

Bioforsk Rapport

Bioforsk Report

Vol. 9 Nr. 135 2014

Kartlegging av klimabidrag og aktuelle klimaatiltak i landbruket i Hordaland

Synnøve Rivedal, Teresa Gómez de la Bárcena

Bioforsk Vest Fureneset

www.bioforsk.no



<i>Tittel/Title:</i> Kartlegging av klimabidrag og aktuelle klimatiltak i landbruket i Hordaland
<i>Forfatter(e)/Author(s):</i> Synnøve Rivedal, Teresa Gómez de la Bárcena

<i>Dato/Date:</i> 31/10/2014	<i>Tilgjengelighet/Availability:</i> Åpen	<i>Prosjekt nr./Project No.:</i> 4110049	<i>Saksnr./Archive No.:</i> Arkivnr
<i>Rapport nr./Report No.:</i> 135/2014	<i>ISBN-nr./ISBN-no:</i> 978-82-17-01339-6	<i>Antall sider/Number of pages:</i> 55	<i>Antall vedlegg/Number of appendices:</i> 0

<i>Oppdragsgiver/Employer:</i> Fylkesmannen i Hordaland, landbruksavdelinga	<i>Kontaktperson/Contact person:</i> Svanhild Aksnes
--	---

<i>Stikkord/Keywords:</i> Klimagassutslepp, jordbruk, skogbruk Greenhouse gasses, agriculture, forestry	<i>Fagområde/Field of work:</i> Grovfôr Grassland and landscape division
---	--

Summary:

Greenhouse gas emission from the agricultural sector in Hordaland in 2013 is in this report estimated to 197 000 tons CO₂-equivalents. Mitigation strategies are presented and include strategies for manure handling, agronomy and livestock production. Forest in Hordaland stores approximately 21 million tons CO₂ in biomass. The potential soil carbon storage is estimated to be 170 million tons CO₂ in productive mineral forest soils. According to the rates presented in this report forestland in Hordaland is capturing CO₂ at a rate of 0.34 tons per decaire per year. In this report, different initiatives to promote the use of forest as a climate mitigation tool are evaluated.

Godkjent / Approved

Prosjektleder / Project leader


 Samson L. Øpstad


 Synnøve Rivedal

Innhald

Samandrag	4
Jordbruk.....	4
Skogbruk	5
Tiltaksplan for jordbruket i Hordaland	7
Tiltaksplan for skogbruket i Hordaland	11
1. Innleiing.....	14
1.1 Nasjonalt klimagassutslepp	14
1.2 Klimagassutslepp frå jordbruk	14
1.3 Målsettingar i klimapolitikken.....	15
1.4 Metodar for utrekning av klimagassutslepp.....	15
2. Klimagassutslepp frå jordbruket i Hordaland	16
2.1 Jordbruket i Hordaland.....	16
2.2 Metan (CH ₄).....	16
2.2.1 Metanutslepp frå fordøyelsen til husdyr	16
2.2.2 Metanutslepp frå lagring av husdyrgjødsel	17
2.3 Lystgass (N ₂ O)	18
2.3.1 Lystgassutslepp frå husdyrgjødsel	18
2.3.2 Lystgassutslipp frå gjødsling med handelsgjødsel	23
2.3.3 Lystgassutslepp frå restavling.....	23
2.3.4 Lystgassutslepp frå jordbruksdrift på organisk jord.....	24
2.3.5 Biologisk nitrogenfiksering hos belgvekstar.....	24
2.4 Totale utslepp frå jordbruket i Hordaland.....	25
2.4.1 Fylkesvise utrekningar frå SSB	25
2.5 Andre utslepp relatert til jordbruk.....	26
2.5.1 CO ₂ -utslepp frå forbruk av diesel.....	26
2.5.2 CO ₂ -utslepp frå jord	26
2.5.3 Lyngsviing.....	26
3. Tiltak i jordbruket for å redusere klimagassutslepp	28
3.1 Produksjonar og driftsformer.....	28
3.2 Husdyrgjødsel	29
3.2.1 Produksjon av biogass frå husdyrgjødsel	29
3.2.2 Nitrogenutnytting av husdyrgjødsel	31
3.3 Agronomiske forhold	32
3.3.1 Drenering	32
3.3.2 Jordpakking.....	32
3.3.3 Redusert gjødsling.....	32
3.3.4 Kalking.....	33
3.3.5 Redusert svinn under grovfôrhandteringa	33
3.4 Tiltak i husdyrhaldet.....	33
3.4.1 Sauehald	33
3.4.2 Mjølke- og storfekjøttproduksjon.....	34
3.4.3 Fôring generelt	34
3.4.4 Auka beitebruk i utmark	35
3.4.5 Utegangarsau og kystlynghei	35
3.4.6 Svinekjøttproduksjon	36
3.4.7 Kjøttproduksjon på fjørfe.....	36
3.5 Redusert nydyrking og restaurering av myr.....	36
3.6 Jordvern.....	37
3.7 Biokol	38
4. Referansar jordbruk	39
5. Skog som klimatiltak.....	42
5.1 Beregning av karbonbinding i biomasse	42

5.2	Beregning av karbonbinding i jord.....	43
5.3	Mulige skogtiltak.....	45
5.3.1	Plantning av skog på nye arealer	45
5.3.2	Hogst og bruk av trevirke	46
5.3.3	Skog til bioenergi	46
5.3.4	Lagring av karbon i varige treprodukter.....	47
5.3.5	Skogplanteforedling.....	48
5.3.6	Endret kjørestil i skogbruket	48
5.3.7	Treslagskifte.....	49
5.3.8	Gjødsling av skog	49
5.3.9	Økt plantetetthet på eksisterende skogarealer	50
5.3.10	Endret avvirkningsnivå	50
5.3.11	Skogvern	51
5.3.12	Markberedning	51
5.3.13	Redusert avskoging (omdisponering av skog til annen arealbruk)	51
6.	Referanser skogbruk	52

Samandrag

Jordbruk

Utslepp av klimagassar frå menneskeleg aktivitet fører til global oppvarming og klimaendringar som kan få store konsekvensar. Det er ei målsetting å redusere klimagassutsleppa frå alle sektorar globalt, nasjonalt og regionalt. Nasjonalt står landbruket for 9-13% av klimagassutsleppa og utslepp av metan (CH₄) og lystgass (N₂O) er det dominerande. Klimagassbidraget frå jordbruket i Hordaland er i denne rapporten estimert til rundt 197 000 tonn CO₂-ekvivalentar per år når ein reknar med det som blir rapportert under sektor jordbruk til FN sin klimakonvensjon. Metanutslepp frå fordøyelsen til husdyr er den største utsleppskjelda frå jordbruket i Hordaland og er estimert til rundt 106 000 tonn CO₂-ekvivalentar per år (54%). Lagring og spreing av husdyrgjødsel (inkludert gjødsel frå beitedyr) står for rundt 32 000 tonn CO₂-ekvivalentar (16%), jordbruksdrift på organisk jord for rundt 23 000 tonn CO₂-ekvivalentar (12%) og gjødsling med nitrogenhalding handelsgjødsel for 21 000 CO₂-ekvivalentar (11%).

Etter at utsleppstala for jordbruket i Hordaland vart rekna ut i denne rapporten har SSB presentert sine fylkesvise tal for 2012 på nett. SSB sitt tal for totalt utslepp er 231 000 CO₂-ekvivalentar. Estimerte utslepp frå husdyr og husdyrgjødsel ligg på same nivå på rundt 155 000 CO₂-ekv. Hovudgrunnane til skilnaden ligg i utrekning av lystgassutslepp frå organisk jord, biologisk N-fiksering og lystgassutslepp frå restavling. I tillegg har vi gjort ein god del forenklingar i utrekningane, slik at desse er mindre nøyaktige enn SSB sine utrekningar. Det har også komme ei ny utgåve av The Norwegian Emission Inventory for 2014.

Det er utfordrande å estimere korleis ulike tiltak kan redusere klimagassutsleppa frå jordbruket i Hordaland. Det er enklare å peike på i kva retning jordbruket bør gå. Produksjon av matvarer som korn, potet, grove grønnsaker, frukt og bær gjev minst klimagassutslepp per eining mat. På grunn av naturgjevne forhold er det frukt og bær det ligg best til rette for auka produksjon av i Hordaland. Det er derfor viktig å stimulere til auka frukt- og bærproduksjon i fylket.

Mjølkeproduksjon, produksjon av lyse kjøtslag (svin og kylling) og egg har middels klimagassutslepp per eining produsert mat. Det kan vere kontroversielt å stimulere til auka produksjon av lyse kjøtslag og egg då ein her kan ha andre utfordringar knytt til produksjonane. Dette gjeld i første rekke opphopping av gjødsel og mangel på spreieareal, men og høg import av kraftfôr og soya og manglande skjøtsel av kulturlandskapet. Når det gjeld mjølk er dette ein produksjon det ligg til rette for i fylket og det bør derfor stimulerast til å oppretthalde eller auke produksjonen.

Spesialisert kjøtproduksjon på storfe og sau gjev forholdsvis høge klimagassutslepp. Storfekjøtt bør i første rekke produserast i kombinasjon med mjølkeproduksjon då dette gjev mindre klimagassutslepp enn spesialisert storfekjøttproduksjon basert på eigen ammekupopulasjon. Sjølv om sauehald gjev høgt klimagassutslepp må ein hugse på sauen produserer kjøtt ved hjelp av areal som ikkje kan nyttast til anna matproduksjon.

