kun om våren (fra plog til harv er sett som reduksjon, fra høst til vår er sett som et tiltak mot erosjon og som reduksjon om det innebærer å gå fra to til en operasjon). De som drev med kun korn hadde redusert jordarbeidingen mer enn de som drev med gras i tillegg. De som drev med gras i tillegg, kunne av og til drive mer redusert på kornet enn på gras. Jordtypen så ikke ut til å påvirke valgene deres, heller ikke arealstørrelsene. Hos Østlandsbøndene syntes det samme når det gjaldt jordarbeidingsredskaper og -operasjoner. Det samme gjaldt i stor grad med hensyn til hvorvidt de dyrket korn eller gras, men det var en marginal helning mot mer pløying uavhengig av hva som ble dyrket. Jordtypen og arealstørrelsen så heller ikke her ut til å gi noen betydelige utslag i bøndenes valg.

Et vesentlig problem som utmerket seg blant bøndene, var håndteringen av ugras i forbindelse med jordarbeidingsteknikker. Dette viste seg uavhengig av andre variabler. De aller fleste bøndene som reduserte eller sluttet med pløying og gikk over til kun harving, opplevde mer ugras. Et unntak er en bonde som knapt nok harvet og i stor grad direktesådde. Han bemerket at det var mindre ugras når jorda ikke ble bearbeidet i det hele tatt, ettersom ugrasfrø ikke ble fristilt og fikk spire. Denne bonden benyttet i tillegg fangvekster, som han mente konkurrerte mot ugraset. Han måtte imidlertid sprøyte fangveksten enten høst eller vår og supplere med litt sprøyting mot ugras før såing på våren. En annen bonde foreslo at fordi en plog lager relativt tykke og tette ranker av jord, mens en harv frigjør ugrasfrø som ville blitt innpakket i rankene, får ugraset lettere bedre vekstforhold av harving. En bonde som gikk fra plog til kun harv håndterte det ved å fortsette den systematiske sprøytingen sin av plantevernmiddel, som han hadde opprettholdt i tjuefem år og baserte på en tredjedels dose plantevernmiddel av norm. En annen bonde som gikk fra plog til harv bemerket at man må være nøye med ugrasbehandlingen når man slutter å pløye. Han mente at lavere doser enn norm er mulig med tilrettelagt sprøyteteknikk, som han selv hadde høy kompetanse på som følge av annet arbeid med plantevernteknisk utstyr. Han påpekte og at det er viktig med kunnskap om veksten som dyrkes og ugrasets biologi. Andre bønder som gikk fra plog til kun harv håndterte det med mer plantevernmiddelbruk. En bonde som gikk fra vanlig pløying til grunnere pløying var i tvil om plantevernmiddelbruken hans hadde økt.

Bønder som brukte plog så for seg at plog ga mindre ugras og reduserte bruk av plantevernmiddel. En slik bonde sprøytet kun hvert tredje til fjerde år. En annen resonnererte rundt at man må finne en balanse mellom pløying, relativt lavt plantevernmiddelbruk og høyt dieselforbruk, og relativt lavt dieselforbruk, høyt plantevernmiddelbruk og redusert jordarbeiding. Han valgte altså relativt lavt plantevernmiddelbruk og høyt dieselforbruk. Nok en annen hadde et fast sprøyteregime hver høst, som han ikke vek fra. Tre bønder hadde forsøkt å ikke pløye i det hele tatt, men opplevde økning i ugras som de anså for å være problematisk i en slik grad at de begynte å pløye igjen. Den ene bonden blant disse bemerket at han syntes jordarbeidingen var best mulig, dersom han brukte mindre mengde plantevernmiddel, selv om det fordret mer jordarbeiding.

Blant bøndene som hadde forsøkt å ikke pløye, men begynte igjen blant annet for å redusere ugras, ble pløyingen også begrunnet med at det var behov for å snu grastorv, pløye ned husdyrgjødsel, løsne opp pakkeskader fra maskiner og få bedre jord. På den annen side var det fem bønder som ikke lenger

pløyde, og de begrunnet dette med at det ga mindre jordpakking, bedre blanding av det organiske materialet i de høyere jordlagene, bevaring av kapillærårer som transporterer vann som gir bedre drenering og jordstruktur som hindret erosjon og ga økt robusthet mot både fukt og tørke, samt mer mark i jorda som gjorde jorda mer porøs; hvorav alt sammen ifølge bøndene ga bedre vekstforhold for det de dyrket.

Det eneste som synes entydig, er at redusert jordarbeiding (men likevel i en viss grad jordarbeiding), ga mer ugras enn dersom man brukte plog. Videre var det en bonde som mente at ingen jordarbeiding ga mindre ugras enn om han bearbeidet jorda, men det forutsatte at han sådde fangvekster. Andre faktorer som jordas tilstand og struktur og plantevernmiddelbruk ut ifra jordarbeidingspraksiser, ble vurdert motstridende både innad og imellom de ulike tilnærmingene til eget jordarbeid blant bøndene.

Vær, tidsvindu og kapasitet for jordarbeiding

Alle seks bøndene i Trøndelag bemerket at det de siste årene hadde vært det samme været over lengre perioder, istedenfor hyppigere værskifte, som de mente var vanligere tidligere. Blant bøndene på Østlandet var det ikke en slik konsensus, men også her bemerket flere bønder at været var for monotont og uberegnelig sammenlignet med tidligere erfaringer.

Bøndene i Trøndelag opplevde værendringen som problematisk i forbindelse med jordarbeidingen, spesielt om våren. Bønder i Stjørdal, Levanger, Steinkjer og Trondheim hadde opplevd tørke på forsommeren de siste årene, men i 2022 var utfordringen for langvarig regnvær. Bønder i både Stjørdal, Levanger, Steinkjer og Trondheim fortalte at de rakk omtrent ei uke med våronnsarbeid rundt slutten av april, som ble avbrutt av omtrent tre uker med regn og enkelte steder sludd. Dette innebar at bøndene rakk å foreta arbeidsoperasjoner som gjødsling og harving, men måtte utsette såing. Én bonde fortalte at han tok sats og sådde korn på deler av åkerarealet sitt, men at han hadde vært i tvil om han burde, og det gikk likevel ukesvis før han fikk sådd det siste.

Videre fortalte bøndene i Trøndelag at værutfordringene påvirket hvor effektive de måtte være under våronna, da de opplever et kortere tidsvindu hvor det er gunstige forhold for å drive våronn. Effektiviteten avgjøres av hvor mange steg som er planlagt for våronnoperasjonen og redskaps- og arbeidskapasitet. En bonde fra Steinkjer bemerket at stilt overfor kortere tidsvindu, er det et alternativ å kutte ut all jordarbeiding og direkteså. En bonde fra Trondheim fortalte at han planla å gå fra skålharv til kultivator og anskaffe en direktesåmaskin for å kunne bli mer effektiv under våronna. En annen bonde fra Steinkjer fortalte at han syntes det var viktig å være del av et maskin- og jordarbeidingslag, fordi det gjorde det mulig å samle flere bønders ressurser og slik dele på arbeidskraft og redskaper med høy kapasitet. I bondens lag var det også faste personer som opererte spesifikke redskaper, som ga rutine og ytterligere høyning av effektiviteten. En bonde fra Levanger som også var del av et lag, fortalte at man må forberede seg på at det blir våtere forhold og behov for mer effektivitet, men mente også at så lenge det ikke blir mer regn enn at man får sådd og høsta kornet, ville avlingen øke med mer regn.

