

Bioforsk Rapport

Vol. 5 Nr.66 2010

Kunnskapsstatus ”Bedre agronomi”

Utredning av kompetansegrunnlaget for bedre agronomi for å møte landbrukets klimautfordringer

Ragnar Eltun¹, Eirik Romstad² og Lillian Øygarden¹ (Red)

¹Bioforsk, ²UMB



Høgskolen i **Hedmark**





Hovedkontor
Frederik A. Dahls vei 20,
1432 Ås
Tlf: 03 246
Fax: 63 00 92 10
post@bioforsk.no

Bioforsk Jord og miljø
Frederik A. Dahls vei 20
1432 Ås
Tlf: 03 246
Faks: 63 00 94 10
jord@bioforsk.no

<i>Tittel/Title:</i> Kunnskapsstatus - bedre agronomi			
<i>Forfatter(e)/Autor(s):</i> Eltun, R., Romstad, E., Øygarden, L (red). UMB: Bakken, L., Krogstad, T., Uhlen, A.K., Bjugstad, N. Bioforsk: Bakken, A.K., Grønlund, A., Hauge, A., Hoel, B., Korsæth, A., Riley, H. HiHm; Endrerud, H.C., Mangerud, K.			
<i>Dato/Date:</i> 22.03.2010	<i>Tilgjengelighet/Availability:</i> Åpen	<i>Prosjekt nr./Project No.:</i> 2110708	<i>Arkiv nr./Archive No.:</i> 2009/1127
<i>Rapport nr./Report No.:</i> 66/2010	<i>ISBN-nr.:</i> 978-82-17-00644-2	<i>Antall sider/Number of pages:</i> 72	<i>Antall vedlegg/Number of appendix:</i> 2
<i>Oppdragsgiver/Employer:</i> Norges Forskningsråd		<i>Kontaktperson/Contact person Norges Forskningsråd:</i> Kirsti Anker- Nilssen	
<i>Stikkord/Keywords:</i> Agronomi, klimagasser, klimatilpasning, landbruksutdanning, landbruksteknikk Agronomy, GHG emissions, mitigation, adaptation education,		<i>Fagområde/Field of work:</i> Produksjonssystemer-agronomi	
<i>Sammendrag</i> Denne rapporten er en utredning av kompetansegrunnlaget for bedre agronomi for å møte landbrukets klimautfordringer. Utredningen er gjort på oppdrag for Norges forskningsråd av Bioforsk, UMB og Høyskolen i Hedmark. Utredningen omhandler hvilke agronomiske muligheter og utfordringer jordbruket står overfor for å nå målene om lavere utslipp av klimagasser. Den tar også opp agronomiske utfordringer knyttet til effekter av endret klima og jordbrukets tilpasningsmuligheter og behov for tiltak. Den gir en oversikt over hvor det er behov for målrettet FoU-innsats, og kommer med forslag til hvordan man kan sikre et godt utdanningstilbud og forskerrekuttering innen landbruksteknikk og andre viktige områder av agronomien der studenttilgangen nå er for lav. Se utvidet sammendrag.			

Godkjent/Approved

Nils Vagstad
Forskningsdirektør

Prosjektleder / Project leader

Lillian Øygarden
Forskningsleder

Forord

Denne rapporten: Kunnskapsstatus - bedre agronomi gir en sammenstilling av kompetansegrunnlaget for bedre agronomi for å møte landbrukets klimautfordringer. Utredningen er gjennomført i et samarbeid mellom Bioforsk, Universitetet for miljø og biovitenskap (UMB) og Høgskolen i Hedmark (HiHm) på oppdrag for Norges Forskningsråd.

Utredningen omhandler hvilke agronomiske muligheter og utfordringer jordbruket står overfor for å nå målene om lavere utslipp av klimagasser. Den tar også opp agronomiske utfordringer knyttet til effekter av endret klima og jordbrukets tilpasningsmuligheter og behov for tiltak. Den gir en oversikt over hvor det er behov for målrettet FoU-innsats, og kommer med forslag til hvordan man kan sikre forskerrekruttering innen landbruksteknikk og andre viktige områder av agronomien der studenttilgangen nå er for lav.

Bakgrunn for oppdraget er gitt i mandat fra NFR av 10.11.2009 (se vedlegg) og i anbud levert 04.12.2009 .

Utredningsoppgaven har vært delt i i to: en del som omfatter undervisning, forsker utdanning og rekruttering ledet av Eirik Romstad, UMB og en del om forskningsutfordringer knyttet til ”agronomi ” ledet av Ragnar Eltun, Bioforsk. Lillian Øygarden, Bioforsk har vært hovedkoordinator for utredningen. Denne koordinatorgruppe har hatt ansvar for å koordinere utredningsprosessen og slutføre rapporten. Høgskolen i Hedmark har hatt spesielt ansvar for utredningen om landbruksteknikk.

Bredden og kompleksiteten i utredningsarbeidet har vært stort og utredningen er utført med kort tidsfrist (januar- mars 2010). En lang rekke personer har vært involvert for diskusjoner og skriving av delbidrag til rapporten. Det er avholdt ett felles oppstartsmøte med fagpersoner fra deltagende institutter.

Det er avholdt et høringsmøte (2. mars 2010) for å få innspill fra fagmiljø utenfor konsortiet samt etater som eks, Klif, SLF, ulike departement (LMD, MD, KD), rådgivningstjenesten, faglagene i jordbruket. Det var sendt ut foreløpig rapport til deltagerne før møtet.

Alle bidragsytere til rapporten og deltagere på høringsmøtet takkes for velvillig bistand og bidrag.

Ås, 22. mars 2010.

Innhold

1.	Sammendrag	6
2.	Innledning	11
2.1	Formål	11
2.2	Bakgrunn	11
2.3	Føringer for og avgrensninger i utredninga	11
2.4	Organisering av utredningsarbeidet og av rapporten	12
3.	Kort om klima og landbruk	13
3.1	Klimaendringer og økonomiske rammevilkår for landbruket	13
3.2	Klimagasser i atmosfæren	14
3.2.1	Kunnskapsstatus	14
3.2.2	Forskningsbehov for lystgass	16
3.2.3	Nasjonal kompetanse - internasjonalt samarbeid	17
4.	Kunnskapsstatus og forskningsbehov innen agronomi	18
4.1	Karbonbalanse	18
4.1.1	Kunnskapsstatus	18
4.1.2	Forsknings- og utviklingsbehov	18
4.1.3	Nasjonal kompetanse - internasjonalt samarbeid	20
4.2	Landbrukets hydroteknikk og tilpassing til klimaendringer	20
4.2.1	Kunnskapsstatus	20
4.2.2	Forsknings- og veiledningsbehov	22
4.2.3	Nasjonal kompetanse - internasjonalt samarbeid	23
4.3	Jordarbeiding	23
4.3.1	Kunnskapsstatus	23
4.3.2	Forsknings- og utviklingsbehov	28
4.3.3	Nasjonal kompetanse - internasjonalt samarbeid	29
4.4	Gjødsling og næringsforsyning	29
4.4.1	Kunnskapsstatus	29
4.4.2	Forsknings- og utviklingsbehov	34
4.4.3	Nasjonal kompetanse - internasjonalt samarbeid	36
4.5	Presisjonsjordbruk	36
4.5.1	Kunnskapsstatus	36
4.5.2	Forsknings- og utviklings utfordringer	37
4.5.3	Nasjonal kompetanse - internasjonalt samarbeid	38
4.6	Tilpassing og muligheter i norsk plantekultur i et endret klima	38
4.6.1	Kunnskapsstatus	38
4.6.2	Forskningsbehov	43
4.6.3	Nasjonal kompetanse - internasjonalt samarbeid	43
4.7	Bærekraftige produksjonssystem	44
4.7.1	Kunnskapsstatus	44
4.7.2	Forskningsbehov	44
4.7.3	Nasjonal kompetanse - internasjonalt samarbeid	45
4.8	Energibruk	46
4.8.1	Kunnskapsstatus	46
4.8.2	Utprøving av maskiner og teknisk utstyr	47
4.8.3	Nasjonal kompetanse - internasjonalt samarbeid	47
4.9	Oppsummering og anbefalinger for kapittel 3 og 4	47
5.	Høyere utdanning, forskerrekruttering og forskning	49
5.1	Trender i studentrekruttering	49
5.2	Høyere utdanning i landbruksrelaterte fag	50
5.2.1	Samfunnets behov for kandidater med høyere utdanning i landbruksrelaterte fag ...	50
5.2.2	Kompetansekrav for kandidater med høyere utdanning innen landbruksrelaterte fag	50
5.2.3	Dagens høyere utdanningsløp innen agronomi og landbruksteknikk	50
5.2.4	Videreutvikling av studieprogrammene innen plantevitenskap, agronomi og landbruksteknikk i Norge	52
5.2.5	Rekruttering av studenter til høyere utdanning i agronomi og landbruksteknikk	52
5.3	Rekruttering til forskninga	54
5.3.1	Gode masterstudenter - en forutsetning for ei kvalifisert forskerutdanning	54
5.3.2	Nedgang i studenttallene i master- og forskerutdanning i landbrukstekniske fag	54
5.3.3	Behovet for masterstudenter og doktorgradsstudenter innen agronomi og landbruksteknikk fram mot 2020	54

5.3.4	Forskerutdanningen ved UMB forankret i anvendte prosjekter ved UMB og Bioforsk .	55
5.3.5	Forskerutdanning kan delfinansieres fra næringslivet	56
5.4	Forskningsmidler til klima- og landbruksrelaterte fag	56
5.5	Utdanning og undervisning i landbruksteknikk	56
5.5.1	Bakgrunn	56
5.5.2	Nåsituasjonen	57
5.5.3	Behov for utdanning på lavere nivå	57
5.6	Oppsummering og anbefalinger	58
5.6.1	Dagens situasjonen	58
5.6.2	Anbefalinger og tiltak	59
6.	Hvordan involvere næringen?	62
7.	Referanser	63
8.	Vedlegg	72

1. Sammendrag

Denne rapporten er en utredning av kompetansegrunnlaget for bedre agronomi for å møte landbrukets klimautfordringer. Utredningen er gjort på oppdrag for Norges forskningsråd av Bioforsk, UMB og Høgskolen i Hedmark. Den omhandler hvilke agronomiske muligheter og utfordringer jordbruket står overfor for å nå målene om lavere utslipp av klimagasser. Den tar også opp agronomiske utfordringer knyttet til effekter av endret klima og jordbrukets tilpasningsmuligheter og behov for tiltak. Det gis en oversikt over hvor det er behov for målrettet FoU-innsats, og forslag til hvordan man kan sikre forskerrekuttering innen landbruksteknikk og andre viktige områder av agronomien der studenttilgangen nå er for lav.

Utredningen består av en del om forskningsbehov knyttet til bedre agronomi og en del om utdanning, forskerrekuttering, herunder spesielt fokus på landbruksteknikken. Hovedpunkter fra delutredningene er listet under, men først presenteres noen generelle punkter:

Forskningsbehov - bedre agronomi

Det overordna målet for forskningen innen agronomi skal være å gi ny kunnskap som kan bidra til å opprettholde den nasjonale matforsyningen i takt med befolkningsutviklingen, samtidig som en ivaretar de nasjonale målene om reduksjon i klimagassutslippene fra landbruket nedfelt i St. meld. nr. 39. 2009. Klimautfordringene - landbruket en del av løsningen.

For å kunne innfri dette trengs det grunnleggende og tiltaksrettet forskning samt systemforskning. I tillegg vil tilpasninger og utprøvinger av foreliggende kunnskap samt informasjonstiltak være en viktig del av arbeidet med å nå landbruket sine klimamål. For å få til dette kreves det en samlet og økt innsats i hele kjeden fra forskning, forskerrekuttering, utdanning til forvaltningen og rådgivning ut til de ulike deler i landbruksnæringen.

På høringsmøte for denne utredningen ble det etterlyst møteplasser for slik kontakt og mer etablert samarbeide mellom forskning, utdanning og landbruksnæringen for at nødvendig ny kunnskap skal komme i bruk. Et slikt samarbeid er også viktig for å mobilisere til interesse for utdanning og forskerrekuttering til agronomiske fag.

Både utdanning innen agronomi og forskningsinnsatsen på agronomi er nå lav og dekker ikke dagens behov og er heller ikke tilstrekkelig til å dekke forskning på nye tema knyttet til reduksjon av klimagasser og for forskning på effekter og tilpasninger til endret klima.

På en rekke agronomiske tema er det nærmest ingen pågående aktiv forskning, for noen tema er siste forsøksresultater fra 80- 90 tallet. Selv om en har forskere i systemet som har grunnkunnskap om dette er den ikke del av aktive pågående prosjekter. Det er derfor behov for nye forskningsprogram som fokuserer på agronomisk kunnskap for flere tema. Tema som det i dag ikke er forskning/svært lite forskning på er eks. landbruksteknikk, hydroteknikk, erosjon og jordarbeiding og systemforskning inkludert økonomiske analyser. I utredningen er disse tema ikke prioritert opp mot hverandre. Hovedbudskapet er at det trengs et samlet løft på flere av disse tema for å reetablere aktive forskergrupper og for å sette i gang ny aktivitet.

Styrking av forskning og utdanning for "bedre agronomi" er nødvendig grunnkunnskap både for å kunne planlegge og gjøre tiltak for å redusere klimagassutslippene, men også for å kunne vurdere effekter av endret klima og tilpasse dyrkingssystemer etc. En aktuell strategi er derfor å ha nødvendig grunnkunnskap og tilstrekkelig forskningsaktivitet om agronomi for begge disse formål.

For studier av effekter av endringer og mulige tilpasninger er det særlig viktig med gode forskningsfasiliteter, feltforsøk med lengre måleserier og overvåkingssystemer. En rekke slike forsøksserier mangler nå mer langsiktig finansiering. I tillegg til økt behov for forskning og forskerrekuttering er det derfor også helt nødvendig å se på finansiering av slike forskningsfelter /fasiliteter. Denne utredningen peker på behovet, men det har ikke vært i mandatet å kostnadsberegne dette. Pr. dato er forskningsinfrastrukturen på et lavt nivå grunnet den sterke nedgangen i personressurser og forskningsmidler gjennom de siste 15 årene. UMB og HiHm må styrke det finansielle grunnlaget for å imøtekomme det økte behovet for Ph.D utdanning, mens forskningsinstitutter som Bioforsk må styrke sin satsning på system- og feltrelatert forskning.

Samtidig som det forskes på agronomiske tiltak for å redusere klimagassutslipp bør det derfor også forskes på kostnader og økonomiske rammevilkår slik at det kan vurderes muligheter /begrensninger i få tiltakene gjennomført. Dette er en forutsetning for at tiltak skal tas i bruk og bli akseptert av landbruksnæringa.

Tiltaksrettet forskning for å redusere klimagassutslippene :

Det er behov for **grunnleggende forskning** knyttet til forståelse av prosesser i jorda som regulerer tap av lystgass, samt muligheter for immobilisering av karbon gjennom lagring i jord. Videre bør det utvikles nye og forbedrede metoder for måling av tap av lystgass. Robuste, arbeids- og kostnadseffektive målemetoder er nødvendig både for å forbedre de nasjonale anslagene for tap av klimagasser, og ikke minst for å kunne måle sikre effekter av forsøksfaktorer og praktiske tiltak i landbruket.

Den tiltaksrettede agronomiske forskningen skal ha hovedfokus på tiltak som har størst potensial for **reduksjon i klimagassutslippene**, samtidig som en ivaretar hensynet til produksjon, produktkvalitet og miljø. Dette gjelder:

- Muligheter og metoder for binding av karbon i jord og effekter av dette på tap av lystgass
- Ny kunnskap om næringsinnhold og effektive metoder for utnytting av plantenæringsstoffene i husdyrgjødsel og andre organiske gjødselslag
- Effektiv utnytting av mineralgjødsel, blant annet gjennom bruk av presisjonsgjødning
- Hydrotekniske tiltak som drenering og vanning
- Utvikle alternative jordarbeidingsystemer som bl.a. reduserer problemene med jordpakking
- Utvikling og tilpassing av tilgjengelig teknisk utstyr for norske forhold, der en også tar hensyn til energibruken
- Høy arealproduktivitet gjennom sortsutvikling, sortstilpasning og god dyrkingspraksis
- Effektive metoder for plantevern og ugrasbekjempelse, som sikrer optimal avling.

I tillegg til effekt av enkeltfaktorer må en ha kunnskap om hvordan de virker i helhetlige dyrkingssystemer, både konvensjonelle og økologiske. Vi trenger således **systemforskning** som skal resultere i anbefalinger om bærekraftige dyrkingssystemer for a) planteproduksjon for salgsgrodder, b) grovfôrproduksjon og c) kombinasjoner av disse. Etablererte langvarige forsøk for dyrkingssystemer, gjødning og jordarbeiding vil bli svært verdifulle for både klima- og produksjonsforskningen. Forholdet mellom kostnad og nyttevirkinger er avgjørende for å kunne prioritere nye tiltak på en hensiktsmessig måte. Følgelig må kost-nytteanalyser gjennomføres før aktuelle tiltak tas i bruk i praksis .

Forskning på effekter av endret klima og tilpasninger

Forskningen på **effekter av klimaendringene** med hensyn på tilpasninger og muligheter i norsk plantekultur kan i stor grad knyttes til dyrkingssystemforskningen, men vi trenger også ny kunnskap om konsekvensene av endret klima på:

- Naturgrunlaget for planteproduksjon, der vurdering av overvintringforhold inngår
- Avlings- og kvalitetspotensiale hos tradisjonelle og nye kulturer
- Utbredelsesområde og aggressivitet av gamle og nye skadegjørere

Det forventes økt behov for forskningen på effekter og tilpasning fremover, og det er derfor nødvendig å ha tilstrekkelig grunnaktivitet på en rekke agronomiske felt for å kunne bidra med nye råd om tilpasninger og raskt kunne formidle kunnskap til landbruksnæringa. Det er også viktig å opprettholde innenlands sortsutvikling og planteforedling.

Innen den grunnleggende forskningen har vi et godt etablert kontaktnett og forskningssamarbeid med institusjoner både i Europa, USA (Nord Amerika) og Kina. Her ligger forholdene godt til rette for å være med i forskningsfronten.

Vi har lang erfaring, god kompetanse og gode forskningsfasiliteter innenlands, samt god kontakt mot nordiske og europeiske samarbeidsinstitusjoner innen forskning på optimalisering av agronomiske tiltak med hensyn på avling, avlingskvalitet og miljø. Dette danner et godt grunnlag for arbeid med den tiltaks- og tilpassingsrettede forskningen i tilknytning klimautfordringene. Dette er det alt gode erfaringer med for eksempel i et nylig avsluttet forskningsprogram om effekter av endret klima på overvintringsmuligheter, ugras og sopp sykdommer i gras og korn. Modellering og systemforskning er et område med behov for å bygge opp kompetanse.

Utdanning- forskerrekuttering.

Status:

Høgere utdanning knytta til landbruket har i senere tid hatt en negativ utvikling:

- Mangelfull søkning til Bachelor- og Masterstudier, der spesielt situasjonen i landbruksteknikk er vanskelig fordi svak søkning har gjort det uforsvarlig å opprettholde et eget Masterstudium innen fagfeltet.
- Fagmiljøene i landbruksteknikk trues av at det ikke rekrutteres nok forskere til at utdanningstilbudene kan opprettholdes, noe som også begrenser mulighetene for å videreutvikle utdanningstilbud for å møte de nye utfordringene som klima skaper.
- Situasjonen er også vanskelig for mange av de andre landbruksrelaterte studiene fordi få studenter på programmene gir presset økonomi, som igjen gjør det vanskelig å opprettholde spesifikke masteremner og opprettelse av nye. Dette har gjennom en årrekke ført til at fagmiljøene har blitt uttynnet, og de er sårbare. Studentene har høy lærertetthet fordi de er få, men opplever vanskeligheter fordi emner gis annethvert år, eller at få studenter i klassen virker negativt for læringsmiljøet.
- Med få, og i noen fagområder, ingen MSc kandidater blir det vanskelig å møte behovet for kandidater med høyere grads kompetanse, både til næringslivet og i forskninga. I plantevitenskap uteksamineres det i dag under halvparten så mange kandidater som Bioforsk og Norsk landbruksrådgivning alene etterspør. I tillegg kommer øvrig etterspørsel etter kandidater med kompetanse innen landbruksfagene og innen jord og miljø.

Problemene på utdanningsida forplanter seg til forskninga i tillegg til de utfordringene denne allerede møter:

- Forskerrekutteringen i landbruksteknikk er i praksis fraværende i Norge. Det er for tiden svak søkning til forskerrekutteringsstillinger innen agronomifaget, særlig av norske søkere. Svak finansiering av landbruksforskningen gjør det også usikkert for kandidatene å satse på en karriere innen landbruksforskning, og utsikter til en fast jobb er få.
- Vansker med å skaffe finansiering til enkelte viktige områder innen landbruksrelatert forskning, samt en større andel av midlene låst til forskningsprogrammer, gjør at det blir vanskelig å bygge fagmiljøer med robuste forskergrupper på flere viktige områder. Det har blitt stadig vanskeligere å finne midler til å drifte langtids forsøksfelt (viktige referansepunkt for modellutvikling og måling av endringer i miljøparametre) og oppbygning av moderne infrastruktur for å kunne utføre framtidsrettet landbruksforskning. Dette bidrar til at viktige områder innen norsk landbruksrelatert forskning forvitrer, og situasjonen forverres ytterligere av mangel på nyrekuttering.

Disse utfordringene representerer delvis noen interessante muligheter, fordi det bli bedre muligheter både for master-kandidater og for yngre forskere til å få relevante jobber når mange landbruksakademikere blir pensjonister i åra som kommer.

Anbefalinger og tiltak

Studentrekuttering og studietilbud

- Studentrekuttering til studieprogrammene Plantevitenskap og Miljø- og naturressurser må økes. Dette må skje gjennom en samordna og gjennomtenkt markedsføring der både UMB, departementer og landbruksnæringa bidrar, og ved målretta samarbeid mellom UMB/HiHm og forskningsinstitutter. Støttetiltak fra landbruksnæringa som stipendordninger etc. kan være viktige tiltak.
- Fagmiljøet i landbruksteknikk må styrkes, og studietilbudet kan forbedres gjennom et tettere samarbeid mellom UMB og HiHm. Det anbefales å se studieløpene i landbruksteknikk og plantevitenskap i sammenheng, samordne emner i planteproduksjon og landbruksteknikk ved UMB og HiHm på Bachelor, og gi tilbud om Master i Landbruksteknikk som kan rekruttere både fra UMB og HiHm. Dette forutsetter imidlertid en økt studentrekuttering til Plantevitenskap/landbruksteknikk i forhold til dagens situasjon. Fagmiljøene må styrkes for å kunne videreutvikle mer framtidsretta emnetilbud.

- I dagens emneportefølje ved UMB rettet mot studiene i henholdsvis Plantevitenskap og Miljø og naturressurser er klima og klimaendringer integrert i eksisterende emner som omhandler planteproduksjon og jordlære. Det vil være behov for å gi tilbud om en mer omfattende spesialisering i klima-jord- og planteproduksjon på master-nivå, med klart fokus på klimautfordringene som landbruket står overfor. Det nye masteremnet som er under utvikling ved IPM, "Bærekraftig planteproduksjon" vil være en riktig satsing, og det kan anbefales at klimautfordringene får en klar vektlegging i dette emnet, eller at det tilbys muligheter for videre spesialisering.

Ulike markedsføringsstrategier av de landbruksrelaterte studiene har vært forsøkt ved UMB uten nevneverdig resultat. Vi tror derfor at en mer omforent strategi for rekruttering av studenter er nødvendig.

Viktige markedsførings- og utdanningstiltak er:

- Bedre tilrettelegging for parallelle løp med bredere bachelor- og masterprogram, samtidig som man opprettholder de eksisterende studieprogrammene. Erfaringene ved UMB med en anvendt biologibachelor er oppløftende i forhold til å rekruttere godt kvalifiserte studenter fra videregående skole, men det må jobbes mer målretta for å rekruttere flere av disse til de landbruksrelaterte masterstudiene.

Flere studenter på emner som er relatert til de biologiske og tekniske forholdene knyttet til landbruket gir også rom for å videreutvikle kurstilbudet innenfor de landbruksrelaterte studiene.

Parallelle løp skaper imidlertid ekstra utfordringer i forhold til å sikre en god struktur på masterstudiene i plantevitenskap fordi studentene kommer inn med meget forskjellig bakgrunnskunnskap.

- Utnytte potensiale i bedre markedsføring av sammenhenger mellom matproduksjon - klima- agronomi som aktiv motivasjonsfaktor for å få nye studenter
- Det kan være aktuelt med et mer operativt samarbeid mellom UMB og forskningsinstitutter som eksempel Bioforsk innen utdanningen på høyere nivå. Ansatte ved Bioforsk kan bidra ved undervisning og det er muligheter for at studenter kan delta i konkrete forskningsoppgaver i Bioforsk. Dersom et slikt samarbeid skal etableres og fungere er UMB avhengig av å sikre nødvendig finansiering. Flere andre høyskoler starter/planlegger nå egen utdanning knyttet til agronomi og klima, eks Høgskolen i Nord Trøndelag fra 2010. Høgskolen i Hedmark vil også tilby bachelor studie i agronomi fra 2010. Det kan være aktuelt å samordne tilbud ved UMB og flere av høyskolene.

Tiltak for å gjøre studiene i landbruksrelaterte fag mer attraktive:

- Egne stipendordninger for disse studiene. Yara får allerede en slik stipendordning på plass for studenter innen plantevitenskap, og skogbruksstudiene ved UMB får et lignende opplegg for skogbruksstudenter. Slike ordninger er imidlertid kostbare, og ligger utenfor rammene av hva utdanningsinstitusjonene normalt kan tilby for enkeltstudier. Her er det en klar rolle for næringslivet og organisasjonene innen landbruket, og bedre samarbeid med forskningsinstituttene om f.eks semesteroppgaver og masteroppgaver kan også bidra til å gjøre studiene mer attraktive.
- Bedre synliggjøring av gode jobbmuligheter innenfor de områdene studentene har spesialisert seg. Etablere møteplasser for tidlig kontakt mellom studenter, aktuelle institutter og næringsliv.
- Det er stor utfordring å gjøre landbruk og landbruksrelaterte næringer attraktive for nyrekruttering. Her har også organisasjonene i landbruket ei sentral rolle å spille i forhold profilering og til innspill i nyhetsmedia.
- Større fokus i samfunnet på yrkesløp innen landbruk, bærekraftig utvikling og matproduksjon. Dette er et felles ansvar for landbruksrelatert næringsliv, landbruksorganisasjonene og utdanningsinstitusjonene.

Rekruttering til landbruksforskninga

De uløste oppgavene relatert til klima innenfor den anvendte landbruksforskninga er mange, samtidig som grunnlaget for å løse disse oppgavene fortsatt finnes. Gjennomsnittsalderen på anvendte landbruksforskere øker, og det haster med å bedre forskerrekrutteringa til de landbruksrelaterte fagene. Det er derfor behov for en kraftig opptrapping av forskerutdanning innen agronomiske fag og

landbruksteknikk. Dette fordrer bedre tilgang på kvalifiserte mastergradsstudenter enn det som er tilfellet i dag, jfr. avsn. 5.3.1 Men en god og effektiv forskerutdanning må være forankret i forskningsprosjekter og kompetent vitenskapelig personell innen fagområdet. Ved UMB har det over de siste årene vært en betydelig reduksjon i antall faste vitenskapelige stillinger innen landbruksteknikk og jord- og plantekultur, og flere sentrale områder er i dag uten fast vitenskapelig personell. Det er behov for å få på plass en langsiktig strategi for å styrke fagområdene, både med hensyn på personell og forskningsmidler, for å kunne møte de framtidige behovene for forskerutdanning innen disse områdene. Rekruttering av masterstudenter til forskerutdanningen henger også sammen med hvilke karrieremuligheter som tilbys etter endt PhD utdanning. Disse mulighetene har i en periode vært vanskelige innen landbruksfagene, da det har vært få muligheter til faste stillinger samtidig som det har vært vanskelig å få forskningsmidler til agronomiske tema.

Tiltak:

- På kort sikt vil det være viktig å ta vare på dyktige forskere som er i systemet gjennom å forbedre tilgangen på forskningsmidler til agronomiske tema og landbruksteknikk
- Få på plass en langsiktig strategi for både å styrke fagområdene med nødvendige vitenskapelige stillinger, med forskningsinfrastruktur og med forskningsmidler.

Utredningen har vist at det er et stort behov for en styrket og samlende innsats for bedre agronomi. Det innebærer styrking både av studietilbudet (innhold og omfang i kurs som tilbys) og av markedsføring for å kunne minst doble kandidatutdanningen. Samtidig må forskningsinnsatsen økes både for den anvendte og den mer grunnleggende forskning. Resultatene fra forskningen må også komme ut til næringen, både de anvendte resultatene for å redusere klimagassutslippene, men også for tilpasninger til fremtidig endret klima, og også til utnyttelse av de positive muligheter. Denne utredningen har ikke hatt som formål å tallfeste hva en slik satsing vil koste. Et hovedbudskap må likevel være at det kreves en koordinert og samlende innsats på flere nivåer for at det skal bli et nødvendig løft som monner med et større løft for agronomien generelt.

2. Innledning

2.1 Formål

Formålet med utredninga er i følge anbudsutlysninga:

Med utgangspunkt i eksisterende utredninger og ny kunnskap skal utredningen gå gjennom hvilke agronomiske muligheter og utfordringer jordbruket står overfor for å nå målene om lavere utslipp av klimagasser. Den skal skissere hvor det er behov for målrettet FoU-innsats, og komme med forslag til hvordan man kan sikre forskerrekruttering innen landbruksteknikk og andre viktige områder av agronomien der studenttilgangen nå er for lav.

2.2 Bakgrunn

I følge Stortingsmelding nr. 39 (2008-2009) *Klimautfordringene - landbruket en del av løsningen*, er målsettingen at landbruket skal redusere utslippene av klimagasser tilsvarende 1.1 millioner tonn CO₂-ekvivalenter innen 2020. Slike omfattende reduksjoner krever tilgang på ekstra kompetanse og kunnskap som kan gjøre helhetsvurderinger av sammenhengene mellom agronomi, produksjonssystemer og utslipp av klimagasser fra landbruket.

Den lave rekrutteringa til landbruksfagene de siste åra kan skape problemer for landbruket med å skaffe denne kompetansen på sikt. I forhold til å skaffe ny forskningskompetanse ser en allerede omrisset av disse problemene. Dette gjør det nødvendig å se studentrekruttering, forskerutdanning, etterutdanning og forskning i sammenheng.

2.3 Føringer for og avgrensninger i utredninga

Anbudsteksten har et sterkt fokus på "agronomi" og behovet for helhetsløsninger. Utredninga belyser derfor hvilke muligheter og begrensninger som er av størst betydning for at jordbruket skal nå målet om reduserte klimagassutslipp gjennom bedre agronomi og tekniske løsninger. Det gjelder eks tiltak som omfatter presisjonsjordbruk, nye gjødslingsteknologier, endringer i gjødslingspraksis, utnyttning av husdyrgjødsel og restmateriale fra biogassproduksjon.

For utdannings- og forskerrekruttering bygger utredninga både på erfaringer fra Norge og andre nordiske land, bl.a. for å få et bedre grunnlag for prioritering av hvilke kurs og undervisningsoppgaver som må tilbys i Norge, hvilke oppgaver der forholdene ligger best til rette for samarbeid, og hvilke oppgaver og kompetanse det er uproblematisk å skaffe internasjonalt.

Rammevilkåra for landbruket, og spesielt økonomien i ulike produksjoner, vil sette føringer for bruksstruktur og omfang av landbruket i Norge. Bruksstrukturen er viktig i forhold til hvilke tekniske løsninger som er (mest) foretaksøkonomisk lønnsomme. I den grad tekniske løsninger ikke er foretaksøkonomisk lønnsomme, så vil dette kreve ulike virkemidler. Fra den generelle klimapolitikken vet vi at bruken av avgifter eller omsettelige kvoter på klimagassutslipp foretrekkes (bl.a. ut fra "forurenseren skal betale" prinsippet), og at det er stor skepsis til bruk av subsidier til gjennomføring av tiltak på enkeltforetak. Utredningen forutsetter at hovedlinjene i dagens landbrukspolitikk videreføres. Store endringer i landbrukspolitikken vil kunne føre til helt andre kompetansebehov enn det som er lagt til grunn for formålet med denne utredningen.

Avgrensninger i utredninga:

Mandatet i anbudsteksten er avgrensa til klima og landbruk med spesiell vekt på agronomi. Tema knytta til drøvtyggere og utslipp av metan er derfor ikke inkludert i denne utredningen

Utredninga vil ikke ta for seg konkret lokalisering av nødvendig infrastruktur. Her vil vi vise til eksisterende utredninger.

Utredninga ser ikke på "muligheter og trusler for norsk landbruk i endra klima". Nye vekster og nye produksjonssystem tas opp som deltema innenfor agronomien, men dette er mest for å se hvilke produksjoner, vekstskifter og system en skal tenke og utrede reduksjon av klimagasser fra.

2.4 Organisering av utredningsarbeidet og av rapporten

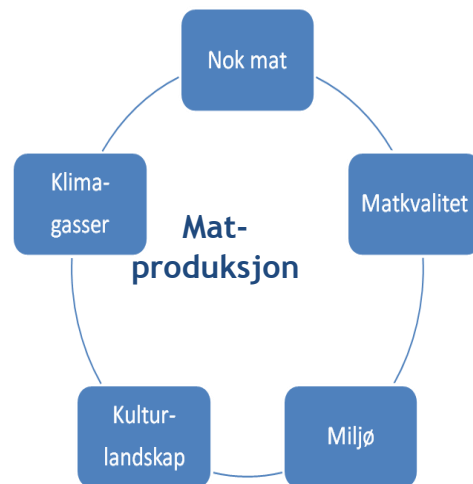
Utredninga er gjennomført som et samarbeid mellom Bioforsk, Universitetet for miljø- og biovitenskap (UMB) og Høgskolen i Hedmark (HiHm).

I kapittel 3 ser vi kort på klima og landbruk. Kapittel 4 tar for seg de konkrete forskningsmessige utfordringene innen landbruket som følge av klimaendringer fram mot 2020. I kapittel 5 ser vi på en del av de generelle utfordringene som møter landbruket med omsyn til forskning og undervisning. Kapittel 6 omhandler hvordan næringen kan bli bedre involvert.

3. Kort om klima og landbruk

Flere offentlige dokumenter understreker at matproduksjon er det overordna målet for norsk landbruk. I tillegg har dagens jordbruk mange andre funksjoner i samfunnet; maten som produseres skal ha riktig kvalitet, produksjonen skal foregå en miljømessig forsvarlig måte og bidra til en positiv utvikling av kulturlandskapet og andre fellsgoder. I tillegg til dette skal jordbruket være en viktig del i arbeidet med å løse klimautfordringene i samfunnet (St.meld.nr. 39).

Klimagass utslippene fra jordbruket er beregnet til totalt 4,8 mill. tonn CO₂-ekvivalenter; fordelt med 2,2, 2,1 og 0,5 mill tonn fra henholdsvis metan, lystgass og fossile energikilder til brensel og drivstoff. De totale utslippene fra landbruket utgjør 9 % av de totale nasjonale utslippene. For metan og lystgass utgjør tapene fra landbruket hele 50 % av de nasjonale utslippene av disse gassene, og disse gassene utgjør 90 % av de totale tapene fra jordbruket (Utslippsregnskapet til Klima og forurensningsdirektoratet, tidligere SFT og SSB).



I denne rapporten drøfter vi hvordan vi ved hjelp av agronomisk kunnskap og nødvendig kompetanse kan bidra til å nå de nasjonale målene om å redusere klimagassutslippene fra norsk landbruk med 1,1 mill. tonn CO₂-ekvivalenter, samtidig som produksjonen av mat og andre kollektive goder knyttet til landbruket opprettholdes, eller helst økes over tid.

3.1 Klimaendringer og økonomiske rammevilkår for landbruket

Klimaforskning innenfor landbruket skal finne mulige måter å redusere klimagassutslippa på samtidig som produksjonen av mat og andre kollektive goder knyttet til landbruket opprettholdes. Praktiske tiltak som følger av denne basisforskninga må imidlertid være forenlig med de økonomiske rammene sektoren møter i åra som kommer. Dette er en utfordrende oppgave. Norske gardsbruk er vanligvis små sammenligna med det man finner i mange andre land, og lønnsnivået i Norge er gjennomgående høyere enn i andre land. Dette gjør det ekstra påkrevet at investeringene ikke skal koste for mye pr. produsert enhet, og at de valgte tiltak ikke skal føre til nevneverdig økning i arbeidsinnsatsen. Nyttekostvirkningene av nye tiltak må derfor undersøkes før de implementeres i praksis. Nødvendigheten av dette blir også blir fremhevet i Klima- og forurensningsdirektoratet sin rapport fra Klimakur 2020 (2010).

Klimatiltak kan grovt deles i to hovedgrupper:

1. Endra driftsmetoder og agronomisk praksis som i hovedsak omfatter delelige innsatsfaktorer (f.eks. hvor mye det skal gjødsles med eller areal til ulike vekster), og tiltak som ellers er nødvendig for å opprettholde produksjonsevnen (f.eks. grøfting).
2. Investeringer i nytt produksjonsutstyr som ikke er delelige (f.eks. traktorer, maskiner og bygninger).

Full vurdering av kostnadseffektiviteten er først mulig etter at tiltak har blitt gjennomført på de enkelte bruk. Modellbrukstilnærminger gjør det mulig å komme med anslag for kostnadseffektiviteten av ulike tiltak før de settes ut i praksis. Slike beregninger er imidlertid usikre, bl.a. fordi man ikke kan fange opp all variasjon i praktisk tilpasning gjennom modeller. Dette er ikke et argument mot modellbruksanalyser, snarere tvert imot: modeller gir et godt innblikk i hvordan man kan forvente at ny teknologi og driftsmetoder fases inn i landbruket.