Det er mogleg å gjere tilpassingar i husdyrhald og planteproduksjon som reduserer klimagassutsleppet. Det er eit mål å få mest mogleg produkt ut frå det som vert sett inn i produksjonen. Viktige faktorar i husdyrhaldet er god helse og fruktbarheit, høg tilvekst, lite tap (spesielt for lam), mykje grovfôr av god kvalitet, balansert fôring med protein, god

fôrutnytting og avlsarbeid. Erstatting av kraftfôr og grovfôr frå innmark med fôr frå utmarka kan vere gunstig dersom dette ikkje reduserer tilvekst.

I eit husdyrfylke som Hordaland er utnyttinga av nitrogenet (N) i husdyrgjødsla svært viktig. Det er viktig med store nok gjødsellager for å unngå spreiding av gjødsla seint i veksetida eller etter vekstavslutning. Det er også viktig at det blir brukt gunstige spreiemetodar som reduserer ammoniakktapet. Auka utnytting av nitrogenet i husdyrgjødsla reduserer behovet for bruk av nitrogen frå handelsgjødsel. Dersom ein klarer å redusere N-tapet frå husdyrgjødsla med 300 tonn per år reduserer dette behovet for innkjøpt nitrogen slik at lystgassutsleppet blir redusert med 2400 tonn CO₂-ekvivalentar.

God agronomi reduserer lystgassutsleppet frå jord. Det er estimert ein reduksjon i direkte lystgassutslepp på 1550 tonn CO₂-ekvivalentar ved å drenere dårleg drenert areal. Potensialet er truleg større i og med at andelen dårleg drenert areal på 7% truleg er underestimert. Reduksjon av jordpakking kan redusere direkte lystgassutslepp med 2500 tonn CO₂-ekvivalentar. I tillegg vil betre agronomi redusere behovet for handelsgjødsel ved same avlingsnivå. 10% reduksjon i nitrogengjødsling gjev ein reduksjon på 2000 tonn CO₂-ekvivalentar. Total reduksjon i lystgassutslepp på grunn av betre agronomi kan dermed reknast til rundt 6000 CO₂-ekvivalentar.

Behandling av husdyrgjødsel i biogassanlegg reduserer utsleppa av metan, lystgass og ammoniakk frå husdyrgjødsel. I tillegg kan metan brukast som biodrivstoff og erstatte fossilt drivstoff. Etablering av biogassanlegg må gjerast i område med høg husdyrtettheit, gjerne der einingane er store. I første omgang er det realistisk å tenke seg at rundt 30% av husdyrgjødsla blir behandla i biogassanlegg. Dette gjev ein reduksjon i klimagassutslepp på om lag 6000 CO₂-ekvivalentar.

Organisk jord er kjelde til utslepp av både lystgass og CO₂. Redusert nydyrking og at myrjord går tilbake til naturtilstand er begge tiltak som kan redusere utsleppa. Det er usikkert kva desse tiltaka vil ha å sei for klimagassutsleppa frå Hordaland. Dei siste åra har arealet av jord som er omdisponert til andre formål enn jordbruk vore større enn nydyrkinga i Hordaland. Vern av den dyrka jorda vil vere eit viktig tiltak for å redusere behovet for nydyrking. Kulturjord av mineraljord er meir klimavennleg i produksjonssamanheng enn nydyrka jord på myr og «blandingsjord».

Skogbruk

Skog er det dominerende arealbruk i Hordaland fylke. Skogen i Hordaland lagrar ca. 21 millioner tonn CO₂ i biomasse, der 35% av dette er lagra i granskog, 36% i furuskog og 29% i lauvtreskog. I gjennomsnitt har skogen i Hordaland tatt opp ca. 1 400 000 tonn CO₂ per år i biomasse.

Det finst ikkje spesifikk informasjon om kor store karbonmengder som blir lagra i skogsjorda i Hordaland, men dersom ein brukar nasjonale verdiar for karbonlagring i jord finn ein at mellom 137-239 millionar tonn CO₂ er lagra i produktiv skogsjord og mellom 54-140 millioner tonn CO₂ er lagra i uproduktiv skogsjord. Lagring i jord per år tilsvarar omtrent 130 000 tonn CO₂.

Total sett (biomasse og jord) kan det årlege CO₂-opptaket i skogen for Hordaland estimerast til 0,34 tonn CO₂ daa⁻¹ år⁻¹. Dette betyr eit totalt CO₂-opptak for biomasse og jord på 1 450 000 tonn CO₂ per år for skog i Hordaland.

Dei viktigste tiltaka innanfor skogforvaltning og skogbruk som kan bidra til å auke karbonbinding i Hordaland blir oppsummert her: 1) Planting av skog på nye areal (dette omfattar både areal som tidligare har vore anna enn skog, men også treslagskifte for å oppnå meir produktiv skog); 2) Bioenergi: bruk av trevirke til bioenergi kan spare omtrent 245 g CO₂ per kWh produsert i forhold til fossilt brensel. I Hordaland er det låg utnytting av skog til bioenergi i dag; 3) Lagring av karbon i trevirke (varige treprodukt) som kan erstatte andre miljøbelastande materialer; 4) Skogplanteforedling: betre kvalitet på plantemateriale til forynging; 5) Endra køyrestil: skånsom køyring og bruk av biodrivstoff. Dessuten vurderer vi andre tiltak i skogbruket som treslagskifte, gjødsling, plantetettheit og markberedning utifrå fordelar/ulempar og relevansen for Hordaland. Skogvern, endra avvirkningsnivå og redusert avskoging er også diskuterte emne, men desse tiltaka vil kunne avgrense bruk av skog til klimavennelege løysningar som bioenergi og bruk av varige treprodukt.

Av skogsarealet i Hordaland er det berre ca. 40% som er definert som produktiv skog ifølge Landskogstakseringa. Derfor er det eit vesentleg potensial i å undersøke korleis ein kan auke arealet med produktiv skog i fylket for å auke karbonbinding og optimere bruken av skogressursane i klimasamanheng.

Tiltaksplan for jordbruket i Hordaland

Tiltak	Verknad på klimagassutslepp	Andre verknader/vurderingar	Gjennomføring
Produksjonar og driftsformer			
Auka produksjon av matvarer med lågt klimagassutslepp som frukt, bær, potet, grønsaker	Ingen direkte reduksjon i klimagassutslepp utan reduksjon i produksjonen av matvarer med høgare utslepp. Med ei målsetting om auka matproduksjon i fylket er det gunstig at den største auken skjer innafor produksjonar med lågt klimagassutslepp.	Auka lokal produksjon av varer som kan seljast til ein lokal marknad. Auka kontakt kunde/forbrukar. Negative verknader kan vere auka bruk av plantevern-middel. For potet/grønsaker auka erosjon og auka lystgass- og CO ₂ - utslepp på jordartar med høgt moldinnhald i høve til grasproduksjon	Stimulere eksisterande produsentmiljø i aktuelle område gjennom tilskot og rådgjeving innafor dyrkingsteknikk, nettverksbygging, sal og marknadsføring. Bidra til FoU-verksemd innafor fagområdet.
Oppretthalde /auke kombinert mjølke- og storfekjøttproduksjon	Mjølkeprodukt gjev middels klimagassutslepp medan kjøtt frå storfe og sau gjev høge utslepp. Storfekjøtt produsert i kombinasjon med mjølk gjev vesentleg lågare utslepp enn spesialisert produksjon på eigen populasjon av kjøtfe.	Oppretthalding av drifta på eng- og beiteareal som er viktig for kulturlandskapet. For sterk fokus på auka mjølkeavdrøtt gjev redusert kjøttproduksjon. Skjer avdrøttsauken ved hjelp av auka bruk av kraftfôr, vert behovet for grovfôrareal redusert. Oppretthalding av leveransen til lokale meieri.	Stimulere eksisterande mjølkeproduksjonsmiljø, legge til rette for satsing og investering i nye driftsbygningar med kombinert produksjon.
Husdyrgjødsel			
Produksjon av biogass	Reduksjon av metanutslepp, men også utslepp av lystgass og ammoniakk. Erstatting av fossilt drivstoff. Behandling av 30% av husdyrgjødsel gjev årleg samla reduksjon på ca 6000 tonn CO₂-ekv	Auka verdiskaping dersom lønnsemd i produksjonen. Vanskeleg for biogass å konkurrere med anna energi pga høge produksjons-kostnader. Kan samkøyrast med behandling av anna våtorganisk avfall frå næringsmiddelindustri, storkjøkken eller daglegvareforretningar	Utgreie etablering av biogassproduksjon i Hordaland i forhold til tilgang på husdyrgjødsel, behov for auka lagerkapasitet, omsetting og bruk av energi, lønnsemd i biogassproduksjon