Blant bøndene på Østlandet var opplevelsene mer varierte. En bonde fra Ringeby fortalte at tidsvinduet for gunstige forhold til våronnoperasjonen har blitt kortere og at det har blitt mer krevende å beregne riktig tidspunkt som følge av uforventede værromslag. En bonde fra Ås og en fra Kongsvinger fortalte at de opplever lengre perioder med samme type vær. Bonden fra Kongsvinger fortalte videre at reduksjon i jordarbeidingen og andre plantesorter var aktuelt dersom han ble ytterligere presset på tid, for å få sådd tidligst mulig. En bonde fra Søndre Land fortalte at han i år med gunstig vær for våronn ble ferdig med operasjonen i slutten av april, men at han i år med mye regn ble ferdig rundt 10. juni. Han fortalte videre at han ikke hadde økonomi til å gjøre endringer i jordarbeidingssystemet sitt for å

effektivisere våronnoperasjonen i år med mye regn. En bonde fra Nordre Land fortalte at han ikke har hatt noen utfordringer med været, og han trodde heller ikke at dette skulle bli et problem for ham. En bonde fra Østre Toten fortalte at været skiftet ofte, men at det var normalt. Han anså sin egen gård for å være nokså skjermet for utfordrende vær, til tross for at det synes å være utfordrende forandringer globalt sett.

Sett under ett synes bøndene både i Trøndelag og på Østlandet at det har blitt mer utfordrende vær for å drive jordarbeiding. Kun to bønder, begge på Østlandet, syntes været var som forventet ut ifra sine tidligere erfaringer.

Jordarbeiding er økonomisk pragmatikk

Bøndene møter klimaproblematikk med to idéer om årsaks-virkningsforhold – dvs. endrer mennesket klimaet eller endrer klimaet bonden – hvorav vekselvirkningen mellom disse, altså det ene fører til det andre, ses som reelt blant enkelte. Resultatet av oppfatningen er uansett at jordarbeidingen gjøres ut ifra hvordan driften kan gjøres til lavest mulig kostnad ut ifra klimatiske og følgelig økologiske betingelser, hvor reduksjon av klimagassutslipp for noen er sett som bidrag til å redusere menneskeskapt klimaendring. En av bøndene som tilhører sistnevnte gren, uttalte i forbindelse med redusert jordarbeiding at:

[...] Det er mange som tror at jeg er en klimaversting, skulle jeg til å si. At jeg ikke er opptatt av miljø. Men jeg er nå det, da, men akkurat nå så finner jeg liksom ikke noe mye tiltak [å gjøre] (Bonde 1, Trøndelag).

Bonden utdypet senere at hvilke tiltak han kunne gjøre for å redusere klimagassutslipp, ble begrenset av hans egne driftsøkonomiske rammer. Andre bønder så redusert jordarbeiding som en tilpasning til et klima i endring, uavhengig av årsaken til endring:

[...] Jeg er absolutt ikke noen miljøfantast, for å si det sånn. Kan heller si at jeg er klimaskeptiker. Men hvert fall, når det gjelder det der i forhold til landbruket, så er det klart at jeg tror sånn som jeg har det på gården min, så tror jeg at jeg kunne tatt en, kall det en CO₂/miljø-kamp, imot enhver økologisk gårdbruker i Norge. Når som helst, hvor som helst. Skal slå dem rett i støvla. Så det har jeg litt bevisst forhold til, kan du si, sånn generelt. Men ikke for at jeg er, kall det klimafantast, men jeg liker å gjøre ting, kall det smart, eller klimasmart, vil jeg heller kanskje kalle det, da (Bonde 2, Trøndelag).

I utsagnet ligger det at bonden mener han har relativt lave klimagassutslipp fra eget virke som følge av bestemte jordbrukspraksiser, som han har reflektert over i kontekst av klimaet. Utsagnet kan tolkes som at han ikke var av den oppfatning at klimaendringer var menneskeskapt. Han så likevel seg selv som «klimasmart». Ikke primært fordi jordbrukspraksisene kunne være et bidrag til å dempe menneskeskapt klimaendringer, men snarere fordi han tilpasset seg erfaringsnære klimaendringer for å opprettholde et godt og lønnsomt jordbruk, uavhengig av den grunnleggende årsaken til endringene. Det er altså snakk om en pragmatisk tilnærming til forbedring i egen praksis.

Tilpasning synes gjentagende blant bøndene, som innebar blant annet redusert jordarbeiding, da det gjorde produksjonen mer effektiv. Det som spilte inn på våronnoperasjonens effektivitet var antall operasjoner, redskapskapasitet og arbeidskraft relativt til arealstørrelse. Motivasjonen var å gjøre mer arbeid innenfor et kortere tidsvindu for våronn. Værutfordringer kunne føre til at bøndene fikk sådd senere enn ønskelig, som kunne bety tapt veksttid og mindre avling. Redusert jordarbeiding kunne bety tidligere såing og økt veksttid. Tidsbesparelse var rasjonelt.

Smartheten i tilpasning har også en annen side. Redusert jordarbeiding fremstod som økonomisk rimeligere. Bøndene fortalte hovedsakelig at det var det økonomiske resultatet som avgjorde hvorvidt de endret praksis hvis konsekvens var reduserte klimagassutslipp. Dersom teknologi og kunnskap for

endret praksis som reduserte klimagassutslipp var tilgjengelig og rimelig, ville de basere seg på dette. Med rimelig mentes først og fremst at man ikke tapte lønnsomhet, slik at endringen ikke gikk negativt ut over bedriftens økonomiske sluttresultat. I dette ble det beregnet både utgifter ved anskaffelse og bruk av teknologi og kunnskap, og inntektene som medfulgte endret praksis og eventuelt endret avlingsvolum. Dersom endringen førte til økt eller tilsvarende lønnsomhet sammenlignet med tidligere, var de fleste bøndene villige til å endre praksis. Enkelte latet til å ikke være interessert i å gjøre endringer dersom resultatet kun var tilsvarende lønnsomhet som tidligere, men de ga uttrykk for at de kunne være interessert dersom endringen likevel førte til personlige tidsbesparelser i det praktiske virket.