3.2 Klimagasser i atmosfæren

3.2.1 Kunnskapsstatus

Bakgrunn

Jordbruk og industri har utvilsomt forårsaket økt konsentrasjon av lystgass (N_2O) og metan (CH_4) i atmosfæren, og det er grunn til å tro at den vil komme til å øke ytterligere i lang tid fremover. Forbrenning av fossile hydrokarboner forårsaker store utslipp av CO_2 , og er dermed et bidrag til økningen av CO_2 i atmosfæren. Atmosfærisk CO_2 er imidlertid hovedsaklig styrt av netto-utvekslingen av CO_2 mellom økosystem og atmosfære, og dette systemet inneholder sterke tilbakeføringsmekanismer. Årsakssammenheng mellom antropogene utslipp og akkumulasjon i atmosfæren er derfor vanskeligere å fastslå for CO_2 enn for CH_4 og N_2O .

Den pågående økningen av N_2O og CH_4 i atmosfæren skyldes menneskelig aktivitet

Korrelasjon mellom atmosfærisk N_2O -konsentrasjonen og befolkningsvekst/industrialisering er godt dokumentert. Atmosfærens konsentrasjon av N_2O har vist en jevn økning siden 1950, målinger av N_2O i ung is (≤ 50 år) samsvarer med målinger i atmosfæren (Ishijima *et al.* 2007), og analyser av eldre is viser at dagens konsentrasjon overstiger «is-historisk» nivå - det vil si den delen av atmosfærens historie som kan leses ved analyser av iskjerner. Årsaken til at N_2O øker med befolkningsvekst og industrialisering er ganske åpenbar, og er naturlig knyttet til at nitrogen er nødvendig for å produsere mat. Gjennom jordbruk og industri tilfører vi biosfæren store mengder biologisk tilgjengelig nitrogen i form av NO_x fra forbrenning (28 Tg pr. år), syntetisk nitrogen gjødsel (90 Tg pr. år) og biologisk nitrogenfiksering (30 Tg pr. år). Den samlede effekten av dette er en doblet strøm av nitrogen inn i biosfæren i forhold til prehistorisk nivå (Holland *et al.* 2005). Vi «blåser opp» biosfærens nitrogenreserver, og en stor del av dette nitrogenet vil før eller siden returnere til atmosfæren i form av N_2 , N_2O og NO (se figur). Denne tilbakeføringen er en bakteriell prosess, og blandingsforholdet N_2 / N_2O / NO varierer med miljøbetingelser og bakteriefloraens sammensetning.

Det samme gjelder for CH_4 . Atmosfæren tilføres beviselig store mengder metan fra drøvtyggende husdyr og fra gjødsel-lagring, og det er liten vil om at denne bidrar sterkt til CH_4 -innholdet i atmosfæren (Moss *et al.* 2000).

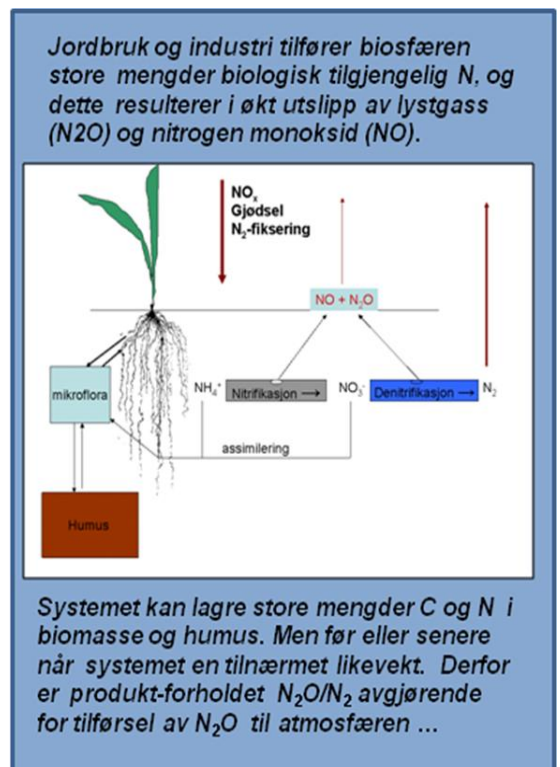
Økningen av N_2O vil fortsette

Det er ingen grunn til å tro at vi kan skape et « N_2O -nøytralt» samfunn; vi må akseptere at N_2O -utslippene til atmosfæren i overskuelig framtid langt overstiger prehistorisk nivå. Videre er det ingen grunn til å tro at drastiske tiltak vil gi umiddelbar effekt. Store deler av biosfæren er allerede sterkt påvirket og vil i mange tiår fremover slippe ut mer N_2O enn i prehistorisk tid selv om den menneskelige påvirkning opphørte (Bakken & Bleken 1998). Det er nok heller slik at N_2O -utslippene vil øke i mange år fremover som følge av økt global befolkning, økt matproduksjon og velstand.

Hvorfor er N_2O så uløselig knyttet til menneskelig aktivitet?

Siden vi for 10-12 tusen år siden mistet vår økologiske uskyld ved å begynne med jordbruk, har vi systematisk manipulert en økende andel av landbaserte økosystem: skoger brennes/hugges og erstattes med ettårige vekster som forutsetter mekanisk bearbeidelse av jordsmonnet. Dette er en forstyrrelse som i seg selv fører til økt utslipp av N_2O fordi det stimulerer nitrifikasjon, men også fordi lageret av organisk nitrogen mobiliseres. Mange av de gamle jordbruksystemene har bidratt til at jordsmonnet utarmes og livsgrunnlaget forringes. Jordbrukshistorien er i det hele tatt svært lite ærerik sett fra et bærekraftsperspektiv.

Nitrogen var i tidlige jordbrukskulturer en minimumsfaktor, og problemet ble løst ved stadig flytting (svibruk). Men denne barrieren ble delvis brutt ved dyrking av planter med symbiotisk nitrogenfiksering. Industriell framstilling av reaktivt nitrogen («kunstgjødsel») representerte det endelige gjennombruddet. Introduksjonen av Haber-Bosch metoden for reduksjon av atmosfærisk N_2 til



ammoniakk åpnet himmelens sluser, og har resultert i en radikal endring av agroøkologiske system og den «humane nitrogensyklusen». Industriell reduksjon av N_2 til ammoniakk bidrar i dag til ca. tre fjerdedeler av det globale jordbrukets N-forsyning. Mengden og andelen vil med stor sannsynlighet øke. Økologisk jordbruk vil kunne bremse på utviklingen, men vil i så tilfelle medføre økt biologisk N fiksering. Det er imidlertid stor usikkerhet både om hvor mye økologisk landbruk vil komme til å bety i global sammenheng og hva konsekvensene av økt biologisk N fiksering vil bli på de totale lystgassutslipp - ikke minst sett i forhold til konsekvensene av overgang til økologisk landbruk for den totale matproduksjonen.

Mulige tiltak for å redusere utslipp av N_2O

Direkte og indirekte utslipp av N_2O fra jordbruk vil kunne reduseres ved alle tiltak som effektiviserer utnyttelsen av tilført N og som reduserer tap av nitrogen til omgivelsene (tap av ammoniakk fra husdyrgjødsel og utvasking av nitrat fra jorden). Et åpenbart tiltak er å redusere gjødselmengden der det i dag tilføres for mye nitrogen. Et visst nitrogentap og direkte utslipp av N_2O vil likevel ikke være mulig å unngå ved planteproduksjon.

N_2O produseres av nitrifiserende og denitrifiserende bakterier. I den senere tid er det gjort store fremskritt i forståelsen av disse bakterienes økologi og hvordan de regulerer utslippet av N_2O og NO. Enkelte grupper av bakterier er lite effektive, og produserer mye N_2O . Andre har overproduksjon av enzymet N2OR som reduserer N_2O til N_2 , og bidrar derfor til redusert utslipp av N_2O (Bergaust 2009). Sammensetningen av mikrofloraen kan derfor ha en betydning for utslippet (Bakken & Dörsch 2007), og i teorien kunne vi redusere N_2O utslippet ved å endre mikrofloras sammensetning. Vi vet også at produksjon av enzymet N2OR hemmes sterkt av lav pH (Liu et al. 2010, Bergaust et al. 2010), hvilket forklarer hvorfor sur jord later til å slippe ut mer N_2O enn basisk jord (Mørkved 2006). Dette indikerer at man kunne redusere emisjon av N_2O utslippet ved å heve pH i jorden, men det empiriske belegg for denne hypotesen er foreløpig marginalt (Zaman et al. 2007). Eksempelene viser at grunnleggende forskning kan åpne for nye tiltak mot N_2O emisjon, men disse må prøves ut under realistiske forhold (feltforsøk).

Målemetoder for lystgass

Behovet for kvantifisering av hvor mye N_2O som slippes ut fra ulike deler av dagens jordbruksproduksjon er åpenbart:

- Det er et generelt behov for bedre estimater for å forklare den pågående akkumulasjon i atmosfæren, for å evaluere N_2O emisjonens rolle i det nasjonale klimaregnskapet.
- Det er behov for bedre kvantifisering av utslippene som funksjon av ulike jordbrukspraksis. Den rådende usikkerhet på dette området fører til a) usikre nasjonale estimater og b) manglende tillit til virkningen av antatte tiltak for å redusere N_2O .

Den manglende dokumentasjonen for virkningen av antatte tiltak mot N_2O (som f.eks redusert tilførsel av organisk materiale) fører til at slike tiltak ikke krediteres i det nasjonale klimagassregnskapet. En kan heller ikke beregne kostnadseffektivitet så lenge en ikke har tall på effekter. En konsekvens er også manglende vilje til å gjennomføre tiltakene.

Det ligger en betydelig skjevfordeling av hvilken type tiltak mot N_2O som faktisk er undersøkt. I oppsummeringen av mer enn 1000 studier av N_2O emisjonen finner Stehfest & Bouwman (2006) en positiv sammenheng mellom gjødselnivå og N_2O emisjon, hvilket ikke er så merkelig tatt i betraktning at et flertall av disse eksperimenter inkluderer nitrogengjødsling som en forsøksvariabel. Materialet inneholder en betydelig variasjon som ikke forklares av nitrogen-nivået. En rekke andre mulig tiltak kommer svakere ut som forklaringsvariabler, men dette kan faktisk skyldes at de i langt mindre utstrekning er inkludert som forsøksvariabler.

Metodene for å kvantifisere N_2O emisjon fra landbruksarealer er generelt svært ressurskrevende. Det eksisterer to tilnærminger for å måle N_2O -emisjon:

- *Kammermetoden* måler emisjon fra små arealer (typisk 0.5-1 m²) ved å dekke jordoverflaten med et kammer og måle økningen i konsentrasjon over en periode på 10-30 minutter. Metoden er velprøvet og gir plausible resultater, men den er ekstremt arbeidskrevende.
- *Mikrometeorologiske* metoder utnytter gradienter i atmosfæren over jordoverflaten til å estimere emisjon. Dette kan gjøres ved å ta prøver i ulike høyder, eller ved å måle konsentrasjonsforskjeller mellom oppadgående og nedadgående "luft-pakker". Samplingen gjøres normalt fra faste installasjoner (tårn) i landskapet, men for måling av emisjonen fra større arealer kan også fly anvendes (Desjardins et al. 2009).

Fordelen med kammer-målinger er at den måler over veldefinerte arealer. Den er i praksis den eneste metoden som er egnet for felteksperimenter. Grunnen til dette er at alle tilgjengelige mikrometeorologiske metoder måler fra relativt store arealer (som regel > 1 ha). Fordelen med mikrometeorologiske metoder er at man kan måle kontinuerlig over lange tidsrom. Ulempen for agronomisk forskning på tiltak mot N₂O emisjon er at det typiske forsøksarealet for ulike behandlinger av praktiske grunner er langt mindre enn målearealet. Dessuten er kostnadene for et enkelt tårn så stor at det sjelden lar seg gjøre å installere mer enn et fåtall tårn.

Nye metoder

Instrumentering for måling av gasser i atmosfæren er i rivende utvikling, og forholdet mellom ytelse og pris forbedres stadig. Det er derfor sannsynlig at det innenfor en tidshorisont på 5-10 år vil utvikles mikrometeorologiske teknikker som er anvendelige for agronomiske felteksperimenter. Innenfor samme tidshorisont kan vi forvente at kammermetoden gjøres langt mer anvendelig ved robotisering av operasjonen.

3.2.2 Forskningsbehov for lystgass

Kvantifisering av utslipp

Norske myndigheter har et behov for å dokumentere dagens utslipp og eventuelle endringer av dette som følge av tiltak (f.eks redusert gjødslingsintensitet, bruk av organiske gjødselslag og grønngjødsling, endret jordstruktur, kalking).

Norske forskningsinstitusjoner står foreløpig svakt rustet til å takle denne oppgaven; kapasiteten for feltmåling av N₂O-emisjon er helt marginal, og det ville kreve svært store investeringer i utstyr og arbeidskraft om man skulle kunne måle årlig emisjon fra de mest relevante dyrkningssystemer ved tradisjonelle metoder (kammer-måling med gasskromatografisk analyse av N₂O).

Et alternativ kunne være å basere utslipps-estimer på simuleringsmodeller, men tilgjengelige modeller for beregning av N₂O-utslipp har foreløpig betydelige svakheter som gjør det høyst usikkert å beregne utslipp som funksjon av agronomiske tiltak. Svakheten ligger dels i at modellene overforenkler, og dels i at de er basert på feilaktige antagelser og foreldet kunnskap (Bakken & Dörsch 2007). Beregning av de jordfysiske forholdene, primært fuktighets-status og porefordeling er en utfordring uansett modellens øvrige styrker og svakheter, fordi dette kontrollerer fordeling av oksygen og diffusjon av N₂O.

Det er behov for bedre modeller og/eller bedre kalibrering ved hjelp av emisjonsmålinger. Nye forskningsprosjekter bør derfor integrere grunnleggende forskning på virkningsmekanismer, modellutvikling, og empirisk måling av N₂O-emisjon i relevante feltforsøk. Feltforsøk i en slik sammenheng må nødvendigvis inkludere eksperimenter som er godt instrumentert for å kvantifisere øvrige deler av nitrogen-syklus (denitrifikasjon, tap av nitrat, nitrogenopptak i planter osv.). En nasjonal satsing på dette området vil derfor forutsette deltagelse av flere institusjoner for å kunne dra nytte av eksisterende kompetanse og infrastruktur når det gjelder agronomi, felteksperimenter, jordfysikk, mikrobiologi og måleteknikker.

Det er også behov for ny metodikk for feltmåling av gassemisjon fra feltforsøk. Måling med mikrometeorologiske teknikker (gradientmåling fra tårn) er ikke egnet. Tradisjonell kammermetodikk er alt for kostbar for å gjennomføres i stor skala i et høykostland som Norge. Instrumenter for hurtige gassmålinger er imidlertid inne i en rivende utvikling, og det samme gjelder robotiseringsteknologi. Et prosjekt som kobler slike "emerging technologies" for å utvikle effektiv teknologi for overvåking av gassutveksling mellom jord og atmosfære ville representere et løft for N₂O-forskningen. Igjen ser vi konturene av en nasjonal satsing fordi dette ville forutsette et tett integrering av institusjoner med kunnskap og infrastruktur på atmosfærekjemi, automasjon, detektorer, biologi og agronomi/økologi.

Biologisk forskning

Nøkkelen til bedre forståelse og oppfinnelse av nye tiltak for å redusere N₂O emisjon fra matproduksjon ligger i grunnleggende forskning på de organismer og prosesser som faktisk produserer gassen. Norsk forskning på dette området har høy kvalitet, men er av ganske lite omfang foreløpig. Det er behov for å sikre en videre utvikling av dette feltet.

3.2.3 Nasjonal kompetanse - internasjonalt samarbeid

Nasjonal kompetanse

Feltforsøk

Bioforsk og UMB har samlet god kompetanse og betydelig infrastruktur for å drive forskning på nitrogenomsetning og nitratutvasking fra planteproduksjonen. Bioforsks forskningsstasjoner har omfattende feltvirksomhet for undersøkelser av nitrogenopptak i planter og utvasking av nitrat. Dette er en god plattform for studier av N₂O-emisjon og ammoniakktap.

Emisjonsmåling

Infrastruktur for emisjonsmåling (gasskromatografi) med kammermetodikk er vel etablert på UMB, og denne betjener for tiden flere pågående prosjekter på UMB og Bioforsk. Kapasiteten er imidlertid for liten for å dekke forventet behov i nær fremtid.

Utvikling av ny teknologi for mer effektiv måling med Tunable Diode Laser (TDL) er i gang, og forventes å komme i drift i løpet av 2010. Dette legger grunnlaget for robotisering av feltmålinger.

Mikrometeorologisk måling av gassemisjon har ingen sterk stilling i Norge. Det eksisterer for tiden bare ett tårn for eddy-covariance måling (Bioforsk i samarbeid med NILU og Smithsonian Institute, Washington). Dette er lokalisert på Andøya og måler CO₂ med eddy covariance metoden (oppstart 2008) og vil også inkludere CH₄). Det foreligger planer om bygging av ett eller flere tilsvarende tårn som vil integreres i et europeisk nettverk av tilsvarende installasjoner (ICOS). Intensjonen med dette er å kartlegge emisjonen innenfor representative økosystem i Europa.

Biologisk forskning på lystgass

Emisjon av lystgass er et resultat av mikrobielle N-transformasjoner i vann, sedimenter og jord. Mengden lystgass som slipper ut til atmosfæren bestemmes i hovedsak av denitrifiserende bakteriers økologi og regulatoriske biologi. Forskningen på dette området er i rivende utvikling, og Norge tar aktivt del i denne utviklingen gjennom det arbeidet som drives av UMB Nitrogen Group (www.umb.no/nitrogengroup/). Denne gruppen har utviklet ny robotiseringsteknologi for effektiv fenotyp-karakterisering (gasskinetikk) og molekylærbiologiske genotyping og transkripsjonsanalyser. Forskningen har et stort potensial for å øke forståelsen av hvordan lystgassemisjonen reguleres, og for å finne frem til nye metoder for å avdekke eventuelle muligheter for å redusere utslippet.

Internasjonalt samarbeid

Europa og USA: UMB Nitrogen Group har et omfattende uformel samarbeid med et nettverk av ledende europeiske biokjemiske og mikrobiologiske grupper som arbeider med nitrogen transformasjoner. Nettverket har årlige møter, og søker aktivt for finansiering av systembiologisk forskning på dette området.

Kina: UMB Nitrogen Group har et omfattende samarbeid med Kina om forskning på denitrifikasjon og lystgass. Den norske delen av dette samarbeidet er finansiert av et NFR-prosjekt, som også finansierer årlige møter og uveksling av PhD studenter og gjesteforskere, samt bistand til å bygge inkubasjonsroboter i Kina. Øvrig virksomhet i Kina innenfor prosjektet er finansiert av kinesiske prosjekter. Deltagende kinesiske partnere er China Agricultural University Beijing, China Academy of Sciences og Jiao Tong Shanghai University.

4. Kunnskapsstatus og forskningsbehov innen agronomi

Dette kapitlet omhandler agronomiske tiltak uavhengig av driftsmåte. Den agronomiske kunnskapen skal ligge til grunn for videre utvikling av både konvensjonelle og økologiske driftsmåter.

4.1 Karbonbalanse

4.1.1 Kunnskapsstatus

Bakgrunn

Innhold av organisk karbon spiller en viktig rolle for flere av jordas funksjoner og egenskaper og er den mest brukte indikatoren for jordkvalitet. Karbon i jord inngår også som en viktig del av det globale karbonkretsløpet. Det totale innholdet av karbon i jord er ca. tre ganger større enn innholdet i atmosfæren eller i all biomasse på landjorda.

Den totale karbonmengden i dyrket jord i Norge er estimert til ca. 200 millioner tonn (Grønlund *et al.* 2008a). Vi har sikre indikasjoner på at det tapes betydelige mengder karbon fra dyrket myr og fra jord med ensidig åkerdyrking. Vi vet også at dyrking av gras og vekster med stort og dypt rotsystem kan bidra til å opprettholde eller øke karboninnholdet i jord (Rasse *et al.* 2005). Røtter og andre planterester er den viktigste kilden til karbon i jorda. God agronomi som fører til god plantevekst vil også bidra til å opprettholde et optimalt karbon-innhold.

Mulighetene til å øke innhold av organisk materiale i jordbruksjord i Norge er begrenset. De totale klima- og miljøeffektene av å øke innholdet av organisk karbon i minearaljord utover det som er optimalt for jordkvalitet er også tvilsomme. Alternativ bruk av tilført organiske materiale som for eksempel halm kan være energiproduksjon (fermentering eller forbrenning), som kan gi en direkte substitusjon av fossilt brensel. Netto-effekten av dette på atmosfærisk CO₂ er langt større enn virkningen av å spre det på jorden (etter 2-3 år er 90% av karbonet mineralisert til CO₂). Gevinsten av økt karbonbinding kan i noen tilfeller bli oppveid ved økt utslipp av lystgass, som har en langt sterkere global oppvarmingseffekt enn den "kjølede" effekten av CO₂-fjerningen. Det er derfor viktig at en i forskningen om karbon i jord også ser på nitrogenomsetningen og tap av nitrat og lystgass.

4.1.2 Forsknings- og utviklingsbehov

Det har vært gjort lite forskning i Norge på mulighetene for karbonbinding i jord. En har derfor utilstrekkelig oversikt over forskningsbehovet, men kunnskapshullene ser ut til å være særlig store innenfor følgende områder:

Karbonbalanse i mineraljord ved åker og engdyrking

Åkerdyrking representerer fare for karbontap som følge av kortere sesong med plantedekke og jordarbeiding som fører til raskere nedbryting av organisk materiale og erosjon. Nedgangen i karboninnholdet antas å avta når innholdet nærmer seg ny likevekt mellom tilførsel og tap, men et varmere klima kan føre til ytterligere nedgang (se også kap. 4.3 Jordarbeiding).

Gras har evne til å stabilisere og øke karboninnholdet i jord, men vi har ingen kunnskap om hvorvidt det fortsatt bindes karbon i langvarige grasbestand i eng og beite eller om innholdet er i likevekt. Det er også stor usikkerhet om hvordan beiting påvirker karboninnholdet i jord sammenlignet med skogsjord. Påvisning av endringer i karboninnholdet med eksisterende prøvetakings- og analysemetodikk er kostbar og er lite egnet til å registrere endringer over kort tid.

Prioriterte forsøksspørsmål:

- Helhetlig forståelse av jordkvalitet, matproduksjon, vekstvalg, karbonlagring og utslipp av klimagasser.
- Effekt av alternativ jordarbeiding, fangvekster og omløpssystemer på karboninnholdet i jord.

- Effekt av klimaendring på karboninnholdet i jord.
- Metodikk for måling og analyser av endringer i karboninnholdet i jord.

Konsekvenser av dyrking av myr

Drenering og dyrking av myr fører til synking av torvlaget, nedbryting av det organiske materialet og store tap av CO₂ og N₂O. Dyrket myr er den største kilden til karbontap og CO₂-utslipp fra jordbruket. Estimater av karbontap fra dyrket myr i Norge er gjort på grunnlag av eldre målinger av myrsynking og endringer i askeinnhold i dyrkingsfelter langs kystene fra Sørlandet til Trøndelag, samt måling av gassfluks over to sesonger på en lokalitet i Bodø (Grønlund *et al.* 2008b). Dagens utslipp kan antas å ha gått ned som følge av mer omsatt torv og høyere mineralinnhold. Estimatenes for tap er derfor svært usikre.

Arealet av dyrket myr i drift i dag er bare om lag halvparten så stort som det arealet som er rapportert nydyrket de siste 100 årene. En del av den dyrkede myrjorda har blitt omdannet til mineraljord som følge av torvsvinnet. Men det er også sannsynlig at et omtrent like stort areal kan være tatt ut av drift. Det er grunn til å anta at dyrket myr fortsatt vil bli tatt ut av drift i framtida på grunn av vanskelige dyrkingsforhold, f. eks. tynt torvlag som ligger direkte på fjell eller problemer med drenering som følge tett torvlag eller for lav beliggenhet i forhold til større sjøer og elveløp. Undersøkelser fra andre land har vist at tidligere dyrket myr kan være en betydelig kilde til utslipp av CO₂ og N₂O mange år etter at dyrkingen opphørte.

Restaurering av myr innebærer tilbakeføring til naturtilstand gjennom tiltetting av grøfter og gjenetablering av myrvegetasjon på tidligere torvtak og dyrket myr. Til nå har restaurering av myr hovedsakelig vært brukt som tiltak for å gjenskape det opprinnelige biologiske mangfoldet og hindre erosjon på tidligere torvtak. Det regnes også for å være et effektivt tiltak for å stanse nedbrytingen og bygge opp karbonlageret i tidligere dyrket myr. Potensialet for karbonbinding er stort, men høyere vanninnhold og anaerobt miljø kan også føre til økte utslipp av metan. I Norge kan restaurering være et aktuelt tiltak på dyrket myr som er tatt ut av drift på grunn av vanskelige dyrkingsforhold.

Prioriterte forskningsoppgaver:

- Estimering av karbontap fra dyrket myr, betinget av myrtype, klima, dyrkingspraksis og alder av dyrkingsfelt. Det er særlig behov for analysemetoder for å kvantifisere det totale tapet og fluxmålinger for å estimere det aktuelle tapet.
- Dyrkings- og dreneringsmetoder som kan redusere karbontapene fra eksisterende dyrket myr.
- Estimering av hvor store arealer av dyrket myr som er tatt ut av drift og alternative måter for etterbruk av myr som er tatt ut av drift, f. eks. restaurering, skogplanting eller dyrking av energivekster.
- Optimalisering av klimagassbalansen, for å øke karbonbindingen i jord og biomasse og redusere klimagassutslippene.
- Effekter av torvegenskaper, grunnvannsstand og myrvegetasjon på karbonbinding og utslipp av CH₄ og N₂O.

Biokull som klimatiltak og jordforbedringsmiddel

Biokull er forkullede rester av biomasse, f. eks. halm, trevirke og skogsavfall, med høyt innhold av karbon. I motsetning til fersk biomasse, hvor mesteparten brytes ned i naturen i løpet av få år, er biokull svært motstandsdyktig mot nedbryting. Biokull kan produseres ved pyrolyse, som innebærer oppvarming til 500-600 °C ved lav oksygentilgang, hvor opp til 50 % av karbonet i biomassen omdannes til biokull og ca. 30 % omdannes til bio-olje, hvor om lag halvparten kan brukes som biodrivstoff (Lehmann 2007, Lehmann & Joseph 2009).

Ved produksjon av biokull brytes det naturlige karbonkretsløpet, slik at karbon bundet gjennom fotosyntesen ikke brytes ned, men kan lagres i jord i svært lang tid. På grunn av den høye stabiliteten kan produksjon av biokull betraktes som "karbon-negativ", siden den bryter syklusen hvor nedbryting av plantemateriale fører til utslipp av CO₂ som er bundet gjennom plantevekst. Bruk av biokull anses for å være den teknologien som har størst kapasitet for å omdanne store mengder biomasse til stabilt karbon i jord og det klimatiltaket innenfor jordbruket med størst potensial for utslippsreduksjon. Interessen for biokull som klimatiltak og jordforbedringsmiddel har derfor økt sterkt de siste par årene over store deler av verden.

Biokull har stabil kjemisk struktur, stor spesifikk overflate og stor kjemisk bindingsevne. Det antas derfor at tilførsel av biokull kan ha positiv virkning på flere viktige egenskaper i jord, som bedre vannlagringsevne, lagring av næringsstoffer, redusert fare for utvasking, immobilisering av miljøgifter, redusert utslipp av lystgass, bedre jordstruktur, økt jordtemperatur om våren og høyere avling. Biokull

kan også inneholde giftige stoffer (tungmetaller og PAH) og det er også påvist avlingsnedgang ved tilførsel av store mengder biokull til jordbruksjord.

Alle typer biomasse kan i prinsippet omdannes til biokull, men halm og skogsavfall antas å være de mest aktuelle råstoffene i Norge. Kunnskapsbehovet er stort, både innen teknologi for framstilling av biokull og virkning av biokull i jord og for planteveksten.

Prioriterte forsøksspørsmål:

- Effekt av type råstoff og pyrolysemetode på egenskaper til biokull i jord.
- Gjennomsnittlig oppholdstid for biokull i jord.
- Effekt på næringstilstand i jord, vanninnhold, avlinger og jordlevende organismer.
- Effekt på klimagassutslipp fra jord, først og fremst N₂O, men også CO₂ og CH₄ fra nedbryting av organisk materiale.
- Effekter av innblanding av biokull i andre typer organisk gjødsel eller jordforbedringsmidler, f.eks. avløpslam eller biorest fra produksjon av biogass.

4.1.3 Nasjonal kompetanse - internasjonalt samarbeid

Det er behov for investering i laboratoriestyr for gassanalyser, felt- og laboratoriestyr for måling av karbonlagring i jord og målestasjoner for kontinuerlig overvåking av drivhusgassflukser fra jord. Internasjonalt samarbeid er svært viktig på dette fagområdet, og til tross for et lite fagmiljø, spiller forskere fra Norge en betydelig rolle gjennom deltakelse i flere internasjonale prosjekter og nettverk:

- MOLTER (Natural Molecular Structures as Drivers and Tracers of Terrestrial Carbon Fluxes), er et europeisk forskernettverk for utveksling av ideer om betydningen av den molekylære strukturen av organisk materiale på karbondynamikken i jord.
- Nordic Peat Network som arbeider med utvikling for forskningsprosjekter om karbonlagring og miljøkonsekvenser av alternativ bruk av tidligere dyrket myr.
- Interreg-prosjekt om biokull med deltakelse fra Sverige, Danmark, Tyskland, Nederland, Belgia og Storbritannia.
- ICOS (Integrated Carbon Observation System) som er et europeisk nettverk for overvåking av karbon- og klimagassflukser.
- COST -aksjon ES0804 "Advancing the integrated monitoring of trace gas exchange between biosphere and atmosphere".

Dette blir et viktig forskingsområde der vi har startet virksomhet og har aktuell basiskompetanse. Det er klart behov for økt aktivitet og flere forskere.

4.2 Landbrukets hydroteknikk og tilpassing til klimaendringer

4.2.1 Kunnskapsstatus

Bakgrunn

I Norge finnes det et nett av hydrotekniske systemer på landbruksarealene, som skal gi plantene optimale vekstforhold og gi gode forhold for jordarbeiding og bæreevne for maskiner. Ca. 60 % av den dyrka jorda i Norge er avhengig av kunstig drenering, vanligvis i form av lukka drengrofter, kombinert med åpne kanaler eller lukka ledninger for bortledning av vannet. En bruker enkelte steder overflateforming (profilering) eller avskjæringsgrofter for å lede vekk overflatevann. I tillegg finnes mange lukningsanlegg der bekker er lukket for å bedre arronderingen eller for å tilrettelegge for planering av dalsøkk og raviner, ofte kombinert med kummer for å ta inn overflatevann.

Det finnes i dag vanningsanlegg for totalt ca. 15 % av den dyrka marka her i landet (Riley & Berentsen 2009). Det aller meste av potet- og grønnsakarealet samt frukt og bær på i alt ca. 300 000 dekar kan vannes. Det resterende arealet med vanningsanlegg på ca. 1 mill dekar er dominert av korn, men i tørre områder på Østlandet blir det også vannet eng.

Flere av de endringene som klimamodellene viser for Norge vil kunne ha betydning for funksjonaliteten av dagens hydrotekniske systemer. De viktigste endringer i klimaet i Norge med slik betydning vil være:

- Mer totalnedbør over året - økt avrenning.
- Forsommertørke. Det kan bli flere episoder med tørke i vekstsesongen i Østlandsområdet og

dermed økt vanningsbehov.

- Økt nedbørintensitet. I små nedbørfelt vil høy nedbørintensitet gi svært stor avrenning i forhold til normal årsavrenning. Store nedbørmengder over kort tid gir risiko for erosjon, og vil være bestemmende for dimensjoneringen av lukka ledninger og kanaler.
- Kortere sesong med snødekke og lengre perioder med vekslende frysing og tining. I perioder med snødekke er jorda svært lite utsatt for frysing/tinging og overflateerosjon. Perioder som veksler mellom frost og tining skader rørsystemer, kummer og rørutløp.
- Mindre samlet snøsmelting. Med mildere og våtere vintre, kan en få flere snøsmeltingsepisoder på grunn av kraftig regn og vind.

Drenering og utslipp av klimagasser

Dentrifikasjon og andel lystgass som dannes varierer mye og påvirkes av blant annet NO₃-konsentrasjon, oksygentilgang, fuktighet, temperatur, pH og tilgang på lettløselig karbon. I jord vil anaerobe lommer kunne forårsake store utslipp av N₂O fra små områder. Veksling mellom anaerobe og aerobe forhold vil kunne øke utslippene betydelig. Etter sterk nedbør eller kraftig vanning vil det være fare for store utslipp av lystgass dersom det er en høy konsentrasjon av nitrat i jorda. Faren er størst på dårlig drenert jord og tett jord med dårlig struktur. Bedret drenering i områder som er dårlig drenert vil føre til flere luftfylte porer, færre pakkingsskader, bedre utnytting av tilførte plantenæringsstoff ved bedre og jevnere plantevekst, og dermed bedre utnytting av tilført nitrogen og lavere utslipp av lystgass både per daa og per kg avling.

God dreneringstilstand er en av de viktigste forutsetningene for stabilt høye avlinger. Riktig bruk av N-gjødsel fører til en karbonbinding som er flere ganger større enn utslippene fra jord og gjødselproduksjonen. Mer optimaliserte vekstforhold ved bedret drenering vil føre til høyere og jevnere avlinger, og dermed bedre utnytting av tilført nitrogen og mindre utslipp av lystgass per kg avling.

Sammenhengen mellom utslipp av lystgass fra dyrka jord og dreneringstilstand er et komplekst problem, der en forholdsvis nylig har begynt å forske internasjonalt. På grunn av forskjellig jord og klima er det vanskelig å basere seg på utenlandsk forskning alene. I Norge har det så langt ikke vært gjort målinger av sammenhengen mellom lystgassutslipp og dreneringstilstand, men det er gjort undersøkelser som viste at utslippene av lystgass økte dramatisk som en følge av jordpakking (Hansen & Bakken 1993).

UMB og Bioforsk har et prosjekt (Creating a scientific basis for an integrated evaluation of soil-borne GHG emissions in Norwegian agriculture”, ”Drivhusgasser fra jord”) hvor de blant annet undersøker effekt av gjødsling, fangvekster og jordstruktur på lystgassutslipp fra åkerjord og grasmark. Bioforsk har også gjennom prosjektet ”Europeat” tidligere målt lystgassutslipp fra eng med forskjellig drenering, men bare på organisk jord. Bioforsk starter i 2009 et mindre måleprogram finansiert av SLF. Dette er spredte forsøk som ikke er nok til å klarlegge betydningen av dreneringstilstanden for lystgassutslipp fra landbruket.

Drenering - lav dreneringsaktivitet og lite forskning etter 1980

Grøfting er viktig både for jordas bæreevne og for avlingsnivået. Dreneringstilstanden i norsk landbruk er preget av forfall, og aktiviteten i nygrøfting og i reparasjon og fornying av gamle grøftesystem har vært liten. Det må derfor antas at store landbruksarealer i Norge ikke har tilfredsstillende drenering i dag. Dette også sett på bakgrunn av at maskinparken i dag er tyngre, og at kravet til drenering øker for å unngå kjøre- og pakkingsskader. Dårlig dreneringstilstand kan gi sein våronn, ulagelige og våte forhold for jordarbeiding og vanskelige innhøstingsforhold. Dette kan føre til avlingssvikt og dårlig utnyttelse av tilført gjødsel. Dårlig drenert jord er mer utsatt for vinterskader på eng, ved at vann blir stående på overflata i mildværsperioder om vinteren og i forbindelse med avsmeltingen. En får isbrann eller drukning av enga. Klimaendringene kan føre til at problemene med utilfredsstillende drenering forsterker seg, og gir behov for mer intensiv grøfting.

Det kreves dermed en stor aktivitet i renovering av eldre anlegg for å få en akseptabel grøftetilstand. Et godt filtermateriale rundt grøftene som sikrer god tilførsel til grøfta vil være viktigere enn før. Ofte er det manglende filtermateriale eller andre dårlige løsninger som er bakgrunnen for at grøftesystemet ikke fungerer. Det er viktig at en velger bedre løsninger ved renoveringen.

Bortledningssystemer og lukningsanlegg vil bli sterkest påvirket en situasjon med hyppigere høy nedbørintensitet. Det blir behov for endrete dimensjoneringskriterier for lukking og dreneringstiltak.

Eldre lukningsanlegg i planerte områder utgjør en stor fare for framtidig forurensing og tap av landbruksarealer.

Det har vært lite forskning på drenering etter 1980. Jordart og driftsformer er såpass forskjellige i Norge at en ikke kan basere seg på internasjonal forskning når det gjelder dreneringsmetoder. Renovering av lukningsanlegg er et stort problem og det er gjort noen undersøkelser om metoder for renovering lukningsanlegg i planeringsområder på nittitallet (Vigerust 2002, Njøs & Slyngstad 1999).

Flomdempingsanlegg og erosjonssikring

Det store omfanget av drenerte arealer og lukningsanlegg har minsket flomdempingen i landbruksområdene, og gjort området mer utsatt for høye flomtopper ved økt nedbørintensitet. En løsning for å dempe virkningene av klimaendringene og unngå nødvendig oppdimensjonering kan være å anlegge flomdempingsbassenger i utmarka, eller knyttet til kanaler og bekker som for eksempel fangdammer.

Det hydrotekniske anlegget kan forårsake erosjon dersom det ikke er riktig dimensjonert eller utformet for økt avrenning. De ekstreme flommene har hovedansvaret for erosjonskader, og store mengder masse kan føres bort på kort tid. De hydrotekniske systemene kan også selv bli skadet av flom, punkterosjon, tilslamming og fryse-/tine-skader.

Det er gjort mye internasjonalt vedrørende flomdempingstiltak og erosjonssikring, men lite i Norge knyttet til landbruksområder. Norge har en annen topografi, slik at flomdemping og erosjonssikring må tilpasses til norske forhold. Når det gjelder avrenningsintensitet gjøres det målinger av avrenning i landbruksdominerte nedbørfelt gjennom JOVA-programmet og NVE's målestasjoner. Bioforsk har nylig fått finansiert forskningsrådsprosjektet Ex-Flood angående kontroll av avrenning.