Tiltak	Verknad på klimagassutslepp	Andre verknader/vurderingar	Gjennomføring
Auka utnytting av nitrogen (N) i husdyrgjødsel gjennom auka lagerkapasitet og dermed gunstigare spreietidspunkt og gjennom betre spreiemetodar	Ei auka N- utnytting på 300 tonn N årleg vil redusere behovet for handelsgjødsele-N tilsvarande. Lystgass-utsleppet vert årleg redusert med 2400 tonn CO₂-ekvivalentar . I tillegg kjem reduksjon i utslepp ved produksjon av N-gjødsel.	Redusert ammoniakkutslepp og avrenning av andre næringsstoff som t.d. fosfor. Ny gjødselsforskrift vil på sikt truleg tvinge fram ei satsing på auka lagerkapasitet og strengare krav til spreieing i vekstsesongen.	Kartlegge behovet for auka lagerkapasitet og stimulere til utbygging. Samordnast med utbygging av biogassanlegg. Vurdere korleis tak på opne lager kan auke lagerkapasiteten. Vurdere om nye driftsbygningar til sau berre bør byggjast med blautgjødselelager. Stimulere til miljøvennlege spreiemetodar.
Agronomi			
Betre drenering	Drenering av areal som i dag er dårleg drenert (7 %) kan årleg redusere direkte lystgassutslepp med 1550 tonn CO₂-ekvivalentar .	Auka avling, mindre jordpakking, betre utnytting av næringsstoff. Omfanget av dårleg drenert areal er truleg underestimert og dermed også potensialet for klimagassreduksjon.	Stimulere til auka dreneringsaktivitet gjennom tilskot til drenering og rådgjeving. Kunnskapsoppbygging gjennom forskning og utvikling.
Redusert jordpakking	På landsbasis er det estimert at 20% av jorda har pakkingsskader. Brukar ein same tala for Hordaland kan ein ved å sette inn tiltak årleg redusere lystgass-utsleppet med 2500 tonn CO₂-ekvivalentar .	Auka avling og betre utnytting av næringsstoff. Enga held seg betre over tid, mindre vinterskade og redusert behov for engfornyng.	Rådgjeving med fokus på jordfysikk, maskinvekt, dekkutrustning, lufttrykk, køyremønster, flytte køyring frå jord til veg, jordarbeiding.
Redusert N-gjødsling ved same avlingsnivå, som følgje av betre agronomi og betre utnytting av tilført gjødsele	10% reduksjon i N-gjødsling reduserer årleg lystgassutslepp med 2000 tonn CO₂-ekvivalentar .	Reduserte kostnader, betre lønnsemd. Redusert gjødsling må ikkje redusere avlingane.	Rådgjeving for betre agronomi.

Tiltak	Verknad på klimagassutslepp	Andre verknader/vurderingar	Gjennomføring
Redusert svinn i grovfôrproduksjonen	Redusert lystgass- og CO ₂ - utslepp ved at gjødsel og jordbruksareal vert betre utnytta.	Betre lønnsemd. Mindre avrenning. Større fokus på arealproduktivitet.	Stimulere til FoU og rådgjeving innafor konservering og lagring av grovfôr.
Jordvern	Redusert behov for nydyrking. Nydyrking skjer gjerne på organisk jord som har større klimagassutslepp enn mineraljord. Nydyrka mineraljord krev sterkare gjødsling enn gammal kulturjord slik at lystgassutsleppet blir større. Redusert utslepp av lystgass og CO ₂ særleg frå omdisponert jord med høgt innhaldet av organisk materiale og der djupe jordmassar blir eksponert for luft.	Sikring av matjord til matproduksjonen.	I plansamanheng ha overordna fokus og sterkare politiske verkemiddel for å hindre utbygging på kulturjord og aktuell dyrkingsjord på mineraljord. Stille større krav til utbygger om korleis omdisponert jord skal handsamast og nyttast. Utarbeiding av retningslinjer og sikre at desse blir følgde.
Husdyrhald			
Betra grovfôrqualität i form av høgare energiinnhald og tilpassa haustetidspunkt	Redusert metanutslepp frå fordøyelsen, redusert klimagassutslepp per produkteining.	Høgare yting/tilvekst utan å auke kraftfôrandelen. Skaffe meir av samla fôrtrong gjennom grovfôr er gunstig for arealbruken	Rådgjeving om grovfôrqualität
Auka fôrutnytting gjennom fôring og avl	Redusert klimagassutslepp per produkteining.	Reduserte kostnader, betre lønnsemd i produksjonane.	Fokus på effektiv fôrutnytting i avlsarbeidet og i fôrplanlegging
Tilpassa bruk av protein i fôrrasjonen	Mindre nitrogen i sirkulasjon. Redusert utslepp av lystgass.	Mindre avrenning og ureining til vassdrag. Betre lønnsemd.	Tilpassa gjødsling, grovfôrprøver, fôrplanlegging med balanse mellom energi og protein til drøvtyggarar. Rett mengde og type protein til einmaga dyr.

Tiltak	Verknad på klimagassutslepp	Andre verknader/vurderingar	Gjennomføring
Betre helse og fruktbarheit	Redusert klimagassutslepp per produkteining.	Betre lønnsemd. Betre dyrevelferd.	Rådgjeving og avlsarbeid med fokus på helse og fruktbarheit.
Auka beitebruk i utmark med god beitekvalitet	Erstatting av grovfôr og kraftfôr med fôr frå utmarksbeite kan redusere klimagassutsleppa med høvesvis 0,8 og 1,0 CO ₂ -ekvivalentar per Fem. Tilvekst må oppretthaldast.	Redusert attgroing og betre skjøtsel av kulturlandskapet. Ivaretaking av biologisk mangfald og andre vektlagde kulturlandskapsverdiar som oppleving.	Stimulere til auka beitebruk i utmark med god beitekvalitet gjennom rådgjeving, tilskot og samarbeids-løysingar
Redusere lammetap i sauehaldet	Redusert klimagassutslepp per produkteining.	Betre lønnsemd. Betre dyrevelferd.	Rådgjeving Rovdyrforvaltning
Betre drift i haldet av utegangarsau og i skjøtsel av kystlynghei	Redusert klimagassutslepp per produkteining.	Auka tilvekst og produksjon. Betre lønnsemd. Betre dyrevelferd.	Kunnskaps-oppbygging og rådgjeving

Tiltaksplan for skogbruket i Hordaland

Tiltak	Effekt på karbonlager		Fordeler	Ulemper/ Utfordringer	Relevans for Hordaland
	Biomasse	Jord			
Planting av skog på nye arealer	Økning (over- og underjordisk)	Jordkarbon kan økes, men krever langsiktig planlegging	Etablering av et karbonsluk (ved langsiktig planlegging)	Prioritering av arealer i forhold til ressursbehov og andre verdier (kultur-landskap, miljø)	Usikker Må vurderes i forhold til arealplanlegging og prioritering
Hogst og bruk av trevirke	Kan risikere økte utslipp, men har erstatningspotensiale	Avhengig av hogstmetoder	Erstatningspotensiale i forhold til f.eks. klimabelastende byggematerialer	Lønnsomhet, krever bedre vegnett	Middels-høgt
Bioenergi	Trevirke vil bli til CO ₂	Avhengig av hogstmetoder	Erstatningspotensiale i forhold til andre klimabelastende energikilder	Krever mer investering og etablering	Middels-høgt
Varige treprodukter	Bevaring av karbon lagret i biomasse	Avhengig av hogstmetoder	Erstatningspotensiale i forhold til andre klimabelastende materialer	Krever incitament og materialer med en viss kvalitet	Middels-høgt
Skogplante-foredling	Bedre plantemateriale som gir bedre/mer trevirke (karbon)	Ingen direkte effekt	Høyere produksjon basert på bedre plantemateriale	Krever langsiktig arbeid og investering	Middels-høgt
Endret kjørestil	Ingen direkte effekt	Skånsom kjøring kan potensielt bidra til mindre jordforstyrrelser og verne org. materiale i jord	Redusert utslipp ved bruk av biodrivstoff og mindre terrengskader	Vanskelig balansen mellom kostnader og effekter i forhold til andre tiltak	Middels-høgt Evaluering av dagens situasjon og muligheter for forbedringer

Tiltak	Effekt på karbonlager		Fordeler	Ulemper/ Utfordringer	Relevans for Hordaland
	Biomasse	Jord			
Treslagskifte	Avhengig av hvilket treslag: treslag med høy tilvekstrate (f.eks. bartre) gir mer karbon i biomasse	Usikker. Data på jordkarbon for bartre- og lauvtreslag peker på forskjellige effekter	Avhengig av valg - bartre mere biomasse men kanskje mindre jordkarbon og mindre albedo	Avhengig av valg - bartre mindre albedo, mulig påvirkning på klimagassenes dynamikk CH ₄ og N ₂ O, men mindre produktivitet ved lauvtre	Usikker
Gjødsling	Potensiell økning eller ingen signifikant endring	Potensiell økning eller ingen signifikant endring	Økt tilvekst for biomasse	Potensielle negative effekter av N-gjødsling som lekkasje av nitrat eller lystgassutslipp	Liten Mye av skogsjorda har middels til høg bonitet og stor produksjon/tilvekst uten gjødsling
Økt plante- tetthet	Potensiell økning	Potensiell økning	Mer trevirke per arealenhet	Potensiell dårligere kvalitet av virke	Begrenset/ Liten Vanskelige terrengforhold og risiko for dårlig kvalitet av trevirke
Endret Avvirknings- nivå	Negativ (ved økning) eller positiv (ved reduksjon)	Negativ (ved økning) eller positiv (ved reduksjon)	Trevirke til varige treprodukter eller til bioenergi	Umiddelbart mer utslipp ved økt nivå	Usikker Tendens til økt avvirkning de seneste år
Skogvern	Økning (over- og underjordisk) samt i bunnvegetasjon og død ved	Potensielt signifikant økning på lang sikt	Dette vil bety etablering av et karbonsluk og forventes å ha andre positive effekter på f.eks. biologisk mangfold, rekreasjon	Prioritering av arealer i forhold til ressursbehov (på areal, bioenergi, etc.) Krever langsiktig planlegging	Usikker Konkurrerer med andre viktige tiltak som bioenergi eller bruk av treprodukter.

