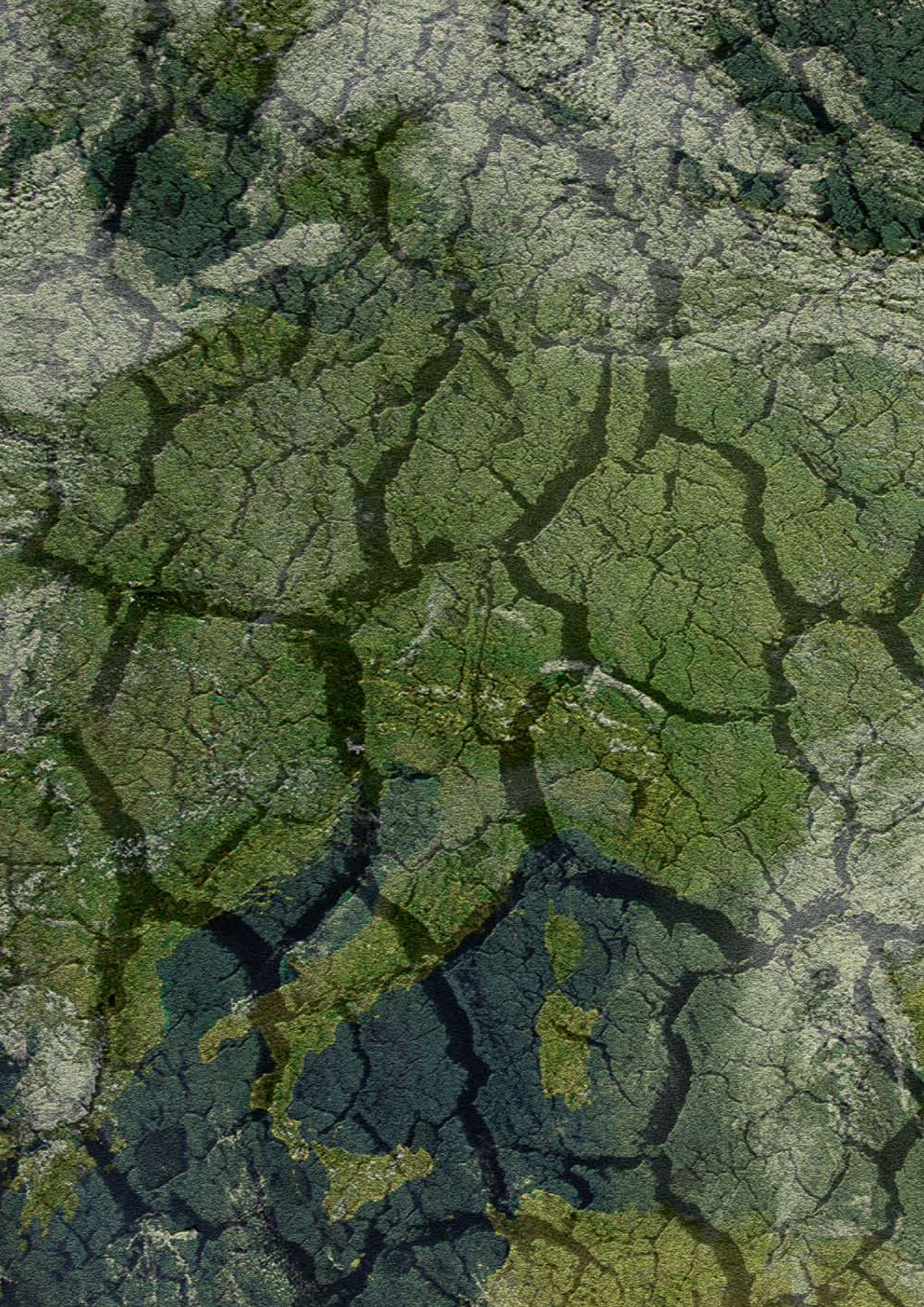
Oikos
RAPPORT
2010
ØKOLOGISK
JORDBRUK
OG KLIMA
Oikos



Oikos RAPPORT 2010

ØKOLOGISK JORDBRUK OG KLIMA

I hvilken grad kan økologisk jordbruk,
eller metoder innen dette,
bidra til å redusere dagens klimagassutslipp?

En vurdering av potensial og begrensninger for
reduksjon av jordbruksrelaterte klimagassutslipp

Oikos

FELLESORGANISASJON FOR ØKOLOGISK PRODUKSJON OG FORBRUK

Oikos er en landsdekkende ideell medlemsorganisasjon som skal arbeide for å fremme mål og idégrunnlaget i økologisk landbruk. Organisasjonen skal være en ledende organisasjon for økologisk samfunnsutvikling. Organisasjonen skal styrke det økologiske miljøet i Norge.

Oikos
Miljøhuset G9, Grensen 9b, 0159 Oslo

TELEFON 23 10 96 40
FAKS 23 10 96 41
E-POST info@oikos.no
WEB www.oikos.no

© 2010 Oikos – Fellesorganisasjon for økologisk produksjon og forbruk

UTGIVER Oikos – Fellesorganisasjon for økologisk produksjon og forbruk
FINANSIERING Statens landbruksforvaltning
Nasjonalt utviklingsprogram for klimatiltak i jordbruket
FORFATTER Berit Swensen
PROSJEKTGRUPPA Jon Magne Holten og Berit Swensen – *Oikos*
Jon Mjærum og Anders Mona – *Norsk landbruksrådgivning*
Sissel Hansen og Grete Lene Serikstad – *Bioforsk Økologisk*
Ievina Sturite – *Bioforsk Nord*
Erik Svanes – *Østfoldforskning*
Holger Schlaupitz – *Norges Naturvernforbund*
DESIGN Conception – www.conception.no
Omslag og grafisk form ved Adon Elmir
Omslagsbakgrunn basert på et satellittbilde over Europa fra NASA
ILLUSTRASJONER Gjengitt av Adon Elmir
TYPOGRAFI Myriad Pro
E-DOKUMENT Conception – Creative Center for Design and Architecture
FORMAT Portable Document Format (PDF)
SYSTEMKRAV Adobe® Reader® versjon 5 og senere eller en tilsvarende PDF-leser

ISSN **1891-6538** (trykt utgave)
ISSN **1891-6775** (online)

Innhold

Forord 4

Sammendrag 6

1 Innledning 8

2 Jordbruksrelaterte klimagassutslipp, globalt og nasjonalt 8

2.1 Metan 10

2.2 Lystgass 10

2.2.1 Lystgass fra jord 10

2.2.2 Lystgass fra kunstgjødselproduksjon 12

2.3 CO_2 fra landbruket 12

3 Det reaktive nitrogenets innvirkning på miljø og klima 13

4 Hva er økologisk landbruk? Visjon og praksis 14

4.1 Visjonen 14

4.2 Alle ønsker vel et bærekraftig landbruk? 15

4.3 Er det samsvar mellom visjon og praksis? 15

5 Om å sammenlikne økologisk og konvensjonelt jordbruk 16

5.1 Produkt- vs. arealbaserte klimagassberegninger 17

5.2 Litt om livssyklusanalyser (LCA) og klimamerking av mat 18

6 Kan økologisk jordbruk redusere klimagassutslipp? 19

6.1 Utslippsendringer knyttet til nitrogen 19

6.1.1 Redusert N-overskudd på gården gir mindre lystgass 19

6.1.2 Lystgassutslipp ved bruk av husdyrgjødsel 20

6.1.3 Reduksjon av lystgassutslipp gjennom forbedret jordstruktur 20

6.1.4 Belgvekster og grønngjødsel – riktig bruk en utfordring 20

6.2 Kan økologisk jordbruk binde mer karbon i jorda? 21

6.2.1 Tall fra rapporter og forsøk 21

6.2.2 Betydningen av vekstskifte og tilførsel av organisk materiale 22

6.2.3 Kompost er mer enn gjødsel 23

6.3 Blir det mer metan fra flere husdyr i et økologisk jordbruk? 24

6.4 Kan avlingsnivået i et økologisk jordbruk økes? 26

6.5 Er det mulig å sikre nok mat med et lavere avlingsnivå? 27

7 Hva internasjonale dokumenter sier om økologisk landbruk og klima 28

8 Forslag til tiltak og virkemidler 29

8.1 Tiltak på gårdsnivå 29

8.2 Politiske og økonomiske virkemidler 30

9 Konklusjoner 30

Referanser 31

Forord

Klima var på alles lepper, og Oikos vurderte i 2008 at det var stort behov for kunnskap om hvordan økologisk jordbruk kan bidra til å redusere klimagassutslippene. En klar klimafordel ved økologisk jordbruk er fraværet av kunstgjødsel og det tette kretsløpet av næringsstoffer, i klimasammenheng særlig nitrogen. På den annen side er de økologiske avlingene i vår del av verden i snitt en del lavere enn de konvensjonelle. Og hvordan påvirker økologisk drift innholdet av karbon i jorda? Internasjonal litteratur tydet på at økologisk jordbruk hadde klimafordeler, men spørsmålene var flere, og ingen i det norske landbruksfagmiljøet hadde gjort ei sammenstilling av kunnskapen og sett den opp mot norske forhold.

PROSJEKTET FIKK TITTELEN «Økologisk jordbruk og klima – potensial og begrensninger» og hadde som mål å utrede om, og i hvilken grad, økologisk jordbruk, eller metoder innen økologisk jordbruk kan bidra til å redusere klimagassutslippene. Videre skulle prosjektet foreslå konkrete tiltak for å redusere klimagassutslippene, og formidle denne kunnskapen til bønder, beslutningstakere og forbrukere.

FOR Å AVGRENSE et i utgangspunktet svært omfattende tema, valgte vi i denne omgang å begrense oss til å se på utslipp knyttet til primærproduksjonen, altså fram til gårdsgrind. I starten hadde vi et ønske om å sette opp ulike scenarioer og gjøre beregninger for enkeltgårder, men det er stor mangel på data for å kunne gjøre dette til noe mer enn en teoretisk øvelse basert på en rekke antakelser og forutsetninger. Det kan være interessant i en senere fase hvis det også er rom for en mer helhetlig analyse. I en slik må også politiske og økonomiske rammevilkår samt spørsmål knyttet til forbruk og sosiale strukturer diskuteres. Dette lå langt utenfor mulighetene vi hadde i denne fasen av prosjektet.

SPØRSMÅL OM ØKOLOGISK landbruks utfordringer og muligheter i forhold til tilpassing til et endret klima lå også utenfor dette prosjektets målsetting. Dette er et tema som kan være aktuelt i en videreføring av prosjektet.

FORDI GOD ØKOLOGI ikke automatisk følger av å få en produksjon godkjent som *økologisk*, og fordi det i praksis er en stor variasjon innenfor dagens økologiske jordbruk, har vi valgt å sette fokus på forhold som er viktige for å få til en videreutvikling og *«økologisering»* av økologisk landbruk. Dette er viktig for økologiens troverdighet og for at økologisk landbruk skal kunne ha sin tiltenkte spydspissrolle i utviklingen av et mer miljøvennlig og bærekraftig landbruk.

I PROSJEKTPERIODEN HAR det blitt avholdt to møter med medlemmer av prosjektgruppa og det har blitt invitert til innspill fra denne. Prosjektgruppa har bestått av Jon Magne Holten og Berit Swensen (Oikos), Jon Mjærum og Anders Mona (Norsk landbruksrådgivning), Sissel Hansen og Grete Lene Serikstad (Bioforsk Økologisk), Ievina Sturite (Bioforsk Nord), Erik Svanes (Østfoldforskning) og Holger Schlaupitz (Norges Naturvernforbund).

EN SÆRLIG TAKK rettes til seniorforsker Sissel Hansen og rådgiver Grete Lene Serikstad som har bidratt med mange verdifulle innspill.

EN STOR TAKK rettes til Statens landbruksforvaltning (SLF) for økonomisk støtte til prosjektet gjennom Nasjonalt utviklingsprogram for klimatiltak i jordbruket.

DET ER FOR tida stor faglig aktivitet rundt landbruk og klima, men i liten grad blir økologisk jordbruk undersøkt eller god økologisk drift vurdert som et løsningsalternativ. Dagens praksis i norsk økologisk landbruk tilsier trolig ikke at økologisk landbruk er *bedre* enn konvensjonelt landbruk, men tankesettet betyr at økologisk landbruk har et klimapotensial i tillegg til alle andre fordeler med driftsformen som mindre forurensning, ressurs- og energibruk, høyere biologisk mangfold og bedre dyrevelferd.

GJENNOM KOMPETANSEBYGGING OG politisk arbeid vil derfor Oikos nå og framover arbeide for et mer klimavennlig matproduksjonssystem og i særlig grad for et mest mulig klimavennlig økologisk landbruk.

Oslo, mars 2010

Reidar Andestad og Jon Magne Holten

Sammendrag

Slik klimagassutslipp regnes for tiden, anslås det at 13 % av alle menneskeskapte utslipp på verdensbasis kommer fra landbrukssektoren (primærproduksjonen). I tillegg kommer utslipp knyttet til produksjon og transport av kunstgjødsel og sprøytemidler (lagt til industri) og tap av karbon fra jord på grunn av endret arealbruk (ikke med i Kyoto-protokollens beregningsgrunnlag). Om vi også inkluderer utslipp knyttet til lagring, omsetning og prosessering, bidrar matproduksjonssystemet med rundt 30 % av de menneskeskapte klimagassutslipp.

Av Norges utslipp, som i 2008 var anslått til 53,8 millioner tonn CO_2-ekvivalenter, utgjør landbrukssektorens beregnede utslipp 8 %, hvorav metan og lystgass utgjør omtrent 50 % hver.

I FNs klimapanels 4. hovedrapport «Climate Change», som kom i 2007 (1), ble det lagt fram noen klare anbefalinger for hvordan et endret landbruk kan bidra til å minske klimagassutslippene fra primærproduksjonen:

- Forbedre vekstskifter og dyrkingssystem på gårds- og regionnivå
- Bedre fôrproduksjon og økt bruk av beite
- Fokus på å forbedre og opprettholde jordas fruktbarhet
- Gjenopprette fruktbarhet i utpint jord

Disse punktene er basis i en jordbruksproduksjon som drives i tråd med ideene som ligger til grunn for økologisk jordbruk. Det kan derfor antas at erfaringer med ulike økologiske driftssystem kan vise en mulig vei til utslippsreduksjoner fra landbruket generelt. Mye av det samme ble også foreslått som tiltak i Landbruks- og matdepartementets klimamelding «Klimautfordringene – landbruket en del av løsningen» (St. meld. 39, 2008–2009), men uten at økologisk jordbruk ble spesielt diskutert.

De siste års fokus på økt økologisk produksjon har ført til økt bevissthet om skadevirkningene av dagens kjemibaserte landbruk og en økende interesse for økologisk matproduksjon. Dette er bra. Samtidig er det en fare for at man glemmer at økologisk landbruk bare er i begynnelsen av sin utvikling. Skal økologiske driftsformer utvikles videre, noe som er viktig hvis det virkelig skal ha den tiltenkte spydpissfunksjonen når det gjelder å *«økologisere»* landbruket i sin helhet, må det legges til rette for en praksis og forskning som kan basere seg på «sunne økologiske prinsipper».

Det finnes generelt få studier som sammenlikner klimagassutslipp ved økologisk og konvensjonell drift, og til nå ingen norske. I tillegg vil individuelle forskjeller både i driftsopplegg og naturgitte forhold ha stor betydning for faktiske utslipp – både i konvensjonelle og økologiske driftssystemer. Det er derfor ikke mulig å gjøre beregninger for enkeltgårder og -produksjoner med større presisjon enn generelle vurderinger basert på sjablongmessige beregninger og gjennomsnittlige tall fra utenlandske forsøk.

I de undersøkelsene som tross alt er gjort, kommer økologisk jordbruk som regel bedre ut enn konvensjonelt når det gjelder miljømessige forhold som klimagassutslipp målt per arealenhet, utvasking av gift og næringssalter, biologisk mangfold og energibruk. Dette gjelder selv om mye av dagens økologiske jordbruk drives etter regelverkets minimumskrav. Forsøk som har inkludert forsøksledd med et driftsopplegg mer i samsvar med det økologiske jordbrukets idégrunnlag, har registrert de største forskjellene i favør av økologisk. Det synes derfor å være et potensial for ytterligere positive effekter hvis en større andel av økologiske gårder utvikler en drift som er mer i tråd med IFOAMs definisjon enn det tilfellet er i dagens praksis.

I denne rapporten vil økologisk bli brukt i to betydninger. *Dagens økologiske jordbruk* representerer et snitt av dagens praksis og befinner seg nærmere regelverkets minimumskrav enn den økologiske visjonen. *Framtidas økologiske jordbruk* representerer potensialet som synes mulig hvis kunnskap og virkemidler fremmer en utvikling mer i tråd med visjonen.

Fraværet av kunstgjødsel og sprøytemidler i økologisk jordbruk gir denne driftsformen et gunstig utgangspunkt med hensyn til klimagassutslipp. Videre er det velkjent at allsidig drift med gode vekstskifter, kløvereng i omløpet og et ikke altfor intensivt husdyrhold – alt viktig i økologisk drift – bidrar til å øke jordas karbonlager i form

av humus. Økt humusinnhold og forbedret jordstruktur, kombinert med lavere innhold av nitrogenforbindelser som nitrat og ammonium i jorda, vil i tillegg kunne redusere utslipp av lystgass fra jord. Avlings- og produksjonsnivå forventes å kunne øke både gjennom en generell forbedring av økologisk praksis og gjennom planteforedling og husdyravl som har fokus på bedre tilpassing til et økologisk produksjonssystem. God økologisk drift er et konsept som må basere seg på biologisk og økofunksjonell intensivering for å øke avlingsnivå. På denne måten vil akseptable avlingsnivå kunne oppnås uten de negative konsekvensene et kjemibasert jordbruk kan ha.

Dagens økologiske jordbruk har 20–40 % lavere avlingsnivå enn konvensjonelt, og dette gjør at utslippet av klimagasser ikke blir entydig lavere per produktenhet enn for konvensjonelle produkter, selv om utslippene beregnet per arealenhet gjennomgående er lavere.

Det er mange faktorer som må være med hvis totalutslipp per produsert enhet skal kunne bergenes. Estimater av utslipp fra primærproduksjonen har stor usikkerhet og variasjon. Dette er det viktig å være klar over når ulike produksjoner skal sammenliknes.

Å sette fokus på humusdannelse og god balanse i jordas biologiske prosesser, bør ha høy prioritet ved en videreutvikling av økologisk jordbruk. For å stimulere til en drift som ivaretar dette kan tilskuddene dreies fra arealbasert støtte til heller å støtte tiltak som bidrar til økt karbonbinding i jord. Også forskningsinnsatsen bør dreies i denne retningen.

Selv om økologisk jordbruk ikke har utviklet seg ut fra et mål om å redusere jordbrukets utslipp av klimagasser, synes det å kunne ha også dette som en positiv sideeffekt forutsatt at avlingsreduksjonen ikke er for stor:

- Ved ikke å bruke kunstgjødsel og sprøytemidler fjernes klimagassutslippene som kan relateres til produksjon og transport av disse innsatsfaktorene.
- Biologisk nitrogenfiksering via belgvekster, som sørger for nitrogen inn i økologiske systemer, produserer ikke lystgass. Økologisk jordbruk har også en generelt lavere nitrogentilførsel, og økobonden har et større incentiv til å ta vare på nitrogenet fordi dette er en knapp ressurs. Gode vekstskifter og integrering av plante- og husdyrproduksjon sørger for kretsløp av næringsstoffer, og dette kan bidra til å minske lystgassutslipp og annet nitrogentap fra jord.
- Gode vekstskifter med større andel av grønngjødselvekster, fangvekster, eng og husdyrgjødsel øker tilførselen av organisk materiale til jorda og bidrar til at mer karbon kan lagres i jord.
- Mer humus i jorda gir bedre fruktbarhet og jordstruktur.
- Bedre jordstruktur sørger for bedre infiltrasjonsevne og vannlagringskapasitet.
- God jordstruktur sikrer lufttilgang også ved nedbør, noe som bidrar til å minske lystgassutslipp.
- God infiltrasjonsevne kombinert med økt vannlagringskapasitet gir mindre vannmetning i våte år og mindre tørr jord i tørkeperioder. Dette bidrar til mer stabile avlinger og er viktig for å møte kommende klimaendringer.

Regjeringa har et mål om at 15 % av norsk landbruk skal drives økologisk innen 2020 og at økologisk landbruk skal ha en viktig spydspissfunksjon for å utvikle landbruket generelt i en mer miljøvennlig retning. For å nå denne målsettinga må det både stilles krav og gis insentiv, slik at det blir mulig å utvikle en økologisk gårdsdrift som ivaretar de økologiske prinsippene i størst mulig grad.

IFOAMs definisjon av «økologisk»

«Økologisk landbruk er et produksjonssystem som opprettholder sunne jordsmonn, bærekraftige økosystemer og folks helse. Dette systemet bygger på økologiske prosesser, biologisk mangfold og kretsløp tilpasset lokale forhold, istedenfor å være avhengig av innsatsfaktorer med uheldig effekt. Økologisk landbruk kombinerer tradisjon, innovasjon og vitenskap til gagn for vårt felles miljø og fremmer rettferdighet og god livskvalitet for alle.»