Økt forurensing på grunn av økt avrenning og erosjon

Problemene med vannkvaliteten i ferskvann i Norske landbruksområder er i hovedsak knyttet til avrenning av partikler og fosfor. De hydrotekniske anleggene i landbruksområdene påvirker i stor grad mengden av fosfor og partikler som når vassdragene i leirjordsområdene. Økt nedbør vil gi økt fare for forurensing.

Det er gjort mye nasjonalt og internasjonalt når det gjelder avrenning fra landbruket. På grunn av forskjeller i jordarter og topografi har internasjonal forskning begrenset verdi. Det er gjort for lite på forurensingsfare fra drenering.

Vanningsbehov

Selv om årsnedbøren skal øke, kan det bli sterkere tørkeperioder. Behovet for vanningsanlegg kan dermed øke. Vanning kan endre betingelsene for utslipp av lystgass fra dyrka jord. Vanning er en kjent teknologi, og Norge kan bruke utenlandske systemer.

Nye tekniske løsninger innen hydroteknikk

Det har foregått lite nyutvikling og forskning innen hydroteknikk i Norge etter 1980. På dette tidspunktet var klimaendringene ikke et tema, og det er ikke tatt hensyn til endret klima i dimensjoneringskriterier, dreneringsintensitet, erosjonssikring og utforming av systemene. I tillegg er det blitt et større fokus i vannforvaltningen på forurensing, flomdemping, naturvern og biologisk mangfold. Dette betyr at det er behov for å ta opp til revisjon de retningslinjer som gjelder for planlegging av slike anlegg.

Eksempler på nyutvikling som er foretatt etter 1980 er profilering av myrjord, kummer i leirjordsområder, frostsikring av lukningsanlegg, konstruerte våtmarker, kumdammer, vegetasjonssoner og grasdekte vannveier. Det er ingen pågående forskning på tilstand, renovering eller tekniske løsninger innen landbrukets hydroteknikk i Norge. Et stadig tilbakevendende problem er bruk av filtermaterialer i dreneringsanlegg. I tillegg må en peke på erosjonssikring og spesielt innløpskummer og utløp som vanskelige punkter i det hydrotekniske systemet.

4.2.2 Forsknings- og veiledningsbehov

Effekter av drenering og vanning på utslipp av klimagasser

- Sammenhengen mellom dreneringstilstand og lystgassutslipp.

- Utslipp av lystgass i drengrofter.
- Effekt av vanning på utslipp av lystgass.
- Framtidig behov for vanning under norske forhold i forbindelse med klimaendringer, endring i vekster og driftssystemer.

Effekt av drenering og flomdempingstiltak på erosjonsfare og avling

- Erosjonsfare i marine leirjordsområder knyttet til planeringsfelt og lukningsanlegg.
- Effekter av flomdempingstiltak på erosjonsfare.
- Betydning av dreneringsintensitet på avling og bæreevne.

Planleggings- og veiledningsbehov

Etter en lengre periode med liten virksomhet innen grøfting er det stort behov for nytt planleggingsmateriale og veiledningsbehov, for eksempel:

- Nye dimensjoneringskriterier for rør og vurdering av erosjonssikring.
- Nye tekniske løsninger. Teknikken må tilpasses landbruksområder og landbrukets økonomiske bæreevne. Økonomi ved ulike dreneringsmetoder og dreneringsintensitet, filtermaterialer, løsninger for kummer og utløp.

4.2.3 Nasjonal kompetanse - internasjonalt samarbeid

Kurs i landbrukets hydroteknikk er nå helt avvirket ved UMB, men noen av emnene er tatt inn i andre fag. Det arbeider flere i Bioforsk og på UMB med god kompetanse i emnet, men det er ikke nyrekruttering. Siden forskningsaktiviteten og utdanningskapasiteten har vært liten etter 90-tallet, har det også vært lite internasjonalt samarbeid. Prosjektene har vært mye knyttet opp mot vannrensing.

På dette området er forskningsbehovet særlig knyttet til kunnskap om sammenhengen mellom dreneringstilstand og tap av klimagasser. Her har vi relevant kompetanse. Ellers er det et stort etterslep på folk med veiledings- og planleggingskompetanse innen fagområdet. Større vektlegging på klima i landbruket vil forsterke kompetansebehovet.

4.3 Jordarbeiding

4.3.1 Kunnskapsstatus

Bakgrunn

Jordarbeiding har relevans i forbindelse med endret klima fordi det påvirker innblanding av organisk materiale (planterester, organisk avfall mm) i jorda og omsetningen av disse, slik at karbonbalansen berøres både direkte og indirekte. Jordarbeiding påvirker også jordegenskaper som jordtetthet, luftveksling og vannledningsevne, som kan påvirke denitrifisering og utslipp av lystgass fra jorda. Jordarbeiding har dessuten stor betydning for planteetablering og avling, og kan dermed påvirke plantenes utnyttelse av tilført nitrogengjødsel. Også dette berører risikoen for lystgassutslipp. I tillegg til at det fokuseres på de eventuelle virkninger som jordarbeiding kan ha på karbonbalanse og utslipp av lystgass, fører klimaendringer i seg selv til endrete vilkår for jordarbeiding, særlig om høsten og om våren. Mer ustabile vintre øker risikoen for avrenning og erosjon. Mildere høstvær øker arealet med høstkorn. Dette øker også erosjonsrisikoen og det kan gi ytterligere behov for endringer i jordarbeidingspraksis. Det har, imidlertid, vist seg at tiltak rettet mot løsning av ett problem (eks. erosjon) kan føre til forverring av andre problem (eks. rotugras og soppsjukdommer). Dette kan i sin tur skape nye utfordringer (eks. økt forbruk av plantevernmidler, herbicidresistens og mykotoksiner).

Det har skjedd enorme endringer i hyppigheten, dybden og intensiteten av jordarbeiding gjennom det siste århundret. Disse har hatt følger både for jordstruktur og for det øvrige miljøet. I Norge, som i andre land, er det i dag en større andel åpenåker enn tidligere, jorda bearbeides oftere og dypere og maskintyngden øker stadig. Jordas moldinnhold har minket mange steder, særlig ved bakkeplanering av leirjord. Det har samtidig skjedd en stor økning i produktiviteten som følge av sortsframgang, økt gjødsling og bedre plantevern, og dagens dyrkingsmetoder er rasjonelle. Det er likevel spørsmål om dagens jordarbeidingsmetoder er bærekraftige på lang sikt.

I forbindelse med klimautfordringer er det følgende temaer innen jordarbeiding som har størst relevans:

- Avlinger - fordi evt. redusert avlingsnivå senker næringsstoffutnyttelse og øker risikoen for N-tap.
- Jordstruktur og moldinnhold - fordi disse innvirker på risikoen for lystgassutslipp og karbonbalanse.
- Erosjon og næringstap - fordi hensyn til disse ligger bak offentlig støtte til endret jordarbeiding.
- Ugras - fordi herbicidbruk øker når pløying utelates, noe som fører til ulike miljøkonflikter.
- Mykotoksiner - fordi jordarbeidingsens rolle i dette viktige helsespørsmålet krever en snarlig avklaring.
- Tekniske løsninger - fordi nye tilnærminger kreves for å bevare jordkvalitet og minke energibruk.

Redusert jordarbeidings betydning for avlingsnivå

Ved siden av behovet for kjemisk bekjempelse av rotugras, utgjør håndteringen av halmrester den største utfordringen ved redusert jordarbeiding. Halmrester vanskeliggjør såing og de skiller ut syrer som kan hemme spiring under fuktige forhold. Norske forsøk viste tidlig at halmrester utgjorde et større problem på bakkeplanert leirjord og siltjord enn på lettleire (Riley 1983). På kort sikt er halmbrenning en enkel strategi som gir godt vekstresultat. Dette er, imidlertid, uønsket av flere grunner, bl.a. røykplager, tap av potensielle moldemner og trolig også utslipp av klimagasser. Det er funnet at behovet for nedmolding av halmrester om høsten varierer mellom jordarter. Behovet ser ut til å være størst på mellom- og stiv leire (Riley 2006, Riley *et al.* 2009), men det trengs nærmere avklaring av spørsmålet.

Det har også vist seg at ikke alle jordarter egner seg for plogfri dyrking. Siltjord skiller seg ut i så måte, spesielt ved tidlig såing. Dette skyldes økt risiko for 'drukning' (Riley 1985). Det er kjent fra forsøk og praksis at vårpløying av siltjord gir raskere opptørking og dermed tidligere såing enn både høstpløying og plogfri drift. På sandjord kan det uten pløying oppstå problemer med jordpakking i den nedre delen av matjorda, som trolig hindrer rotvekst (Riley *et al.* 2005). I 1990 klassifiserte Børresen *et al.* behovene for jordarbeiding på norske jordarter, ved ulik dreneringsgrad. Det ble spesielt framhevet at høstpløying er nødvendig på dårlig drenert leirjordarter, at vårpløying er å foretrekke på siltjordarter, at høstharving kan være nødvendig ved ufullstendig drenering, uansett jordart, og at direktesåing er mest aktuelt på moderat og godt drenert lett- og mellomleire.

De langvarige forsøkene har vist at man kan, under egnete forhold og forutsatt effektiv kjemisk ugrasbekjempelse, opprettholde kornavlinger med redusert jordarbeiding på nesten samme nivå som ved årlig høstpløying (Riley 2006, Riley *et al.* 2009). Det er funnet variasjoner mellom år som kan knyttes til været i vekstsesongen (bedre relative resultater uten pløying når forsommeren er tørr enn når den er fuktig). En tommelfingerregel er at nedgangen i avlingen ved å droppe pløying til vårkorn vil være mindre enn 5 % når det harves både høst og vår, litt mer ved bare vårharving og opp til 15 % ved direktesåing. Direktesåing av høstkorn har større risiko. Dette skyldes trolig dårligere overvintring, men årsakssammenhengene er ikke klarlagt.

Mange spør seg om vårpløying kan erstatte høstpløying også på andre jordarter enn siltjord. Flere forsøk på moreneletteleire på Kise har vist at pløying om våren ikke nedsetter avlingsnivået i forhold til høstpløying, så lenge såtiden om våren er den samme (Njøs & Ekeberg 1980, Riley & Ekeberg 1998). Det samme gjaldt i forsøk på mellomleire og siltig sand på Kvithamar/Værnes (Riley *et al.* 2005). I et forsøk på stiv leire på Øsaker, derimot, har vårpløying de siste 8 år gitt 7 % mindre avling enn høstpløying (Riley *et al.* 2009), trolig som følge av dårligere såbedsforhold. Denne nedgangen er nesten like stor som den man fikk ved vårharving alene. Et annet ankepunkt mot vårpløying er at det forsinker såtiden, fordi det er en relativt tidkrevende arbeidsoperasjon. Riley (1988) brukte en vannbalansmodell til å beregne tilgjengelig tid for jordarbeiding over 25 år, og følgene som dette hadde for såtid og forventet avlingsnivå ved ulike jordarbeidingssystem. Beregningene tydet på at vårpløying gir et potensielt avlingstap av størrelsesorden 10 % i forhold til høstpløying. Resultatet avhenger en del av kriteriet som brukes for opptørking, noe som bør undersøkes grundigere for ulike jordarter. Det er også behov for målinger av tids- og energiforbruk med nyere pløyerredskap osv.

En viktig betraktning i forhold til klimapåvirkning (gjennom lystgassutslipp) er hvorvidt redusert jordarbeiding endrer effektiviteten av tilført N-gjødsel. Tilnærmet samme N-gjødselrespons i korn er målt både med og uten pløying i ulike perioder i langvarige forsøk på morenejord (Riley 1985, 1998, 2006). I et langvarig forsøk på leirjord gjaldt det samme for forsøksledd med harving men ikke ved direktesåing, der avlingsnedgangen ikke kunne kompenseres ved sterkere gjødsling (Riley *et al.* 2009). Sistnevnte konklusjon støttes av en nyere dansk undersøkelse på siltig sand (Hansen *et al.* 2010).

Redusert jordarbeidings betydning for jordstruktur og moldinnhold

Bevaring av jordstruktur siteres ofte som ett av de primære målene med redusert jordarbeiding (eks. Hobbs 2007). Effektene på jordstruktur er sammensatte og det er ennå mye som er uklart. Moldinnholdet i norsk åkerjord fortsetter å synke (Riley & Bakkegård 2006). At moldnivået øker i jordas øverste lag ved redusert jordarbeiding er kjent fra flere norske undersøkelser (jfr. Riley 2003). Dette gir større aggregatstabilitet, som er viktig for å unngå både jordskorpe og erosjon. Økt moldinnhold gir bedre vannlagring i jorda og det har en positiv effekt på en rekke andre jordfysiske egenkaper, som det ble vist i bl.a. systemforsøket på Apelsvoll (Riley *et al.* 2008).

Fordi det skjer endringer i jordtetthet ved redusert jordarbeiding er det ikke lett å si om det øker den totale moldmengden eller bare gir en omfordeling i jordprofilen. Flere utenlandske forskere hevder det siste. Et første anslag er at C-innholdet i det øverste 20 cm jordlaget har økt med ca. 0,04 % pr. år (ca. 100 kg C/daa) ved redusert jordarbeiding i norske forsøk med redusert jordarbeiding (Grønlund *et al.* 2008). Det gjenstår å undersøke om det har skjedd en økning i hele jordprofilen og hvor lenge slike økninger vil fortsette før det etableres en ny likevekt.

Etter ei tid uten pløying øker som regel jordtettheten i den nedre delen av matorda (Riley *et al.* 1994). Dette kan føre til dårligere rotvekst, og dermed til dårligere utnyttelse av plantenæring. I Danmark retter man nå fokus mot jordpakking i forbindelse med dårlige erfaringer med redusert jordarbeiding i det siste (Hansen & Melander 2007). Økt tetthet nedsetter vannledning i jorda, noe som kan føre til mer overflateavrenning. På den annen side, ivaretas sprekker og ganger i upløyd jord, noe som kan fremme infiltrasjon. Økningene i jordtetthet har også relevans for utslipp av klimagasser. Virkningen av redusert jordarbeiding på tap av klimagasstap er lite undersøkt i Norge, men internasjonalt finnes det resultater som peker i både negativ og positiv retning. Helgason *et al.* (2005) oppsummerte erfaringen i ulike regioner i Kanada og konkluderte at redusert jordarbeiding ofte øker utslippene under fuktige forhold mens det motsatte er tilfelle under tørre forhold.

Redusert jordarbeidings betydning for erosjon og næringstap

I svenske og danske undersøkelser er det funnet noe mindre utvasking av nitrogen om vinteren når det ikke pløyes om høsten, men virkningen varierer på ulike jordarter (Hansen & Munkholm 2008). I Norge fant Korsæth & Henriksen (2002) at sein høstpløying ville redusere risikoen for N-utvasking, særlig når det er mye næringsrikt plantemateriale til stede. I forbindelse med jordarbeiding er tap av fosfor av langt større betydning enn tap av nitrogen. Fosfortap skyldes i stor grad jorderosjon.

Tidlig på 80-tallet begynte man med erosjonsundersøkelser i Norge (Njøs & Hove 1986). Den positive virkningen av å utelate pløying om høsten er grundig dokumentert som en måte å unngå erosjon, P-tap og til en viss grad N-tap (eks. Skøien 1988, Øygarden 2000, Lundekvam 2007). Risikoen for erosjon er størst på siltig mellomleire, spesielt i bakkeplanerte områder. Effektiviteten av ulike tiltak for å redusere erosjonsrisikoen i høst- og vårkorn på ulike jordarter er belyst av Lundekvam (2007). Han viser at tiltak som vårpløying og vårharving halverer erosjonsrisikoen mens direktesåing eller omlegging til gras kan redusere den med >80 %. Det er primært for å unngå slike tap at det i dag gis tilskudd til endret jordarbeiding. Dette har ført til at bare halvparten av kornarealet pløyes om høsten (Gundersen *et al.* 2008).

Tilskudd til endret jordarbeiding ble innført i 1991. Det var først en nasjonal ordning der tilskudd til endret jordarbeiding ble betalt ut etter hvilken erosjonsrisikoklasse jorda var klassifisert i. Fra 2005 er det innført regionale miljøprogram i hvert fylke der det lokalt bestemmes både hvilke tiltak som kan få støtte og nivået på støtten (bl.a støtte til ulike erosjonsrisiko klasser).

Dersom endret klima fører til endret avrenningsforhold høst og vinter (tele og snøsmelting), er det behov for å dokumentere hvordan dette virker inn på erosjonsrisiko. Det kan oppstå mer erosjon i andre områder enn i dag, for eksempel på Nord-Østlandet. Erosjonsrisikokart viser risiko for flate-erosjon, men ikke for erosjon i forsenkninger eller gjennom grøftesystem. Disse erosjonsformer er lite dokumentert i forsøk. Større overflateavrenning ved endret klima vil trolig øke erosjonsrisikoen i forsenkninger. Endret jordarbeiding er et viktig tiltak i denne forbindelsen, men også graskledde vannveier og oppdeling av hellingslengder er aktuelle tiltak. Tiltak for redusert partikkeltransport i dressystem er lite dokumentert, men det er igangsatt forsøk med bruk av ulike filtermaterialer. Erosjonsrisiko ved ulike vekstvalg og ulik jordarbeiding blir ofte angitt i forhold til brakking eller pløying. Norske reduksjonsfaktorer er dokumentert i ruteforsøk med ulik jordarbeiding i Akershus og Østfold, men det er ikke gjort tilsvarende forsøk andre steder, eks. i Trøndelag, som også har marine sedimenter med erosjonsutsatt jord. Da erosjonsforsøkene ble gjort var utbredelsen av *Fusarium* mindre enn i dag og problemet med mykotoksiner var lite kjent. Endret nedbørforhold og fuktigere jord

kan øke slike problem og gi dilemma mellom ønske om halmnedmolding og ønsket om redusert erosjon. Det er derfor viktig med fortsatte erosjonsforsøk for å kunne videreutvikle robuste dyrkingssystem.

Endret klima fører trolig til endring i vekstsesongens lengde. Dette vil kunne endre utbredelsen av dyrkingsområdet av for eks. høstkorn. Dette vil øke fokus på hvilken effekt slike endringer har på erosjon og på agronomiske tiltak for best mulig tilpassing og minst mulig erosjonstap. Mer ustabile vinterforhold kan også øke risiko for vinterutgang av høstkorn. Dette vil også kunne gi økt erosjon. Endret jordarbeiding til høstkorn vil derfor bli aktuelt fremover, men måleanleggene som passer til slike erosjonsforsøk er ikke lenger i drift.

Redusert jordarbeidings betydning for ugras og herbicidbruk

Et forsøk som ble anlagt på leirjord allerede i 1939, viste at dyp pløying gir mindre kveke enn bruk av rotorharv (Njøs 1983, Børresen & Njøs 1994). Betydningen av pløying for kvekebekjempelse er vist i flere forsøk på ulike jordarter (eks. Marti 1984, Ekeberg *et al.* 1985). Dessuten ble høstpløying funnet å gi noe bedre kvekekontroll enn vårpløying i et tidligere forsøk på lettleire (Njøs & Ekeberg 1980). På 1990-tallet ble ugrasutvikling og mulighetene for ugrasbekjemping undersøkt grundigere når en kuttet ut å pløye om høsten. Forsøkene viste at det med minkende jordarbeiding ble mer overvintrende ugras og større behov for ugrasbekjemping, spesielt bruk av glyfosat (Skuterud *et al.* 1996, Tørresen & Skuterud 2002, Tørresen *et al.* 2003). Statistikken viser også at det sprøytes mer mot rotugras ved minkende jordarbeiding (Gundersen *et al.* 2009). I Norge utgjør herbicider hele 70 % av den totale mengden med plantevernmidler. Delvis pga. økningen i redusert jordarbeiding, utgjør glyfosat nå 55 % av alle ugrasmidler som selges (www.mattilsynet.no). Nyere forsøk tyder på at vårpløying kan gi nesten like bra eller bedre effekt på ugraset og minst like bra avling som høstpløying, men dette avhenge av bl.a. jordart. Det undersøkes i dag hvorvidt dosen av glyfosat kan reduseres til ulike ugrasarter, sett i forhold til klimaforhold rundt sprøyting og med økt konkurranse fra kornet.

Det er reist spørsmål om uheldige sider med den utstrakte bruken av herbicider som redusert jordarbeiding nødvendigvis, bl.a. i et prosjekt for Mattilsynet (Stenrød *et al.* 2007) og i et pågående prosjekt. Risikoen for grøfteavrenning av 'glyfosat' er kommet spesielt i søkelyset. Om dette gjelder for andre jordarter enn leirjord med indre erosjon er ennå ikke klarlagt. Hyppigere bruk av preparater med samme virkemekanisme gir økt fare for utvikling av resistens overfor ugrasmidlene. Den utbredte og ensidige bruken av glyfosat er en fare i så måte. Det er allerede utbredt resistens mot enkelte frøugrasmidler. Areal med redusert jordarbeiding er utsatt her (Netland & Wærnhus 2010), fordi frø blandes i et grunnere jordlag enn ved pløying, det blir kortere omløpstid på frøene og raskere utvikling av resistens.

Erfaring viser at det er vanskelig å drive med redusert jordarbeiding til høstkorn der det er mye kveke, spesielt fordi det blir for kort tid mellom høsting og ny såing for å få god effekt av sprøyting (Bakkegard *et al.* 2007). Det ble tidligere jobbet med redusert jordarbeiding til potet (Ekeberg & Riley 1997), men praksisen er lite utbredt og på ugrassida er det gjort lite. Grasmark er den desidert største kulturgruppen i Norge, men her jordarbeides det kun ved fornying av grasmark, evt. kombinert med glyfosat før pløying. Bare sprøyting uten pløying er vanskelig da spiring av grasfrø hemmes av stoffer som utskilles fra nedvisnende grassvor (Brandsæter *et al.* 2005).

Redusert jordarbeidings betydning for soppsykdommer og mykotoksiner

Redusert jordarbeiding vil etterlate stubb og halmrester på jordoverflaten i det øvre jordsjikt. Dette gir gode overlevelsesmuligheter for sopp (Elen 2002) og infiserte planterester utgjør et "smittereservoar" av *Fusarium* og andre soppsykdommer. Aksfusariose, forårsaket av arter innen *Fusarium*-slekten (feltmuggsopp), er en av de viktigste kornsjukdommer i verden pga. soppenes evne til å danne mykotoksiner (soppgifter). Slike gifter reduserer kornets egnethet til mat og fôr. Økende forekomster av *Fusarium*-toksiner utgjør en trussel for norsk kornproduksjon. Særlig vårharving og direktesåing kan resultere i økte nivåer av *Fusarium* og mykotoksiner i høsta korn (Henriksen 2006).

Ensidige dyrkingssystemer forsterker smittepresset og bidrar til økte angrep av både *Fusarium* og andre soppsykdommer (Elen 2003), noe som fører til økt risiko for utvikling av mykotoksiner i korn og stor avhengighet av plantevernmidler. Behovet for tiltak mot planteskadegjørere varierer sterkt med vær og klimatiske forhold, og fuktigere og varmere klima vil generelt føre med seg økte forekomster av skadegjørere med økt behov for planteverntiltak. Økte forekomster av *Fusarium* og mykotoksiner i korn antas å ha sammenheng bla. med klimatiske endringer i Nord-Europa de seinere åra (Xu *et al.* 2005).

Ved siden av fokuset på redusert jordarbeiding, er bedre valg av vekstomløp og økologisk dyrking også foreslått som måter å unngå *Fusarium*-problemene på (Brodal & Henriksen 2008). Tross de nevnte

problemene som er forbundet med planterester på jordoverflaten, er det også interesse for eventuelle positive effekter av redusert jordarbeiding som følge av en økning av mikrobiologisk aktivitet nær jordoverflaten. Dette har et potensial for å redusere aktiviteten til plantepatogener (Palojärvi 2008). Redusert jordarbeiding gav en markert reduksjon av klumprotangrep på brassica i et norsk forsøk på lattleire, trolig som følge av en antagonistisk virkning (Ekeberg & Riley 1997).

Tekniske løsninger for bærekraftige jordarbeidingsmetoder

Det har vært få systematiske forsøk i Norge de senere årene som gir kunnskap om hvilke redskaper og metoder en bør velges ut i fra driftsform og jordart. Prøvevirksomhet og rettleiding ble gradvis faset ut gjennom '90 tallet. Dette ble etter hvert et stort problem for praktikerne, da de selv måtte søke råd om redskapsvalg og metoder hos andre, først og fremst hos maskinbransjen. For den enkelte bonde kan feil valg av maskiner bli kostbart, og samfunnsøkonomisk ulønnsomt.

Det er utfordrende å drive forsøk med jordarbeidingsredskaper. Det krever store forsøksarealer hvor det kan være jordvariasjon. På slike større forsøksarealer kan jorda allerede være pakket eller ha dårlig jordstruktur, og det tar mange år for å få fram signifikante endringer i jordstruktur. Redskap og maskiner er kostbare, og maskinbransjen er ikke alltid villig til å stille maskiner til disposisjon.

Jordarbeiding hvor pløying inngår

Tradisjonell jordarbeiding med dyp pløying er energi- og tidkrevende, men er gunstig i forhold til rotugras og vekstfølgesykdommer, og er eneste metode for en del grønnsaksvekster. Grunn pløying (<15 cm) er mindre energi-, tid- og effektkrevende enn dyp pløying. Grunn vårpløying er særlig aktuelt på jordarter der en med bruk av jordpakker får ferdig såbed i én operasjon. Slik jordarbeiding løser problemet med planterester i forhold til vekstfølgesykdommer og kan brukes for en del grønnsaksvekster. Ulempen er at grunn vårpløying er mindre gunstig i forhold til rotugras.

Jordarbeiding uten plog

Nedmoldingen av planterester og effekten mot rotugras er dårligere enn med plog. Det blir normalt bedre dekking med økende dybde, økende hastighet og flere gangers kjøring, men dette øker energiforbruket. Hvilken arbeidsdybde og hastighet en bør velge på ulike jordarter er det liten kunnskap om. Fordi planterester dekkes dårligere, er det vanskeligere å få et jamt godt såbed, spesielt for grønnsaksvekster med smått frø. Harving kan gi like stor erosjonsfare dersom det harves for intensivt om høsten. Uten pløying, blir det best resultat dersom planterester fjernes eller brennes. En må ha tunge skålsåmaskiner dersom ikke halmen er fjernet eller brent. Husdyrgjødsel blir dårligere nedmoldet og dårligere utnyttet uten pløying enn med pløying.

Harve- og såutstyr

Tinderredskaper vil ha et energibehov som i stor grad bestemmes av arbeidsdybden. En skålgrubber som kjøres dypt (>20 cm), kan ha like stort energibehov som plogen. Kultivatorer gir dårlig dekking av planterester, skålgrubberne noe bedre. Skålredskaper har mindre energibehov, dels fordi de ruller, dels fordi de ikke går så dypt. I hard jord kan det knipe med å komme tilstrekkelig dypt. Skålredskapene må være tunge. Fordi de går grunt, blir det mindre jordvolum til å dekke planterester. Under en skål er det et stort pakketrykk. Det er derfor en fare for at det over tid kan bli en harvsåle på visse jordarter. Kraftuttaksdrevne redskaper kan lage såbed med få kjøring. Dette krever at en kjører sakte, og energibehovet er derfor relativt stort. Evnen til å dekke planterester er ikke spesielt god. Rotorharva er antakelig bedre enn lett fres. Kjøring med stort turtall kan skade jordstrukturen, spesielt når jorda er fuktig.

Kombinasjonsmaskiner med både jordarbeidingsorganer og såenhet har i seg sjøl stort trekraftsbehov, og det finnes i dag bare store maskiner på markedet. De fleste sår kun korn, ikke gjødsel samtidig. Egenskapene til maskinene når det gjelder å takle planterester og rotugras er avhengig av hvilke arbeidorganer som er involvert. Direktesåing er den metoden som har minst energiforbruk, men foreløpig er det ingen maskin som kan brukes på alle jordtyper og takle mye planterester. Metoden gir dårlig dekking av planterester og har ingen reducerende virkning på rotugras. Det er bare store maskiner på markedet og de fleste sår ikke gjødsel samtidig med kornet.

Andre tekniske løsninger

Det finnes mange redskap på markedet med ulike kombinasjoner av arbeidsorganer. Spadevenderen bearbeider et stort jordvolum og en relativt energikrevende. Den har antakelig reducerende effekt på rotugras, men dekker ikke planterester så effektivt som plogen. Alle disse krever store, tunge traktorer, og dermed mulighet for jordpakking.

4.3.2 Forsknings- og utviklingsbehov

Effekt av jordarbeiding på jord og avling

- Det er stor usikkerhet omkring potensialet for karbonlagring ved redusert jordarbeiding i Norge. Dette bør undersøkes ved detaljerte studier i både matjorda og dypere sjikt i langvarige forsøk. Undersøkelsene bør også fokusere på andre mulige fordeler og ulemper som endret karboninnhold i jorda kan ha for jordstruktur, plantenes næringsforsyning og eventuelle miljøeffekter.
- Det er behov for grunnleggende undersøkelser av N-effektivitet ved ulike jordarbeiding og hvorvidt eventuelle forskjeller fører til ulike risiko for N-utvasking og/eller lystgassutslipp. Risikoen for lystgassutslipp ved ulike jordarbeidingsmetoder bør undersøkes i forhold til jordart, klima og jordas dreneringstilstand.
- Det er behov for en oppdatert syntese av tidsforbruk, energiforbruk, kostnader og avlingspotensialer ved ulike jordarbeidingsystem. Dette bør inkludere bruk av modeller som tar hensyn til jordas laglighet under ulike klimaforhold. Kriteriet som brukes for laglighet bør undersøkes mer for ulike jordarter og nyere jordarbeidingsredskap. Det er også behov for tidsstudier med nyere redskap.
- Økningen i maskintyngden, spesielt traktorer og høsteststyr, gir grunn for å frykte jordpakking i dypere jordlag. Det er behov for fokus på tiltak og hjelpemiddel (eks. det danske 'Jordværn'-programmet) som kan begrense dette. Kartlegging av jordpakkingsrisiko under ulike jord- og klimaforhold bør prioriteres. Jordpakkingsrisikoen ved nye dyrkingsmetoder bør undersøkes, for eksempel ved strenglegging av stein i potet, en praksis som er blitt meget utbredt i Norge. I England er det nylig vist at dette kan gi pakking i matjorda (Stalham *et al.* 2007).

Effekt av jordarbeiding på erosjon

- Dagens risikokart ble kalibrert for et område på Romerike med erosjonsmålinger før 1990. De ble utarbeidet for å gi potensiell erosjonsrisiko ved høstpløying der en forutsatte at nedbørfaktoren var konstant for dette området. Det har lenge vært fremmet ønske om forbedring av kartene bl.a. for å: 1) tilpasse erosjonsrisikokartene til klimaforhold i andre områder, 2) forbedre topografifaktoren og 3) ta hensyn til mulig endring i faktoren for planert jord.
- Finansiering av erosjonsforsøk er stadig blitt redusert og mange målefelt er allerede lagt ned. For å dokumentere virkningen av endret klima på erosjonsrisiko og effektiviteten av ulike tiltak mot erosjon, er det viktig å ha lange måleserier som viser utviklingen. Måleaktiviteten bør derfor økes i framtiden og etablerte langvarige forsøk opprettholdes.
- De eldre forsøkene omfattet bl.a. erosjon ved høstharving og lett høstharving med utstyr som var alminnelig i måleperioden. Senere endringer i harvetyper har utløst tvil om det fortsatt er forskjell mellom høstharving og høstpløying når det gjelder erosjonsrisiko. Dette bør undersøkes.

Effekt av jordarbeiding på ugras

- I både vår- og høstkorn trengs det mer kunnskap om behovstilpasset bruk av plantevernmidler avhengig av ugrasfloraen, værforhold og forhold som jordtype, vekstskifte, sort og såmåte. Videre er det et stort potensial for å redusere bruken av glyfosat ved steds spesifikk (presisjons-) sprøyting. Det kan også tenkes at nyere harver har ulike effekt på ugraset.
- Jordarbeiding uten pløying er svært lite aktuelt i økologisk landbruk. Derfor trenger vi mer kunnskap om metoder for mekanisk ugrasrenhold. Særlig kombinasjonen av grunn høstharving og grunn vårpløying bør undersøkes nærmere.
- En viktig utfordring er å forbygge resistens mot plantevernmidler. Dersom kveke blir resistent mot glyfosat, kan dette, slik det ser ut i dag, umuliggjør redusert jordarbeiding. Betydning av reduserte doser for utvikling av ulike typer resistens bør undersøkes, likeså omfanget av resistens mot midler som brukes mot frøugras og effekten av redusert jordarbeiding på utviklingen av resistens. Det er også en utfordring å finne måter å bruke plantevernmidler slik at miljøbelastningen blir minst mulig.
- Det bør klargjøres hvor mye bruk av kjemiske ugrasmidler bidrar til utslipp av klimagasser totalt sett. Her må selve produksjonen, transporten og effekten av selve bruken på jorden tas hensyn til. Det bør

utarbeides helhetlige klimagassregnskap for ulike kjemiske og mekaniske ugrastiltak, samt for tiltak som brakking, radrensing, ugrasharving, flemming osv.

Effekt av jordarbeidning på sopp/mykotoksiner

- Det trengs mer kunnskap om effekter mot sykdommer i forhold til jordas innhold av organisk materiale, behandling av planterester og mikrobiologisk aktivitet i jord ved ulike vekstskifter og dyrkingssystemer. Det er behov for metoder som kan "uskadeliggjøre" soppsmitte (inkludert *Fusarium*) på planterester på bakken.
- Det trengs kunnskap om *Fusarium*-soppenes spredning med sporer gjennom lufta ved norske forhold, og hva dette betyr i forhold til overlevelse på planterester på bakken. Kunnskap om dette er svært avgjørende for hva slags bekjempelsesstrategier som er aktuelle.
- Det er behov for videre kartlegging av fordeler og ulemper ved redusert jordarbeidning, ikke minst virkningen av vårpløying på utvikling av *Fusarium* og konsekvenser for miljøet av plantevernmidler og mykotoksiner i kornet ved ulike jordarbeidingsystemer.

Utpøring av tekniske løsninger

Det trengs opprettelsen av en nasjonal innstans for systematisk utpøring av jordarbeidingsredskap i forhold til arbeidseffektene på jord og planterester, og i forhold til energi- og effektbehovene og tidsforbruk. Dette bør i første rekke være rettet mot grunn pløying, høstharving og såmaskiner.

4.3.3 Nasjonal kompetanse - internasjonalt samarbeid

Kompetanse innenfor jordarbeidingsforsøk finnes ved Bioforsk Øst og ved IPM (UMB), begge med én forsker og p.t. én stipendiat, og på begge steder har man måleutstyr for jordstruktur. De nærmeste årene blir det behov for faglig styrking, og UMB satser på én ny stipendiat på området. Det samarbeides hovedsakelig med nordiske forskningsmiljø. Flere forskere ved Bioforsk Jord og Miljø arbeider med spørsmål tilknyttet avrenning og erosjon, bl.a. gjennom det mangeårige JOVA-programmet. Forskere derfra deltar i bl.a. COST-samarbeid innenfor dette fagområdet.

Det er en nasjonal oppgave å forske på jordarbeidings effekt på ugras og plantesjukdommer i ulike kulturer som er typiske for norske forhold. Bioforsk Plantehelelse har, sammen med Norsk Landbruksrådgiving, gode muligheter for å utføre forskning på de aktuelle områder. Det er viktig å samarbeide med andre disipliner, spesielt med tekniske problemstillinger, for eksempel presisjonssprøyting (se kap. 4.5).

Teknisk kompetanse finnes i dag ved Institutt for matematiske realfag og teknologi (UMB) og ved Høgskolen i Hedmark avd. Blæstad. Sistnevnte har fasiliteter for utpøring av redskap i felt og utdanner i dag studenter i landbruksteknikk som i stor grad finner arbeid i maskinbransjen som betjener landbruket, og får dermed direktekontakt med næringen.

Jord, miljø og plantehelelse er godt etablerte forskingsområder her i landet, men på litt sikt trengs det rekruttering av nye forskere. Forholden ligg godt til rette for å møte nye og viktige forskingsutfordringer knyttet til klimaendringer. Når det gjelder forskning og veiledning innen landbruksteknikk, er det stor mangel på rekruttering og særlig gjelder dette for forskingsrelaterte oppgaver.

4.4 Gjødsling og næringsforsyning

4.4.1 Kunnskapsstatus

Bakgrunn

Tap av klimagasser i forbindelse med næringsforsyning og gjødsling er knyttet til overskudd og tap av nitrogen. Grønlund *et al.* (2008a) understreker imidlertid at bruken av N-gjødsel medfører en karbonbinding som er flere ganger større enn utslippene fra jord og gjødselproduksjonen.

Gassutslippene i forbindelse med gjødsling kan senkes ved å redusere overskudd og tap av nitrogen. Det er behov for forskning som kan bidra til endringer som gir en dyrkingspraksis som resulterer i reduserte

utslipp samtidig som produksjonsvolumet økes eller i det minste opprettholdes. Det er bare slike endringer som kan kalles bærekraftige i et helhetlig og langsiktig perspektiv. Dersom det iverksettes utslippsreducerende tiltak som gir redusert produksjon, vil det kunne gi økt import, som igjen vil kunne føre til større utslipp knyttet til produksjonen i eksportlandet og økte utslipp i forbindelse med transport.

Det største potensialet for reduksjon av klimagassutslipp knyttet til næringsforsyning og gjødsling ligger i forbedringer knyttet til lagring, transport, spredning og utnyttelse av nitrogen i husdyrgjødsel og andre organiske gjødseltyper (Klimakur 2020). Minimalisert N-tap fra slike gjødseltyper på veien fra produksjon til plantenes rotsone vil redusere behovet for å supplere med mineralgjødsel, noe som igjen vil redusere tap knyttet til bruk av mineralgjødsel.