Tiltak	Effekt på karbonlager		Fordeler	Ulemper/ Utfordringer	Relevans for Hordaland
	Biomasse	Jord			
Mark-beredning	Potensielt bedre/mer trevirke og derfor mer karbon i biomasse	Potensielt negative effekter som følge av jordbearbeiding som kan resultere i økt omsetning og dermed høyere CO ₂ utslipp fra jord	Raskere og bedre etablering av en bestand som gir potensielt bedre/mer trevirke	Kostnader i forhold til effekter og utfordringer i bratt terreng	Begrenset/ Liten Vanskelige terrengforhold
Redusert avskoging	Mer karbon i stående biomasse	Mer tilførsel av karbon fra stående biomasse til jord (strø, røtter, etc.) som kan øke jordkarbon	Mer skog betyr mer karbon	I konflikt med andre interesser og arealressursbehov	Begrenset/ liten Begrenser andre viktige ressursbehov til jordbruk og byggelse

1. Innleiing

Det er brei semje blant klimaforskarar om at auken i utslepp av klimagassar (drivhusgassar) som følgje av menneskeleg aktivitet forsterkar den naturelege drivhuseffekten og fører til global oppvarming og klimaendringar. Som del av den femte klimarapporten la FN sitt klimapanel 13. april 2014 fram delrapport 3 om tiltak og verkemiddel for å redusere utslepp av klimagassar. Der går det fram at dersom utsleppa ikkje vert reduserte ligg det an til ein temperaturauke på mellom 2,7 og 4,8 grader fram mot år 2100. Klimaforskarane meiner at ein temperaturauke på meir enn 2 grader vil føre til svært farlege klimaendringar. For at temperaturauken ikkje skal overstige 2 grader må dei globale utsleppa reduserast med 40-70% frå 2010-nivå innan 2050. Det betyr at dei årlege utsleppa må reduserast frå 49 milliardar tonn CO₂-ekvivalentar i 2010 til 15-30 milliardar tonn CO₂-ekvivalentar i 2050. For å nå dette målet må alle sektorar bidra. I 2010 stod utslepp frå skog, jordbruk og andre areal for 24 prosent av dei globale klimagassutsleppa og det er peika på at utsleppa kan reduserast med 7,2-11 milliardar tonn CO₂-ekvivalentar kvart år. Dei mest kostnadseffektive tiltaka globalt sett er effektivisert jordbruk, restaurering av dyrka myr, redusert avskoging, auka skogplanting, betra skogforvaltning og endra forbruksmønster som mindre matsvinn og kjøttforbruk (Miljødirektoratet 2014).

1.1 Nasjonalt klimagassutslepp

I 2013 utgjorde utsleppa av klimagassar frå norsk territorium 52,8 millionar tonn. Av dette stod jordbruket for 4,5 millionar tonn, eller om lag 9% (Tabell 1.1) (SSB 2014). Det er verdt å merke seg at bruk av energi til blant anna transport og oppvarming og produksjon av innsatsfaktorar som til dømes handelsgjødsel og maskiner vert rapportert under andre sektorar enn jordbruk i SSB sin statistikk. Det er heller ikkje teke med CO₂-tap frå jord. Inkluderer ein dette vil utsleppa frå jordbruket utgjere om lag 13% av nasjonale utslepp (Grønlund og Harstad 2014).

Tabell 1.1 Utslepp av klimagassar frå norsk territorium i millionar tonn CO₂-ekvivalentar. Foreløpige tal for 2013 (SSB 2014).

	Mill tonn CO ₂ -ekvivalentar	% av totale utslepp
Utslepp frå norsk territorium	52,8	
Olje- og gassutvinning	14,0	27
Industri og bergverk	11,7	22
Energiforsyning	1,6	3
Oppvarming i andre næringar og hushaldningar	1,4	3
Vegtrafikk	10,1	19
Luftfart, sjøfart, fiske, motoreiskapar m.m.	7,1	13
Jordbruk	4,5	9
Andre kjelder	2,4	4

1.2 Klimagassutslepp frå jordbruk

Dei viktigaste klimagassane frå jordbruket er metan (CH₄) og lystgass (N₂O). Desse vert rekna om til CO₂-ekvivalentar utifrå oppvarmingspotensialet i atmosfæren (GWP= Global Warming Potential) over 100 år samanlikna med CO₂. Metan og lystgass har oppvarmingspotensial på høvesvis 21 og 310 GWP (SSB 2013). SSB sin statistikk for utslepp frå norsk jordbruk i 2012 (som er den nyaste tilgjengelege) viser at om lag halvparten av

utsleppa er metan og halvparten er lystgass (Tabell 1.2). Jordbruket står for rundt 50% av det nasjonale metanutsleppet og 70% av lystgassutsleppet (Bye et al.2014).

Tabell 1.2. Utslepp av klimagassar frå jordbruket i Norge i 1000 tonn CO₂-ekvivalentar i 2012 (Statistikkbanken 2014).

	Husdyr - tarmgass	Husdyr- gjødse	Kunst- gjødse	Anna	Totale jordbruks- utslepp	% av jordbruks- utslepp	% av nasjonale utslepp
Metan (CH ₄)	2040	184			2224	49	50
Lystgass (N ₂ O)		697	575	1004	2276	51	70
Totalt	2040	881	575	1004	4500		

1.3 Målsettingar i klimapolitikken

Gjennom Meld St. nr 31 (2006-2007) Norsk klimapolitikk og i påfølgande avtale om klimameldinga (klimaforliket) har ein ei målsetting om klimagassreduksjon på 15-17 millionar tonn CO₂-ekvivalentar (inkludert skog) innan 2020 med 59 millionar tonn CO₂-ekvivalentar som referanse. I Klimakur 2020 er tiltak og verkemiddel for å nå målet om utsleppsreduksjon innafor ulike sektorar greidd ut. Her er det lagt til grunn at utsleppa må reduserast til mellom 45-47 millionar tonn CO₂-ekvivalentar i 2020. Tiltaka som er greidd ut for jordbruket er estimerte til å ha ein årleg klimagassreduksjon på 1,1 millionar CO₂-ekvivalentar. I Perspektivmeldinga for 2013 (PM 2013) estimerer ein at utsleppa i 2020 vil bli 54,5 millionar tonn CO₂-ekvivalentar, altså eit gap på 7,5-9,5 millionar tonn CO₂-ekvivalentar i høve til målsettinga.

For Hordaland er målsettingane for klimapolitikken nedfelt i «Klimaplan for Hordaland 2010-2020» utarbeidd av Hordaland Fylkeskommune.

1.4 Metodar for utrekning av klimagassutslepp

SSB og Miljødirektoratet rapporterer årleg norsk klimagassutslepp til FN sin klimakonvensjon (The Norwegian Emission Inventory 2013). FN sitt klimapanel Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) har utarbeidd retningslinjer for korleis nasjonane skal rekne ut klimagassutsleppa. Ein kan velje ulik detaljeringsgrad etter kor detaljerte opplysningar ein har om utslepp i eige land. Desse er omtala som Tier 1, Tier 2 og Tier 3 der Tier 1 er den enklaste og Tier 3 den mest detaljerte. Kjeldene til klimagassutslepp frå jordbruket er mange, utsleppa er kompliserte å måle og det finst få norske undersøkingar. I dei fleste tilfelle brukar ein derfor standardiserte emisjonsfaktorar gitt av IPCC. I mange tilfelle vil ikkje utrekningane gje eit rett bilete av det som skjer i praksis, men ein har per i dag ikkje grunnlag for å lage betre estimat av utsleppa. I utrekningane for klimagassutslepp frå jordbruket for Hordaland har ein så langt det let seg gjere prøvd å bruke metodane som er brukt i den nasjonale rekneskapen. Desse er ikkje lett tilgjengelege, så her kan vere avvik, og tala må ikkje sjåast på som eksakte. SSB opplyser at dei vil publisere fylkesvise utsleppstal i løpet av september 2014. Ein må undersøke korleis tala i denne rapporten stemmer med SSB sine når dei vert publiserte. Det er brukt tal som stemmer betre med jordbruket i Hordaland enn nasjonale tal der dette finst.

2. Klimagassutslepp frå jordbruket i Hordaland

2.1 Jordbruket i Hordaland

I følgje søknad om produksjonstillegg i august 2013 er det totalt 403 000 daa jordbruksareal i Hordaland. Heile 390 500 daa blir brukt til grovfôrproduksjon (inkludert innmarksbeite). Det blir produsert frukt på nær 7500 daa og eple utgjer om lag 60% av fruktarealet. I tillegg er det rundt 447 000 m² veksthus i Hordaland. Rundt 4000 daa av jordbruksarealet er registrert ute av drift og av dette utgjer innmarksbeite 2700 daa. Ein del areal vert det ikkje søkt om produksjonstillegg for og ein del areal er ute av drift utan å vere registrert. I følgje jordsmonnskartlegginga til Skog og Landskap er det registrert eit areal på i overkant av 500 000 daa i sum for dyrka areal og innmarksbeite (Lågby & Svenngård-Stokke 2013). Av dei om lag 100 000 daa som er i skilnad er nok mesteparten gått ut av drift.