IFOAMs definisjon ble vedtatt i 2008.

1 INNLEDNING

Denne rapporten oppsummerer hovedtrekkene om jordbrukets utslipp av klimagasser, og fokuserer spesielt på effekter av økologisk drift og ulike metoder innen denne driftsformen. Resultat fra norske og utenlandske studier vil bli diskutert opp mot norske forhold og ulike økologiske driftsopplegg. Dette vil også avdekke kunnskapshull og dermed legge grunnlag for videre undersøkelser.

Dagens jordbruk står overfor en rekke utfordringer. Det skal produseres nok mat til en stadig voksende befolkning samtidig som klimaendringer fører til mer ekstremt vær over store deler av kloden, noe som samlet sett vil gjøre matproduksjon vanskelig i mange deler av verden. I tillegg er store deler av vår matproduksjon i dag avhengig av fossil energi til drivstoff (maskiner og transport), framstilling av kunstgjødsel og sprøytemidler, bearbeiding og emballasje. I tillegg kommer energiforbruket knyttet til utvinning, prosessering og transport av fosfat. De beste fosfatforekomstene er snart uttømt. Gjenværende forekomster har mindre andel og vanskeligere tilgjengelig fosfat, og videre utvinning vil bli stadig mer energi- og kostnadskrevende.

En rekke internasjonale rapporter slår fast at dagens matproduksjon er en stor trussel mot miljø og klima (1) (2) (3) (4). Men er det mulig å produsere nok mat og samtidig redusere jordbrukets klimagassutslipp? Dette er et presserende spørsmål i lys av både klima- og matvarekrisa verden nå står overfor.

Kjemiske innsatsfaktorer og sterk mekanisering har gitt økte avlinger og billigere mat, men mange steder til en høy pris for naturgrunnlaget. Rasering av biologisk mangfold, forurensning av våre vannressurser og tap av matjord på grunn av erosjon, er industrijordbrukets baksiде. Internasjonalt hersker det nå stor enighet om at vi må få til en matproduksjon som klarer *både* å mette verdens befolkning *og* å ivareta vårt livsgrunnlag.

Dette er en sentral erkjennelse i den store og tverrfaglige IAASTD-rapporten[1] som ble lagt fram i 2008 og som over 400 forskere og andre fagpersoner hadde jobbet intenst med i 4 år. Den har blitt kalt landbrukets parallell til FNs klimapanels fjerde hovedrapport. Direktøren for IAASTD, Robert Watson, hadde følgende konklusjon ved framlegging av rapporten:

«Business as usual er ikke et alternativ […] å fortsette med et ensidig fokus på avlingsnivå vil undergrave vår jordkapital og føre til at vi sitter igjen med en stadig mer ødelagt og økonomisk delt planet.»

[1] IAASTD: International Assessment of Agricultural Science and Technology for Development, se www.agassessment.org

IAASTD-rapporten framhever at vi må ta inn over oss at landbruket har en multifunksjonell rolle, noe som betyr at det ikke bare skal gi oss produkter som mat, fôr og fiber, men også er avgjørende for sosial sikkerhet, ivaretakelse av landskapsverdier, biodiversitet og grunnleggende naturressurser. Den understreker også at sult er et svært komplekst problem og at økt produktivitet ikke automatisk fører til at flere får nok mat.

I Landbruks- og matdepartementets klimamelding, «Klimautfordringene – landbruket en del av løsningen» (St. meld. 39, 2008–2009), pekes det på flere tiltak som kan redusere klimagassutslippene. Selv om flere av de klimatiltakene meldinga trekker fram, nettopp inngår i økologisk landbruks idégrunnlag, ble ikke bærekraftig økologisk drift framhevet som et tiltak. Meldinga varslet da heller ingen gjennomgripende endringer for hvordan norsk jordbruk skal drives i framtida.

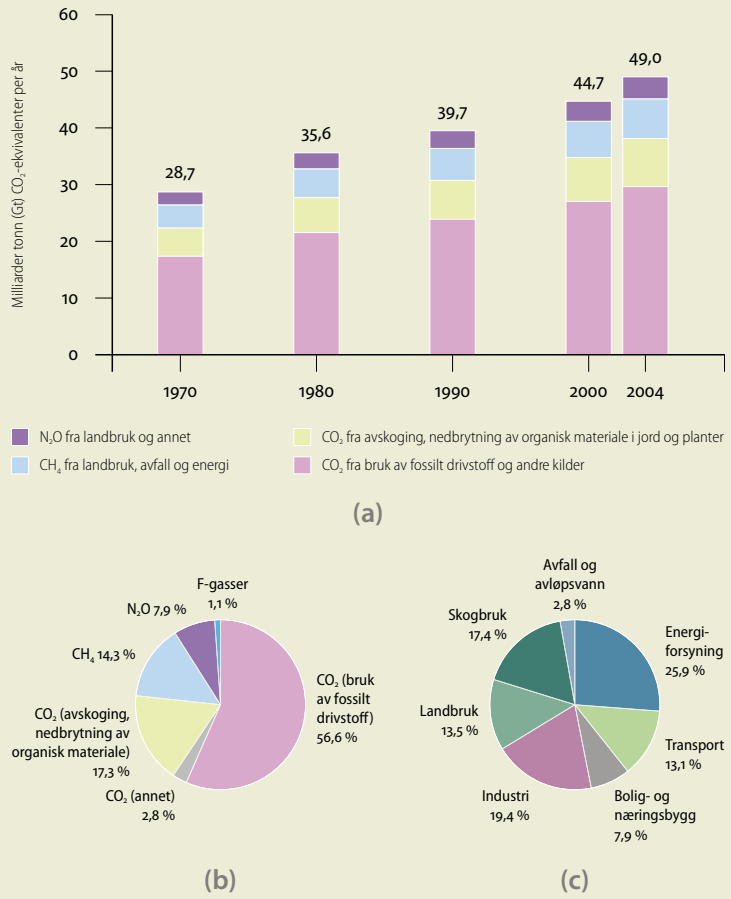
I Norge – og andre rike land – er det lett å glemme at jordbruket er den næringa vi er aller mest avhengige av. Lett å glemme fordi stadig færre er involvert i produksjonen og fordi vi importerer en betydelig del av maten vår. Med dagens landbruk, hvor høye avlinger er basert på kjemiske innsatsfaktorer og kunstig vanning, er det også lett å glemme at all matproduksjon til syvende og sist er avhengig av vårt naturgrunnlag, velfungerende økosystem og biologiske prosesser.

Disse momentene er viktige å nevne innledningsvis i denne utredningen om økologisk jordbruk og klima fordi vi også må huske på denne helheten når utslipp av klimagasser skal beregnes og vurderes for ulike typer produksjoner og driftsformer. Vi ønsker å understreke viktigheten av systemtenkning og en helhetlig vurdering av klimagassreduserende enkelttiltak.

2 JORDBRUKSRELATERTE KLIMAGASSUTSLIPP, GLOBALT OG NASJONALT

Slik menneskeskapte klimagassutslipp regnes i dag, anslås det at 13 % av utslippene på verdensbasis kommer fra landbrukssektoren (primærproduksjonen). I tillegg har utslipp knyttet til produksjon og transport av kunstgjødsel og sprøytemidler (lagt til industri) og tap av karbon fra jord på grunn av endret arealbruk (ikke med i beregningsgrunnlaget) en klar tilknytning til matproduksjonen. Om vi også inkluderer utslipp knyttet til lagring av produkter, omsetning og prosessering, kan det anslås at matproduksjonssystemet bidrar med rundt 30 % av alle klimagassutslipp (5) .

I klimasammenheng er det mye fokus på CO_2, men når vi snakker om klimagasser fra jordbruket, bidrar også lystgass (N_2O) og metan (CH_4) i betydelig grad. Både lystgass og metan dannes i både biologiske og industri-



FIGUR 1 Klimagassutslipp globalt

(a) Globale årlige utslipp av menneskeskapte klimagasser fra 1970 til 2004
(b) Andel av de ulike menneskeskapte klimagassene i forhold til totale globale utslipp i 2004, i form av CO_2-ekvivalenter
(c) Sektorenes andel av totale menneskeskapte globale utslipp i 2004, i form av CO_2-ekvivalenter

Skogbruk inkluderer avskoging.
KILDE: FNs klimapanels fjerde hovedrapport
Figuren er omsatt fra engelsk av Conception.

«Climate Change 2007»

Da IPCC la fram sin siste rapport «Climate Change 2007» ble det grundig dokumentert at menneskelig aktivitet bidrar betydelig til de målte økningene av ulike klimagasser i atmosfæren. Disse økningene fører til klimaendringer og spørsmålet nå er hvor raskt og hvor kraftig dette vil skje. Siden 2007 har økningene av CO_2 – den viktigste klimagassen – fortsatt å øke i stadig større tempo. Hele 45 % av det karbondioksidet som menneskelig aktivitet har sluppet ut siden 1959, er tatt opp av havet og vegetasjonen. Det betyr at hvis – eller når – denne bufferkapasiteten avtar, vil økningen akselerere eller fortsette som før selv om utslippene faktisk reduseres. Andre biogeokjemiske tilbakekoplingsmekanismer forventes også å bidra til en økning av klimagassutslippene.

De siste 650 000 år før begynnelsen på den industrielle revolusjon (rundt 1750), har atmosfærens CO_2-innhold variert mellom 180 og 300 ppm. I før-industriell tid har en økning aldri oversteget 30 ppm i løpet av 1000 år, mens det nå bare har tatt 15 år å øke konsentrasjonen fra 355 til dagens 385 ppm (Forster et al. 2007). (1)

TABELL 1 Hva er CO_2-ekvivalenter?

Menneskeskapte utslipp av CO_2 er hovedsakelig knyttet til forbrenning av fossilt brensel, men blir også dannet ved ulike kjemiske prosesser i industrien.

Metan dannes særlig ved nedbryting av biologisk avfall på fyllinger og ved husdyrproduksjon i landbruket. Husdyrgjødsel, bruk og produksjon av kunstgjødsel forårsaker det meste av N_2O-utslippet her i landet.

GWP-verdien (Global Warming Potential) for en gass defineres som den akkumulerte påvirkning på drivhuseffekten fra ett tonn utslipp av gassen sammenlignet med ett tonn utslipp av CO_2 over et spesifisert tidsrom.Ved hjelp av GWP-verdiene blir utslippene av klimagasser veid sammen til CO_2-ekvivalenter. Under vises GWP-verdiene for klimagassene som Kyotoprotokollen omfatter, på 100 år.

Gass	GWP-verdi
Karbondioksid (CO_2)	1
Metan (CH_4)	21
Lystgass (N_2O)	310

elle prosesser. Det er anslått at landbruket står for rundt halvparten av utslippene av begge disse gassene. Begge er sterke drivhusgasser, og har i et 100-årsperspektiv henholdsvis 300 og 20 ganger kraftigere drivhusvirkning enn CO_2 (Global Warming Potential – GWP, se egen boks om beregning av CO_2-ekvivalenter).

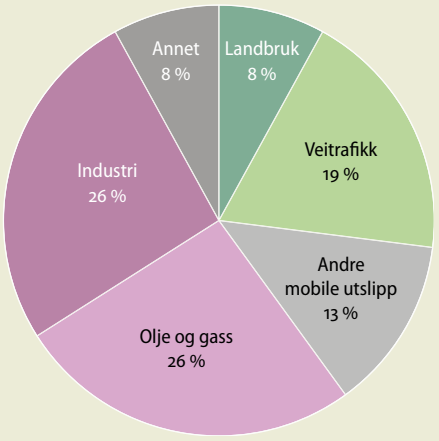
Av Norges utslipp, som i 2008 var anslått til 53,8 millioner tonn CO_2-ekvivalenter, utgjorde landbrukssektorens utslipp ca. 4,4 millioner tonn CO_2-ekvivalenter. Metanutslipp fra husdyrhold ble estimert til 2,1 millioner tonn, mens lystgassutslipp fra jord og gjødsel ble beregnet til 2,2 millioner tonn CO_2-ekvivalenter. I disse beregningene

FIGUR 2 Klimagassutslipp i Norge

I tillegg til et lystgassutslipp på 1,5 kg CO_2-ekvivalenter per kg N (med ny teknologi i Norge), har kunstgjødselproduksjonen et utslipp av karbondioksid på rundt 3 kg CO_2-ekvivalenter. Dette stammer fra gass som brukes i hydrogenproduksjonen, og energibruken for samlet produksjonsprosess (45 MJ per kg N). Samlet klimagassutslipp blir da ca. 4,5 kg CO_2-ekvivalenter per kg nitrogen. (Produksjonen av kunstgjødsel-N som brukes i Norge krever en energimengde på 5400 TJ. Dette tilsvarer over halvparten av energimengden som er i den norskproduserte maten som kommer i butikken.)

I Norge brukes det i dag 120 000 tonn kunstgjødsel-N per år, noe som i snitt betyr 12 kg N per dekar fulldyrka areal. Produksjonen av det kunstgjødsel-N som brukes i Norge, bidrar dermed til et utslipp av 540 000 tonn CO_2-ekv. Dette er klimagassutslipp som legges inn under industrisektoren, men som egentlig bør legges til statistikken for landbruket.

Utregninger basert på tall fra Statistisk sentralbyrå og Yara.
Figuren er gjengitt fra (Statistisk sentralbyrå, 2009) (6).



Norske klimagassutslipp beregnet for ulike sektorer

er karbonbalansen i jord ikke tatt med og utslipp knyttet til produksjon og transport av ulike innsatsfaktorer er lagt til andre sektorer som industri og transport. Utslipp knyttet til importerte innsatsfaktorer tas ikke med i den offentlige statistikken for Norges utslipp.

2.1 Metan

I før-industriell tid har atmosfærens innhold av metan ligget mellom 320 og 790 ppb (parts per billion, 10^{-9}), mens konsentrasjonen i dag er på hele 1775 ppb. Nivået av metan ser ut til å ha stabilisert seg de siste 20 år.

Metan dannes ved nedbrytning av organisk materiale under anaerobe forhold. I landbruket dannes metan i rismarker, under anaerob lagring av husdyrgjødsel og i drøvtyggeres fordøyelse.

Metanutslippene i Norge var i 2007 på 210 000 tonn, hvorav 104 000 tonn stammer fra landbruket, noe som tilsvarer 2,1 millioner tonn CO_2-ekvivalenter. Det er anslått at rundt 14 % av dette (15 000 tonn metan) kommer fra anaerob lagring av husdyrgjødsel (alle dyr), mens 86 % (89 000 tonn metan) kommer fra husdyras fordøyelse, primært fra drøvtyggere (7). For å kunne fordøye gras har drøvtyggere hjelp av mikroorganismer i vomma. I den anaerobe gjæringsprosessen som skjer der, blir omtrent 6 % av energien i graset omdannet til metan. Disse utslippene er derfor uunngåelige hvis vi skal kunne omvandle gras og annet grovfôr til mat (melk og kjøtt). Selv om metanproduksjonen i vomma kan påvirkes litt gjennom ulike fôringstiltak vil de totale metanutslippene fra drøvtyggere avhenge av antall dyr. Biogassproduksjon basert på husdyrgjødsel er foreslått som utslippsreduserende tiltak i LMDs klimamelding. Her anslås det at sektorens utslipp kan reduseres med 0,5 millioner tonn CO_2-ekvivalenter hvis 30 % av all husdyrgjødsel (kombinert med matavfall og/eller annet organisk avfall) blir brukt i biogassanlegg. Utslipp fra mer aerob lagring av husdyrgjødsel er ikke vurdert og det finnes få målinger og kunnskap om dette.

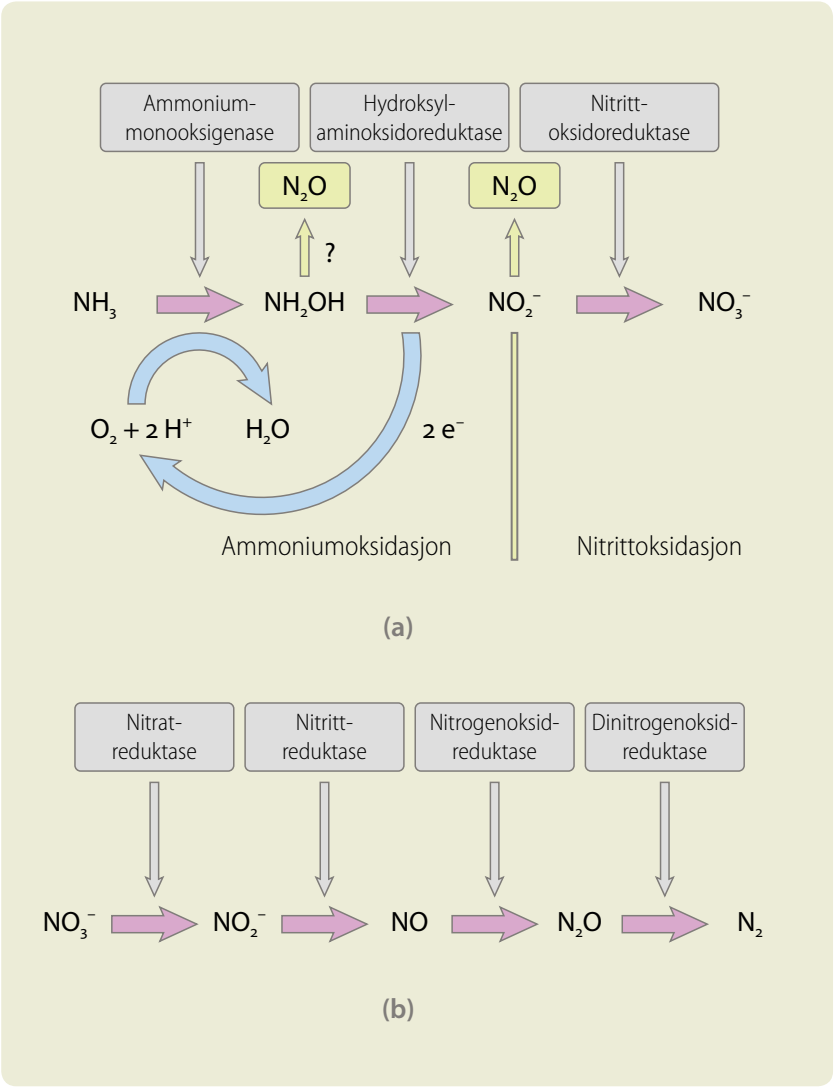
2.2 Lystgass

Det er ikke mye lystgass i atmosfæren, men fordi den som klimagass virker omtrent 300 ganger så sterkt som CO_2, får den likevel betydning. I før-industriell tid lå konsentrasjonen relativt stabilt rundt 270 ppb. I 2005 var nivået steget til 319 ppb (1). *Lystgass dannes når ulike nitrogenforbindelser omdannes, både i industrielle og biologiske prosesser.*

Produksjon og bruk av kunstgjødsel utgjør hovedkilden. Lystgassutslipp målt som CO_2-ekvivalenter, som direkte kan knyttes til global produksjon og bruk av kunstgjødsel, var for 2007 beregnet til 800–1000 millioner tonn, dvs. 1–2 % av verdens totale klimagassutslipp. I 1960 var disse utslippene på mindre enn 100 millioner tonn (8).

2.2.1 Lystgass fra jord

Utslippene av lystgass som regnes inn under landbruksektoren dannes under mikrobiell omdanning av reaktivt nitrogen i jord. Disse biologiske prosessene skjer i alle økosystem når det er tilgang på biologisk aktive nitrogenforbindelser (som nitrat og ammonium), lett nedbrytbare karbonforbindelser og lavt nivå av oksygen.



FIGUR 3 Lystgassdannelse i jord

Reaksjoner og enzymer som er involvert i lystgassdannelsen ved *nitrifikasjon* (a) og *denitrifikasjon* (b) i jord og andre økosystemer.
(a) **Nitrifikasjon:** Skisse for involverte reaksjoner og enzymer
(b) **Denitrifikasjon:** Skisse for involverte reaksjoner og enzymer

Kilde: Wrage, 2001 (9)
Figuren er omsatt fra engelsk av Conception.

Denitrifikasjon – som er betegnelsen på den samlede reduksjonen av nitritt og nitrat til lystgass og molekylært N_2 regnes som hovedkilden til lystgassdannelse. Men også den mikrobielle oksidasjonen av ammonium til nitrat (nitrifikasjon) har en viss betydning (9). Dette er naturlige og nødvendige prosesser i alle økosystem. Ved helt anaerobe forhold går denitrifikasjonens reduksjonsprosesser helt til molekylært nitrogen (N_2). Molekylært nitrogen er ikke-reaktivt og klimanøytralt. Forholdet mellom lystgass og nitrogengass avhenger i tillegg av mikrobiell sammensetning i jorda og jordas pH. Mer lystgass dannes i surere jord.