Dyrkingsjordas fruktbarhet kan defineres som evnen til vedvarende å være grunnlag for en plante-produksjon som er forsvarlig med hensyn til avlingsmengde, produktkvalitet, økonomi og miljø. Dyrkingsjordas fruktbarhet er avhengig av naturgitte forhold som geologi, hydrologi, klima og vær, så vel som menneskeskapte; med drenering, vanning, kalking, gjødsling, jordarbeiding og plantevern som de viktigste. Gjødsling er et viktig dyrkingsteknisk tiltak, men altså likevel bare ett av en rekke forhold som har betydning for dyrkingsjordas fruktbarhet og dermed produksjonspotensial.

Utilstrekkelige mengder næringsstoffer, for lite eller for mye vann, stort sjukdomspress eller andre vekstreduserende forhold kan gi betydelige reduksjoner i veksten, avlinga og kvaliteten av produktene. Kjernen i riktig næringsforsyning er å legge til rette for at planter med effektive rotsystem har tilgang til riktig mengde av essensielle næringsstoff når de trengs, da vil samtidig tapene til omgivelsene minimaliseres.

I Norge er det obligatorisk gjødslingsplanlegging (forskrift om gjødslingsplanlegging av 1. juli 1999). Ved gjødslingsplanlegging beregnes plantenes næringsbehov på grunnlag av en avlingsforventning. Ved hjelp av opplysninger om jord og dyrkingspraksis estimeres mengden av tilgjengelig næringsstoff i jorda. Gjødslingsbehovet beregnes deretter som differansen mellom plantens behov og bidraget fra jorda. En bærekraftig gjødslingspraksis, etter balanseprinsippet, innebærer at man ved gjødsling erstatter de næringsstoffene som avlingene fører bort, samt såkalte uunngåelige tap. Det er tilfeller der reservene av et eller flere næringsstoff i jorda er unødig store, da vil det være riktig i en periode å tære på disse reservene til nivået i jorda er senket til et ønsket nivå.

I Klimakur 2020 blir det foreslått å redusere normen for nitrogengjødsling. Avlingsnedgang som følge av dette er tenkt kompensert gjennom bedre jordkultur. Hvordan et slikt tiltak vil virke under praktiske forhold med hensyn på tap av lystgass og avling må vi vite mer om før det eventuelt blir satt ut i liver.

Forskning og erfaring viser at avlingspotensialet varierer betydelig innenfor enkeltskifter. Generelt er årsakssammenhengen som gir avlingsvariasjonen meget sammensatt og skyldes både naturgitte forhold, dyrkingshistorie og dyrkingsteknikk. Flere avlingsbegrensende forhold vil det være mulig å utbedre, det kan for eksempel være mangelfull drenering, pakkingskader, sur jord osv. I en situasjon der produksjonen skal øke er det behov for kartlegging av avlingsbegrensende faktorer og kunnskap om tiltak for utbedring av forhold som har et optimaliseringspotensial.

Temperaturstigning og mer nedbør har betydning for omsetning av organisk materiale i jord. Høyere temperatur vil forlenge perioden på høsten med tilstrekkelig jordtemperatur til at omsetningsprosessen er aktive. Dermed vil mer nitrogen frigjøres på høsten med økt risiko for tap som konsekvens (Duus Børgesen *et al.* 2009). Dette vil i framtida øke behovet for tiltak som kan bidra til å hindre at dette frigitte nitrogenet går tapt til omgivelsene.

Næringsregnskap

Næringsbalanseregnskap ser på differansen mellom næringsstrømmene inn og ut av et system, og kan beregnes på ulike nivå, for eksempel nasjonalt, regionalt, på gårdsnivå eller for et enkelt jordstykke (skiftenivå). Ethvert terrestrisk økosystem taper næring til omgivelsene. Selv en næringsfattig skogs-jord har et visst uunngåelig næringstap. På ei næringsrik jord har målinger av grøfte- og overflate-avrenning vist at selv dyrkingssystemer drevet med relativt store nitrogenunderskudd har tapt ca. 2 kg N pr. dekar via grøftene (Korsaeth & Eltun 2000). Ideelt bør derfor en bærekraftig næringstilførsel over tid være lik summen av uunngåelige tap og det som fjernes fra systemet med avlingene. Årlige variasjoner må aksepteres innenfor visse grenser.

Bleken og Bakken (1997) analyserte alle N-strømmer inn og ut av jordbruket, inklusive jordbruks-industrier som meierier, slakterier og møller. Det ble beregnet et årlig overskudd på 135 000 tonn N, som tilsvarer litt over 13 kg N pr. dekar i gjennomsnitt for hele det norske jordbruksarealet. En vesentlig del av overskuddet har sitt utgangspunkt i husdyrbaserte produksjoner. Når plantene må inno-

husdyra på veien til vår tallerken, øker mulighetene for tap. Utnyttingsgraden av nitrogenet blir dermed mye lavere ved produksjon av kjøtt og melk enn når plantene konsumeres direkte som menneskeemat (Korsæth 2010).

På grunnlag av resultater fra 240 gjødslingsforsøk i korn utført i perioden 1991-2007, beregnet Riley (2010) at sannsynlig N-overskudd ved kornproduksjon på Østlandet er ca. 3 kg N pr. dekar når halmen fjernes, og 5-6 kg N pr. dekar når bare kornet fjernes. Dette stemmer godt overens med N-balanser beregnet i JOVA-programmet (Bechmann *et al.* 2008). I JOVA-programmet har man fulgt næringstransporten i flere bekker fra mindre, jordbruksdominerte nedbørsfelt fra tidlig på 90-tallet. N-balansen beregnet for kornfeltene i de mest korndominerte nedbørsfeltene var i gjennomsnitt 5,5 kg N pr. dekar for perioden 1991-2006.

Når det gjelder grønnsak- og potetarealet utgjør det bare om lag 2 % av hele jordbruksarealet, og har dermed relativt liten effekt totalt sett. Lokalt kan imidlertid store utslipp fra disse produksjonene være meget uheldig. Mange grønnsaksvekster har for eksempel store N-behov for å sikre høye avlinger, mens relativt lite av dette fjernes med avlingen (mye N-rike planterester). I en undersøkelse med bruk av modellen EU-rotate_N, viste Riley (2007) at anbefalte gjødslingsmengder til typiske vekstomløp med grønnsaker ga til dels store N-overskudd og stor N-utvasking (opp til 10 kg N utvasket pr. dekar og år). Dette stemmer godt med tall fra bekkemåling i et grønnsakdistrikt på Sørlandet (JOVA-programmet).

De mest brukte gjødselplanprogrammene her i landet tar i liten grad hensyn til næringsfrigjøring fra planterester og annet organisk materiale. I dyrkingssystemer der det blir tilbakeført store mengder planterester og husdyrgjødsel er det viktig å utvikle gjødselplanprogrammer som også tar hensyn til disse næringskildene (Fystro 2007).

Gjødslingspraksis og kalking

Gjødslingsplaner utarbeides på skiftenivå. I konvensjonelt jordbruk suppleres bidraget fra næringsstoff som allerede er i jorda, biologisk fiksert nitrogen, samt det som tilføres med organiske gjødseltyper, inkludert husdyrgjødsel, med mineralgjødsel til plantenes næringsbehov er dekket ved et forventet avlingsnivå.

Grunnlaget i en god gjødslingspraksis er en gjødslingsplan basert på oppdaterte grunnlagsdata og realistisk avlingsforventning. Planen har liten verdi om den ikke følges i praksis med nødvendige tilpasninger til de aktuelle vekstbetingelser i sesongen. For å kunne tilføre de mengder av næringsstoffene som gjødslingsplanen tilsier, må en kjenne næringsinnholdet i gjødseltypene som brukes. Dette er enkelt i mineralgjødsel som har varedeklarasjon, men mer eller mindre usikkert for ulike organiske gjødseltyper. Gjødsel skal plasseres i en dybde som gjør den lett tilgjengelig for planterøttene, og tilføres på et tidspunkt slik at perioden den ligger eksponert for tap før planteopptak blir kort.

Det er en rekke faktorer som virker inn på hva som blir den faktiske avlinga, både naturgitte faktorer, som dyrkeren ikke kan påvirke, men også faktorer som kan påvirkes. Konkurransen fra ugras eller angrep av sykdom kan gi nedsatt avling og produktkvalitet, med redusert gjødselutnyttelse som konsekvens. Gode plantevernstrategier er sentralt for utnyttelsen av næringsstoff og dermed for tapet av nitrogen.

Mest mulig optimal jordreaksjon har betydning for tilgjengeligheten av en rekke næringsstoff og dermed planteveksten, rotsystemet og dets evne til å utnytte næringa i jorda. I sur jord vil dessuten en større del av nitrogenet som denitrifiseres, slippes ut som lystgass enn i ei jord med mer nøytral jordreaksjon. Dette skyldes at ved stigende pH synker andel lystgassnitrogen av totalt denitrifisert nitrogen og mer NO_x reduseres helt til molekylært nitrogen (N₂) (Budai 2009). På denne måten blir reaktivt nitrogen deaktivert. Kalking av sur jord er derfor et tiltak som reduserer andelen av denitrifisert nitrogen som slippes ut som lystgass. For høy pH kan derimot øke tap av NH₃.

Mineralgjødsel

Mineralgjødsel inneholder definerte mengder av næringsstoffene, og disse er stort sett i en form som er lett tilgjengelige for plantene. Tap av klimagasser skjer i hovedsak ved gjødselproduksjon og i tilfeller med overdosering av N-gjødsling i forhold til plantenes behov. Forskningsbehovet ligger i en ytterligere effektivisering av utnyttelsen av nitrogen. Effektiv utnyttelse handler om optimalisering av mengde, tildelingstidspunkt og gjødselplassering.

Dyrkingsjordens egenskaper og avlingspotensial varierer mellom distrikt, innen distrikt, mellom enkeltskifter og også innen enkeltskifter over korte avstander. Et tiltak som vil ha stor effekt, både i forhold til optimalisering av avlingsnivå, avlingskvalitet og reduksjon av N-overskudd er presisjonsgjødsling, det vil si stedsspesifikk gjødsling tilpasset varierende behov innenfor skifter (dette tiltaket er videre omtalt i kap. 3.5).

Husdyrgjødsel

På slutten av 1980-tallet og begynnelsen på 1990-tallet ble det gjennomført flere store prosjekter innen husdyrgjødselsforskning i Norge. Resultatene ble i stor grad oppsummert og presentert i boka Husdyrgjødsel (Tveitnes *et al.* 1993). I en utvalgsundersøkelse av Statistisk Sentralbyrå i 2000 (Gundersen & Rognstad 2001) ble bruken av husdyrgjødsel kartlagt, med hensyn til mengder, spredetidspunkt, spredeutstyr og nedmolding. Endringer i kraftfôrblandinger, forbud mot kjøttbeinmjøl fra 2001, høyere ytelse per ku og større enheter i melkeproduksjonen kan ha medført betydelige endringer i husdyrgjødsels sammensetning. Omlagging fra båsfjøs til løsdrift, og økende grad av kjøttféproduksjon, har også endret egenskapene til husdyrgjødsel. De siste 10-15 årene har forskningsaktiviteten innen husdyrgjødsel vært mindre enn tidligere. Men innen utnyttning og tap av næringsstoff er det gjennomført prosjekter (e. g. Morken & Nesheim 2004). Morken (2007) og Stornes (2008) har sett på hvordan ulikt spredeutstyr påvirker næringsstofftap og til hvilke kostnader. Det siste året er det skrevet utredninger om husdyrgjødsel og tap av nitrogen (Hansen *et al.* 2009) og om hvordan klimatiltak som gjødsling og andre driftsopplegg påvirker utslipp av lystgass (Øygarden *et al.* 2009). Det er også startet en undersøkelse (finansiert av Statens landbruksforvaltning), ledet fra Bioforsk Midt-Norge, for å kartlegge næringsinnholdet i husdyrgjødsel ved ulike driftsformer og produksjoner.

Biorest

I St.med. nr.39 vurderes biogassiltak som viktig og det er satt som mål at 30 % av husdyrgjødsel her i landet skal brukes til biogass produksjon. For å følge opp dette er det laget en egen utredning om kunnskapstaus og forskningsbehov for biogass (Sørheim red. 2010). Samtidig viser bergninger i Klimakur 2020 at dette er et svært effektivt klimatiltak.

De fleste biogassanleggene i Norge i dag er etablert i tilknytting til avløpsrensaneanlegg, og er opprinnelig utformet for anaerob behandling av avløpslam. Siden avløpslam gir relativt lite metanutbytte, er det flere anlegg som har bygd opp mottakskapasitet for andre avfallsfraksjoner som behandles i blanding med avløpslammet. Noen biogassanlegg for matavfall i Norge har kommet i normal driftsfase og produserer metan og biorest. Disse anleggene ble bygd på en forutsetning om at avvannet biorest var det interessante produktet. Imidlertid er størstedelen av næringsstoffene i den flytende delen. Mens utnyttelse av flytende biorest som gjødsel i landbruket er hovedbruksmåten i Sverige (RVF 2005), er det til nå beskjedne kvanta som har vært nyttet som gjødsel i Norge. Flytende biorest basert på matavfall egner seg godt som gjødsel til korn (Andersen 2008, Haraldsen & Børtnes 2009).

Husdyrgjødsel alene gir et forholdsvis lite utbytte av metan, og gir et sluttprodukt med lavere tørrstoffinnhold og omtrent samme næringsinnhold som gjødsel hadde opprinnelig. Husdyrgjødsel er likevel antatt å ha et betydelig biogasspotensial (Raadahl 2007, Raadahl *et al.* 2008), først og fremst fordi den representerer en stor mengde organisk avfall. Anlegg som sambehandler husdyrgjødsel og andre organiske restprodukter kan oppnå større utbytte av biogass og et sluttprodukt som er mer egnet som gjødsel enn det råstoffene behandlet hver for seg er. Slike kombinasjonsanlegg for behandling av husdyrgjødsel og andre organiske restfraksjoner er vanlig i Danmark.

Siden utnyttelse av organisk avfall for produksjon av biogass lager en biorest med varierende egenskaper og innhold av næringsstoffer, er håndteringen og utnyttelsen av bioresten og næringsstoffene i den helt vesentlig. Graden av utnyttelse av næringsstoffene i bioresten virker sterkt inn på i hvilken grad biogassanlegg er et godt klimatiltak. Således må utnyttelse av biogass av organiske restprodukter ses på som en helhet som omfatter energiutbytte, logistikk knyttet til avfallsfraksjoner inn til anlegg, logistikk knyttet til håndtering og utnyttelse av biorest, og optimalisering av gjødselverdien av bioresten. Utvikling av analyseverktøy som kan brukes til å vurdere hele kjeden av prosesser fra produksjon av avfall, innsamlingsystemer, behandlingsløsninger, optimalisering av biogassprosess ut fra ulike avfallsfraksjoner og transport og logistikk for utnyttelse av biorest er nødvendig.

Andre gjødseltyper

Kjøttbeinmel har på relativt kort tid er blitt en viktig gjødseltype i norsk landbruk. Den er dokumentert både som N- og P-gjødsel. Nitrogenet foreligger som proteiner og aminosyrer, men mineraliseres raskt i jord etter nedmolding. Om lag 80 % kan regnes som nyttbart i løpet av første vekstsesong. Fosforet hører til beinfraksjonen og foreligger som relativt tungt løselige kalsiumfosfater (ligner apatitt). Noe fosfor er nyttbart i første vekstsesong, mens det frigjøres løselig P gjennom flere vekstsesonger. Tilsvarende egenskaper har en del biprodukter fra oppdrettsnæringen. Kjøttbeinmel og marine biprodukter mangler i stor grad kalium, mens en del biprodukter fra næringsmiddelindustri inneholder kalium. Det samme gjør aske av halm og trevirke, men for å utnytte disse askeproduktene kreves det at bunnaske og flyveaske skilles i forbrenningsanlegget.

I mange distrikter er det overskudd av husdyrgjødsel. Det gjør det mulig og utvikle organiske gjødselprodukter med husdyrgjødsel og ulike typer biprodukter fra næringsmiddelindustri og oppdrettsnæring. På dette området ligger det vel til rette for regional næringsutvikling, der en knytter forskningsmiljø og industripartnere sammen. Løst på riktig måte kan en oppnå både energiutnyttelse ved behandling av organiske biprodukter og gjødselprodukter som har god virkning og kan erstatte bruk av mineralisk gjødsel.

Særlig i forbindelse med økologisk dyrking av korn har en utviklet metoder for nitrogenforsyning ved hjelp av nitrogenfikserende vekster som blir brukt som rein grønnkjødslingseng, underkultur i kornet eller som forgrøde til kornet. I vekstskifter med korn og slike vekster kan en oppnå kornavlinger på om lag 65-75 % av nivået ved konvensjonell drift (Henriksen 2001) uten bruk av husdyrgjødsel, men dyrkingssystem med stor andel grønnkjødslingsvekster er også utsatt for utvasking av nitrogen (Korsaeth 2008). Grønnkjødslingsvekster blir slått flere ganger i vekstsesongen med muligheter for tap av klimagasser fra råtnende plantemasse, men dette er ikke undersøkt her i landet. Bruk av fangvekster i korn kan være et middel til å redusere nitrogenavrenning (Molteberg & Henriksen 2004), men for denne dyrkingspraksisen har en heller ikke målt tap av klimagasser.

Vanning

Vanning til jord- og hagebruksvekster har relevans i tilknytning til nitrogenkjødsling primært av følgende årsaker:

- Vekstenes N-opptak og utnyttelse av tilført N-gjødsel forbedres ofte vesentlig ved vanning, slik at det blir mindre restmengder med mineral-N i jorda om høsten, og følgelig betydelig mindre utvaskingsrisiko i løpet av påfølgende vinter (jfr. høye restmengder med N i jorda som ble funnet flere steder på Østlandet høsten 1994 (tørkeår) (Hiitola 1996).
- Høy vanningsintensitet på lette jordarter kan forårsake utvasking av nitrogen fra jorda allerede i vekstsesongen, noe som øker vekstenes N-gjødselbehov og reduserer deres totale N-effektivitet (jfr. modellberegninger gjort av Riley & Guttormsen (1994).

Disse to forholdene betyr at man ved vanning vil oppnå bedre effektivitet av tilført N-gjødsel, under forutsetning av at vanntilførselen styres i forhold til behovet. Sistnevnte bestemmes av plantenes krav til vanning, av balansen mellom nedbør og evapotranspirasjon og av jordartenes kapasitet for vannlagring. Følsomheten for tørke gjennom vekstsesongen ble undersøkt ved tidligere Kise forskningsstasjon hos en lang rekke vekster. Slike opplysninger, sammen med informasjon om vannbalansen, er tidligere brukt i flere modeller for å varsle vanningsbehov. Det har vært forsøkt ulike medier (Televis osv.) for å nå ut til dyrkere med informasjonen. Erfaring har vist at dyrkere har begrenset vilje til å bruke styringsmodeller som de oppfatter som kompliserte og tidkrevende. Med dagens datateknologi ligger det et forbedringspotensial her. Pr. dato finnes informasjon på ukentlig basis om nedbør og fordampning for værstasjonene i Bioforsks Landbruksmeteorologisk Tjeneste (se Vanning på www.vips-landbruk.no).

Koblingen mellom jordas vannhusholdning og nitrogenomsetning i jord er sammensatt, men den er relativt godt beskrevet i komplekse simuleringsmodeller som det i dag finnes mange av. Et eksempel på en relativt praktisk modell som beregner N-balansen og N-gjødslingsbehov hos ulike vekster ble nylig utviklet i et stort EU-prosjekt (Rahn *et al.* 2010). Modellen inneholder valg som gjør det mulig å simulere virkningen av ulike vanningsstrategier på N-effektivitet og utvaskingsrisiko. Modellen har potensial for bruk i veiledning, men til utstrakt bruk trengs det utvikling av brukergrensesnittet.

Tekniske løsninger

Mineralgjødning

Til korn er kombigjødslingsutstyr (radgjødning) den vanligste redskapen for å spre gjødsla om våren. Delgjødning i vekstsesongen gjøres hovedsakelig med sentrifugalspreder. Ved å delgjødning i vekstsesongen (til for eksempel korn) øker mulighetene for bedre tilpasning av gjødninga til plantens behov. Ved delgjødningstidspunktet har man mer informasjon om bestandets avlingspotensial i forhold til hva man har ved såing. Videre er sentrifugalspreder det dominerende utstyret i grasproduksjon. IMT (Institutt for matematiske realfag og teknologi, UMB), tidligere ITF (Institutt for tekniske fag), gjennomførte i 1994-97 en sammenligning av 18 sentrifugalspreder på det norske markedet (ITF melding nr. 3, 1997). Resultatet for flere maskiner var nedslående, spesielt i forhold til fordeling og kantspredning. Videre viste en kartlegging av brukere av sentrifugalspreder følgende: kun 4 % kontrollerer spredejevnheten, 80 % måler ikke spredeavstand mellom dragene, 60 % kjørte med for lavt kraftoverføringsturtall og halvparten av sprederne var ikke gode nok etter de kvalitetsnormer som er satt blant annet til fordeling (Widnes & Asper 1997). Det er de siste årene gjennomført kurs (SLF-finansiert) for å bedre bruken og innstilling av sentrifugalspreder, i regi av Selskapet for Norges Vel. Men fortsatt er det stort potensial for å bedre kvaliteten på spredearbeidet. Videre har behovsstyrt dosering innen skifter et potensial med hensyn til riktige gjødning, men slike system må tilpasses norske forhold.

Husdyrgjødsel

Den dominerende håndteringsformen for husdyrgjødsel er som bløtgjødsel. Tankvogn med spredeplate er det vanligste utstyret. Det er flere svakheter ved dette utstyret. Det er stor fare for uheldig jordpakking ved kjøring av store tankvogner på bæresvak jord, svært ujevn tildeling av plantenæringsstoffer, og ved spredning på eng er det betydelig risiko for store ammoniakktlipp.

Gjennom den internasjonale avtalen om reduksjon av langtransporterte nitrogenoksider og ammoniakk, Gøteborgprotokollen fra 2001, har Norge forpliktet seg til å begrense ammoniakktlippene til under 23 000 tonn. Beregninger utført av SSB tyder på at utlippene er under denne grensen, men at de nærmer seg grensen. Siden landbruket er hovedkilden for ammoniakktap og spredning av husdyrgjødsel står for hovedandelen i utslippet, er det viktig å sette søkelyset på optimal spredeteknikk (Morken 2007). Som et ledd i å redusere miljøulempene med spredning av husdyrgjødsel (ammoniakktlipp og lukt), pågår det forsøk med nedfelling/injeksjon av husdyrgjødsel i flere distrikter der økonomiske virkemidler blir brukt til å påvirke spredeteknologi i en mer miljøvennlig retning. Beskrivelse av spredeteknikk i forhold til miljø er utarbeidet av IMT (Morken 2007).

4.4.2 Forsknings- og utviklingsbehov

Generelle forskningsbehov innenfor næringsforsyning og gjødning

- Modeller som beregner klimagassutslipp under gitte produksjonsbetingelser og estimerer konsekvenser av ulike tiltak for utlippene. Modellene bør kunne kjøres på gårdsnivå med muligheter til oppskalering til regionalt/nasjonalt nivå. Slike verktøy vil gi meget nyttig beslutningsgrunnlag for dyrkere, rådgivere og forvaltning.
- Evaluering av N-effektiviteten i ulike produksjoner i norsk jordbruk og identifisering av flaskehalsen som forhindrer bedre utnytting av tilført nitrogen.
- Videreutvikle konsept for variert N-gjødsling innen skifter tilpasset varierende avlingspotensial (se avsn. 4.5, Presisjonsjordbruk).
- Kunnskap om konsekvenser for avling og lystgassutslipp på eventuelle endringer i gjødslingsnormene.
- Reduserte tap av N på veien fra gjødselproduksjon til rotsone/planteopptak. Dette inkluderer å a) minimere perioden mellom tilførsel og opptak, b) redusere tap i forbindelse med overgang mellom ulike N-former i perioden mellom gjødselproduksjon og planteopptak og c) videreutvikle kunnskap innen ulike vekster om riktig mengde, tidspunkt og plassering for mest mulig effektiv næringsstoffutnyttelse i et endret klima.
- Kunnskap om strategier for å ivareta restnitrogen (konservere og utnytte) i jord og planterester fra ettårige vekster etter vekstsesongen i et framtidig klima med økt mineralisering av nitrogen om høsten på grunn av høyere temperatur.
- Kunnskap om kartlegging av avlingsbegrensende faktorer og tiltak for utbedring av forhold som har et optimaliseringspotensial. Dette vil gi økt produksjon og næringsstoffutnyttelse.

- Kunnskap om tap av klimagasser frå grønngjødsel og fangvekster.

Husdyrgjødsel

- Til tross for omfattende innsats tidligere på å bedre virkningen av nitrogen fra tilført husdyrgjødsel, vil dette også framover være den største utfordringen. På grunn av omfanget av ammoniakktap er både primær og sekundær virkning av denne tapsposten viktig. Videre må vi vite mer om tap av lystgass knyttet til bruk av husdyrgjødsel. Det er behov for kunnskap om mulighetene for reduksjon av gasstap med nye spredeteknikker som nedfelling og injeksjon. Det må legges vekt på klimagassutslipp, sett opp mot kostnader og behov for løsninger under ulike forhold (brattlendte areal, jordtyper, nedbørforhold m.m.). Av hensyn til klimagassutslipp kan det være ønskelig med en større andel langvarig grasmark. En av forutsetningene for å oppnå det er en effektiv og miljøvennlig spredning av husdyrgjødsel.
- Innhold og utnytting av næringsstoff - virkning på klima og miljø. Det pågår arbeid for å skaffe oppdaterte tall for innhold av næring i de viktigste husdyrgjødselslaga, men det er fremdeles behov for mer kunnskap. Den organiske delen av husdyrgjødsel blir i for liten grad tatt hensyn til i gjødselplanprogrammene. Det er en viktig forklaring på N-ubalansen på husdyrbruk. I dette ligger også utfordringene knyttet til synkronisering av N-tilgang og plantene sitt N-behov ved bruk av husdyrgjødsel. Det er behov for å øke kunnskapen om kombinerings av husdyrgjødsel og mineralgjødsel, med vekt på reduserte tap av N. Det er således behov for forbedring av dagens verktøy for gjødslingsplanlegging.
- Husdyrgjødsel har en effekt på karbonbinding i jord. Kort- og langtidseffekt under ulike jord-, klima- og driftsforhold er ikke godt klarlagt, og langt mindre satt ut i praktisk handling.
- Krav til spredeareal av husdyrgjødsel er koplet til innhold av fosfor og plantene sitt P-behov. Dette forholdet er så viktig at det er grunnlag for mer kunnskap om sammenhengen, som også vil inkludere P-utnytting generelt. Det er lite kunnskap om variasjon i P-innhold i husdyrgjødsel.
- Husdyrgjødsel er en ressurs som gir utfordringer fordi den ofte innebærer kostbare løsninger. Det er således viktig å skaffe kunnskap om metoder og handteringslinjer som reduserer kostnader og som er bærekraftige med hensyn til utnytting av ressursene. Lovverket om bruk av husdyrgjødsel skal nå revideres. Det er viktig at grunnlaget for lovverket er mest mulig kunnskapsbasert.

Biorest som gjødselmiddel

- Optimalisert utnyttelse av flytende biorest som alternativ til bruk av mineralisk gjødsel.
- Metoder for økt P-utnyttelse av fosforrike biorester og utvikling av fullverdige gjødselprodukter basert på slike materialer.
- Miljøvirkninger av stoffer i biorest som det pr. i dag ikke er definerte krav til i biogassubstrater.
- Løsninger for utnyttelse av næringsstoffer knyttet til biogassanlegg lokalisert til områder uten nærliggende spredeareal for gjødsel/jordforbedringsmidler.

Effektiv utnytting av teknisk utstyr

Mineralgjødsel

- Dokumentere spredejevnheten til sentrifugalspredere. Med GPS kan en enkelt finne nøyaktig kjøre-avstand og med vektceller måle dynamisk dose i feltet. En kan også raskt måle dynamisk fordeling med utlagte målebeger (vektceller og trådløs datalogging) for ulikt utstyr og innstillinger under ellers like forhold.
- Utvikle en test- og opplæringsordning for bruk av sentrifugalspredere. Hvis det viser seg at spredejevnheten ikke er optimalt, bør en utvikle en test og opplæringsordning for bruk av mineralgjødselspredere. Gjennom en slik ordning kan en også påvirke brukerne til å ta i bruk mer moderne utstyr som parallell tracking (parallele kjørespør) ved hjelp av GPS, og derigjennom oppnå en større måloppfyllelse.
- Bruk av parallell tracking som hjelpemiddel for nøyaktig arbeidsbredde og sammenligne innsparing i mineralgjødsel med konvensjonell spredingsmåte. Måle fortløpende drivstofforbruk per daa.
- Tilpasning av Yara N-sensor til norske forhold. Denne har online regulering av mineralgjødselmengde som funksjon av vekststatus, der hensikten er å optimalisere vekst. Tildeling av nitrogen tilpasset varierende behov innen skifter innebærer et stort potensial i forhold til riktig gjødsling.

Husdyrgjødsel

- I tillegg til virkingen for gasstap er det mangelen på kunnskap om virkning av injeksjon og nedfelling på avrenning av fosfor. Teoretisk synes det som om injeksjon og nedfelling på høsten i eng eller åker uten forutgående pløying vil kunne redusere avrenningen av fosfor i forhold til nedharving eller nedpløying på grunn av at jordoverflata beholdes urørt. Det er usikkert hvilke

konsekvenser dette vil kunne ha på nitratavrenning. Forskningsprosjekt som belyser disse problemstillingene er ønskelig både fra miljøsynspunkt, men også fra et økonomisk synspunkt da høstspredning vil medføre redusert behov for lager, og redusert negativ effekt av jordpakking. Trolig kan dette også ha konsekvenser for utslipp av klimagasser da utslippet er en funksjon av lagringsvolum og lengda på lagringsperioden.

- Ca. 70 % av husdyrgjødsel spres på eng og grasmark. Det vil da ofte være vanskelig å oppnå optimal arbeidsbredde. Ved bruk av parallell tracking kan en også redusere drivstoffbehov, forbedre fordelingen av gjødsla og redusere jordpakkingen. Ved bruk av GPS og kjørekart kan en enkelt finne punktet der en kjørte tom forrige tank etc.

4.4.3 Nasjonal kompetanse - internasjonalt samarbeid

Nasjonalt er det et nært samarbeid mellom Bioforsk, UMB, NLR innen fagfeltet gjødsling og næringsforsyning. Internasjonalt har en god kontakt med aktuelle institusjoner i Danmark, Sverige, Finland og England (North Wyke), men dette samarbeidet bør styrkes ytterligere. Kompetansen er generelt god, men særlig for husdyrgjødsel trenger en på litt sikt rekruttering. Alt i alt står en bra rustet til å ta nye forskingsoppdrag knyttet til næringsforsyning, klima- og avlingseffekter.

Den nasjonale kompetansen innen landbruksteknikk finnes i hovedsak hos UMB, Høgskolen i Hedmark, NLR og maskinbransjen. Det er behov for å styrke den nasjonale kompetansen innen både forskning og utprøving/veiledning da landbruksteknikk har vært nedprioritert gjennom mange år. Skulle en bygge ut en testordning for å sikre en god oppfølging av rett bruk og reduksjon i forbruket, vil det kreve en omfattende nasjonal satsing. Selv om kompetansen også er begrenset internasjonalt, vil det være naturlig å styrke samarbeidet med Yara og tyske forskningsmiljø (N-sensor), DLG teststasjon og eksempelvis Danmark (Bygholm) som er utpekt som ENTAM (European Network for Testing Agricultural Machinery) teststed i Europa for gjødselspredere.

4.5 Presisjonsjordbruk

4.5.1 Kunnskapsstatus

Bakgrunn

Presisjonsjordbruk er et alternativt konsept til ”gjennomsnittsregimet” i landbruket, der en tar i bruk avansert teknologi for å tilpasse behandlingen av jord og vekst til den variasjonen en finner innenfor jordstykker. Hovedmålet med presisjonsjordbruk er å øke utnyttingsgraden av innsatsfaktorene. Bedre utnytting gir bedre økonomi og mindre negative miljøeffekter.

Presisjonsgjødsling

Presisjonsgjødsling (PG) av P og K skjer fortrinnsvis ved såing og tildelingen beregnes på bakgrunn av jordanalyser og eventuelle avlingsdata fra forrige vekst. For N skjer PG vanligvis i form av delgjødsling en eller flere ganger i vekstsesongen (flat gjødslingsrate ved såing). Presisjonsgjødsling av P og K er relativt lite utbredt. Internasjonalt eksisterer det flere kommersielle systemer for stedsspesifikk gjødsling, slik som CropCircle (www.soilessentials.com/products-variable-rate-nitrogen.cfm), GreenSeeker (www.ntechindustries.com/greenseeker-RT200.html) og N-sensor (www.yara.co.uk/fertilizer/tools_and_services/n_sensor/index.aspx). I Norge har det så langt ikke vært noen slike systemer tilgjengelig, men Yara Norge AS tilbyr nå salg og servicetjenester for sin N-sensor i Norge (Svoldal, B.T., pers. med.). Sammenliknende studier av instrumenter finnes (eks. Tremblay *et al.* 2009). Det er store variasjoner mellom instrumenter og ulike instrumenter gir dermed ulike modeller for applikasjon av N, noe som indikerer behov for mer robust metodikk. For noen år siden ble det gjennomført en del målinger med en forsøksversjon av N-sensoren i bygg og høsthvete (Korsaeth 2005). Resultatene var lovende, men studiet viste at det er et potensial for forbedringer av metodikken.

De fleste studier demonstrerer lik eller bedre avling ved bruk av stedsspesifikk gjødsling. Normalt øker utnyttingsgraden av tilført N, og flere studier konkluderer med at PG har et potensial til å redusere N-tap til miljøet (eks. Delgado *et al.* 2005, Roberts *et al.* 2001). Tilsvarende er også funnet under norske forhold (Korsaeth & Riley 2006). En fersk studie i Norge (Øvergaard *et al.* 2010) indikerer at målinger

fra fly/helikopter kan være en effektiv metode for innsamling av relevante plantedata for stedsspesifikk gjødsling.

Presisjonssprøyting

Presisjonssprøyting (PS) er først og fremst motivert av et ønske om redusert forbruk av plantevernmidler. PS bygger på at planteskadegjørerne er ujevnt fordelt i åkeren. I stedet for vanlig breisprøyting, sprøyter man bare de deler av åkeren som er infisert (sopp, nematoder, rotugras, etc.) eller som er over skadeterskel (frøugras i korn). Strategien krever at man har en teknologi som kan "se" skadegjøreren. PS er under utvikling og dens effekt på netto CO₂ utslipp er lite undersøkt. PS kan tenkes å begrense klimagassutslipp fordi:

- Kjemiske plantevern tiltak reduserer drivstofforbruket sammenlignet med mekanisk bekjempelse.
- Kjemiske tiltak reduserer behovet for gjentagende mekanisk radrensing av ugras i vekstsesongen. Mange selektive ugrasmidler i grønnsaker er trukket tilbake og dyrkerne står nå tilbake med de mekaniske metodene som vil øke netto utslipp i tiden framover. Ved mekanisk ugraskontroll øker oksygentilførselen til jorda, og dermed også nedbrytingen av organisk materiale og frigjøring av CO₂ til atmosfæren. Dette kan motvirkes ved å etablere nye metoder basert på skjermet PS med ikke-selektive midler.
- Forskning viser at det med PS er et stort potensial for besparelse av ugrasmidler uten avlingsreduksjon i korn (Berge *et al.* 2010). Det er grunn til å anta at dette også vil gjelde PS med andre pesticider (sopp- og insektmidler). Redusert energi- og råvareforbruk ved produksjon av de kjemiske midlene blir dermed en ytterligere reduksjonspost i klimagassregnskapet ved bruk av PS.
- Sprøyting mot ugras kan redusere CO₂-utslippet per kg produsert korn sammenlignet med usprøytet areal. Flerårige målinger av CO₂-utslipp relatert til høstkorndyrking i Tyskland viste at ugrassprøyting ga 36,4 % lavere utslipp per kg korn enn usprøytet areal (Deike *et al.* 2008). En strategi med PS av slike midler vil derfor være gunstig mht CO₂-utslipp og pesticidforbruk.
- Økt avling ved bruk av kjemiske plantevernmidler generelt betyr økt utnyttelse av tilført kunstgjødsel og dermed redusert utslipp av lystgass.

4.5.2 Forskings- og utviklings utfordringer

Presisjongjødsling

- Presisjongjødsling er teknologikrevende. Lønnsomheten ved metoden er sensitiv for prisforholdet mellom produkt- og gjødsel. Så langt har mye forskning konsentrert seg om produkter med relativt lav salgspris (for eksempel korn, mais), mens såkalte "high-value-crops" (for eksempel poteter og grønnsaker) har fått mindre oppmerksomhet. Disse vekstene mottar ofte svært store gjødselmengder, og potensialet for tap av næringsstoffer er stort. Det er derfor både økonomiske og miljømessige grunner til å utforske stedsspesifikk gjødsling i større grad for slike vekster.
- De siste tiårene har vi hatt en sterk vridning mot miniatyrisering og integrasjon av elektroniske komponenter. Dette har ført til en prisrevolusjon på elektronisk utstyr hovedsakelig grunnet lavere produksjonskostnader. Det er behov for forskning som utnytter denne teknologiske utviklingen, blant annet fordi potensialet for kostnadsreduksjon i metodikken er spesielt stort her. Relevant kunnskap i skjæringspunktet mellom teknologi og agronomi er avgjørende for å utnytte de tekniske nyvinningene, og dette er et område som ofte blir liggende bak i utviklingen.
- Husdyrgjødsel representerer en stor risiko for næringstap til miljøet. Forskning trengs for å utvikle praktisk gjennomførbare konsepter for en tildeling av gjødsel som i større grad gjenspeiler plantenes stedsspesifikke behov. Fjærkregjødsel har spesielt stor konsentrasjon av N og fortjener spesiell oppmerksomhet på dette området.
- Det er videre behov for å undersøke hvordan kommersielle systemer for PG utviklet under andre forhold best kan tilpasses norsk landbruks særegenheter.