Som eksempel på endringer som gir besparelser nevnes GNSS-basert styringsassistanse (*Global Navigation Satellite Systems*), som forbedrer kjøremønstre, jordarbeiding og/ eller såing og plantekultivering, og slik sparer bøndene for diverse innsatsmidler og kan forbedre avkastningsmulighetene deres. Ifølge intervjuundersøkelsen vår benyttet 10 av 12 bønder en eller annen form for GNSS-basert styreassistanse. De to bøndene som ikke brukte noen form for GNSS-basert styreassistanse hadde relativt små produksjoner av enten korn eller gras.

Hvis redusert jordarbeiding gir minst like gode avlinger som uten reduksjon i jordarbeidingen, er det til gode for både bondens driftsøkonomi og klodens klima. Bonden reduserer utgifter i jordarbeidingsoperasjonene og opprettholder inntektene fra planteproduksjonen. Samtidig reduseres klimagassutslipp fra petroleumsdrevne redskap og jordarbeiding. Det spiller ingen rolle om man reduserer jordarbeidingen som et pro- eller reaktivt klimatiltak (formål om å redusere klimagassutslipp eller pragmatisk tilpasning til endret klima), eller som en økonomisering av egen bedrift. Reduksjonen i klimagassutslipp skjer uansett.

At bøndene vi intervjuet ikke gjorde flere relevante tiltak som kunne forbedre eget jordbruk og regnskap, handlet om umodne teknikker, høy pris på mulige tiltak og/ eller usikkert kunnskapsgrunnlag – for eksempel elektriske traktorer, biodiesel, karbonbindingsteknikker og regionale dyrkningsstrategier – som forhindret bøndene i å ta dette i bruk, selv om det var kjente muligheter. Om modne teknikker og kunnskap ble tilgjengelig og rimelig å anskaffe, var det aktuelt for bonden å benytte seg av det. Innbefattet i dette var bønder som ikke opplevde tidspress i våronna eller som syntes jorda ble av dårligere kvalitet ved redusert jordarbeiding. De gjorde ikke endringer eller fastholdt ikke ved endringer de forsøkte seg på, fordi det ikke lønte seg for dem, slik de erfarte eget jordbruk og så an fremtiden. At endringer i jordbrukspraksisen går i rykk og napp for den enkelte bonde, er slik sett ikke grunn til å tro at det mangler vilje til å endre praksis. Det handler om *hva som lønner seg hvor og når*.

I lys av våre informanter er derfor teknikker som opprettholder produksjonsvolum, men likevel gir bonden besparelser i tid og/ eller penger, viktigst. Teknikken kan være «klimasmart», men kanskje helst som en 'bi-formulering', enten 'smart' tolkes som pro- eller reaktiv smarthet overfor klimaendringer. Dette er i tråd med Farstad & Melås (2022) forslag til hvordan stats- og organisasjonsaktører kan tilrettelegge for, og fremheve, individuell gevinst for bonden ved endret jordbrukspraksis, istedenfor å vektlegge klimaproblematikk. Slik kan styringen (*governance*) få bondens oppmerksomhet.

Overordnet diskusjon

Redusert jordarbeiding ga blant de fleste bøndene økt fremvekst av ugras. Unntaket var bonden som mente det ble mindre ugras idet han droppet jordarbeiding, men likevel sådde fangvekster. Fangvekstene måtte likevel sprøytes med plantevernmiddel for å fjernes i ettertid, men det måtte i så fall ugras også. Flere bønder bemerket at de ikke trengte å sprøyte mer enn før de reduserte jordarbeidingen, selv om det var økt fremvekst av ugras. Noen bønder håndterte imidlertid økt fremvekst av ugras med økt sprøyting. Atter andre valgte relativt lavt bruk av plantevernmiddel og heller bruk av plog i jordarbeidingen for å minske fremvekst av ugras.

Det fantes to ulike tilnærminger til å forbedre jorda for dyrking. Den ene tilnærmingen var å pløye, for å vende torv, blande jord og gjødsel og røske opp pakket jord. Den andre tilnærmingen var å ikke pløye, for å ikke pakke jorda, bevare vannårer og organismer som mark, og blande jord og organisk materiale relativt høyt i jordlagene. Likhetene mellom de to tilnærmingene er hensikten om å blande jord og organisk materiale og hensynet til jordpakking, men det er forskjellige praksiser og resultat.

De fleste bøndene opplevde været som mer utfordrende enn tidligere med tanke på å planlegge jordarbeidingen. Foruten noen opplevelser med tørke, var det våtere forhold enn tidligere som lot til å være problemet, og likeså bekymringen. Dette hadde konsekvenser for jordarbeidingen, som måtte eller kunne måtte endres. Konsekvensene for avlingsvolum som følge av våtere forhold ble ikke fremstilt som problematisk, heller motsatt.

En strategi for å være effektiv ved kortere tid på å gjennomføre jordarbeiding under så gunstige forhold som mulig, var redusert jordarbeiding. En annen strategi, for så vidt også forenlig med redusert jordarbeiding, var samarbeid mellom flere bønder om jordarbeidingen; bøndene delte på redskapene og arbeidskrafta, og gjennomførte hver sin arbeidsoperasjon etter intern rutine, for å komme i mål med ethvert jordstykke innenfor rimelig tid. Sistnevnte strategi kan være spesielt aktuell dersom bonden har dårlig økonomi og derfor ikke kan gjøre endringer i jordarbeidingssystemet sitt, som en av bøndene fremhevet som et mulig problem.

Atter andre gjør økonomiske besparelser gjennom å endre jordarbeidingssystemet. Dette virket å være motivasjonen bak redusert jordarbeiding. Det medfølger ofte reduserte klimagassutslipp enten det er bondens intensjon eller ikke, blant andre intensjoner. Slik sett er det heller ikke nøyte hvorvidt mennesket endrer klimaet eller om klimaet endrer bonden. Det fører til samme resultat: i det nye utfordringer oppstår for enkelte bønder som følge av konsistente værendringer, ser bonden etter måter å tilpasse seg på. I disse tilfellene er det tidsbesparende måter å drive jordarbeiding på. Det medfølger ofte økonomiske besparelser, som i så fall kan øke motivasjonen for endring. Følgelig kan jordarbeidingen reduseres og klimagassutslipp likeså. Om bonden handler pro- eller re-aktivt, og av hvilke grunner, gir ifølge denne logikken samme resultat.

Det sistnevnte er viktig å merke seg. Forutsatt at det er hensiktsmessig å få en raskere utbredelse av reduksjon i jordarbeiding, tyder undersøkelsen på at det må 1) sørges for at det lønner seg for bonden tidsmessig og økonomisk, og 2) tilvirkes bedre eller utbres andre ugrasbekjempende midler og praksiser, som ikke er til ulempe for den enkelte bonden. Det er rimelig å anta at ulempene bokstavelig talt ikke bør gå på bekostning av punkt 1. For enhver bonde kan enten punkt 1 eller 2 være relevant, i andre tilfeller begge to. Det kommer an på hvorvidt bonden opplever problemer med ugras eller ikke som følge av reduksjon i jordarbeidingen. Begge punktene bør altså tas fatt i hver for seg for å treffe flest mulig bønder, om endringer i jordarbeiding skal fremskyndes. Dersom det ikke skal fremskyndes, kan imidlertid endringer likevel skje, saktere, om ovenstående logikk utspiller seg vidt og bredt i det ganske land.