Sammen med et lavt innhold av ammonium og nitrat i jorda, er en god jordstruktur som sikrer gjennomluftet jord viktig for å redusere lystgassdannelse. Jordas oksygennivå henger nøye sammen med jordas struktur og vanninnhold. Pakket og dårlig drenert jord får lett anaerobe forhold ved regn og dermed økt fare for lystgassutslipp.

Beregninger av lystgassutslipp fra jord er svært usikre og basert på grove forenklinger. For beregninger av norske lystgassutslipp har så langt IPCCs standardfaktor fra 1997 blitt brukt. I henhold til denne beregnes det at 1,25 % av all nitrogen som tilføres jord i form av kunstgjødsel, biologisk N-fiksering, husdyrgjødsel og avlingsrester, tapes i form av lystgass (N_2O-N). Ved hjelp av IPCCs standardfaktor (1997) estimeres i tillegg lystgassutslipp fra nedbrytning av organisk materiale i jord, fra husdyrgjødsellager, utvasket nitrogen og nitrogen tapt som ammoniakk ved spredning av husdyrgjødsel.

Basert på denne beregningsmodellen er det anslått at bruken av kunstgjødsel i Norge fører til et lystgassutslipp fra jorda på 650 000 tonn CO_2-ekvivalenter (kilde: SSB). Overskudd av nitrogen, både fra husdyrgjødsel og kunstgjødsel, er videre estimert til å avgi lystgass tilsvarende ca. 300 000 tonn CO_2-ekvivalenter. Utslipp av lystgass fra produksjonen av kunstgjødsel er ikke med i disse beregningene. I forsøk er det imidlertid målt lystgassutslipp fra jord fra tilnærmet 0 % og helt opp mot 6 % av tilført nitrogen (10) (11) (12). Det må bemerkes at det hefter stor usikkerhet også til de målte verdiene. Noen er målt gjennom en kort periode like etter gjødsling, mens andre målinger er gjort gjennom hele vekstsesongen. Noen få studier gir summert utslipp målt gjennom et helt år. Videre viser målinger at det også er stor romlig variasjon i det samme feltet.

Generelt gjelder at det til nå er gjort få målinger av lystgasstap under ulike forhold i Norge, enten det gjelder konvensjonell eller økologisk drift.

2.2.2 Lystgass fra kunstgjødselproduksjon

I 2007 ble de totale utslippene av lystgass i Norge anslått til 13 700 tonn, noe som tilsvarer 4,2 millioner tonn CO_2-ekvivalenter. Av disse ble halvparten antatt å komme fra landbrukssektoren. Den andre halvparten regnes som industriutslipp, men hele 1,4 av disse 2,1 millioner tonn kom fra Yaras kunstgjødselproduksjon ved norske anlegg. Selv om det meste av Yaras norskproduserte kunstgjødsel går til utlandet, må utslippene kunne sies å være landbruksrelaterte.

I 2008 tok Yara i bruk ny teknologi på alle sine anlegg i Norge og reduserte dermed lystgassutslippene med 0,5 millioner tonn CO_2-ekvivalenter i forhold til 2007. Dette bidro vesentlig til at industrisektorens utslipp gikk ned med 3,7 % (13). Med Yaras nye lystgassreduserende teknologi er deres lystgassutslipp nå rundt 1,5 kg CO_2-ekvivalenter per kg nitrogen, mens Kinas kunstgjødselproduksjon, som baseres på gammel teknologi, slipper ut lystgass tilsvarende 5–6 kg CO_2-ekvivalenter per kg nitrogen.

2.3 CO_2 fra landbruket

Slik jordbrukssektorens utslipp beregnes i dag, er karbondioksidutslipp ikke med. Selv om utslippene er relatert til landbruket, legges de til sektorer som industri og transport. I tillegg til lystgass har kunstgjødselproduksjonen også et CO_2-utslipp, både direkte og indirekte gjennom bruk av gass som innsatsfaktor og på grunn av høyt energiforbruk (ca. 3–4 kg CO_2-ekvivalenter per kg N). I tillegg kommer noe CO_2-utslipp i forbindelse med transport og produksjon av sprøytemidler (14), energikrevende utvinning, rensing og transport av fosfat (15) og det direkte energiforbruket på gården (drivstoff, oppvarming, kjøling osv.). Mye CO_2 frigis også når organisk materiale i jord brytes ned ved ensidig åkerdrift. En allsidig drift som inkluderer eng og beite, gode vekstskifter og skånsom jordarbeiding kan derimot bidra til økt binding av CO_2 i jorda. Oppdyrking av myr gir betydelige karbondioksidutslipp, spesielt ved åkerdrift. Over en periode på 30 år er slike utslipp estimert til hele 3 000 tonn CO_2-ekvivalenter per dekar og år (16).

Karbonbalanse i jord er så langt ikke med i Kyotoprotokollens beregningsgrunnlag for nasjonale utslipp. Men LMDs klimamelding trekker likevel fram økt karbonlagring i jord som et viktig utslippsreduserende tiltak innenfor jord- og skogbruk.

At CO_2-utslipp fra jord og vegetasjon er betydelige i global sammenheng kommer fram i IPCCs beregninger. Bruk av fossile energikilder, pluss et mindre bidrag fra sementproduksjon, står for ca. 75 % av menneskeskapt CO_2-økning i atmosfæren. Resten stammer fra jord og vegetasjon på grunn av endringer i arealbruk, i hovedsak fra brenning av skog og nedbrytning av organisk materiale i jord.

Siden mye av avskogingen skjer for å skaffe ny beite- og jordbruksjord, og nedbrytning av organisk materiale i jord skyldes nydyrking eller endret jordbruspraksis, kan det meste av disse utslippene relateres til landbruket, det vil si hele 20 % av de globale CO_2-utslipp. Slike jordbruksrelaterte CO_2-utslipp er ulikt fordelt:

I Europa og Nord-Amerika stammer så og si alle CO_2-utslipp fra fossile energikilder, mens kun en liten andel kan knyttes til endret arealbruk.

I Sør-Amerika er de arealbruksrelaterte utslippene imidlertid dobbelt så store som de fossil-relaterte, mens det i Asia er omtrent dobbelt så mye energi- som arealrelaterte utslipp (17).

TABELL 2 Fordeling av karbon

Globalt er det mer karbon lagret i jord enn det som til sammen befinner seg i biomasse på landjorda (terrestrisk biomasse) og som CO_2 i atmosfæren.

I Skandinavia er en stor andel av jordas karbonlager å finne i myr- og skogsjord. Drenering og oppdyrking av myrjord fører til at det organiske materialet brytes ned og store mengder CO_2 frigis. Å stoppe nydyrking av myr tas med som et viktig tiltak i LMDs klimamelding.

Global fordeling av karbon	**10^9 tonn C (milliarder tonn; Gt)**
Karbon lagret i jord	1500–2500
Karbon som CO_2 i atmosfæren	750
Karbon i terrestrisk biomasse	600
Karbonlagre i norsk jord	**10^6 tonn C (millioner tonn; Mt)**
Skog (9,6 Mha)	1330
Myr (3,2 Mha)	941
Dyrka mark (1Mha)	90 (bare i øvre 20 cm)

Det meste av karbonet er lagret i havet, i alt 38 000 Gt C. Innholdet av karbon i gjenværende lagre av fossilt brensel er anslått til 3500–6000 Gt C (Bioforsk Rapport, 2008) (16) og (Landbruks- og matdepartementet (LMD), 2009) (18).

I jordbruksforskningen har det vært lite fokus på hvordan karboninnholdet kan påvirkes gjennom ulike tiltak, men det er enighet om at grasmark i større grad enn åpen åker opprettholder jordas humusinnhold. I Bioforsk-rapporten *Kunnskapsstatus for utslipp og binding av karbon fra jordbruksjord* (16) heter det at «det er grunn til å vente fortsatt nedgang (i humusinnholdet) som følge av åkerdyrking dersom det ikke settes i verk tiltak for å begrense nedgangen. Nedmolding av halm og bruk av husdyrgjødsel kan ventes å redusere nedgangen, men ikke stanse den helt. Ved overgang til varig eng eller sterkt redusert jordarbeiding vil trenden trolig kunne snus.»

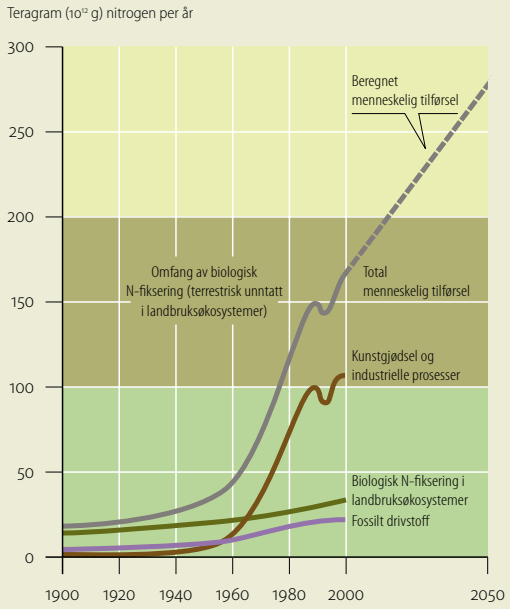
Langvarige norske forsøk har vist at med minst en tredjedel eng i vekstomløpet og noe husdyr, motvirkes et årlig tap på rundt 30 kg C per dekar. Med større andel eng økte innbinding/minsket tapet ytterligere (19).

3 DET REAKTIVE NITROGENETS INNVIRKNING PÅ MILJØ OG KLIMA

«Nitrogen is essential to mankind, but it has both its merits and flaws. It enables us to produce enough food to feed the world's population, but at the same time it has damaging effects on the environment because of the inefficient way it is used.» Jan Willem Erisman, leder av COST Action 729 og ESF-NinE.[2]

Selv om vår atmosfære består av hele 78 % nitrogen, er biologisk nyttbart nitrogen en begrenset ressurs i naturlige økosystemer. For at luftas nitrogengass skal kunne bli tilgjengelig for levende organismer må det omdannes til reaktive forbindelser. I naturen er det bare noen typer mikroorganismer som har evne til slik biologisk nitrogenfiksering (for eksempel *Rhizobium* i symbiose med belgvekster og frittlevende cyanobakterier), og som dermed kan omdanne luftas svært stabile di-nitrogen (N_2) til ammonium, en reaktiv form. I tillegg dannes små mengder reaktive nitrogenforbindelser ved lyn.

Den industrielle framstillingen av nitrat og ammonium, som startet rundt 1900 (Norsk Hydro dannet i 1905), har økt tilførselen av reaktivt nitrogen til jordas økosystem dramatisk. Mengden nitrogen som årlig tilføres i form av kunstgjødsel, overstiger nå naturens biologiske nitrogentilførsel (se Figur 4). Den lette tilgangen til nitrogen i jordbruket har gitt store økninger i matproduksjonen, men samtidig hatt en rekke negative miljøkonsekvenser. Problemet med reaktivt nitrogen er at ett og samme nitrogenmolekyl kan inngå i en rekke reaksjoner som gir en kaskade av effekter. Dette gjør nitrogenproblemet mer komplekst enn andre forurensningsproblem (20) (21).



FIGUR 4 Reaktivt nitrogen tilført av menneskelig aktivitet

Årlig tilfører nå menneskelig aktivitet like mye reaktivt nitrogen som det biologisk N-fiksering gjør i verdens terrestriske (landbaserte) økosystemer. Kunstgjødselbruk står for det meste av denne tilførselen og har økt dramatisk siden 1960.

KILDE: Millennium Ecosystem Assessment og UNEP/GRID-Arendal. Reactive nitrogen on earth by human activity, with projection to 2050. UNEP/GRID-Arendal Maps and Graphics Library, 2005: http://maps.grida.no/go/graphic/reactive-nitrogen-on-earth-by-human-activity-with-projection-to-2050
Figuren er omsatt fra engelsk av Conception.

Globalt tilføres i dag rundt 100 millioner tonn kunstgjødsel-N årlig (10x mer enn i 1960), og kun 17 % av dette ble i 2005 gjenfunnet i jordbruksproduktene. Fra 1960 til 2000 har N-effektiviteten i verdens kornproduksjon sunket fra 80 til 30 % (8). Alt overskuddsnitrogenet tilføres jord, luft og vann på ulike måter, og bidrar betydelig til dagens miljøproblemer, klimagassutslipp inkludert.

Tap av nitrat og fosfor fra landbruket har ført til betydelig forurensning av ulike vannøkosystemer. Lokalt, også i Norge, er mange små og større innsjøer og vassdrag sterkt eutrofiert, og algeoppblomstring i havet kan også tilskrives store tilførsler av reaktivt nitrogen og fosfor. Halvparten av næringsstoffutslippene som har ført til omfattende havbunnsdød i Østersjøen stammer fra jordbruket i landene rundt. I Egersund-området mener forskerne at nitrogennivået i innsjøer kan være opptil ti ganger så

[2] Cost Action 729: «Assessing and Managing Nitrogen Fluxes in the Atmosphere-Biosphere System in Europe», se www.cost729.org (og) ESF-NiNE: «European Science Foundation Programme: Nitrogen in Europe (NinE): Current Problems and Future Solutions», se www.nine-esf.org

høyt som det var før den industrielle revolusjon (22). I skogøkosystemene kan nitrogentilførselen føre til bedre vekst, men også tap av arter (23) (24).

I dag står biologisk nitrogenfiksering for en liten andel av nitrogentilførselen i jordbruket (se Figur 4), men i økologisk jordbruk er det strengt tatt bare denne prosessen som kan bringe nytt reaktivt nitrogen inn i systemet. Med en økende andel økologisk jordbruk må også andelen av biologisk N-fiksering øke – matproduksjon uten tilførsel av nitrogen er ikke mulig. Men det er viktig å huske at uansett hvor det reaktive nitrogenet kommer fra, vil det inngå i de samme reaksjoner i økosystemene og dermed kunne representere en miljøbelastning hvis det oppstår store lokale overskudd. Potensialet for biologisk nitrogenfiksering i jordbruket er stort, og beregninger viser at det globalt kan produseres nok mat med nitrogen tilført på denne måten, forutsatt at N-effektiviteten bedres i jordbrukssystemet (større andel av tilført nitrogen gjenfinnes i jordbruksproduktene) (25).

Målet må være å produsere mest mulig mat med minst mulig behov for tilførsel av nytt nitrogen. Resirkulering av nitrogen i driftssystemet må være et mål. Siden de største tapene skjer i spesialisert og intensiv husdyrproduksjon, vil både driftsform og mengde animalske produkter som etterspørres virke inn på landbrukets totale nitrogenbelastning. Dermed blir spørsmålet om hvordan nitrogenets negative konsekvenser kan minskes også et spørsmål om kosthold og produksjonsstrukturen i jordbruket.

En nylig gjennomført studie i Sverige, fant at økologiske gårder hadde til dels betydelig lavere nitrogenoverskudd enn konvensjonelle. Studien ble gjort med tall fra reelle gårder, innsamlet i prosjektet «Greppa Näringen». I studien ble 276 økologiske gårder sammenliknet med 3319 konvensjonelle. Gårdene ble inndelt i tre grupper: plante-, melke- og kjøttproduksjon. I gjennomsnitt hadde de økologiske gårdene henholdsvis 17, 38 og 35 % lavere nitrogenoverskudd enn de tilsvarende konvensjonelle produksjonene. For husdyrgårdene fant de en generell tendens til at større dyretetthet økte nitrogenoverskuddet, men dette var også i betydelig grad koplet til hvor mye kraftfôr som ble innkjøpt. Konklusjonen i studien var at en sterkere kopling mellom planteproduksjon og dyrehold, samt en større grad av selvforsyning av fôr bidrar til å minske nitrogenoverskuddet (26).

I Norge foreligger ikke like omfattende data, men basert på driftsgranskningene fra Norsk institutt for landbruksøkonomisk forskning (NILF) er det gjort en foreløpig beregning av handelsbalanser av nitrogen på gårdsnivå for gårder med melkeproduksjon i typiske grovfôrdistrikt i Norge. Disse beregningene tyder på at det er en lav nitrogeneffektivitet i norsk melkeproduksjon (27). Nitrogen-overskuddene som er beregnet for melkeproduksjonsbruk på Jæren er i størrelsesorden 26 kg N per dekar. Vestlandet har et beregnet overskudd på rundt 18, mens resten av landet ligger på rundt 15 kg N per dekar. Det jobbes med å få mer nøyaktige data over nitrogen som er kjøpt inn i form av kraftfôr og kunstgjødsel. Beregningene vil da bli oppdatert (Sissel Hansen, pers. komm.).

4 HVA ER ØKOLOGISK LANDBRUK? VISJON OG PRAKSIS

Målsetting: *«Økologisk landbruk er et produksjonssystem som opprettholder sunne jordsmonn, bærekraftige økosystemer og folks helse. Dette systemet bygger på økologiske prosesser, biologisk mangfold og kretsløp tilpasset lokale forhold, istedenfor å være avhengig av innsatsfaktorer med uheldig effekt. Økologisk landbruk kombinerer tradisjon, innovasjon og vitenskap til gagn for vårt felles miljø og fremmer rettferdighet og god livskvalitet for alle.» (IFOAM 2008)*

For senere å kunne drøfte forskjeller mellom økologisk og konvensjonell produksjon, skal det økologiske jordbrukets perspektiv og mål her beskrives nærmere.

4.1 Visjonen

IFOAM (International Federation of Organic Agriculture Movements), den internasjonale paraplyorganisasjonen for økologiske produsenter, bedrifter og forbrukere, formulerte og vedtok i 2005 fire grunnleggende prinsipper som økologisk landbruk skal vokse og utvikle seg fra:

Økologiprinsippet: Økologisk landbruk skal bygge på levende økologiske systemer og kretsløp, arbeide med dem, etterligne dem og hjelpe til å bevare dem.

Helseprinsippet: Økologisk landbruk skal opprettholde og fremme helsa til jord og planter, dyr, mennesker og jordkloden som en udelelig helhet.

Rettferdighetsprinsippet: Økologisk landbruk skal bygge på relasjoner som sikrer rettferdighet når det gjelder vårt felles miljø og mulighet for livsutfoldelse.

Varsomhetsprinsippet: Økologisk landbruk skal drives på en ansvarlig og varsom måte for å ta vare på miljøet og beskytte helse og velvære for nåværende og framtidige generasjoner.

Kretsløp av næringsstoffer og god evne til å opprettholde en balanse mellom systemets organismer, kjennetegner et stabilt økosystem. I naturen går dette av seg selv, men i jordbruket avhenger resultatet av jordbrukerens innsikt. Det krever kunnskap om sammenhengene mellom ulike prosesser i jord, planter og dyr – økologisk

jordbruk er en kunnskapsintensiv driftsform hvor målet er å utvikle gården til et velfungerende økosystem. For å lykkes i dette, trengs i tillegg til forskningsbasert kunnskap også praktisk erfaring, årvåken iakttakelse og tradisjonell kunnskap. På gårdsnivå handler det om å skape et bærekraftig økosystem hvor næringsstoffer i størst mulig grad resirkuleres og hvor innkjøp av ulike innsatsfaktorer holdes så lavt som mulig. I et bærekraftig kretsløpsjordbruk er det også viktig å pleie kulturlandskapet slik at biologisk mangfold og kulturelle kvaliteter blir ivaretatt.

For å være mest mulig i tråd med målsettingen må det økologiske jordbruket i Norge i større grad enn i dag baseres på:

- Mer grovfôrbasert melk- og storfekjøttproduksjon
- En dyretetthet i samsvar med fôrproduksjon og spredeareal
- Mer utstrakt bruk av beite, også i utmark
- Mer mangfoldige vekstskifter
- God agronomi basert på kunnskap om de biologiske prosessene i agroøkosystemet og fokus på humusdannelse og varig jordfruktbarhet
- Vektlegging av jordbrukets multifunksjonelle rolle, blant annet gjennom tiltak som kan bidra til økt biologisk mangfold og et mer variert kulturlandskap
- Lokal foredling og utvikling av levedyktige lokalsamfunn. Større nærhet mellom produsent og forbruker
- Større kunnskap hos forbrukere slik at kostholdet endres i en mer bærekraftig retning

Hvilken rolle kan økologisk landbruk spille i ei øko-funksjonell intensivering av matforsyningen?

Verden kommer til å trenge mer mat i framtida, men det er ulike måter denne produksjonsøkningen kan skje på. Økte og mer stabile avlinger i økologisk jordbruk kan oppnås gjennom en hensiktsmessig «øko-funksjonell intensivering», dvs. mer effektiv bruk av naturressursene, bedre metoder for næringsstoffkretsløp og agroøkologiske metoder for å øke mangfoldet og helsa til matjord, planter og husdyr.

Intensivering i konvensjonelt landbruk er i hovedsak forstått som større innsats av innkjøpt næringsstoff og sprøytemidler per arealenhet. Det betyr også mer energibruk (direkte til traktor/redskap og indirekte til innsatsmidler). Dessuten er det fokus på hvordan den genetiske variasjonen til planter og dyr kan utnyttes bedre. For å gjøre det blir alle mulige foredlingsteknikker brukt, inkludert genetisk modifisering.