Presisjonssprøyting

- Bruk av sensorer for tidlig deteksjon av soppangrep er et område med stort potensial for reduksjon av pesticider, hvor behovet for forskning er stort. Det er gjort veldig lite på dette området i Norge, men pågående forskning knyttet opp mot refleksjonsanalyse og miniatyrsensorikk på andre områder har stor overføringsverdi.
- Videre trengs et kunnskapsgrunnlag for utvikling av robuste metoder for presisjonssprøyting, inkludert ugrasroboter med presise redskap som laser og mikrodosering av ugrasmidler beregnet for kontroll av enkeltplanter. Som for presisjongjødsling er kunnskap i skjæringspunktet mellom teknologi og agronomi her avgjørende for å utnytte de tekniske nyvinningene.

- Det er også behov for kunnskap om beregningsmetoder for å analysere netto effekter av ulike tiltak mot planteskadegjørere på klimagassutslipp/binding. Dette som grunnlag for mer målretta forskning som kan bedre klimagassregnskapet i landbruket.

4.5.3 Nasjonal kompetanse - internasjonalt samarbeid

Internasjonalt samarbeid er nødvendig for presisjons gjødsling. Allerede eksisterende nettverk innen Norden utgjør et godt utgangspunkt for videre forskning på dette området. For presisjonsstrøying gjennomføres mye forskning internasjonalt, men vi har også et ansvar for å bidra til utvikling av disse PS metodene nasjonalt. Det finnes allerede mye norsk kompetanse på relevante områder innen biologi, bildeanalyse, refleksjonsanalyse, multivariat statistikk og softwareutvikling. En videreutvikling av allerede eksisterende nettverk på dette området vil styrke gjennomføringsmulighetene for ny forskning på dette området.

4.6 Tilpasning og muligheter i norsk plantekultur i et endret klima

4.6.1 Kunnskapsstatus

Bakgrunn

Det har den siste tiårsperioden blitt gjennomført flere forskningsprosjekter helt eller delvis motivert ut fra behov for kunnskap om sårbarhet, muligheter og tilpasningsstrategier for norsk planteproduksjon i et framtidig klima. UMB og Bioforsk har henholdsvis gjennomført de strategiske programmen "Ecology and Economy of Agriculture in a Changing Climate" (Bakken et al. 2004) og "Climate change effects on winter survival of perennial forage crops and winter wheat on plant diseases and weed growth and control at high latitudes" (Höglind et al. 2010). Av pågående eller nylig innvilgede prosjekt kan nevnes VARCLIM (Bioforsk/UMB), "Polysaccharides in barley and oats - adaptation for food and feed" (Bioforsk/UMB/Nofima), "Climate change vulnerability and adaptive capacity in the agricultural sector in Northern Norway" (Nordnorsk Landbruksråd/Cicero/ Bioforsk).

Det er imidlertid ikke gjort noen brei og kvantitativ gjennomgang av muligheter og utfordringer i norsk planteproduksjon gitt ett eller flere scenarier for hvordan klimaet vil bli de nærmeste hundre åra. Slike utredninger er gjennomført i andre nordiske land (Hilden et al. 2005, Olesen et al. 2006, Eckersten et al. 2007). På et mer overordna og/eller kvalitativt nivå er vilkår for landbrukssektoren vurdert av Haglerød (1990), Schjolden (2004), Engebretsen (2008), Aaheim (2009) og Grønlund (2009). St. meld. nr.39 inneholder også en beskrivelse av forventede konsekvenser av sannsynlige endringer i klima og naturgrunnlag. Hovedkonklusjonene fra disse arbeidene er at det norske landbruket kan forventes å komme styrket ut av ei global oppvarming. Vekstsesongens lengde vil øke, og som konsekvens av det tilgangen på egnede dyrkingsarealer, avlingenes størrelse og utvalget av arter og sorter som kan dyrkes. På den andre sida kan risikoen for tørkeskader øke enkelte steder, mens mer nedbør kan øke erosjonsrisiko og skape problemer med å få gjort maskinelle operasjoner til rett tid i andre områder. Økt sjukdomspress fra kjente og ukjente skadegjørere i takt med temperaturendringene er også poengtert som viktig og negativt i mange sammenhenger. Endrede overvintringsvilkår for flerårige vekster er sjelden tatt opp i disse utredningene.

Enten det er snakk om konsekvensanalyser eller forskning på biologiske og fysiske prosesser som grunnlag for analysene, vil usikkerheten rundt klimascenariene være ei stor utfordring. Etter vårt syn må forskning for tilpasning og for sårbarhet- og mulighetsvurderinger legges opp slik at den har verdi uavhengig av scenarienes treffsikkerhet. Den må ha som mål å gi kunnskap og innsikt i grunnleggende prosesser i agroøkosystemene som er gyldig under alle vilkår, og konsekvensanalyser må produsere resultater plassert i mulighetsrom og med kvantifisert usikkerhet.

Endringer i naturgrunnlag egnet for planteproduksjon som følge av klimaendringer

I Norge er det i dag omtrent 11 mill daa dyrka jord, og av dette er 80 % fulldyrka. I tillegg er ytterligere 12 mill daa vurdert å være dyrkbar ut fra minsteareal, jorddjup, jordkvalitet, stein- og blokk-innhold og klima (Bjørndal 2007, Strand & Bekkhus 2008). Siden klassifikasjonen er gjort ut fra dagens

klima, vil klimaendringer føre til at nye områder faller inn i kategorien dyrkbar. Hvor langt en dermed kan gå ”oppover, innover og nordover” i landet, bør utredes. En slik utredning vil også innebære en gjennomgang av hvor og når nydyrking vil kunne være i konflikt med hensyn til biologisk mangfold og truede naturtyper og til krav om reduksjon og forebygging av klimagassutslipp. Havstigninga i Norge forventes å bli på 55-110 cm innen 2100 (Drange *et al.* 2007). Det er trolig en liten del av dyrka og dyrkbar jord som kan forventes å bli berørt av dette.

Dyrka og dyrkbar jord i dagens og framtidens klima kan deles i dyrkingssoner etter hvilke vekster som gir avling av akseptert kvalitet og kvantitet. Den hittil mest brukte soneringa bygger på temperatursumskravet over 0 °C fra såing til gulmodning hos korn (Strand 1964). Det er i alt fem korndyrkingssoner og en sjettede sone bare for grønnfôr og engvekster definert ut fra at korndyrking ikke er mulig. Et område blir vurdert å være årsikkert for dyrking av aktuelt kornslag som utnytter 77,5 % av normal temperatursum i mai-september. Skjelvåg (1987,1990) har brukt en modifisert form av denne soneinndelinga i ei vurdering av mulige klimaendringers konsekvenser for landbruksproduksjonen i Norge, og har ellers ledet et arbeid (Skjelvåg 1992) med mål om å lage kriterier for soneinndeling i ei agro-klimatisk kartlegging av Norden. Denne omfattet også kriterier for overvintringsforhold for flerårige vekster, men har ikke blitt implementert eller arbeidet videre med. Et annet prosjekt med relevans for agro-klimatisk sonering og vurdering av naturgrunnetegnethet for planteproduksjon i et endret klima, ble gjennomført like etter årtusenskiftet (Aune *et al.* 2004, Wit *et al.* 2004). Målet var å produsere jordressurskart som uttrykker produksjonspotensialet til arealene med å ta i bruk GIS og kombinere jord- og værdata i plantevekstmodeller (Tveito *et al.* 2005, Skjelvåg *et al.* 2007). Arbeidet munnet ut i et eksempel på hva tilnæringsmåten kunne produsere av kartfesta årsikkerhetsvurderinger for byggdyrking i utvalgte kommuner, samt forslag og skisser til videre utvikling i metodikken. Mangelen på gode plantevekstmodeller, spesielt for gras, ble pekt på som en begrensning.

De meget overordna og nokså kvalitative konsekvensanalysene for norsk landbruk omtalt innledningsvis, er baserte mye på endringer i vekstsesongens lengde ut fra enkle kriterier og akkumulerte temperatursommer innenfor definert vekstsesong (f.eks. Engen-Skaugen & Tveito 2004). Det er ikke nyansert for ulike veksters forskjellige krav til temperatur og daglengde når det gjelder vekststart, fenologisk utvikling og vekst avslutning. I denne enkle tilnærminga er det også i liten grad tatt hensyn til at den sterkt avtakende lystilgangen spesielt på seinhøsten på våre breddegrader, vil begrense vekst og vekstsesong sjøl om temperaturen i seg sjøl er høg nok til å oppnå netto produksjon.

Endringer i laglighet/rettidskostnader og produksjonsrisiko

Et sterkt mekanisert jordbruk med stadig større og tyngre maskiner, og gjerne større arealer per utstyrsenhet og stadig strengere krav til produktkvalitet, er sårbart for ustadig og vedvarende vått vær og ulaglige jordforhold som følge av det. Dette gjelder enten det er snakk om jordarbeiding, såing, høsting, gjødselspredning eller kjemisk og mekanisk plantevern. Tiltak til annen tid enn den optimale, vil kunne gi avlingstap og forringa kvalitet. Det er ikke gjort laglighetsanalyser på norsk planteproduksjon de siste 20 åra, verken ut fra dagens eller framtidens klimatiske utfordringer.

I konsekvensanalyser/sårbarhetsvurdering og for forordning av tilpassingstiltak i forhold til endra klima, hører slike vurderinger med, enten med avlinger/avlingskvalitet som objekt i analysen eller dette omsatt i økonomiske termer. Det er også værbestemt risiko og variasjon i utbytte av planteproduksjon som ikke er knyttet til rettids effekter. Metoder for å analysere annen produksjonsrisiko er prøvd ut i NILFs nylig gjennomførte program ”Risikoeksponering og risikohandtering i matproduksjon - sammenligning av havbruk og jordbruk” (Hegrenes *et al.* 2008).

Endra betingelser og muligheter for tradisjonelle og nye kulturer

Fôrproduksjon til drøvtyggere

For grovfôrproduksjonen vil en økning i egnet areal per dyreenhet eller produktenhet kunne føre til at en i større grad kunne maksimere kvalitet i forhold til avling og gå ned i intensitet i planteproduksjonen når det gjelder innsatsfaktorer som gjødsel og fornying av eng. Et høgere avlingspotensial som følge av høgere temperaturer og lengre vekstsesonger (Höglind *et al.* 2009, Baadshaug & Haugen 2009), vil også kunne tillate større vektning på kvalitet i fôrproduksjonen. Mildere og mer snørike vintre vil legge til rette for at en uavhengig av store framskritt i sortsutviklinga, kan erstatte den tradisjonelle blandingsenga med timotei, engsvingel og rødkløver med eng dominert av flerårig raigras i mange områder. Dette gjør at en kan høste oftere gjennom hele sesongen og oppnå bedre kvalitet totalt. Beitesesongen og tida når det er mulig med nullbeiting og føring med ferskt gras,

vil kunne utvides og minke behovet og kostnadene forbundet med konservering av fôr. Sjøl om muligheter og begrensninger som er gyldig for dagens fôrproduksjon i f. eks. Danmark, Storbritannia og Tyskland vil kunne gjelde for norske forhold i et framtidig klima, vil den norske vinteren alltid være mørkere og lengre enn vinteren lenger sør, uavhengig om den blir våtere, villere og varmere eller ikke. Det vil fremdeles være svært stor innenlands variasjon i naturbestemte vilkår og tilpasninger. Som i dag, vil nedbør i vekstsesongen innebære utfordringer for høsting og konservering, for tilbakeføring av organiske restprodukt (rå eller fermentert husdyrgjødsel) til systemet og for beiting. Kanskje ser vi for oss ei utvikling mot mer langvarig grasmark, både for kostnadsreduksjon, av hensyn til klimagassutslipp, næringsstoffavrenning og bærekraft i systemene generelt. Lengre vekstsesong, og varmere og lengre vårer legger også bedre til rette for at en høyere andel av nitrogenet som går inn i systemet, kan komme fra biologisk fiksering hos belgvekster.

Årsikker dyrking av fôrmais med høgt stivelsesinnhold ville også kunne bety et skifte i fôrproduksjonsstrategi for mange. Denne produksjonen er svært lite utbredt i Norge i dag, men er prøvd med varierende utbytte og hell rundt Oslo-fjorden og i Agder. Det er ikke bare vekstsesongens lengde som er begrensende, men også dager med høge sommertemperaturer. Overgang fra tradisjonell, flerårig eng til mais innebærer utfordringer når det gjelder miljø og skadegjørere. Mais i vekstskifte kan for eksempel gi økte problemer med mykotoksiner i korn. Muligheter for dyrking av andre varmekrevende vekster som sukkerbete vil også kunne gi positive bidrag til fôrproduksjonen.

Kraftfôrråvarer

Tilfanget av jord der det årsikkert kan dyrkes vårkorn (bygg, havre, hvete) som holder tradisjonell stivelses- og proteinkvalitet, vil øke de kommende 50-100 år om de forventede klimaendringene inntreffer. En økning i egnede kveitearealer vil være gunstig både med tanke på hva som etterspørres og mulighetene for å bruke sjukdomsforebyggende vekstskifter i ensidig kornproduksjon. Sannsynligvis vil dyrking av seinere sorter av alle kornslag kunne øke og gi et høyere avlingspotensial og også en noe forbedret kvalitet. Enda mer interessant ut fra dagens behov vil det være om vekster med høyere innhold og andre kvaliteter av protein kan dyrkes i større omfang. Kortere og mildere, men ikke for varierende vintre vil legge til rette for dyrking av høstoljevekster, men det er usikkerhet omkring hva forventa varmere og våtere høster har å si for herdighet mot soppangrep og annen vinterskade hos disse og hos annet høstkorn. Vilkårene for vårsådde oljevekster, erter og åkerbønne vil også kunne bedres, men utfordringene når det gjelder bekjempelse av skadedyr og sopp vil trolig øke samtidig.

Matkorn

Lengre vekstsesong og noe høyere temperatur kan være positivt for matkornproduksjonen fordi dette i seg sjøl gir bedre bakekvalitet og videre gjør at en kan bruke seinere sorter med sikrere og bedre kvalitet (Uhlen *et al.* 1998, Færgestad *et al.* 2009). Lengre vekstsesong og et utvidet dyrkingsområde kan også gi større fleksibilitet i produksjonen med muligheter for er sterkere kvalitetssortering både til mat og fôr. Men større variasjoner i været kan gi uforutsette variasjoner i kvalitet. Mer regn i modnings- og innhøstingsperioden vil kunne gi større problemer med groskade og skrupne korn. For å møte disse problemene, vil det være behov for sorter med dypere spiretreghet enn de en har i dag.

Potet og andre radkulturer

Begrensende for potetdyrking i dag er ofte jordart, tilgang på vatn og godt arronderte arealer. Dette betyr mer enn krav til temperatursum, vekstsesongens lengde og andre klimafaktorer. Sortsmaterialet som brukes og som føres videre i nye linjer, ansetter knoller også under lang dag, og det forventes ikke at det dukker opp nye problemer med knollansetting og utvikling ved temperaturstigninger i vekstsesongen. Mer og hyppigere regn og våtere høster vil gi utfordringer for høsting og lagring, og sjukdomspresset vil kunne øke. Dette kombinert med mer intense tørke- og varmeperioder vil gi stress og kvalitetsforringende ujevn vekst. Optimal næringsforsyning og rettidige plantevern tiltak gjennom vekstsesongen vil bli stadig viktigere.

For grønnsakproduksjonen vil forventede klimaendringer gjøre at en kan produsere flere hold innen år og totalt større avlinger per arealenhet og videre levere et bredere utbud av ferskvare i større deler av året. Skadedyr, sopp og ugras blir trolig tiltakende problemer, både ut fra at en ser for seg stadig strengere restriksjoner på bruk av tradisjonelt kjemisk plantevern og at mildere klima og lengre vekstperiode vil gi gunstigere vilkår for skadedyr.

Frukt og bær

I dag er lengda på vekstsesongen, overvintringsforhold og skadegjørere begrensende faktorer for avling og kvalitet. Faren for overvintringsskader var tidligere størst hos bringebær, men har de siste åra også

blitt ei utfordring for jordbær og solbær. Det er særlig frostskaider tidlig om våren som er utfordringen, og den forventes å øke dersom høge vintertemperaturer bryter kvila tidlig og igjen etterfølges av episoder med sterk frost. Mildere vårer kan gi tidligere blomstring. Det øker risikoen for frostskaider i blomsten. Sjukdommer gir også store utfordring med tanke på framtidig klima siden flere fremmes av våtere og mildere klimaforhold. Arter som ikke dyrkes hos oss i dag som druer og aprikos, vil kunne gi muligheter dersom en får tilgang til tilpassa sorter som kan gi økt variasjon i smak og kvalitet. Sorter av de vanlige fruktartene (eple, plomme og pære) med stort krav til vekstperiodens lengde vil også få større betydning når våren kommer tidligere og høsten blir mildere. Utfordringene med kontroll av sjukdommer som gråskimmel og mjøldogg kan forventes å øke, selv om det i dag forskes mye både for å oppnå bedre resistens og økt motstandskraft. Utvikling av nye og bedre sorter som flergangsbærende jordbærsorter og høstbærende bringebær sammen med økt dyrking i tunnel eller under tak, vil også bidra til en lengre sesong og sikrere kvalitet. Mer grunnleggende kunnskaper om hva som styrer vekstens faseskifter og vekstrytme vil gi større muligheter for å utvikle nye plantetyper og mer programmert dyrking.

Endringer i utbredelsesområder og aggressivitet av nye og gamle skadegjørere

Ugras

Flerårige ugras (kveke, åkertistel, åkerdylle, hestehov) vil være et tiltakende problem i ensidig åkerdyrking med redusert jordarbeiding og strenge restriksjoner på bruk av kjemiske plantevernmidler. Deres konkurransekraft i forhold til ettårige vekster består i at de uten brakking og dyptgående jordarbeiding har en lengre vegetativ sesong hvor de nyttiggjør seg av næring og lys som kulturplantene ikke bruker. Hvorvidt endringer i vekstsesongens lengde vil endre eller forrykke dette konkurranseforholdet i forhold til nåsituasjonen, er usikkert. Dersom jordarbeiding om høsten blir sjeldnere på grunn av økt andel av høstsådde korn- og oljevekster i vekstskiftene, kan konkurranseforholdet mellom kulturplante og ugras også forrykkes i forhold til nåsituasjonen. Eksempel på ugrastyper som kan skape stadig større problemer, er høstspirende grasarter som åkerreverumpe og åkerkvein.

Skadedyr

Med klimaendringene følger trolig overvintringsforhold som legger til rette for større og mer årsikker overlevelse av skadedyr. Antallet generasjoner de kan gjennomløpe i vekstsesongen vil også kunne øke og gi behov for andre og mer presise bekjempelses- og varslingsstrategier. Samtidig vil de gjennom rask evolusjon og invasjon kunne få forsprang i forhold naturlige predatorer. Skadedyr som i dag har begrenset utbredelse i landet eller ikke har fått fotfeste i landet på grunnen av ugunstig klima, vil ha bedre muligheter til å etablere seg.

Sopp

Sjøl om omfanget av soppsjukdommer vil avhenge av vekstskifter, jordarbeidingsmetoder, resistenssegenskaper og muligheter for å bruke kjemisk plantevern, vil problemene med slike skadegjørere totalt kunne øke dersom en i framtida får mer og mer hyppig nedbør og høgere temperaturer i vekstsesongen. Overvintringssoppenes skadepotensial er avhengig snødekkets varighet og temperaturen under snøen, og vil i mange områder kunne bli et mindre problem enn de er i dag. Deres virulens vil også være betinget av hvordan kulturplantens kondisjon blir i et framtidig vinterklima. Forebygging og bekjempelse av soppsjukdommer kan forventes å måtte bli annerledes i Norge om 50 år enn i land med tilsvarende klima i dag. Dette fordi særegne lysforhold kan gi en annen generasjonsveksling/sporulering og derigjennom virulens hos soppene enn de har på lågere breddegrader med andre lysforhold.

Vekstskifter og planteproduksjonssystem for robust mat- og fôrproduksjon i framtida

Etter hvert som planteproduksjonen endres for å forebygge og senke klimagassutslipp, for å passe best mulig til nye dyrkingsvilkår og for å innfri øvrige krav til avkastning, miljøpåvirkning og bærekraft, vil vekstskiftene og produksjonssystemene bli endra i forhold til nåsituasjonen. Sjøl om en forutsetter at drøvtyggerproduksjonene i liten grad skal rekanaliseres til dagens kornområder på Østlandet, vil ensidig kornproduksjon trolig måtte brytes med vekselvekster som vedlikeholder eller bygger organisk karbon i jord uavhengig av jordarbeidsregimer. Dette vil kunne være flerårige engvekster til energi- eller eks-tensiv fôrproduksjon. Hvorvidt arter av høstkorn og -oljevekster tildels kan ha samme funksjon, er

usikkert, og erosjonsfare i vinterhalvåret knyttet til nedbørsmengde og -mønster og mulighet for ugrasbekjemping vil være viktig for andel og omfang av disse.

Planteproduksjonssystemene vil også komponeres ut fra hvilke dyreslag de skal gi fôr til, hvor intensive husdyrproduksjonene skal være og hvor mye vegetabilsk menneskemat som skal produseres i landet. Hvilke kornarter som en kan veksle mellom, er nær knyttet til disse spørsmålene, men mulighetene for å lage mer plantesjukdomsforebyggende vekstskifter der det i dag er ensidig kveitedyrking eller byggdyrking, vil trolig være til stede. En overgang til mer langvarig eng og beite der drøvtyggerproduksjonene blir lokaliserte er sannsynlig. Kanskje gjelder dette spesielt der denne produksjonen i dag er intensiv både når det gjelder avdrått og dyretall og næringsoverskudd per arealenhet. Hvor ofte og med hvilke vekster slike omløp vil brytes, avhenger av arrondering og jordforhold, men også av hvor godt en i disse kan inkorporere og resirkulere organisk materiale og næringsstoff fra storsamfunn og husdyrproduksjonen uten jordarbeiding. Kravet til mindre tap og til større og mer effektiv sirkulasjon av nitrogen og fosfor vil trolig bli vesentlig strengere og påvirke alle planteproduksjonssystemers utforming og driftsintensitet, også de som i hovedsak produserer grovfôr til stor- og småfé.

Framtidas vekstskifter og produksjonssystem må også være robuste og utformes for å gi stabile avlinger under varierende og utfordrende overvintringsforhold, mer usikker vannforsyning og vanskelige forhold for alle typer maskinelle operasjoner. Hva samfunnet totalt sett ønsker fra norsk landbruk når det gjeld produksjon av mat og kollektive goder, vil trolig være det viktigste grunnlaget for utforminga av produksjonssystemene og arealbruken.

Sortsutvikling og planteforedling for et framtidig klima i dagens klima

Samspill mellom genotype av kulturplante og miljø/skadegjørere og mål på dette henta fra studier og eksperiment i felt har vært grunnleggende i all sortsutvikling. Dersom en nå skal ha som mål å utvikle sorter tilpassa et radikalt endra og ukjent klima, må en i så måte finne andre arenaer og metoder enn de tradisjonelle. Graminors tilnærming til denne utfordringen er at endringene i klimabestemte dyrkingsvilkår og foredlingsprosessen skjer i samme langsomme tempo (Henriksson 2009). Deres utvalgsarbeid vil fremdeles gjennomføres i felt i de geografiske områdene som de respektive foredlingsprogrammene er retta mot. I resistensforedling hvor det gjelder om å holde tritt med rask og miljøbetinga evolusjon hos skadegjørere, forholder de seg også til kjente skadeorganismer med kjente egenskaper, og vil ellers øke bruken av molekylære markører for resistenssegenskaper i kulturplanten i utvalgsarbeidet. Hvorvidt en annen tilnærming er nødvendig for å sikre at en har et godt tilpassa sortsmateriale, kan utredes nærmere. Noen vil også hevde at det ligger et nyttbart potensial i materiale som i dag brukes i andre land som har klimaforhold som vil tilsvare det en vil ha i viktige landbruksregioner her i landet om 50-100 år. Mot dette kan anføres de særnorske lys- og fotoperiodeforholdene som vekster som dyrkes i Norge må være tilpasset til. Likevel yter norske sorter i dag bra innenfor større intervall av breddegrader (ca. 58-70 °N) enn det en forflytning fra Danmark/Nord-Tyskland til Jæren og Sør-Østlandet vil innebære (ca. 52-58 °N). Alle vil trolig kunne enes om at videre sortsutvikling og bevaring av genetisk mangfold hos jordbruksvekstene er viktige klimatilpassingsstrategier.

Forskningsmetodiske tilnærminger og utfordringer når en er dømt til å være "ex situ"

All forskning på agronomiske spørsmål har utfordringer når naturgrunnlaget og klimaet som relevansen knyttes til, ikke kan reproduseres fordi det er ukjent og fordi det ikke lar seg gjøre å bygge intakte agroøkosystem med alle biotiske og abiotiske komponenter. Når en dermed er dømt til å være "ex situ", er det uenighet om en kan og bør selge ut og prioritere forskning som pretenderer å gi kunnskap om sårbarhet og utbytte i en ukjent og kanskje kvalitativt ny planteproduksjon. Noen vil hevde at den beste tilpassingsstrategien for å sikre matproduksjonen i et framtidig klima er å trappe opp forskning og utdanning på grunndisipliner i agronomien med de til en hver tid gjeldende produksjonssystem som forsøks- og utprøvningsarena. Til grunn for denne "vente-og-se-strategien" ligger forvisning om de fysiske og kjemiske sammenhengene og organismene reaksjoner på miljøet prinsipielt vil være de samme også i et endra klima.

Dersom en i tillegg eller alternativt vil målrette forskningen mer mot nye vekster og skadegjøreres responser i hittil unorske miljø, vil arenaer og metoder være knyttet til regulert klima og simuleringer ved hjelp av mer eller mindre komplekse modeller for produksjon, utvikling, overvintring og nærings- og vanntilgang i plantebestand med klimavariabler som drivere. Eksperiment og studier i regulert klima (klimakammer, fytotron, innebygde "økosystem") har ikke alltid høgt generaliseringsverdi til

feltforhold, men er det eneste en har å hjelpe seg med når en ønsker å bryte interkorrelasjonen mellom klimavariablene under åpen himmel og når en skal komponere et miljø som ikke finnes i dag.

Når det gjelder produksjons- og overvintringsmodeller for vekster som har stort dyrkingsomfang i Norge i dag, har vi KONOR for vårbygg (Bleken 2001), ENGNOR (Baadshaug & Lantinga 2002), WINSUR-LINGRA (Van Oijen *et al.* 2005, 2008, Höglind *et al.* 2010) og CATIMO (Bonesmo & Belanger 2002) for engvekster og FROSTOL (Bergjord *et al.* 2008) for høstkvete. Noen av disse utvikles videre i dag, og det arbeides også med en overvintringsmodell for høstoljevekster. En ressurs både når det gjelder modellutvikling og -testing, er tidsserier og studier fra dyrkingssystem og langvarige eksperiment i Norge og i utlandet. I disse har en gjerne for lang tid tilbake god kjennskap både til vekstene som har vært med (sortsegenskaper) og miljøet (jord, vær, dyrkingstrategi). Uavhengig av modellutvikling, kan slike datasett også gi nyttig informasjon om bredde og plastisitet i responser hos arter og sorter på ulike år/værforhold, og dermed være rettleidende for hva som er gyldig innenfor gitte variasjonsbredder i miljøet i framtida.

4.6.2 Forskningsbehov

- Gjennomføre ei agroklimatisk kartlegging der en tar i bruk nyvinninger innen geografiske informasjonssystemer (GIS), klimadata og klimascenarier, oppdatert jordsmonnkartlegging og plantevekstmodeller.
- Utvikle kunnskap om reaksjoner og tilpasninger som ligger til grunn for vinteroverlevelse hos flerårige vekster i et ustabil vintervær på norske breddegrader.
- Etablere og vedlikeholde forskningmetoder, overvåkingsserier og langvarige forsøk som gir grunnlag for å øke energi- og næringsstoffeffektiviteten og tar vare på produksjonsgrunlaget i framtidige norske planteproduksjonssystemer.
- Utvikle kunnskap om aktuelle kulturer/produksjoner (fôrproduksjon til drøvtyggere, kraftfôrråvare, matkorn, potet, grønnsaker, frukt og bær) sin reaksjon på endret klima med hensyn på produksjonsmuligheter og kvalitet.
- Utvikle modeller for populasjonsdynamikk hos skadegjørere og for interaksjonen mellom kulturplanter og skadegjørere som inneholder miljø/klimavariabler som drivere.
- Videre sortsutvikling og bevaring av genetisk mangfold hos jord- og hagebruksvekstene.

4.6.3 Nasjonal kompetanse - internasjonalt samarbeid

Forskning og utvikling for klimatilpassing av norsk landbruk vil naturlig nok først og fremst være en nasjonal oppgave, både når det gjelder finansiering og valg av strategier og metoder. Likevel vil en ha stor nytte av internasjonalt samarbeid om analyser av muligheter og utfordringer. Dette gjelder både utvikling og tilpassing av planteproduksjonsmodeller, tilgang på dataserier med tilstrekkelig miljømessig variasjonsbredde og varighet og kjennskap til miljøresponser hos hittil for oss nokså ukjente vekster og skadegjørere. I forhold til naboland på samme breddegrader har og håndterer vi allerede i dag dyrkingsvilkår prega av mye og hyppig nedbør og ustabile vintre med vanskelige og for dem kvalitativt andre overvintringsforhold. Dette kan innebære at vi har unike og interessante arenaer og utfyllende datatilfang som andre land og regioner trenger for sine scenarieanalyser og utvikling av tilpassingsstrategier.

På dette området er det behov for videre utvikling og oppbygging av ny kompetanse på plantevekstmodellering og systemstudier for utvikling av bærekraftige produksjonssystemer.

4.7 Bærekraftige produksjonssystem

4.7.1 Kunnskapsstatus

Uavhengige og gjensidig støttende pilarer for bærekraftig utvikling er økonomisk utvikling, sosial utvikling og ivaretagelse av miljø - på lokalt, nasjonalt, regionalt og globalt nivå (jf. Johannesburg-erklæringens pkt. 5, 2002). En bærekraftig utvikling må altså tilfredsstillende både sosiale og økonomiske forhold og ta vare på naturmiljøet. I 2005 ble det utviklet et sett av indikatorer, som skal bidra til å evaluere om samfunnsutviklingen på ulike områder i Norge er bærekraftig (NOU 2005:5). Landbruket blir ikke spesifikt behandlet her. Et bærekraftig dyrkingssystem har blitt definert som et system som opprettholder eller bedrer a) den økonomiske vitaliteten i jordbruksproduksjonen, b) naturressursgrunnlaget (bl.a. jordsmonnet) og c) andre økosystemer som påvirkes av landbruksaktiviteten (Dore 1997). Denne tilnærmingen dannet bakteppet for en fersk analyse av norsk landbruk sett fra et bærekraftsperspektiv (Korsæth red. 2010). Artikkelsamlingen består av 11 tema, der utfordringer, tiltak og kunnskapsbehov er drøftet for hvert enkelt tema. En kort oppsummering av de viktigste kunnskapsbehovene listet i den omtalte artikkelsamlingen følger.

4.7.2 Forskningsbehov

Fosforressurser

Fosfor finnes i begrensede mengder i forekomster der det kan utvinnes til bruk i gjødsel og som tilsetning til dyrefôr. Et bærekraftig landbruk bør i størst mulig grad satse på resirkulering av fosforressursene og utnyttelse av tilgjengelige fosforressurser i samfunnet. Det er behov for å finne muligheter for redusert bruk og bedre utnyttelse av fosfor, både i jord, fôr, husdyrgjødsel og slam.

Energi

Selv om jordbruket samlet sett går i pluss med hensyn til energi, er energi en viktig innsatsfaktor som ofte utgjør en stor utgiftspost. Bruk av fossile energibærere har dessuten klart negative miljøeffekter. Det er behov for å videreutvikle tekniske løsninger for redusert energibruk og for mer kunnskap om bruk av alternative energikilder tilpasset alle landbruksproduksjoner. Helhetlige analyser (for eksempel LCA) av ulike energiregimer bør gjennomføres. Se også kap. 4.8.

Jordvern

Avgang av jord til matproduksjon skjer hovedsakelig fordi marginale områder ikke lenger er lønnsomme eller fordi betalingsevnen ved matproduksjon ikke kan konkurrere med alternativ bruk. Det er behov for bedre data på omdisponering av areal, og for en bedre forståelse og bevisstgjøring av hvilke drivkrefter som påvirker arealendringer. Evne til framtidig matforsyning må vurderes i forhold til kritiske grenser for arealer, ressurser og effekter på landbruket.

Biologisk mangfold

Globalt skjer et omfattende tap av arter og biotoper, ofte som følge av avskoging og nydyrking. Ineffektive dyrkingmetoder og økt produksjon av ulike landbruksprodukter er viktigste drivkrefter. Det er behov for å utvikle nye driftsformer som tar utgangspunkt i en helhetstenking vedrørende arealbruk, og som ivaretar det biologiske mangfoldet samtidig som de er økonomisk bærekraftige.

Karbon i jord

Jordas innhold av organisk C spiller en viktig rolle for flere av jordas funksjoner og egenskaper. CO₂-utslipp fra jord og vegetasjon som følge av dyrking er anslått til å utgjøre ca 1/3 av de totale menneskeskapte utslippene de siste 150 årene. Redusert tap og økt binding av karbon i jord er derfor viktige mål for et bærekraftig landbruk og en reduksjon av CO₂-utslippene til atmosfæren. For å nå dette målet trenger vi mer kunnskap om alternative jordarbeidingsmetoder, effekter knyttet til bruk av biokull, og hvordan øke C-lagring i og begrense CH₄-utslipp fra tidligere dyrket myr. Se også kap. 4.1.

Jordpakking

Økt krav til effektivisering bidrar til bruk av større og tyngre maskiner og redskap i landbruket som igjen kan gi irreversible skader på jordstrukturen. Slike skader reduserer avlingen, øker driftskostnadene og risikoen for negative miljøeffekter. Det er behov for å finne alternative konsepter

for å redusere pakkeskadene, både teknisk og gjennom driftsmessige endringer. Systemer for tidlig varslings bør utvikles. Se også kap. 4.3.

Plantevern

Det er behov for å utvikle miljøvennlige metoder mot skadegjørere både for integrert og økologisk produksjon. Videre er det nødvendig med bedre verktøy for å avgjøre behovet for tiltak, både i tid og rom. Det er et kontinuerlig behov for utvikling av sorter med forbedret resistens, og mer grunnleggende biologisk kunnskap om viktige planteskadegjørere trengs, ikke minst i forhold til Fusarium og mykotoksiner. Se også kap. 4.6.

Husdyrhold

Gjennom en helhetlig systemtilnærming bør nøkkelfaktorer i et bærekraftig husdyrhold identifiseres og forbedres. Det er behov for mer kunnskap om miljøkonsekvenser av husdyrhold, og utnytting av ny teknologi, spesielt innenfor gjødselhåndteringssektoren (for eksempel biogass). Videre må generell kunnskap om jord, planter, fôring og husdyrstell videreutvikles i takt med strukturrasjonaliseringen som pågår. Se også kap. 4.4.

Næringsstoffbalanser

Det er fortsatt et potensial for å forbedre dagens gjødslingspraksis og vi trenger dessuten mer kunnskap om behovstilpasset gjødsling også for arealmessig små produksjoner, som potet og grønnsaker. Bedre utnytting av alternative gjødselkilder, spesielt restprodukter fra storsamfunnet, krever omfattende kunnskapsbygging, og utfordringene knyttet til bruk av slam som næringskilde må løses. Det er behov for en omfattende analyse av omfang og effekter av kasting av matprodukter langs hele verdikjeden fra jord til bord. Se også kap. 4.4.

Vannkvalitet

Det er fortsatt kunnskapshull når det gjelder prosesser som fører til avrenning av partikler, næringsstoffer og pesticider fra landbruket. Diffuse kilder har flere årsaker, kunnskap om biotilgjengelighet/skadevirkninger av stofftap er mangelfull, faktorene som påvirker transportveiene er komplekse og det er stor variasjon både i tid og rom. Effekter av igangsatte tiltak er bare delvis dokumentert, og problemallokering er lite belyst (for eksempel erosjonstiltak *versus* sprøytebehov).

Klimagasser

Landbrukets muligheter til å redusere nettoutslippene av klimagasser omfatter reduksjon av egne utslipp, binding av karbon i jord, og biomasse og produksjon av bioenergi for å redusere utslipp av fossilt karbon. Mer kunnskap trengs på alle disse områdene. Det er spesielt behov for sikrere utslippstall. Effekter av enkelttiltak som omløp, gjødsling, jordarbeiding, redusert jordpakkning, drenering, fangvekster og kalking må undersøkes nærmere. Biogass og biokull representerer områder der forskning må prioriteres. Se også kap. 3.2 og 4.1.

Helhetlig tilnærming

Alle disse temaene beskriver segmenter av helheten, der alle segmentene påvirker hverandre i større eller mindre grad. En dreining av det norske landbruket mot økt bærekraft fordrer derfor både mer kunnskap av delelementer og omfattende analyser av helheten. Det finnes ulike verktøy for helhetlige analyser av komplekse systemer, men spesielt livsløpsanalyser (LCA) bør trekkes fram. Her er forskning på gang, men det er et klart behov for å belyse flere aspekter enn de som omfattes av igangsatte prosjekter.

4.7.3 Nasjonal kompetanse - internasjonalt samarbeid

FoU-utfordringene skissert ovenfor er først og fremst nasjonale oppgaver, siden forhold spesifikke for norsk landbruk er dominerende. Mange forskningsspørsmål kan likevel med fordel løses gjennom internasjonalt samarbeid. Dette gjelder spesielt på områder knyttet til teknologisk utvikling, slik som på energisiden og på utvikling av nye redskaper. Forskning rundt biokull og bedre utnytting av organiske restprodukter fra storsamfunnet har stort fokus internasjonalt, og internasjonalt samarbeid er derfor naturlig her. Behovet for ny kompetanse ligger særlig innen systemforskning som blir en viktig del av arbeide med utvikling av bærekraftige produksjonssystemer.

4.8 Energibruk

4.8.1 Kunnskapsstatus

Bakgrunn

CO₂ emisjon fra landbruket er avhengig av flere faktorer, blant annet størrelsen på energiforbruket og da spesielt mengde fossilt drivstoff. Her pekes det på tiltak som kan redusere dette forbruket.