I august 2013 var talet på husdyr i Hordaland etter søknad om produksjonstilskot om lag: 11 000 mjølkekyr, 2 800 ammekyr, 23 000 andre storfe, 80 000 vinterfôra sau, 119 000 lam, 16 000 utegangarsau inkludert lam, 2000 mjølkegeit, 1000 ammegeit, 2400 andre geiter inkl. kje, 1800 avlsgris, 9500 slaktegris, 120 000 vernehøns, 1600 hestar og 700 rev. I 2012 vart det slakta rundt 27 000 grisar, 88 000 lam, 500 000 kyllingar og rundt 45 000 kyllingar vart sett på til verping. Dyretalet frå søknad om produksjonstilskot august 2013 er brukte i utrekningane for klimagassutslepp. Dyretalet kan vere litt større i og med at ikkje alle søker om produksjonstilskot. Det er grunn til å tru at utslaget er størst for sau og utegangarsau.

2.2 Metan (CH₄)

Det er to hovudkjelder til utslepp av metan (CH₄) frå jordbruket: fordøyelse av fôr i dyret (enterisk metan), særleg hos drøvtyggarar, og lagring av husdyrgjødsel. Metanutslepp frå fordøyelse av fôr står for mesteparten av utsleppet. I vomma hos drøvtyggarar vert fôret fermentert utan tilgang på oksygen. I prosessen vert det danna eit overskot av hydrogen (H₂) som må fjernast. Dette skjer ved at hydrogen vart omdanna til metan ved spesielle mikrobar, og metan vert deretter skilt ut ved raping gjennom utåndingslufta. Det blir også produsert metan i blind- og tjukktarmen og dette vert skilt ut anten ved raping eller prompting. Einmaga dyr har varierende grad av fermentering og produksjon av metan. Ved omdanning av organisk materiale i husdyrgjødsel under anaerobe forhold (utan luft) vert det danna metan. Andel lett nedbrytbart organisk materiale, temperatur, surheitsgrad og saltinnhald er faktorar som påverkar metanproduksjonen. Ved lagring av blautgjødsl med liten tilgang på luft er metanproduksjonen større enn i system med tørrgjødsl og god tilgang på luft. Gjødsl frå ulike husdyrslag har ulikt potensiale for metanproduksjon og måten gjødsla vert lagra på vil også påverke metanproduksjonen.

2.2.1 Metanutslepp frå fordøyelsen til husdyr

Metanutslepp frå fordøyelsen til husdyr vert i det nasjonale klimagassrekneskapan rekna ut etter Tier- 2 metodikk for storfe og sau. Her tek ein omsyn til både opptaket av energi i fôr og energikonsentrasjonen (forholdet grovfôr:kraftfôr). For dei andre husdyrslaga vert det brukt Tier 1-metodikk med ein fast koeffisient per dyr og år fastsett av IPCC. I tabell 1 er det brukt norske middelveidiar for utsleppet av enterisk metan frå husdyr (Grønlund og

Harstad 2014) og i hovudsak dyretal i Hordaland per august 2013. For «Andre storfe» gjeld middelveiane utslepp i løpet av levetida og tal dyr per august 2013 er derfor dividert med 2. Dette er ei forenkling og utsleppet er derfor ikkje heilt nøyaktig. For sau under 1 år er dyretalet multiplisert med 143/365 for å ta omsyn til at lamma lever mindre enn 1 år. For utegangarsau er dyretalet i januar på 10 170 dyr og emisjonsfaktoren for vanleg sau brukt. Denne er nok for høg, men i tillegg til dyretalet i januar er det ein del lam som er fødte og slakta same år som ikkje er tatt med i utrekningane. Ein reknar derfor med at dei totale utsleppa frå utegangarsauen er nokolunde rette. Utegangarsauen er vesentleg mindre enn Norsk Kvit Sau og andre rasar som er vanlege å bruke i tradisjonelt sauehald, og vinterforet består stort sett av lyngbeite i veksling med gras. Kraftfôr og innhausta grovfôr vert berre unntaksvis brukt.

Tabell 2.1. Utslepp av metan (CH₄) frå fordøyelsen til husdyr i Hordaland.

	Tal dyr	CH ₄ , kg/dyr og år	CH ₄ , tonn/år	CO ₂ -ekv, tonn/år
Mjølkekyr	10901	144	1570	32965
Ammekyr	2813	122	343	7207
Andre storfe	11411	109 ¹⁾	1244	26119
Sau > 1 år	79499	17	1351	28381
Sau < 1 år	46752	5,4	252	5302
Utegangarsau	10170	17	173	3631
Mjølkegeit/ammegeit	3096	13	40	845
Andre geit	2398	5,4	13	272
Gris, alle typar	10084	1,5	15	318
Verpehøns	120713	0,02	2	51
Slaktekylling, dyreplassar	79502	0,02	2	33
Livkylling, dyreplassar	18723	0,02	0,4	8
Hest	1603	18	29	606
Totalt			6315	105736

¹⁾ I løpet av levetida

2.2.2 Metanutslepp frå lagring av husdyrgjødsel

I den nasjonale klimagassrekneskapan brukar ein Tier 1 -metoden for sau, geit og hest og Tier 2-metoden for storfe, fjørfe og svin. Utrekningane er lagt om i forhold til det som er oppgitt i The Norwegian Emission Inventory 2013 og det er derfor brukt middelveiane for utslepp av metan frå husdyrgjødsel per dyr og år etter Grønlund og Harstad (2014). For «Andre storfe» gjeld middelveiane utslepp i løpet av levetida og tal dyr per august 2013 er derfor dividert med 2. Dette er ei forenkling og utsleppet er derfor ikkje heilt nøyaktig.

Tabell 2.2. Utslepp av metan (CH_4) frå lagring av husdyrgjødsel i Hordaland.

	Tal dyr	CH_4 , kg/dyr/år	CH_4 , tonn/år	CO_2 -ekv, tonn/år
Mjølkekyr	10901	18	196	4121
Ammekyr	2813	7,4	21	437
Andre storfe	11411	5,9 ¹⁾	67	1414
Sau > 1 år	79499	0,19	15	317
Mjølkegeit	2156	0,12	0,3	5
Ammegeit	940	0,12	0,1	2
Andre geit	2398	0,12	0,3	6
Avlspurker	977	7,08	7	145
Ungpurker	821	1,83	2	32
Slaktegris, dyreplassar	8273	2,13	18	370
Verpehøns	120713	0,09	11	228
Slaktekylling, dyreplassar	79502	0,03	2	50
Livkylling, dyreplassar	18723	0,02	0,4	8
Hest	1603	3	5	101
Rev	674	0,87	1	12
Totalt			413	7243

¹⁾ I løpet av levetida

2.3 Lystgass (N_2O)

Lystgass kan bli danna ved omdanning av nitrogensambindingar under vekslende aerobe og anaerobe forhold. Det er denitrifikasjon av nitrat som utgjer den største faren for lystgassutslepp, men også ved nitrifikasjon av ammonium til nitrat kan lystgass bli danna som eit biprodukt. Gjødsling med alle typar nitrogenhaldig gjødsel (husdyrgjødsel og handelsgjødsel) utgjer ein risiko for lystgasstap. Nitrogen som går tapt som ammoniakk til luft og ved avrenning av nitrat og ammonium kan seinare bli omdanna til lystgass. Ei anna viktig kjelde er drift av organisk jord der omsetting av organisk materiale i jorda fører til risiko for lystgassutslepp. Når det gjeld lystgassutslepp frå jord og gjødsel brukar Norge i stor grad framleis retningslinjene frå 1996 (IPCC 1996) sjølv om det kom nye i 2006 (IPCC 2006). Vi har valt å bruke dei same emsjonsfaktorane som Norge brukar for å kunne samanlikne Hordaland med nasjonale utslepp. Ved å bruke dei nyaste retningslinjene ville utsleppa vorte ein del lægre.

2.3.1 Lystgassutslepp frå husdyrgjødsel

Nitrogenet i husdyrgjødsel kan gå tapt som lystgass under lagring av gjødsla, når gjødsla blir brukt som gjødsel på jordbruksareal og når gjødsla blir slept frå dyr som går på beite. I tillegg reknar ein at ein del av nitrogenet i husdyrgjødsel som går tapt som fordampa ammoniakk, og ein del av nitrogen som går tapt ved avrenning og utvasking vert omdanna til lystgass. Utgangspunktet for utrekningane av lystgassutsleppet er innhaldet av total-nitrogen i husdyrgjødsel. Middeltal for mengder nitrogen som vert utskilt i husdyrgjødsel for ulike dyreslag er gjengitt i tabell 3.4. Kor mykje nitrogen som i praksis vert skilt ut i husdyrgjødsel vil variere og er avhengig av proteininnhaldet i fôret og balansen mellom protein og energi i fôret til drøvtyggjarar.

Tabell 2.3. Utskilling av nitrogen i gjødsel (avføring og urin) hos dei viktigaste dyreslaga, kg total-N/dyr og år (Karlengen et al. 2012).

