



Utslipp av klimagasser fra norsk jordbruk og tiltak for å redusere dem

ZERO-RAPPORT - Mars 2010

Johannes Fjell Hojem og Ingrid Ohna



Om ZERO

Zero Emission Resource Organisation er en miljøstiftelse som skal bidra til å begrense de menneskeskapte klimaendringene. Vårt utgangspunkt er at det finnes utslippsfrie alternativer til de fleste utslippskilder. ZERO har som mål å være en pådriver for de utslippsfrie løsningene og jobbe for at de realiseres framfor de forurensende.



ZERO takker

Denne rapporten er utarbeidet med støtte fra Statens Landbruksforvaltning (SLF). ZERO takker også alle andre som har bidratt med viktige og nyttige innspill i arbeidet med dette dokumentet.

Spørsmål om denne rapporten kan rettes til:
ZERO – Zero Emission Resource Organisation
Maridalsveien 10
0178 Oslo
www.zero.no
zero@zero.no

Innhold

Sammendrag	4
1 Innledning.....	6
2 Hvorfor redusere klima- gassutslippene fra jordbruket?	6
3 Norsk jordbruk	7
3.1 Klima for jordbruket – rammebetingelser	7
3.1.1 Tilskuddsordninger i jordbruket	8
Innovasjon Norge.....	9
Enova.....	9
3.2 Utslipp fra norsk jordbruk	9
3.2.1 Lystgass (N ₂ O).....	10
3.2.2 Metan	12
3.2.3. Fossil energi.....	12
3.2.4 CO ₂ fra jord og nydyrking.....	14
3.3 Måling av utslipp fra jordbruket	14
3.3.1 Livsløpsanalyser av mat	15
4 Jordbruk internasjonalt og håndtering i Kyotoavtalen.....	17
5 Utslppsreduserende tiltak i norsk jordbruk.....	18
5.1 Karbon i jord.....	18
1) Fra åker til eng, optimalisering av jordressurser.....	19
2) Biokull.	20
5.2 Tiltak for å redusere lystgassutslipp fra planteproduksjon	21
5.2.1 Redusert høstpløyning og fangvekster	21
5.2.2 Jordarbeiding.....	22
5.2.3 Grøfting.....	22
5.2.4 Lystgassutslipp fra gjødsling	23
1) N-Sensor.....	24
2) Optimalt spredeutstyr.....	24
5.2.5 Kalking.....	24
5.3 Tiltak for reduserte metan- og lystgassutslipp fra husdyrsektoren.....	25
5.3.1 Bedre grovførkvalitet.....	26
1) Bedring av førets fordøyelighet gjennom ensilering eller mekanisk behandling.	26
3) Ekstra fett i fôrrasjonen.	26
4) Redusert proteinnivå i fôr til melkekyr.	28
5.3.2 Produksjonsform og intensivering	28
1) Kombinert eller spesialisert melke- og kjøttproduksjon.	29
2) Intensivering av melk og kjøttproduksjon.	29
5.3.3 Metanfangst i fjøs	29
5.4 Produksjon av biogass	30
6 Avslutning	32
Referanser.....	33

Sammendrag

Norsk jordbruk står for om lag 9 prosent av Norges samlede utslipp av klimagasser. CO₂-utslipp fra fossil energibruk utgjør en mindre del av utslippene, mens størstedelen av jordbrukets klimabelastning stammer fra metanutslipp fra drøvtyggere og lystgassutslipp fra gjødsel. Dersom man regner med tapet av karbon fra jord og dyrket myr, er jordbrukets klimabelastning betydelig høyere.

Mange av utslippene fra jordbruket er vanskelig å unngå uten å redusere produksjonen eller endre forbruksvaner. Det er likevel viktig å huske at sammenlignet med andre sektorer, har arbeidet med klimagassreducerende tiltak i jordbruket pågått i kort tid. En rekke tiltak som kan bidra til å redusere jordbrukets klimabelastning er under utvikling og virkemidler som kan iverksette gode tiltak er til vurdering. Med tanke på at verdens matproduksjon bør vokse i årene som kommer, er det avgjørende for klimaarbeidet at klimagassutslippene ikke vokser i takt med produktionsveksten.

Rapporten ønsker å gi en oversikt over mulige tiltak for å redusere jordbrukets klimabelastning og mulige virkemidler for å implementere tiltakene. Viktige momenter i rapporten er:

Riktig gjødsling

Lystgass dannes når gjødsel spres på jorden. Lystgassutslippene fra gjødselbruk vil i stor grad henge sammen med hvordan og når man gjødsler. Det bør satses på forskning og utvikling for å bedre kunnskapen om gjødsling og lystgassutslipp. Mulige tiltak for å gjødsle riktig, er bruk av N-sensor og utvikling av riktig type spredeutstyr. Myndighetene bør innføre tettere opplæring, oppfølging og kontroll av gjødselplaner og gjødselpraksis på gårdsbruk for å hindre unødvendige utslipp av lystgass.

Redusert høstpløying og fangvekster

Å ha åpen åker gjennom vinteren og pløying av åkeren på høsten, vil gi høyere lystgassutslipp og tap av karbon i tillegg til økt erosjon og avrenning. Det har vært en nedgang i høstpløyet areal. Støtteprogrammene som skal hindre forurensing til vann, har bidratt til dette. Siden tiltaket også har en positiv effekt i klimasammenheng, bør hensynet til reduserte klimagassutslipp innarbeides i de ordninger som omhandler miljøtiltak i jordbruket. Selv om utviklingen har vært positiv, bør det være mulig å øke arealet av stubbåker noe.

Jordarbeiding og grøfing

Høy grad av jordarbeiding øker risikoen for jord-

pakking. Dette kan redusere oksygentilgangen og gi anaerobe forhold som fører til økte lystgassutslipp. Stadig tyngre jordbruksmaskiner kan bidra til økt jordpakking. Redusert jordarbeiding og drenering vil redusere utslippene. Et godt virkemiddel vil være å gjenopprette og inkludere tilskudd til grøfing i de regionale miljøprogrammene, samt satse på videre forskning og utvikling for å optimalisere tiltaket. GPS-assistert maskinstyring, som gir faste kjørespor og dermed mindre jordpakking, er også et tiltak som bør vurderes.

Biogass

Biogassanlegg har positiv effekt med hensyn til reduserte metanutslipp fra gjødsellager og reduserte lystgassutslipp fra jorde. I tillegg kan biogass bidra til reduserte CO₂-utslipp, siden biogassen kan erstatte fossil energibruk. I Stortingsmelding nr 39 (2008-2009) om landbruk og klima, fastsetter regjeringen en målsetning om at 30 prosent av husdyrgjødsel bør brukes til biogassproduksjon innen 2020. Dersom dette målet nås, vil det bety en klimagevinst på 274.000 tonn CO₂-ekvivalenter per år. For å nå dette målet, må man bygge ut 75 GWh med biogass årlig. De siste fem årene har Innovasjon Norge støttet biogassproduksjon med husdyrgjødsel på omtrent 2,5 GWh. Det er derfor åpenbart at man i dag mangler nødvendige rammevilkår for å kunne nå de politiske målsetninger som er satt.

I Tyskland og Sverige har *feed-in tariff* for produsert energi fra biogass utløst satsning på biogass i jordbruket. Et slikt virkemiddel bør også vurderes i Norge. Økt investeringstøtte og påbud om innblanding av biogass i eksisterende fossilgassdistribusjon bør også vurderes.

Karbonbinding i jord

Det er store klimagevinster å hente på å øke karbonbindingen i norsk jordbruksjord. Stans i nydyrking av myr vil kunne redusere klimagassutslipp fra jordbrukssektoren med nesten 10 prosent over ti år. Det kan også gjennomføres tiltak for å øke bindingen i eksisterende jordbruksjord. Nedpløying av biokull er et tiltak som kan ha stort potensial for å binde mer karbon, i tillegg til at det også vil ha positiv effekt på jordkvaliteten. Det trengs mer forsknings- og utviklingsaktivitet med hensyn til biokull.

Redusert fossil energibruk

For å redusere CO₂-utslippene fra fossil energibruk i jordbruket, kan man innlemme avgiftsfri diesel i omsetningspåbudet for biodrivstoff, slik at også jordbruksmaskiner går på en andel fornybart drivstoff. I tillegg finnes tekniske tiltak for å fase ut all bruk av fossil energi fra veksthusnæringen, gjennom bruk av varmepumper, bioenergi og fornybar fjernvarme.



1 Innledning

Jordbruk står for en ikke ubetydelig andel av verdens klimagassutslipp og bidrar dermed til global oppvarming. Litt avhengig av hvordan utslippene beregnes, står jordbruk for mellom 17 og 32 prosent av de menneskeskapte klimagassutslippene (SMITH, 2007, s. 6). I Norge beregnes jordbrukets bidrag til litt over 9 prosent av de samlede utslippene av klimagasser.

Det meste av utslippene fra jordbrukssektoren er ikke direkte knyttet til bruk av fossil energi slik som i mange andre sektorer, men derimot utslipp av klimagasser som metan (CH₄) og lystgass (N₂O) fra husdyrhold og gjødselbruk. I tillegg kommer utslipp av karbondioksid (CO₂) som resultat av tap av karbon fra jord, samt indirekte utslipp fra produksjon av for eksempel mineralgjødsel. Sammenlignet med hva tilfellet er for utslippene fra fossil energibruk, har norske myndigheter til nå vært mindre opptatt av å utvikle tiltak for å redusere utslipp av den typen som er vanligst i jordbruket.

I denne rapporten vil vi gi en oversikt over klimagassutslipp fra jordbruket og forklare nærmere hvorfor jordbruksprosesser medfører utslipp av klimagasser som CO₂, metan og lystgass. Deretter vil vi skissere mulige tiltak for å redusere klimagassutslippene i jordbruket. Avslutningsvis vil vi diskutere mulige virkemidler for å fremme gode utslippsreducerende tiltak.

Problemstillingen for rapporten er: *Hvilke tiltak bør fremmes for å redusere utslippene av klimagasser fra norsk jordbruk, og hvilke virkemidler fremmer disse tiltakene?*

Rapporten konsentrerer seg først og fremst om det norske jordbruket, men de fleste av tiltakene og problemstillingene som diskuteres, vil også ha relevans for jordbruk andre steder i verden.

2 Hvorfor redusere klimagassutslippene fra jordbruket?

Verden står med trusselen om menneskeskapte klimaendringer overfor en av sine største utfordringer noensinne. Bruk av fossil energi som olje, kull og gass fører til klimagassutslipp og er hovedårsaken til problemet. Men også andre klimagassutslipp, knyttet til jordbruk og arealendringer, påvirker klimaet. FNs klimapanel tilrår at de globale klimagassutslippene må reduseres med 50–85 prosent innen midten av dette århundret. Deretter må kanskje ytterligere kutt

til dersom man skal unngå de verste konsekvensene av klimaendringene.

Norge og EU arbeider for å hindre mer enn to graders økning av den globale middeltemperaturen i forhold til utslippstall fra 1990. FNs klimapanel (IPCC 2007) anslår at dersom dette målet skal nås, må utslippene i de rike landene kuttes med 25–40 prosent i perioden 1990–2020. I tillegg må utslippsveksten i utviklingslandene bli betydelig lavere. Desto seinere man kommer i gang med å kutte klimagassutslipp, desto større må utslippskuttene være.

Det er svært utfordrende å få til så store globale kutt som det FNs klimapanel skisserer, og i noen sektorer er det per i dag vanskelig med dagens teknologiske løsninger. Den vanskelige oppgaven betyr likevel at man i alle sektorer må lete etter tiltak som kan redusere klimapåvirkningen. Dette gjelder også jordbrukssektoren. Fokus på utslippsreducerende tiltak i jordbruket er spesielt viktig. Dette er en sektor som potensielt vil vokse mye de kommende tiårene, da befolkningsvekst og heving av levestandarden vil og må medføre vekst i produksjonen. Det er imidlertid viktig at klimagassutslippene fra sektoren ikke vokser like raskt som produksjonen. Utslippene kan da bli så høye at jordbrukssektoren alene kan bidra til at klimakuttene som IPCC anbefaler, blir umulig å oppnå.

Ved dyrking og produksjon av mat benytter man seg i stor grad av prosesser som allerede foregår i naturen. Hvordan kan dette da være skadelig for klimaet?

De største utslippene fra jordbruket skyldes prosesser som også foregår naturlig, men utslippene blir store på grunn av intensivering. For eksempel gjelder dette utslipp av metan fra fordøyelsessystemet til små- og storfe. Slike utslipp forekommer ikke bare hos husdyr, men hos alle drøvtyggere, som for eksempel elg og hjort. Lystgassutslipp er en stor utfordring i jordbruket, men den er heller ikke bare knyttet til moderne jordbruks bruk av kunstgjødsel. Dannelse av lystgass forekommer alle steder i naturen der organisk materiale brytes ned og bygges opp.

Om vi for eksempel velger å hugge et skogområde for å utnytte det som beiteland eller drenerer ei myr for å kunne dyrke poteter, vil dette mangedoble de naturlige utslippene av klimagasser. Hvordan, hvor og hva vi velger å produsere i jordbruket, har mye å si for hvor mye som slippes ut. Jordbruk dreier seg i stor grad om å stimulere ønskelige naturlige prosesser og forhindre andre uønskede prosesser. Denne kontrolleringen av naturlige prosesser har også konsekvenser for utslipp og binding av klimagasser.

I all hovedsak slipper norsk jordbruk ut CO₂ gjennom bruk av fossil energi og som følge av karbontap fra jord. Metan kommer i all hovedsak fra husdyrhold og de største lystgassutslippene skyldes bruken av gjødsel.

Det vil både være umulig og helt uaktuelt å kutte alle utslippene fra jordbruk, siden dette ville medføre dramatiske konsekvenser for matvaresituasjonen i verden. Utslippene fra jordbruk er i stor grad knyttet til produktiviteten. Mange utslippskutt vil derfor også innebære kutt i matproduksjonen, noe som ofte vil være uaktuelt. Dette betyr ikke at man kan ignorere jordbrukets rolle i klimasammenheng.

Selv om det er umulig å fjerne alle klimagassutslipp fra jordbruket, kan en rekke tiltak gi positiv klimaeffekt. Samtidig må vi identifisere teknologien og løsningene som skal til for å kutte utslipp der vi i dag ikke har nok kunnskap. Dagens globale befolkningsvekst og økende behov for mat gjør det enda viktigere å se på klimaløsninger innen jordbrukssektoren.

3 Norsk jordbruk

Det samlede jordbruksarealet i Norge er 10,3 millioner dekar og utgjør bare ca 3,4 prosent av landarealet. 64 prosent av arealet er eng, mens kornproduksjon utgjør 31 prosent. Resten av arealet disponeres til annen produksjon, som for eksempel dyrking av frukt og grønt og oljevekster (Norges Bondelag, 2009).

Norge har i dag en selvforsyningsgrad (norskprodusert del av matvareforbruket på energibasis) på om lag 50 prosent (Gundersen et al., 2009). Det meste av animalske matvarer blir produsert i Norge, og i gjennomsnitt blir 60 prosent av kornet produsert innenlands. Importen består dermed i hovedsak av vegetabiliske matvarer (Bioforsk 2008).

De siste tiårene har det blitt færre og større bruk i Norge, og gjennomsnittsarealet på en jordbruksbedrift har økt med 140 prosent. I 2007 fantes 49.800 jordbruksbedrifter i Norge. 13.700 av disse drev med melkekyr og 16.000 med sau (Gundersen et al., 2009). Norge har derfor fått en mer intensiv produksjon på større og færre bruk enn tidligere.

Om lag 65 prosent av alle jordbruksbedriftene i Norge driver med husdyrproduksjon, som for eksempel melkeku, storfe, sau, gris, høner og kylling. Man finner husdyrproduksjon over hele landet, men geografisk er gårder med melkeku, storfe og sau oftest lokalisert på Vestlandet og i Trøndelag, i tillegg til Oppland og i Nordland. Svin og egg blir hovedsaklig produsert

på Østlandet, i Rogaland, i Nord-Trøndelag og i Hordaland. (Norges Bondelag, 2009).

Planteproduksjonen er mer geografisk konsentrert enn husdyrproduksjonen. Det er hovedsakelig på Østlandet og i Trøndelag man finner kornproduksjon. Grønnsaker blir i stor grad dyrket i Vestfold, Oppland, Buskerud og Rogaland. For eksempel foregår om lag 80 prosent av tomatproduksjonen i Rogaland. I Hedmark, Oppland, Vestfold, og Nord-Trøndelag finnes mye av potetproduksjonen, mens fruktdyrkingen har hovedsete på Vestlandet (Bondelaget, 2009).

Norsk jordbruks rammevilkår er nært knyttet til innholdet i internasjonale handelsavtaler, fordi mye av produksjonen i Norge er beskyttet av et sterkt importvern med høye tollbarrierer. Importvernet skal sikre avsetning av norsk produksjon til priser fastsatt i jordbruksavtalen (se neste avsnitt). Rammebetingelsene knyttet til importvern kan endre seg for en del type produksjon dersom det framforhandles nye avtaler for eksempel i World Trade Organization (WTO). Forhandlingene på jordbruksområdet har til nå vært svært konfliktfylte.

Nasjonalt legger jordbruksavtalen mellom staten og jordbrukets organisasjoner de viktigste føringene for økonomiske rammebetingelser i jordbruket. I tillegg styres jordbruket gjennom lovverk og forskrifter.