Ny tid med økt fokus på klimaproblematikk fører til stadig strengere krav til utslipp av klimagasser. En presset økonomi i jordbruket, gjør også at bønder gjennomfører indirekte klimatiltak, rett og slett for å spare penger.

Det er ingen standard løsning på hvilket utstyr som er optimalt, og gårdbrukerne i vår undersøkelse har ulike redskaper og mekaniseringskjeder tilgjengelig. Flere av gårdbrukerne har også ulike varianter av maskiner for samme operasjon tilgjengelig, for å være best mulig rustet for å dyrke ulike felt på gården ut fra forskjeller i jordart, helningsgrad og andre lokale forhold.

Det ser ut til at jordbruket er modent for endring, fordi bøndene erfarer problemer selv og tar initiativ til å endre egne praksiser for å løse problemene. Det kan sies å være 'lagelighet' for en jordbrukskulturell endring blant bøndene. Dette er igangsatt av proaktive og reaktive klimatiltak og økonomiske fordeler. Ikke alle som forsøker å endre egen jordbrukspraksis, synes imidlertid at de lykkes, og mange går etter noe tid tilbake på alle eller deler av endringene sine. Dette viser at bøndene ofte har en pragmatisk tilnærming til sin produksjon. Om et tiltak gir klimagevinst, reduserte kostnader og god avling med redusert arbeidsinnsats, så blir det gjennomført. Om tiltaket også viser seg å gi en 'robust agronomi', blir det værende.

Det synes å være størst potensiale for reduserte klimagassutslipp gjennom primær jordarbeiding. Plogen er effektkrevende, og det er derfor fristende å redusere bruken av denne mest mulig (sammen med slodd og harv). Utfordringen synes imidlertid å være ugraskampen.

Det er også et potensiale i å kombinere flere arbeidsoperasjoner i ett redskap. Her ligger det imidlertid en utfordring i at samlet effektbehov for å trekke ekvipasjen kan føre til jordpakkingsproblematikk.

Et viktig funn i vår undersøkelse er at gårdbrukerne er unisont enige i at kunnskap er svært viktig for fremtiden, både for sin egen del, men også for rådgivere, maskinselgere, beslutningstakere og andre personer som har med jordbruket å gjøre.

Konklusjon og anbefalinger

Basert på denne undersøkelsen er det tydelig at traktorbruken i jordbruket har betydning for klimagassutslipp og tilhørende global oppvarming. Det brukes et mangfold av løsninger som gir en stor variasjon i klimagassutslipp i forbindelse med jordarbeiding. Alt fra utstyrvalg, valg av drivstoff, vedlikehold, dekktrykk og bruksmønstre til laglighet og virkningsgrad har konsekvenser for klimabelastningen som traktoren utgjør, men viktigst er antakeligvis den effektkrevende primære jordarbeidingen sammen med bondens tilpassing og bruk av utstyret.

De kvalitative intervjuene med bøndene i prosjektet viser at enkelte bønders jordarbeidingsteknikker har endret seg fra tidligere praksis, og økonomi er en sterk driver på gårdsnivå. Respondentene viste en stor, men pragmatisk orientert interesse for å jobbe med tiltak for reduserte utslipp.

Litteratur fra tidligere forskning viser at tekniske løsninger for en mer klimavennlig jordarbeiding finnes, men vi har fortsatt ufullstendig kunnskap om hvilke løsninger som egner seg best under hvilke forhold. Intervjuene som danner grunnlag for denne forprosjektrapporten viser at bøndene er villige til å endre sin praksis når de ser fordeler ved nye løsninger som alt i alt er større enn ulempene.

Med bakgrunn i de relativt tradisjonelle løsningene som brukes i norsk landbruk og den store resulterende variasjonen i utslipp, ses det store muligheter for fortsatt arbeid med utvikling av jordarbeidingsteknikker, tekniske løsninger og i kunnskap om kjøreatferd.

Basert på litteraturstudier og intervjuer er det grunn til å jobbe videre med:

- Sammenstilling av dagens kunnskap på temaet for ytterligere å identifisere kunnskapshull og forskningsbehov
- Sammenstille kunnskap om eksisterende redskap, samt samle inn erfaringer hos bønder
- Fortsette å utvikle nye redskaper for jordarbeiding samt teste eksisterende redskaper under flest mulig ulike forhold med hensyn til jordart, klima, gårdsstørrelse mv.

Referanser

- Agjeld, J. og Dyrdal, G. (2019). Omfanget av, og erfaringa med, presisjonslandbruk i Noreg. Norsk landbruksrådgiving. 14 s.
- Arvidsson, J. & Magnusson, M. 2010. II. Dragkraftbehov, maskinkostnader och energibalans för olika redskap och maskinsystem til höstsådd. In: Arvidsson, J., Hillerström, O., Keller, T., Magnusson, M. & Eriksson, D. Rapporter från jordbearbetningen 117. Sveriges lantbruksuniversitet, Institutionen för mark och miljö. 13 s.
- Dikshit, A.K. & Singh, B. P. (2010). Environmental value of drought animals: saving of fossil-fuel and prevention of greenhouse gas emission. Agriculture Economics Research Review 23:227-232.
- Eidem, B. (2020). Årsforbruk av biodiesel og annet flytende drivstoff i norsk landbruk: Med skisse til utfasing av fossilt drivstoff innen ti år. (Ruralis Notat 2/20). Institutt for rural- og regionalforskning. https://bygdeforskning.wpenginepowered.com/wp-content/uploads/2020/03/notat-2_20-rsforbruk-av-biodiesel-og-annet-flytende-drivstoff-i-norsk-landbruk--b--eidem-f2.pdf.
- Eidem, B., Endrerud, H.C. & Jystad, T.H. (2019). Hovedrapport fra prosjektet «Ren biodiesel som drivstoff i norsk landbruk». (Ruralis Notat 3/19). Institutt for rural- og regionalforskning. https://bygdeforskning.wpenginepowered.com/wp-content/uploads/2019/12/notat-3_19-hovedrapport-ren-biodiesel-i-norsk-landbruk.pdf.
- Endrerud, H.C. (1999). Coulters and seeding units in reduced soil tillage. Dr. Scientarium avhandling, Norges Landbrukshøgskole – NLH.
- Farstad, M. & Melås, A. M. (2022, 6. mai). *Trenger vi egentlig mer klimabevisste bønder?* Climplément. <https://climplément.no/2022/05/06/trenger-vi-egentlig-mer-klimabevisste-bonder/>.
- Foot, H. D. (1984). Fundamentals of soil science, 7th edition. Joh Wiley & Sons, New York, USA
- Giæver, O.P. (2022). Markedsfører biogass-traktor. Nedlastet 16.01.2023 på <https://biogassbransjen.no/2022/03/02/markedsforer-biogass-traktor/>.
- Hovland, I. (red.) (2021). Handbok for driftsplanlegging 2021/2022. Norsk institutt for bioøkonomi (NIBIO). 254s.
- Håkansson, I. (2005). Machinery induced compaction of arable soils. Report 109, DEPARTMENT OF SOIL SCIENCES, UPPSALA, SLU.
- Johnsen, F.H. (1993). Economic analyses of measures to control phosphorus run-off from non-point agricultural sources. European Review of Agricultural Economics 20:399-418.
- Kolberg, D. (2019). Timeliness in seedbed preparation for spring cereals: Studies to prepare for climate change in Norway. PhD thesis, NMBU Ås.
- Langeland, Å. (2022). Lær å kjøre økonomisk og klimavennlig. Foredrag på Blæstaddagen 20. oktober 2022.