Øko-funksjonell intensivering betyr i første rekke å anvende mer kunnskap og ha en større organiseringsgrad per arealenhet. Det er å intensivere nytteeffektene av økosystemtjenestene som inkluderer biologisk mangfold, jordfruktbarhet og likevekt. Det er å benytte seg av de selvregulerende mekanismene til organismene og biologiske eller økologiske systemer på en svært intensiv måte. Næringsstoffkretsløp blir sluttet for å minimere tap (f.eks. kompost og husdyrgjødsel). Det er å sørge for best mulig samsvar mellom variasjonen i miljø og den genetiske variasjonen til jordbruksvekstene. Det betyr også å øke husdyrvelferden med bedret dyrehelse og produktivitet som resultat. Det er å bruke mer arbeidskraft per arealenhet, i hovedsak profesjonell arbeidskraft av høy kvalitet. Kunnskap er hovedtrekket til øko-funksjonell intensivering.

KILDE: IFOAM EU group & ISOFAR (2008). *Technology Platform «Organics» – Vision for an Organic Food and Farming Research for 2025*, www.tporganics.eu

4.2 Alle ønsker vel et bærekraftig landbruk?

Etter hvert som de negative miljøeffektene av industrijordbruket har blitt åpenbare, ønsker man å utvikle også dette i en mindre miljøbelastende retning. En slik målsetting synes ytre sett å sammenfalle med målene for økologisk jordbruk, men ved nærmere ettersyn ser man at løsningene søkes ut fra ulike verdisystem/på ulikt grunnlag (28).

Det er en vesentlig forskjell mellom å basere utviklingen av et bærekraftig jordbruk på kunnskap om biologiske prosesser og økosystemtenkning, og det å basere seg på agroindustrielle og teknologiske løsninger. Innenfor konvensjonelt jordbruk sees for eksempel teknologiske løsninger som GPS-basert presisjonsgjødsling og -sprøyting, presisjonsfôring med (syntetiske) fôrmidler for å få mindre metanutslipp per produktenhet og/eller satsing på genmodifisering for å minske bruken av sprøytemidler og øke avlingsnivået, som aktuelle veier til mer bærekraftig matproduksjon.

Hvis et bærekraftig økologisk jordbruk skal fungere må det basere seg på kunnskap om økologiske sammenhenger, bruk av lokale ressurser, føre-var-prinsippet og biologisk mangfold på mange nivå i agroøkosystemet.

4.3 Er det samsvar mellom visjon og praksis?

De siste års fokus på økt økologisk produksjon har ført til økt bevissthet om skadevirkningene av kjemibasert landbruk og en økende interesse for økologisk matproduksjon. Dette er bra. Samtidig er det en fare for at man glemmer at økologisk landbruk bare er i begynnelsen av sin utvikling. Skal økologiske driftsformer utvikles videre, noe som er viktig hvis det virkelig skal ha den tiltenkte spydpissfunksjonen når det gjelder å «økologisere» landbruket i sin helhet, må det legges

til rette for en praksis og forskning som kan basere seg på visjonens «sunne økologiske prinsipper».

Selv om økologisk drift – som nettopp skal variere slik at den er tilpasset ulike lokale betingelser (klima, jordsmonn, bondens kunnskap og interesser med mer) – ikke kan fanges i et sett med regler, er regelverket for økologisk produksjon viktig. Det sikrer en minimumsstandard og er høyst nødvendig så lenge økologisk matproduksjon må skje innenfor et samfunnssystem som springer ut av et annet perspektiv. Men det er viktig å understreke at god økologisk agronomi ikke oppnås ved å følge dagens EU-regler for økologisk jordbruk alene.

Lønnsomhetskrav og jordbrukspolitiske rammevilkår virker inn på gårdens produksjon, og når produktene skal ut i markedet blir det ofte enda tydeligere at det økologiske må tilpasse seg gjeldende strukturer og dermed lett ender opp i «uøkologiske løsninger», for eksempel lang transport og bruk av mye emballasje. Tendensen til større gårder, mer intensive produksjoner og mer teknisk rasjonell drift er ikke minst tydelig innenfor økologisk produksjon. Dette trenger ikke være negativt, men gjør det enda mer utfordrende å ha en økologisk drift i tråd med det økologiske jordbrukets idégrunnlag. Bruk av melkerobot fører for eksempel til at det blir mindre bruk av beiteareal som ligger litt vekk fra fjøset.

FIGUR 5 Sammenlikning av miljøpåvirkning

Miljøbelastningen fra både konvensjonelt og økologisk jordbruk kan variere i betydelig grad. Figuren illustrerer at selv om økologisk i gjennomsnitt har en mindre negativ innvirkning på miljøet enn gjennomsnittet for konvensjonelt, kan det også finnes eksempler på at det er dårligere. Økologisk drift basert på kunnskap og innsikt om kretsløp og biologiske prosesser antas imidlertid å ha et større potensial enn konvensjonell drift for å oppnå ytterligere forbedringer.

«I motsetning til det mange mener, er jeg sikker på at økologiske jordbruksmetoder ikke kan fanges i et rigid sett av regler,» sa Lady Eve Balfour – en viktig inspirator og aktør ved opprettelsen av britiske *Soil Association* i 1946 – i et IFOAM-foredrag i 1977. De som grunnla den norske sertifiseringsordningen «Debio» i 1986, så også faren for en slik sammenblanding da de sa at *«et regelverk for økologi i prinsippet er uøkologisk»*.

Det er viktig å huske at for å lykkes med et bærekraftig kretsløpsjordbruk på naturens premisser, er det kunnskap og holdninger det kommer an på, både hos produsenter, forbrukere, rådgivere, forskere og politikere. Samtidig som gjeldende regelverk og økonomiske rammevilkår skal gjøre økologisk matproduksjon mulig, må det også være i endring slik at man stadig kan komme nærmere en virkeliggjøring av det økologiske perspektivet.

Når økologisk landbruk skal diskuteres må man være klar over at forskjellen mellom to gårders driftsopplegg kan være stor. Mye av det økologiske jordbruket som drives i dag, ligger nær regelverkets minimumskrav. En konvensjonelt drevet gård legges som regel om i etapper, og det er i regelverket gitt rom for parallellproduksjon. Slik produksjon er imidlertid ikke tidsbegrenset. I et økonomisk presset jordbruk er selvsagt lønnsomhet viktig, og med de regler og støtteordninger som finnes i dag er det for eksempel lønnsomt å kombinere konvensjonelt fjørfehold med økologisk korndyrking.

Andre, særlig de som har drevet økologisk en stund, har gjerne hele gården omlagt. De har funnet fram til vekstskifter og et husdyrhold som fungerer både økologisk og økonomisk (godt nok) på sin gård. Og så er det et lite mindretall som høster mer tilskudd enn avling. Selv om disse er få, gjør de likevel stor skade for det økologiske landbrukets omdømme.

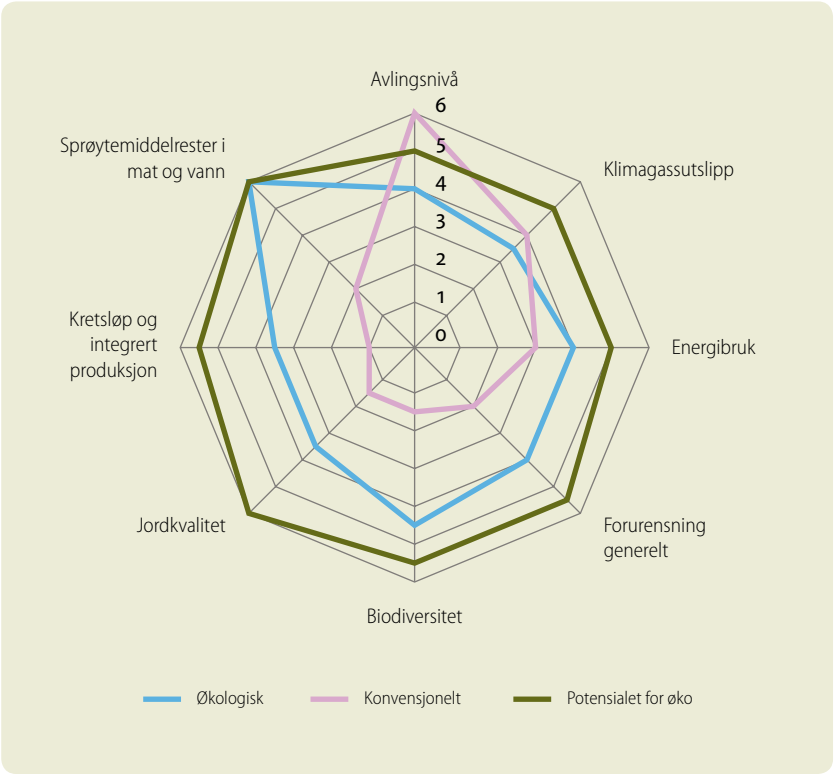
Det er viktig å være klar over denne variasjonen i dagens praksis og at det kan være en stor forskjell mellom «økologisk jordbruk» (dagens praksis) og «økologisk jordbruk» (framtidig potensiale) når man diskuterer ulike sider av – økologisk jordbruk.

I gjennomsnitt kommer dagens økologiske praksis noe bedre ut enn konvensjonelt når det gjelder miljømessige forhold som klimagassutslipp målt per arealenhet, utvasking av gift og næringssalter, biologisk mangfold og energibruk (29) (30) (31). *Ytterligere forbedringer kan imidlertid oppnås hvis økologisk praksis får utvikle seg mer i tråd med økologiske prinsipper.*

5 OM Å SAMMENLIKNE ØKOLOGISK OG KONVENSJONELT JORDBRUK

Det finnes få studier som sammenlikner totale klimagassutslipp fra økologisk og konvensjonell drift. Det er også viktig å huske at individuelle forskjeller både i driftsopplegg og naturgitte forhold vil ha stor betydning for faktiske utslipp – både i konvensjonelle og økologiske driftssystemer.

Når det skal vurderes om økologisk jordbruk kan bidra til en reduksjon av jordbrukets klimagassutslipp, ligger det i kortene at «økologisk» må sammenliknes med «konvensjonell» praksis. Slike sammenlikninger er umulige uten



FIGUR 6 Sammenlikning av driftssystemer

Det konvensjonelle industrijordbrukets fokus på avlingsnivå har gitt mange negative effekter på ulike miljøfaktorer. Omvendt har økologisk landbruks fokus på å utvikle et mindre miljøbelastende jordbruk lavere avlingsnivå som en negativ konsekvens i vår del av verden. Det kan være ulike synspunkt på hva som er viktigst å vektlegge – og de fleste vil nok si «ja takk, begge deler». Med en videreutvikling av økologisk jordbruk med vektlegging av næringskretsløp og lokale ressurser, intensivering av biologiske prosesser og økosystemfunksjoner, kan det forventes at både avlingsnivå og miljørelaterte faktorer kan forbedres.

Etter Niggli, fra foredrag under European Organic Congress, 2007 (32).

å definere nærmere hva vi mener. Ut fra definisjon og regelverk for «økologisk» følger at konvensjonelt jordbruk er alt som ikke er godkjent som økologisk. Her kan alt fra det lille familiebruket som i praksis driver etter økologiske prinsipper, til det intensive, spesialiserte industrijordbruket, inngå.

I denne rapporten vil begrepet «konvensjonelt» bli brukt om produksjoner som gjennom å bruke kunstgjødsel og kjemiske sprøytemidler, spesialisering og effektivisering, har høy produksjon og kostnadseffektivitet som overordnet mål.

Ved gjennomgang av ulike sammenliknende studier kan man se to tendenser: Enten er forsøksleddet «økologisk» lagt veldig nær regelverket, mens konvensjonelt representerer en god gjennomsnittspraksis, kanskje til og med «beste praksis». Slike forsøk er ofte utført ved tradisjonelle landbruksvitenskapelige institusjoner. Studier som er utført ved forskningsinstitutt med fokus på å utvikle økologisk jordbruk, viser den andre tendensen. Her er det ofte flere økologiske forsøksledd hvor ulike driftsopplegg blir undersøkt. Disse er gjerne det som antas å være «beste praksis» i denne driftsformen. Det konvensjonelle forsøksleddet representerer her som regel en typisk konvensjonell drift.

I denne rapporten vil økologisk bli brukt i to betydninger. «Dagens økologiske jordbruk» representerer et snitt av dagens praksis og befinner seg nok nærmere regelverkets minimumskrav enn den økologiske visjonen. «Framtidas økologiske jordbruk» representerer potensialet som synes mulig hvis kunnskap og virkemidler fremmer en utvikling i tråd med visjonen.

Resultat fra «økologiske» forskningsinstitusjoner gir ofte et bilde av «framtidas økologiske jordbruk» (potensialet), mens forskning gjort i tradisjonelle landbruksvitenskapelige miljø mer representerer «dagens økologiske jordbruk». Et gjennomsnitt av dagens praksis fås også ved sammenlignende studier av et større antall gårder. Slike praksisstudier mangler i Norge.

Satt litt på spissen blir en sammenlikning av økologisk og konvensjonelt jordbruk som å sammenlikne epler og pærer. I stedet for å diskutere om det ene er bedre enn det andre bør det erkjennes at driftsformene baserer seg på ulike verdivalg. Begge driftsformer har potensial for forbedringer og mange agronomiske tiltak som tar sikte på å redusere klimagassutslipp og andre negative effekter, vil virke positivt i begge driftssystem.

5.1 Produkt- vs. arealbaserte klimagassberegninger

Primærproduksjonens utslipp av klimagasser kan beregnes på to ulike måter: enten som utslipp per arealenhet eller som utslipp per produktenhet produsert på et gitt areal. Når det gjelder klimagassutslipp er det totalen knyttet til hele matproduksjonskjeden som er avgjørende, men når det gjelder næringstap til vannmiljø er også mengde forurensning i omkringliggende områder (nedbørsfeltet) av betydning.

Arealbaserte beregninger kan være best egnet for å vurdere miljøbelastning av næringsstoffutvasking og sprøytemidler, eller effekten driften har på gårdens og omliggende naturs biodiversitet. Så lenge klimagassutslipp og energibruk beregnes per arealenhet kommer økologisk drift som regel betydelig bedre ut enn konvensjonell (28) (33) (34).

Forskjellen blir mindre eller forsvinner når beregningene gjøres ut fra produsert enhet, noen ganger i disfavør av økologisk vare. Dette skyldes blant annet den avlingsnedgangen man ofte får ved økologisk drift i vår del av verden. Hvor stor denne nedgangen er, varierer imidlertid mye, både mellom produkt og gårder/forsøk (se Tabell 5, pkt. 6.4) (35). Et viktig klimatiltak vil derfor være å øke avlingsnivået i økologisk drift, forutsatt at det kan oppnås uten å gå på bekostning av det økologiske jordbrukets prinsipper (se 4.1).

Men også hvilke systemgrenser man setter for slike sammenlikninger vil ha stor betydning for resultatet.

5.2 Litt om livssyklusanalyser (LCA) og klimamerking av mat

Siden maten vår står bak nesten en tredjedel av våre klimagassutslipp, blir det gjort forsøk på å beregne den enkelte matvares bidrag. Tanken er god – med slik informasjon kan vi forbrukere bevisstgjøres og få mulighet til å handle «klimasmart mat». Men utfordringene og fallgruvene for slike beregninger er mange.

Dagens matproduksjon er utrolig kompleks, også om vi bare holder oss til produksjonen fram til gårdsgrind er det mange faktorer som må med når produktets totalutslipp skal beregnes. Utslipp forbundet med energibruk, produksjon og transport av innsatsvarer som gjødsel og kraftfôr, er faktorer som må med. I tillegg kommer alle utslipp knyttet til produksjonsprosessene på gården, som lystgassutslipp fra jord, metan fra husdyr og karbonbalansen i jord. Det knytter seg stor usikkerhet til beregninger av slike utslipp.

For eksempel er det stor variasjon i hvordan produksjonssystem og lokale forhold innvirker på jordas karbonbalanse, så dette er som regel utelatt. Skal utslipp beregnet per produsert enhet ha en verdi, må imidlertid alle utslipp knyttet til produksjonen tas med, både fra de biologiske prosessene som skjer på gården (metan, lystgass og karbondioksid fra jord) og det som kan knyttes til innkjøpte innsatsfaktorer som kraftfôr, kunstgjødsel og drivstoff. Hvis alle faktorer er med når utslipp per produsert enhet beregnes, blir det også enklere å oppdage når løsningen på et utslippsproblem skaper et nytt («pollution swapping») (36).

Å inkludere alt blir imidlertid en tilnærmet umulig oppgave, derfor må man ta et valg for hva som skal med i beregningsgrunnlaget og hva som skal utelates. Valg av ulike systemgrenser, kombinert med ulike forhold i produksjonssystem, fra land- og regionnivå helt inn til gårdsnivå, gjør det vanskelig å sammenlikne tallene som foreligger.

Dette prosjektet har valgt å ikke gå nærmere inn på beregninger av utslipp i et livssykluserspektiv. Men rapporten *«Klimamerking av mat – er det mulig?»* som ble utgitt av Vestlandsforskning høsten 2009 (37) la fram en oversikt over mange studier som er gjort på dette området. Deres gjennomgang er basert på mange svenske, samt noen danske, tyske, nederlandske og engelske studier, men veldig få norske siden slike ikke foreligger. I sin rapport påpeker de at det bare i liten grad er mulig å overføre tall fra andre land til norske forhold.

De følgende sitat er hentet fra sammendraget i Vestlandsforsknings rapport og er en oppsummering av viktige konklusjoner:

«Det er i dag umulig å angi klimagassutslippene som knytter seg til enkeltmatvarer slik de foreligger enten i handelen, i husholdningen eller på serveringssteder i Norge. Det samme gjelder å angi utslippene som knytter seg til enkeltprodukt ved 'gardsgrind' (altså i det varene forlater gårdsbruket), selv om problematikken her er litt enklere.

[– – –]

Vesentlige forhold ligger helt utenfor systemgrensene til et flertall av prosessanalysene som til nå er gjennomført.

De to viktigste er trolig:

Klimagassutslipp ved produksjon av *kapitalvarer* (for eksempel traktorer, driftsbygninger, lastebiler og fabrikker) til forskjell fra *innsatsvarer* (for eksempel kunstgjødsel og diesel, som normalt regnes med). En britisk studie der kapitalvarene *ble* inkludert, viste for eksempel at utslippene ved produksjon av salat økte radikalt når en inkluderte utslippene ved produksjon av drivhus.

Utveksling av karbon mellom jord og luft (dvs. netto binding eller frigivelse av karbon), som ytterst sjelden tas med. Mens én svensk studie oppgir klimagassutslippene ved produksjon av gulrøtter til 36 gram per kg gulrot, anslår en annen svensk kilde at dette øker til 660 gram om gulrøttene dyrkes i myrjord, hvilket ofte er tilfellet i Norden.

Det siste momentet leder over til et siste universelt problem, nemlig at det er stor faglig uenighet – eller usikkerhet – om de klimagassutslippene som skyldes utveksling av CO_2 så vel som metan og lystgass mellom jord, organismer og luft. Nesten alle prosessanalyser av storfekjøtt kommer eksempelvis fram til tall som taler for at dette produktet troner helt i toppen blant matvarer når det gjelder utslipp per kg og kcal – noen drivhusgrønnsaker og enkelte slag fisk kanskje unntatt. Til dette innvender imidlertid andre forskere at drøvtyggerkjøtt gir små eller t.o.m. negative netto klimagassutslipp, fordi det skjer en betydelig netto karbonbinding under eng- og beiteareal

(til forskjell fra åkerareal). Omfanget av denne karbonbindinga er nokså usikker – og lite studert i Norge.

Perspektivet kullkastes imidlertid nok en gang dersom en antar at alternativet til eng ikke er kornareal, men skog som hadde bundet enda mer karbon. *En kan komme til radikalt forskjellige resultat ved å velge hvilke studier en vil tro på og hvilke randbetingelser en vil legge til grunn.*

Mye av de samme problemene gjelder om man sammenlikner mellom økologisk og konvensjonell produksjon. Det er gjort en rekke sammenliknende prosessanalyser av klimagassutslipp ved økologisk og konvensjonell produksjon av like varer i samme område. Den ene driftsmåten 'vinner' omtrent like ofte som den andre. Som oftest er imidlertid netto binding eller motsatt av karbon i jorda utelatt også fra disse studiene, og utslipp av lystgass bare sjablongmessig anslått. Det er i virkeligheten sterk faglig diskusjon – med høy temperatur – om hvordan økologisk drift virker inn både på karbonbinding og lystgassutslipp. Også i disse diskusjonene kan resultatet endres ved å bytte ut ett sett av randbetingelser med et annet, der det er mulig å framføre gode begrunnelser både for det ene og det andre settet.» (Vår utheving).

I vår rapport fokuseres det på hvordan ulike forhold i økologisk drift kan innvirke på lystgassproduksjon, karbonbalanse i jord og metanutslipp fra husdyr. Dette gjøres på bakgrunn av generell kunnskap om de biologiske prosessene, og på bakgrunn av det tallmaterialet som foreligger fra ulike gårdsstudier og feltforsøk (igjen i liten grad norske tall).