3.1 Klima for jordbruket – rammebetingelser

”Norsk klimapolitikk” St. Meld nr 34(2006-2007) (MD, 2007), også kalt Klimameldingen, ble vedtatt av Stortinget i 2007 og presenterer strategier for nasjonale klimamål innenfor de enkelte utslippssektorene i Norge, herunder landbruket. På bakgrunn av denne meldingen presenterte Landbruks- og matdepartementet (LMD) i juni 2009 en ny klimamelding for landbruket (St. Meld 39 (2008-2009) ”Klimautfordringene – landbruket en del av løsningen”). I denne meldingen drøftes det hvordan Norge kan redusere utslipp fra jordbruket og samtidig øke matproduksjonen (LMD, 2009). Meldingen legger fram tiltak og virkemidler som til sammen kan redusere utslippene med 1,1 millioner tonn CO₂-ekvivalenter. Hovedmomentene i den nye meldingen sier at landbruket skal:

- øke Norges matproduksjon og ta godt vare på naturgrunnlaget som landbruket forvalter
- begrense sine klimagassutslipp
- øke karbonopptak og binding i skog og jordsmonn
- i større grad ta i bruk trevirke og bioenergi
- tilpasse seg til et endret klima

Klimatiltakene som meldingen omtaler, omfatter både biogass, bedre gjødslingsmetoder og stans i nydyrking av myr. Til nå har man innført få nye virkemidler for å få iverksatt disse tiltakene.

Statens landbruksforvaltning (SLF) opprettet i 2008 ” Norsk utviklingsprogram for klimatiltak i landbruket”. Dette programmet har som mål ” å øke kompetansen om utslipp av klimagasser fra jordbrukspolitikken innvirkning på utslippene. Videre skal Utviklingsprogrammet og legge til rette for gjennomføring og synliggjøring av effektive tiltak som bidrar til reduksjon av klimagassutslipp fra jordbruket” (SLF, 2008:4).

3.1.1 Tilskuddsordninger i jordbruket

Det finnes mange forskjellige tilskuddsordninger i jordbruket. De aller fleste blir administrert gjennom jordbruksavtalen, som blir revidert hvert år i sammenheng med statsbudsjettet. Det vil være en politisk vurdering framover hvorvidt klimatiltak i jordbruket skal innarbeides i eksisterende ordninger finansiert over jordbruksavtalen, eller gjennom annen virkemiddelbruk, for eksempel tilskuddsordninger finansiert over statsbudsjettet, regelendringer eller endringer i skatte- og avgiftssystemet.

Bakgrunnen for tilskuddordningene administrert gjennom jordbruksavtalen kom med opptrappingsvedtaket i 1976-77. Det ble vedtatt at tilskudd måtte til for at ”...alle brukere, uansett bruksstørrelse og distrikt skal ha en rimelig mulighet til å oppnå en inntekt og samlede levekår på linje med industriarbeideren” (Norges Bondelag, 2009). Et viktig moment for tilskuddene var å jevne ut småbruksulempene. Tilskuddene økte raskt i perioden etter at tilskuddene ble innført og Norge så en betydelig vekst i produksjonen. Denne veksten flatet ut delvis på grunn av tilknytningen til internasjonale handelsavtaler.

I Norge er det Statens landbruksforvaltning (SLF) som styrer de fleste tilskuddordningene i jordbruket. Flere av tilskuddene som tildeles, har innvirkning på klimabelastningen. Et eksempel er tilskudd under det såkalte Miljøprogrammet, som inkluderer tiltak rettet inn mot blant annet forurensing, biologisk mangfold og areal- og beitetilskudd. Det gis per dags dato ingen spesifikke tilskudd til klimatiltak i landbruket. Det ble i jordbruksoppgjøret i 2008 bestemt at klima skal innarbeides som en del av et nasjonalt miljøprogram. Da Miljøprogrammet ble revidert for en ny fireårsperiode fra 2009 til 2012, var ikke tilskuddsordninger rettet mot klima inkludert, muligens fordi stortingsmelding 39 om klimatiltak i landbruket ikke var ferdigbehandlet i Stortinget. Eventuelle klimatiltak

vil derfor måtte innføres i en revidering av miljøprogrammet i 2010.

Satsningen på Miljøprogrammet skal bidra til å målrette miljøarbeidet i jordbruket, synliggjøre jordbrukets samlede miljøinnsats og styrke forankringen av miljøarbeidet både regionalt og lokalt. Tiltakene er fordelt på tre nivåer: det nasjonale miljøprogrammet, det regionale miljøprogrammet (RMP) og den lokale SMIL- ordningen (Spesielle miljøtiltak i landbruket). Det nasjonale miljøprogrammet innebærer nasjonale mål og strategier, og legger føringer for nasjonale virkemidler. Hovedmålsettingen er at programmet skal bidra til å styrke miljøarbeidet i jordbruket og synliggjøre dets samlede miljøinnsats. I tillegg gir det rammene for de regionale miljøprogrammene (SLF, 2008).

Miljøprogrammet for landbruket	
Nasjonalt	Nasjonalt miljøprogram
Fylkesnivå	Regionalt miljøprogram (RMP)
Kommunalt nivå	Spesielle miljøtiltak i jordbruket (SMIL)
Jordbruksforetak	Bondens miljøplan

Tabell 1

De regionale miljøprogrammene (RMP) forvaltes av fylkene. Fylkesmannen i hvert fylke utarbeider et regionalt miljøprogram gjennom en åpen prosess hvor frivillige organisasjoner, kommuner og fylkeskommune er involvert. Her blir miljøutfordringer i fylket identifisert og det blir gjort prioriteringer over hvilke utfordringer virkemiddelbruken skal rettes mot. RMP gir videre retningslinjer for de spesielle miljøtiltak i landbruket (SMIL-ordningen).

Spesielle miljøtiltak i landbruket (SMIL) skal ivareta natur- og kulturminneverdiene i kulturlandskapet og redusere forurensing fra jordbruket utover det som er forventet gjennom vanlig jordbruksdrift. Ordningen ble iverksatt for å kunne ha en mer målrettet innsats med utgangspunkt i lokale behov og målsettinger. Det er kommunene som behandler søknadene og utarbeider lokale tiltaksstrategier ut fra føringene fra de regionale miljøprogrammene.

For å kunne søke tilskudd gjennom Miljøprogrammet må bonden legge fram en miljøplan som blant annet inneholder en gjødselplan og vise til eventuelle mangler eller problemer som kunne blitt løst via tilskudd under Miljøprogrammet. I dag er det påbudt å legge fram en slik gjødselplan, men det holder at bøn-

Utslipp av klimagasser fra norsk landbruk					
	CO ₂ -ekvivalenter 1000 tonn			Sum	% av totale utslipp i Norge
	CO ₂ -ekv.	Metan	Lystgass		
Offisielle utslipp	407	2212	2137	4575	8,6
Karbontap fra åkerdyrking	500			500	0,9
Karbontap fra dyrket myr	1900			1900	3,4
Sum jordbruk	2807	2212	2137	7157	13,0
Utslipp fra gjødselproduksjonen	316			642	1,2
Sum totalt	3123			779	14,2

Tabell 2. Basert på tall fra tabell hos Briseid (2008:7)

dene leverer planen, den blir ikke godkjent eller fulgt opp fra myndighetenes side. I følge næringen selv har markert økning i prisen på kunstgjødsel de senere årene, bidratt til større fokus på riktig gjødselbruk.

Innovasjon Norge

Innovasjon Norge har et bioenergiprogram som skal stimulere til økt bruk av fornybare energikilder. Programmet er fordelt på to satsningsområder: bioenergi fra landbruket og flisproduksjon. Målet med satsningen på bioenergi i landbruket er å stimulere jord- og skogbrukere til å produsere, bruke og levere bioenergi i form av brensel eller ferdig varme. Programmet gir *investeringsstøtte* til bygg for varmesalg, gårdsvarmeanlegg, veksthus og biogassproduksjon. En kan også søke om støtte til utrednings- og kompetansetiltak, som for eksempel konsulent hjelp til forstudier, forprosjekter og utredninger, samt kompetanse- og informasjonsstiltak.

Enova

Enova har et støtteprogram for å øke produksjonen av biogass i Norge. Målgruppen for dette programmet er foretak som ønsker å satse på industriell produksjon av biogass for leveranse til det norske energimarkedet. Støtten gis som investeringstøtte til bygging av anlegg for biogassproduksjon, samt til distribusjon i sammenheng med produksjon. Denne ordningen vil trolig være mest aktuell for større fellesanlegg for husdyrgjødsel, ikke små gårdsanlegg.

Støtteordningene for bioenergiproduksjon i landbruket som går via ENOVA og Innovasjon Norge, er ikke underlagt jordbruksavtalen mellom staten og bøndene.

3.2 Utslipp fra norsk jordbruk

Den offisielle mengden klimagassutslipp fra landbruket i Norge er ca 4,7 millioner CO₂-ekvivalenter i året. Det tilsvarer 9 prosent av Norges samlede utslipp (Briseid, 2008:4). Metan og lystgass utgjør størstepar-

ten av dette utslippet. I motsetning til andre bransjer utgjør utslipp fra bruk av fossil energi kun en liten del av landbrukets klimabelastning. Tabell 2 viser fordelingen av utslippene av CO₂, metan og lystgass fra det norske jordbruket. I tillegg synliggjør tabellen et beregnet netto tap av 500 000 tonn CO₂ årlig grunnet åkerdyrking og 1.900.000 tonn årlig som følge av dyrking av myr (Briseid et al, 2008:8). Som det framgår av tabellen, utgjør CO₂ under 9 prosent av de offisielle utslippene. Metan og lystgass utgjør over 90 prosent, noe som illustrerer hvor lite av landbrukets klimabelastning som direkte skyldes bruk av fossil energi. Tabellen viser også de indirekte utslippene jordbruket bidrar med gjennom sin produksjon av kunstgjødsel. Dette medfører 642.000 tonn CO₂-ekvivalenter i året fordelt omtrent likt på CO₂ og lystgass. Disse utslippene er gjort rede for i Norges klimaregnskap under industri og er ikke med i de offisielle tallene under utslipp fra det norske jordbruket. Men som det framgår av tallene under, ville de totale utslippene fra jordbruket vært betydelig høyere dersom også utslipp som følge av gjødselproduksjonen var inkludert.

Det har inntil nylig vært lite oppmerksomhet rundt klimagassreducerende tiltak i jordbruket. Norsk jordbruksnæring har for eksempel til nå vært fritatt for sektorovergrepene virkemidler som CO₂-avgift. Jordbrukets utslipp har til tross for dette ikke økt, men ligget relativt stabilt de siste årene. Fra 1990 til 2008 gikk utslippet fra landbruket ned med 1,8 prosent (Gundersen et al., 2009). Stabiliteten i utslippene kan nok i stor grad skyldes at jordbruk ikke er en næring i vekst her til lands.

Som det framgår av figur 1, er det norske jordbruket dominert av husdyr- og fôrproduksjon. Størstedelen av vår korn- og engproduksjon går til fôr. Og som figuren viser, står utslipp fra husdyr og produksjon av fôrvækster for over 90 prosent av jordbrukets samlede offisielle utslipp. Dette skyldes metanutslipp fra drøvtyggende husdyr og metan- og lystgassutslipp i

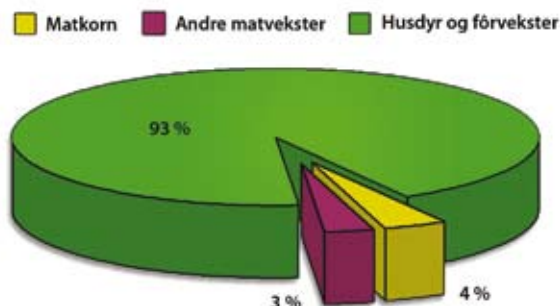
forbindelse med fôrproduksjon, som arealmessig er langt større enn produksjonen av matkorn.

3.2.1 Lystgass (N₂O)

Lystgass dannes ved denitrifikasjon, en naturlig prosess som reduserer nitrat (NO₃) og nitritt (NO₂) til nitrogenoksid (NO), lystgass (N₂O) eller molekylært nitrogen (N₂). Denitrifikasjon kan forekomme overalt hvor det finnes tilgjengelig nitrat og mangel på oksygen. Dette kan for eksempel være i jord eller i lager for husdyrgjødsel (Agropub, 2009).

Planter trenger nitrogen for å kunne gro. I naturlige økosystemer blir dette nitrogenet tilført jorda av nitrogenfikserende planter, blant annet belg- og kløvervekster. I det moderne jordbruket tilsetter en ekstra nitrogen via husdyr- og kunstgjødsel for å øke den biologiske produksjonen hos plantene. Tidligere var mangelen på nitrogen den begrensende faktoren i jordbruket, og handelsgjødselen (kunstgjødsel) medførte store endringer i jordbruket da den ble tatt i bruk.

Lystgass dannes i jorda ved forhold uten eller minimal tilgang på oksygen. Store lystgassutslipp forekommer derfor under tining og frysing. Dersom jorda får stor tilførsel av vann og blir mettet, dannes også lystgass. Mengden overskudd av nitrogen i jorda vil ha betydning for hvor store utslippene av lystgass



Figur 1
Klimagassutslipp fra norsk jordbruk fordelt på sektor (Briseid, 2008:9)

et totalt klimagassregnskap. Lystgass er også en vanskelig klimagass å måle utslipp av. SSB opererer med en usikkerhetsmargin på 57 prosent (SSB, 2008).

De viktigste kildene til lystgassutslipp er handels- og husdyrgjødsel, husdyr på beite, biologisk nitrogenfiksering, dekomponering av restavlinger og kultivering av myr. Beregninger fra SSB (2009:80) viser at ca 57 prosent av lystgassutslippet i jordbruket stammer fra handels- og husdyrgjødsel. Tabell 3 viser også de indirekte utslippene av lystgass fra avrenning og nedfall av ammoniakk (NH₃), som til sammen utgjør 20 prosent. Størrelsen på utslippene av lystgass har ifølge Statistisk sentralbyrå (Gundersen et al., 2009) holdt

Nitrogensyklusen

Vår atmosfære består av 78 prosent nitrogen, i form av N₂. Dette er jordas største lager av nitrogen. Planter trenger nitrogen for å danne proteiner og klorofyll. Det er i klorofyll, den grønne delen av planten, at fotosyntesen omdanner CO₂ til oksygen og plantemateriale. Nitrogen er således essensielt for alt liv på jorda.

Planter er ikke i stand til å ta opp nitrogen fra lufta. De må enten få nitrogen fra organisk materiale som brytes ned, fra nitrogenfikserende planter eller kunstig tilsetning av nitrogen. I naturen fikses nitrogen fra luft hovedsakelig av bakterier. Dette skjer ved hjelp av et spesielt enzym som heter nitrogenase. Bakteriene binder nitrogen med hydrogen og danner

ammoniakk (NH₃). Noen av disse nitrogenfikserende bakteriene kan leve i rotsystemene hos enkelte planter. Bakteriene avgir nitrogen som plantene kan nytte seg av og får karbohydrater i bytte. Dette kalles symbiose og er vanlig hos belgvekster som for eksempel kløverplanter og ertevekster. Det kan derfor være nyttig å dyrke belgvekster i rotasjon med andre vekster, for eksempel ertes og korn, annethvert år – eller blande kløver med gress når man sår eng. Nitrogenfiksering skjer også naturlig ved lynnedslag, men dette utgjør en minimal del av det naturlige nitrogenkretsløpet.

Nitrogen kan også bindes fra lufta kunstig. Det er dette som skjer ved produksjon av kunstgjødsel. Tidligere ble prosessen gjort ved vannelektrolyse blant annet

ved Norsk Hydros fabrikk på Rjukan. Prosessen er nesten lik den kjemiske reaksjonen som oppstår når nitrogen fikses fra luft ved lynnedslag. I dag skjer ammoniakkproduksjon for det meste ved bruk av det som kalles Harber-Bosch-syntesen. Prosessen krever tilgang på hydrogen (H₂) som ofte kommer fra naturgass. Dette er totalt sett en mindre energikrevende prosess enn produksjon ved vannelektrolyse. Mer enn 80 prosent av all ammoniakk som produseres i verden i dag, går til gjødsel.

Det nitrogenet som tilføres jorda, enten i form av husdyrgjødsel, råtnede organisk materiale, kunstgjødsel eller ved fiksering fra luft, vil enten tas opp av planter, bindes i jorda, vaskes ut eller danne ulike nitrogenengasser som NO, N₂O og N₂.