- Mangerud, K. (1996). Forsøk med forskjellige gjødslingsmetoder til korn i forbindelse med såplog og direktesåmaskin - 1995 i Stange i Hedmark. Melding nr. 5-1996. Institutt for tekniske fag, Norges Landbrukshøgskole. 8 s.
- Miljødirektoratet. (2021). Biodriftstoff. Hentet fra <https://www.miljodirektoratet.no/ansvarsomrader/klimateknikk/transport/biodrivstoff/>.
- Morken, J. & Endrerud, H.C. (1996). Equipment for reduced soil tillage – direct drilling of cereals. NJF Seminar 257, Aarhus, Danmark. 8 s.
- Nedrebø, O og Nome, A. (1983). Jordkultur. Landbruksforlaget, Oslo
- (Nibio. (u.å.). Klimagassutslipp. Hentet 27. februar 2023 fra <https://www.nibio.no/tema/miljo/tiltaksveileder-for-landbruket/tiltak-mot-klimagassutslipp-fra-landbruket>.
- Norges Bondelag. (2020). Landbrukets klimaplan 2021-2030. 44s.
- Opheim, E. (2022). New Holland går elektrisk. Nedlastet 16.01.2023 fra <https://www.traktor.no/teknikk/new-holland-gar-elektrisk/>.
- Prabu, S.S., Asokan, M.A., Roy, R., Francis, S. & Sreelekh, M.K. (2017). Performance, combustion and emission characteristics of diesel engine fuelled with waste cooking oil bio-diesel/ diesel blends with additives. Energy 122: 638-348.
- Renius, K. T. (2020). Fundamentals of Tractor Design. Springer, 600 s.
- Riley, H. (2016). Tillage timeliness for spring cereals in Norway. Nibio rapport, Vol.2, Nr. 112
- Sander Poulsen, T. (2017). Market analysis for non-road mobile machinery sector. Provice report lastet ned på https://www.gate21.dk/wp-content/uploads/2017/06/Market-Analysis-for-Non-Road-Mobile-Machinery-Sector_FINAL.pdf
- Skjelhaugen, O. J., red. (1999). Jordarbeiding og såing i en operasjon. Fagnytt nr. 5 2000. Institutt for tekniske fag, Norges Landbrukshøgskole. 2 s.
- Sahoo, P.K., Das, L.M., Babu, M.K.G., Arora, P., Singh, V.P., Kumar, N.R. & Varyani, T.S. (2009). Comparative evaluation of performance and emission characteristics of jatropha, karanja and polanga based biodiesel as fuel in tractor engine. Fuel 88: 1698-1707.
- Statistisk sentralbyrå (2023). Jordbruksareal etter bruken 2021. <https://www.ssb.no/jord-skog-jakt-og-fiskeri/jordbruk/statistikk/gardsbruk-jordbruksareal-og-husdyr>.
- Tvedt, T. 2020. Verdenshistorie. Med fortiden som speil. J.M. Stenersens forlag. 428s.
- Weseth, G 2007. Glimt fra mekaniseringen av vårt landbruk 1850-2000. Notat NMBU. Lenke: http://www.umb.no/statisk/nlm/pdfversjon_for_net.pdf.

Vedlegg 1: Bøndernes kunnskapsønsker

Vi spurte bøndene hva de ønsket seg mer kunnskap om og hvilke kanaler de foretrakk å få den gjennom. Her er bøndenes svar, samlet sett:

Ønsker seg mer kunnskap om:

- fangvekster som kan benyttes under deres lokale vekstbetingelser; herunder bemerker bøndene i Trøndelag at dyrking av fangvekster basert på kunnskap fra Østlandets vekstbetingelser ikke lykkes for dem selv
- halmstriglers effekt på jordkvalitet og avlingsresultat
- karbonbinding og biokull i jord for jordforbedring
- hvordan man kan redusere dieselforbruket
- hvordan man kan drenere best mulig
- hvordan man kan redusere jordarbeidingen ytterligere
- hvordan man kan bedømme humusinnholdet i jorda
- hvilke jordarbeidingssystemer som gir høy kapasitet
- kornsorter som er tilpasset endret klima
- nydyrking
- måleutstyr for å beregne jordas vanninnhold

Foretrekker å få kunnskap gjennom:

- å finne informasjon på nettet selv
- høre på podkast
- gå på markvandring
- NLR; herunder å kontakte dem via telefon, eller motta nyhetsbrev og artikler via e-post og sosiale medier
- snakke med andre bønder

Bemerkninger om kunnskapservervelse og -kilder:

- det er sjelden tid til å møte opp på faglige samlinger og lignende i sommerhalvåret
- det er krevende å ta til seg faglig informasjon på kveldskurs
- utdanningssektoren bør også fylle rådgiverstillinger
- det er flere gode foreninger og andre nettverk i Danmark man kan benytte seg av for å få ny kunnskap

Vedlegg 2: Bøndernes forslag til endringer i jordarbeidingen

Vi spurte bøndene hva en rekke aktører kan gjøre for å tilrettelegge for forbedret jordarbeiding med hensyn til klimagassutslipp. Her er bøndernes forslag, samlet sett:

Bønder

Bønder kan velge andre driftsmetoder; herunder forholde seg til det som anbefales, samt skaffe seg kunnskap og utvikle egen kompetanse ved å relatere kunnskapen til egen gård, for å forstå hvordan man selv forårsaker ulike utslipp og eventuelle skader.

Offentlig forvaltning

Offentlig forvaltning bør oppdatere fagkunnskapen sin og dra i gang lokale prosjekter. De bør også besøke hver bonde en gang i året og overvåke lokale forhold og praksiser, og komme med veiledning i henhold til vedtatt politikk og fagkunnskap.

Rådgivere

NLRs enheter bør samhandle mer, for å få fri flyt av kunnskap på tvers av regioninndelinger. Videre må NLR gi rådgivningstilbud med et målbart utbytte for bonden. Ellers er det ønskelig at NLR innlemmer klimaaspektet i alle foredragene sine og er konkrete i formidlingen.