Bruk av ulike drivstoff

Basismaskinene som brukes i landbruket i dag drives stort sett av dieselmotorer med mineralolje som drivstoff. Moderne traktorer er utrustet med mer drivstoffgjerrige motorer og traktorer over 50 kW bør kunne oppnå et forbruk på under 200 g diesel/ kWh og virkningsgrad på opp til 42 %. Eldre traktorer har et langt høyere forbruk og lavere virkningsgrad (Renius 2009).

Biodiesel er i dag et mulig alternativ og kan føre til vesentlige reduksjoner i klimagassutslippene. Videre er forsøk på gang vedrørende traktorer med hybridmotor (diesel/ el. generator), hydrogen motor og motor drevet av biogass. En overgang til slike løsninger vil kunne bidra ytterligere til reduserte klimagassutslipp.

Selv om en øker virkningsgraden fra motoren så vil det likevel være et tap fra motor fram til drivhjulene, blant annet varierer det for ulike typer transmisjonssystemer. Kraftoverføringen fra hjul til underlag, markgrepet, vil være avhengig av dekkmønster, dekktype, dekktrykk, kontaktflate og vektfordelingen mellom hjulene. Nye antisluringsystem og sensorer vil øke trekkevenn og redusere sluringsprosenten. Trekkraftbehovet kan reduseres for de mest drivstoffkrevende redskapene, spesielt jordarbeidsutstyr, se kapittel 4.4. Med trinnløse transmisjoner kan en regulere nedgiringen fra motoren og turtallet på motoren slik at en oppnår tilnærmet konstant framdriftshastighet. Dette gir mulighet til å holde så lavt motorturtall som mulig i forhold til effektbehovet. Trekkraften øker ved bruk av firehjulstrekk med i gjennomsnitt 15 % i forhold til kun bakhjulstrekk. Forsøk med sekshjulsdrift (ekstra hjulgang på midten) har vist en ytterligere økning på 7 % (Renius 2009). Dette kan derfor være en mulig utvikling også for mindre traktorer. Bruk av gummibelter med større kontaktflate gir tilsvarende økt trekkraft uten å øke totalvekten.

Det største forbruket i Norge vedrørende bruk av fossilt drivstoff ligger i transport av ulike varer. Dette gjelder både av innsatsvarer (ikke minst husdyrgjødsel) og ferdigvarer. Mengde transport kan reduseres på følgende måter:

- *Redusere massen som skal transporteres.* Eksempelvis kan dette gjøres ved å fraksjonere ut den mest vannholdige delen i husdyrgjødsel og spre den ut med gylle eller annet utstyr som ikke krever kjøretransport i større grad enn nå. Dermed blir det en mindre og tørrere fraksjon til spredning ute i felt. Likeså kan en bruke mer konsentrert væske, eksempelvis sprøytevæske ved bruk av plantevernmidler og dermed øke kapasiteten og redusere den totale transporten.
- *Øke kapasiteten på utstyret.* Ved å bruke større tanker/tilhengere så vil de variable transportkostnadene avta til og fra felt. Ved å øke arbeidsbredden på utstyret vil antall kjøring i feltet reduseres.
- *Endre bruksstrukturen.* Dette kan gjøres både innen garden (ved å bedre infrastrukturen, endre på feltform, feltplassering og feltstørrelse), kjøreveier og også ved å konsentrere produksjonen nærmere forbrukerne. Dermed blir det kortere vei fra råvareprodusent og både til foredler og forbruker.

Infrastruktur og kjøremønster

I dag har vi et bedre analyseverktøy for å optimalisere infrastruktur og kjøremønster. Eksempelvis kan en kartlegge feltene ved bruk av GPS/GIS og digitale kart. Deretter kan en legge inn arbeidsbredde for ulike typer utstyr og modellere hvilken mekanisering og kjøremønster som reduserer kjøringen mest ute i felt uten å gå på bekostning av behandling og avling. Også bruk av sensorer og presisjonslandbruk vil være med på mer flekkvis behandling og innsparing i total kjøring i felt. Ut fra dette kan en både finne optimalt kjøremønster og kapasitet på utstyret. En bør også legge inn sikkerhetsmargin for laglighetstap/rettidstap i modellen.

I dag har det kommet mange typer redskaper som kan gjøre flere operasjoner i en og samme kjøring. Dette fordi blant annet flere og flere traktorer har kraftuttak også foran på maskinen. Det mest

ekstreme hva angår slikt utstyr er såplogen som både pløyer, tilpasser såbed, gjødsler, sår og pakker - alt i en kjøring - noe som kunne kreve 4-5 kjøring tidligere. Avanserte direktesåmaskiner gjør også flere arbeidsoperasjoner i en og samme kjøring på grunn av avanserte såenheter med tilpassede arbeidsorganer. Mer tilpassede basismaskiner kan gjøre bruken av kombinasjonsredskaper enda viktigere i Norge. Videre har forskning vist at jordpakkingen er større ved tradisjonell pløying der det ene hjulet går nede i tomfåra enn om en kjører med alle fire hjulene på landsiden.

Med parallell tracking (parallele kjørespor) sikres det at maskinen gjentar parallele kjøredrag i ønsket avstand fra nabodragene. Systemet har også falt vesentlig i pris og er derfor aktuelt for de fleste dyrkere i Norge. Det tilbys ulike typer med dertil ulik nøyaktig og krav til operatør. Kjøringen kan effektiviseres på to måter. For det første blir kjørenøyaktigheten større slik at drivstofforbruket totalt går ned 5-8 % grunnet mindre overlapp. Videre kan en spare tid under vending ved ofte å slippe rygging og/eller måling av rett kjøreavstand. Spesielt på tett grasmark vil slike system ha stor betydning fordi det her er vanskelig å anslå nøyaktig kjøreavstand og tidkrevende å måle det manuelt.

4.8.2 Utprøving av maskiner og teknisk utstyr

- Kartlegge hvor store reduksjoner i CO₂-utslipp som kan oppnås ved overgang til biodiesel, og på lengre sikt, besparelser ved å erstatte tradisjonelle traktorer med traktorer med mindre drivstofforbruk.
- Dokumentere hvordan trekkraften kan optimaliseres ved å øke markgrepet. Kartlegge hvor mye dette kan bety i redusert motorstørrelse og dermed også redusert CO₂ og mindre jordpakking.
- Vurdere om bruk av kraftoverføringsdrevet redskap i forhold til trekkraftbasert utstyr kan redusere jordpakking og brenselforbruk.
- Kartlegge kjøremønster og tidsforbruk under kjøring for ulike driftsformer i praktisk korn- og engdyrking. Deretter redusere tidsforbruket ved å bruket beregningsprogram for optimalt kjøremønster og parallell tracking.

4.8.3 Nasjonal kompetanse - internasjonalt samarbeid

Testing og utprøvingen bør gjøres i samarbeid maskinbransjen der en bruker deres utstyr. Traktorene utrustes med sensorer og trådløs overføring til dataloggere m.m. Det er viktig at det opparbeides nasjonal kompetanse innen området slik at det lettere kan implementeres i praktisk bruk. Det er naturlig at det samarbeides også internasjonalt, eksempelvis med utenlandsopphold for PhD-studenter. I blant annet Sverige (SLU/Volvo) løper et prosjekt kalt 'Grønn traktor' som det vil være naturlig å dra veksler på. På dette området er det svært liten forskings- og utprøvningsaktivitet her i landet i dag, og det er behov for nye folk med aktuell kompetanse.

4.9 Oppsummering og anbefalinger for kapittel 3 og 4

Det overordna målet for forskningen innen agronomi skal være å gi ny kunnskap som opprettholder den nasjonale matforsyningen i takt med befolkningsutviklingen, samtidig som en ivaretar de nasjonale målene om reduksjon i klimagassutslippene fra landbruket nedfelt i St. medl. nr. 39.

For å kunne innfri dette trenger vi grunnleggende og tiltaksrettet forskning samt systemforskning. I tillegg vil tilpasninger og utprøvinger av foreliggende kunnskap samt informasjonstiltak være en viktig del av arbeidet med å nå landbruket sine klimamål.

Det er behov for **grunnleggende forskning** knyttet til forståelse av prosesser i jorda som regulerer tap av lystgass, samt muligheter for immobilisering av karbon gjennom lagring i jord. Videre bør det utvikles nye og forbedrede metoder for måling av tap av lystgass. Robuste, arbeids- og kostnadseffektive målemetoder er nødvendig både for å forbedre de nasjonale anslagene for tap av klimagasser, og ikke minst for å kunne måle sikre effekter av forsøksfaktorer og praktiske tiltak i landbruket.

Den tiltaksrettede agronomiske forskningen skal ha hovedfokus på tiltak som har størst potensial for reduksjon i klimagassutslippene, samtidig som en ivaretar hensynet til produksjon, produktkvalitet og miljø. Dette gjelder:

- Muligheter og metoder for binding av karbon i jord og effekter av dette på tap av lystgass
- Ny kunnskap om næringsinnhold og effektive metoder for utnytting av plantenæringsstoffene i husdyrgjødsel og andre organiske gjødselslag
- Effektiv utnytting av mineralgjødsel, blant annet gjennom bruk av presisjonsgjødsling
- Hydrotekniske tiltak som drenering og vanning
- Utvikle alternative jordarbeidingsystemer som bl.a. reduserer problemene med jordpakking
- Utvikling og tilpassing av tilgjengelig teknisk utstyr for norske forhold, der en også tar hensyn til energibruken.
- Høy arealproduktivitet gjennom sortsutvikling, sortstilpasning og god dyrkingspraksis
- Effektive metoder for plantevern og ugrasbekjempelse, som sikrer optimal avling og avlilngskvalitet

I tillegg til effekt av enkeltfaktorer må en ha kunnskap om hvordan de virker i helhetlige dyrkingssystemer, både konvensjonelle og økologiske. Vi trenger således **systemforskning** som skal resultere i anbefalinger om bærekraftige dyrkingssystemer for a) planteproduksjon for salgsgrøder, b) grovfôrproduksjon og c) kombinasjoner av disse. Etablererte langvarige forsøk for dyrkingssystemer, gjødsling og jordarbeiding vil bli svært verdifulle for både klima- og produksjonsforskningen.

Forskningen på **effekter av klimaendringene** med hensyn på tilpasninger og muligheter i norsk plantekultur kan i stor grad knyttes til dyrkingssystemforskningen, men vi trenger også ny kunnskap om konsekvensene av endret klima på:

- Naturgrunnet for planteproduksjon, der vurdering av overvintringforhold inngår
- Avlings- og kvalitetspotensiale hos tradisjonelle og nye kulturer
- Utbredelsesområde og aggressivitet av gamle og nye skadegjørere

Det forventes økt behov for forskningen på effekter og tilpasning fremover, og det er derfor nødvendig å ha tilstrekkelig grunnaktivitet på en rekke agronomiske felt for å kunne bidra med nye råd om tilpasninger og raskt kunne formidle kunnskap til landbruksnæringen. Det er også viktig å opprettholde innenlands sortsutvikling og planteforedling.

Forholdet mellom kostnad og nyttevirkinger er avgjørende for å kunne prioritere nye tiltak på en hensiktsmessig måte. Følgelig må en slik kost-nytteanalyse gjennomføres før aktuelle tiltak tas i bruk i praksis.

Innen den grunnleggende forskningen har vi et godt etablert kontaktnett og forskningssamarbeid med institusjoner både i Europa, USA (Nord Amerika) og Kina. Her ligger forholdene godt til rette for å være med i forskningsfronten.

Vi har lang erfaring, god kompetanse og gode forskningsfasiliteter innenlands, samt god kontakt mot nordiske og europeiske samarbeidsinstitusjoner innen forskning på optimalisering av agronomiske tiltak med hensyn på avling, avlingskvalitet og miljø. Dette danner et godt grunnlag for arbeid med den tiltaks- og tilpassingsrettede forskningen i tilknytning klimautfordringene. Dette har vi alt gode erfaringer med for eksempel i et nylig avsluttet forskningsprogram om effekter av endret klima på overvintringsmuligheter, ugras og soppsykdommer i gras og korn. Innen modellering og systemforskning har vi noen dyktige forskere, men dette er klart et område der vi må bygge opp ny kompetanse.

5. Høyere utdanning, forskerrekruttering og forskning

5.1 Trender i studentrekruttering

God rekruttering til landbruksfag og tilgrensende fagområder er sentralt i forhold til å utvikle den kompetansen som kreves. De siste tiåra har rekrutteringa til landbruksfaga gjennomgående vært svak. Dette gjelder særlig landbruksteknikk, men også innen jord- og plantekultur har det i lengre tid vært få søkere til studiene (se avsn. 5.2 og 5.3). Man har observert det samme også i land der landbruket har ei mer framtreddende rolle enn i Norge.

Tiltak for å bedre rekrutteringa til landbruksrelaterte fag krever også en forståelse av hvilke generelle forhold som påvirker ungdom sine valg av utdanningsløp, og må ses i sammenheng med de store omstillingene som ellers har skjedd på høyere utdanning i Norge de senere åra. Tall fra Samordna opptak (www.samordnaopptak.no) viser to spesielt interessante partielle sammenhenger:

- Antall søkere til generelle studier er gjennomgående større enn til spesialiserte studier med noen få unntak som "statusyrkene" (medisin, tannlege og veterinær) og ingeniørstudiene. De siste tre årene har disse forskjellene økt.
- Antallet søkere til læresteder i større byer og sentrale områder vokser relativt sett mer enn til læresteder i distriktene.

Landbruksrelaterte fag er blant de studiene som utmerker seg med særdeles negative tall med 1.1 søker pr. studieplass i 2009. Til sammenligning var det i snitt 2.2 førstegangssøkere pr. studieplass for alle studier sett under ett. Her bør det imidlertid legges til at antallet søkere i realfag også var lavt (1.2 søkere pr. studieplass), men her spiller kravet til realfagsfordypning inn ved at man enda ikke har sett fullt utslag av de siste års satsning på realfagene i den videregående skolen. Det synes nå som om det er ei bedring på gang.

Landbruksrelaterte fag har en nedgang i antallet søkere over tid. I perioden 2005-2009 gikk antallet søkere til landbruksfaga ned med 2.1 % mens det i den samme perioden var en total økning i antallet søkere på 12.6 %, og antallet søkere til realfaga økte med 19.5 %. Det samme trekkes fram i rapporten "Framtidig behov for landbruksakademikere" (Rapport 6, Landbrukets utredningskontor, 2009), som viser statistikk over studenter som studerer primærnæringsfag. Rapporten konkluderer med at det i perioden 1995-2008 har vært særlig sterk nedgang i antall studenter som studerer primærnæringsfag, og at dette har skjedd i en periode der andelen av ungdom som tar høyere utdanning har økt kraftig.

Tall fra UMB peker i samme retning som materialet fra Samordna opptak. Nedgangen i antall uteksaminerte kandidater fra studieprogrammet Plantevitenskap har vært svært svært tydelig. I 2000 ble uteksaminert 25 studenter fra Plantevitenskap, mens tallet for 2008 er kun på 8 kandidater. I siste 5-årsperiode har tallet på antallet som er tatt opp og påbegynt studiet vært 8-12, og det kan observeres en svak økning de siste 2-3 årene.

Mens søkinga til plantevitenskap (innen landbruket) har vært relativt svak de siste åra, har det nye studiet i anvendt biologi bidratt til at nye godt kvalifiserte studenter har blitt rekruttert. Sjøl om man korrigerer for at dette er et relativt nytt studium så bekrefter søkertall og opptakskrav en av de nasjonale hovedtrendene: generelle studier rekrutterer gjennomgående bedre enn smale studier. Disse sammenhengene blir enda klarere viss man sammenligner søkinga til sivilingeniørstudiet ved UMB med søkinga til landbruksteknikk.

Dette gir grunnlag for å spørre om noen av de rekrutteringsproblemene de landbruksrelaterte faga sliter med delvis kan løses ved at man tilbyr studier med mer generell profil ved de lærestedene som er sentrale innenfor landbruket, for så å få flere søkere inn i mastergradsprogrammene innafor landbruksfaga. Dette vil bli drøftet nærmere i avsn. 5.2.5.

5.2 Høyere utdanning i landbruksrelaterte fag

I den påfølgende gjennomgangen av utdanning i landbruksrelaterte fag er det en viss dobbelpresentasjon av landbruksteknikk. Dette henger sammen med at landbrukstekniske aspekter er sterkt koplet til agronomi og tilhørende fagfelt, samtidig som situasjonen for landbruksteknikk virker spesielt krevende.

5.2.1 Samfunnets behov for kandidater med høyere utdanning i landbruksrelaterte fag

For å kunne møte klimautfordringene i landbruket, både med hensyn på reduksjoner av klimagassutslipp og tilpasninger av landbruksproduksjonen til et endret klima, trengs det kandidater med høyere utdannelse innen landbruksrelaterte fag. Rapporten "Framtidig behov for landbruksakademikere" (Rapport 6, Landbrukets utredningskontor, 2009) har vurdert behovet for framtidige kandidater med høyere utdanning innen primærnæringsfag, og beskriver et økende behov. Dette vil ytterligere forsterkes av høy gjennomsnittsalder blant dagens ansatte innen landbruksnæringen, slik at mange av rådgiverne innen landbruket blir pensjonister om få år. Det er mao. et gap mellom antall kandidater som utdannes og landbruksnærings behov, og dette gapet vil øke i årene som kommer.

Kandidater med Master fra UMB innen jord- og hagebruk rekrutteres i stor grad til Norsk Landbruksrådgivning, landbruksforvaltningen, Bioforsk, Mattilsynet, og næringsbedrifter innen landbrukssektoren. Tall som er innhentet fra Norsk Landbruksrådgiving og Bioforsk, to store aktører med et tydelig behov for kandidater med 5-årig studium i Plantevitenskap (Bachelor + Master), viser store behov for framtidige kandidater. Norsk Landbruksrådgiving har anslått behov for 10 nye kandidater årlig (Heen, pers. medd.), og Bioforsk har anslått behov på 10-15 kandidater innen jord og plantekultur hvert år i en periode på 10-15 år (Vagstad, pers. medd.). Med dagens antall studenter som rekrutteres til dette studieprogrammet, vil ikke disse behovene dekkes. Det forventes rekrutteringsproblemer i nær framtid, og dette er allerede situasjonen i noen sektorer.

De kandidatene fra det 3-årige studiet i landbruksteknikk ved Høgskolen i Hedmark som ikke tar videre utdanning får i stor grad jobb etter endt utdanning, noe som indikerer at studiet fyller ei viktig nisje i arbeidsmarkedet.

5.2.2 Kompetansekrav for kandidater med høyere utdanning innen landbruksrelaterte fag

Rapporten "Riktige kandidater til landbruksnæringen" ble utarbeidet i 2004 av "Nettverk for forskning, utdanning og kompetansebygging". Formålet var å ivareta landbruket og landbruksnærings interesser i forhold til utdanning, forskning og kompetanseutvikling. Rapporten konkluderte med at kandidatene som utdannes har god faglig tyngde. Det ble etterlyst mer trening i å anvende kunnskapene mot praktisk planteproduksjon, og tiltak i studiet som gjør dette mulig. Videre ble det lagt stor vekt på at studiene må sikre oppdatering på teknologiutvikling i landbruket. Det faglige innholdet i studieprogrammet Plantevitenskap ble vurdert gjennom en ekstern evaluering av studiet i 2006. Evalueringsgruppen anbefalte å vektlegge gode grunnleggende kunnskaper om planter, plantevekst, produksjon og dyrkingsteknikk som gir innsikt og evne til selv-læring når kandidatene kommer ut i jobb. Kandidatene som utdannes skal være yrkesaktive i flere tiår, og må ha evne til omstillinger og livs-lang læring for å møte de mange (og raske) endringer som vil prege landbrukssektoren i årene framover. Evalueringsrapporten understreker også at studentene trenger praktisk innsikt i planteproduksjon, og anbefaler tiltak for å sikre dette.

Vurderingene fra disse rapportene er relevante også for å utdanne kandidater som skal bidra til å løse de framtidige klimautfordringene som landbruket møter. Det vil være viktig å utdanne kandidater med god grunnleggende forståelse om jord, plantevekst, klima, og samspillet mellom disse, og hvordan dyrkingsteknikk og dyrkingssystem kan optimaliseres for å tilfredsstille miljøkrav så vel som krav til produktivitet og produktkvalitet. Høyere landbruksutdanning må ivareta tverrfagligheten i fagene, motivere studentene til fordypning i fagdisiplinene, og samtidig gi studentene trening i å se helheten i komplekse produksjonssystem. I tillegg må studiet gi innsikt i relevante teknologier som kan bidra til å redusere utfordringene.

5.2.3 Dagens høyere utdanningsløp innen agronomi og landbruksteknikk

Studieprogrammene Plantevitenskap, Miljø- og naturressurser, og Agroøkologi ved UMB

Ved UMB er det særlig studieprogrammet Plantevitenskap, studieretning jord- og hagebruk, som er relevant for høyere utdanning i agronomi, men også studieprogrammene Miljø- og naturressurser og Agroøkologi vil gi relevant kompetanse for å arbeide med tema innen landbrukets klimautfordringer.

Studiet i plantevitenskap, studieretning jord- og hagebruk, gir universitetsutdanning på Bachelor- og Masternivå innen jord- og hagebruk. Dette er et tverrfaglig studium som bygger på grunnleggende naturvitenskaplige fag, med spesialisering som gir en profesjonsretting mot jord- og hagebruk. Studieprogrammet ble evaluert i 2005, og har deretter blitt revidert. Gjennom revisjonsarbeidet har det vært gjort mange vurderinger med hensyn på samfunnets behov for kandidater, bredde og dybde i studiet, studieprogresjon, pedagogiske utfordringer for å ivareta tverrfaglighet, og, ikke minst, studentrekruttering. De nye studieplanene ble tatt i bruk studieåret 2009/10.

Bachelorstudiet i jord- og hagebruk bygger på en basis av grunnleggende naturvitenskaplige fag med påfølgende fordypning i henholdsvis jord- og planteernæring, vekstfysiologi, plantebioteknologi (inkludert planteforedling og planteforiming) og plantevern. Mot slutten av studiet skal studentene fordype seg i planteproduksjon rettet mot viktige kulturvekster, der de grunnleggende kunnskapene skal benyttes i anvendte og tverrfaglige studier av planteproduksjonssystemet, både økologiske og konvensjonelle system.

Masterstudiet gir rom for ytterligere fordypninger. Dette kan være innen planteforedling og bioteknologi, plantevern, bærekraftig planteproduksjon eller innen kvalitet av matplanter og helse. Et nytt masteremne i bærekraftig planteproduksjon er under utvikling, og dette emnet vil kunne gi kandidater med egnet kompetanse for å arbeide med landbrukets klimautfordringer. De eksisterende mastergradstudiene i plantevitenskap og også innen jord og miljø (studieprogrammet Miljø og naturressurser) har i dag et beskjedent innslag av emner der klimagassutslipp står sentralt. Klima er selvsagt sentralt i flere av fordypningsemnene, men det finnes i dag ingen egne kurs med fokus på klimagassutslipp.

I dagens læreplaner er dagsaktuelle tema knyttet til klima og landbrukets utfordringer integrert i ulike emner, og de bygger på en god forståelse av jord-plante systemet. Studenter som er spesielt interessert i problemstillinger relatert til utslipp av klimagasser koplet til agronomi kan dessuten skrive mastergradsoppgaver der dette er hovedtema. Få studenter har gjort dette til nå. Det nye emnet i bærekraftig planteproduksjon kan føre til at flere studenter velger en slik spesialisering.

De anvendte masterstudiene i Plantevitenskap og Miljø og naturressurser har relativt få søkere. Flere studenter er derfor viktig for å kunne trekke til seg flere kvalifiserte studenter og for å kunne forsvare å utvide emneporteføljen. Større vekt på markedsføring og tiltak som ellers gjør studiene mer attraktive er nødvendig. I samarbeid med skognæringene har skogbruksstudiene ved UMB nettopp fått på plass en tiltakspakke med bl.a. egne stipendordninger og økt faglig støtte. Det er for tidlig å vurdere virkningene av denne tiltakspakken, men et lignende opplegg for de agronomisk relaterte studiene kan bli aktuelt viss det viser seg å gi økt og bedre søkning til skogbruksstudiene. Det jobbes nå med å få på plass støtteordninger fra landbruksnæringa til studenter på Plantevitenskap. Fra 2010 vil studenter kunne få stipend til å utføre masteroppgave innen matproduksjon (Yara-stipend).¹ En referansegruppe med representanter fra sentrale institusjoner innen landbruket er opprettet for dette studeiprogrammet.

Masterprogrammet i agroøkologi er et engelskspråklig studium med god rekruttering, spesielt internasjonalt. Dette studiet er tverrfaglig og praktisk lagt opp ved at studenten i tillegg har prosjektoppgaver der spørsmål om driftsopplegget ved enkeltgårdsbruk analyseres. Slik sett kan kandidater fra dette studiet være svært godt egnet til rådgivningsjobber innen landbruket, men agroøkologistudentene tar gjennomgående færre studiepoeng innen basisfagene enn studentene fra Plantevitenskap og Miljø og naturressurser.

Bachelor ved Høgskolen i Hedmark med vekt på landbruksteknikk

Studiet i landbruksteknikk gir en bred innføring i landbrukstekniske emner på høgskolenivå som er spesielt i nordisk sammenheng. Studentene får innføring i grunnleggende realfag, og fordypet seg i både

¹ Tilsvarende opplegg er også i ferd med å settes i verk ved andre studier med rekrutteringsproblemer. F.eks. ved skogbruksstudiene ved UMB har man satt i gang et interessant opplegg med at studentene får tilleggsytelser som gratis PC etter ei viss tid i studiet og ekstra stipend ved fullført utdanning. Etter som disse initiativene nettopp er kommet er det for tidlig å komme med ei evaluering, men de erfaringene man får fra slike initiativ og Yara-stipendene bør følges opp med tanke på å mulige andre tiltak for bedre rekrutteringen. Slike særordninger for enkeltstudier faller utenfor rammene for utdanningsinstitusjonene, og må derfor finansieres fra næringslivet og landbruksorganisasjonene.

maskin- og byggrelaterte emner i sitt studium. Studiet forener praksis og teori, og avsluttes med en bacheloroppgave på 15 sp. De fleste studentene går over i privat virksomhet etter endt studium, og svært mange av kandidatene ansettes i maskinbransjen til oppgaver innen salg, markedsføring, rådgivning, opplæring og service. Noen starter egen virksomhet innen primærnæringene. Jobbmulighetene etter endt studium er svært gode.

Høgskolen i Hedmark (HiHm) har frem til høsten 2009 hatt opptak til bachelor innen økologisk landbruk, men dette studiet har ikke opptak høsten 2010 pga. få søkere. Fra og med høsten 2010 tilbys en bachelor i agronomi, der en del emner er felles med landbruksteknikk, og hvor studentene fordyper seg i emner innen jord, planter, husdyr, klima og miljø.

Bachelor ved Høgskolen i Nord-Trøndelag i grønn næringsutvikling

Høsten 2010 starter et nytt studietilbud i ”Grønn næringsutvikling” ved Høgskolen i Nord-Trøndelag (HiNT). Kunnskap om klima og miljøutfordringer som grunnlag for å utvikle klimavennlig næringsvirksomhet står sentralt i det nye studiet (www.hint.no/studietilbud/?S_OBJECTID=gronne). Det detaljerte innholdet i det nye studiet er enda ikke offentlig tilgjengelig, og det er derfor for tidlig å vurdere hvordan det nye studietilbudet vil gi kompetanse innen landbruk med vekt på agronomi og klima.

Mangelfull søkning til flere landbruksrelaterte studier er ei årsak til at man i utviklinga av det nye studiet har gjort omfattende undersøkelser blant studiesøkende ungdom i fylket og næringslivet om hvilken kompetanse som etterspørres. HiNT, landbruksavdelingen hos Fylkemannen i Nord-Trøndelag, Nord-Trøndelag Fylkeskommune, landbruksorganisasjonene i fylket og lokalt næringsliv står bak prosjektet.

5.2.4 Videreutvikling av studieprogrammene innen plantevitenskap, agronomi og landbruksteknikk i Norge

Studiet i plantevitenskap på bachelor-nivå gir en stor breddekunnskap som kan utnyttes for spesialiseringer også utover det studiet i plantevitenskap gir tilbud om i dag. Det kan ligge godt til rette for en spesialisering innen landbruksteknikk basert på grunnleggende kunnskaper i plantevitenskap. For å møte landbrukets klimautfordringer vil det være viktig både å optimalisere eksisterende og å ta i bruk ny teknologi i planteproduksjonen. Et studium som kombinerer plantevitenskap og landbruksteknikk, inkludert bruk av ny teknologi i et ”presisjonslandbruk”, vil således kunne gi gode kandidater for å løse framtidige utfordringer.

Det bør derfor vurderes å videreutvikle studiene i plantevitenskap og landbruksteknikk basert på et tettere samarbeid mellom fagmiljøene i planteproduksjon, jord og teknikk/teknologi. En aktuell modell kan være å videreføre Bachelorstudiet i Plantevitenskap ved UMB, og Bachelorstudiet i Landbruksteknikk ved HiHm, der begge studium gir inngang til et masterstudium i Plantevitenskap/agronomi. I masterstudiet kan det gis tilbud om spesialisering innen teknikk/teknologi. Gode kandidater fra dette masterstudiet kan rekrutteres til PhD-studium. Et slikt opplegg kan gi kandidater med gode tverrfaglige kunnskaper innen jord, planter, og teknikk/-teknologi. Både Master- og PhD-studenter kan i større grad oppfordres til å ta deler av studiene i utlandet. Dette vil gi bedre muligheter til å ta klimarelaterte emner som ikke tilbys i Norge for å få spisskompetanse innen klima og landbruk. Ulempen med dette er at det gjør vanskeligere å få nok studenter til å forsvare utvikling av egne kursstilbud innenfor disse feltene, men kan være en mulig overgangsordning i tilfelle man velger å utvikle egne tilbud.

Ressurser som brukes for å opprettholde/bygge opp studier som utdanner relativt få studenter må veies opp mot muligheter for å utdanne kandidater i utlandet. Siden det vil være et stort udekket behov for kandidater i Norge innen landbruk, agronomi og landbruksteknikk, vil det være viktig å opprettholde robuste studietilbud i Norge, samtidig som det må satses mer på rekrutteringen til disse studiene slik at de kan fungere både økonomisk og pedagogisk. Større rekruttering vil gjøre det lettere å sikre gode lærekrefter, gode undervisningsfasiliteter og et godt student- og læringsmiljø, noe som vil virke positivt for rekrutteringen ved neste korsveg.

5.2.5 Rekruttering av studenter til høyere utdanning i agronomi og landbruksteknikk

Nasjonalt forum for realfag har utarbeidet rapporten ”Noen realist som passer for meg?” som omhandler ungdoms valg av utdanning og yrke. Her beskrives følgende kriterier som viktige ved valg av høyere utdanning: (1) egne interesser, (2) selv-oppfattethet/egne evner, (3) muligheter, risiko, kost-

nader, (4) yrkeskunnskap - eller mangel på denne, og (5) anbefalinger eller advarsler fra andre - helst unge. Rapporten understreker at valg av utdanning er komplekst, og at man i markedsføringen bør ha fokus på å presentere fagene på måter som appellerer til ulike type studenter med ulike verdisett og idealer.

Rapporten gir viktige innspill i det videre arbeidet med å markedsføre studiene i matproduksjon, agrobiologi, og landbruksteknikk, og framhever at dette er studier som bør kunne appellere til samfunnsengasjert ungdom, f.eks. pga. fagenes rolle for en bærekraftig utvikling. Samtidig vil vi kunne presentere muligheter for mangfoldige og spennende arbeidsoppgaver, muligheter for selvrealisering og bruk av kreativitet. Det er interessant at yrkeskunnskap er et viktig kriterium for ungdommens valg. Her kan næringen selv bidra gjennom sine nettverk. Det kan gi sterkere signaler til studiesøkende ungdom når behov for kandidater kommuniseres fra næringslivet. Bedrifter innen landbruket kan bidra til å gjøre studiet mer attraktivt, bl.a. gjennom å tilby praksisplasser, og tildele stipend for masteroppgaver.

I løpet av siste år har vi sett tydelig engasjement fra næringsaktører og -organisasjoner for å bidra til rekruttering av studenter innen matproduksjon/jord- og hagebruk. Et eksempel er seminaret "Fra kjøkkenbord til doktorgrad - rekruttering til landbruksutdanning på alle nivå", som ble arrangert av Norges Bondelag februar 2010. Rekruttering var også tema for Yara-Konferansen 2009. Et annet tiltak for å stimulere studenter innen matproduksjon er opprettelse av Yara-stipend til utvalgte masteroppgaver, som vil komme i gang fra 2010.

UMB generelt og Institutt for planter og miljø (IPM) har arbeidet kontinuerlig med rekruttering til studiet i plantevitenskap siste tiår, men likevel har rekrutteringen til studiet vært lav. Det er trolig mange årsaker bak dette, og det er behov for å arbeide langsiktig på mange plan for å få positive resultater. UMB har forsøkt rekruttering gjennom å invitere skoleklasser til UMB, sende studenter til videregående skoler med informasjon, diverse utdanningsmesser/møter, utsending av brosjyrer og utarbeidning av web-sider. I det senere har UMB også satset på direkte informasjon til rådgivere ved ungdomsskoler/videregående skoler. For studieprogrammet Plantevitenskap ble det i 2008 opprettet en referansegruppe med personer fra landbruksnæringa og -forvaltninga. Dette har gitt viktige innspill både i revisjonen av studieprogrammet og i rekrutteringsarbeidet. Opprettelse av slike ressursgrupper kan være en modell for økt dialog mellom universiteter/høgskoler og næringslivet, både når det gjelder læringsmål for studiet og tiltak for rekruttering.

Trender har vist større rekruttering til generelle studier enn til de spesielle (se avsn. 5.1). Et viktig spørsmål er om tilbud om et mer generelt studium, f. eks. et Bachelorstudium i biologi ved de lærestedene som er sentrale innenfor landbruket for så å få flere søkere inn i mastergradsprogrammene innafor landbruksfagene. Virkningen av et generelt Bachelorstudium i biologi på rekrutteringen til masterstudier i landbruk og agrobiologi har vært diskutert ved UMB. En foreløpig konklusjon er at et slikt studium kan bidra til å rekruttere ungdom som vil studere biologi i første omgang, og som ikke er kjent med karrieremuligheter etter høyere utdanning innen planteproduksjon og landbruk.

Skal en slik rekrutteringsstrategi lykkes, må bl.a. disse studentene få informasjon om disse mulighetene tidlig i studiet slik at de velger emner som er relevant for landbruk, agrobiologi og klima i det mer generelle biologistudiet. Et slikt opplegg kan også gi positive virkninger for bachelorstudiene i plantevitenskap ved at flere studenter velger emner innen landbruk, agrobiologi og klima. Flere studenter på disse emnene gir grunnlag for ytterligere utvikling av emnetilbudet innen plantevitenskap og jordkultur. Et slikt todelt løp fram inn mot masterstudiene i de landbruksrelaterte fagene kan imidlertid også gjøre det vanskeligere å få til en god struktur i disse studiene fordi det faglige grunnlaget til studentene varierer.

IPM har de senere årene hatt ansvar for Bachelorstudiet i Biologi, og har lagt til rette for at disse studentene kan tas opp til Masterstudiene i Plantevitenskap. Dette innebærer bl.a. anledning til å studere lavere grads emner i jord i Masterstudiene. Få studenter benytter imidlertid denne muligheten.

Et annet viktig tema er synliggjøringen av slike spesielle studieprogram, og hvordan de presenteres for studiesøkende ungdom. UMB har gjort en betydelig innsats innen markedsføring av studiene, og ulike strategier har blitt forsøkt uten at det har gitt merkbar uttelling i form av flere søkere til de landbruksrelaterte studiene. De erfaringene man har blir imidlertid videreført ved at noen tiltak ser ut til å ha marginalt bedre virkning enn andre. F.eks. ser det ut som om det er viktig at studiesøkende ungdom kan finne informasjon fra portaler som de er kjent med. UMB har f.eks. hatt sterk søkning til studier i økonomi og administrasjon gjennom den felles økonomi/administrasjonsportalen. Overført til studiene i plantevitenskap og jordkultur kan dette bety at disse studiene bør markedsføres både gjennom biologi- og landbruksportaler.

UMB har åpnet Masterstudiet i Plantevitenskap for engelskspråklige studenter. Dette har tydelig gitt flere masterstudenter, og noen av disse bosetter seg i Norge og søker jobb innenfor landbruket.

5.3 Rekruttering til forskninga

5.3.1 Gode masterstudenter - en forutsetning for ei kvalifisert forskerutdanning

Rekruttering av forskerstudenter krever god tilgang på motiverte og faglig sterke studenter med mastergrad innen fagfelt som gjør at de er kvalifiserte for forskerutdanning innen landbruksrelaterte fag. Både innen landbruksteknikk og agronomisk rettede studier innen jord- og plantekultur har rekrutteringen av studenter over en årrekke vært liten og det har derfor vært liten konkurranse om studieplassene. Det har derfor vært et åpent studium med tilgang for alle så fremt minstekravet til opptak er oppfylt. I en slik situasjon har fagområdene hatt få studenter som er motivert og faglig dyktige nok til å ta en forskerutdanning etter endt mastergrad. Som vist under avsn. 5.2 er behovet for kandidater på både bachelor- og masternivå stort i årene framover. En økt rekruttering til studiene og dermed økt konkurranse om studieplassene vil være en forutsetning for igjen å få god tilgang på faglig sterke kandidater som er egnet til å ta en forskerutdanning.

5.3.2 Nedgang i studenttallene i master- og forskerutdanning i landbrukstekniske fag

I perioden 1995-2009 er det i henhold til Bibsys.no gitt kun to dr.grader innen landbrukstekniske fag ved UMB. I samme periode ble det gitt 17 dr.grader inne jord- og plantekultur (planteernæring, korn, gras) knyttet til norske dyrkingsforhold, mens det ble gitt 16 dr.grader til utenlandske kandidater, i hovedsak kvotestipendiater med kontrakt på å reise til sitt hjemland etter endt utdanning. Totalt utgjør dette 6% av det totale antall dr.grader gitt ved UMB i denne perioden. Grader knyttet til norske forhold utgjør kun ca. 3%. Dette er et bekymringsfullt lavt tall med tanke på behovet for å utdanne universitetslærere og forskere innen fagområder som er svært viktig for matproduksjon og matkvalitet framover. De klimamessige utfordringene for landbruket forsterker dette ytterligere.