Lystgassutslipp fra jordbruket			
	Tonn N2O	CO2 ekvivalenter	Prosent av jordbruksutslippet i Norge
Handelsgjødtsel	2 263	701 530	16,31
Husdyrgjødtsel	1 763	546 530	12,71
Restavlinger	276	85 560	1,99
Avrenning	1 150	356 500	8,29
Dyrking av myr	1 069	331 390	7,71
Annet	444	137 640	3,20
Totalt jordbruk	6 964	2 158 840	50,21
Utenom jordbruk	5 424	1 681 440	39,10
Totalt	12 388	3 840 280	89,31

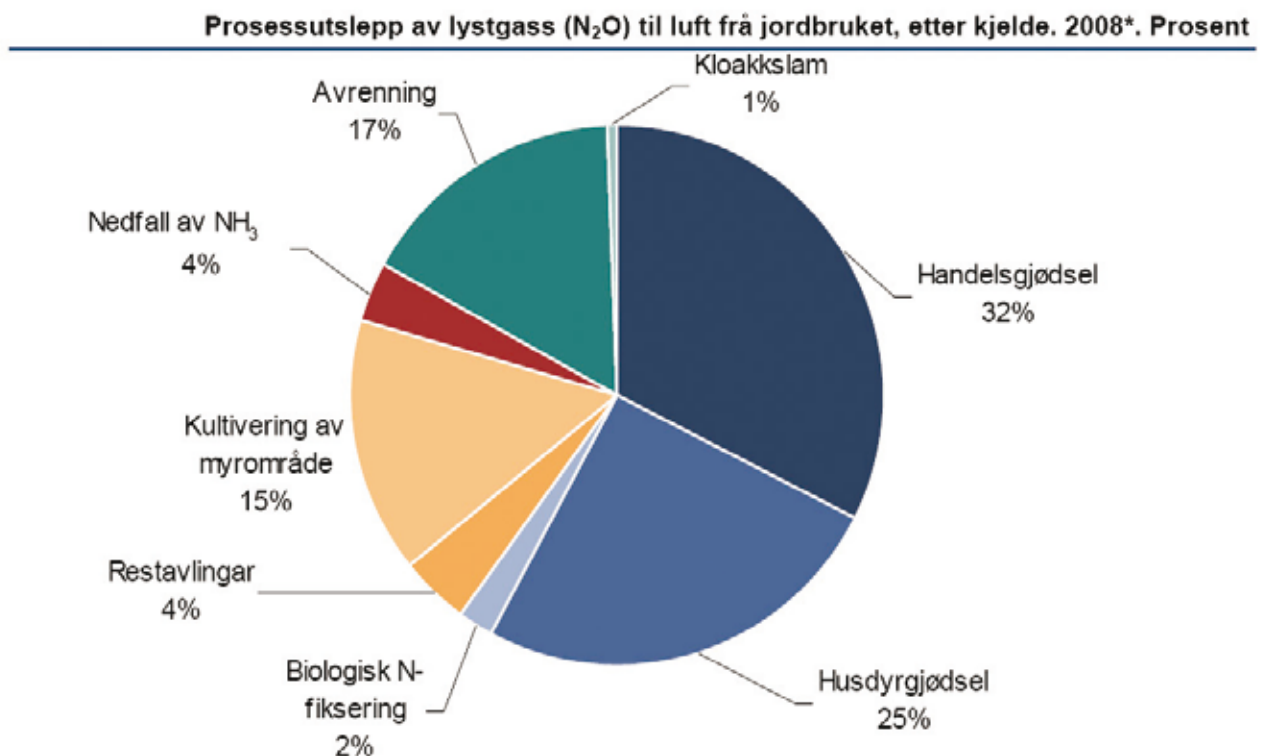
Tabell 3

seg stabile over tid, uavhengig av intensivering i produksjonen.

Utslippene av lystgass fra produksjon av kunstgjødtsel har i stor grad vist seg mulig å begrense, men når det gjelder bruken av den, har det vært mindre fokus på utslippsreducerende tiltak. Lystgassutslipp skyldes ikke bare bruk og produksjon av kunstgjødtsel. Bruk og lagring av naturgjødtsel gir også utslipp av lystgass. Det er i klimasammenheng ikke noen forskjell på lystgass fra naturlige og ikke-naturlige kilder, slik tilfellet for eksempel er med CO₂ fra fornybare og ikke-fornybare kilder. CO₂ som slippes ut ved bruk av bioenergi, inngår i et naturlig kretsløp der tilsvarende

mengde som blir sluppet ut, bindes igjen når biomassen vokser tilbake. Bioenergi bidrar derfor ikke til noe netto utslipp av klimagasser slik CO₂ fra fossil energi-bruk gjør. Lystgass opptrer ikke på samme måte i den naturlige nitrogensyklusen. Nitrogenet som plantene benytter seg av, hentes i stor grad fra nitrogen (N₂) i luft, ikke fra lystgass (N₂O). Det vil derfor være vesentlig å begrense unødige utslipp både fra natur- og mineralgjødtsel.

Om man ser bort fra produksjonen, danner kunstgjødtsel lystgass når den spres på jordet. Lystgassutslippene fra gjødtselbruk vil i stor grad henge sammen med hvordan og når man gjødsler. Nedbør og plante-



Figur 2

Basert på opplysninger fra 2008 (Gundersen et al., 2009).

Tallene er ikke endelige og må derfor antas å være noe usikre.

Utslipp av metangass fra jordbruket			
	Tonn CH ₄	Tonn CO ₂ -ekvivalenter	% av jordbruksutslippet
Utslipp fra husdyr (tarmgass)	88 590	1 860 411	43,27
Husdyrgjødsel	14 915	313 215	7,28
Forbrenning	285	5 985	0,14
Totalt jordbruk	103 791	2 179 611	50,69
Utenom jordbruk	113 239	2 378 019	55,30
Totalt	218 795	4 594 695	

Tabell 4

Tall fra 2008. Tallene er foreløpige og må antas å være noe usikre (Gundersen et al., 2009.)

nes evne til å oppta nitrogen er medvirkende faktorer. Som vi vil redegjøre for seinere i rapporten, kan tiltak som korrekt gjødselspredning derfor minske utslippene. I tillegg påvirker jordas pH-verdi dannelsen av lystgass. Naturgjødsel gir også utslipp ved spredning og lagring. I tillegg gir gjødsel fra dyr på beite også utslipp av lystgass. Dyr på beite gir generelt et noe høyere utslipp enn innendørs lagring av gjødsel (Briseid, 2008, s. 22).

3.2.2 Metan

Metan (CH₄) er en energirik gass som beregnes å ha en varmelagringsseffekt som er mer enn 20 ganger så effektiv som CO₂ (i et hundreårsperspektiv). I jordbrukssammenheng oppstår gassen primært i fordøyelsessystemet hos drøvtyggere som ku og sau og i forbindelse med gjødselhåndtering. Metan står for 8 prosent av Norges samlede menneskeskapte klimagassutslipp (SSB, 2006). Landbruket står for litt under halvparten av dette. Nesten 50 prosent av det samlede klimagassutslippet fra jordbruket kan tilskrives metan. For det meste skyldes metanutslippene husdyrhold. Om lag 85 prosent av utslippene ved husdyrhold kommer fra utåndingslufta til drøvtyggere, mens de resterende 15 prosentene skyldes gjødselen fra alle husdyr (Briseid, 2008, s. 23).

Drøvtyggere som sau og storfe har et fordøyelsessystem som er tilpasset utnyttelsen av næringen i gras. I denne prosessen dannes metangass som åndes ut av dyret. Dette fenomenet finner vi for eksempel ikke hos grisen, som ikke er en drøvtygger. Grisen kan da heller ikke utnytte de samme forressursene som kua kan.

Mengden utslipp av metan har nær sammenheng med antall husdyr og vil, med unntak av intensivering, i mange tilfeller være vanskelig å kutte uten å redusere produktiviteten. Unntaket her er tiltak som kan endre dyrenes førsammensetning. Om man øker mengden kraftfôr og reduserer bruken av grovfôr (gras), vil dannelsen av metan kunne reduseres noe.

I forhold til CO₂ og lystgass har metan relativt kort levetid i atmosfæren, rundt elleve år. Tiltak rettet mot menneskeskapte metangassutslipp vil derfor raskt kunne gi føre til lavere konsentrasjon i atmosfæren. Ifølge FNs klimapanel økte de menneskeskapte metanutslippene stadig fram mot 1990, men siden da har de mer eller mindre stabilisert seg (IPCC, 2007).

3.2.3. Fossil energi

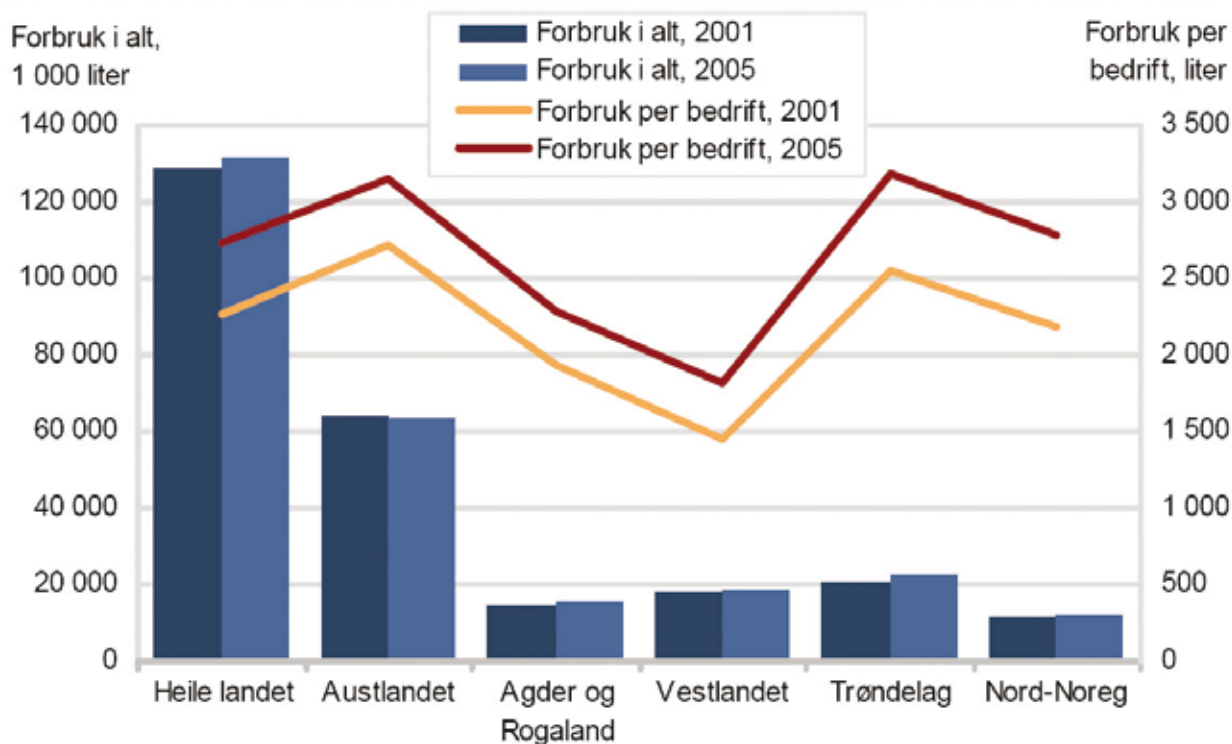
De viktigste energibærerne i husdyr- og planteproduksjon på friland¹ er elektrisk kraft og diesel. Elektrisitet brukes til blant annet oppvarming av fjøs, kjøling av melketank og fjørfefifte. I planteproduksjonen brukes mesteparten av strømmen til korntørkere og kjølelagre. Fra 2001 til 2005 har bruken av elektrisitet gått ned med 6,5 prosent til 1,1 TWh, dersom energibruk i veksthus holdes utenfor (Gundersen et al., 2009). Disse tallene er basert på total bruk og tar derfor ikke høyde for at det i perioden har vært reduksjon i antall jordbruksenheter. Om en tar høyde for de nedlagte produksjonsenheterne, vil tallet for bruk av elektrisitet per enhet ha økt med rundt 2000 kWh i samme periode (ibid).

Figur 3 viser forbruket av diesel i jordbruksnæringen om veksthus ikke er medregnet. Forbruket har økt noe, fra 129 mill liter i 2001 til 132 i 2005. Økningen kommer sannsynligvis fra bruk av større maskiner, økt kjøreavstand til leid jord², i tillegg til økt bruk i tilleggsnæringer (Gundersen et al., 2009).

Så å si alt som benyttes av drivstoff i norsk jordbruk i dag, er fossil energi. Norsk jordbruk benytter såkalt avgiftsfri diesel, som er rimeligere enn autodiesel.

1. Planteproduksjon som ikke skjer i drivhus.
2. Selv om antall produksjonsenheter har blitt redusert, har det vært liten endring i dyrket areal. Det er derfor vanligere at en leier ut jorda eller starter samdrift. Dette vil ofte føre til større avstander mellom enhetene og mer kjøring til og fra jorda.

Bruk av diesel i jordbruket (eksklusiv veksthus), og forbruk per jordbruksbedrift. Heile landet og regionar. 2001 og 2005



Figur 3

Bruk av diesel i jordbruket (eksklusiv veksthus), og forbruk per jordbruksbedrift. Hele landet og regioner i år 2001 og 2005 (Gundersen et al., 2009).

Avgiftsfri diesel er fritatt veiavgift, men pålagt CO₂-avgift. Historisk sett har avgiftssystemet gjort det mindre lønnsomt å bruk biodiesel på kjøretøy omfattet avgiftsfri diesel, enn i resten av transportsektoren. Også i dag er det prismessig få insentiv for å ta i bruk biodiesel, som i de fleste tilfelle vil være et dyrere alternativ. Biodiesel har ikke blitt særlig utbredt innen norsk jordbruk som for eksempel i Tyskland, der man har et annet avgiftssystem. Avgiftsfri diesel er heller ikke omfattet av omsetningspåbudet for biodrivstoff, som pålegger distributører av avgiftsbelagt fossilt drivstoff å blande inn en mindre andel biodrivstoff.

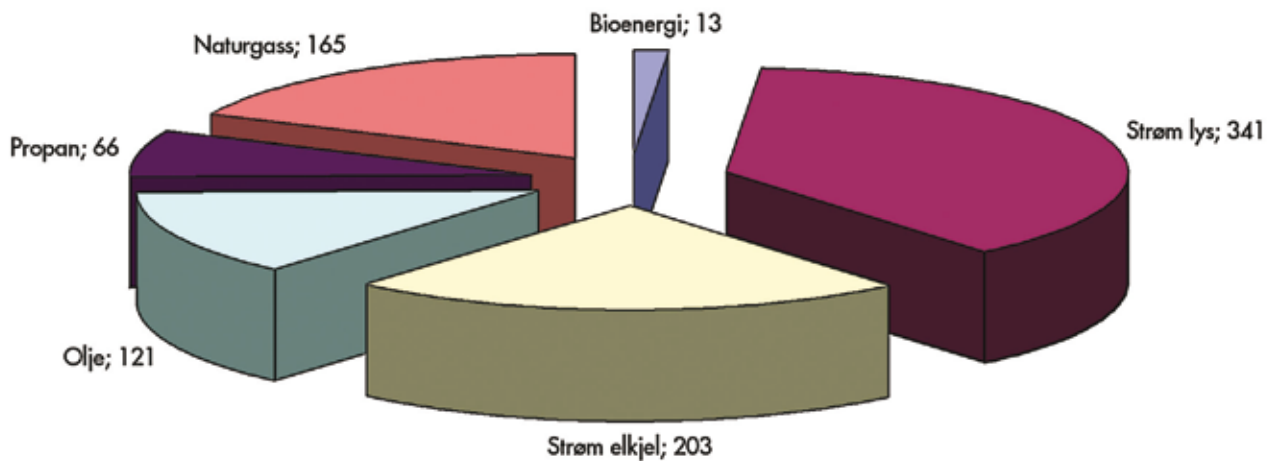
I dag brukes det 650.000 tonn avgiftsfri diesel i året. Landbrukets forbruker kun ca 120.000 tonn av dette. Om en blander inn 10 prosent biodiesel i avgiftsfri diesel vil det gi en reduksjon på ca 20.000 tonn CO₂ per år fra landbruket.³ I tillegg kommer også ytterligere 80.000 tonn fra blant annet anleggsmaskiner og annet dieseldrevet utstyr som ikke ferdes på offentlig vei.

Fossil energi i form av fyringsolje og fossil gass blir blant annet brukt i veksthus- og deler av husdyrnæ-

ringen. I den tidligere nevnte stortingsmeldingen om landbruk og klima (LDM, 2009) slår regjeringen fast at det bør være et mål å fase ut bruk av fossil energi til varmeformål i jordbruket innen 2020. Om en skulle nå denne målsettingen, antar regjeringen at dette vil gi en reduksjon på ca 50.000 tonn CO₂ ekvivalenter. ZERO har anslått at reduksjonspotensielt i veksthusnæringen alene er på om lag 80.000 tonn CO₂ (Grjotheim, 2009). Til nå er det ikke tilstrekkelig gode rammevilkår for at målet skal kunne nås.

I 2007 slapp veksthusnæringen i Norge ut litt over 82.000 tonn CO₂. Utslippene har blitt redusert de senere årene. Næringen bruker strøm til belysning. Til varme- og prosessformål brukes i overkant av 60 prosent fossil energi, og resterende er i hovedsak direkte bruk av strøm fra elektrokjel. Figuren under viser at bruken av bioenergi og varmepumper i veksthus i dag er minimal, men samarbeidsprogrammer mellom næringen og myndighetene på dette området gjør at andelen er økende. Veksthusnæringen har gode forutsetninger for å konvertere til fornybar varme fordi enhetene ofte allerede har installert vannbårne varmesystemer. Usikre framtidutsikter for bransjen medfører imidlertid at ønsket om å gjøre større investeringer er varierende, og dette utgjøre en barriere for konvertering til bioenergi. Nylige større investeringer i fossil gass til oppvarming i veksthus særlig i Roga-

3. Ti prosent som et årlig gjennomsnitt. Deler av året kan kulde gjøre det nødvendig å unngå bruk av biodiesel.



Figur 4. Energiforbruket i norske veksthus 2007 målt i GWh (Grjotheim, 2009. Tall fra Norges Gartnerforbund.)

land har også gjort konverteringen til fornybar energi vanskeligere.

Av det totale norske drivhusarealet på 1786,7 dekar blir hele 63 prosent brukt til blomsterproduksjon. Klimagassutslippene fra jordbruket omfatter altså ikke bare utslipp fra matproduksjon.