	Kg total-N
Mjølkekyr (kg/dyr/år)	125
Kviger (kg/dyr)	85
Oksar til slakt (kg/dyr)	65
Kvige til slakt (kg/dyr)	64
Ammekyr (kg/dyr/år)	64,5
Verpehøns (kg/årsdyr)	0,7
Slaktekylling (kg/dyr)	0,03
Livkylling (kg/dyr)	0,045
Purker (inkl. smågris) (kg/årspurke)	34,3
Ungpurker (kg/dyr/år)	23,5
Slaktegris (30-115 kg) (kg/dyr)	3,2
Sau < 1 år (kg/dyr/år)	7,7
Sau > 1 år (kg/dyr/år)	11,6
Mjølkegeit (kg/dyr/år)	15,5
Hest (kg/dyr/år)	50
Mink (kg/dyr/år)	4,3
Rev (kg/dyr/år)	9

2.3.1.1 Lagringssystem for husdyrgjødsel

Korleis husdyrgjødsel er lagra og kor stor del av gjødsel som vert lagt igjen på beite for ulike dyreslag påverkar utsleppa av metan og lystgass frå husdyrgjødsel. I den nasjonale utsleppsrekneskapa for 2013 er det lagt til grunn ei fordeling som vist i tabell 2.3. Det er ikkje sikkert at dette er heilt dekkande for korleis beitetid og lagringssystem er i Hordaland, men ein har ikkje betre tal enn dette å legge til grunn.

Tabell 2.4. Prosent husdyrgjødsel lagra i ulike system (The Norwegian Emission Inventory 2013).

	Flytande	Fast	Beite
Mjølkekyr	75	6	19
Andre storfe	64	5	31
Fjørfe	27	73	0
Sau	25	30	45
Svin	88	12	0
Andre	30	33	37

2.3.1.2 Lystgassutslepp frå gjødsel frå dyr på beite

Nitrogenet i avføring og urin som husdyr legg frå seg på beite kan gå tapt som lystgass. I den nasjonale klimagassmodellen reknar ein at ein andel på 0,02 av total-nitrogenet i alle typar husdyrgjødsel går direkte tapt som lystgass-nitrogen. Denne faktoren er også brukt for utrekningane i Hordaland. I IPCC sine retningslinjer frå 2006 er emisjonsfaktoren redusert til 0,01 for andre dyr enn storfe, fjørfe og svin. Dette er gjort på grunna av at frå sau og andre mindre dyr kjem det mindre mengder urin om gongen og jordpakkinga som følgje av trakk er mindre samanlikna med til dømes storfe.

I tillegg går ein del nitrogen frå gjødsel som husdyr legg frå seg på beite tapt som ammoniakk. I den norske utsleppsmodellen reknar ein 7,5% ammoniakktap av total-N frå

gjødning frå storfe og hest og 4,1% for dei andre dyreslaga. Andelen av dette som går over til lystgass-N er sett til 0,01. Ein del av nitrogenet i gjødsla er utsett for avrenning og utvasking. I den norske utsleppsmodellen reknar ein at 22% av total-N i gjennomsnitt går tapt ved avrenning og utvasking for all tilførsel av nitrogengjødning. I område med gras- og husdyrproduksjon og lite open åker kan ein rekna at 16% av total-N går tapt (Beckmann et al. 2012). Ein har valt å bruke 16% avrenning av total-N for all tilførsel av nitrogengjødning i for Hordaland. Av nitrogenet som går tapt gjennom avrenning/utvasking reknar ein i den nasjonale utsleppsmodellen at ein andel på 0,025 går tapt som lystgass-N. Dette blir også brukt i utrekningane for Hordaland. I IPCC sine retningslinjer frå 2006 er andelen som går over frå utvaska N til lystgass-N redusert til 0,0075. Når ein har funne mengda lystgass-N som går tapt må dette reknast om til mengde lystgass ved å multiplisere med 44/28.

Tabell 2.5 syner direkte og indirekte tap av lystgass frå gjødning frå dyr på beite. Dyretallet er henta frå søknad om produksjonstillegg for Hordaland i august 2013. For «Andre storfe» er tal dyr per august 2013 dividert med 2 sidan kg total-N er oppgitt per dyr i heile levetida og ikkje per dyr og år. Dette er ei forenkling og utsleppet er derfor ikkje heilt nøyaktig. Sau under 1 år er multiplisert med 143/365 for å korrigere for at dei lever kortare enn eit år. For utegangarsau er det brukt same N-innhald i gjødsla som for anna sau, men det er brukt tal dyr for søknadsomgangen i januar. Utsleppet skal dermed inkludere utsleppa som også kjem frå lam som er fødte og slakta same året.

Tabell 2.5. Utslepp av lystgass (N₂O) frå dyr på beite i Hordaland.

	Tal dyr	Beite, %	Total-N, tonn/år	Direkte N ₂ O-utslepp, tonn/år	Indirekte N ₂ O-utslepp, tonn/år	Totalt N ₂ O-utslepp, tonn/år	CO ₂ -ekv, tonn/år
Mjølkekyr	10901	19	259	8	0,8	8,9	2754
Ammekyr	2813	31	56	2	0,2	1,9	598
Andre storfe	11411	31	248	7,8	0,7	8,5	2634
Sau > 1 år	79499	45	415	13	21	14	4355
Sau < 1 år	46752	100	919	11	0,9	12	3778
Utegangarsau	10170	100	118	3,7	0,3	4	1238
Mjølkegeit	2156	37	12	0,4	0,03	0,4	130
Ammegeit	940	45	5	0,2	0,01	0,2	51
Andre geit	2398	100	18	1	0,05	0,6	194
Hest	1603	37	30	1	0,1	1	316
Totalt	174563		2396	56	5	60	16769

2.3.1.3 Lystgasstap frå lagring av husdyrgjødning

Under lagring av husdyrgjødning kan ein del nitrogen gå direkte tapt som lystgass. Det er minst tap av lystgass frå husdyrgjødning som er lagra flytande (blautgjødning) og her reknar ein at 0,001 av total-N i den lagra husdyrgjødninga går tapt som lystgass-N. Tapet er større frå lagra fastgjødning og her er andelen som går direkte tapt som lystgass 0,02. Tabell 2.6 syner kor mykje total-N som er lagra for ulike husdyrslag, type lagring og lystgasstapet per år. Det er mest gjødning frå storfe, men sidan ein større del av sauegjødninga er lagra som fastgjødning blir lystgassutsleppet frå sauegjødninga forholdsvis stort.

Tabell 2.6. Direkte utslepp av lystgass frå lagra husdyrgjødsel i Hordaland.

	Tal dyr	N (tonn/år) i blautgjødning	N (tonn/år) i fastgjødning	N ₂ O-utslepp, tonn/år	CO ₂ -ekv. tonn/år
Mjølkekyr	10901	1022	82	4,2	1293
Ammekyr	2813	116	9	0,5	145
Andre storfe	11411	511	40	2,1	638
Sau > 1 år	79499	231	277	9	2805
Mjølkegeit	2156	10	11	0,4	112
Ammegeit	940	3	3	0,1	33
Avlspurker	977	29	4	0,2	53
Ungpurker	821	17	2	0,1	31
Slaktegris	27302	77	10	0,4	139
Verpehøns	120713	23	62	2	612
Slaktekylling	516765	4	11	0,4	112
Livkylling	44936	1	1	0,05	15
Hest	1603	24	26	0,9	269
Rev	674	0	6	0,2	59
Totalt		2579	586	22	6318

I tillegg til direkte lystgassutslepp reknar ein at ein andel på 0,01 av ammoniakk som går tapt frå husdyrgjødsel i fjøs og under lagring går over til lystgass-N. Storleiken på ammoniakktapa frå husdyrgjødsel er avhengig av dyreslag og korleis gjødsla vert handtert og lagra. Ammoniakktapet er minst frå tett lagra blautgjødning og størst frå talle og fastgjødning. Ammoniakktapet som blir brukt i dei norske utrekningane er henta frå ammoniakkmодellen til SSB og er delt opp etter landsdel basert på lagringssystem. For utrekningane for Hordaland er tala for Vestlandet brukt.

Tabell 2.7. Indirekte utslepp av lystgass frå lagra husdyrgjødsel i Hordaland.

	N i lagra gjødning, tonn/år	Ammoniakktap, % av total-N	Ammoniakktap, tonn/år	N ₂ O- utslepp, tonn/år	CO ₂ -ekv. tonn/år
Mjølkekyr	1104	8	88	1,4	430
Ammekyr	125	8	10	0,2	49
Andre storfe	551	8	44	0,7	215
Sau > 1 år	507	11	56	0,9	272
Mjølkegeit	21	11	2	0,04	11
Ammegeit	6	11	1	0,01	3
Avlspurker	34	20	7	0,1	33
Ungpurker	19	20	4	0,1	19
Slaktegris	87	20	17	0,3	85
Verpehøns	84	37	31	0,5	152
Slaktekylling	16	37	6	0,1	28
Livkylling	2	37	1	0,01	4
Hest	50	19	10	0,2	47
Rev	6	19	1	0,02	6
Totalt	2614		278	4,4	1352

2.3.1.4 Lystgastap frå gjødsling med husdyrgjødsel

Når ein gjødsler med husdyrgjødsel vil ein del av nitrogenet gå tapt som lystgass. Kor mykje som går tapt vil variere med klima, jordart og agronomiske tilhøve, men i den norske modellen er det rekna at ein andel på 0,0125 av total-N i husdyrgjødsla går tapt som lystgass-N. Denne faktoren er også brukt i utrekningane for Hordaland. I retningslinjene frå IPCC frå 2006 er emisjonsfaktoren 0,01. Ved spreining av husdyrgjødsel vil ein del av nitrogenet gå tapt som ammoniakk. Kor mykje som går tapt er blant anna avhengig av vêrforhold ved gjødsling, tidspunkt for spreining, tørrstoffinnhald, konsistens og spreiemetode. Det er rekna at 23% av total-N i husdyrgjødsla går tapt som ammoniakk. Dette er mindre enn det som ligg til grunn i den norske modellen for spreining på eng. I den norske modellen kan det vere ei feiltolkning av kjelda (Morken og Nesheim, 2004) der tapet er rekna ut frå ammoniuminnhaldet i husdyrgjødsla medan The Norwegian Emission Inventory reknar same tapsprosenten frå total-N i husdyrgjødsla. Ammoniakktafet som skjer ved spreining vert trekt frå N-innhaldet i gjødsla før ein reknar ut lystgastapet. Det er rekna at ein andel på 0,01 av ammoniakktafet går over til lystgass-N. Det vil også vere avrenning og utvasking av nitrogenet i husdyrgjødsla. Det er rekna at 16% av total-N vert utvaska (Beckmann et al. 2012) og at andelen utvaska N som går over til lystgass er 0,025.