Utstysleverandører

Utstysleverandører bør gjeninnføre redskapstesting og forsøksmeldinger fra bønder, samt bli bedre på kunnskapsformidling.

Politikere

- legge opp til at det lønner seg for bonden å redusere klimagassutslipp
- fjerne regionale forskjeller i tilskuddssatser
- forby høstpløying i erosjonsutsatte områder
- ikke prioritere ressurser til økologisk landbruk, da det krever mer jordarbeiding enn redusert jordarbeiding etter ellers konvensjonelle prinsipper

Andre aktører

- sortsforedlere og planteutviklere er viktige for å forberede seg på klimaendringer, og politikken rundt hva som tillates her må tilpasses
- det bør skapes en merkeordning som graderer produkters klimapåvirkning, slik at det blir enklere å velge produkter som har et positivt utslag på klimaet
- andre bedrifters organiske avfall bør utnyttes til jordforbedring
- media bør skrive mer om jordarbeiding, ikke kun husdyr, innenfor matproduksjonen

Vedlegg 3: Bøndenes trinnvise jordarbeidingsoperasjoner

Nedenunder følger tabeller som viser hvilke jordarbeidingsoperasjoner bøndene vanligvis foretok. Arbeidet er inndelt i sesong og steg. Arbeid som står i parentes, var alternativt.

Bonde 1

Bonde 1 er en mann i 50-åra fra Trøndelag. Han produserte korn på 700 daa med leirjord.

Jordarbeiding	Steg 1	2	3
Vår	(Kultivator)	Såmaskin m/ gjødselskål	Trommel
Høst	Gjenlegg av halm	(Kultivator)	
Annet	Kalker		

Bonde 1 drev redusert jordarbeiding på det syvende året. Han pleide å høstpløye og harve minst to, opptil tre, ganger. Han hadde gått over til å harve én gang med kultivator. Han tenkte å gå over til kun vårharving, for å redusere erosjonsfaren fra høstharving. Kultivatoren hadde en tindedeling på 30 centimeter og han kjørte den 12-14 centimeter dypt i jorda. Det løste opp en del jord ved hver og mellom tindene, og jorda ble spredt godt utover. Såkorn ble lagt på 4 centimeters dybde og gjødsla noe dypere. Han tromlet til slutt. Om høsten la han igjen all halmen etter innhøstingen av kornet.

Bonde 2

Bonde 2 er en mann i 60-åra fra Trøndelag. Han produserte korn på 2000 daa med leirjord.

Jordarbeiding	Steg 1	2	3	4
Vår	Husdyrgjødsel	Harve	Så	(Trommel)
Høst	(Gjenlegg av halm)	(Harve)		
Annet	Kalker			

Bonde 2 drev også redusert jordarbeiding på det syvende året. Han pleide å pløye. Han hadde gått over til å harve. Han harvet om høsten dersom det var gunstige forhold, men sløyfet det om ikke. I så fall ble gjødsla spredt på fjorårets stråstrubber om våren, før han harvet. Bonden mente imidlertid at å harve om høsten var nødvendig for best mulig agronomisk resultat. På høsten rispet han med harva i overflaten på åkeren, for å hive opp jord. På våren harvet han 8-10 centimeter dypt med en tindedeling på 25 centimeter. Det er ikke nevnt hvordan bonden sådde. Til slutt tromlet bonden ved behov. Bonden mente at all halm burde føres i jorda etter innhøstingen av kornet om høsten. De siste årene hadde han ikke ført all halm i jorda, men gitt vekk noe til en nabo som hadde hatt annen nytte av den.

Bonde 3

Bonde 3 er en mann i 40-åra fra Trøndelag. Han produserte korn på om lag 200 daa, uviss jordtype.

Jordarbeiding	Steg 1	2	3
Vår	(Gjødsel) Harv	Så (m/ gjødsel)	(Tromler)
Høst	(Gjenlegg av halm)	(Gjødsel) Harv	
Annet	Filterkake		

Bonde 3 drev redusert jordarbeiding på første året. Han pleide å pløye arealer som ikke var erosjonsutsatt om høsten, mens han vårpløyde arealer som var erosjonsutsatt, for så å slodde og så. Han hadde gått fra å pløye til å harve etter samme prinsipp, før han harvet hele arealet om våren.

Bonden trodde at han i den videre tiden kom til å harve hele arealet om høsten, da det ble mer ugras på arealene som kun ble harvet om våren. Han kjørte harva 10 centimeter dypt om høsten og 5 centimeter dypt om våren, med ei uviss tindedeling. Han sådde så cirka 3 centimeter dypt. Til slutt tromlet han, hvis jorda var løs og det var utsikter til oppholdsvær. Han bemerket at han uansett syntes hjulgangen bak på såmaskina pakket godt nok. Det varierte hvor mye halm som ble ført inn i jorda etter innhøstingen av kornet. En nabo tok halmen han hadde behov for til annen nytte. Til gjengjeld fikk han husdyrgjødsel.

Bonde 4

Bonde 4 er en mann i 50-åra fra Østlandet. Han produserte gras på 50 daa med siltjord.

Jordarbeiding	Steg 1	2	3	4	5	6
Vår	(Slam/husdyrgjødsel)	(Pløye)	Slodd & harv	(Trommel)	Så	Trommel
Høst	(Slam/husdyrgjødsel)	(Pløye)				
Annet						

Bonde 4 pløyde. Han varierte pløyedybden for å hindre dannelse av såle. Deretter brukte han harv med integrert sloddeplanke foran og etterharv. Han harvet grunt, fordi han ville ha grunn såing av frøene. Noen ganger tromlet han før han sådde, for å sikre god jordkontakt. Deretter sådde han med såmaskin eller grasfrøsåmaskin. Til slutt tromlet han (igjen).

Bonde 5

Bonde 5 er en mann i 40-åra fra Trøndelag. Han produserte korn og gras på henholdsvis 700 og 430 daa, uviss jordtype.

Jordarbeiding	Steg 1	2	3	4
Vår - Korn	Gjødsel	Skålharv	Så	(Trommel)
Høst - Korn	(Plog)			
Vår – Gras	(Gjødsel)	(Skålharv)	Så	(Trommel)
Høst - Gras	Gjødsel	Plog		
Annet				

Bonde 5 pleide å pløye på våren, men de siste fem årene hadde han kun pløyd om høsten. Vanligvis pløyde han grasarealet, men planla å gå over til jordarbeiding av grasarealet kun på våren og med skålharv istedenfor, i hvert fall der det var tynt jordlag. Det varierte om bonden pløyde kornarealet eller ikke, men om våren brukte han skålharv av slept type. Han pløyde på 20-22 centimeters dybde og harvet på 10 centimeters dybde. Bonden brukte deretter slodd på vendeteiger og kanter. Deretter sådde bonden med såmaskin, grasfrø enten rett i pløgsla eller etter annen nevnt jordarbeiding, som med såkornet. Han sådde korn på 3,5 centimeters dybde og gras på 1-2 centimeters dybde. Bonden tromlet til slutt jorda der det var mye stein og ellers på arealene hvis jorda var tørr.