3.2.4 CO₂ fra jord og nydyrking

Selv om karbontap fra dyrket mark ikke er med i myndighetenes samlede statistikk for utslippet fra norsk jordbruk, er bidraget til de faktiske utslippene såpass stort at det er vanskelig å se bort fra. Ifølge tall fra er tapet fra mineraljord og nydyrket myr rundt 2,4 millioner tonn CO₂ årlig. Til sammenligning er det offisielle utslippet fra jordbruket for øvrig beregnet til 4,757 millioner tonn CO₂-ekvivalenter (Briseid, 2008:8). Altså tilsvarer karbontap fra jord et tillegg til de offisielle utslippene på over 50 prosent.

Alle jordtyper utgjør i større eller mindre grad et lager av karbon i form av det som er bundet i jorda av dødt og levende organisk materiale. Ulike typer skog og myr vil ha et høyt innhold av karbon, mens dyrket mark vil ha lavt innhold. Spesielt gjelder dette åkermark som utsettes jevnlig for pløying og deler av året har lite vegetasjonsdekke, som for eksempel ved dyrking av korn og potet. Dyrking av gras til husdyrfôr gir langt mindre karbontap. Grunnen er at det benyttes flerårige vekster som gir mindre behov for pløying, og dermed forkortes tida uten vegetasjonsdekke. Beitemark er den type jordbruksareal som binder mest karbon i jordsmonnet, fordi den har stabilt plantedekke hele året.

De største utslippene av CO₂ kommer fra frigjøring av karbon ved nydyrking av myr. Utslippene fra denne aktiviteten er estimert til 1,9 millioner tonn i året.

Myr dannes blant annet som et resultat av høyt vanninnhold, noe som gir et anaerobt miljø (oksygenfritt) der organisk materiale blir konservert. Dette fører til opplagring av karbon. Prosessen foregår svært sakte, men gjerne over hundrevis av år. Norske myrer binder derfor store mengder karbon.

For at den skal kunne bli dyrkbar mark, må myra dreneres. Ved drenering forsvinner det anaerobe miljøet, og nedbrytingen av det organiske materialet som er lagret i myra, begynner for fullt. Frigjøringen av karbon er størst de første årene og vil avta etter hvert som det blir mindre organisk materiale igjen i jorda, helt til myra er ferdig drenert og er blitt til mineraljord. Det finnes i dag ca 0,7 millioner dekar dyrket myr i Norge. Dette utgjør ca 7 prosent av totalt dyrket areal (Briseid, 2008:19). Tidligere var det langt mer dyrket myr, men en del oppdyrket myr har blitt tatt ut av produksjon.

3.3 Måling av utslipp fra jordbruket

Lystgass og metan er som nevnt henholdsvis 310 og 20 ganger mer effektive klimagasser enn CO₂. Det er vanskeligere å foreta nøyaktige målinger av metan- og lystgassutslippene enn hva tilfellet er for CO₂ og andre klimagasser. Lystgassutslipp er spesielt vanskelige å måle, og det vil alltid være stor usikkerhet knyttet til måleresultatet. Det forskes mye på mulige målemetoder som kan kvantifisere de ulike utslippene. I dag måler man lystgassutslipp ut ifra mengden tilsatt nitrogen i jorda. Dette er ikke en fullgod målemetode, siden den ikke tar høyde for faktorer som blant annet klima og næringsinnhold i jorda.

Norge bruker i dag utslippsfaktorer utarbeidet av FNs klimapanel (IPCC) i beregningen av utslipp av CO₂, lystgass og metan fra jordbrukssektoren. IPCC har regnet ut en faktor som tilsier at lystgassutslipp ut-



Foto: Mats Olsen

gjør 1,25 prosent av tilført nitrogen. Det vil si at to kg rent nitrogen spredd på et jorde vil gi utslipp på 0,025 kg lystgassutslipp. Dette er også den utslippsfaktoren som blant annet Statistiske sentralbyrå (SSB) bruker i sine beregninger. Det er SSB som publiserer tallmaterialet for de norske klimagassutslippene fra jordbruket, og byrået opererer med 59 prosent usikkerhet for sine tall. Briseid et al., (2008) mener usikkerheten ved beregning av lystgassutslipp er opp mot 100 prosent. Dette er et område der det både i Norge og internasjonalt er stort behov for mer forskning og utredning.

Utslipp av metangass er litt enklere å måle enn hva tilfellet er for lystgass. Norge bruker i dag IPCCs utslippskoeffisient, kalt Tier 2, for å kunne måle utslippene av metan fra husdyrproduksjonen. Denne utslippsfaktoren er basert på estimater fra flere europeiske land, og er dermed et gjennomsnitt. Den faktoren vil derfor nødvendigvis ikke være tilpasset norske forhold når det gjelder førsammensetning (som inkluderer beitetider) og besetningenes størrelse.

Hvert enkelt land har derfor blitt oppfordret til å utvikle egne nasjonale Tier 3-koeffisienter for å kunne beregne metanutslipp fra husdyrproduksjon. Bruk av den norske Tier 3-faktoren fører til høyere beregnet metanutslipp enn ved bruk av IPCCs Tier 2-faktor.

Forskjellen kan ifølge Nes og Volden (2009) forklares ved forskjeller i beregningsgrunnlaget. Tier 3 tar hensyn til norske produksjonsforhold, inkludert grovførets innvirkning på metanproduksjonen (Nes og Volden, 2009). Dette arbeidet viser hvor viktig det er å ta i bruk detaljert informasjon slik at estimerte utslipp blir mest mulig nøyaktig i forhold til de faktiske produksjonsforhold.

En kartlegging av karbon i jord og andre jordegenskaper vil kunne vise hvor det er mest hensiktsmessig å produsere forskjellige typer avlinger. Eng burde for eksempel plantes på jord med lave karbonnivåer for å kunne binde mer karbon, mens kornproduksjon på åker burde foregå på god og næringsrik jord. Dette vil både være hensiktsmessig for å oppnå økt produksjon, gode avlinger og økt karbonbinding i jord. Regelmessig kartlegging av jordsmonn vil bidra med mer nøyaktige nasjonale oversikter og gjøre det enklere å få til reduksjoner og nå mål.

3.3.1 Livsløpsanalyser av mat

Vestlandsforskning gav i 2009 ut rapporten *Klimamerking av mat – Er det mulig?* (Hille et al, 2009). Rapporten var ment å presentere en klimakalkulator for matvarer som tok høyde for utslipp i hele produktkjeden, fra jord til bord. Resultatene fra bruk av kalkulatoren var ment å føre til klimamerking av matvarer i Norge.

Rapporten kunne imidlertid ikke presentere konkrete funn eller noen klimakalkulator for livsløpsanalyser. Dette er fordi det i Norge finnes altfor lite tallmateriale til å kunne lage tilfredsstillende modeller. Rapporten har derfor kategorisert forskjellige matvarer i forskjellige utslippssjikt uten å tallfeste de konkrete utslippene fra hver enkelt matvare.

I rapporten konkluderer Vestlandsforskning at veksthusgrønnsaker, blant annet tomater, har stort sett like store eller høyere utslipp enn kjøtt fra drøvtyggere dersom en sammenligner matvarene med utgangspunkt i utslipp per produserte energienhet. Beregningene forutsetter at energien som benyttes i drivhusene kommer fra fossile kilder. Veksthusnæringen selv bestrider disse konklusjonene.

ZERO ga høsten 2009 ut en rapport om muligheter for fornybar energi i veksthusnæringen. Den viser at næringen har stort potensial for utslippsreduksjoner dersom den konverterer til bioenergi og varmepumper i stedet for fossil energi til oppvarming og vekstmiddel. Dette viser at for noen av matvarene kan man gjøre tiltak som kan ha mye å si for kategoriseringen.

Her er den fullstendige listen over rangering av matvarer fra rapporten til Vestlandsforskning. Rangert fra best til dårligst med hensyn til klima (målt pr energienhet) (Hille et al, 2009):

- Korn og grønnsaker dyrket på friland, de fleste fruktslag, villfanget pelagisk fisk, oppdrettet planteetende fisk og skalldyr fra oppdrett
- Melk
- Kjøtt fra svin og kylling, villfaget dypvannsfisk og oppdrettet rovfisk
- Grønnsaker fra drivhus oppvarmet med fossil energi anslås å på nivå med kjøtt fra drøvtyggere

Livsløpsanalyser for matvarer er problematisk med dagens kunnskap fordi beregningsgrunnlaget må ta hensyn til store lokale variasjoner, som er vanskelige å måle.

4 Jordbruk internasjonalt og håndtering i Kyotoavtalen

I dag brukes 40 til 50 prosent av jordas landområder til jordbruksproduksjon. I følge FNs klimapanel står denne produksjonen ansvarlig for mellom 10 og 12 prosent av de globale menneskeskaptede utslippene, og utgjøres hovedsakelig av metan og lystgass (IPCC, 2007). Jordbruket står for 60 prosent av lystgassutslippene og 50 prosent av metangassutslippene globalt. FNs klimapanel har ikke tatt CO₂-tap fra jord med i sine beregninger, fordi de mener disse utslippene balanseres av karbonbinding i plantemasse. Tap av CO₂ fra arealbruksendringer blir ikke rapportert under jordbruk, men en egen paragraf kalt arealbruksendringer og skog (LULUCF Land use, land use change and forestry). Utslippene fra slik aktivitet økte med hele 40 prosent i tidsperioden 1970 til 2005 (ibid).

Lite har blitt gjort for å redusere utslipp fra denne sektoren tidligere, og mellom 1970 og 1990 økte de direkte utslippene fra jordbruket med hele 27 prosent. Fra 1990 til 2005 økte utslippene av metan og lystgass med 17 prosent, det vil si 60 MtCO₂ ekv./år. Samtidig slår FNs klimapanel i sin rapport fast at om en holder fast ved dagens politiske retningslinjer for bærekraftig utvikling og reduserte utslipp fra jordbruket, vil utslippene fra sektoren fortsette å øke. Det trengs derfor en global kampanje for å kunne redusere utslippene fra jordbruket.

Internasjonalt er potensialet i jordbruket stort for å binde karbon i jord, men jordbruket er også veldig sårbart for karbontap fra avskoging og arealbruks- og klimaendringer. Klimatiltak i landbruket må således tilpasses hvert produksjonssystem så en kan redusere utslippene på en effektiv måte. Flere små tiltak kan gi betydelige bidrag til reduserte utslipp fra jordbruket totalt.

Jordbruket er den næringen som er mest sårbar for klimaendringene som temperaturendring, tørke, flom og mer ekstremvær. Ifølge FNs jordbruksorganisasjon (FAO) kan spesielt sårbare områder oppleve en avlingsreduksjon på opptil 50 prosent i tida fram mot 2020 (LMD, 2009). De mest sårbare områdene ligger i Asia og Afrika. Produktive områder vil derfor måtte ta ansvar for å produsere mer mat til verdens befolkning.

I 2050 kan verdens befolkning telle ni milliarder mennesker. FAO har estimert at for å kunne mette verdens befolkning i 2050 vil en måtte øke matvareproduksjonen med opptil 70 prosent i forhold til dagens nivå

(FAO, 2009). Direktør i FAO, Jacques Diouf, uttalte i sammenheng med verdenstoppmøtet for matsikkerhet i oktober 2009 at jordbruket har ikke noe annet valg enn å bli mer produktivt. Selv om det finnes produktive arealer som ikke blir kultivert, må mesteparten av økningen skjer i form av større avlinger og forbedret produksjonsintensitet, ifølge Diouf (ibid). Andre vil mene at bedre utnytting av matressursene og endrede matvaner vil være viktige løsninger.

Norge er forpliktet både gjennom Klimakonvensjonen og Kyotoprotokollen til å rapportere alle sine klimagassutslipp. Utslippene skal rapporteres til FNs klimasekretariat, som administrerer både konvensjonen og Kyotoprotokollen. Utslippsrapportene skal gi et fullstendig bilde av både utslipp og opptak av klimagasser i de forskjellige sektorene i hvert enkelt land.

Kyotoprotokollen ble framforhandlet i Kyoto i Japan i desember 1997, men trådte ikke i kraft før i 2005. Den er en juridisk bindende avtale som forplikter land til å nå sine fastsatte utslippsmål. Gjennomsnittlig har hvert land som mål å redusere utslippene med 5 prosent i forhold til 1990-nivå over en femårsperiode fra 2008 til 2012. Avtalen anerkjenner industrilandenes ansvar overfor utviklingsland og sistnevntes rett til utvikling. Det blir derfor ikke stilt krav til utviklingslandene om reduksjoner i utslippene, slik tilfellet er for industrilandene.

Alle land som har ratifisert avtalen, må rapportere sine utslipp etter spesielle retningslinjer vedtatt på Klimakonvensjonens toppmøter (Conference of the Parties, forkortet COP) og basert på faglige råd og retningslinjer fra FNs klimapanel (IPCC). I Norge er Statens forurensingstilsyn (SFT) ansvarlig for rapporteringen. Statistisk sentralbyrå (SSB) og Norsk institutt for skog og landskap leverer tallmateriale og dokumentasjon til SFT.

Opptak og utslipp av karbon fra skog og arealbruksendringer går i Kyotoprotokollen under betegnelsen "land use, land-use change and forestry" (LULUCF). Denne kategorien fanger imidlertid ikke opp alle jordbruksrelaterte utslipp, f.eks. karbontap fra åkerdyrking og nydyrking av myr. Land som har utslippsforpliktelser i Kyotoprotokollen er forpliktet til å inkludere deler av LULUCF-sektoren i rapportering og måloppnåelse (avskoging og nyetablering av skog), mens andre deler er valgfrie (skogskjøtsel, kjøtsel av beiteland m.m.)

5 Utslppsreduerende tiltak i norsk jordbruk

I denne delen av rapporten skal vi gjøre rede for mulige klimagassreduerende tiltak i norsk jordbruk. Vi vil fokusere på tiltak innen produksjon av jordbruksprodukter, ikke endring av forbruksmønster. Det er gevinster å oppnå ved redusert forbruk av de jordbruksproduktene med størst klimabelastning, men slike mål kan vanskelig nås ved endret produksjon alene. Redusert produksjon av et jordbruksprodukt i Norge fører ikke automatisk til lavere forbruk av varen på det norske markedet. Hvis tiltaket leder til økt import, har man totalt sett ikke oppnådd noen gevinst.

Vi vil under redegjøre kort for de forskjellige tiltakene og antatt effekt på klimagassutslipp.

5.1 Karbon i jord

Lagring av karbon i jord er antatt å ha stort potensial og regnes som et av de mest kostnadseffektive tiltakene for reduksjon av CO₂ i atmosfæren. Samtidig kan det innebære risiko for raske CO₂-tap ved endringer i dyrkingspraksis. IPCC anser binding av karbon i jord som tiltaket med størst klimapotensial i landbruket (IPCC, 2004). Karbonnivået i jorda i Skandinavia er allerede relativt høyt på grunn av kjølig klima og stor grasproduksjon av fôr til husdyrholdet.

Mulige tiltak for å redusere utslipp og øke karbonnivået i jorda inkluderer redusert jordarbeiding, direkteåing, bruk av flerårige vekster og vekster med dypt rotsystem, bedre vekstomløp og omlegging fra åpen åker til gras. Disse tiltakene vil ha innvirkning på produksjonsmålene i jordbruket og på det norske kulturlandskapet.

5.1.1 Myr dyrking

Myr kjennetegnes ved høyt innhold av vann og anaerobe forhold som virker konserverende på organisk materiale. Når en drenerer myr for dyrking, fjerner en vann og tilfører oksygen som fører til en hurtig nedbrytning av det organiske materiale. Torva vil synke sammen og bli mer kompakt, før jorda tilslutt er omdannet til mineraljord. Denne prosessen frigir store mengder CO₂ og lystgass over lengre perioder. Utslippene fra drenering av myr er estimert til ca 800 kg CO₂ per dekar per år, men mengden vil reduseres etter hvert som torva blir omsatt og myra omdannet til mineraljord (Hoen et al., 2007).

To tiltak kan redusere utslippene ved myr dyrking: Forbud mot nydyrking og restaurering av myr til naturlig tilstand.

Nydyrking av myr har gått kraftig tilbake de siste årene. Tidligere fantes tilskuddsordninger for nydyrking av myr, men disse ble avvirket på midten av 1990-tallet og det er nå antatt at mindre enn 1000 dekar myr



foto: Jon Gos / Flickr

	Jordegenskaper	Driftspraksis
Omlegging fra åker til gras	Lavt karboninnhold Lavt avlingspotensial Stor erosjon	Planter med djupt rotsystem, f. eks kløver eller bladfaks Moderat nitrogengjødsling
Omlegging fra gras til åker	Lavt til middels karboninnhold Høyt avlingsnivå Lite erosjon	Redusert jordarbeiding og vekstskifte med gras God agronomisk praksis som sikrer høy kornavling

Tabell 5 (Grønlund et al. 2008:37)

nydyrkes per år i Norge (Briseid, 2008). Bioforsk⁴ har presentert tall som viser at en ved forbud mot nydyrking av jord vil kunne redusere de årlige utslippene av CO₂ med 20.000 til 40.000 tonn per år, mens lystgassutslippene vil reduseres med 4.000 til 7.000 tonn CO₂-ekvivalenter per år. Om en unngår nydyrking av myr, kan en forvente en effekt som tilsvarer 2,3 prosent reduksjon av de totale utslippene fra jordbruket etter fem år, 4,7 prosent etter ti år og 9,4 prosent etter tjue år.