Tabell 2.8. Utslepp av lystgass etter gjødsling med husdyrgjødsel i Hordaland.

	N før spreining, tonn total-N/år	NH ₃ -tap, tonn/år	N tilført jord, tonn/år	N-avrenning, tonn/år	Direkte N ₂ O-utslepp, tonn/år	Indirekte N ₂ O-utslepp, tonn/år	CO ₂ -ekv. Totalt, tonn/år
Mjølkekyr	1015	234	782	125	12	8,6	6464
Ammekyr	115	26	89	14	1,4	1,0	733
Andre storfe	507	117	390	62	6,1	4,3	3228
Sau > 1 år	451	104	348	56	5,5	3,8	2874
Mjølkegeit	19	4,3	14	2,3	0,2	0,2	119
Ammegeit	5,3	1,2	4,1	0,7	0,1	0,05	34
Avlspurker	27	6,2	21	3,3	0,3	0,2	171
Ungpurker	15	3,6	12	1,9	0,2	0,1	98
Slaktegris	70	16	54	8,6	0,8	0,6	445
Verpehøns	53	12	41	6,6	0,6	0,4	339
Slaktekylling	10	2,2	7,4	1,2	0,1	0,1	61
Livkylling	1,2	0,3	0,9	0,2	0,01	0,01	7,9
Hest	41	9,4	31	5,0	0,5	0,3	260
Rev	4,9	1,1	3,8	0,6	0,1	0,04	31
Totalt	2336	537	1798	288	28	20	14869

2.3.2 Lystgasstap frå gjødsling med handelsgjødsel

Ved gjødsling med nitrogen frå handelsgjødsel vil ein del gå tapt som lystgass anten direkte eller indirekte frå ammoniakktap og avrenning (Tabell 2.9). Ved utrekningar av klimagassutsleppet frå bruk av handelsgjødsel er det nytta statistikk for omsett mengde gjødsel i Hordaland frå 01.07.12-30.06.13 (Mattilsynet 2014). Med unntak av ammoniakktap er det nytta dei same utsleppsfaktorane som for husdyrgjødsel. For ammoniakktap frå ulike gjødseltypar er det brukt same emisjonsfaktorar som i den norske utsleppsmodellen.

Tabell 2.9. Utslepp av lystgass etter gjødsling med handelsgjødsel i Hordaland.

Type gjødsel	Omsett mengde, tonn/år	% N	Tonn N/år	Direkte N ₂ O-utslepp, tonn/år	Indirekte N ₂ O-utslepp, tonn/år	CO ₂ -ekv. tonn/år
Ammoniumnitrat	39	34	13,26	0,2	0,1	106
Ammoniumnitrat med S	779	28	218,12	4,1	1,5	1738
Kalkammonsalpeter	795	27	214,65	4,2	1,4	1721
Kalsiumnitrat	832	15,5	128,96	2,5	0,8	1036
Kalsiumnitrat med B	66	15,5	10,23	0,2	0,1	82
NK-gjødsel 22-12	55	22	12,1	0,2	0,1	97
NPK- gjødsel 6-5-20	7	6	0,42	0,01	0,003	3
NPK- gjødsel 12-4-18	397	12	47,64	0,9	0,3	382
NPK- gjødsel 18-3-15	3033	18	545,94	10,6	3,5	4378
NPK- gjødsel 21-3-8	21	21	4,41	0,1	0,03	35
NPK- gjødsel 22-2-12	2155	22	474,1	9,2	3,1	3802
NPK- gjødsel 22-3-10	519	22	114,18	2,2	0,7	916
NPK- gjødsel 25-2-6	3037	25	759,25	14,8	4,9	6088
NPK- gjødsel 27-3-5	133	27	35,91	0,7	0,2	288
Urea	10	46	4,6	0,1	0,04	36
Totalt	11886		2583,8	50	17	20707

2.3.3 Lystgassutslepp frå restavling

Ved nebryting av restavling som ligg igjen på jordbruksarealet etter hausting vil ein del av nitrogenet bli omdanna til lystgass. For fleirårige vekstar reknar ein at dette berre skjer ved fornying. Kor mykje av fulldyrka enga som vert fornya per år i Hordaland veit ein ikkje, men her er det rekna med 10% per år. Det er ikkje rekna at overflatedyrka eng og innmarksbeite vert fornya. Areal av ulike vekstar er henta frå søknad om produksjonstillegg i august 2013 i Hordaland. Avlingstala for ulike vekstar er henta frå SSB (desse er ein del større enn avlingane i NILF sine driftsgranskingar), nitrogeninnhald er henta frå IPCC sine retningslinjer og det er rekna at 0,0125 av N i restavling går tapt som lystgass-N. På grunn av lite åkervekstar i Hordaland er lystgassutsleppet frå restavling lågt.

Tabell 2.10. Utslepp av lystgass frå nedbryting av restavling i Hordaland.

Vekst	Areal, daa	Avling, kg/daa	Avling totalt, tonn	Fornyng, % per år	N i restavling, tonn/år	CO ₂ -ekv. tonn/år
Fulldyrka eng	188791	1500	283187	10	84	513
Overflatedyrka eng	48026	1500	72039	0	0	0
Innmarksbeite	153396	700	107377	0	0	0
Andre grovfôrvekstar	286	1500	429	100	1,28	7,76
Korn, bygg	179	350	63	100	0,27	1,67
Grønsaker	36	2000	72	100	0,06	0,35
Potet	108	2500	270	100	0,24	1,45
Totalt						524

2.3.4 Lystgassutslepp frå jordbruksdrift på organisk jord

Organisk jord har eit høgt innhald av organisk materiale og dermed eit høgt innhald av karbon og nitrogen. Dyrking og drift av slik jord (drenering, jordarbeiding, kalking og gjødsling) fører til omsetting av det organiske materiale i jorda og utslepp av både CO₂ og lystgass. Utsleppa varierer sterkt og er avhengig av myrtype, myrddjupne, klima og driftsform. I IPCC sine retningslinjer og i den norske klimagassmodellen reknar ein at det årlege utsleppet frå dyrka organisk jord er 0,8 kg lystgass-N per daa. Fylkesvis fordeling av areal i kategoriane mineraljord og myrjord (organisk jord) er estimert av Grønlund et al. 2008. Her går det fram at 16,9% av totalt jordbruksareal i Hordaland er organisk jord. I utrekningane for lystgassutslepp frå organisk jord i Hordaland er det berre tatt med jordbruksareal som det er søkt produksjonstillegg for. Sidan kartlegginga vart gjort i 2008 har ein del areal gått ut av produksjon, og det har gått meir organisk jord ut av produksjon enn mineraljord (Øpstad, pers med). I samråd med Grønlund har ein komme fram til at ein for jordbruksareal i drift i dag (2014) kan bruke 15% organisk jord. Lystgassutsleppet frå organisk jord i Hordaland kan dermed årleg estimerast til rundt 23 000 CO₂-ekvivalentar (tabell 2.11).

Tabell 2.11. Utslepp av lystgass frå jordbruksdrift på organisk jord i Hordaland.

	Tal daa	% organisk jord	Tal daa organisk jord	Kg N ₂ O-N/daa/år	N ₂ O-utslepp, tonn/år	CO ₂ -ekv. tonn/år
Fulldyrka og overflatedyrka areal i drift	244319	15	36648	0,8	46	14282
Innmarksbeite i drift	150654	15	22598	0,8	28	8807
Totalt	394973		96830		77	23089

2.3.5 Biologisk nitrogenfiksering hos belgvekstar

I den norske klimagassrekneskapan vert det rekna at biologisk nitrogenfiksering gjev eit direkte lystgassutslepp på 0,0125 lystgass-N av fiksert N. I retningslinjene frå IPCC frå 2006 har ein gått vekk frå dette på grunn av resultat frå nyare forskning. Nitrogenfikseringa går føre seg gjennom heile vekstsesongen og plantene tek opp fiksert nitrogen etter kvart. Målingar av lystgassutslepp frå blandingseng gras/kløver på Fureneset vekstsesongen 2013

viste låge lystgassutslepp samanlikna med utslepp av lystgass frå reint gras gjødsla med N-gjødsel (Sturite et al. 2014). Det er likevel fare for tap av lystgass gjennom vinteren (Sturite et al. 2012) og ved pløying av kløverrik eng. Det er uansett vanskeleg å estimere innhaldet av kløver i enga og kor mykje nitrogen som blir fiksert biologisk. Ein har derfor valt å sjå bort frå dette i utrekningane av lystgassutslepp for Hordaland.