Ved UMB har det over de siste årene vært en betydelig reduksjon i antall faste vitenskapelige stillinger innen landbruksteknikk, jord- og plantekultur. Flere sentrale områder innen plantedyrking på korn- og gras relatert til gjødsling, kvalitet og effekter av endret klima er i dag uten fast vitenskapelig personell. Selv om temaene undervises, om enn i redusert omfang, er det på flere områder svært begrenset og til dels ingen forskningsaktivitet. Innen landbruksteknikk ved UMB har reduksjonen vært enda sterkere: Mens det i 1998 var ca. 60 forskere innen landbruksteknikk på heltid er det i dag kun 2-3 forskere som arbeider innen landbruksteknikk på deltid ved IMT. Årsaken til denne omleggingen skyldes krav om inntjening og studentfinansiering. Ved å tilby blant annet sivilingeniørstudiet har instituttet svært mange studenter, men da innen fagområder vesentlig utenom landbruket. Fortsatt finnes 6-8 forskere ved instituttet med dr.grad innen landbruksteknikk, men de arbeider i dag hovedsaklig innen andre fagområder. Disse forskerne kan likevel være viktige mentorer og veiledere ved en eventuell fremtidig forskerrekruttering og doktorgradsutdanning innen landbruksteknikk.

Med de minimale tilgjengelige ressurser som er tildelt UMB innen agronomi og landbruksteknikk gjennom de siste 15 årene lider derfor en forskningsbasert undervisning sterkt av dette. Et paradoks er at behovet i næringen for uteksaminerte kandidater er stort (se avsn. 5.1) og for å utdanne kandidater med ønsket kompetanse må UMB og HiHm ha kvalifisert personell som også er aktive forskere på de områdene som skal undervises. Derfor er det i dag dårlig samsvar mellom behovet for utdannede kandidater og bemanningen ved de undervisningsinstitusjonene som skal utdanne disse.

5.3.3 Behovet for masterstudenter og doktorgradsstudenter innen agronomi og landbruksteknikk fram mot 2020

Det er vanskelig å anslå behovet for PhD kandidater innen de agronomisk rettede fagene for både å sikre rekrutteringen av vitenskapelig ansatte ved universitet og høyskoler, samt fylle behovet innen andre forskningsinstitusjoner. Både innen landbruksteknikk og jord- og plantekultur vil det være naturlig å rekruttere en del av den vitenskapelig staben til undervisningsstillinger fra forskningsinstitusjonene og private firmaer hvor de har videreutviklet sin kompetanse etter endt dr.grad. Man må derfor se dette i sammenheng. Den klart største mottaker av kandidater både på master og dr.gradnivå innen agronomi er Bioforsk. Denne institusjonen alene vurderer behovet innen

agronomiske/praktiske landbruksfag til 10- 15 kandidater på masternivå i snitt for de neste 10-15 årene og at 7-8 av disse arbeider for en dr.grad. Tar vi med UMB og HiHm samt at det også er et visst behov for nyrekruttering av forskere ved andre institusjoner vil det årlige behovet for forskerutdanning på dr.gradsnivå ligge på mellom 10 og 15. Dette er en kraftig opptrapping i forhold til det som utdannes i dag. Selv om flere av disse er knyttet til prosjekter utenfor UMB/HiHm må veiledningsansvaret ligge ved UMB og dette krever høyt kvalifiserte aktive forskere. Det er raskt å bygge ned fagområder, men det tar lang tid å bygge opp en vitenskapelig stab i det antall og med de kvalifikasjoner som skal til for å fylle behovet både utdanningsmessig og forskningsmessig ved en vitenskapelig institusjon. Det er et stort arbeidspress å ta en dr.grad. Flere dyktige kandidater velger en mindre stressende jobb og ofte bedre betalte jobber i næringslivet i stedet for å satse på en akademisk karriere, spesielt i dagens situasjon hvor det kan være langt mellom hver gang en vitenskapelig fast stilling lyses ut. Det er derfor, i tillegg til forskningsprosjektmidler, behov for gode post doc ordninger og videre oppfølging hvor man har muligheter for å holde på og videreutvikle unge forskere i universitetssystemet i påvente av ledige faste stillinger.

Nedbemanningen av forskere spesielt innen landbruksteknikk i Norge har paralleller til de andre nordiske land. Selv om antall forskere i landbruksteknikk ved universitetene i Sverige i dag ligger på ca. 30 personer og i Danmark på ca. 15, viser tabellen nedenfor at forskerrekutteringen i Norge, Sverige og Danmark er beskjeden. Ved UMB/IMT er det totalt ca. 60 Ph.D studerende. Kun 4 av disse er innen landbruksteknikk. En er innen presisjonsjordbruk og 3 er innen biogass, men da ikke kun knyttet opp mot jordbruk.

Tabell 4.1. PhD fullført innen landbruksteknikk (byggningsfag ikke medregnet)

	2005	2006	2007	2008	2009	SUM (over 5 år)
UMB/IMT, N	0	0	0	0	0	Norge: 0
HiHm, N	0	0	0	0	0	
SLU, Uppsala, S	1	1	1	0	1	Sverige: 6
SLU, Alnarp, S	1	1	0	0	0	
Københavns Universitet, Da	2	0	0	0	0	Danmark: 6
Aarhus Universitet, Da	0	0	0	0	0	
Syddansk Universitet, Da				1	3	

5.3.4 Forskerutdanningen ved UMB forankret i anvendte prosjekter ved UMB og Bioforsk

Forskningsprosjektene innen praktisk relatert agronomi hvor det er naturlig å knytte stipendiater til, har i lengre tid i stor grad vært ved forskningsinstitutter, først og fremst Bioforsk. Innenfor dagens struktur gir det et gjensidig avhengighetsforhold mellom universitetene og forskningsinstituttene. Dette krever et nært samarbeid på tvers av institusjonsgrensene både for utdanningen av forskere og i den faglige gjennomføringen av prosjekter. Universitetene har sin hovedkompetanse innen grunnleggende forskning, mens forskningsinstitutter som Bioforsk, har et mer anvendt perspektiv i sin forskning. Skal man lykkes med å øke rekrutteringen opp på det nivå som behovet tilsier må det et mer operativt samarbeid til mellom UMB/ HiHm, andre regionale høyskoler, forskningsinstitusjonene og landbruksnæringa enn det som er tilfellet i dag. Man må på en klarere måte få fram behovet for kandidater med en bred og allsidig bakgrunn innen agronomi og teknikk, og på den måten bidra til å få flere kandidater som ønsker og er motivert til å videreutdanne seg til forsker.

Det er aktuelt med et mer operativt samarbeid mellom UMB og forskningsinstitutter som eksempel Bioforsk innen utdanningen på høyere nivå. Ansatte ved Bioforsk kan bidra ved undervisning i kurs og det er muligheter for at studenter kan delta i konkrete forskningsoppgaver i Bioforsk. Dersom et slikt samarbeid skal etableres og fungere er UMB avhengig av å sikre nødvendig finansiering. Et tettere samarbeid kan bidra til mer utviklende og aktive FoU miljøer og også til å gjøre undervisning og utdanning tidsaktuell. Forskningsmiljøene er så små i Norge og forskningsoppgavene så komplekse at det er behov for å samarbeide mer og utnytte hverandres kompetanse mer i forskningsprosjekter enn tilfellet er i dag. Alle større prosjekter bør ha PhD-stillinger finansiert over prosjektene.

De særegne klimatiske og topografiske forholdene for landbruket i Norge gjør at man ikke kan forvente å dekke behovet for kompetanse gjennom internasjonalt samarbeid eller import av nødvendig fagpersonell innen landbruksteknikk og agronomi. Dessuten er situasjonen på rekrutteringssiden svært lik den norske i de landene det vil vært naturlig å rekruttere fra, først og fremst de andre nordiske landene.

5.3.5 Forskerutdanning kan delfinansieres fra næringslivet

Tradisjonelt har forskerutdanningen i hovedsak vært finansiert av statlige midler via prosjekter fra NFR eller Universitetene. NRFs nye ordning med Nærings-Ph.D hvor forskningsråd og bedrift deler på lønnsutgiftene for en ansatt i bedriften med tanke på dr.grad bør også brukes aktivt innen landbrukssektoren. Bedrifter som ønsker å øke sin kompetanse kan gjennom denne ordningen få støtte til å videreutdanne egne ansatte til dr.grad samtidig som universitetene får delta i spennende prosjekter i næringslivet. Dette er en vinn-vinn situasjon som på sikt også kan øke rekrutteringen av forskere med allsidig praksis ved universitetene.

5.4 Forskningsmidler til klima- og landbruksrelaterte fag

Mulighetene til å rekruttere og holde på kvalifiserte forskere henger nøye sammen med tilgangen på forskningsmidler. Universitets- og høyskolesektoren sliter allerede i dag økonomisk, og økte midler til forskning på klimaeffekter innenfor landbruket vil være viktig for å holde på og videreutvikle denne kompetansen. De siste årene har forsknings-bevilgningene til landbruksrelaterte fag i reelle kroner gått ned. Dette gjør at landbruksforskninga på flere områder ikke er godt nok rustet til å forske på tiltak for å redusere klimagassutslippene fra landbruket. Innen området landbruksteknikk er situasjonen prekær, og antallet fagpersoner med PhD grad er svært lav.

Behovet for forskningsfasiliteter, vitenskapelig utstyr og personell må ses i sammenheng, og vil igjen være et spørsmål om prioritering. Det kreves en sterk opprustning av laboratoriestyrer og annet forsøks teknisk utstyr. Spesielt innen området landbruksteknikk har det vært sterkt synkende aktivitet de siste 10-15 årene. Pr. dato er forskningsinfrastrukturen på et lavt nivå grunnet den sterke nedgangen i personressurser og forskningsmidler gjennom de siste 15 årene. UMB og HiHm må styrke det finansielle grunnlaget for å imøtekomme det økte behovet for PhD utdanning, mens forskningsinstituttene som Bioforsk må styrke sin satsning på system- og feltrelatert forskning.

Langtidsforsøk er viktig i fremtidig klimaforskning: Innen jord- og plantekultur vil klimaeffekter ikke bare påvirke planteveksten, men også en rekke kjemiske, fysisk og biologiske prosesser i jorda. I slike studier er det svært viktig å kunne studere utviklingen over lang tid. Det bør derfor prioriteres å etablere langvarige feltforsøk i ulike klimaregioner for en framtidig studie av effekter. Ved UMB og i Bioforsk finnes i dag noen få langtids gjødslings- og jorarbeidingsforsøk som har gått i opp til 90 år og som bør sikres finansiering for drift med tanke på bruk i fremtidige forskningsprosjekter. Disse forsøkene er svært verdifulle og vil fungere som modellfelter for studier av klimaeffekter på plantevekst under ulike gjødslingsregimer.

Midler til feltforskning må styrkes: Utslipp av klimagasser i felt er vanskelig å måle. Man bør prioritere å utvikle en automatisert overvåkning av feltforsøk med droner som går i feltene og registrerer gassutslipp, hydrologi, erosjon, vekst mm. Dette vil være et stort skritt framover med tanke på kontinuerlig registreringer av effekter av ulike dyrkingspraksis. Tilsvarende vil det innen landbruksteknikk være behov for forbedrede systemer for dynamisk registrering av jordpakking, loggeutstyr og sensorer for kartlegging av marktrykk av maskiner, kjøremønstre, forbruk med mer.

Midler til bedre teknologiske løsninger må styrkes: Utslipp av klimagasser er større i grasproduksjon med høyt dyrehold enn i korndyrking. Utvikling av mer miljøvennlige spredemetoder for husdyrgjødsel hvor utnyttingsgraden overfor planter økes og gassutslippene reduseres bør derfor være prioriterte forskningsoppgaver. Jordarbeidingsmetoder må optimaliseres for redusert avrenning og presisjonsjordbruket må videreutvikles med tanke på mer optimal bruk av gjødsel. Forskning på klimaendringenes effekt på mineralisering av organisk materiale i jord må intensiveres for mer optimal tilpasning av nitrogen- og fosforgjødsel og dermed mindre avrenning. Innen landbruksteknikk forskning er det spesielt behov for laboratorier og forsøks haller for testing av utstyr innen maskinutnyttelse, energi-optimalisering, nye prinsipper og konstruksjoner, spredeutstyr for gjødsel med mer.

5.5 Utdanning og undervisning i landbruksteknikk

5.5.1 Bakgrunn

Etter siste verdenskrig ble Landbruksteknisk Institutt (LTI) bygget opp med prøving av landbruksmaskiner og traktorer, forskning, kursvirksomhet, foredrag rundt omkring i landet og utvikling av nye maskiner. I tillegg var Institutt for maskinlære tilhørende Norges Landbrukshøgskole samlokalisert med LTI. Senere fikk LTI en avdeling på Voss som arbeidet spesielt med (prøvde) maskiner for brattlendte bruk og en avdeling i Sortland som arbeidet med nydyrking og problematikk med maskiner på bæresvak

jord (myr). LTI er også forløper for virksomheten på Blæstad. LTI startet tidlig en omreisende kursvirksomhet i landbruksteknikk. Den fikk etter hvert tilholdssted i Sparbu og fikk navnet Statens Landbruksmaskinskole. Denne utdanningen ble flyttet til Blæstad i 1969. Fra 1980 ble utdanningen på Blæstad en del av Hedmark distriktshøgskole, senere Høgskolen i Hedmark.

Driften ved LTI var i hovedsak finansiert med midler fra Landbruksdepartementet, men firmaer som leverte inn maskiner til prøve, måtte betale en viss avgift. På basis av prøvene kom det ut prøvemeldinger. Disse og rapporter fra forskningen ga et godt grunnlag for rådgiving for bonden.

Dette fungerte fram til 1990. Da ble LTI og tilhørende institutter på NLH omdøpt og sammenslått til Institutt for Tekniske fag (ITF), som en del av Norges Landbrukshøgskole (NLH). Prøvevirksomheten ble etter hvert redusert, mens forskning, undervisning og foredragsvirksomhet fortsatte. Fokus ble gradvis endret fra landbruk mot andre fagområder, og en større del måtte finansieres ved hjelp av eksterne midler. I 2005 ble instituttet igjen omorganisert og fikk navnet Institutt for matematiske realfag og teknologi. Etter den tiden har forskningen innen landbruksteknikk vært svært beskjeden.

Sektoransvaret i landbruksteknikk som NLH, nå UMB har hatt, har ikke blitt ivaretatt i tilstrekkelig grad, selv på 1990 tallet. Dette er godt dokumentert gjennom Carlsson-rapporten (Regjeringen, 2001) som evaluerte UMB og Veterinærhøgskolen, og uttaler "På områder hvor de to høyskolene er pålagt sektoransvar for anvendt forskning; husdyr, deler av veterinærmedisinen og landbruksteknikk, har overføringen fungert mindre bra" (Regjeringen 2001:6).

Fram til midten av 90-tallet ble det uteksaminert cand agric. i landbruksteknikk, med fordypning maskin, kulturteknikk eller bygg. Etter den tid ble det uteksaminer siv. ing. Til å begynne med var det fortsatt noe landbruksfag i ingeniørstudiet, men ikke nå. Høgskolen i Hedmark har siden 80-tallet utdannet kandidater innen landbruksteknikk, og siden 90-tallet innen økologisk landbruk. Noen få av disse har etter utdanningen på Blæstad tatt en mastergrad på NLH/UMB, både innen tekniske fag og plantefag. Antallet studenter har i de senere år vært mellom 6 og 14 hvert år.

5.5.2 Nåsituasjonen

Ut fra dagens situasjon der stadig større, tyngre og mer kompliserte maskiner brukes i landbruket, er det temmelig klart at kunnskapsbasen i Norge har kommet under en kritisk grense. Kunnskaper om bruk og valg av maskiner og metoder er avgjørende for å redusere utslipp av klimagasser fra jordbruket, og er avgjørende for å styre og optimalisere produksjonssystemene. Dette gjelder fra universitetsnivå til den praktiserende bonde. Ikke minst er kunnskapene om den praktiske siden dårlig. Det er ingen målrettet FoU-virksomhet på dette området. Årlig brukes det store beløp til nykjøp av maskiner i landbruket, men svært mange investeringer skjer uten at nøytrale og faglige råd er gitt på forhånd. På grunn av at fagområdet landbruksteknikk har fått lite oppmerksomhet de senere år, har dette påvirket ulike beslutninger som er tatt på ulike plan, og fagområdet har blitt ytterligere tilsidesatt. Selv om maskinene i de senere år har blitt stadig mer kompliserte og kostbare, er det praktisk talt ikke noen institusjon som driver FoU innen landbruksteknikk. I tilgrensende forskningsprosjekter hvor metoder og maskiner har inngått, har det ofte ikke framgått hvilke redskap, type/fabrikat eller innstilling som har vært brukt. En vet heller ikke om redskapene har vært teknisk i orden, ettersom det i mange tilfeller er maskinene til den bonden hvor forsøket har vært lagt som er blitt brukt.

5.5.3 Behov for utdanning på lavere nivå

For å nå de oppsatte mål på personer med mastergrad innen landbruksteknikk, og som evt. går videre med en PhD, vil det kreves et stort løft for å få et tilstrekkelig antall studenter på bachelornivå innen landbruksteknikk. For å få tilstrekkelig antall studenter til opptak på masternivå, vil det kreves et større antall bachelorstudenter innen landbruksteknikk eller at man lykkes med å rekruttere studenter med annen og relevant teknisk bakgrunn. Et antall studenter med bachelorgrad vil ventelig gå over i lønnet arbeid, evt. fortsette med andre studier. Behovet for antall studenter er ikke lett å estimere, men et opptak på 40-50 hvert år kan være et utgangspunkt. Det synes nødvendig å etablere et samarbeide mellom UMB og HiHm om utdanning på disse områdene på lavere nivå. UMB har en svært bred studieportefølje, men det på HiHm undervises innen landbruksteknikk, agronomi og økologisk landbruk.

5.6 Oppsummering og anbefalinger

For at landbruket skal bli i stand til å følge opp klimautfordringene er det behov for en målrettet satsing på utdanning, forskerrekruttering og aktiv forskning. Om dette ikke skjer vil mulighetene svekkes for landbruket til å håndtere de forventede kravene til utslippsreduksjoner og å finne bærekraftige tilpasninger som følge av mulige klimaendringer.

Mangelfull søkning til landbruksrelaterte høgre utdanningstilbud og lav forskningsaktivitet på flere viktige fagområder representerer de største utfordringene:

- På utdanningssida kreves det et omfattende samarbeid mellom de institusjonene som utdanner Bachelor- og Masterkandidater, og de som etterspør disse kandidatene (forskningsinstitusjoner som Bioforsk), landbruksorganisasjonene og øvrig næringsliv for å øke rekrutteringen og gi grunnlag for å videreutvikle nåværende studietilbud.
- Det er viktig at utdanningstilbudet understøttes av aktiv, langsiktig forskning, med særlig fokus på følgende fagfelt: landbruksteknikk, plantevitenskap, jordfag, hydrologi og dreneringsteknikk, målemetodikk og landbruksøkonomi/foretaksøkonomi.
- Det er dessuten viktig at både undervisning og anvendt forskning har en solid forankring innen grunnleggende fag som plantefysiologi, genetik, jordkjemi, jordfysikk og jordbiologi.

5.6.1 Dagens situasjonen

Høgere utdanning knytta til landbruket har i senere tid hatt en negativ utvikling:

- Mangelfull søkning til Bachelor- og Masterstudier, der spesielt situasjonen i landbruksteknikk er vanskelig fordi svak søkning har gjort det uforsvarlig å opprettholde et eget Masterstudium innen fagfeltet.
- Fagmiljøene i landbruksteknikk trues av at det ikke rekrutteres nok forskere til at utdanningstilbudene kan opprettholdes, noe som også begrenser mulighetene for å videreutvikle utdanningstilbud for å møte de nye utfordringene som klima skaper.
- Situasjonen er også vanskelig for mange av de andre landbruksrelaterte studiene fordi få studenter på programmene gir presset økonomi, som igjen gjør det vanskelig å opprettholde spesifikke masteremner og opprettelse av nye. Dette har gjennom en årrekke ført til at fagmiljøene har blitt uttynnet, og de er sårbare. Studentene har høy lærertetthet fordi de er få, men opplever vanskeligheter fordi emner gis annethvert år, eller at få studenter i klassen virker negativt for læringsmiljøet.
- Med få, og i noen fagområder, ingen MSc kandidater blir det vanskelig å møte behovet for kandidater med høyere grads kompetanse, både til næringslivet og i forskningen. I plantevitenskap uteksamineres det i dag under halvparten så mange kandidater som Bioforsk og Norsk landbruksrådgivning alene etterspør. I tillegg kommer øvrig etterspørsel etter kandidater med kompetanse innen landbruksfagene og innen jord og miljø.

Problemene på utdanningsida forplanter seg til forskningen i tillegg til de utfordringene denne allerede møter:

- Forskerrekrutteringen i landbruksteknikk er i praksis fraværende i Norge. Det er for tiden svak søkning til forskerrekrutteringsstillinger innen agronomifaget, særlig av norske søkere. Svak finansiering av landbruksforskningen gjør det også usikkert for kandidatene å satse på en karriere innen landbruksforskning, og utsikter til en fast jobb er få.
- Vansker med å skaffe finansiering til enkelte viktige områder innen landbruksrelatert forskning, samt en større andel av midlene låst til forskningsprogrammer, gjør at det blir vanskelig å bygge fagmiljøer med robuste forskergrupper på flere viktige områder. Det har blitt stadig vanskeligere å finne midler til å drifte langtids forsøksfelt (viktige referansepunkt for modellutvikling og måling av endringer i miljøparametre) og oppbygning av moderne infrastruktur for å kunne utføre framtidsrettet landbruksforskning. Dette bidrar til at viktige områder innen norsk landbruksrelatert forskning forvitrer, og situasjonen forverres ytterligere av mangel på nyrekruttering.

Disse utfordringene representerer delvis noen interessante muligheter, fordi det bli bedre muligheter både for master-kandidater og for yngre forskere til å få relevante jobber når mange landbruksakademikere blir pensjonister i åra som kommer.

5.6.2 Anbefalinger og tiltak

Studentrekruttering og studietilbud

- Studentrekruttering til studieprogrammene Plantevitenskap og Miljø- og naturressurser må økes. Dette må skje gjennom en samordna og gjennomtenkt markedsføring der både UMB, departementer og landbruksnæringa bidrar, og ved målretta samarbeid mellom UMB/HiHm og forskningsinstitutter. Støttetiltak fra landbruksnæringa som stipendordninger etc. kan være viktige tiltak.
- Fagmiljøet i landbruksteknikk må styrkes, og studietilbudet må forbedres gjennom et tettere samarbeid mellom UMB og HiHm. Det anbefales å se studieløpene i landbruksteknikk og plantevitenskap i sammenheng, samordne emner i planteproduksjon og landbruksteknikk ved UMB og HiHm på Bachelor, og gi tilbud om Master i Landbruksteknikk som kan rekruttere både fra UMB og HiHm. Dette forutsetter imidlertid en økt studentrekruttering til Plantevitenskap/Landbruksteknikk i forhold til dagens situasjon. Fagmiljøene må styrkes for å kunne videreutvikle mer framtidsretta emnetilbud.
- I dagens emneportefølje ved UMB rettet mot studiene i henholdsvis Plantevitenskap og Miljø og naturressurser er klima og klimaendringer integrert i eksisterende emner som omhandler planteproduksjon og jordlære. Det vil være behov for å gi tilbud om en mer omfattende spesialisering i klima- jord- og planteproduksjon på master-nivå, med klart fokus på klimautfordringene som landbruket står overfor. Det nye masteremnet som er under utvikling ved IPM, "Bærekraftig planteproduksjon" vil være en riktig satsing, og det kan anbefales at klimautfordringene får en klar vektlegging i dette emnet, eller at det tilbys muligheter for videre spesialisering.

Ulike markedsføringsstrategier av de landbruksrelaterte studiene har vært forsøkt ved UMB uten nevneverdig resultat. Vi tror derfor at en mer omforent strategi for rekruttering av studenter er nødvendig. **Viktige markedsførings- og utdanningstiltak er:**

- Bedre tilrettelegging for parallelle løp med bredere bachelor- og masterprogram, samtidig som man opprettholder de eksisterende studieprogrammene. Erfaringene ved UMB med en anvendt biologibachelor er oppløftende i forhold til å rekruttere flere godt kvalifiserte studenter fra videregående skole, men det må jobbes mer målretta for å rekruttere flere av disse til de landbruksrelaterte masterstudiene.

Flere studenter på emner som er relatert til de biologiske og tekniske forholdene knyttet til landbruket gir også rom for å videreutvikle kurstilbudet innenfor de landbruksrelaterte studiene.

Parallelle løp skaper imidlertid ekstra utfordringer i forhold til å sikre en god struktur på masterstudiene i plantevitenskap fordi studentene kommer inn med meget forskjellig bakgrunnskunnskap.

Tiltak for å gjøre studiene i landbruksrelaterte fag mer attraktive:

- Egne stipendordninger for disse studiene. Yara får allerede en slik stipendordning på plass for studenter innen plantevitenskap, og skogbruksstudiene ved UMB får et lignende opplegg for skogbruksstudenter. Slike ordninger er imidlertid kostbare, og ligger utenfor rammene av hva utdanningsinstitusjonene normalt kan tilby for enkeltstudier. Her er det en klar rolle for næringslivet og organisasjonene innen landbruket, og bedre samarbeid med forskningsinstituttene om f.eks semesteroppgaver og masteroppgaver kan også bidra til å gjøre studiene mer attraktive.
- Bedre synliggjøring av gode jobbmuligheter innenfor de områdene studentene har spesialisert seg. Etablere møteplasser for tidlig kontakt mellom studenter, aktuelle institutter og næringsliv.
- Det er stor utfordring å gjøre landbruk og landbruksrelaterte næringer attraktive for nyrekruttering. Her har også organisasjonene i landbruket ei sentral rolle å spille i forhold profilering og til innspill i nyhetsmedia.
- Større fokus i samfunnet på yrkesløp innen landbruk, bærekraftig utvikling og matproduksjon. Dette er et felles ansvar for landbruksrelatert næringsliv, landbruksorganisasjonene og utdanningsinstitusjonene.

Rekruttering til landbruksforskninga

De uløste oppgavene relatert til klima innenfor den anvendte landbruksforskninga er mange, samtidig som grunnlaget for å løse disse oppgavene fortsatt finnes. Gjennomsnittsalderen på anvendte landbruksforskere øker, og det haster med å bedre forskerrekrutteringa til de landbruksrelaterte fagene. Det er derfor behov for en kraftig opptrapping av forskerutdanning innen agronomiske fag og landbruksteknikk. Dette fordrer bedre tilgang på kvalifiserte mastergradsstudenter enn det som er tilfellet i dag. Men en god og effektiv forskerutdanning må være forankret i forskningsprosjekter og kompetent vitenskapelig personell innen fagområdet. Ved UMB har det over de siste årene vært en betydelig reduksjon i antall faste vitenskapelige stillinger innen landbruksteknikk og jord- og plantekultur, og flere sentrale områder er i dag uten fast vitenskapelig personell. Det er behov for å få på plass en langsiktig strategi for å styrke fagområdene, både med hensyn på personell og forskningsmidler, for å kunne møte de framtidige behovene for forskerutdanning innen disse områdene. Rekruttering av masterstudenter til forskerutdanningen henger også sammen med hvilke karrieremuligheter som tilbys etter endt PhD utdanning. Disse mulighetene har i en periode vært vanskelige innen landbruksfagene, da det har vært få muligheter til faste stillinger samtidig som det har vært vanskelig å få forskningsmidler til agronomiske tema.

Tiltak:

- På kort sikt vil det være viktig å ta vare på dyktige forskere som er i systemet gjennom å forbedre tilgangen på forskningsmidler til agronomiske tema og landbruksteknikk.
- Få på plass en langsiktig strategi for både å styrke fagområdene med nødvendige vitenskapelige stillinger, med forskningsinfrastruktur og forskningsmidler.

Internasjonalt samarbeid

Agronomisk og natuvitenskapelig forskning er ressurskrevende. Det ligger betydelige gevinster i internasjonalt samarbeid, både i forhold til reduserte kostnader og bedre kvalitet på forskninga. Etablering av robuste forskergrupper på utvalgte fagområder gjør at man blir mer attraktiv som forskningspartner, men gjør at man samtidig sier at det ikke er ressurser nok til å nå internasjonalt nivå innen alle landbruksrelaterte fagfelt på kort sikt.

6. Hvordan involvere næringen?

Det var ønsket at utredningen også skulle beskrive hvordan næringen må og kan mobiliseres til et samarbeid med FoU-miljøene. En ønsker å sikre at kompetanse, entreprenørskap og endrings vilje i næringen blir mobilisert for å utnytte mulighetene (ny teknologi, nye driftsformer etc) knyttet til klimaendringene. Den 2. mars 2010 var det et høringsmøte for denne utredningen der en spesielt ønsket diskusjoner om dette, og der både næringens egne organisasjoner, men også rådgivningstjenestene og forvaltningen presenterte sine behov. Noen hovedtrekk presenteres her:

- Dersom det skal gjennomføres agronomiske tiltak for å redusere klimagassutslippene kan det skje ved frivillige tiltak og tilpasninger eller ved at det innføres nye regler, forskrifter eller følges opp ved tilskuddsordninger.
Både for frivillig tilpasning og ved lovpålagte endringer vil det være avgjørende at tiltak er dokumenterte, både i omfang og effekter.
- Det betyr at det må være nyere eller pågående forskning for dette (og ikke bare referanser til forskning på jordarbeiding, erosjon, hydroteknikk som er tilbake til åtti tallet). Dette er viktig både for forskningen, for utdanningen og for rådgivningstjenesten og den direkte kontakten til næringen.
- Pågående og aktuell forskning vil også bli viktigere fremover for å dokumentere eventuelle effekter av endret klima, behovet for tilpasninger og råd om aktuelle tiltak og tilpasninger. Nye problem som dukker opp vil raskt kunne tas inn i forskning.
- For å kunne komme raskt ut med råd om endret klima fremover forventes det forskningsresultatene skal være lett og raskt tilgjengelig for rådgivningstjenesten og det praktiske landbruket. Dette krever god kontakt mellom forskning og rådgivningstjenesten. Nettbasert planleggingsverktøy vil kunne bli nyttig i denne sammenhengen. I dag er det nettbasert rådgivning om plantevern (VIPS) og dette prinsippet kan tenkes videre utbygd til også andre tema.
- Viktig at tiltak dokumenteres med lokale forsøk eller demonstrasjoner. Næringen selv påpekte på høringsmøtet at det var forutsetning for at bonden skulle bli motivert og ta tiltak i bruk at det dokumenterte effekter og demonstrert i lokale forsøk.
- En annen viktig forutsetning er at tiltaksgjennomføring hører sammen med økonomiske muligheter, kostnadseffektivitet. Viktig å se hele dyrkingssystemer i sammenheng og ikke bare enkelttiltak. Bonden skal oppfylle ulike politiske målsettinger både for matproduksjon, miljø og klimahensyn. Det bør derfor gjennomføres analyser som ser dette i sammenheng.
- En del tiltak for å redusere klimagassutslipp kan kreve større investeringer, eks større husdyrgjødsellager, nedmoldingsutstyr for husdyrgjødsel. Klimagassutslipp er lite dokumentert for norske forhold. Dersom tiltak er kostbare vil det være spesielt nødvendig med dokumentasjon av effekter.
- En del tiltak vil kunne gjennomføres basert på rådgivning og frivillighet, mens andre kan kreve nye regler, forskrifter og endringer i tilskuddsordninger.
- De siste år er det startet et samarbeid mellom næringsliv og UMB for finansiering og markedsføring av studier for å øke studenter til agronomifagene. Et slikt samarbeid kan utvides også til flere tema.
- Det er ønskelig å fortsette /videreutvikle samarbeidet mellom forskning, undervisning, rådgivning og næringen og etablere noen arenaer/møteplasser for dette. I utredningsperioden er det avholdt flere møtet om dette i regi av Bondelaget, NFR, LMD o. a slik at behovet skulle være veldokumentert.
- Utvidet samarbeid mellom regionale høyskoler og UMB kan også øke rekrutteringen og lokalt engasjement, Eks fra HiHm- landbruksteknikk og NiTn - klima-landbruk er eksempler,

7. Referanser

- Aune, B., Aurbakken, E.A., Bjørndal, I., Tveito, O.E. & Skjelvåg, A.O. 2004. Prosjekt jordressurskart. Kombinert bruk av jord-, klima- og plantedata for talfesting av produksjonspotensial. Rapport frå ei arbeidsgruppe nedsett av NIJOS. NIJOS rapport 16-04.
- Andersen, U. 2008. Veksthusforsøk med ulike typer organiske gjødselprodukter i bygg. Universitetet for miljø- og biovitenskap. Institutt for plante- og miljøvitenskap. Masteroppgave. 60 s.
- Bakken, L.R. & Bleken, M. 1998. Temporal aspects of N-enrichment and emission of N₂O to the atmosphere. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*. 52:107-121.
- Bakken, L.R., Bleken, M.A., Haugen, L.E., Lundekvam, H. & Rørstad, P.K. 2004. Impacts of global change on agroecosystems, preliminary analyses for Southeast Norway: general summary. EACC-report no 1/2004 Agricultural University of Norway.
- Bakken, L.R., Dörsch, P. 2007. Nitrous oxide emission and global changes: modelling approaches. Chapter 25 in *Biology of the Nitrogen Cycle*, Bothe H, Ferguson SJ, Newton WE (eds). pp 382-395 Elsevier (Amsterdam).
- Bakkegard, M., Riley, H., Tørresen, K.S., Lindemark, P.O. & Stabbetorp, J. 2007. Redusert jordarbeiding til høstkorn. *Bioforsk TEMA 2* (32), 4 s.
- Bechmann, M., Pengerud, A., Eggestad, H. O., Deelstra, J. & Øygarden, L. 2008. Erosjon og næringsstofftap fra jordbruksdominerte nedbørsfelt. *Bioforsk rapport 3* (20): 1-45.
- Bergaust, L.L. 2009. Regulatory biology of denitrification in *Agrobacterium tumefaciens* and *Paracoccus denitrificans*; responses to environmental controllers. Philosophiae Doctor (PhD) Thesis Norwegian University of Life Sciences.
- Bergaust, LL, Mao Y, Bakken LR, Frostegård Å (2010) Expression of NO_x reductase genes and denitrification response patterns in *Paracoccus denitrificans*; inhibitory effects of suboptimal pH. *Applied and Environmental Microbiology* (in press)
- Berge, T. W., Goldberg, S., Kaspersen, K., Netland, J., Overskeid, Ø. & Stølan, T. 2010. Presisjonsjordbruk: flekksprøyting av frøugras i korn. *Bioforsk FOKUS 5*: 238-239.
- Bergjord, A.K., Bonesmo, H. & Skjelvåg, A.O. 2008. Modelling the course of frost tolerance in winter wheat I. Model development. *Eur J Agron* 28: 321-330.
- Bjørndal, I. 2007. Markslagsklassifikasjon i økonomisk kartverk. Håndbok fra Skog og landskap 01/2007, 89 s.
- Bleken, M. A. & Bakken, L.R. 1997. Nitrogen cost of food production: Norwegian Society. *AMBIO* 26 (3): 134-142.
- Bleken, M. A. 2001. Konor: a model for simulation of cereal growth. Documentation. *Rapporter/Norges landbrukshøgskole*, 3/2001. Ås: Institutt for plantefag. NLH, 33 pp.
- Bouwman, A.F., Boumans, L.J.M., Batjes, N.H. 2002. Emissions of N₂O and NO from fertilized fields: Summary of available measurement data. *Global Biogeochemical Cycles* 16: 4, 1058, doi:10.1029/2001GB001811, 2002
- Bleken, M.A. 2001. Konor: a model for simulation of cereal growth. Dokumentation. *Rapporter/Norges landbrukshøgskole*, 3/2001. Ås: Institutt for plantefag. NHL, 33 pp.
- Bonesmo, H. & Belanger, G. 2002. Timothy Yield and Nutritive Value by the CATIMO Model: II. Digestibility and Fiber. *Agron. J.* 94: 345 - 350.