Restaurering av myr vil si at en hever grunnvannsnivået tilbake til opprinnelig nivå, der det var før drenering. Dermed blir myrvegetasjonen reetablert og myra tilbakeført til naturlig tilstand. Myra vil da kunne akkumulere karbon igjen. Dette tiltaket er mest relevant på myrarealer som fortsatt har dype torvlag som kan være kilde til store CO₂-tap i framtida om det blir drenert. Det gjelder også myrarealer som vil bli tatt ut av produksjon på grunn av vanskelige forhold som torv over fjell, samt myr under produksjon som har problemer med drenering, avløp eller torvlag med liten bæreevne. Restaurering av myr er et rimelig tiltak i forhold til å ta kostnadene ved å investere i nytt dreneringsutstyr (Grønlund et al., 2008). Områder med lavt torvlag som raskt vil omgjøres til mineraljord, er det lite lønnsomt å restaurere. En utfordring ved restaurering av myr er metanutslipp, og det trengs mer forskning før den totale klimaeffekten av dette tiltaket kan fastslås. I enkelte tilfeller vil det lønne seg å dyrke skog eller gras framfor restaurering for raskt å tilbakeføre karbon til jorda.

Stortingsmelding 39 (2008-2009) om klima og landbruk slår fast at regjeringen vil redusere nydyrking av myr til et minimum. Forbud mot nydyrking ville gitt størst effekt. Ettersom arealene som blir nydyrket hvert år er relativt små, mener ZERO det burde være mulig å gjennomføre et forbud. Restaurering av myr er ikke et bedriftsøkonomisk godt tiltak, men et

4. Bioforsk er et forskningsinstitutt organisert under Landbruks- og Matdepartementet. Bioforsk jobber nasjonalt og internasjonalt med landbruk, matproduksjon, plantehelse, miljø- og ressursforvaltning.

godt klimatiltak. Her må kommunene og bøndene ta initiativ til å kartlegge potensielle områder egnet for restaurering og søke om penger til dette fra Miljøprogrammet. SMIL-ordningen i Miljøprogrammet (Spesielle miljøtiltak i landbruket) burde kunne omfatte restaurering av myr. Det forutsetter at det bevilges penger fra jordbruksavtalen til tiltaket, eller at det blir tatt fram som prioritering på regionalt nivå.

5.1.2 Økt karbonbinding i jord

Åkerproduksjon fører til redusert karboninnhold i jorda. Dette er fordi dyrking spesielt av ettårige vekster fører til lavere humusinnhold i jorda, og fordi åpen åker gir høyere karbontap enn vegetasjonsdekket jord. I Norge er utslippene fra åkerproduksjon estimert til 0,7 millioner tonn CO₂ per år. Størst tap gir brakklagt jord (jord ute av produksjon), ensidig dyrking av rotvekster og kornproduksjon der halmen fjernes og gir lavere humusinnhold.

Det er flere tiltak som kan igangsettes for å minimere tap av karboninnhold i jorda ved åkerproduksjon. Slike tap kan unngås eller betydelig begrenses ved nedmolding av halm og ved å holde åkeren stubb om vinteren gjennom å unngå høstpløying. En kan også redusere tap om en øker tilførselen av nitrogen, ved åkerrotasjon og ved bruk av husdyrgjødsel. Nedmolding av halm og bruk av husdyrgjødsel kan ventes å redusere nedgangen, men ikke stanse den helt (Grønlund et al., 2008). Overgang til grasproduksjon vil redusere karbontap og øke karbonbindingen i jord. Imidlertid er dagens jordbrukssystemer i Norge hovedsakelig basert på fôr- og husdyrproduksjon. En mulig negativ konsekvens er at økt grasproduksjon kan bety økt husdyrproduksjon, siden bare drøvtyggere kan utnytte gras. Dette vil igjen øke metan- og lystgassutslippene. Gras som fôr er også mindre energieffektivt og gir mer metanutslipp fra husdyrene enn kraftfôr.

1) Fra åker til eng, optimalisering av jordressurser

Bioforsk har publisert resultater fra en studie som viser hvordan en kan optimalisere og redusere karbontap fra jord ved å optimalisere og tilpasse produksjonen ut fra jordegenskaper (Grønlund et al., 2008).

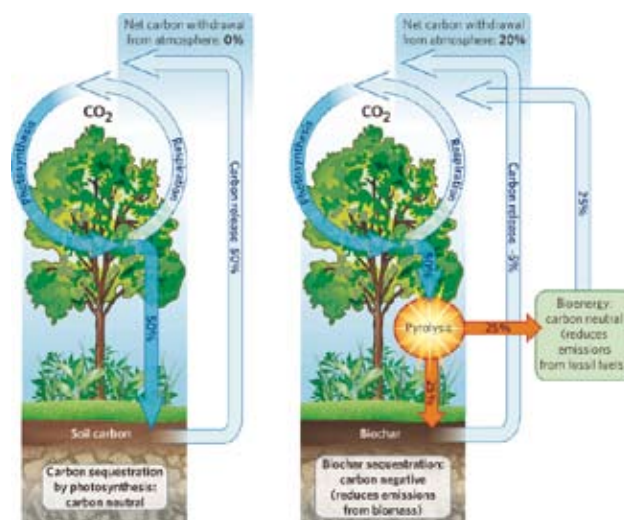
Tabell 5 viser hvilken type jord som er optimal henholdsvis for gras- og åkerproduksjon.

I Norge kan bakkeplanert jord som har lave nivåer av karbon, være egnet til et skifte fra åker til eng. Det vil si at en går fra kornproduksjon på åker til grasproduksjon på eng. Ved åkerproduksjon på bakkeplanert jord forekommer det større erosjon og lavere kornavlinger enn en ser ved uplanert jord. Det langsiktige potensialet ved å skifte fra åker til eng på denne type jord anslås å være på ca 5 tonn karbon per dekar. Dette er også differansen av karboninnholdet mellom planert og uplanert jord. Med disse beregningene antas årlig binding å være mellom 50 og 100 kg karbon per dekar. Grønlund et al.(2008:37) anslår at potensialet for skifte fra åker til eng er størst i jord med godt rotsystem og hvor en trenger moderat nitrogen gjødsling. På den andre siden vil områder med lavt karboninnhold, med liten erosjon vil således være bedre egnet for åker og vil gi høyere avlingsnivåer. Grasproduksjon på slike jordområder vil derfor i et klimaperspektiv være bedre egnet for kornproduksjon.

Ved omlegging fra åker til beite vil karbonbindingen øke. Beiting kan også føre til høyere mengder karbon i jorda på grunn av husdyrgjødselen etterlatt på beite og økt binding i plantemasse året rundt, men utslippet av metan fra husdyrene kan overskygge effekten av karbonbindingen. På den annen side kan redusert beiting føre til gjengroing med betydelig grad av karbonbinding, men ha en uønsket virkning på kulturlandskapet. Klimagevinsten av tiltak vedrørende arealbruksendringer vil dermed være veldig stedsspesifikk og avhenge av tilgjengelige ressurser og produksjonssystemer i området.

2) Biokull.

Biokull er organisk kull. Det kan framstilles gjennom kjemiske eller manipulererte prosesser, men dannes også naturlig for eksempel under skogbranner. Det er vanlig å framstille biokull ved å varme opp organisk materiale (for eksempel halm) til 500 grader, så det forkuller. Biokull som blandes i jord kan binde store mengder karbon. Det kan i prinsippet lagres overalt, men er særlig egnet som tilskudd i dyrket jord, da det også vil forbedre jorda på andre måter. Det er foreløpig forsket lite på hvor mye karbon som kan bindes i jorda av biokull, og hvor lenge, men noen miljøer antar at det kan lagres i flere tusen år (Biochar, 2009). Bioforsk startet høsten 2009 et forskningsprosjekt for å undersøke hvordan biokull virker under norske forhold, der jorda er kjølig. Internasjonal forskning på biokull har konstatert biokullets evner også som jordforbedringsmiddel, men til nå er de fleste studiene gjort i land med et ganske annet klima, der jorda er temperert.



Figur nr 5 Biokull og dets evne til å binde karbon i jord (fra <http://www.biochar-international.org>)

Bruk av biokull er en lovende metode for økt karbonbinding i jord i Norge. Biokull forbedrer binding av karbon fra atmosfæren og forlenger oppholdstida i jorda. Mens ferske planterester brytes ned nesten totalt i løpet av noen år, vil omdanningen til biokull gjøre at karbonet som er tilstede, går over til en mer stabil form. Som nevnt ovenfor er biokull et biologisk produkt som i hovedsak dannes ved kontrollert oppvarming av plantematerialet i oksygenfattige omgivelser; kullet er blant annet biprodukt ved produksjon av pyrolyseolje. Etter pyrolysen vil ca 50 prosent av det opprinnelige karbonet finnes i biokullet. Pyrolyseolje kan vise seg å bli et viktig biodrivstoff. I Norge planlegges det blant annet å etablere to store biooljefabrikker. Norske Skogs datterselskap Xynergo planlegger en fabrikk på Follum, og firmaet X-Waste planlegger også et stort pyrolyseoljeanlegg i Norge. I tillegg til å produsere fornybart drivstoff og fornybar fyringsolje vil en storsatsning på pyrolyseolje i Norge gi tilgang til store mengder biokull til bruk i landbruket. Produksjon av pyrolyseolje vil dermed ha dobbel klimaeffekt.

Biokull er også kjent for å ha egenskaper som jordforbedringsmiddel. Det er antatt at biokull vil kunne føre til bedring av jordstrukturen, ha biologiske egenskaper og gi fruktbarhet som til sammen vil gi positive utslag på produksjon (Lehmann et al., 2006). Resultater fra et prosjekt ved det Danske Teknologiske Universitet (DTU) viser at nedpløying av biokull i de øverste 25 centimetrene av jordoverflaten vil gjøre jorda mer porøs og bedre i stand til å holde på næringsstoffene. Tilførsel av biokull kan også være med å redusere utvaskning av næringsstoffer fra jorda og dannelse av lystgass (DTU, 2009).

Bruk av biokull gir dermed økt planteproduksjon,

som er en positiv økonomisk gevinst for bøndene. Forskning viser også at biokull har andre positive bivirkninger som at det kan bidra til å øke jordas pH-verdi, motvirke aluminiumforgiftning av planter og stabilisere tilført organisk materiale.

Biokull har fått økt oppmerksomhet i jordbruket den siste tida, nettopp fordi det å pløye kullet inn i jorda kan øke karbonlagringen. Derfor har også biokull fått økende oppmerksomhet i de internasjonale klimaforhandlingene. Men resultatene av alle tiltak som omfatter karbon i jorda vil variere med jordkvalitet og klima. Det er derfor viktig at Norge bidrar til mer forskning på bruk av biokull i dyrket mark under norske forhold og kartlegger regionale forskjeller. Blant annet er det viktig å avklare om giftige forbindelser i biokullet vil virke negativt på jorda, om biokullets påvirker jordas evne til å holde på vann og hvordan biokullet reagerer på andre mikroorganismer i jorda.

Det har også vært pekt på (Grønlund et al., 2008) at den norske jorda allerede har relativt høyt karboninnhold på grunn av kjølig og fuktig klima. Enkelte områder vil være mer karbonrike enn andre og vil derfor nå et mettingspunkt før andre. Forskere mener potensialet for karbonlagring i dyrket mark i Norge er noe begrenset på grunn av det naturlig høye karboninnholdet og en stor andel grasareal. På den annen side vil antagelig klimaendringene føre til varmere klima også i Norge, og da blir risikoen for økende karbon tap større (Grønlund et al., 2008). Det er derfor viktig med forskning, overvåking og gjennomføring av tiltak som alt nå kan begrense karbontap.

5.2 Tiltak for å redusere lystgassutslipp fra planteproduksjon

På grunn av nitrogenomsetning i jorda vil planteproduksjon uunngåelig føre til utslipp av lystgass. Det finnes flere tiltak som kan redusere lystgassutslippene. Det gjelder spesielt tiltak som optimaliserer vekstforholdene gjennom presisjonsjordbruk, samt optimalisering av nitrogenforbruket gjennom forbedret gjødsling.

Presisjonsjordbruk er en fellesbetegnelse på en rekke små tiltak som til sammen gir positive effekter for bonden og klimaet. Ved bruk av ny teknologi og god gammel jordbrukspraksis legges det til rette for å bruke nitrogenet mer effektivt og hindre avrenning og erosjon. Her dreier deg seg om teknologiske hjelpemidler som GPS-styring av jordbruksmaskiner

og bruk av nitrogensensor⁵ (N-sensor) for gjødsling, men også grøfing og mindre jordarbeiding. Slike tiltak kan gi lavere lystgassutslipp. Tiltak som kan optimalisere vekstforholdene, påvirker også lystgassutslipp. En kan se reduksjoner ved å velge riktig såkorn i forhold til jordsmonn, riktig såtid og sørge for god erosjonskontroll. Det er ikke alltid like enkelt å tallfeste hvor stor reduksjon av klimagassutslipp disse tiltakene forventes å gi. Det en vet, er at optimalisering av vekstforhold vil gi grunnlag for raskere og bedre rotutvikling, større kornavlinger med lavere gjødsel forbruk og dermed mindre lystgassutslipp per kilo kornavling. Dette vil gi redusert nitrogenoverskudd per kilo kornavling på grunn av større avlinger, men reduksjonen er nødvendigvis ikke redusert per dekar jord.

Tiltakene som er presentert nedenfor vil alle kunne regnes som tiltak for å innføre bedre presisjonslandbruk, men for flere av tiltakene er det vanskelig å tallfeste potensialet for utslippsreduksjoner.

5.2.1 Redusert høstpløying og fangvekster

Jordbruksarealets tilstand om høsten er avgjørende for hvor høy erosjonsrisikoen er og hvor store næringsstofftap bonden opplever i løpet av vinteren. Spesielt sårbare er kornfelt der det arbeides med jorda etter siste innhøsting: dette etterlater jorda bar uten et beskyttende plantedekke gjennom vinteren. Det å plante fangvekster i åker og eng vil kunne redusere avrenning og faren for erosjon. Fangvekster er kortvokste grasarter innsådd i korn som gir økt fotosyntese og binding av karbon i tida etter at kornet er tresket. Det har de siste årene foregått mindre høstpløying og blitt plantet flere fangstvekster. Dette skyldes høyst sannsynlig tilskuddsordninger for fangvekster og redusert jordarbeiding, som er en del av tilskuddspakken under Miljøprogrammet for jordbruket.

Pløying av åker om høsten og det å ha åpen åker gjennom vinteren vil gi høyere lystgassutslipp i form av erosjon og avrenning, og i tillegg gi store tap av CO₂ ved at åkeren ligger åpen. Ifølge forskning på området (Grønlund et al., 2008) bør det være mulig å øke arealet av stubbåker, noe som har vist seg å kunne redusere tapet av CO₂. På grunn av behovet for å bekjempe sykdommer på avlingen vil minst ca 20 prosent av kornarealet måtte pløyes om høsten, men det er i følge Grønlund (2008) fortsatt et potensial på å kutte arealet som blir høstpløyd i dag med 20 prosent.

5. En nitrogensensor kan måle eksakt hvor mye nitrogen plantene trenger og variasjoner i åkeren. Dette hindrer dermed overflødig nitrogentilførsel.

Høstpløying eller lett høstharving er de vanligste jordarbeidsmetodene for høstkorn, som i dag dyrkes på rundt 10 prosent av kornarealet i Norge (Grønland et al., 2008). Det finnes i dag tilskuddsordninger for å redusere høstpløying, og disse ser ut å fungere veldig bra.

En rapport publisert hos Bioforsk viser at tilskuddsordninger for fangvekster har en betydning for avrenning. Andel fangvekster har økt proporsjonalt med tilskuddsordningene og blitt redusert når det har vært kutt i tilskudd på fangvekster. Nivået av avrenning samsvarer dermed med endringer i tilskuddnivået for dyrking av fangvekster (Beckmann et al., 2008). I tillegg fører dyrking av fangvekst til mindre utvasking av nitrat og mindre utslipp av lystgass til atmosfæren. Den ovenfor nevnte rapporten (ibid) slår fast at tilskuddsordninger for redusert jordarbeiding og fangvekster har bidratt til å redusere avrenning og øke erosjonskontrollen. Disse tiltakene har hatt som mål å hindre forurensing til vann, men har også hatt en effekt på lystgassutslipp og burde derfor videreføres. Det trengs likevel mer forskning på hvor stor klimaeffekt disse tiltakene har.

5.2.2 Jordarbeiding

Høy jordarbeiding kjennetegnes ved kjøring av jordbruksmaskiner på jorda, noe som fører til økt jordpakking. Jordpakking og strukturskader i jord stenger oksygentilførselen og gir anaerobe forhold i jorda som igjen fører til økte lystgassutslipp. Redusert jordarbeiding og drenering gjennom god grøfting og god jordstruktur vil derfor bidra positivt og redusere lystgassutslippene. Store og tyngre maskiner en del av den nye teknologien som blir tatt i bruk i det norske landbruket. Disse maskinene fører til økt jordpakking og ødelagte grøfter som dermed bidrar til dårlig drenering av jorda og økt vanninnhold i jorda som igjen øker lystgassutslippene.

Avrenning er et problem både for bonden, som mister verdifulle næringsstoffer fra jorda, og for nærliggende vann og vassdrag, som blir forurenset av for store mengder nitrogen og fosfor som øker lystgassutslippene. Rundt 18 prosent av tilført nitrogen fra både handels- og husdyrgjødsel går tapt ved avrenning. Nitrogen fra gjødsel i grunnvann og overflatevann øker produksjonen av lystgass, ettersom nitrogenet gjennomgår nitrifikasjon og denitrifikasjon. Som vist i figur 2 ovenfor, fører avrenning til utslipp av lystgass på rundt 1 150 tonn i året (356 500 CO₂ ekvivalenter).