Bonde 6

Bonde 6 er en mann i 30-åra fra Trøndelag. Han produserte korn og gras på henholdsvis uvisst antall og 30 daa med morene- og leirjord.

Jordarbeiding	Steg 1	2	3	4	5	6
Vår - Morene	(Gjødsel)	Slodd & harv	Så (Gjødsel)	(Trommel)		
Høst - Morene	(Gjødsel)	Plog				
Vår – Leire	(Gjødsel)	Plog	Slodd	Såbedsharv	Så (Gjødsel)	(Trommel)
Høst - Leire						
Annet						

Bonde 6 pleide å pløye på 22-23 centimeters dybde, men hadde begynt å pløye grunnere, på 18-20 centimeters dybde. Deretter brukte han på morenejord en kombinert slodd og harv, mens han på leirjord først brukte slodd, deretter såbedsharv. Det er ikke nevnt hvor dypt han harvet. Han sådde så korn med såmaskin av slept type, med gjødselskål, og gras med en enkel såmaskin. Han sådde på 3-3,5 centimeters dybde. Til slutt tromlet han ved behov, dersom jorda var tørr nok. Han syntes ellers at såmaskina med gjødselskål pakket jorda godt med hjulgangen bak.

Bonde 7

Bonde 7 er en mann i 40-åra fra Trøndelag. Han produserte korn på drøyt 700 daa med morene- og leirjord.

Jordarbeiding	Steg 1	2	3	4	5
Vår – Morene	Plog	Slodd & harv	(Harv)	Såmaskin m/ gjødselskål	(Trommel)
Høst – Morene					
Vår – Leire	Plog	Skålharv	Såmaskin m/ gjødselskål	Trommel	
Høst - Leire					
Annet					

Bonde 7 pleide å pløye om høsten med konvensjonell plog, men hadde begynt å pløye kun om våren, med grunnplog. Han pløyde på både leir- og morenejord, på cirka 18 centimeters dybde. Deretter brukte han skålharv på leirjord, på cirka 10-12 centimeters dybde. Han brukte s-tinde-harv med slodd foran og etterharv bak på morenejord, på cirka 8 centimeters dybde. Morenejorda måtte av og til harves to ganger for å få et tilfredsstillende såbed. Deretter sådde han med såmaskin av slept type, med gjødselskål og pakkehjul bak, på cirka 3-4 centimeters dybde. Til slutt tromlet han på leirjorda, og på morenejorda der hvor det dukket opp stein.

Bonde 8

Bonde 8 er en mann i 50-åra fra Østlandet. Han produserte gras på uvisst antall daa med morenejord.

Jordbearb.	Steg 1	2	3	4	5	6	7	8
Vår	Husdyrgjødsel	Plog	Skålharv	Slodd	Harv	Tromme	Så	Trommel
Høst	(Plog)							
Annet	Kalker							

Bonde 8 hadde forsøkt å ikke pløye, men det ga ikke et godt resultat. Han hadde derfor fortsatt å pløye. Bonden pløyde sjelden på høsten, for å unngå erosjon, men han pløyde på våren, på 15-18 centimeters dybde. Deretter brukte han skålharv, for så å slodde. Deretter brukte han s-tinde-harv, for så å tromle. Han harvet så dypt som mulig for å løsne jorda, i forkant av steinplukking. Deretter sådde han med en luftassistert såmaskin. Til slutt tromlet han igjen.

Bonden bemerket at tromling før såing er viktig for å få en god spiring.

Bonde 9

Bonde 9 er en mann i 60-åra fra Østlandet. Han produserte korn på drøyt 400 daa med leirjord.

Jordarbeiding	Steg 1	2	3
Vår	Skålgrubber m/ gåsefot	(Skålharv)	Såmaskin m/ gjødselskål
Høst			
Annet			

Bonde 9 hadde drevet redusert jordarbeiding i 24 år. Han pleide å pløye, men sluttet med det i 1998. Han gjorde all jordarbeiding om våren. Først brukte han skålgrubber med gåsefotlabbe, på cirka 5-7 centimeters dybde. Deretter brukte han av og til skålharv av slept type, på uviss dybde*. Til slutt sådde han med såmaskin med gjødselskål og pakkehjul, på 4 centimeters dybde. Bonden fjernet all halmen fra åkeren, for andre bønders benyttelse av den til andre behov.

Bonden bemerket at skålgrubber med gåsefotlabbe er et særlig viktig redskap på leirholdig jord. Han bemerket også at pakkehjula på såmaskina sørget for at han ikke trenger å tromle.

Bonden delgjødset i vekstsesong, basert på eldre kunnskap om gjødselbehov og avlinger.

Bonde 10

Bonde 10 er en mann i 60-åra fra Østlandet. Han produserte korn og gras på henholdsvis 150 og 400 daa, uviss jordtype.

Jordarbeiding	Steg 1	2	3	4	5
Vår	Husdyrgjødsel	Plog	Slodd	Så	Trommel
Høst					
Annet					

Bonden bemerket at det hadde vært tidsbesparende å pløye om høsten, men han pløyde kun om våren for å utnytte husdyrgjødsel best mulig. Han pløyde på cirka 20 centimeters dybde. Etter det, sloddet han, for så å så med kombisåmaskin. Han sådde korn på cirka 3-4 centimeters dybde og gras på cirka 1 centimeters dybde. Til slutt tromlet han.

Bonden spredde husdyrgjødsel fra tankvogn.

Bonde 11

Bonde 11 er en mann i 50-åra fra Østlandet. Han produserte korn, raps og bønner på til sammen 4400 daa med morenejord.

Jordarbeiding	Steg 1	2	3	4
Vår	(Slam)	(Tinde- eller skålbasert kultivator)	(Direkte)så	Trommel
Høst	Halmstrigle	Høstkorn <i>eller</i> fangvekster		
Annet				

Bonde 11 pleide å pløye, men hadde sluttet med det. På områder bonden spredte slam, harvet han en gang, med tinde- eller skålbasert kultivator. Det er uvisst hvor dypt han harvet*. På de andre områdene direktesådde han. Han sådde med to typer direktesåmaskiner. Den ene var for korn, den andre var for raps og bønner. Ved tørr jord sådde bonden kornet cirka 4 centimeter dypt, mens han ved våt jord sådde kornet cirka 3 centimeter dypt. Rapsen ble sådd grunnere enn kornet, mens

bønnene ble sådd dypere, ned mot 6-8 centimeter dypt. Til slutt tromlet han, for å presse ned stein i morenejorda. Hensikten med tromling var hovedsakelig å unngå skader fra stein på treskeren ved innhøstingen. Bonden førte all halm tilbake i jorda med en halmstrigle, som ga jordsmitte og begynte nedbrytning.