En kraftig reduksjon i vårt forbruk av kjøtt, bruk av fossil energi til oppvarming av drivhus og flytransport for å gi oss tilgang til ferske sukkererter, jordbær og asparges hele året, er tiltak som vil monne når det gjelder å redusere matens klimaavtrykk. I dette perspektivet blir eventuelle forskjeller mellom driftsformer små. Og det må bemerkes at «økologiske» flyfraktede jordbær fra oljeoppvarmet drivhus burde være en umulighet. Dessverre ligger ingen slike restriksjoner inne i dagens regelverk.

6 KAN ØKOLOGISK JORDBRUK REDUSERE KLIMAGASSUTSLIPP?

Fraværet av kunstgjødsel og kjemiske sprøytemidler i økologisk jordbruk gir denne driftsformen et gunstig utgangspunkt med hensyn til klimagassutslipp. Videre er det velkjent at allsidig drift med gode vekstskifter, kløvereng i omløpet og et ikke altfor intensivt husdyrhold, bidrar til å øke jordas karbonlager i form av humus. Dette er forhold som vil inngå i et økologisk jordbruk hvis det drives i tråd med IFOAMs definisjon og prinsipper. I en slik økologisk drift vil økt humusinnhold og forbedret jordstruktur, kombinert med lavere innhold av nitrogenforbindelser som nitrat og ammonium, også kunne redusere utslipp av lystgass fra jord. Avlings- og produksjonsnivå forventes å kunne øke både gjennom en generell forbedring av økologisk praksis og gjennom planteforedling og husdyravl som har fokus på bedre tilpassing til et økologisk produksjonssystem.

Norsk forskning på økologisk jordbruk har hittil ikke hatt noe spesielt fokus på hvordan ulike tiltak i økologisk drift innvirker på gårdens og primærproduksjonens klimagassutslipp. En potensiell reduksjon vil avhenge av samspill mellom gjødslingspraksis, humusdannelse og jordstruktur. Totalt avlingsnivå i omløpet vil også virke inn på utslipp når det måles per produktenhet.

Siden det i Norge foreløpig ikke har blitt foretatt noen omfattende studier av hvordan netto klimagassutslipp fra jord, gjødsellagring og ulike husdyrproduksjoner varierer og påvirkes i ulike driftssystem, må potensiell reduksjon vurderes ut fra studier og tall fra andre land. Dette må så sammenholdes med det som finnes av relevante data fra norsk landbruksforskning og generell kunnskap om jord- og plantebiologi.

6.1 Utslippsendringer knyttet til nitrogen

Beregninger av lystgassutslipp fra jord er svært usikre, og med det datagrunnlaget vi har i dag er det ikke mulig å gi sikre estimater på utslipp fra jord, uansett driftsform. Men vi kan anta at god økologisk drift vil kunne redusere lystgassutslippene gjennom å bidra med en positiv samspilleffekt:

Både ved å ha lavere nivå av fritt nitrogen i jorda og ved en god jordstruktur som opprettholder god lufttilgang. Organisk materiale i form av humus bidrar til dette.

6.1.1 Redusert N-overskudd på gården gir mindre lystgass

Fraværet av kunstgjødsel i økologisk jordbruk gjør at reaktivt N oftest er en knapp og svært verdifull ressurs i økologisk jordbruk. Det blir da viktig å ha driftssystemer som på best mulig måte bevarer nitrogenet i systemet. I det store langtidsforsøket som ble startet ved *Forschungsinstitut für Biologischen Landbau* (FiBL) i Sveits i 1978 og som fortsatt er i gang, er det vist at de økologiske driftssystemene er langt mer næringseffektive enn der hvor kunstgjødsel inngår (38). Til tross for opptil 50 % reduksjon i tilførselen av nitrogen, fosfor og kalium ble ikke den gjennomsnittlige avlingsreduksjonen i de økologiske systemene på mer enn 20 %. Reduksjonen var minst i eng og størst for potet.

Husdyrproduksjoner representerer den største nitrogenbelastningen fra landbruket. I kontrast til nitrogenoverskuddene ved intensiv melkeproduksjon (se sist under pkt. 3) står et N-overskudd på 4 kg N per dekar fra en økologisk melkeproduksjonsgård som har høy grad av egenprodusert fôr og liten bruk av kraftfôr (10 %) (39). Beregninger av ulike næringsbalanser på denne økologiske modellgården, viste at det i tillegg var rom for ytterligere forbedringer. Spesielt var det interne tap ved høsting, lagring og fôring. Det må være et mål å sikre at mest mulig av nitrogenet i grovfôret tas opp av dyra. Dette forventes å bety mer for å bedre utnyttelsen av nitrogen enn forbedringer innen håndteringen av husdyrgjødsel (40).

Dagens økologiske melkeproduksjon varierer imidlertid mye i forhold til hvor mye av fôret som produseres på gården og hvor mye kraftfôr som benyttes. Som i melkeproduksjonen generelt er det også i økologisk en tendens til mer spesialisert melkeproduksjon og mer bruk av kraftfôr. Regelverket åpner for å bruke inntil 40 % kraftfôr, mens gjennomsnittet er rundt 30 % i norsk økologisk melkeproduksjon. I konvensjonell melkeproduksjon er gjennomsnittlig kraftfôrbruk nå ca. 40 %.

Hva et mer grovfôrbasert storfehold og mindre nitrogenoverskudd vil bety i form av reduserte lystgassutslipp kan bare anslås sjablongmessig og med stor usikkerhet. IPCC (2006) bruker en utslippsfaktor på 0,0075 kg N_2O-N fra hver kg utvasket N (0,75 %), men antas å variere fra 0,05 til 2,5 %. Det trengs også bedre datagrunnlag for å beregne nitrogenoverskudd i ulike husdyrhold. Om man imidlertid tar utgangspunkt i en reduksjon på 10 kg N per dekar og bruker utslippsfaktoren på 0,75 %, vil det bety en reduksjon på 35 kg CO_2-ekvivalenter per dekar (se også 6.3).

6.1.2 Lystgassutslipp ved bruk av husdyrgjødsel

Målinger av samlet lystgassutslipp over tid har vist at husdyrgjødsel og annen organisk gjødsel kan gi både mer og mindre lystgass enn bruk av kunstgjødsel. Foreløpige resultat fra feltforsøk i Danmark viser lavere lystgassutslipp per arealenhet i alle økologiske felt, men det blir ingen tydelig forskjell målt per kg produsert høsthvete (41).

I en annen studie fant man at mens total lystgassmengde var lik ved bruk av husdyrgjødsel og mineralgjødsel, var dannelsen av klimanøytral nitrogengass (N_2) betydelig høyere ved organisk gjødsling. Dette kan ha bidratt til lavere nitratutvasking fra det økologiske forsøksleddet (42). I så fall betyr det mindre N-belastning i økosystem utenfor gården, for eksempel mindre eutrofiering av vann, og også potensielt mindre lystgassutslipp fra dette nitrogenet.

Videre kan det synes som høyt ammoniumnivå i jorda kan gi større andel av lystgass i forhold til molekylært nitrogen, siden mer produseres ved nitrifikasjon enn ved denitrifikasjon (43). Hvordan dette virker inn ved bruk av ulike typer organisk gjødsel, som kan variere mye i forholdsvise mengder ammonium og nitrat (for eksempel storfegjødsel *vs* hønsegjødsel, eller kompost *vs* bløtgjødsel *vs* biorest), bør undersøkes nærmere. Foreløpige resultat fra pågående forsøk i Danmark viser en mindre produksjon av lystgass ved bruk av bløtgjødsel enn ved bruk av biorest (44).

6.1.3 Reduksjon av lystgassutslipp gjennom forbedret jordstruktur

Ellers er det flere målinger som viser at jordas struktur og lufttilgang har stor betydning for lystgassdannelse (11) (45). God aggregatstruktur i jorda, som dannes ved sammenkitting av mineralpartikler og stabile humusfraksjoner, sørger for bedre drenering og mer motstand mot jordpakking.

Dette kan bidra til å minske lystgassutslippene. I økologisk drift kan flere faktorer bidra til humusdannelse og bedre jordstruktur. Mer allsidige vekstskifter hvor gras og belgvekster inngår, samt gjødsling med husdyrgjødsel, tilfører mer organisk materiale til jorda. Her er det imidlertid store variasjoner og det er rom for utvikling av økologisk praksis med tanke på økt humusdannelse og optimering av jordstrukturen (se også 6.2).

6.1.4 Belgvekster og grønngjødsel – riktig bruk en utfordring

Siden belgvekster er det eneste som kan bringe «nytt» nitrogen inn i et økologisk system, må disse inngå som en viktig del av vekstskiftet i all økologisk drift. En kløverrik eng kan fiksere store mengder nitrogen. Under norske forhold er mengden beregnet til mellom 5 og 15 kg N per dekar (39), men mye tyder på at dette er en underestimering (46).

Tidligere ble det antatt at også biologisk nitrogenfiksering lakket lystgass i selve fikseringsprosessen. IPCCs beregningsmodell fra 1997, som helt til nå har vært brukt for beregning av norske lystgassutslipp, har hatt en standardfaktor for lystgassdannelse på 1,25 % også for biologisk fiksering av nitrogen.

Etter en grundig gjennomgang av studier hvor lystgassutslipp ved belgvekstdyrking ble undersøkt, fant man at dette ga en kraftig overestimering (47). I de siste retningslinjene fra IPCC (2006) er lystgassutslipp fra biologisk nitrogenfiksering derfor satt til null. Med en nitro-

gentilførsel basert på biologisk nitrogenfiksering, unngås dermed lystgassutslipp i forbindelse med dannelsen av reaktivt nitrogen. (Klimagassutslipp relatert til kunstgjødselproduksjon, se pkt. 2.2.2).

All tilførsel av nitrogen øker imidlertid potensialet for tap av nitrogen i form av lystgass. Dette gjelder også for biomasse fra belgvekster. IPCC sidestiller lystgassdannelse fra nitrogenet i slikt organisk materiale med annet nitrogen som tilføres jorda og bruker nå en utslippsfaktor på 1 % for alt nitrogen som tilføres jorda i form av kunstgjødsel, husdyrgjødsel, planterester og annet organisk materiale. I tillegg er det funnet at nylig fiksert nitrogen i liten grad avgis som lystgass (48). I en nordamerikansk studie ble det funnet lavere lystgassutslipp ved dyrking av erter enn ved dyrking av hvete, og ingen økning i et flerårig felt med gras og luserne sammenlignet med en ugjødslet kontroll uten belgvekster (49).

Så lenge gården (eller en nabogård i samdrift) har husdyr, inngår belgvekstene i grønnfôrblandinger og i kløverrik eng. Å få til gode vekstskifter, effektiv gjødsling og ugraskontroll ved husdyrløs åkerdrift, er imidlertid en stor utfordring. Belgvekster kan da inngå som underkultur eller i grønngjødselblandinger ved kornproduksjon. Å dyrke en kløver-graseng i ett år uten å høste grønnmassen, men la den ligge gjennom vinteren for så å pløye den ned om våren, er en ugunstig form for grønngjødsling. Dette gir dårlig utnyttelse av arealet (lav totalproduksjon i systemet) og kan gi nesten like store N-tap per dekar som konvensjonell drift (50). En slik form for grønngjødsling brukes lite i praksis.

Det er et stort behov for å utvikle bruken av grønngjødsel i et økologisk driftssystem med få eller ingen drøvtyggere. En god grønngjødselblanding skal ikke bare ha et innslag av belgvekster. Planter med kraftige rotsystem og ulike evner til å ta opp mineraler fra jorda bør også inngå.

Det må være et mål å finne grønngjødselblandinger som har størst mulig forhold mellom røtter og skudd. Det vil bidra til bedre jordstruktur og økt humusdannelse. Godt sammensatte grønngjødselblandinger kan brukes som fangvekster om høsten.

Mengden grønnmasse som blir liggende oppå jorda gjennom vinteren bør ikke være for stor, og det må ikke pløyes for dypt ned om våren. Nedpløying av mye nitrogenrik grønnmasse, kan gi noe mer lystgassdannelse enn annet organisk materiale, spesielt hvis det dannes delvis anaerobe forhold i jorda. En slik uheldig behandling av nitrogenrikt plantemateriale vil også øke faren for nitratutvasking og ammoniakktap, noe som igjen kan gi opphav til lystgass utenfor gården. Det kan likeså være et alternativ å dyrke en god grønngjødselblanding gjennom hele vekstsesongen hvis grønnmassen høstes og brukes sammen med annet organisk materiale i et biogassanlegg. Etter riktig etterbehandling/kompostering av bioresten, kan den ferdige komposten kunne bli et godt gjødslingsmiddel ved husdyrløs drift (stort forskningsbehov!).

6.2 Kan økologisk jordbruk binde mer karbon i jorda?

I følge IPCCs rådgivere utgjør økt karbonlagring i jord hele 89 % av jordbrukets potensial for å redusere klimagassutslipp (51). *Hvor mye som kan bindes, eller hvor mye nedbrytningen kan dempes, avhenger av driftssystem, klima og jordtype. I flere langtidsforsøk hvor økologiske driftsopplegg har blitt sammenliknet med konvensjonelle har de økologiske vist en positiv differanse på mellom 40 og 120 kg C per dekar og år (mindre nedbrytning og/eller økt binding).*

Lagring av karbon i jord trekkes også fram som et effektivt tiltak i Landbruks- og matdepartementets klimamelding (St. meld. 39, 2008–2009), men utover å stoppe nydyrking av myr, og legge om fra korndyrking til eng på bakkeplanerte arealer, foreslår meldinga ingen konkrete tiltak på gårdsnivå.

6.2.1 Tall fra rapporter og forsøk

Basert på data fra norsk og utenlandsk landbruksforskning anbefales det i Bioforsk-rapporten «Karbon i norsk landbruksjord» (16), økt bruk av flerårige vekster og vekster med dype røtter i vekstomløpet, mer ekstensiv drift og mer effektiv bruk av organiske jordforbedringsmidler, som strategier for å øke jordas karbonbinding. Alt dette inngår i et økologisk jordbruk hvis det drives i samsvar med økologiske prinsipper. Både Bioforsk-rapporten og beregninger gjort av Singh og Lal (52) viser at slike tiltak kan forhindre tap og /eller føre til binding av mellom 30 og 100 kg C per dekar og år i Norge.

Dette tilsvarer 110–366 kg CO_2-ekvivalenter per dekar og år. Alle disse tiltakene er viktige i et godt økologisk driftsopplegg, og disse estimerte verdiene er i samsvar med data fra utenlandske langtidsforsøk hvor økologiske og konvensjonelle driftsystem er sammenlignet (se Tabell 3) (29) (38) (53) (54) (55) (56).

Tiltakene er også i tråd med de forslagene til tiltak FNs klimapanel la fram i sin 4. hovedrapport (1):

- Forbedre vekstskifter og dyrkingssystem på gårds- og regionnivå
- Bedre fôrproduksjon og økt bruk av beite
- Fokus på å forbedre og opprettholde jordas fruktbarhet
- Gjenopprette fruktbarhet i utpint jord

Referanse	Forsøksledd	Karbonbinding (+) / –tap (–) kg ha^{-1} år^{-1}	Relativ avling i forsøksledd
DOK-forsøket, Sveits Mäder et al. (2002) Fliessbach et al. (2007) Startet 1978	Økologisk, kompostert husdyrgjødsel	42	83 %
	Økologisk, fersk husdyrgjødsel	–123	84 %
	Konvensjonell (mineral- og husdyrgjødsel)	–84	100 %
	Konvensjonell, kun mineralgjødsel	–207	99 %
SADP, USA (1994–2002) Teasdale et al. (2007)	Økologisk, redusert pløying	+819 til +1738	83 %
	Konvensjonell, ingen pløying	0	100 %
Rodale, USA (fra 1981) Hepperley et al. (2006) Pimentel et al. (2005)	Økologisk, husdyrgjødsel	+1218	97 %
	Økologisk, grønngjødsel	+857	92 %
	Konvensjonell	+217	100 %
FiBL, Sveits (fra 2002) Berner et al. (2008)	Økologisk, med pløying	0	100 %
	Økologisk, redusert jordarbeiding	+879	112 %
Scheyern Experimental Farm, Tyskland (fra 1990) Rühling et al. (2005)	Økologisk	+180	57 %
	Konvensjonell	–120	100 %

TABELL 3 Karbonbinding og -tap i jord

Resultat fra noen utenlandske langtidsforsøk som har sammenliknet karbonbinding og –tap i ulike jordbrukssystemer.

Det finnes så langt ingen oversikt over humus- og karbonstatus på norske økologiske gårder. Man vet dermed heller ikke hvordan dagens økologiske praksis innvirker på jordas karboninnhold. Tallmaterialet er også sparsomt for landbruksjord generelt. Det bør derfor foretas en kartlegging av humusstatus og jordstruktur på et større utvalg økologiske og konvensjonelle gårder. Utvalget bør representere en bredde både med hensyn til antall år det har vært drevet økologisk, type produksjoner og produksjonsintensitet. Videre er det stort behov for forskningsprosjekt som kan øke kunnskapen om hvordan ulike tiltak i økologisk jordbruk påvirker jordas biologiske prosesser og humusbyggende potensial (bruk av ulike gjødseltyper og mengder, sammensetninger av vekstskifte, jordarbeiding).

6.2.2 Betydningen av vekstskifte og tilførsel av organisk materiale

Så å si alt organisk materiale stammer fra fotosyntesen, også kull og olje. Det som finnes i jorda er siste trinn på karbonets vei i det åpne kretsløpet som begynner med plantens vekst. Ut fra dette kan det være nærliggende å tenke at økt planteproduksjon per arealenhet også vil gi økt innhold av organisk materiale i jorda. Dette er en grov forenkling, men brukes likevel som et argument for at bruk av kunstgjødsel – som beviselig gir store avlinger – gir mer organisk materiale i jord enn økologisk drift (57). Høytytende, intensive dyrkingssystem har imidlertid langt lavere innhold av organisk materiale enn tradisjonelle, integrerte dyrkingssystem. Sammenlignende studier av jord i ulike land i Europa viser at økologisk dyrka jord i snitt inneholder 25 % mer karbon enn ikke-økologisk jord til tross for at avlingsnivået er 25–30 % lavere (51). (NB! Det blir minst like galt å slutte at lave avlinger gir mer organisk materiale i jord!)

Det er komplekse sammenhenger mellom mange biologiske og fysisk/kjemiske forhold som fører til at balansen mellom karbon inn og ut av jorda forskyves i den ene eller andre retningen. Organisk materiale som tilføres via røtter ser for eksempel ut til å bevares lenger i jorda enn nedmoldete planterester (58). Forsøk har vist at røttene i en kløverrik eng har en god humusdannende evne, mens nedpløying av grønnmassen faktisk virker humusnedbrytende (59) (60).

Humusdannelse er også lettere i en jord med et visst leirinnhold enn i en mer sandholdig jord. I tillegg virker temperatur og nedbørsforhold inn.

Så lenge det ikke er snakk om poteter eller gulrøtter, glemmes lett plantenes rotproduksjon. Men det er nettopp røttene som står i et direkte og aktivt forhold til jorda.

Over halvparten av det karbonet en plante binder i fotosyntesen kan ende i røttene eller ut i jorda som roteksudater, rotceller og døde røtter. Forskjellige plantearter – og sorter – har også ulik evne til å ta opp mineraler fra jorda. De har også forskjellig rotvekst – noen har tette knipperøtter, andre en dyp pælerot. Å ha et mangfold av planter i både eng og åker vil dermed kunne ha mange positive virkninger:

- Bringe mineraler fra et stort jordvolum inn i gårdens kretsløp
- Ta opp og holde på overskudd av nitrogen
- Løsne pakket jord
- Bidra betydelig til humusdannelse

Når det er snakk om gode vekstskifter i økologisk landbruk bør det ikke bare dreie seg om hvor mye belgvekster som inngår, men heller hvordan et størst mulig mangfold av produksjonsvekster og ulike følgevekster (inkludert det som ofte kalles ugras) samlet kan bidra til humusdannelse og god jordstruktur. På dette feltet er det stor kunnskapsmangel og behov for utvikling.

6.2.3 Kompost er mer enn gjødsel

Mye tyder på at det er mulig å øke jordas humusinnhold utover det som anses som et naturlig likevektsnivå gjennom gode sammensetninger av vekstskifter og samplantinger, og en bevisst bruk av kompost. Potensialet ved bruk av kompost er lite undersøkt.

Bruk av aerobt lagret fastgjødsel synes å ha en positiv virkning i forhold til å bruke bløtgjødsel.