Jordpakking og ødelegging av grøfter kan reduseres

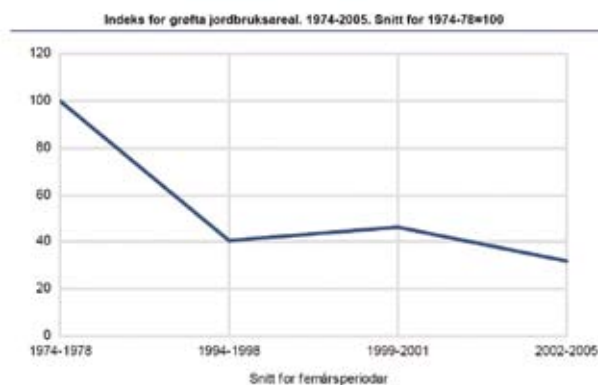
betydelig ved å ta i bruk GPS⁶-assistert maskinstyring. Dette vil begrense kjøringen til faste kjørespor, redusere strukturskader og skåne delene av arealet der det ikke kjøres.

GPS-assistert maskinstyring er foreløpig lite utbredt i Norge, men mer vanlig i land med store åkerarealer. Det trengs derfor videre forskning på og utvikling av dette tiltaket for å vurdere hvilke muligheter det gir under norske forhold. Et mulig virkemiddel i så måte er investeringstilskudd for slike styringssystemer. Nasjonalt program for klimatilak i landbruket under SLF kunne bevilget penger til et pilotprosjekt for GPS-styring, gjerne i kombinasjon med bruk av N-sensor for optimalisering av tilføring av kunstgjødsel.

Bruk av lettere landbrukskjøretøy vil også kunne ha positiv effekt.

5.2.3 Grøfting

Grøfting er et effektivt tiltak for å drenere jorda så den ikke blir mettet med vann og forringer vekstvilkårene til planten. Det er også et viktig tiltak mot erosjon og avrenning. Fordi grøfting forhindrer erosjon, avrenning og anaerobe tilstander i jorda, vil tiltaket kunne redusere lystgassutslippene betydelig. Grøfting av åker- og engområder er i tråd med god jordbrukspraksis, men de siste årene har stadig mindre produksjonsareal blitt grøftet. Rundt midten av 1970-tallet ble det innført tilskuddsordninger for grøfting. Som det framgår av tabellen nedenfor, ble det i fireårsperioden 1974 til 1978 grøftet 565.600 dekar jord, eller 113.100 dekar i gjennomsnitt per år. I perioden 2002 til 2005 var mengden areal redusert til 36.100 dekar i gjennomsnitt per år, altså en kraftig reduksjon. Tallene viser at det dermed er betydelige arealer under produksjon i dag som er alt for dårlig drenert.



Figur nr 6 Indeks for grøfta landbruksareal (Gundersen et al., 2009).

6. Satellittbasert navigasjonssystem som kan memorisere å kartlegge kjørespor over tid.



Yara N-Sensor™ fordeler gjødsla etter varierende behov på feltet under kjøring (foto: Yara)

Det finnes ikke tall på hvor store lystgassutslipp dette forårsaker, eller hvor stort behovet er for grøfting. God drenering gir optimaliserte vekstforhold og økte avlinger i tillegg til reduserte lystgassutslipp og vil derfor være et kostnadseffektivt tiltak for bonden. Ved siden av optimalisert nitrogen gjødsling i plan-teproduksjonen er grøfting trolig et av de mest hensiktsmessige klimatiltakene innen jordbruket. Derfor bør grøfting prioriteres i videre forskning og utredning og ved tildeling av tilskudd.

Et godt virkemiddel er å gjenopprette og inkludere tilskudd til grøfting i de regionale miljøprogrammene.

5.2.4 Lystgassutslipp fra gjødsling

Som vi så under kapittelet om metoder for måling av klimagasser, blir lystgassutslipp beregnet ut fra mengden tilsatt nitrogen til jorda. Mindre tilsatt nitrogen fra gjødsel vil ifølge denne beregningen være det beste tiltaket for å redusere lystgassutslippene. For å kunne redusere bruken av nitrogen gjødsel (både handels- og husdyrgjødsel) på eng, beite og åker, må en kutte i gjødselbruken – med den konsekvens at produksjonen vil gå ned. Dersom man vil opprettholde samme produksjonsnivå, må arealet utvides. Dette kan gå på bekostning av skog eller eng, som binder betydelige mengder karbon. Etterspørselen etter matprodukter kan også føre til økt import dersom Norges produk-

sjonsnivå går ned. Resultatet kan derfor bli at man ikke reduserer utslippene per produsert energienhet. Å redusere nitrogen gjødslingen fører ikke nødvendigvis til målet, men det er lurt å optimalisere bruken av nitrogen slik at plantene kan benytte nitrogenet mer effektivt og dermed redusere nitrogenoverskuddet. Siden lystgass blir beregnet ut fra tilsatt nitrogen, vil en ikke med sikkerhet kunne si hvor store reduksjoner dette tiltaket vil gi.

Optimal nitrogen gjødsling eller presisjons gjødsling betyr at en tilsetter bare så mye nitrogen som plantene er i stand til å ta til seg. Opptaket styres i stor grad av klimatiske faktorer som jordkvalitet, temperatur og fuktighet. Det er derfor vanskelig å nøyaktig beregne lystgassutslipp og det vil alltid være en viss grad av usikkerhet knyttet til tallene.

Flere studier viser at optimalisert nitrogen gjødsling vil forhindre nitrogenoverskudd og dermed lystgassutslipp. Bioforsk har funnet ut at det i den norske kornsektoren gjødsles omtrent 10 prosent over hva som er antatt som normalt. Det har også blitt gjort forsøk ved dyrking av bygg og hvete som indikerer at nitrogeninnholdet i gjødslet kan reduseres uten at dette har stor betydning for avlingsnivået (Briseid et al., 2008). Bioforsk har presentert tall som viser at redusert gjødsling sammen med økt kornareal kan etter

norm gi en svak reduksjon av lystgassutslipp: 3.000 tonn CO₂-ekvivalenter ved 5 prosent arealøkning og 6.000 tonn ved 10 prosent økning. En slik reduksjon vil likevel bare utgjøre et minimalt bidrag tatt i betraktning de totale klimagassutslippene i jordbruket.

Tilførselen av nitrogen i åker og fulldyrket eng har ikke forandret seg mye de siste årene. Det blir ifølge SSB tilført i gjennomsnitt 10,9 kg nitrogen per dekar korn- og oljevekstareal og 13 kg nitrogen per dekar fulldyrket eng (Gundersen et al., 2009). Hvor stor andel nitrogen planten klarer å ta opp, kommer an på klimatiske forhold, hyppighet og mengde gjødsel. Disse faktorene vil også avgjøre hvor store lystgassutslippene blir. Flere tiltak kan redusere lystgassutslippene fra gjødselhåndtering, for eksempel bruk av utstyr som legger gjødselen i striper eller som sprøyter den ned i bakken ved hjelp av høyt trykk. Disse tiltakene vil også redusere ammoniakk-tapet og dermed øke nitrogenerneffekten av husdyrgjødsel.

Jordstruktur og næringsinnholdet i jorda kan variere veldig i en og samme åker. Denne variasjonen vil gi utslag både for hvor stor avlingen blir, hvor mye nitrogen planten klarer å ta opp og for lystgassutslipp, avrenning og erosjon. Det er derfor gunstig til en hver tid å kunne tilpasse gjødslingen til næringstilstanden i jorda. Dette kan oppnås gjennom optimalisert gjødsling eller presisjons-gjødsling ved hjelp av teknologiske hjelpemidler. Under presenteres to slike hjelpemidler.

1) N-Sensor

Presisjons-gjødsling kjennetegnes ved bruk av spredeutstyr som ved hjelp av sensor kan måle hvor mye nitrogen planten trenger, og dermed tilpasse mengden gjødsel. Bruk av en N-sensor kan dermed tilpasse gjødslingen for hvert område av åkeren og gjøre den mer effektiv. En slik N-sensor koster rundt 150.000 kroner og vil være kostnadseffektiv for store enheter ettersom den vil gi en jevnere og økt avling. Likevel har fortsatt få bønder valgt å investere i en slik N-sensor. I Sverige har investeringsstøtte til slike sensorer virket svært positivt og økt bruken. Gjødsling kan også optimaliseres ved å tilpasse den etter innskanete høstingsdata fra fjoråret for gitte områder i åkeren.

2) Optimalt spredeutstyr

Spredeutstyr kan ha mye å si for hvor store lystgassutslipp en kan få under spredningen. Men det er lite tallmateriale som kan bekrefte hvor store reduksjoner hver enkelt spredningsteknologi gir. Forskjellig type gjødsel (tørr, mellomtørr og blaut) trenger forskjellig spredeutstyr. Bløtgjødsel er ofte tilsatt vann som

gjør den enklere å spre og lettere tilgjengelig for plantene, men det vil bety tyngre maskiner og større fare for jordpakking enn ved spredning av tørrgjødsel. Dersom gjødselen i liten grad er i kontakt med lufta under spredningen, unngås en del av nitrogentapet. Spredere med mye trykk vil spre gjødselen ut i lufta og derfor gi større utslipp enn en stripespreder som plasserer gjødselen på bakken uten at den først må passere gjennom lufta. Dette gir både mindre tap og jevnere spredning fordi vind ikke vil gi noe avdrift.

Stripesprederen får tilført gjødsel under trykk fra pumpa. Gjødsla passerer gjennom en fordeler som tilfører gjødsel til to og to utløpsrør av gangen. Fra fordeleren går det rør eller slanger ned på bakken som legger gjødsla i striper med 20–40 centimeters avstand. Denne spredeteknikken er godt egnet på grasmark fordi plantene blir mindre tilgriset enn ved vanlig overflatespredning. For å få gjødselen enda bedre ned mellom plantene er det utviklet stripespredere med gjødsellabber. Generelt regner en at stripespredning reduserer ammoniakk-tapet med 25 prosent sammenliknet med vanlig overflatespredning på eng. Ulempen med stripespredning er at utstyret er tungt og dyrt og krever godt vedlikehold (Agropub, 2009).

Når det gjelder bruk av naturgjødsel, kan forbehandling av gjødselen redusere utslippet av lystgass, både under lagring og etter spredning. Naturgjødsel som har blitt behandlet i råtnetank (biogassproduksjon) har en annen nitrogensammensetning og inneholder mindre mikrobielt tilgjengelig organisk karbon, noe som kan redusere dannelsen av lystgass. Siden tilgjengelig organisk karbon forbruker oksygen, bidrar det til et oksygenfattig miljø i jorda som igjen bidrar til å danne lystgass.

Flere andre tiltak og virkemidler for å redusere utslipp av lystgass ved nitrogengjødsling har vært diskutert. Eksempler i så måte er kvotesystem, avgift og fast påbud om 10 prosent reduksjon av gjødselbruk. Ulempen er at disse virkemidlene vil også ramme gårdbrukere som faktisk gjødsler riktig. Et godt virkemiddel som bør vurderes, er å innføre investerings- eller tilskuddsordninger for bruk av N-sensor. N-sensor vil også kunne optimalisere bruken av nitrogengjødsel og rette opp skjevheter i jordkvaliteten. I tillegg må det fokuseres mer på gode gjødselplaner, oppfølging av gjødselsplanene og eventuelle kontrollordninger i forbindelse med disse.

5.2.5 Kalking

Kalk blir tilført både åker- og eng for å forhindre at jorda blir for sur, noe som skaper dårlige vekstvilkår for plantene. Forsuring i jord kan oppstå blant an-

net ved sur nedbør, utslipp av ammoniumnitrat fra kunstgjødsel og når store mengder næringsstoffer går tapt ved avrenning. Kalking har den effekten at det forhøyer pH-verdien i jorda, som igjen påvirker klimaeffekten av utslipp av lystgass. Flere studier viser at ved en moderat heving av pH-verdien i jorda vil en over tid redusere lystgassutslipp.

Tradisjonelt går kalking ut på å tilføre jorda store mengder kalk. Denne metoden har vist seg å ha motsatt effekt og øke lystgassutslippene. Store mengder kalk fører til en kortvarig og intens nedbrytning av det organiske materialet i jorda, noe som fører til at organisk bundet næring frigis. Presisjonskalking innebærer derimot hyppigere kalking i små doser over lengre tid, noe som ikke vil ha same nedbrytende effekt på næringsinnholdet og dermed gi lavere lystgassutslipp. Slik kalking vil gi en gradvis heving av pH-verdien i jorda og dermed kunne redusere utslippene av lystgass (Hoen et al., 2007).

Presisjonskalking er et rimelig tiltak både for bonden og for klimaet, men det vil kanskje koste mer i form av arbeidskraft å gå over fra tradisjonell kalking til presisjonskalking. Hvor stor innvirkning tiltaket har på lystgassutslippene er usikre, og det trengs mer forskning og utvikling på området for å kunne sette mål og se resultater i form av reduserte utslipp.

Et hensiktsmessig virkemiddel for å stimulere til presisjonskalking er å inkludere det i bondens miljøplan som han må rapportere inn. Bruk presisjonskalking kan settes som et kriterium for tildeling av eventuelle tilskudd.

Flere av tiltakene som er beskrevet ovenfor har direkte sammenheng med problemer med avrenning, erosjon og forurensning. Noen tiltak er derfor til en vis grad dekket av de regionale miljøprogrammene i jordbruket. I sammenheng med at det regionale mil-

jøprogrammet ble revidert i 2008, ble Bioforsk spurt om å gjøre en spesialutredning av ordningene med hensyn til forholdet mellom bruk av plantemidler og avrenning til vassdrag (Øygarden et al., 2008).

I sin rapport viser Bioforsk til et tiltak der områder langs vassdrag blir brukt til grasplanting i stedet for åkerproduksjon, for å hindre avrenning. Enkelte steder blir det også gjødslet i slike soner for å kunne høste avlinger. Selv om dette tiltaket antagelig vil ha positiv innvirkning på vannkvaliteten, vil det være i strid med framtidige målsettinger om å reservere høyproduktive områder til kornproduksjon og helst dyrke gras på mindre produktive områder (Øygarden et al., 2008). De regionale miljøprogrammene må derfor evalueres, slik at ordningene kan samordne tiltak mot klimautslipp og andre typer forurensning (ibid 2008:52).

5.3 Tiltak for reduserte metan- og lystgassutslipp fra husdyrsektoren

Husdyrproduksjonen står for nesten 100 prosent av de norske utslippene av metan innen jordbruket, og nitrogen tilført jorda via gjødsel og urin står for nær 30 prosent av det totale utslippet av lystgass i sektoren (Hoen et al., 2007). Tabell 6 viser mengde og fordeling av lystgass- og metanutslipp via utåndingsluft fra husdyr i 2007. Tabellen er hentet fra Harstad og Volden (2009). Andre husdyr som kylling, hest, gris og svin, har relativt små utslipp i forhold til de store drøvtyggergruppene og er derfor utelatt fra tabellen.

Som det går fram av tabellen ovenfor, står storfe og sau for omtrent 79 prosent av lystgassutslippene og 96 prosent metanutslipp av husdyras direkte utslipp. En stor del av utslippene fra sau og spesialisert kjøttproduksjon av storfe er knyttet til beite. Det er vanskelig å beregne utslipp som skjer på beite. Økt produksjon (fra samme antall dyr) av sau og storfe vil føre til la-

Dyreslag	Antall (i 1.000 dyr)	Lystgass		Metan	
		Tonn/år	Prosent	Tonn/år	Prosent
Melkeku	259	345,5	23	37 037	34
Ammeku	55	54,5	4	6 710	6
Andre storfe	586	299,1	20	37 504	34
Sau, vinter	1022	261,5	17	16 352	15
Sau, lam	1357	230,5	15	7 599	7
Totalt		1191,1	79	105 202	96

Tabell 6 (Harstad og Volden, 2009:136)
Lystgass er ikke korrigert for ammoniakktap

vere utslipp metan og lystgass på beite om en regner per produsert enhet kjøtt. Dette vil av lengden en oppholder seg på beite være mest hensiktsmessig for saueproduksjonen. Ifølge Harstad og Volden (2009) er det mest nyttig først å igangsette tiltak rettet mot melkeproduksjonen og den kombinerte kjøttproduksjonen, hvor en kan få gode resultater på kort og lang sikt. På kort sikt er de mest effektive tiltakene økt produktivitet, tilsetning av fett i foret og redusert innhold av protein i rasjonen. Dette er tiltak som selvsagt må vurderes opp mot dyrevelferd og ressurs hensyn.

5.3.1 Bedre grovførkvalitet

Hva husdyra våre spiser, har direkte og indirekte innvirkning på utslippene av metan, lystgass og karbondioksid. De direkte utslippene kommer av fôrets innvirkning på fermenteringen i magen til drøvtyggerne. Utslag kan komme i form av større eller mindre metanutslipp, og fôret har også innvirkning på nitrogenet som skilles ut fra urin og husdyrgjødsel og danner lystgass. Indirekte har fôret betydning fordi drøvtyggerne bruker plantemateriale fra eng og åker som energi for å produsere melk og kjøtt. Disse plantene er ellers ikke nyttige for mennesker eller andre dyrearter. Størstedelen av de norske jordbruksarealene er eng og beite som gir drøvtyggerne godt grovfôr. I tillegg til grovfôr får dyra også kraftfôr som er produsert fra korn. I Norge består kraftfôret til drøvtyggerne for det meste av norskprodusert bygg og hvete, men noe proteinkraftfôr, som soya og raps, blir importert. Andelen importert kraftfôr er 1–2 prosent for kjøttproduksjonen på storfe og sau, mens for melkeproduksjonen ligger importandelen på 10–25 prosent (Hoen et al., 2007).