Bonden drev et fast vekstskifte i en syklus på 7 år. Vekstskifte gjorde at direktesåing ble lettere å gjennomføre. Videre sådde bonden høstkorn eller fangvekster om høsten, som dekket jorda gjennom høsten og vinteren. Fangvekster spredtes med viftespreder 7-12 dager før tresking og de spiret da av seg selv. Han mente at fangvekster var viktig for å lykkes med redusert jordarbeiding og direktesåing. Han mente også at han kunne kutte en tredjedels bruk av innkjøpt gjødsel ved bruk av fangvekster som grønngjødsel. Overvintrede fangvekster var dessuten med på å tørke opp jorda på våren, og bidro til tidligere våronnstart. Det kontinuerlige plantedekket var ellers erosjonsreducerende, samt at jorda drenerte bedre da enn tidligere, grunnet mer meitemark og annet jordliv.

Han mente at jorda var enklere å bearbeide etter at han sluttet å pløye. Jordstrukturen hadde blitt gradvis bedre over tid, som førte til mindre bruk av energi for å drive jorda.

Bonden tenkte å gå over til skålbasert såmaskin som rører minst mulig i jorda, for å ikke tilrettelegge for spiring av ugras.

Bonde 12

Bonde 12 er en mann i 60-åra fra Østlandet. Han produserte korn og gras på til sammen 2100 daa, uviss jordtype.

Jordarbeiding	Steg 1	2	3	4	5
Vår	Slodd & harv	Såmaskin m/ mellompakker og gjødselskål (PK-gjødsel)	(Carrier til pakking*)	NPK-gjødsel	N-gjødsel
Høst	Plog				
Annet					

Bonden pløyde om høsten, på 20 centimeters dybde. Om våren hadde han et redskap med sloddeplanke i front og etterharv. Han harvet på 3-4 centimeters dybde. Deretter sådde han med såmaskin av slept type, med mellompakker, felles gjødsel- og såkornlabbe og pakkehjul bak, på 2-2,5 centimeters dybde. Noen ganger syntes han at jorda trengte å pakkes ekstra og han brukte da en Väderstad Carrier før såing for å jevne og pakke såbedet. Bonden brukte PK-gjødsel ved såing. Han spredde deretter NPK-gjødsel kort tid etter såing. Den siste gjødslinga var med N-gjødsel.

Vedlegg 4: Intervjuguide

1. Hva legger du i begrepet klimavennlig landbruk?
2. Hvilke erfaringer har du rundt det å ta klimahensyn i egne driftsvalg?
3. Kan du fortelle meg om følgende:
 - Hvilke jordarbeidingsredskaper bruker du, og i hvilken rekkefølge?
 - Hvilke bearbeidingsdybder og innstilling av redskapene bruker du til:
 - Plog eller annen primær jordarbeiding
 - Såbedstillaging (slodd og harv)
 - Såing og tromling
 - Hva er dine erfaringer med disse redskapene i forhold til:
 - Antakelse om dieselforbruk
 - Sammenheng mellom agronomisk resultat og energibruk
4. Har du gjort endringer i ditt jordarbeidingsystem de siste 10 årene, og i så fall hvorfor?
5. Hva tenker du om sammenhengen mellom jordarbeiding og sprøytemidler – betyr mindre pløying, eventuelt overgang til høstpløying, mer glyfosat?
 - Hva bør i så fall prioriteres?
6. På hvilken måte tror du svarene dine er typiske eller forskjellige fra svarene vi vil få fra andre gårdbrukere i ditt nærområde?
7. Har du erfaring med klimarådgiving?
8. Er det noe om klimavennlig jordarbeiding du kunne tenke deg å få mer kunnskap om?
9. Hvor tenker du at slik kunnskap enklest bør finnes?
10. Hva skal til for at du selv tar mer klimahensyn?
11. Er det noe disse aktørene kan gjøre for å legge til rette for klimavennlig jordarbeiding?
 - Gårdbrukere
 - Politikere
 - Offentlig administrasjon
 - Rådgivere
 - Utstyrsleverandører
 - Andre aktører
12. Det er en klimatisk utvikling mot mer ekstremvær. Det blir villere og våtere, men lengre og hyppigere tørkeperioder. Hvordan oppleves dette på ditt bruk? Har det noen konsekvenser for dine planer for jordarbeiding? Hva tenker du om fremtiden?
13. Har du hørt om eller kjenner du til følgende:
 - Biokull og stabilt karbon for nedmolding
 - Nedpløying av halm
 - Biodiesel
 - Erfaring med bruk av sporfølger eller GPS/GNSS-systemer på traktor
 - Landbrukets klimaplan



Postboks 400 Vestad
2418 Elverum
62 43 00 00

postmottak@inn.no
inn.no



Trondheim (hovedkontor):
Universitetscenteret Dragvoll
7491 Trondheim
73 82 01 60

Oslo:
Pilestredet 17
0164 Oslo
913 32 277

post@ruralis.no
ruralis.no

Denne rapporten er resultatet av et forprosjekt gjennomført som et samarbeid mellom Ruralis – Institutt for rural- og regionalforskning og Høgskolen i Innlandet. Tilnærmingen er todelt; der del 1 er en innledende litteraturstudie som gir oversikt over relevant norsk og internasjonal forskning omkring redusert jordarbeiding og forbedrede jordarbeidingsteknikker, med hensyn på reduserte klimagassutslipp og miljøbelastninger. Del 2 er hoveddelen av rapporten, og er en pilotstudie som omhandler bønderns interesse for og erfaring med redusert jordarbeiding i sin daglige drift, og er basert på intervjuer med i alt 12 gårdbrukere på Østlandet og i Trøndelag.

Med redusert jordarbeiding menes endringer i antall operasjoner og tilpasning til nye redskaps-typer, slik at det benyttes færre operasjoner enn tidligere for å bearbeide og bruke jorda. I mange tilfeller betyr redusert jordarbeiding bortfall av veltefjølsplog, men ikke alltid. Vi belyser bøndernes teknikker for jordarbeiding, som harving og andre arbeidsoperasjoner på jordbruksarealene. Valgene av teknikker og operasjoner tas for eksempel hos enkelte bønder som følge av tilpasninger til værforhold, økonomisering av drift, eller forsøk på å redusere klimagassutslipp, i noen tilfeller alt sammen. Andre bønder kjenner til mulighetene for, eller har forsøkt å endre teknikker og operasjoner, men har likevel valgt å fortsette som tidligere. Alle bøndernes valg bunnør ifølge dem selv i deres ideer om best mulig bruk av jorda.

Rapporten inneholder funn som det vil bygges videre på i utformingen av hovedprosjekt innen fremtidige valg av jordarbeidingsstrategier i Norge, tilpasset et endret klima, krav til lavere energibruk ved jordarbeiding og bedret virkningsgrad i arbeidsoperasjonene tilknyttet jordarbeiding og planteetablering.