I langtidsforsøket i Sveits ved *FiBL* som ble startet i 1978, er det bare forsøksleddet med kompostert fastgjødsel som har fått påvist økt humusinnhold i jorda (54). I et langtidsforsøk ved *Rodale Institute* i USA er effekten av mineralgjødsel, bløtgjødsel og kompost undersøkt i et ti-årig forsøk. Mens mineralgjødsling førte til et årlig tap på 30 kg C per dekar, ga bruken av kompost en innlagring på hele 250 kg C per dekar per år (900 kg CO_2-ekvivalenter per dekar og år) (61). Langtidforsøk ved *Rothamsted* i England og *Askov* i Danmark har også vist at fast storfegjødsel har en bedre humusdannende evne enn bløtgjødsel fra både storfe og gris (62). En svært grundig rapport om karbon i jord fra engelske *Soil Association* (51) trekker fram en rekke andre eksempler og påpeker at både grisegylle og hønsegjødsel mineraliseres raskere (har mindre humusdannende evne) enn fastgjødsel fra storfe, grønngjødsel og kompost. I Norge (og Danmark) er det økende bruk av bløtgjødsel, svinegylle og hønsegjødsel i økologisk jordbruk. Det kan derfor forventes at den positive effekten økologisk drift kan ha på jordas humusinnhold, er mindre eller uteblir i deler av dagens økologiske jordbruk. Den store andelen av bløtgjødsel i norsk økologisk storfehold har flere årsaker. Ombygde fjøs og gjødsellagre er tilpasset bløtgjødsel og er vanskelig å gjøre om ved omlegging fra konvensjonell til økologisk melkeproduksjon. Men det er også en realitet at mange norske melkekyr – også økologiske – ikke lenger produserer «fastgjødsel». Kraftigere fôring for å øke avdråtten resulterer i at husdyrgjødsla får en flytende konsistens som uansett vil gjøre skilt lagring og kompostering av fastgjødsel umulig.

Høykvalitetskompost kan lages fra mye organisk materiale, og bør ha et stort potensial som gjødsel og jordforbedringsmiddel i et bærekraftig jordbruk. Vi trenger imidlertid mye utprøving for å finne ut hvordan ulike råmaterialer (plantemateriale, fastgjødsel, biorest, matavfall) skal behandles for å få en best mulig kompost. Kvaliteten av komposten må bedømmes ut fra flere kriterier enn mengde lett tilgjengelige næringsstoffer. Humusdannende egenskaper og langtidsvirkning i jord må vektlegges (63).

Et godt eksempel på hvor effektivt kompost kan være for å øke innholdet av karbon og bedre jordas egenskaper, finnes i ørkenen utenfor Kairo i Egypt. I 2007 ble karboninnholdet i jorda undersøkt på fem biodynamiske gårder/dyrkingsfelt. De hadde blitt dyrket med kompost som gjødselkilde i fra 30 til under ett år. Komposten var

Forsøket i Sveits ved FiBL

Bruk av kompostert husdyrgjødsel øker jordas humusinnhold, og dermed bedres jordstrukturen. Bildene viser ulike grad av tilslemming etter kraftig regn.

Jorda i bildet til venstre er tilført økologisk kompost, mens jorda i bildet til høyre er gjødslet med kunstgjødsel.

KILDE: FiBL, Sveits. Foto: Thomas Alföldi

basert på storfegjødsel, kløverrikt materiale og annet planteavfall. Selv i sandjord i et varmt og tørt klima, viste det seg at over en 30-års periode hadde karboninnholdet årlig økt med 90 kg C per dekar. De første 4–5 årene var økningen sterkest – hele 270–380 kg C per dekar og år. Etter 30 års drift inneholdt det øverste jordlaget 1–1,5 % organisk karbon, mens ørkenjorda utenfor gården var nede i 0,06 % (64).

Å sette fokus på humusdannelse og god balanse i jordas biologiske prosesser, bør ha høy prioritet ved videreutvikling av økologisk jordbruk. For å stimulere til en drift som ivaretar dette kan tilskuddene dreies fra arealbasert støtte til heller å støtte tiltak som bidrar til økt karbonbinding i jord. Også forskningsinnsatsen bør dreies i denne retningen.

6.3 Blir det mer metan fra flere husdyr i et økologisk jordbruk?

Det økologiske konseptet er basert på integrert plante- og husdyrproduksjon med lav dyretetthet. Når melk og kjøtt i størst mulig grad baseres på grovfôr vil en større andel av primærproduksjonen kunne brukes direkte til menneskemat.

Det er ikke gitt at en slik økologisk matproduksjon vil føre til større utslipp av klimagasser og lavere selvforsyningsgrad i Norge. En økologisk produksjon som skjer innenfor økologiske rammebetingelser, krever imidlertid også et økologisk forsvarlig kosthold og forbruk.

Metanutslipp fra drøvtyggeres fordøyelse og anaerob lagring av husdyrgjødsel står for halvparten av landbrukssektorens beregnede utslipp. Hele 85 % av landbrukets metanutslipp kommer fra gjæringsprosessen drøvtyggere har for å kunne fordøye grovfôr. Dette har fått en viss oppmerksomhet og ført til at sau og storfe har blitt stemplet som «klimaverstinger». Kjøtt fra gris og kylling blir anbefalt som mer «klimavennlig» mat. Slike betraktninger baserer seg på en estimering av mengde metan utskilt per dyr i forhold til fôrenergien som trengs for å produsere en kg kjøtt eller melk.

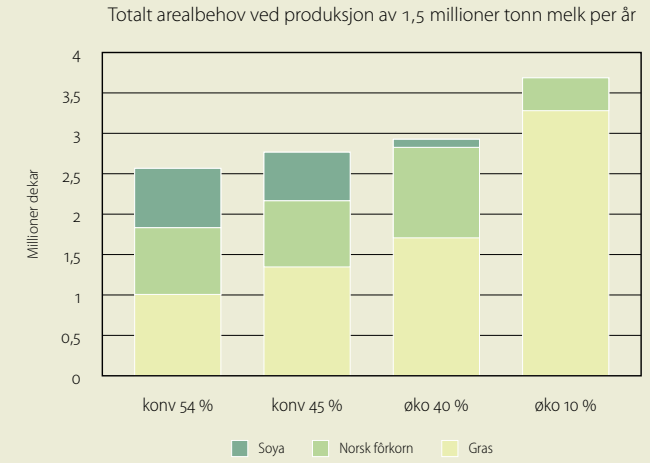
Basert på en slik snever betraktning er det å øke melkeproduksjonen per ku foreslått som tiltak for å redusere metanutslipp per kg produsert melk. Logikken er da at samme mengde melk kan produseres av færre kyr. For å øke dagens gjennomsnittlige avdrått som er på nær 7000 kg melk per ku til 10 000 kg, kreves en betydelig økning i bruken av kraftfôr. Husdyrforskere har lagt fram tall som anslår at metanutslippene ved konvensjonell melkeproduksjon kan reduseres med rundt 30 % per kg melk hvis avdråtten øker fra 6 000 til 10 000 liter (65). Dette krever samtidig at kraftfôrmengden, i prosent av energien i totalrasjonen, økes fra 30 til 54 %. En slik forenklet betraktning ser bort fra en rekke faktorer:

- Utslipp forbundet med produksjon av store mengder kraftfôr er ikke medregnet. Nedbrytning av organisk materiale i jord er større ved åkerdrift (kraftfôrproduksjon) enn i grasmark (grovfôrproduksjon).
- Konvensjonell fôrproduksjon har i tillegg betydelige utslipp forbundet med bruk og produksjon av kunstgjødsel (ca. 150 kg CO_2-ekvivalenter per dekar).
- På dagens produksjonsnivå importeres 15 % av kraftfôret (bruttoenergi). Til storfe er dette for det meste soya. Hvis denne er produsert i Sør-Amerika på tidligere regnskogareal, blir utslippene av CO_2 fra jord betydelig høyere for denne andelen. Andelen importert fôr må også forventes å øke med økt kraftfôrbehov.
- Det blir mindre kjøtt fra en intensiv melkeproduksjon. Skal produksjonen av storfekjøtt opprettholdes, må den legges over på ammekyr. Bare dette aspektet kan lett få hele metanreduksjonen fra melkeproduksjonen til å forsvinne. Kjøtt fra kombinert melk- og kjøttproduksjon har langt lavere klimagassutslipp per kg enn kjøtt fra ammekubesetning (se Tabell 5).
- Intensiv husdyrproduksjon gir dårligere dyrevelferd. Det er påvist mer sykdom og kortere levetid per ku. I intensiv melkeproduksjon har kua bare 2–3 laktasjoner, mens det i mer ekstensiv økologisk produksjon er vanlig med 5–6. Det må beregnes hvordan dette slår ut på kuas totalproduksjon av melk og kjøtt.
- Kraftig fôring gir også «bløtgjødsel» rett fra kua. I økologisk drift bør optimal gjødselkvalitet, med evne til å bygge humus i jorda, være et mål.

Inkluderes disse faktorene i klimagassregnskapet kan det være at kjøtt og melk basert på økologisk produsert grovfôr og lav kraftfôrmengde er et mer effektivt tiltak for å redusere klimagassutslippene fra storfeholdet enn å øke andelen av kraftfôr for å få mer melk per ku.

Skal en utslippsberegning per produsert produktenhet ha mening, må flest mulig av disse faktorene være med. Det blir fort svært kompliserte regnestykker, og studier og modellberegninger som inkluderer flest mulig av disse faktorene er få. Flere livssyklusanalyser (LCA) har funnet relativt like klimagassutslipp per kg melk, med en variasjon fra 800 til 1 500 g CO_2-ekvivalenter mellom ulike studier (mange land og produksjonssystemer). Jevnt over er utslippene per kg melk ca. 10 % lavere ved økologisk melkeproduksjon (37). Ingen av beregningene inkluderte karbonbalansen i jord.

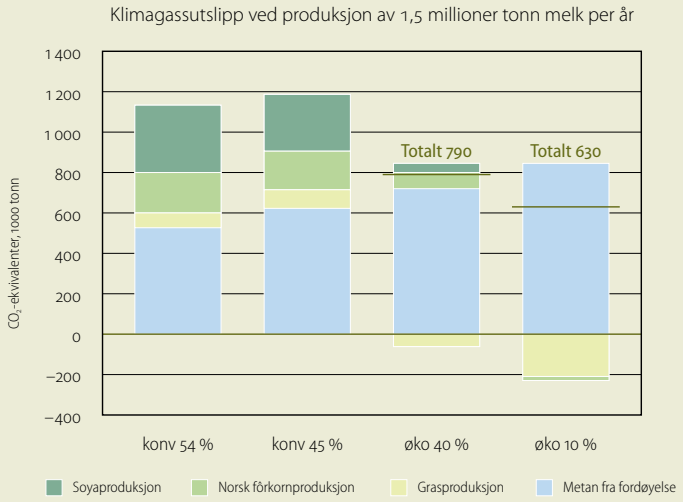
En stor europeisk undersøkelse av klimagassutslipp fra beite og grovfôrproduksjon fant at innbindingen av karbon i jorda langt på vei kan oppveie drøvtyggeres metanutslipp (10). I denne studien ble det ikke skilt mellom økologisk og konvensjonell produksjon, men de systemene som kom best ut, var de hvor lite eller ingen kunstgjødsel



FIGUR 7 Totalt arealbehov ved ulike fôrings-scenarier i melkeproduksjon i Norge

En intensivering av melkeproduksjonen per dyr gjennom økt bruk av kraftfôr vil øke behovet for åkerareal til fôrproduksjon betydelig, både i Norge og utlandet (soyaproduksjon), og minske behovet for grovfôrareal. For å utnytte potensialet for matproduksjon i Norge må melk og «rødt» kjøtt produseres på grovfôr. Beregningen er gjort på basis av bruttoenergibehov ved ulik melkeytelse og gjennomsnittlig bruttoenergi i avling per dekar.

Det er gått ut fra at 15 % av kraftfôret (på energibasis) er importert soya (65). Økologisk kornavling er satt til å være 30 % lavere enn konvensjonell. Melkeavdrått i de ulike scenarioer er hhv. 10 000, 8 000, 7 500 og 5 500 kg. Antall melkekyr blir da hhv. 150 000, 187 500, 200 000 og 272 700.



FIGUR 8 Klimagassutslipp ved ulike fôrings-scenarier i melkeproduksjon i Norge

Klimagassutslipp knyttet til fôrproduksjon og metan fra dyras fordøyelse ved ulike driftssystem og fôrings-scenarier. Lystgassutslipp fra jord er sjablongmessig beregnet i tråd med IPCC 2006 (1 % av tilført N i både kunstgjødsel og husdyrgjødsel). Klimagassutslipp knyttet til kunstgjødselproduksjon er satt til 4,5 kg CO_2-ekvivalenter per kg N. Andre forutsetninger er vist i Tabell 4.

		Tilført N, kg per dekar Kunstgødsel + husdyrgjødsel	CO_2-balanse jord kg CO_2 per dekar
GRAS	Konv	10 + 6	−50
	Øko 40 %	0 + 14	−100
	Øko 10 %	0 + 8	−100
KORN	Konv	15 + 0	+100
	Øko 40 %	0 + 14	0
	Øko 10 %	0 + 12	−100
SOYA	Begge	10 + 0*	+350

TABELL 4 Forutsetninger for estimering av klimagassutslipp

Forutsetningene er valgt i ulike produksjonssystemer. Det er stor usikkerhet knyttet både til estimat for lystgassutslipp og karbonbalanse i jord. Dette er diskutert i denne rapporten, spesielt under pkt. 6.1 og 6.2. Det som ikke er tatt med her er dyras produksjonstid og lystgasstap som kan knyttes til nitrogen som tapes fra gården (N-overskuddet). Heller ikke klimagasser som kan knyttes til kompenserende kjøttproduksjon på ammekyr er tatt med.

* Utslipp fra kunstgjødselproduksjon er med også i beregningen for økologisk soya. Dette gir en overestimering på 60 kg CO_2-ekvivalenter per dekar, men tallene for soyaproduksjonen er uansett svært skjønnsmessige.

var brukt og produksjonen ikke var for intensiv. Utslipp ble heller ikke beregnet per produsert produktenhet, men tallene fra denne studien viser at eng og beite i Europa kan stå for en betydelig innlagring av karbon i jord.

Basert på tall fra blant annet INA fagrapport 11 (65) og oversikter over gjennomsnittlige avlingsnivå for korn og gras (SSB) har vi gjort et forenklet estimat av hvordan ulike fôringsscenarier innvirker på arealbehov og -bruk (Figur 7). Vi har også forsøkt å få et bilde av hvordan fôrproduksjonen vil innvirke på klimagassutslipp per kg melk ved de samme fôringsscenariene (konvensjonell melkeproduksjon med hhv. 40 og 54 % kraftfôr, og økologisk drift med hhv. 10 og 40 % kraftfôr, prosent av bruttoenergi i totalrasjon). Utslippstallene som kan relateres til fôrproduksjonen er satt sammen med tall for metanutslipp fra dyras fordøyelse slik de er beregnet i INA fagrapport 11, 2007. Netto karbonbalanse for jord ved de ulike fôrproduksjonene er skjønnsmessig satt på bakgrunn av tall fra studier

referert til under pkt. 6.2 og valgte verdier er vist i Tabell 4. Det understrekes at beregningene kun er ment å gi et bilde av hvordan klimagassutslipp knyttet til fôrproduksjon kan virke inn på totalutslipp per kg melk. Lystgassutslipp fra jord er sjablongmessig estimert (stor usikkerhet) og lystgassutslipp knyttet til nitrogentap er ikke tatt med. Siden vi mangler tall for karbonbalanse i jord ved ulike driftssystemer i Norge, hefter det også usikkerhet til disse tallene. Utslipp som kan relateres til energibruk, transport og dyras produksjonstid er heller ikke med.

Slik det framkommer av disse beregningene, er det mye som tyder på at klimagassutslippene per kg melk blir betydelig lavere ved en økologisk produksjon enn i en konvensjonell (hhv. ca. 470 og 770 g CO_2-ekvivalenter per kg melk). Forskjellen mellom klimagassutslipp fra et produksjonsintensivt økologisk system (øko 40 %), som baserer seg på innkjøp av kraftfôr i en spesialisert melkeproduksjon, og et kretsløpsbasert produksjonssystem basert på grovfôr (øko 10 %), er ikke så stor slik det er beregnet her. Forskjellen mellom disse to ligger i arealbruk og -behov. Selv om det totale arealbehovet er størst i det kretsløpsbaserte og integrerte systemet (øko 10 %), er behovet for kornareal betydelig redusert. I en helhetlig vurdering av jordbruket må også det etiske aspektet med å la det meste av verdens planteproduksjon gå til kjøttproduksjon tas med. I et etisk, bærekraft- og matforsyningsperspektiv er det svært betenkelig å produsere stadig mer melk og storfekjøtt gjennom å øke bruken av kraftfôr.

Drøvtyggernes store forttrinn er at de kan omdanne gras og annet plantemateriale til mat. Skal økologisk drift etterleve sine intensjoner, må drøvtyggerproduksjonene være grovfôrbasert. Sammen med en mest mulig helhetlig beregning av klimagassutslipp per produsert enhet, bør derfor mengde kraftfôr brukt per kg kjøtt også tillegges vekt. Grovfôrbasert storfekjøtt produsert i kombinasjon med melk trenger bare rundt en halv kilo kraftfôr per kg kjøtt (se Tabell 5) (Kjøtt fra melkekyr og 1 NRF okse fra mor i mjølkeproduksjon som framfôres i 19 måneder med 5 % kraftfôr, 310 kg slaktevekt.) Til sammenlikning går det med 2,5 kg kraftfôr per kg kyllingkjøtt og hele 5 kg for en kg svinekjøtt i konvensjonell produksjon.

Tendensen i dagens storfekjøttproduksjon, går som i melkeproduksjonen i retning av mer kraftfôrbruk og spesialiserte produksjoner (ammeku). Dette gjelder også i dagens økologiske drift. Med 50 % kraftfôr til framfôring av kalven går det med godt over 5 kg kraftfôr per kg kjøtt, mens fôring av både mor og kalv med kun 10 % kraftfôr krever under 2 kg per kg kjøtt (se Tabell 5). Det er i et slikt lys man også må vurdere den sterke økningen i norsk produksjon og forbruk av kylling- og svinekjøtt. Disse dyra spiser bare kraftfôr, ikke gras. Kraftfôrblandingene i disse produksjonene består av norskprodusert bygg og havre, i tillegg til importert kraftfôr som i svinekjøttproduksjonen utgjør i størrelsesorden 15 % på energibasis, og hele 40–50 % på energibasis i produksjonen av slaktekylling (65). I lys av dette, blir den store økningen i slik kjøttproduksjon betenkelig, men en viss produksjon er selvsagt på sin plass. Det vil alltid være en andel av korn og grønnsaker som ikke holder matkvalitet. Å utnytte dette i husdyrproduksjoner er derfor god ressursutnytting.

Utfordringer ved utslippsberegninger

«At leddene t.o.m. primærproduksjonen dominerer når det gjelder kjøtt er ikke overraskende, siden husdyrholdet medfører så store utslipp per kg og kcal. Dette i alle fall så lenge en utelater eventuell netto karbonbinding fra regnestykkene. Studien til Dalgaard (2008) (66) er ellers interessant ved at hun påpeker hvor mye usikre forutsetninger om karbon- og nitrogenutvekslinger i primærproduksjonsleddet kan ha å si for beregningene. Av utslippene fram t.o.m. dette leddet står lystgass i hennes studie for 72 %. Disse utslippene (utenom en mindre del som skyldes produksjon av kunstgjødsel) kunne blitt alt fra halvert til fordoblet om de var analysert spesifikt for hennes produksjonskjede, og ikke (som vanlig) beregnet ved hjelp av sjablongmessige faktorer hentet fra rapporteringssystemet under FNs Klimakonvensjon.

Videre mener hun at utslippene ved produksjon av soyamel, som står for 11 % av de totale klimagassutslippene, hadde blitt åttedoblet dersom en tok hensyn til at økt produksjon av soyamel medfører arealbruksendringer i Argentina som igjen medfører frigivelse av karbon fra jord og vegetasjon til luft. På den andre sida kan andre ledd i kjeden medføre en viss karbonbinding i jord. Fordi hun ikke er i stand til å estimere omfanget av det siste, velger Dalgaard, i likhet med nesten alle andre forfattere, ganske enkelt å se bort fra netto opptak eller frigivelse av karbon i/fra jord og vegetasjon.»

KILDE: *Klimamerking av mat – er det mulig?* Vestlandsforskning, 2009, s. 39 (37).

6.4 Kan avlingsnivået i et økologisk jordbruk økes?

For å belyse hvilke tiltak og driftsopplegg som øker og stabiliserer avlingsnivå, bør det sees nærmere på hva som ligger bak slike variasjoner. Målet må være å øke totalproduksjonen i det økologiske systemet, ikke nødvendigvis i hver enkeltproduksjon, samtidig som avlingsnivåene stabiliseres mellom år. Mye av avlingsøkningen i jordbruket skyldes planteforedling og avl som har hatt fokus på høy avkastning ved optimale betingelser. For plantene betyr

Kjøttproduksjon	CO_2-ekvivalenter per kg kjøtt	kg korn per kg kjøtt
1 ammeku og 1 okse/kvigeslakt per år, 10 % kraftfôr	31,7	1,86
1 ammeku med 10 % kraftfôr og 1 okse/kvigeslakt per år, 50 % kraftfôr	30,6	5,3
1 okse fra mor i melkeproduksjon. 5 % kraftfôr, 19 mnd. framfôring, slaktevekt 310 kg Utslipp fra mor belastet melkeproduksjon	16,5	0,48
1 okse fra mor i melkeproduksjon. 50 % kraftfôr, 14 mnd. framfôring, slaktevekt 285 kg Utslipp fra mor belastet melkeproduksjon	15,9	4,32
1 purke med slaktegriser	4,5	5
Slaktekylling	3,7	2,5
Kukjøtt fra melkeproduksjon (Ekstensiv-intensiv fôring)	2,5–2,8	

TABELL 5 Klimagassutslipp i kjøttproduksjoner

Klimagassutslipp (kg CO_2-ekvivalenter) og kraftfôrbehov (kg kraftfôr per kg kjøtt) i ulike kjøttproduksjoner.