Grovfôrbasert husdyrproduksjon gir høyere metanutslipp sammenlignet med kraftfôrbaserte rasjoner, men som vi har sett ovenfor binder gras vesentlig mer karbon i jord i forhold til kornproduksjon. Høy produksjon gir mindre utslipp per produsert kilo og kan derfor være et godt klimatiltak. Økt andel kraftfôr vil gi høyere intensitet både i kjøtt- og melkeproduksjonen, men som et klimatiltak vil det ha store konsekvenser for norsk fôrproduksjon, biologisk mangfold og kulturlandskap.

Fire tiltak er relevante for bedring av grovfôret til norske husdyr:

1) Bedring av fôrets fordøyelighet gjennom ensilering eller mekanisk behandling.

Mekanisk forbehandling av grovfôr er en metode som delvis befinner seg på et forskningsstadium, siden det er uvisst hvilken produksjons- og klimagavinst me-

kanisk behandling av fôret vil ha. Det en gjør er når en behandler fôret mekanisk, er å redusere partikkelstørrelsen i fôret, så det blir lettere fordøyelig for dyra. Dette vil så redusere metanproduksjonen fordi fôret vil passere raskere gjennom vomma til dyret. Men også vanlig ensilering av fôr i silo eller rundball gir mindre utslipp enn ved tørking av fôr (høy) (Hoen et al., 2007).

2) Tilpasning av innhøstningstidspunkt og tilsetting av kløver og belgvekster.

Universitetet for miljø- og biovitenskap på Ås (UMB) har i samarbeid med forskere i Canada vist at kvaliteten på grovfôret har stor innvirkning på metanutslippene (Garmo et al., 2009). I et forsøk opererte forskerne med tre forskjellige kvaliteter av grovfôr: Alle tre var av surfôr ensilert i rundballer, men fra tre forskjellige innhøstningstidspunkter. Fôret fra 15. mai ble regnet som av ”svært god” kvalitet. Andre innhøstning var 11. juni; kvaliteten fra denne høstingen var ”dårlig”. Tredje innhøstning foregikk 6. august; fôret herifra ble regnet som ”middels”. Kvaliteten på fôret ble vurdert med tanke på fordøyeligheten, som blir beregnet ut fra fibernivå (NDF). Resultatene fra forsøket viste at jo høyere NDF-innhold i fôret, jo høyere ble metanutslippene. Kvaliteten på fôret hadde også innvirkning på melkeproduksjonen, der dårligere kvalitet på fôret gav mindre melk (ibid). Innhøstningstidspunktet har altså stor betydning, og tidlig innhøstet grovfôr vil gi mindre metanproduksjon enn seint innhøstet grovfôr. Innslag av kløver eller andre belgvekster i fôret kan også bedre kvaliteten og redusere metanproduksjonen. I en annen rapport fra UMB (Hoen et al., 2007) nevnes også at tidlig høstet gras, kløver og grønnfôr gir raskere passasje gjennom vomma hos drøvtyggere. Slikt fôr vil derfor føre til lavere metanutslipp fra drøvtyggere enn seint innhøstet grovfôr.

3) Ekstra fett i fôrrasjonen.

Det er gjort flere studier som viser at ved å tilføre fett i fôret kan en få en større klimaeffekt enn ved å øke intensiteten i melkeproduksjonen. Tall fra UMB (Harstad og Volden, 2009) viser at å tilsette rundt 5 prosent fett i fôrrasjonen kan være med på å redusere metanutslipp fra melkekyr. Med dagens produksjonsnivå vil en kunne oppnå en reduksjon på 4,2 prosent CO₂-ekvivalenter av melkekyrnes totale utslipp, noe som tilsvarer 0,9 prosent av de totale utslippene fra landbruket (Harstad og Volden, 2009). Om en forutsetter en totalproduksjon på 1.518 millioner liter melk i året, og en øker produksjonen med ca 2300 liter melk pr kilo melkeku per år og tilsvarende færre dyr, antar forskerne ved UMB at de totale utslippene fra melkekyr kan reduseres med 26,8 prosent. Dette



tilsvarende 5,5 prosent av de totale utslippene fra landbruket.

4) Redusert proteinnivå i fôr til melkekyr.

Dette tiltaket vil ikke redusere metangassutslipp, men utslipp av nitrogen fra urin og gjødsel. Ved å redusere proteinnivået i fôret til melkekyr kan en redusere mengden nitrogenutslipp fra gjødsel og urin, noe som således vil ha effekt på mengden lystgassutslipp. Ifølge beregninger gjort av Bioforsk ut fra en gårdsenhet med melkeproduksjon på 6500 kg melk per år, vil en senkning av proteinnivået i fôret fra 16 til 14 prosent kunne redusere utslippene av nitrogen fra urin og gjødsel med rundt 13 prosent. Dette tilsvarer mellom 0,3 og 0,4 prosent av de totale utslippene fra jordbruket (Briseid et al., 2008). Det mangler tall som indikerer en lignende reduksjon av lystgassutslipp via gjødsel og urin fra kjøttproduksjonen. Men om en forutsetter 10 prosent reduksjon i nitrogenutslipp via gjødsel og urin fra kjøttproduksjon på sau og storfe, vil dette tilsi en reduksjon på ca 0,2–0,3 prosent av de totale utslippene fra jordbruket. Det vil også være mulig å ta i betraktning stoffskiftet hos drøvtyggere og endre bakteriesammensetningen i fordøyelsessystemet deres. Dette vil kunne redusere utslippene noe, men på dette området vet vi lite og trenger mer forskning.

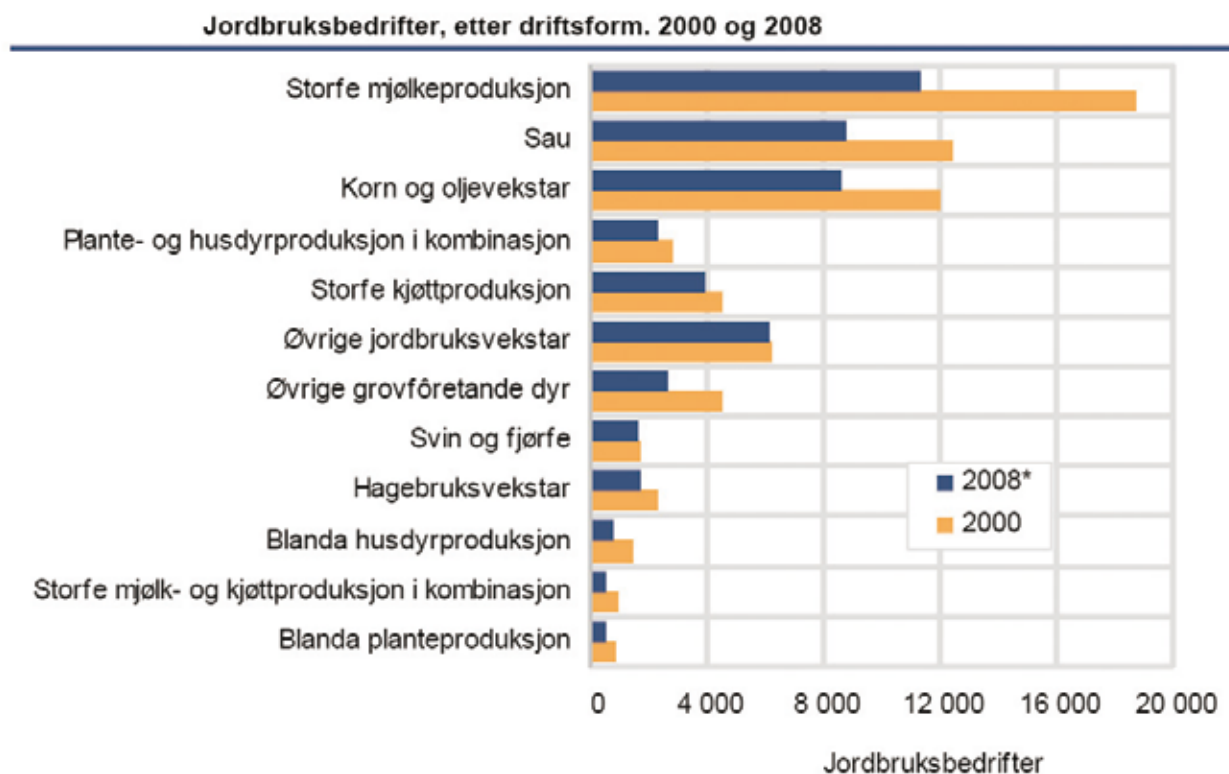
Nettopp videre forskning og utvikling er det viktigste virkemiddelet for alle tiltakene som gjelder fôr-

produksjon hos husdyr. Som nevnt i innledningen av rapporten er grovfôrressursene viktige både for plante- og husdyrproduksjonen i Norge. Slike ressurser er ofte i umiddelbar nærhet til husdyrproduksjonen (ofte på samme gård) og det å forbedre bruken av dem er derfor også et godt ressursforvaltningstiltak for bonden. Kraftfôr er en dyr ressurs for bøndene, men innkjøp av kraftfôr blir sett på som en lønnsom investering i form av økte gevinster. For at det skal bli lønnsomt for bonden å sette i gang med behandling av fôr, må det gi en positiv gevinst i form av økt produksjonen. Først da vil bøndene kunne øke grovfôrandelen i forhold til kraftfôr.

5.3.2 Produksjonsform og intensivering

Jordbruksproduksjon er en kompleks virksomhet som er avhengig av like komplekse økologiske systemer. Endringer i disse systemene vil derfor påvirke hele kretsløp og ikke bare selve planteproduksjonen.

Hvilken type produksjonssystem bonden velger vil naturligvis ha betydning for størrelsen på klimagassutslippene. Som nevnt ovenfor foregår det grasproduksjon på rundt to tredeler av det totale dyrkede arealet i Norge. Siden gras er en flerårig plante, vil grasproduksjon naturlig binde mer karbon i jord sammenlignet med ettårige kornvekster. Rundt 10 prosent av kornproduksjonen i Norge ender opp som mat til mennesker, mens bortimot 90 prosent går til fôr og fôrproduksjon. Vi har derfor en planteproduk-



Figur 7 Jordbruksbedrifter etter driftsform (Gundersen et al., 2009).

sjon og husdyrproduksjon som er basert på hverandre, og utslipp fra begge sektorer må sees i lys av hverandre. Norsk melk- og kjøttproduksjon er basert på en større del grovfôr enn kraftfôr. Grovfôr vil gi noe høyere metanutslipp fra fordøyelsessystemet til drøvtyggerne, men drøvtyggersystemene tilsetter vesentlig mer karbon til jorda enn for eksempel svin- og fjørfeproduksjon, som er basert på kraftfôr. Dette skyldes blant annet at røtter og stubb fra grasmarkproduksjonen vil bygge opp og vedlikeholde en høy karbontilstand i jord. Så derfor vil karbontilstanden i jord være høyere i et grasmark/drøvtyggersystem enn et åker/lystkjøttssystem (Bonesmo et al., 2008). Det er flere mulige klimatiltak som kan knyttes til produksjonsformer i jordbruket.

1) Kombinert eller spesialisert melke- og kjøttproduksjon.

Den norske melke- og kjøttproduksjonen har i forhold til andre Europeiske land ofte blitt forbundet med gårdsbruk hvor en produserer både kjøtt og melk (på samme gård). Men som en kan se på figur 7 er de kombinerte produksjonssystemene som går ned og den spesialiserte kjøtt- og melkeproduksjonen gått mest fram og i perioden fra 2000 til 2008 (Gundersen et al., 2009).

Kombinert melk- og kjøttproduksjon er noe mindre energieffektivt enn spesialisert produksjon. Dette er fordi de norske melkekurasene omdanner fôr til melk relativt effektivt, men de er ikke like effektive når det gjelder kjøtt som de spesialiserte kjøttprodusentene. Kjøtt produsert fra spesialisert produksjon er antatt å gi høyere utslipp enn i den kombinerte produksjonen av kjøtt og melk. I den spesialiserte produksjonen brukes ammekyr for å fore fram kalver. Disse dyrene slipper ut klimagasser på lik linje med andre kyr, og dermed øker utslippene. Ifølge forskning utført ved UMB er det mulig å øke kalveproduksjonen per ammeku, noe som kan føre til lavere utslipp per dyr, men dette er heller usikkert (Hoен et al., 2007). Hvor store forskjeller det er mellom utslippsmengden fra de forskjellige produksjonssystemene, er heller ikke sikkert, men flere studier fra Bioforsk og UMB slår fast at det er mest gunstig for klimaet med kombinert produksjon.

2) Intensivering av melk og kjøttproduksjon.

En økt intensivering av den spesialiserte kjøttproduksjonen vil bety at en ved hjelp av økte mengder kraftfôr kan føre opp dyra til normal slaktevekt i løpet av færre måneder. I dag er normal slaktevekt for storfe på 290 kg, da dyret normalt er 18 måneder gammelt. Norge har i dag et produksjonsmål på 82 millioner kg storfekjøtt, hvorav 45 millioner kg er oksekjøtt. Bio-

forsk har regnet ut at en ved å øke mengden kraftfôr kan oppnå en slaktevekt på 290 kg i løpet av 14 måneder. Dette vil gi en reduksjon av metanutslipp på ca 3000 tonn (tilsvarende 28 prosent) via gjødsel og urin og en reduksjon på ca 900 tonn nitrogen (tilsvarende 9 prosent) (Briseid et al., 2008).

For melkekyr kan en ved å øke mengden kraftfôr i dietten øke årsytelsen for hvert dyr fra 6500 kg melk per år til 8000 kg. Dette vil føre til en utslippsreduksjon på 20 prosent både for metan og nitrogen via gjødsel og urin og en potensiell reduksjon av de totale utslippene av metan og lystgass fra landbruket på henholdsvis 3 prosent og 2 prosent.

Hovedårsaken til denne reduksjonen er at ved økt produksjonsintensitet trengs det færre dyr for å oppnå de nasjonale målene for produksjon. For å øke intensiteten i melkeproduksjonen må en bruke ammekyr for å ale opp kavler. Dette vil påvirke forholdet mellom mengden utslipp fra henholdsvis spesialisert og kombinert kjøttproduksjon på samme måte som vi så ovenfor. Nettoeffekten av bruk av ammekyr vil faktisk gi en svak økning i utslipp både av metan og lystgass. Innsparingen av utslipp som følge av høyere intensitet i den spesialiserte melkeproduksjonen blir altså godt og vel spist opp av utslippene fra et økt antall ammekyr. Økt foropptak gir økt totalproduksjon av metan per dyr, men mindre metanproduksjon per enhet opptatt fôr og per produsert enhet. Intensivering av melke- og husdyrproduksjonen vil også bety økt bruk av kraftfôr. Hvilken konsekvens dette vil ha for grovfôrproduksjonen i Norge, må også tas høyde for.

5.3.3 Metanfangst i fjøs

Det meste av metanutslippet i husdyrnæringen kommer fra selve dyret, ikke gjødselen. Skal man rense dette utslippet, må man iver sette tiltak som endrer fôret eller renser fjøslufta. I Norge forskes det på bruk av biofilter for å kunne samle opp metan fra husdyrproduksjonen i fjøs, altså både fra husdyrrommet og fra gjødselskjellere. Disse biofiltrene er i dag laget av organisk materiale, for eksempel bark. Barken bryter ned metangassen i ventilasjonsanlegget før lufta blir frigjort. Bioforsk har beregnet at det å samle opp og bryte ned metanet fra fjøs ville bidratt betydelig til reduksjon av de totale utslippene fra husdyrproduksjonen i Norge. Forskningsinstituttet anslår at rensesensetensialet for alle besetninger på mer enn 20 kyr er 23.000 tonn metan, eller 530.000 tonn CO₂-ekvivalenter. Dette vil si at rundt halvparten av metanet som blir dannet inne i fjøset fra husdyra, fanges opp. I en tiltaksanalyse utarbeidet av Statens forurensingstilsyn (SFT) er det beregnet at dette tiltaket skal kunne redusere metanutslippene i Norge. Her har tiltaket en

forventet reduksjonseffekt på 273.000 tonn CO₂-ekvivalenter. SFT slår fast at rensing av metanutslipp med biofiltre er et nytt og lovende tiltak som trenger videre utredning, og at det per dags dato ikke er bedriftsøkonomisk lønnsomt for det enkelte gårdsbruk å drive slik rensing (SFT, 2009).

Rapporten fra Bioforsk (Briseid et al., 2008), nevner også at det pågår internasjonal forskning på maling av fjøsrom med titanoksidholdig maling som kan bidra til å bryte ned metangass i fjøsrommet. Dette tiltaket er nok enda lenger unna realisering enn metanfangst fra fjøs som beskrevet ovenfor.

5.4 Produksjon av biogass

Produksjon av biogass til energiformål fra husdyrgjødsel vil kunne redusere utslippet av metan og lystgass fra husdyrhold. Ved nedbryting av organisk material uten tilgang på oksygen dannes biogass (normalt 50–70 prosent metan eller CH₄). Dette er en energirik gass som kan benyttes til oppvarming, el-produksjon i en gasmotor eller i oppgradert form som drivstoff.