- Brandsæter, L., Haugland, E., Helgheim, M., Gudleifsson, B. & Tronsmo, A. 2005. Identification of phytotoxic substances in soils following winter injury of grasses as estimated by a bioassay. *Canadian Journal of Plant Science* 85: 115-123.
- Brodal, G. & Henriksen, B. 2008. Moderne korndyrking - en trussel for trygg mat? *Bioforsk Fokus* 3 (1): 60-61.
- Budai, A. E. 2009. Effects of cultivation practices on denitrification and its product ratios. Master Thesis 2009. Department of Plant and environmental sciences, UMB, Ås, 36 s.
- Børresen, T., Ekeberg, E. & Riley, H. 1990. Planlegging av jordarbeiding på ulike jordtyper. Statens fagtjeneste for landbruket, Fagnytt (jordfag) nr.1, 3 s.
- Børresen, T. & Njøs, A. 1994. The effect of ploughing depth and seedbed preparation on crop yields, weed infestation and soil properties from 1940 to 1990 on loam soil in south eastern Norway. *Soil Till. Res.* 32: 21-39.
- Baadshaug, O.H. & Lantinga, E.A. 2002. ENGNOR, A Grassland Crop Growth Model for High Latitudes. *Documetnations. Report No 2/2002. Reports from UMB. Dept of Plant and Environmental Sciences, Norwegian University of Life Sciences. 18 pp.
- Baadshaug, O.H., Haugen, L.E. 2009. Effect of climate change on growth potential in the mountainous region of southeast Norway. *Idöjárás* 113: 129-133.
- Deike, S., Pallutt, B., Küstermann, B. & Christen, O. 2008. Effects of herbicide application on energy use and efficiency and carbon dioxide emissions of cereal cropping systems. *Journal of Plant Diseases and Protection, Special Issue XXI*: 113-120.
- Delgado, J.A., Khosla, R., Bausch, W.C., Westfall, D.G. & Inman, D.J. 2005. Nitrogen fertilizer management based on site-specific management zones reduces potential for nitrate leaching. *Journal of Soil and Water Conservation* 60:402-410.
- Desjardains, R.L., Pattey, E., Smith, W.N., Worth, D., Grant, B., Srinivasan, R., MacPherson, J.I. & Mauder, M. 2009. Multiscale estimates of N₂O emission from agricultural lands. *Agricultural and Forest Meteorology* (in press). doi:10.1016/j.agrformet.2009.09.001
- Dore, J.J. 1997. Developing Indicators for Sustainable Agriculture. <http://www.indiancommodity.com/ResSustainreport.htm>
- Drange, H., Marzeion, B., Nesje, A. & Sorteberg, A. 2007. Opptil én meter havstigning langs Norskekysten innen år 2100, *Cicerone* 2-2007: 29-31.
- Duus Børgesen, C., Heckrath, G., Lægdsmand, M., Olesen, J. E., & Andersen, H. E. 2009. Landbrugets næringsstoffstab under klimaendringer. *Vand og Jord*, vol 16,nr 4: 146-149.
- Eckersten, H., Andersson, L., Holstein, F., Mannerstedt Fogelfors, B., Lewan, E., Sigvald, R. & Torsell, B. 2007. Bedömningar av klimatförändringars effekter på växtproduktion inom jordbruket i Sverige Bilaga 24 i: Sverige inför klimatförändringarna - hot och möjligheter, SOU 2007:60, Bilagedel B, bilaga B 23-27: 26-277.
- Ekeberg, E., Riley, H. & Njøs, A. 1985. Ploughless cultivation of spring cereals. I. Yields and couch grass. *Forsk. fors. Landbr.* 36: 45-51.
- Ekeberg, E., & Riley, H. 1997. Tillage intensity effects on soil properties and crop yields in a long-term trial on morainic loam soil in southeast Norway. *Soil & Tillage Research* 42:277-293.
- Elen, O. 2002. Plant protection in spring cereal production with reduced tillage.III. Cereal diseases. *Crop protection* 21: 195-201.
- Elen, O. 2003. Long-term experiments with reduced tillage in spring cereals. III. Development of leaf diseases. *Crop protection* 22: 65-71.

- Engebretsen, J.D. 2008. Betydningen for Norden av 2 grader global oppvarming. Vurdering av sårbarhet og effekter av klimaendringer. TemaNord 2008:507. Nordisk Ministerråd, København 2008 ISBN 978-92-893-1642-2.
- Engen-Skaugen, T. & Tveito, O.E. 2004. Growing-season and degree-day scenario in Norway for 2021-2050. *Climate Research* 26: 221-232.
- Fystro, G. 2007. Viktige faktorer for N-verknad frå forkultur - produksjon og miljø. *Bioforsk Fokus* 2 (1): 116-117.
- Evaluation of the bachelor and master programmes in Plant Science offered by the Department of Plant and Environmental Sciences (IPM), Norwegian University of Life Sciences (UMB). Department of Plant and Environmental Sciences 2006, 15 p.
- NOU (2005:5): Enkle signaler i en kompleks verden. Forslag til et nasjonalt indikatorsett for bærekraftig utvikling. Norges offentlige utredninger. Staten forvaltningstjeneste, Oslo.
- Færgestad, E.M., Moldestad, A., Hoel, B., Skjelvåg, A.O., Luciano, G. & Uhlen, A.K. Effects of environmental conditions during grain development on wheat gluten resistance. *Proceedings Xth International Gluten Workshop, Clermont-Ferrand, France, 7-9 September 2009* (in press).
- Grønlund, A., Knoth de Zarruk, K., Rasse, D., Riley, H., Klakegg, O. & Nystuen, I. 2008a. Kunnskapsstatus for utslipp og binding av karbon i jordbruksjord. *Bioforsk rapport* 3 (132). 47 s.
- Grønlund, A., Hauge, A., Hovde, A. & Rasse, D. 2008b. Carbon loss for cultivated peat soils in Norway: a comparison of three different methods. *Nutrient Cycling Agroecosystem* 81: 157-167.
- Grønlund, A., Briseid, T., Garmo, T., Harstad, O. M., Morken, J. & Volden, H. 2008. Klimagasser fra landbruket. Utslippsreduksjoner, forslag til mål, tiltak og virkemidler. *Bioforsk Rapport* 3 (9). 41 s.
- Grønlund, A. 2009. Virkning av klimaendring på arealbruk i norsk arktis. *Bioforsk Rapport* 4 (109).
- Gundersen, G. I. & Rognstad, O. 2001. Lagring og bruk av husdyrgjødsel. Statistisk sentralbyrå, Oslo, Rapport 2001/39.
- Gundersen, G.I., Bye, A.S., Sandmo, T. & Berge, G. 2008. Jordbruk og miljø. Resultatkontroll jordbruk 2007. Rapport 2008/1 Statistisksentralbyrå.
- Gundersen, G.I., Bye, A.S., Berge, B., Hoem, B. & Knudtsen, S.S. 2009. Jordbruk og miljø - Tilstand og utvikling 2009. Statistisk Sentralbyrå, Rapportar 2009/37, 102 ss. (tilgjengelig på www.ssb.no)
- Haglerød, A. (red.). 1990. Konsekvenser for jordbruksproduksjonen av økte kilmagassutslipp. Rapport C-005-90. NILF.
- Hansen, S. & Bakken, L.R. 1993. N₂O, CO₂ and O₂ concentrations in soil air influenced by organic and inorganic fertilizers and soil compaction. *Norwegian J. Agric. Sciences* 7:1-10.
- Hansen, E.M. & Melander, B. 2007. Kan udbytte og kvælstofudnyttelse opprettholdes ved redusert jordbearbejding? *Plantekongres 2007, Herning*, s. 153-154.
- Hansen E.M. & Munkholm, L.J. 2008. Soil tillage and nitrate leaching in a Danish perspective. *NJF Seminar 418. New insights into sustainable cultivation methods in agriculture. NJF Report vol. 4, no. 3.*
- Hansen, S., Morken, J., Nesheim, L., Koesling, M. og Fystro, G. 2009. Reduserte nitrogenutslipp gjennom bedre spredningsrutiner for husdyrgjødsel. *Bioforsk Rapport* 4 (188). 47 s.
- Hansen, E.M., Munkholm, L.J. & Olesen, J.E. 2010. N-utilization in on-inversion tillage systems. *Soil & Tillage Research* (submitted).
- Haraldsen, T.K. & Børtnes, G. 2009. Virkning på plantevekst og utvaskingsrisiko av ulike typer organisk gjødsel basert på restprodukter. *Bioforsk FOKUS* 4 (2): 48-49.

- Hegrenes, A., Lien, G., Bergfjord, O.J., Flaten, O., Tveterås, R. & Asheim, L.J. 2008. Risikoeksponering og risikohandtering i matproduksjon. Sammenligning av havbruk og jordbruk. NILF-rapport 2008-4.
- Henriksen, B. 2006. Betydning av dyrkingstekniske tiltak for utvikling av *Fusarium* og mykotoksiner i korn. Bioforsk Fokus 1 (3): 40-41.
- Henriksen, T. M. 2001. Nitrogenforsyning ved økologisk dyrking av korn. Planteforsk Grønn forskning 1/2001: 207-212.
- Henriksson, P. 2009. Graminors strategier för växtförädling i ett ändrat klimat. Bioforsk FOKUS 4(2): 124-125.
- Helgason, B.L., Janazen, H.H., Chantigny, M., Drury, C., Ellert, B.H., Gregorich, E.G., Lemke, R.L., Patey, E., Rochette, P. & Wagner-Riddle, C. 2005. Toward improved coefficients for predicting direct N₂O emissions from soil in Canadian agro-ecosystems. *Nutr. Cycl. Agroecosyst.* 72: 87-99.
- Hiitola, K. 1996. Nitrogenprognoser. Jord- og plantekultur 1996. Planteforsk Apelsvoll, s. 206-208.
- Hillestad, M.E. 2009. Framtidig behov for landbruksakademikere. Rapport 6, 2009, Landbrukets Utredningskontor. 23 s.
- Hildén, M., Lehtonen, H., Bärlund, I., Hakala, K., Kaukoranta, T. & Tattari, S. 2005. The Practice and Process of Adaptation in Finnish Agriculture. FINADAPT. Working Paper 5, Finnish Environment Institute Mimeographs 335, Helsinki, 28 pp.
- Hobbs P.R. 2007. Conservation agriculture: what is it and why is it important for future sustainable food production? *J. Agric. Sci. (Camb.)*145: 127-137.
- Holland, E.A., Braswell, B.H., Sulzman, J., Lamarque, J.F. 2005. Nitrogen deposition onto the United States and western Europe: Synthesis of observations and models. *Ecological Applications* 15:38-57.
- Höglind, M. (red.) 2010. WINSUR-rapport. Bioforsk FOKUS (in press).
- Höglind, M., Thorsen, S.M., Østrem, L. & Jørgensen, M. 2009. Hvordan vil endret klima påvirke overvintring og grasvekst i Norge? Bioforsk FOKUS 4 (2): 72-73.
- Ishijima, K., [Sugawara, S.](#), Kawamura, K., Hashida, G., [Morimoto, S.](#), [Murayama, S.](#), Aoki, S. & Nakazawa, T. 2007. Temporal variations of the atmospheric nitrous oxide concentration and its delta N-15 and delta O-18 for the latter half of the 20th century reconstructed from firn air analyses *J Geophys Res-Atm* 112: D3 Article Number: D03305.
- Klimakur 2020 - Sektorrapport jordbruk (TA-2593/2010) 69 s.
- Korsaeth, A. 2005. Relations between canopy reflectance and plant N content, above-ground biomass, yields and protein content of winter wheat and spring barley. Book of abstracts of the 5th European Conference on Precision Agriculture (ECPA), June 9-12, Uppsala, Sweden, p. 162-163.
- Korsaeth, A. 2008. Relations between nitrogen leaching and food productivity in organic and conventional cropping systems in a long-term field trial. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 127: 177-188.
- Korsæth, A. (red.) 2010. Bærekraftig landbruk - Utfordringer, tiltak og kunnskapsbehov. Bioforsk Fokus 5(3), 79 s.
- Korsaeth, A. & Eltun, R. 2000. Nitrogen mass balances in conventional, integrated and ecological cropping systems and the relationship between balance calculations and nitrogen runoff in an 8-year field experiment. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 79: 199-214.

- Korsaeth, A. & Henriksen, T.M. 2002. Temporal changes in mineralization and immobilization of N during degradation of plant material: implications for the plant N supply and nitrogen losses. *Soil Biology & Biochemistry* 34: 789-799.
- Korsaeth, A. & Riley, H. 2006. Estimation of economic and environmental potentials of variable rate versus uniform N fertilizer application to spring barley on morainic soils in SE Norway. *Precision Agriculture* 7: 265-279.
- Lehmann, J. 2007. A handful of carbon. *Nature* 447:143-144.
- Lehmann, J. & Joseph, S. 2009. Biochar for environmental management: An introduction. In: Lehmann J. and Joseph, S. (eds.) *Biochar for Environmental Management - Science and Technology*, pp.1-9. Earthscan, London, UK.
- Liu B, Mørkved PT, Frostegård Å. & Bakken LR (2010) Denitrification gene pools, transcription and kinetics of NO, N₂O and N₂ production as affected by soil pH. *FEMS Microbiology Ecology* (in press)
- Lundekvam, H.E. 2007. Plot studies and modeling of hydrology and erosion in southeast Norway. *Catena*, 71: 200-209.
- Marti, M. 1984. Cereal monoculture without ploughing in south-east Norway - Effects on yields and on soil physical and chemical properties. Dr. Scient Avhandling, NLH.
- Molteberg, B. & Henriksen, T.M. 2004. Bruk av fangvekster i kornomløp. Sluttrapport til SLF og Fylkesmannen, Apelsvoll, 30. juni 2004. 40 s.
- Moss, A.R., Jouani, J.P., Newbold, J. 2000. Methane production by ruminants: its contribution to global warming. *Ann Zootech.* 49:231-253.
- Morken, J. & Nesheim, L. 2004. Utnytting og tap av næringsstoff i husdyrgjødsel - framtidige utfordringer. *Grønn kunnskap* 8 (3): 51-64.
- Morken, J. 2007. Spredeteknologi for bløtgjødsel. IMT-Rapport nr. 20/2007. 11 s.
- Mørkved, P.T. 2006. Environmental Controls of Terrestrial N₂O sources. UMB PhD Thesis 2006:21. ISBN 82-575-0725-3.
- Netland, J. & Wærnhus, K. 2010. Plantevernmiddelresistens hos ugras. *Bioforsk Fokus* 4 (2):116-117.
- Njøs A. 1983. Noen norske resultater fra eldre jordarbeidingsforsøk. *Kompendium JK3 NLH*.
- Njøs, A. & Ekeberg, E. 1980. Forsøk med pløying til to dybder høst og vår på morenejord i Stange i årene 1969-1975. *Forsk. Fors. Landbr.* 31: 221-242.
- Njøs, A. & Hove, P. 1986. Studies of soil erosion by water. Sluttrapport NLVF nr. 655.
- Njøs, A. & Slyngstad, B. 1999. Sikrere og rimeligere hydrotekniske tiltak i jordbruket. *Jordforskrapport* 57/99.
- Olesen, J.E., Jacobsen, B.H., Thorup-Kristensen, K., Andersson, N., Kudsk, P., Jørgensen, L.N., Hansen L.M., Nielsen, B.L. & Boelt, B. 2006. Tilpasning til klimaendringer i landbrug og havebrug. DJF rapport Markbrug nr. 128.
- Palojärvi, A., 2008. Impact of crop species and tillage on potentially suppressive soil microbes. NJF Seminar 418. New insights into sustainable cultivation methods in agriculture. NJF Report vol. 4, no. 3
- Rahn, C.R., Zhang, K., Lillywhite, R., Ramos, C., Doltra, J., de Paz, J.M., Riley, H., Fink, M., Nendel, C., Thorup Kristensen, K., Pedersen, A., Piro, F., Venezia, A., Firth, C., Schmutz, U., Rayns, F. & Strohmeyer, K. 2010. EU-Rotate_N - a European Decision Support System - to Predict Environmental and Economic Consequences of the Management of Nitrogen Fertiliser in Crop Rotations. *Europ.J.Hort.Sci.*, 75 (XXX). S. XXX-XXX, 2010, ISSN 1611-4426.
- Rasse, D.P., Rumpel, C. & Dignac, M.-F. 2005. Is soil carbon mostly root carbon? Mechanisms for a specific stabilisation. *Plant and Soil*, 269:341-356.

- Renius, K.T. 2009. Tractor innovations and sustainability, invited speaker at the 20th Annual Meeting of the Club of Bologna, Agritechnica 2009, Hanover, Germany, 21 pp. <http://www.clubofbologna.org/>
- Riley, H. 1985. Redusert jordarbeiding til vårkorn. Ulike såmaskiner og såtider. *Forsk.Fors.landbr.* 36:61-70.
- Riley, H. 1988. Energy and labour use with various tillage systems. Div. Soil Management Rep. No. 77, Sveriges Lantbruksuniversitet, Uppsala: 196-206.
- Riley, H. 1998. Soil mineral-N and N-fertilizer requirements of spring cereals in two long-term tillage trials on loam soil in southeast Norway. *Soil & Tillage Research* 48:265-274.
- Riley, H. 2003. Skjer det noe med jordas moldinnhold - og i så fall hva betyr det? *Jord og plantekultur* 2003, Grønn forskning 1/2003 s. 270.
- Riley, H. 2006. Recent yield results and trends over time with conservation tillage on morainic loam soil in southeast Norway. *Acta Agric. Scand. Section B*, 56: 117-128.
- Riley, H. 2007. EU-rotate_N: Et beslutningsverktøy for vurdering av N-syklus i grønnsaksomløp. *Bioforsk Fokus* 2 (1): 144-145.
- Riley, H. 2010. Er økonomisk optimal nitrogen gjødsling til korn også optimal for miljøet?. *Bioforsk Fokus* 5 (2): 132-133.
- Riley, H. & Bakkegård, M. 2006. Declines in soil organic matter content under arable cropping in southeast Norway *Acta Agric. Scand., Sect. B, Soil and Plant Sci.* 56: 217-223.
- Riley, H. & Berentsen, E. 2009. Estimation of water use for irrigation in Norwegian agriculture. *Bioforsk Rapport* 4 (174). 80 p.
- Riley, H., Bleken, M., Abrahamsen, S., Bergjord, A. & Bakken, A. 2005. Effects of alternative tillage systems on soil quality and spring cereal yields on silty clay loam and sandy loam soils in the cool, wet climate of central Norway. *Soil & Tillage Research* 83:79-93.
- Riley, H., Børresen, T., Ekeberg, E. & Rydberg, T. 1994. Trends in Reduced Tillage Research and Practice in Scandinavia. Chapter 2 in "Conservation Tillage in Temperate Agroecosystems", ED. M.R.Carter, Lewis Publishers, Boca Raton, pp. 23-45.
- Riley, H., Børresen, T. & Lindemark, P.O. 2009. Recent yield results and trends over time with conservation tillage on clay loam and silt loam soils in southeast Norway. *Acta Agriculturae Scandinavica, Section B. Soil and Plant Science* 59:362-372.
- Riley, H. & Ekeberg, E. 1998. Effects of Depth and Time of Ploughing on Yields of Spring Cereals and Potatoes and on Soil Properties of a Morainic Loam Soil. *Acta Agriculturae Scandinavica, Section B. Soil and Plant Science* 48 193-200.
- Riley, H. & Guttormsen, G. 1994. N requirements of cabbage crops grown on contrasting soils. II. Model verification and predictions. *Norw. J. Agric. Sci.* 8:99-113.
- Riley, H., Pommeresche, R., Eltun, R., Hansen, S., Korsæth, A. 2008. Soil structure, organic matter and earthworm activity in a comparison of cropping systems with contrasting tillage, rotations, fertilizer levels and manure use. *Agric. Ecosys. Env.* 124: 275-284.
- Riktige kandidater til landbruksnæringen. Nettverk for forskning, utdanning og kompetansebygging 2004. Norges Landbrukshøgskole, Norges Veterinærhøgskole, Norges Bondelag, Norges Bonde- og Småbrukarlag, Norsk Landbrukssamvirke. 14 s.
- Regjeringen 2001. Forskning og relevant høyere utdanning på landbrukssektoren. Kirke-, utdannings- og forsknings-departementet og Landbruksdepartementet. Akessert 17.02.2009 http://www.regjeringen.no/upload/kilde/ld/rap/2001/0002/ddd/word/136712-carlsson_rapport.doc

- Roberts, D.F., Kitchen, N.R., Scharf, P.C. & Sudduth, K.A. 2001. Will Variable-Rate Nitrogen Fertilization Using Corn Canopy Reflectance Sensing Deliver Environmental Benefits? *Agronomy Journal* 102: 85-95.
- RVF 2005. Användning av biogödsel. En rapport från BUS-projektet. RVF-Utveckling 2005: 10. 50 s.
- Ruddiman, W.F., Thomson, J.S. 2001. The case for human causes of increased atmospheric CH₄ over the last 5000 years. *Quaternary Science Reviews* 20:1769-1777.
- Raadahl, H.L. 2007. Kartlegging og potensial for biogassressurser i Norge. Østfoldforskning OR.21.07.
- Raadahl, H.L., Schakenda, V. & Morken, J. 2008. Potensialstudie for biogass i Norge. Østfoldforskning OR.21.08
- Schjolden, A. 2004. Towards assessing socioeconomic impacts of climate change in Norway. Sensitivity in the primary sectors: fisheries, agriculture and forestry. CICERO Report 2004: 03.
- Schreiner, C. 2008. [Noen realist som passer for meg? Ungdoms valg av utdanning og yrke](#). KIMEN 1/2008, Naturfagsenteret, Universitetet i Oslo.
- Skjelvåg, A.O. 1987. Temperature map compiled by least square interpolation. *Norsk Landbruksforskning* 1: 37-45.
- Skjelvåg, A. O. 1990. Venta endringer i klima og vekstvilkår. s. 16-20 i: Konsekvenser for jordbruksproduksjonen av økte klimagassutslipp. Bidrag til den interdepartementale klimautredningen. Norsk institutt for landbruksøkonomisk forskning. Rapport C-005-90.
- Skjelvåg, A.O. 1992. Agroklimatisk kartlegging av Norden. Grunnlag og framlegg til gjennomføring av soneinndeling. Rapport frå ei arbeidsgruppe under Samnordisk planteforedling. Skrifter og rapporter nr. 5. ISSN 1102-1039. Alnarp Sverige.
- Skjelvåg, A.O., Tveito, O.E. & Bjørdal, I. 2007. Use of crop development models in agroclimatic mapping. *Idöjárás* 111: 91-99.
- Skuterud, R., Semb, K., Saur, J & Mygland, S. 1996. Impact of reduced tillage on the weed flora in spring cereals. *Norwegian Journal of Agricultural Sciences* 10, 519-532.
- Skøien, S. 1988. Soil erosion and runoff losses of phosphorus, effect of tillage and plant cover. *Norw. J. Agric. Res.* 2: 207-218.
- Stalham, M.A., Allen, E.J., Rosenfeld, A.B. & Herry, F.X. 2007. Effects of soil compaction in potato (*Solanum tuberosum*) crops. *J. Agric. Science (Cambs.)*145: 295-312.
- Stehfest, E., Bouwman, L. 2006. N₂O and NO emission from agricultural fields and soils under natural vegetation: summarizing available measurement data and modelling of global annual emissions. *Nutrient Cycling in Agroecosystems* 74: 207-228.
- Stenrød, M., Ludvigsen, G.H., Riise, G., Lundekvam, H., Almvik, M., Tørresen, K.S. & Øygarden, L. 2007. Redusert jordarbeiding og glyfosat. En sammenstilling av norske og internasjonale forsknings- og overvåkingsresultater, samt en småskala feltstudie av avrenning av glyfosat ved ulik jordarbeiding. *Bioforsk Rapport* 2 (145), 89 s.
- Stornes, O. K. 2008. Ammoniakkutslipp fra jordbruket. Ulike måter å spre husdyrgjødsel på. Notat 2008-1. NILF. ISBN: 978-82-7077-700-6. 23 s.
- Strand, E. 1964. Climatic regions for agricultural crops in Norway. *Meld NLH* 43: 1-16.
- Strand, G.-H. & Bekkhus, R. 2008. Marklagstatistikk. Dyrka og dyrkbart areal. Ressursoversikt fra Skog og landskap 03/2008. 30 pp.
- Sørheim, R. (red.) 2010. Biogass - Kunnskapsstatus og forskningsbehov. *Bioforsk Rapport* 5 (16), 46 s.

- Tremblay, N., Wang, Z.J., Ma, B.L., Belec, C. & Vigneault, P. 2009. A comparison of crop data measured by two commercial sensors for variable-rate nitrogen application. *Precision Agriculture* 10:145-161.
- Tveitnes, S., Bruaset, A., Bærug, R. og Nesheim, L. 1993. *Husdyrgjødsel*. Statens fagtjeneste for landbruket. ISBN: 82-90598-10-6. 119 s.
- Tveito, O. E., Bjørdal, I. & Skjelvåg, A.O. 2005. A GIS-based agro-meteorological decision system based on gridded climatology. *Meteorol. Appl.* 12: 57-68.
- Tørresen, K.S. & Skuterud, R. 2002. Plant protection in spring cereal production with reduced tillage. IV. Changes in the weed flora and weed seedbank. *Crop Protection* 21: 179-193.
- Tørresen, K.S., Skuterud, R., Tandsæther, H.J. & Hagemo, M.B. 2003. Long-term experiments with reduced tillage in spring cereals. I. Effect on weed flora, weed seedbank and grain yield. *Crop Protection* 22: 185-200.
- Uhlen, A.K., Hafskjold, R., Kalhovd, A-K., Sahlstrøm, S., Longva, Å. & Magnus, E.M. 1998. Effects of cultivar and temperature during grain filling on wheat protein content, composition, and dough mixing properties. *Cereal Chem.* 75: 460-465.
- Van Oijen, M., Höglind, M., Hanslin, H.M., Caldwell, N. 2005. Process-based modeling of timothy regrowth. *Agron J* 97: 1295-1303.
- Van Oijen, M., Thorsen, S.M., Schapendonk, A.H.C.M. & Höglind, M. Process-based modelling of timothy survival in winter. *Proceedings of the IGC-IRC 2008 Congress, Hohhot, China, 29 June-5 July 2008*. In press.
- Vatn, A. *et al.* 2006. A methodology for integrated economic and environmental analysis of pollution from agriculture. *Agricultural Systems* 88:270-293.
- Vigerust, E. 2002. *Bedre hydrotekniske løsninger, IFT-rapport 123/2002*. NLH.
- Widens, O.I. & Asper, A. 1997. *Prøver med spredere for mineralgjødsel*. ITF-melding nr. 3, 16 s.
- Wit, H. de, Rafoss, T., Arnoldussen, A., Skjelvåg, A.O., Åssveen, M., Solbakken, E. & Klaveness, M. 2004. *Grunnlag for verdsetting av innmark. Bruk av plante-, klima- og jorddata ved verdsetting av innmark*. NIJOS rapport 4-04.
- Xu, X.M., Parry, D.W., Nicholson, P., Thomsett, M.A., Simpson, D., Edwards, S.G., Cooke, B.M., Doohan, F.M., Brennan, J., Moretti, A., Tocco, G., Mule, G., Hornok, L., Giczey, G. & Tatnell, J. 2005. Predominance and association of pathogenic fungi causing *Fusarium* ear blight in wheat in four European countries. *European Journal of Plant Pathology* 112: 143-154.
- Zaman, M., Nguyen, M.L., Matheson, F., Blennerhasset, J.D. & Quin, B.F. 2007. Can soil amendment (zeolite or lime) shift the balance between nitrous oxide and dinitrogen emissions from pasture and wetland soil receiving urine or urea-N? *Australian Journal of soil Research* 45: 543-545.
- Øvergaard, S.I, Isaksson, T., Kvaal, K., and Korsæth, A. 2010. Comparisons of two hand-held, multispectral field radiometers and a hyperspectral airborne imager in terms of predicting spring wheat grain yield and quality by means of PPLS regression. *Sendt til Journal of Near Infrared Spectroscopy*.
- Øygarden, L. 2000. *Soil erosion in small agricultural catchments, south-eastern Norway*. Dr. Scient Theses 2000:8, NLH.
- Øygarden, L., Nesheim, L., Dörsch, P., Fystro, G., Hansen, S., Hauge, A., Korsæth, A., Krokann, K. & Stornes, O. K. 2009. *Klimatiltak i jordbruket - mindre lystgassutslipp gjennom mindre N-tilførsel til jordbruksareal og optimalisering av dyrkingsforhold*. Bioforsk Rapport 4 (175). 78 s.
- Aaheim, A. (red.) 2009. *Konsekvenser av klimaendringer, tilpasning og sårbarhet i Norge*. Rapport til Klimatilpasningsutvalget. Report 2009:4, CICERO, Oslo, Norway.

8. Vedlegg

Oversikt over vedlegg

Nr Emne

1: Utredning av kompetansegrunnlaget for bedre agronomi for å møte landbrukets klimautfordringer

2: Program for høringsmøte i NFR 2 mars 2010.

Utredning av kompetansegrunnet for bedre agronomi for å møte landbrukets klimautfordringer

Anbudskonkurranse -mandat

Bakgrunn:

Norge har lagt opp til en ambisiøs klimasatsing gjennom Stortingsmelding nr. 34 (2006-2007) *Norsk klimapolitikk*, samt Klimaforliket i januar 2008. Målet er at Norge skal være karbonnøytralt, det vil si ikke bidra til netto utslipp av klimagasser, innen 2030. I Stortingsmelding nr. 39 (2008-2009) *Klimautfordringene - landbruket en del av løsningen*, står det at regjeringen vil gjennomføre utslippsreduksjoner i jordbruket tilsvarende 1,1 million tonn CO₂-ekvivalenter innen 2020. Utnyttelse av biogass fra husdyrgjødsel kombinert med matavfall skal bidra med størst reduksjon, men et betydelig bidrag skal også komme fra tiltak knyttet til bedre agronomisk praksis.

I St.prp. nr. 69 (2007-2008) *Om jordbruksoppkjøret 2008 endringer i statsbudsjettet for 2008 m.m.*, kap 8 *Næringsutvikling og miljøtiltak*, står følgende faglig prioritering i tilknytning til forskningsmidlene over Jordbruksavtalen: "*Partene vil peke på behovet for å opprettholde utdanning og forskning innen landbruksteknikk.*"

De siste årene har det vært svært lav rekruttering av studenter til landbruksteknikkfaget. I noen grad gjelder dette også landbruksfagene generelt. På sikt vil dette være negativt for rekrutteringen til forskerutdanning på disse fagområdene. Tatt i betraktning de utfordringer og muligheter norsk landbruk står ovenfor i nær framtid som følge av de forventede klimaendringer, er det viktig å se studentrekruttering, forskerutdanning og forskning i sammenheng.

Formålet med utredningen:

Med utgangspunkt i eksisterende utredninger og ny kunnskap skal utredningen gå gjennom hvilke agronomiske muligheter og utfordringer jordbruket i Norge står overfor for å nå målene om lavere utslipp av klimagasser. Den skal skissere hvor det er behov for målrettet FoU-innsats, og komme med forslag til hvordan man kan sikre forskerrekuttering innenfor landbruksteknikk og andre viktige områder av agronomien der studenttilgangen nå er for lav.

Nærmere beskrivelse:

Arbeidet skal beskrive kunnskapsutfordringene innenfor jord- og plantekultur, jordbearbeiding, jordfysikk, driftsmetoder og tekniske løsninger (inkludert hydroteknikk), økonomi og samordning på ulike nivåer for at jordbruket skal nå klimamålene regjeringen har fastsatt. Nye teknologier og endringer i gjødslingspraksis for et mer bærekraftig landbruk må inkluderes i utredningen. Nye gjødselslag og -praksis, presisjonsjordbruk, utnyttning av husdyrgjødsel og restmateriale fra biogassproduksjon er viktige stikkord. Utvikling av driftsformer i tråd med endrede temperatur-og nedbørsforhold må omtales. Redusert jordarbeiding reduserer utslippene av klimagasser, og hindrer erosjon og miljøforurensing fra åpenåkerarealer. Men samtidig som omfanget av redusert jordarbeiding øker, øker også problemer med *Fusarium* og mykotoksiner i kom. Det er mange hensyn som må veies mot hverandre, og utredningen må i størst mulig grad ta hensyn til helheten.

Det er viktig å få belyst hvilke muligheter og begrensninger som er av størst betydning for at jordbruket skal nå målet om reduserte klimagassutslipp gjennom bedre agronomi og tekniske løsninger. Utredningen skal:

- Medvirke til bedre prioritering av satsningsområder i forskningen

- Påpeke viktige tiltak for å styrke rekrutteringen til relevant landbruksteknisk og agronomisk utdanning og forskning. Herunder skal det inkluderes en *kortfattet* oversikt over situasjonen for utdannings- og forskerrekrutteringen innen landbruksteknikk i andre nordiske land.

Det er behov for analyse av kunnskapsstatus og FoU-utfordringer knyttet til bedre og mer optimal agronomi, tilpasset framtidige klimatiske og strukturelle forhold i norsk landbruk. Konkrete tiltak innenfor de ulike områdene bør vurderes ut fra kostnadseffektivitet, gjennomføringsmuligheter og styringseffektivitet. Videre er et viktig å legge til grunn en kretsløpstankegang for den samlede forskningsinnsatsen, der tiltak ikke må vurderes isolert, men i forhold til hvordan de påvirker helheten i verdikjeden.

I klimameldinga er det presisert at det er nødvendig med forskning på særnorske utfordringer som vi selv må løse. Det vil likevel være nødvendig med samarbeid med internasjonale FoU-miljøer, for å belyse felles muligheter og løse felles utfordringer landbruket står overfor. Det er ønskelig å få fram hvilke problemstillinger som best løses nasjonalt, og hvilke som med fordel kan skje i et internasjonalt forskningssamarbeid. Utredningen må drøfte hvordan samarbeid og dialog mellom utdannings- og forskningsinstitusjonene, jordbruksnæringa og tilgrensende næringsliv kan bli bedre med tanke på å få tatt resultatene av forskningen i bruk.

Forutsetninger:

Viktige bakgrunnsdokumenter:

- Stortingsmelding 39 (2008-2009) *Klimautfordringene - landbruket en del av løsningen*, og *Klimagasser og bioenergi fra landbruket - kunnskapsstatus og forskningsbehov*
- INA fagrapport 11, Universitetet for miljø- og biovitenskap, Institutt for naturforvaltning, 2007, ISSN 1503-9439.

Det må gjøres rede for den internasjonale forsknings- og teknologifronten.

Tilbud:

Norges forskningsråd ønsker tilbud på en utredning i samsvar med spesifikasjonene som er nevnt ovenfor. Den økonomiske rammen er satt til NOK 475.000, eks mva.

Tilbudet skal inneholde opplysninger om hvordan arbeidet er tenkt gjennomført, tematisk oversikt og beskrivelse av hvilke institusjoner som skal ha ansvar for de ulike delene av arbeidet, og nødvendig informasjon om prosjektlederen. Det skal gis en god beskrivelse av faggruppen som skal gjennomføre utredningen, med vekt på kompetanseprofil.

Utredningen bør ikke overstige 50 sider, og skal inneholde et kortfattet sammendrag.

Tilbudet leveres i lukket konvolutt, merket "Bedre agronomi". Tilbudet leveres i Forskningsrådets resepsjon i Stensberggata 26, eller sendes pr. brev til Norges forskningsråd, Postboks 2700 St. Hanshaugen, 0131 Oslo.

Frist for mottak av tilbud : 4. desember 2009 kl. 15.00.

Anbudskonkurranse:

Konkurransen gjennomføres etter bestemmelsene i lov 16. juli 1999 nr. 69 om offentlige anskaffelser og forskrift 7. april 2006 nr. 402 om offentlige anskaffelser del I. Kravet til konkurranse ivaretas ved at invitasjon til å inngi tilbud sendes til følgende:

1. UMB
2. Bioforsk

3. Høgskolen i Hedmark

Det vil ikke bli avholdt forhandlingsmøter.

Kriterier for valg av tilbyder:

Oppgaven er både kompleks og bred. I denne fasen er det viktig med en kunnskapsstatus som kan beskrive sammenhengene med et klart klimafokus (reduere utslipp), og som vi kan ta videre i vårt arbeid med utlysningen for 2011 i nær dialog med "forvaltning, næring og forskning".

Forskningsrådet vil velge det tilbudet som gir en best mulig og helhetlig framstilling av FoU-utfordringene i forhold til:

- Det tilbudet som best ivaretar helheten i utfordringene jordbruket står ovenfor
 - oforskningsutfordringer
 - outdannings- og kompetanseutfordringer
- Nasjonalt og internasjonalt samarbeid

Formelle krav:

Skatter og avgifter: Leverandøren må ha oppfylt sine forpliktelser mht. betaling av skatter og avgifter.

Dokumentasjonskrav:

- Skatteattest for merverdiavgift fra skattefogden (Skatteetaten).
- Skatteattest for skatt utstedt av kemnerkommunekasserer der tilbyder har sitt hovedkontor.

Begge skjemaer har betegnelsen RF-1244. Skatteattestene skal foreligge innen søknadsfristens utløp, og ikke være eldre enn 6 måneder gammel.

Helse, miljø og sikkerhet:

Leverandører som skal utføre arbeid i Norge skal oppfylle lovbestemte krav innen **helse**, miljø og sikkerhet.

Dokumentasjonskrav:

HMS-egenerklæring om at leverandøren oppfyller, eller ved eventuelt tildeling av kontrakt vil oppfylle, lovbestemte krav i Norge innen helse, miljø og sikkerhet "

Leveringsfrist for utredningen:

Et første utkast av utredningen for kommentarer ønskes ferdig innen 1. mars 2010. Utredningen forutsettes å være ferdig senest 15. mars 2010.

10.11.2009

Kontaktperson•

Kirsti Anker-Nilssen
Rådgiver, Divisjon for
innovasjon,
Norges forskningsråd

Vedlegg 2

Program for møtet: ”Utredning om kompetansegrunnlaget for bedre agronomi for å møte landbrukets klimautfordringer”.

Sted: NFR, Stensberggaten 26, Oslo

Møterom: Auditoriet Holberg Terrasse

Tid: 2 mars kl 10- 15 inkludert lunsj.

- 10.00- 10.15. Forskningsrådet ved Kirsti Anker- Nilssen. Bakgrunn for møtet og utredningen
10.15-11.00. Forskningsbehov. Bedre agronomi: Ragnar Eltun, Bioforsk.
Utdanningsbehov, forskerrekuttering: Eirik Romstad, UMB,
11:00 - 11:20. Norges Bondelag ved Brita Skallerud
11:20 - 11:40. Norsk Bonde og småbrukarlag
12:00- 12:45. Lunsj
12:45 - 13:05. Landbruksforvaltningen, Fylkesmannen rep ved FMLA i Hedmark/Vestfold .
Lars Martin Hagen/Jon Randby. Behov for kompetanse.
13:05 - 13:25. Norsk Landbruksrådgivning ved Jon Mjærum:
Behov for kompetanse og rekuttering – bedre agronomi.
13:25 - 13:45. Behov for kompetanse- landbruksteknikk. Ole Morten Nyberg. Bonde /ringleder
13:45 - 15:00. Innspill fra deltagere og diskusjon
15:00. Oppsummering og avslutning

Utredning på oppdrag fra Norges Forskningsråd

Presentasjon av hovedpunkter fra utredninger: Hva er forskningsbehovene – bedre agronomi – endret klima- reduserte klimagassutslipp- behov for tilpasninger.

Hva er behovet for utdanning og forskerrekuttering –bedre agronomi- hvordan styrke kapasiteten ?

Innspill fra forskning, forvaltning, rådgivning på kompetansebehov

Innspill og diskusjon ”Hvordan kan næringen involveres- hva er næringens behov?

Utredningen gjennomføres av Bioforsk, UMB og Høgskolen i Hedmark som oppdrag for Forskningsrådet.