Beregninger er gjort av Thomas Cottis, *«Dette er alvor»*, foredrag på NLRs klimaseminar, 2009 (67).

	Sveits	Østerrike	Tyskland	Italia	Frankrike	Danmark
Hvete	64–75	62–67	58–63	78–98	44–55	63–87
Bygg	65–84	58–70	62–68	55–94	70–80	50–73
Havre	73–94	56–75		88		
Mais	85–88		70	55–93	66–80	69 (surfôr)
Oljefrø	83	78–88	60–67	48–50	67–80	67–95
Poteter	62–68	39–54	54–69	62–99	68–79	58
Bønner/linser	88	83–85	49–73	73–100	83	
Kløvereng						88

TABELL 6 Avlingsnivå i økologiske produksjoner

Variasjoner i avlingsnivå i økologiske produksjoner (som prosent av konvensjonelle referanseavlinger) i seks europeiske land. Tall fra nasjonale statistikker og studier.

Etter Niggli et al. *«Vision for an organic food and farming research agenda to 2025»*, 2008 (35).

det utvikling av sorter som gir høy avling ved bruk av lettløselig næring (kunstgjødsel), kjemiske sprøytemidler og god vanntilgang. Ved å vektlegge bedre tilpasning til økologisk drift i foredlingsarbeidet må det kunne forventes at avlingsnivåene kan økes. Stikkord her vil være bedre næringsopptak fra vanskelig tilgjengelige næringsreserver, økt toleranse for varierende klimatiske forhold og økt resistens mot ulike plantepatogene organismer. Det er til dels store forskjeller i hvor store avlingsreduksjonene er (se Tabell 6). Ved å gå nærmere inn på hva som ligger bak slike forskjeller kan man få verdifull kunnskap om hvordan økologisk drift kan øke sitt gjennomsnittlige produksjonsnivå. Det finnes mange veldrevne bruk som har mye å lære bort, og det kan være mye læring i å bli mer bevisst også på hva som ikke fungerer så bra i dagens praksis.

I utviklingen av økologisk melkeproduksjon må optimalisering av grovfôrkvalitet og -utnyttelse fokuseres. Det finnes mye erfaringsbasert kunnskap som bør dokumenteres. En kartlegging av variasjonen som i dag finnes i økologisk melkeproduksjon – med fokus på valg av storferaser, fôring, grovfôrkvalitet, høstetidspunkt, bruk av kraftfôr og resulterende melkeytelse og -kvalitet – bør prioriteres og danne et grunnlag for videre forskning på dette feltet. Og siden grunnlaget for hele jordbruket er kvaliteten på matjorda er det mye å hente på å øke kunnskapen om den. Vi vet at både jordarbeiding, gjødselpraksis og sammensetningen av vekstskifter/samplantinger virker inn på struktur, humusdannelse og sammensetning av organismer i jorda. Men vi har lite kunnskap om samspillet mellom de biologiske prosessene i jord og hvordan disse kan styrkes, selv om de er helt avgjørende for næringstilgang og plantevekst i økologisk dyrking. Med økt kunnskap om dette kan man forvente både høyere avlingsnivå og mindre CO_2-tap per arealenhet jord.

6.5 Er det mulig å sikre nok mat med et lavere avlingsnivå?

En hovedinnvending mot økologisk jordbruk er at lave avlingsnivå gjør at vi trenger å dyrke mer jord for å produsere nok mat. Videre hevdes det at det både klima- og miljømessig vil være en fordel å dyrke intensivt på mindre

areal, slik at mer areal kan ligge urørt. Det kan virke lett å si seg enig i et slikt argument, men noen innvendinger kan også reises:

For det første er det ingen direkte sammenheng mellom sult og mengde produsert mat, heller ikke en lineær sammenheng mellom produksjonsbehov og antall mennesker (2) (3). Fattigdom og manglende kjøpekraft, manglende tilgang til jord og store svinn i produksjons- og distribusjonskjeder er bare noen av faktorene som gjør at en milliard mennesker i dag sulter til tross for at det produseres nok mat på verdensbasis.

For det andre kan både klima og miljø leve godt med matproduksjon på større areal hvis den skjer på en måte som har minimal avrenning av næringsstoffer og kjemikalierester, unngår jorderosjon og tar vare på biologisk mangfold.

I 1974 ble det produsert 27 kg kjøtt per person på verdensbasis. I 2000 var dette økt med 10 kg per person, samtidig som verden har hatt en befolkningsvekst på rundt 2 milliarder mennesker i samme periode. I Norge har vi i dag et kjøttforbruk som nærmer seg 80 kg per person i året, mens USA topper alle statistikker med godt over 120 kg per person (4).

Nesten 40 % av alt korn som produseres blir brukt til dyrefôr. Hvis dette heller ble brukt direkte til mat ville det på kaloribasis kunnet fø 3,5 milliarder mennesker (2). En betydelig reduksjon i kjøttforbruk vil ha et langt større potensial for å øke verdens matvaresikkerhet enn å satse på sterk økning i matproduksjon. I tillegg kommer at nesten 40 % av alt som blir produsert tapes/kastes på veien fra jorda til forbrukeren. I tillegg til de etiske og generelle miljømessige aspektene, er det en reduksjon i kjøttforbruket som vil monne når det er snakk om å redusere klimagassutslipp fra matproduksjonssystemet (68).

7 HVA INTERNASJONALE DOKUMENTER SIER OM ØKOLOGISK LANDBRUK OG KLIMA

I løpet av de siste to–tre år har det kommet flere store, internasjonale rapporter som går langt i å hevde at det er helt nødvendig med et mer helhetlig syn på landbruket og at bærekraftige, økologiske prinsipper er en riktig og viktig retning.

Den første FAO-rapporten som trakk fram økologisk jordbruk som en viktig inspirasjon var «Livestock's long shadow» som kom i november 2006 (4). Og under en konferanse om økologisk jordbruk og matvaresikkerhet i Roma 2007, uttalte FAOs visegeneralsekretær Aleksander Müller at *«FAO er forpliktet på økologisk landbruk. Det trenges politisk vilje til å utvikle denne driftsformen videre»* (Kilde: www.agropub.no).

I 2007 ble matproduksjonssystemets klimapåvirkning ytterligere dokumentert i FNs klimapanels fjerde hovedrapport (1).

Rapporten kom med viktige anbefalinger for hvordan landbruket kunne bidra til å minske klimagassutslippene. De fire viktigste anbefalingene var:

- Utvikle gode vekstskifter og design av gårdssystemer
- Forbedre håndtering av gjødsel og næringsstoff
- Bedring av eng, beite og fôrtilgang
- Gjenopprette og vedlikeholde jordas innebygde fruktbarhet.

I FAO-rapporten «Low greenhouse gas agriculture: Mitigation and adaptation potential og sustainable farming systems» (69) blir disse anbefalingene sammenliknet med resultater fra økologisk forskning. Ut fra dette vurderes så potensialet økologisk landbruk har for å redusere utslippene. Det konkluderes med at *«det systemorienterte og deltakende konseptet i økologisk landbruk, kombinert med ny og bærekraftig teknologi, tilbyr sterkt tiltrengte løsninger for å møte klimautfordringene»*.

International Assessment of Agricultural Knowledge, Science and Technology for Development (IAASTD) (3) vektlegger i sin store rapport som ble lagt fram i 2008, at et fokus på tradisjonell, erfaringsbasert kunnskap i kom-

Sustainable food supply

«The discourse around food and agriculture that has dominated the past 60 years needs to be fundamentally re-thought over the next few years. New strategies are needed that respond to the daunting challenges posed by climate change mitigation and adaptation, water scarcity, the decline of petroleum-based energy, biodiversity loss, and persistent food insecurity in growing populations.

A narrowly-focused 'seed and fertilizer' revolution will not avert recurrent food crises under these conditions; current models of intensive livestock production will be unaffordable; global and national food supply chains will need to be restructured in light of demographic shifts and increasing fuel costs. Future food production systems will not only depend on, but must contribute positively to, healthy ecosystems and resilient communities. Soils and vegetation in agricultural landscapes must be restored and managed in ways that not only achieve food security targets far more ambitious than those committed to under the Millennium Development Goals, but also provide watershed services and wildlife habitat, and sequester greenhouse gases.»

Fra *«The environmental food crisis – The environment's role in averting future food crisis»*, United Nations Environment Programme, 2009 (2).

binasjon med forskning og teknologi er nødvendig for å løse miljøutfordringene samtidig som det kan produseres nok mat. Denne rapporten framholdt viktigheten av å vektlegge landbrukets multifunksjonelle rolle og at det drives på en måte som ivaretar mange viktige økosystemfunksjoner .

Ved framlegging av rapporten uttalte Robert Watson, direktør i IAASTD:

«Business as usual er ikke et alternativ […] å fortsette med et ensidig fokus på avlingsnivå vil undergrave vår jordkapital og føre til at vi sitter igjen med en stadig mer ødelagt og økonomisk delt planet.»

I 2009 kom UNEP-rapporten «The environmental food crisis» (2). Den påpeker at økt matsikkerhet krever en omlegging av kosthold (mindre kjøttforbruk) og en mye mer effektiv bruk av den maten som faktisk blir produsert.

Opptil 40 % tapes på veien fra jordet til konsument. Videre understrekes det at framtidig matproduksjon ikke bare avhenger av, men må bidra positivt til sunne økosystemer og bærekraftige (resilient) samfunn.

«Jord og vegetasjon i jordbrukslandskapet må gjenopprettes og forvaltes på en måte som ikke bare skal oppnå langt mer ambisiøse mål for matsikkerhet enn de som ble fastsatt som del av Tusenårsmålene, men også sikre vannressursene, biologisk mangfold i naturen og binding av klimagasser.»

Disse aspektene kreves nå vektlagt i EUs revidering av CAP (Common Agriculture Policy) og vil forhåpentligvis også legge føringer for Regjeringens arbeid med ny landbruks- og matmelding som nå er i gang.

8 FORSLAG TIL TILTAK OG VIRKEMIDLER

Generelt kan en si at god økologisk agronomi vil gi en positiv klimagevinst på den enkelte gård. Som diskutert grundig i denne rapporten vil en ikke nødvendigvis bli mer klimavennlig ved kun å holde seg innenfor regelverket for økologisk produksjon.

Dessuten vil tiltak som bidrar positivt i økologisk landbruk som regel også gjøre det innenfor konvensjonelt landbruk. Under gir vi konkrete råd om hvilke tiltak (øko) bonden kan gjøre på sin gård, og hvilke virkemidler myndigheter bør ta i bruk for å oppnå et mer klimavennlig (økologisk) landbruk.

8.1 Tiltak på gårdsnivå

Tiltakene på gårdsnivå knytter seg særlig til å unngå tap av nitrogen i form av den kraftige klimagassen lystgass og å hindre tap av organisk materiale fra jorda.

- **Sørg for best mulig avling i forhold til lokalt tilgjengelige ressurser.** Gode avlinger i forhold til innkjøpte innsatsfaktorer gjør at klimagasstapet per kg produkt blir redusert.

  Tiltak for gode avlinger i økologisk landbruk
  - Sørg for gode og fungerende vekstskifter som fortrinnsvis inkluderer eng/gras
  - Sørg for god ugrasregulering
  - Forebygg plantesykdommer
  - Sørg for god jordfruktbarhet (god jordstruktur og gode forhold for jordlivet)
- **Tenk og praktiser kretsløp.** Tette kretsløp av næringsstoff på gården reduserer risikoen for tap av nitrogen som i sin tur kan omdannes til lystgass.
- **Unngå jordpakking.** Jordpakking fører til redusert volum av store luftfylte porer og gjør at jorda blir tettere. Det blir dermed vanskeligere for plantene å finne vann og næring, livet i jorda blir hemmet, og det blir mindre omdanning av planterester. Mer av nitrogenet i jorda vil omdannes til lystgass når jorda er pakka.

  Tiltak mot pakking
  - Bruk så lett traktor som mulig
  - Så få kjøringer som mulig
  - Bruk hjul med stor diameter og bredde
  - Lågtrykksdekk er bra
  - Utnytt kapasitet for å avgrense antall kjøringer
  - Planlegg transport og/eller bygg transportveier
  - Unngå kjøring til jorda har tørka opp
- **Grøft og vedlikehold gamle grøftesystemer.** God grøfting gjør at livet i jorda får bedre vilkår. Vi fører mer oksygen inn i jorda og dermed mindre lystgassproduksjon. God grøfting gjør at opptørking om våren går raskere og vi kan begynne våronna tidligere. I eng og beiter vil overvintringa bli bedre og vi får mindre pakkingsskader i jorda. Med god grøfting kan planterøttene nå dypere ned og vi vil få bedre avlinger.
- **Bruk grønngjødsel riktig.** Utfordringen er å få nitrogenfikserende vekster inn i vekstskiftene på en husdyrløs gård. Å dyrke en ettårng eng uten å høste grønnmassen til fôr, men pløye den inn for å gjødsle jorda er ikke en god løsning. Utvikling og innsamling av erfaringskunnskap vil være viktig for å lykkes med få eller ingen husdyr i en økologisk drift.

  Tiltak som kan gi bedre grønngjødsling
  - Unngå dyp nedpløying av grønnmassen, for ved oksygenfattige forhold er det høy risiko for at nitrogen blir omdannet til lystgass.
  - Bruk grønngjødsel som undervekst.
  - Bland belgvekster med andre vekster. Bruk blandinger med belgvekster og planter med andre jordforbedrende egenskaper som fangvekster. I denne sammenheng er god rotvekst viktigere enn mye grønnmasse.

- **Utnytt husdyrgjødsla godt.** God utnytting av husdyrgjødsla gjør at tapet av nitrogen blir mindre og mer kan brukes av plantene for å få avling.

  Tiltak for bedre utnytting av husdyrgjødsel
  - Spre husdyrgjødsla i størst mulig grad på våren og etter første slått (i vekstsesongen)
  - Spre husdyrgjødsla i størst mulig grad i kaldt og fuktig vær
  - Mold eller pløy ned husdyrgjødsla så fort som mulig etter spredning
  - Bruk slangespreder og legg gjødsla ned på jorda
  - Unngå tunge gjødselvogner (pga. jordpakking)
  - Bland inn vann i husdyrgjødsla dersom du har bløtgjødsel for å øke N-utnyttinga
  - Bygg godt husdyrgjødsellager
- **Reduser tap ved høsting og fôring.** Komposter fôrrester, oppråtna grasballer, muglet toppsjikt i siloen, bortkjørt halm fra gjenlegget og annet organisk materiale. Komposten blir i neste omgang god gjødsel.
- **Tilpass dyretallet til fôrgunnlaget på gården.** Innkjøp av fôr til gården (grovfôr og kraftfôr) gjør at næringsstoffkretsløpet brytes.
- **Friske husdyr og lang produksjonstid.** Friske husdyr er klimaeffektive. Melkekyr bør ha lang produksjonstid fordi de ikke produserer melk i oppalstida fram til første kalving.
- **Reduser energibruken på gården.** Effektiviser og reduser energibruken og bruk mest mulig fornybare energikilder (biobrensel, sol, vind etc). Dette reduserer CO_2-utslippene fra selve gården.

8.2 Politiske og økonomiske virkemidler

- **Få til ei integrering av husdyr- og planteproduksjon på lokalt og nasjonalt nivå.** Dette vil føre til et bedre kretsløp av næringsstoffer (mindre N-tap) og bedre lagring av karbon i jord gjennom mer eng i vekstskiftet hvor det nå er ensidig planteproduksjon.
- Støtt drift som bidrar til økt humusdannelse i jorda.
- Gi økonomisk uttelling for ivaretakelse av ulike økosystemfunksjoner (pleie av kulturlandskap, biodiversitet, vannmiljø)
- **Innfør klimaavgift på kunstgjødsel.** Dyrere kunstgjødsel-N vil føre til mer effektiv og redusert bruk av denne nitrogenkilden. Nitrogenbelastningen på miljøet vil reduseres og energibruken ved kunstgjødselframstilling vil reduseres.
- **Gjeninnfør grøftetilskudd.**
- **Ta inn mer om klima i økologiregelverket.** Der det økologiske regelverket i EU ikke er godt nok når det gjelder klima, bør en jobbe for å forbedre det.

Det svenske økologiske sertifiseringsorganet KRAV innarbeider klimakrav i sitt regelverk for økologisk produksjon. Reglene skal innarbeides gradvis fram til 2012, og omfatter veksthus, planteproduksjon, husdyrproduksjon, foredling og fiskeri.[3]

9 KONKLUSJONER

- Dagens økologiske jordbruk**spraksis** i Norge, som i gjennomsnitt ligger nær EU-regelverkets minimumskrav, viser ingen entydig forskjell i klimagassutslipp målt per produsert enhet sammenliknet med konvensjonell drift.
- Målt per arealenhet har dagens økologiske jordbruk lavere klimagassutslipp, men reduksjonen oppveies av lavere avlinger.
- Det blir feil å sammenlikne for eksempel økologisk gulrotproduksjon på sandjord med konvensjonell produksjon på myrjord. Selv om økologisk kommer mye bedre ut, skyldes ikke dette bare økologisk drift (åkerdrift på myrjord kan gi et klimagassutslipp på opp mot 3 000 kg CO_2-ekvivalenter per dekar og år). Like feil blir det å sammenlikne klimagassutslipp ved konvensjonell kornproduksjon med en økologisk produksjon med integrert plante- og husdyrproduksjon.
- En utvikling av økologisk jordbruk i tråd med dets visjon og prinsipper forventes både å øke avlingsnivå og ytterligere redusere klimagassutslipp målt per arealenhet. Dermed vil også klimagassreduksjonen målt per produktenhet øke.
- Det må jobbes for å få klimahensyn inn i det økologiske regelverket.
- For å få til en «økologisering» av dagens økologiske jordbruk er kunnskap og vilje til forandring nødvendig hos gårdbrukere, rådgivere, politikere og forbrukere. Det trengs endringer i både agronomisk praksis, økonomiske rammevilkår og forbruksvaner.
- En redusert klimabelastning fra matproduksjonssystemene krever endringer i kosthold. Forbruket av kjøtt må reduseres betydelig og mer norskproduserte planteprodukter må brukes til mat.
- I diskusjoner for og i mot økologisk jordbruk blir det feil å fokusere ensidig på klimagassutslipp eller avlingsnivå i enkeltproduksjoner. I diskusjonen må helhetsperspektivet være med og de ulike verdivalgene som ligger under må erkjennes og danne grunnlaget for debatten.

[3] http://www.krav.se/Foretag/Artiklar-fran-KRAV-aktuellt/Nya-klimatregler-okar-KRAV-markets-varde/

Referanser

(1) **IPCC.** *Climate Change 2007*: http://www.ipcc.ch/publications_and_data/publications_and_data.htm

(2) **UNEP.** *The Environmental Food Crisis – The Environment's Role in Averting Future Food Crisis,* United Nations Environment Programme, A UNEP rapid response assessment, 2009: http://www.grida.no/publications/rr/food-crisis/

(3) **IAASTD.** *Agriculture at a Crossroads.* www.agassessment.org – International Assessment of Agricultural Knowledge, Science and Technology for Development, 2008.

(4) **FAO.** *Livestock's Long Shadow – Environmental Issues and Options*: http://www.fao.org/docrep/010/a0701e/a0701e00.htm (Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2006).

(5) **Björklund, J., Holmgren, P. og Johansson, S.** *Mat & klimat*. Medströms Bokförlag, 2008. ISBN 978 91 7329 018 0.

(6) **Statistisk Sentralbyrå.** *The Norwegian Emission Inventory 2009:* http://www.ssb.no/english/subjects/01/90/doc_200910_en/doc_200910_en.pdf

(7) **Statistisk Sentralbyrå.** [Internett] 19. mai 2009: http://www.ssb.no/klimagassn/arkiv/tab-2009-05-19-03.html

(8) **Erisman, J. W., Sutton, M. A., Galloway, J., Klimont, Z., Winiwarter, W.** How a Century of Ammonia Synthesis Changed the World. *Nature Geoscience.* 2008, vol. 1: s. 636–639.

(9) **Wrage, N. et al.** Role of Nitrifier Denitrification in the Production of Nitrous Oxide. *Soil Biology and Biochemistry.* 2001, vol. 33: s. 1723–1732.

(10) **Soussana, J. F. et al.** Full Accounting of the Greenhouse Gas (CO_2, N_2O, CH_4) Budget of Nine European Grassland Sites. *Agriculture, Ecosystems and Environment.* 2007, vol 121: s. 121–134.