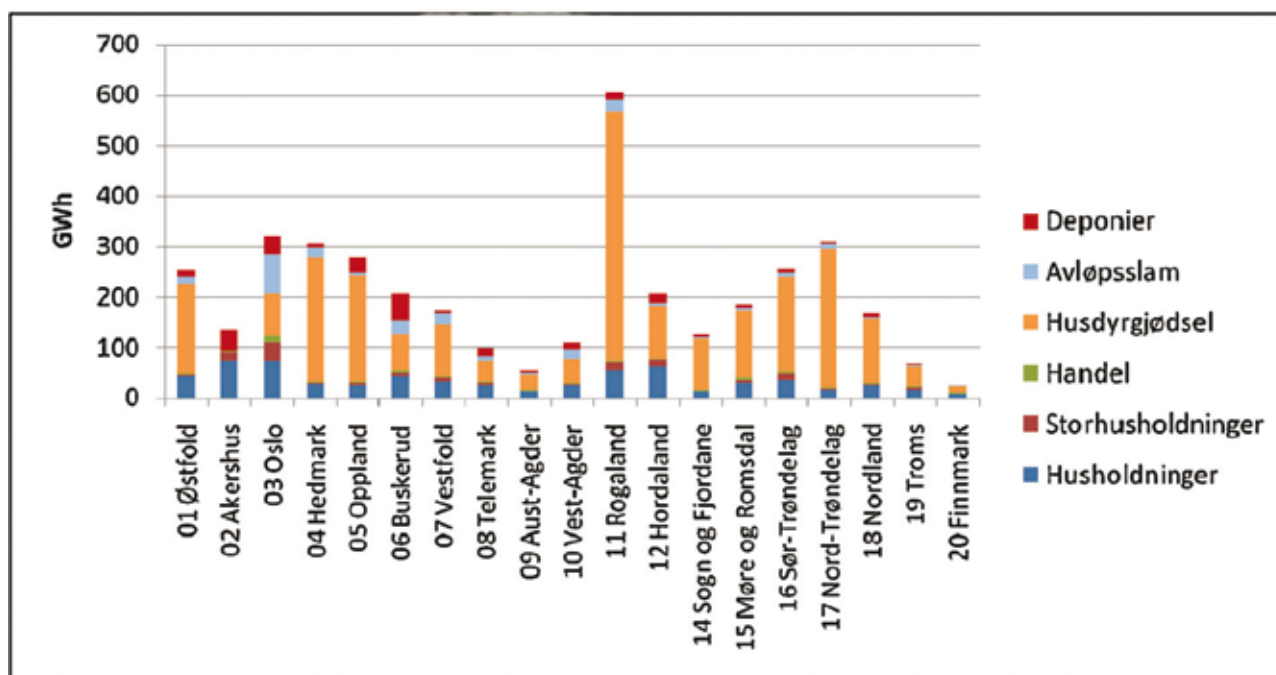
Produksjon av biogass foregår i en lukket tank som ofte kalles en biogassreaktor. Denne type behandling av gjødsel reduserer utslippet av metan og lystgass fra lagring og håndtering. For drøvtyggere står utslipp via gjødsel for ca 15 prosent av det totale metanutslippet. Resten stammer fra selve fordøyelsesprosessen. Det er derfor kun en liten andel av utslippene fra husdyrhold som kan fjernes ved å omdannes til biogass.

De metanproduserende bakteriene i biogassproses-

Biowas er et norsk selskap som har utviklet et nytt nøkkelferdig biogassanlegg for gårdsbruk under varemerket Biowaz™ (www.biowaz.com). Selskapet benytter PVC av høy kvalitet både i bunn- og toppduken av sin reaktor i stedet for stål eller betong. Reaktoren, som graves ned, omdanner organisk avfall (som kumøkk og matavfall) til metangass, som kan brukes til oppvarming, kjøling og el-produksjon. Denne teknologien skal gi betydelig lavere investerings- og driftskostnad enn dagens konvensjonelle anlegg. (www.fornybar.no)

sen tar hydrogen (H) fra vann (H₂O), binder dette hydrogenet med karbon fra gjødsla og danner metangass, eller CH₄. Denne prosessen reduserer derfor ikke innholdet av nitrogen i husdyrgjødsel. Tvert imot er det mye som tyder på at gjødselkvaliteten blir bedre av biogassforbehandling enn ved direkte spredning av husdyrgjødsel. Det reduserte innholdet av organisk bundet karbon i råtnerest fra biogassproduksjon reduserer muligheten for et oksygenfattig miljø i jorda, noe som igjen reduserer sjansen for dannelse av lystgass. Biogassproduksjon fra gjødsel bidrar derfor til å redusere utslipp fra selve gjødselen, til å gi fossilfri energi og til å redusere utslippet av lystgass fra jordet.

Gårdbrukere som allerede har bygget et anlegg for biogassproduksjon fra husdyrgjødsel, kan med fordel også føre annet biologisk avfall inn i reaktoren. Dette vil gi mer gjødsel og mer energi, noe som potensielt kan bety større inntekter til bonden i form av salg



Figur 8 Biogass potensialet fordelt etter fylker (Raadal et al 2008)

av energi og redusert behov for kunstgjødsel. Organisk husholdningsavfall kan man også få betalt for å ta imot, men dette krever at man har det nødvendige utstyret for forbehandling av avfallet. Husholdningsavfall er sjelden helt rent.

Blant de forskjellige klimatiltakene for landbruket som stortingsmeldingen legger fram, er produksjon av biogass fra husdyrgjødsel og matavfall det tiltaket som har størst reduksjonspotensial. Biogassanlegg gir dobbelt positiv klimaeffekt, siden det reduserer utslippene fra husdyrgjødselen og samtidig produserer klimavennlig energi. Meldingen ser også en ekstra gevinst i å inkludere avfallssektoren i dette arbeidet med å redusere klimagassutslipp fra jordbruket. Regjeringen har lovet å legge fram en virkemiddelspakke for biogassproduksjon etter har kartlagt barrierene for produksjon i Norge er kartlagt.

Potensialet for biogass fra norsk husdyrgjødsel er beregnet til 2,48 TWh i året. Det er hele 42 prosent av Norges totale biogasspotensiale på 6 TWh. I tillegg til husdyrgjødsel kan også jordbruket bidra med 575 GWh biogass i året fra halm. (Raadal et al., 2008)

Biogassproduksjon er fortsatt på et pilotstadium i Norge. Blant annet på grunn av lave energikostnader er det per i dag ikke bedriftsøkonomisk lønnsomt å bygge biogassanlegg på små gårder kun basert på husdyrgjødsel. Internasjonale leverandører av biogasssteknologi for gårdsanlegg har til nå ikke sett noe særlig potensial i det norske markedet, fordi vi har små gårder som geografisk er veldig spredt. Dette gjør at det er lite realistisk å utnytte hele det norske potensialet for biogass fra husdyrgjødsel med mindre rammevilkårene endres. Hvor stor prosentandel som lar seg utnytte vil blant annet avhenge av hvor mye investeringstøtte som gis og hvilket prisregime som innføres for fornybar energi. Mindre anlegg vil ha begrenset mulighet til å utnytte energien i biogassen optimalt. Man vil kunne få den samme klimagevinsten ved fangst av metan, men ikke oppnå fulle gevinst ved å erstatte annen forurensende energi. Hvis man bare kan produsere elektrisitet fra biogass uten å selge varme, har man kunne en virkningsgrad på rundt 25 prosent.

Bioforsk har tatt utgangspunkt i at biogassproduksjon gjennomføres for 42 prosent av husdyrgjødsel i Norge. Samlet vil dette kunne gi en klimagassreduksjon på 383 000 t CO₂e/år. Dette inkluderer effekten av redusert bruk av fossil energi og redusert utslipp av lystgass (Bioforsk, 2009, s. 30). Stortingsmelding om landbruk og klima som kom i 2009 har kun satt biogass fra 30 prosent av landets gjødselressurser som

en målsetning innen 2020 (St.meld. 39, 2008-2009). Om man legger same bergningsnøkkel for utslipp til grunn som Bioforsk, vil dette gi en reduksjon på ca 274 000 t/år CO₂ ekvivalenter. Dette tilsvarer i underkant av 6 prosent av jordbrukets offisielle klimagassbidrag. Stortingsmeldingens målsetning på 30 prosent vil kunne gi en biogassproduksjon på 744 GWh/år. Skal dette målet nås i 2020 må det realiseres en utbygging av 75 GWh med biogass (årsproduksjon) i året fra 2010.

Innovasjon Norge tilbyr nå støtte til små gårdsanlegg for biogass på inntil 40 prosent av totalinvesteringen. Ordningen har eksistert siden 2005, det er mye som tyder på at denne ordningen ikke er tilstrekkelig for å utløse den nødvendige utbyggingen på 75 GWh i året.

Frem til 2010 har Innovasjon Norge støttet bygging av fem gårdsanlegg for biogass (Hammeren, 2010). Totalt vil disse anleggene produsere 4,45 GWh med biogass i året. De fleste vil i tillegg til husdyrgjødsel også behandle en del matavfall. Kun rundt 2 – 2,5 GWh av dette kommer derfor fra husdyrgjødsel (Halvorsen, 2010).

Et bruk med 60 melkekyr vil kunne gi en energiproduksjon på ca 86.000 kWh biogass per år. Dette vil gjøre at bonden kan få dekket eget energibehov til varme, kulde og strøm og selge et eventuelt overskudd. Skal målet med 75 GWh i året nås, må mer enn 870 bruk av denne størrelsen bygges ut årlig, enten i form av gårdsanlegg eller større fellesanlegg. Dette er en betydelig jobb som vil kreve langt kraftigere virkemidler enn det vi har hatt til nå.

I Tyskland har man lyktes med en storstilt utbygging av biogass innen landbruket. Det finnes i dag over 4 000 anlegg i landet. Her har langsiktige tilskudd for salg av strøm og varme vært en viktig utløsende faktor.

6 Avslutning

Vi har nå presentert en rekke tiltak som (i større eller mindre grad) kan bidra til å redusere klimagassutslippene fra jordbruket i Norge. Gjennomgående trengs det ytterligere forskning og utvikling for å kunne sette i gang tiltakene. Spesielt er det viktig med forskning på modeller for å tallfeste karbonbinding i jord. Gjennomgangen viser at god jordbrukspraksis svært ofte vil være et godt klimatiltak i seg selv, sammen med op-

timalisering av produksjonen med mer effektiv bruk av nitrogen gjødsel og husdyrproduksjon. I tillegg til å redusere klimagassutslippene vil disse tiltakene være med på å øke bondens avling. Både i tiltaksanalysen fra Statens forurensingstilsyn og i stortingsmeldingen om klimatiltak i landbruket er biogassanlegg framhevet som det mest lovende klimatiltaket. Dette er et tiltak som har begrenset potensial med dagens rammevilkår.



Sauer i utmark over Sognefjorden (foto: Katja Gesch / Flickr)

Referanser

- Agropub (2009) Agropub. Nettside for økologisk landbruk. <http://www.agropub.no/> (20.11.2009)
- Beckmann, Marianne, Annelene Pengerud, Hans Olav Eggestad, Johannes Deelstra og Lillian Øygarden (2008). *Erosjon og næringsstofftap fra jordbruksdominerte nedbørfelt*. Bioforsk rapport 3. Nummer 20. Bioforsk Jord og Miljø. Ås: Bioforsk
- Biochar (2009). International Biochar Initiative. <http://www.biochar-international.org/> (20.11.2009)
- Biowas (2009). Biowas. From waste to energy. www.biowaz.no (20.11.2009)
- Bondelaget (2009) Norges bondelag. Oslo: Bondelaget <http://www.bondelaget.no> (10.10.2009)
- Briseid, Tormod, Arne Grønlund, Odd M. Harstad, Torstein Garmo, Harald Volden og John Mørken (2008). *Klimagasser fra landbruket. Utslippsreduksjoner, forslag til mål, tiltak og virkemidler*. Bioforsk rapport Volum. 3 Nummer 9. Bioforsk Jord og Miljø. Ås: Bioforsk
- DTU (2009) Biochar. Danmarks Tekniske Universitet http://www.risoe.dtu.dk/da/Research/sustainable_energy/energy_systems/projects/ECO_BioChar.aspx?sc_lang=en (3.11.2009)
- FAO (2009) Opening statement of FAO Director- General, Dr Jacques Diouf. World Summit on Food Security, Rome, 16- 28 November http://www.fao.org/fileadmin/templates/wsfs/Summit/Statements_PDF/Monday_16_AM/K6628e-DG-statement.pdf (20.11.2009)
- Garmo, Torstein H., Erling Thuen, Silje K. Nes, Sophie J. Krizsan, Harald Volden, Victoria Ollila og Odd Magne Harstad. *Effekt av grovførkvalitet og kraftfornivå på metanemisjon hos mjølkeku* i Husdyrforsøksmøteboken 2009. Institutt for husdyr og akvakultur. Ås: Universitetet for Miljø og Biovitenskap.
- Grjotheim, Kaya (2009). *Reduksjon av utslipp av klimagasser fra veksthusnæringen*. ZERO Rapport 2009. www.zero.no (20.11.2009) Oslo: Zero Emission Resource Organisation
- Grønlund, Arne, Karin Knoth de Zarruk, Daniel Rasse, Hugh Riley, Ove Klakegg og Ingvild Nystuen (2008) *Kunnskapsstatus for utslipp og binding av karbon i jordbruksjord*. Bioforsk Rapport Volum 3. Nummer. 132. Ås: Bioforsk
- Gundersen, Geir Inge, Anne Snellingen Bye, Gisle Berge, Britta Hoem og Solveig Skjer Knudtsen (2009). *Jordbruk og miljø. Tilstand og utvikling 2009*. Oslo: Statistisk sentralbyrå
- Hammeren, Trond. Innovasjon Norge. Telefonintervju 05.02.10
- Halvorsen, Øyvind. Innovasjon Norge. Telefonintervju 08.02.10
- Harstad, Odd Magne og Harald Volden (2009) *Klimagasser fra husdyrbruket. Muligheter og begrensninger for å redusere utslippene* i Husdyrforsøksmøteboken 2009. Institutt for husdyr og akvakultur. Ås: Universitetet for Miljø og Biovitenskap.
- Hille, John, Frida Ekstrøm, Carlo Aall, Eivind Brendehaug (2009) *Klimamerking av mat – Er det mulig?* Vestlandsforskningsrapport nr 8. Sogndal: Vestlandsforsk <http://www.vestforsk.no/www/show.do?page=12&articleid=2572> (10.1.2010)
- Hoen, Hans Fredrik, Erik Trømborg og Anders Nielsen (red) (2007). *Klimagasser og bioenergi fra landbruket – Kunnskapsstatus og forskningsbehov*. INA Fagrapport nummer 11. Institutt for naturforvaltning. Ås: Universitetet for Miljø- og Biovitenskap.
- IPCC (2007) *Climate Change 2007 – Impacts, Adaptation and Vulnerability*. Working Group II contribution to the Fourth Assessment Report to the IPCC Intergovernmental Panel on Climate Change. M.L. Parry, O.F. Canziani, J.P. Palutikof, P.J. van der Linden and C.E. Hanson (eds). Cambridge: Cambridge University Press

- IPCC (2004) Subsidiary body for scientific and technological advice
<http://unfccc.int/resource/docs/2004/sbsta/08.pdf> (20.11.2009)
- Lehmann, Johannes, John Gaunt and Marco Rondon (2006) Bio-char sequestration in terrestrial ecosystems – A review s.395-419. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change*. Volume 11, Number 2/ March 2006. Netherlands: Springer Netherlands
- LMD (2009) Stortingsmelding nr. 39 *Klimautfordringene – landbruket en del av løsningen*
- MD (2007) Stortingsmelding nr. 34 *Norsk klimapolitikk*. Oslo: Det kongelig Miljøverndepartement.
- Bonesmo, Helge, Otto Sjelmo (2008) *Karbon i norsk plante- og husdyrproduksjon*. Notat 21. Oslo: Norsk Institutt for Landbruksøkonomisk Forskning.
- Rypdal, Kristin, Daniel Rasse, Arne Grønland and S. Tomter, (2006). *Electing Cropland Management as an Article 3.4 Activity under the Kyoto Protocol: Considerations for Norway*. Policy Note 2006:01. Oslo: CICERO
- Raadal, Hanne Lerche, Vibeke Schakenda, John Morgen (2008). *Potensialstudie for biogass i Norge*. Østfoldforskning og UMB
- SMITH, P. (2007). *Cool Farming: Climate impacts of agriculture and mitigation potential*. Greenpeace.
- SLF, 2009. Norsk landbruk – en situasjonsbeskrivelse 2009 http://www.slf.dep.no/iKnowBase/Content/10697/090330%20NORSK%20LANDBRUK%20EN%20SITUASJONSBESKRIVELSE%202009_V2.PDF (20.11.2009)
- SLF (2008) *Nasjonalt utviklingsprogram 2008. Nasjonale prioriteringer og virkemidler i jordbrukets miljøinnsats*. Rapport nr 20. Oslo: Statens landbruksforvaltning.
- SSB (2009) *Klimagassutslipp – Nasjonale tall 1990 – 2008*. <http://www.ssb.no/emner/01/04/10/klimagassn/index.html> (30.10.2009)
- SFT (2009) Statens Forurensingstilsyn. www.sft.no (20.11.2009)
- UNFCCC (2009) *United Nations Framework Convention on Climate Change*. <http://unfccc.int/2860.php> (4.2.2010)
- Volden, Harald (2009) *Muligheter for å redusere metan emisjonen fra drøvtyggere* <http://www.umb.no/husdyrforsoksmoter/artikkel/innlegg-og-postere-fra-husdyrforsoksmotet-2009>
- Øygarden, Lillian, Jens Kværner, Arne Grønland (2008) *Evaluering av de regionale miljøprogrammene (RMP). Vurdering av ordningene "avrenning til vassdrag og plantevernmidler"*. Bioforsk rapport Nr 51. Bioforsk jord og miljø. Ås: Bioforsk

www.zero.no

ZERO