(11) **Rochette, P.** No-till Only Increases N_2O Emissions in Poorly-aerated Soils. *Soil & tillage Research.* 2008, vol. 101: s. 97–100.

(12) **Hansen, S., Bleken, M. A. og Sitaula, B.** Effect of Soil Compaction and Fertilization Practise on N_2O Emission and CH_4 Oxidation. *Proceedings of the Conference on Organic Agriculture and Climate Change at ENITA Clermont.* CD-Rom ABioDoc, Centre National de Ressources en Agriculture Biologique, France, 2008.

(13) **Statistisk Sentralbyrå, SSB.** [Internett] 19. mai 2009. [Sitert: 18. november 2009]: http://www.ssb.no/klimagassn/

(14) **Lal, R.** Carbon Emission from Farm Operations. *Environment International.* 2004, vol. 30: s. 981–990.

(15) **Cordell, D., Drangert, J.-O. og White, S.** The Story of Phosphorous: Global Food Security and Food for Thought. *Gobal Environmental Change.* 2009, vol. 19: s. 292–305.

(16) **Grønlund, A., de Zarruk, K. K., Rasse, D., Riley, H., Klakegg, O., Nystuen, I.** *Kunnskapsstaus for utslipp og binding av karbon i jordbruksjord.* Bioforsk Rapport. vol. 3: nr. 132, 2008.

(17) **UNEP/GRID-Arendal.** CO_2 Emissions from Industrial Processes and Land Use Changes. [Internett] UNEP/GRID-Arendal Maps and Graphics Library. [Sitert: 18 desember 2009]: http://maps.grida.no/go/graphic/co2_emissions_from_industrial_processes_and_land_use_changes

(18) **Landbruks- og matdepartementet (LMD).** *Klimautfordringene – landbruket en del av løsningen, St. meld. nr. 39,* 2009: http://www.regjeringen.no/nb/dep/lmd/dok/regpubl/stmeld/2008-2009/stmeld-nr-39-2008-2009-.html?id=563671

(19) **Uhlen, G.** Long-Term Effects of Fertilizers, Manure, Straw and Crop Rotation on Total-N and Total-C in Soil. *Acta Agric. Scand.* 1991, vol. 41: s. 119–127.

(20) **Galloway, J. N. et al.** The Nitrogen Cascade. *BioScience.* 2003, vol. 53: s. 341–356.

(21) **Galloway, J. N. et al.** Transformation of the Nitrogen Cycle: Recent Trends, Questions, and Potential Solutions. *Science*. 2008, vol. 320 : s. 899–892.

(22) **Elser, J. J. et al.** Shifts in Lake N:P Stoichiometry and Nutrient Limitation Driven by Atmospheric Nitrogen Deposition. *Science.* 2009, vol. 326: s. 835–837.

(23) **Rockström, J. et al.** A Safe Operating Space for Humanity. *Nature.* 2009, vol. 461: s. 472–475.

(24) **Phoenix, G. K. et al.** Atmospheric Nitrogen Deposition in World Biodiversity Hotspots: The Need for a Greater Perspective in Assessing N Deposition Impacts. *Global Change Biology.* 2006, vol. 12: s. 470–476.

(25) **Badgley, C. et al.** Organic Agriculture and the Global Food Supply. *Renewable Agriculture and Food Systems.* 2007, vol. 22: s. 86–108.

(26) **Wivstad, M. et al.** *Ekologisk produktion – möjligheter att minska övergödning.* Centrum för uthålligt lantbruk, 2009.

(27) **Hansen, S. et al.** *Reduserte nitrogenutslipp gjennom bedre spredningsrutiner for husdyrgjødsel.* Bioforsk Rapport, vol. 4: nr. 188, 2009.

(28) **Drake, L. og Björklund, J.** *Effekter av olika sätt att producera livsmedel – en inventering av jämnförelser mellan ekologisk och konventionell produktion.* CUL – Centrum för uthålligt lantbruk, SLU, 2001.

(29) **Pimentel, D. et al.** Environmental, Energetic, and Economic Comparisons of Organic and Conventional Farming Systems. *BioScience.* 2005, vol. 55: s. 573–582.

(30) **Cobb, D. et al.** Integrating the Environmental and Economic Concequences of Converting to Organic Agriculture: Evidence from a Case Study. *Land Use Policy.* 1999, vol. 16: s. 207–221.

(31) **Hole, D. G. et al.** Does Organic Farming Benefit Biodiversity? *Biological Conservation.* 2005, vol. 112: s. 113–130.

(32) **Niggli, U.** *How Much Does Organic Farming Mitigate Climate Change and Deliver other Public Good.* Fra foredrag under European Organic Congress, Brussel, 4–5 desember, 2007.

(33) **Refsgaard, K., Halberg, N. og Kristensen, E. S.** Energy Utilization

in Crop and Dairy Production in Organic and Conventional Livestock Producttion Systems. *Agricultural Systems.* 1998, vol. 57: s. 599–630.

(34) **Mogensen, L. et al.** Life Cycle Assessment Across the Food Supply Chain. Cheryl J. Baldwin (ed.). *Sustainability in the Food Industry.* Wiley-Blackwell, 2009.

(35) **Niggli, U. et al.** *Technology Platform «Organics»: Vision for an Organic Food and Farming Research Agenda to 2025.* IFOAM EU Group og FiBL, 2008.

(36) **Dalgaard, R., Halberg, N. og Hermansen, J. E.** Danish Pork Production. An Environmental Assessment. *DJF Anim. Sci.* 2007, vol. 82: s. 1–34.

(37) **Hille, J. et al.** *Klimamerking av mat – er det mulig?* Vestlandsforskning, 2009. Vestlandsforskningsrapport, nr. 8/2009: http://www.vestforsk.no/index.html/rapport/klimamerking-av-mat-er-det-mulig

(38) **Mäder, P. et al.** Soil Fertility and Biodiversity in Organic Farming. *Science.* 2002, vol. 296: s. 1694–1697.

(39) **Steinshamn, H. et al.** Utilization of Nitrogen (N) and Phosphorus (P) in an Organic Dairy Farming System in Norway. *Agriculture, Ecosystems and Environment.* 2004, vol. 104: s. 509–522.

(40) **Bleken, M. A., Steinshamn, H. og Hansen, S.** High Nitrogen Costs of Dairy Production in Europe: Worsened by Intensification. *Ambio.* 2005, vol. 34: 598–606.

(41) **Carter, M. S., Albert, K. R. og Ambus, P.** *Is Organic Farming a Mitigation Option? A study on N_2O Emission from Winter Wheat.* København: International Scientific Congress on Climate Change, 10–12 mars, 2009.

(42) **Kramer, S. B. et al.** Reduced Nitrate Leaching and Enhanced Denitrifier Activity and Efficiency in Organically Fertilized Soils. *Proc. of The National Academy of Sciences.* 2006, vol. 103: s. 4522–4527.

(43) **Carter, M. S.** Contribution of Nitrification and Denitrification to N_2O emissions from Urine Patches. *Soil Biology & Biochemistry.* 2007, vol. 39: s. 2091–2102.

(44) **Carter, M. S. et al.** *Consequences of Agro-Biofuel Production for Greenhouse Gas Emissions. (Poster).* Energy DTU Internal Conference, Technical University of Denmark, 2008: http://orgprints.org/15844/

(45) **Hansen, S., Mæhlum, J. E. og Bakken, L. R.** N_2O and CH_4 fluxes in Soil Influenced by Fertilization and Tractor Traffic. *Soil Biology and Biochemistry.* 25, s. 621–630, 1993.

(46) **Sturite, I. et al.** Accumulation and Loss of Nitrogen in White Clover (Trifolium Repens L.) Plant Organs as Affected by Defoliation Regime on Two Sites in Norway. *Plant and Soil.* 2006, vol. 282: s. 165–182.

(47) **Rochette, P. og Janssen, H.** Towards a Revised Coefficient for Estimating N_2O Emissions from Legumes. *Nutrient Cycling in Agroecosystems.* 2005, vol. 73: s. 171–179.

(48) **Carter, M. S. og Ambus, P.** Biologically Fixed N2 as a Source for N_2O Production in a Grass–Clover Mixture, Measured by $^{15}N_2$. *Nutrient Cycling in Agroecosystems.* 2006, vol. 74: s. 13–26.

(49) **Dusenbury, M. P. et al.** Nitrous Oxide Emissions from a Northern Great Plains Soil as Influenced by Nitrogen Management and Cropping Systems. *Journal of Environmental Quality.* 2008, vol. 37: s. 542–550.

(50) **Korsæth, A.** Relations Between Nitrogen Leaching and Food Productivity in Organic and Conventional Cropping Systems in a Long-Term Field Study. *Agriculture, Ecosystems and Environment.* 2008, vol. 127: s. 177–188.

(51) **Soil Association.** *Soil Carbon and Organic Farming.* UK: Soil Association, 2009: http://www.soilassociation.org/Whyorganic/Climatefriendlyfoodandfarming/Soilcarbon/tabid/574/Default.aspx

(52) **Singh, B. R. og Lal, R.** The Potential of Soil Carbon Sequestration Through Improved Management Practises in Norway. *Environment, Development and Sustainability.* 2005, vol. 7: s. 161–184.

(53) **Berner, A. et al.** Crop Yield and Soil Fertility Response to Reduced Tillage under Organic Management. *Soil & Tillage Research.* 2008.

(54) **Fließbach, A. et al.** Soil Organic Matter and Biological Soil Quality Indicators After 21 Years of Organic and Conventional Farming. *Agriculture, Ecosystems & Environment.* 2007, vol. 118: s. 273–284.

(55) **Teasdale, J. R., Coffmann, C. B. og Magnum, R. W.** Potential Long-Term Benefits of No-Tillage and Organic Cropping Systems for Grain Production and Soil Improvement. *Agronomy Journal.* 2007, vol. 99: s. 1297–1305.

(56) **Hepperly, P., D. Douds Jr. og Seidel, R.** The Rodale Faming Systems Trial 1981 to 2005: Long-Term Analysis of Organic and Conventional Maize and Soybean Cropping Systems. **Raupp, J. et al.** *Long-Term Field Experiments in Organic Farming.* Bonn: International Society of Organic Agriculture Resarch (ISOFAR), 2006.

(57) **Kahn, S. A. et al.** The Myth of Nitrogen Fertilization for Soil Carbon Sequestration. *Journal of Environmental Quality.* 2007, vol. 36: s. 1821–1832.

(58) **Rasse, D. R., Rumpel, C. og Dignac, M.-F.** Is Soil Carbon Mostly Root Carbon? Mechanisms for a Specific Stabilisation. *Plant and Soil.* 2005, vol. 269: s. 341–356.

(59) **Puget, P. & Drinkwater, L. E.** Short-Term Dynamics of Root- and Shoot-Derived Carbon from a Leguminous Green Manure. *Soil. Sci. Soc. Am. J.* 2001, vol. 65: s. 771–779.

(60) **Scheller, E.** Eiweissstoffwechsel im Boden und Humusaufbau. *Lebendige Erde.* 2002, vol. 3: s. 40–43.

(61) **LaSalle, T. J. og Hepperly, P.** *Regenerative Organic Farming: A Solution to Global Warming.* Rodale Institute, 2008.

(62) **Christensen, B. T. og Johnston, A. E.** Soil Organic Matter and Soil Quality – Lessons Learned from Long-Term Experiments at Askov and Rothamstead. *Soil Quality for Crop Production and Ecosystem Health.* Developments in Soil Science, 25, 349–430, 1997.

(63) **Fuchs, J. G. et al.** (eds.). *Compost and Digestate: Sustainability, Benefits, Impacts for the Environment and for Plant Production.* FiBL, Proceedings of the International Congress CODIS 2008.

(64) **Luske, B. og van der Kamp, J.** *Carbon Sequestration Potential of Reclaimed Desert Soils in Egypt.* Nederland: Louis Bolk Instituut og Soil & More International, 2009.

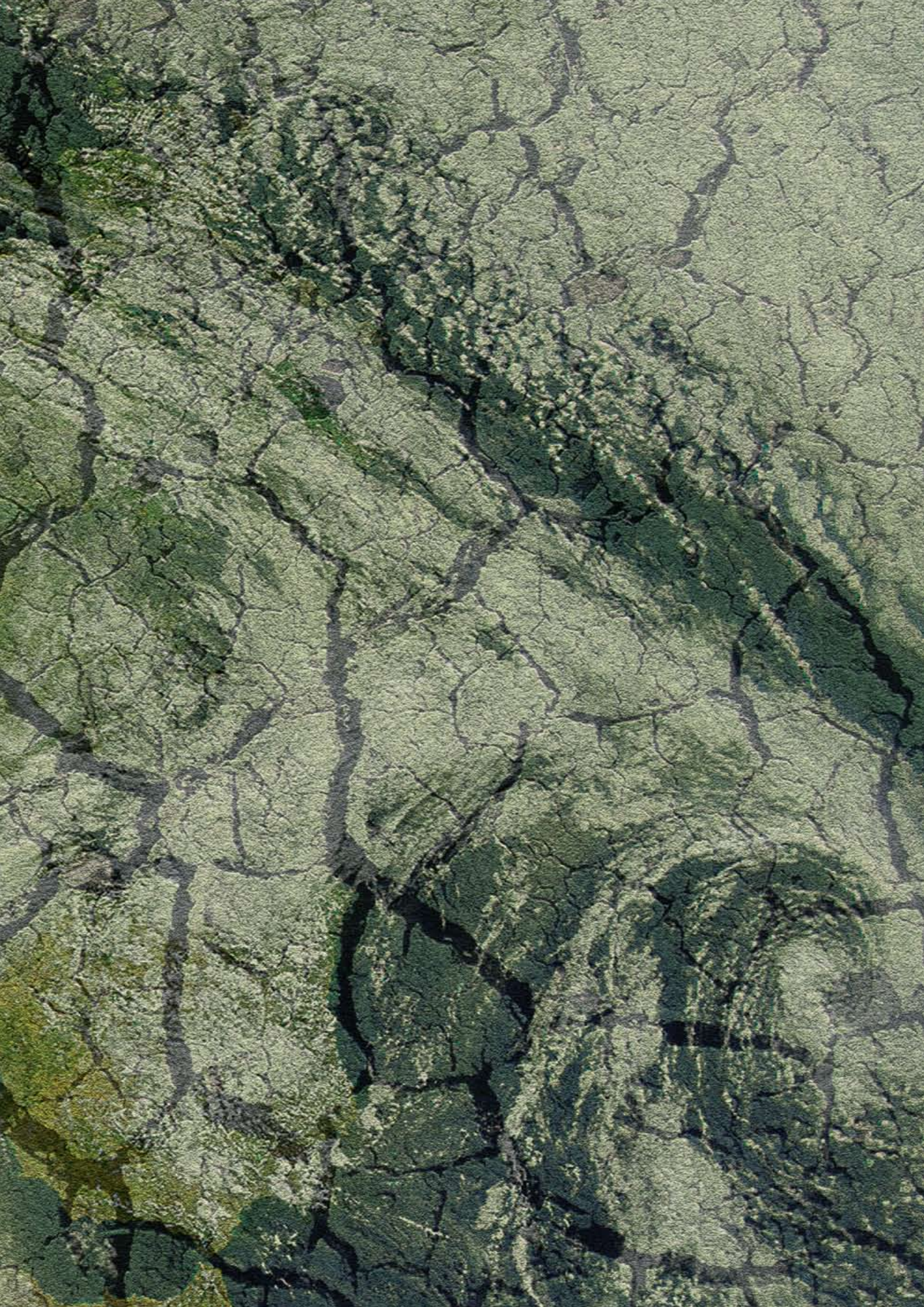
(65) **INA fagrapport 11.** *Klimagasser og bioenergi fra landbruket – Kunnskapsstatus og forskningsbehov.* UMB, 2007.

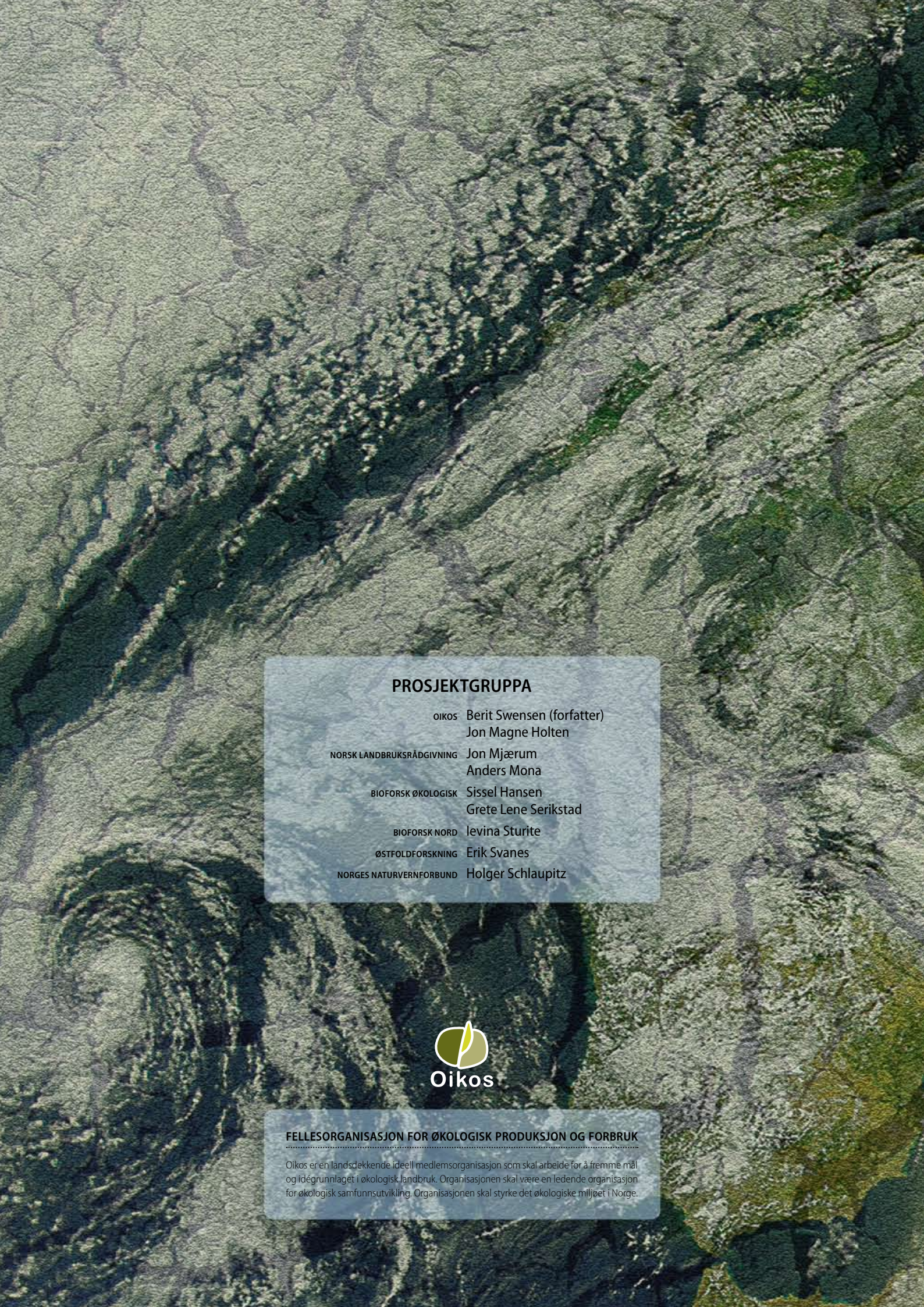
(66) **Dalgaard, R. et al.** LCA of Soybean Meal. *International Journal of LCA.* 2008, vol. 13: s. 240–254.

(67) **Cottis, T.** *Dette er alvor.* Foredrag på NLRs klimaseminar, Værnes 15. oktober 2009.

(68) **Granstedt, A., Thomsson, O., Schneider, T.** *Environmental Impact of Eco-Local Food Systems. Final Report from BERAS Work Package 2.* Ekologiskt lantbruk. CUL – Center för Uthålligt Lantbruk, 2005.

(69) **Niggli, U. et al.** *Low Greenhouse Gas Agriculture: Mitigation and Adaptation of Sustainable Farming Systems.* FAO, 2009: ftp://ftp.fao.org/docrep/fao/010/ai781e/ai781e00.pdf





PROSJEKTGRUPPA

OIKOS	Berit Swensen (forfatter) Jon Magne Holten
NORSK LANDBRUKSRÅDGIVNING	Jon Mjærum Anders Mona
BIOFORSK ØKOLOGISK	Sissel Hansen Grete Lene Serikstad
BIOFORSK NORD	Ievina Sturite
ØSTFOLDFORSKNING	Erik Svanes
NORGES NATURVERNFORBUND	Holger Schlaupitz

Oikos

FELLESORGANISASJON FOR ØKOLOGISK PRODUKSJON OG FORBRUK

Oikos er en landsdekkende ideell medlemsorganisasjon som skal arbeide for å fremme mål og idégrunnlaget i økologisk landbruk. Organisasjonen skal være en ledende organisasjon for økologisk samfunnsutvikling. Organisasjonen skal styrke det økologiske miljøet i Norge.