2.4 Totale utslepp frå jordbruket i Hordaland

Det er viktig å understreke at utrekningane av klimagassutslepp frå jordbruket er svært usikre. Ein har få norske undersøkingar, og mange av dei faktorane som vert nytta til å estimere utslepp er sette med grunnlag i undersøkingar gjort i utlandet. Det vil også vere store variasjonar i klimagassutslepp mellom gardsbruk som følgje av blant anna ulikt klima, jordsmonn og drift.

Utrekningane ovanfor er prøvd gjort i samsvar med den norske klimagassrekneskapen som blir rapportert til FN under sektoren jordbruk, men med ein del forenklingar og tilpassingar. Totale utslepp av klimagassar frå jordbruket i Hordaland kan etter dette estimerast til rundt 197 000 tonn CO₂-ekvivalentar per år. Samanlikna med årleg nasjonalt utslepp frå jordbruket på 4 500 millionar tonn utgjer dette rundt 4%. Som nemnt tidlegare er modellane som ein brukar i utsleppsrekneskapen kompliserte og med mange detaljar. Det er gjort ein del forenklingar og det kan også vere gjort mistolkingar. Ein må derfor ikkje sjå på tala som eksakte.

Tabell 2.12. Totale utslepp av klimagassar frå jordbruket i Hordaland.

	CO ₂ -ekv. tonn/år	%
Metanutslepp husdyr	105736	54
Metanutslepp husdyrgjødsel	7243	4
Lystgasstap beitedyr	16769	8
Lystgasstap lagring husdyrgjødsel	7670	4
Lystgasstap spreining husdyrgjødsel	14869	8
Lystgasstap handelgjødsel	20707	11
Lystgasstap jordbruksdrift på organisk jord	23089	12
Lystgasstap restavlingar	524	0,3
Totalt	196846	100

2.4.1 Fylkesvise utrekningar frå SSB

Etter at utsleppstala for jordbruket i Hordaland vart rekna ut i denne rapporten har SSB presentert sine fylkesvise tal for 2012 på nett. SSB sitt tal for totalt utslepp er 231 000 tonn CO₂-ekv., og dermed 34 000 tonn CO₂-ekv. høgare enn det som er rekna ut i denne rapporten for 2013. SSB deler talet opp i utslepp relatert til husdyr og husdyrgjødsel på 155 000 tonn CO₂-ekv. og kunstgjødsel og anna jordbruk på 76 000 tonn CO₂-ekv. I vår rapport ligg utsleppet kalkulert for husdyr og husdyrgjødsel på 153 000 tonn CO₂-ekv., om lag likt med SSB sine tal. Når det gjeld utslepp frå kunstgjødsel og anna jordbruk ligg vårt tal 32 000 tonn CO₂-ekv. under SSB sitt. Hovudgrunnane til dette er at vi har brukt organisk jord i drift i staden for organisk dyrka jord ved utrekning av lystgassutslepp frå organisk jord, vi har ikkje rekna med lystgassutslepp frå biologisk N-fiksering, og vi har rekna med at berre 10% av fulldyrka eng vert fornya kvart år i utrekninga for lystgassutslepp frå restavling. I tillegg har vi gjort ein god del forenklingar i utrekningane, slik at desse er mindre nøyaktige enn SSB sine utrekningar. Det har også komme ei ny utgåve av The Norwegian Emission Inventory for 2014.

2.5 Andre utslepp relatert til jordbruk

I tillegg til klimagassutslepp som er rapportert under sektoren jordbruk vil det vere andre utslepp som er relatert til jordbruket. Nokre av desse vert omtale nedanfor.

2.5.1 CO₂-utslepp frå forbruk av diesel

I SSB si landbruksundersøking 2012/2013 vart det registrert eit dieselforbruk på om lag 2000 liter per jordbruksføretak på Vestlandet. I 2013 var talet på jordbruksføretak i Hordaland 3209 (Strukturen i jordbruket 2013, SSB) og dersom dieselforbruket var på same nivå, var det totale dieselforbruket i jordbruket i Hordaland på 6,4 millionar liter. Reknar ein med ein emisjonsfaktor på 2,6 kg CO₂ per liter diesel som er brukt (Biomass Energy Center 2014) gjev dette eit utslepp på om lag 17 000 tonn CO₂-ekvivalentar.

2.5.2 CO₂-utslepp frå jord

Innhald av karbon i jord er bestemt av tilførsel og tap av karbon. Tilførsel har ein i første rekke ved at røter og planterestar blir igjen i eller på jorda og ved at ein tilfører husdyrgjødsel. I engdyrkinga vil det kvart år bli produsert røter og stubb som er med på å bygge opp karboninnhaldet i jorda. I tillegg vert mesteparten av engarealet gjødsla med husdyrgjødsel. Når det organiske materialet i jorda vert brote ned av mikroorganismar vil CO₂ verte frigitt. Hyppig pløying, jordarbeiding og kalking fører til rask nedbryting av det organiske materialet. Dette er karakteristisk for åkerbruket der også tilførselen av organisk materiale er mindre enn ved grasdyrking. Eit grasdyrkingssystem vil instille seg på ei likevekt med eit høgt karboninnhald i jorda, medan eit åkerdyrkingssystem vil instille seg på ei likevekt med lågt innhald av karbon. Ved overgang frå grasdyrking til åkerdyrking kan ein i ein periode få tap av CO₂ til atmosfæren inntil ny likevekt er oppnådd og ved overgang frå åkerdyrking til grasdyrking kan ein få binding av karbon inntil ny likevekt er oppnådd.

Det er vanskeleg å rekne ut tap/binding av CO₂ på mineraljord i Hordaland. Mykje av arealet er brukt til langvarig engdyrking med eit høgt karboninnhald i jord. Ei omlegging til åkerbruk ville ha ført til raskare nedbryting av organisk materiale og CO₂-utslepp. Ei slik omlegging er lite realistisk.

Ein stor andel av den dyrka jorda i Hordaland er myrjord, 32% av den dyrka jorda og 14% av innmarksbeite i følge jordsmonnskartlegginga til Skog og Landskap (Lågby og Svenngård-Stokke 2013). Det er estimert eit CO₂-utslepp frå myrjord som har vore i drift ei stund på 2 tonn CO₂ per daa og år (Grønlund og Harstad 2014). Dersom vi brukar same areal som i utrekningane for lystgassutslepp, ca 97 000 daa organisk jord totalt for dyrka jord og innmarksbeite blir CO₂-utsleppet 194 000 tonn CO₂-ekvivalentar per år. Det må understrekast at desse tala er svært usikre. Blant anna er delen av grunn myr i Hordaland høg og her innstiller likevektstala for CO₂ -utslepp seg på eit lågare nivå enn for djup myr. Karbontap frå jord inngår ikkje i dei nasjonale utrekningane av utslepp som blir rapporterte i samsvar med Kyoto-avtalen.

2.5.3 Lyngsviing

I Hordaland er det lang tradisjon for hald av utegangarsau og bruk av kystlynghei som beite. I 2013 vart det søkt om produksjonstilskot til 16 000 utegangarsau i Hordaland. Gjennom regionalt miljøprogram var det søkt tilskot til 47 000 daa kystlynghei der vilkåret er tilstrekkeleg beitepress og tilstrekkeleg lyngsviing for å fornye lyngen. På Vestlandet har det tradisjonelt vore vanleg å svi lyngen på same areal med rundt 15 års mellomrom og at ein svidde 5-10% av lyngheiområdet kvart år (Kaland og Kvamme 2013). Ut frå dette skulle

ein forvente at eit areal på rundt 3500 daa vert svidd kvart år i Hordaland. Av erfaring er det grunn til å tru at det blir utført sviing på eit vesentleg mindre areal.

Klimagassutslepp frå utegangarsauen som metanutslepp frå enterisk fermentering og lystgassutslepp frå gjødsel slept på beite er tatt med i utrekningane ovanfor. I tillegg kjem utslepp frå lyngsviing, men dette er ikkje tatt med i den norske klimagassrekneskapen. Det som er tatt med er utslepp av metan og lystgass frå brenning av halm frå korn og oljevekstar. For korn er det brukt eit vassinnhald på 15 % og det er rekna eit utslepp på 2,4 kg metan og 0,00469 kg lystgass per tonn avlingsrestar som blir brent. Det er vanskeleg å estimere kor stort areal og kor mykje biomasse det er på arealet som blir svidd kvart år. Gammal røsslyng har stor biomasse, gjerne større enn biomassen av halm som ligg igjen per daa. I åra mellom lyngbrenninga vil ein bygge opp eit karbonlager i strøsjikt og jord, slik at det er balansen mellom CO₂ som blir lagra og det som blir slept ut ein må rekne på.

3. Tiltak i jordbruket for å redusere klimagassutslepp

I landbruksmeldinga (Meld. St. 9, 2011-2012 - Melding om landbruks- og matpolitikken) er det ei målsetting å auke matproduksjonen med 20% fram til 2020. I følgje Regionalt bygdeutviklingsprogram for Hordaland er det eit mål å auke produksjonen av mjølk med 8%, lammekjøtt med 10% og frukt (eple) med 30% i fylket i perioden 2013-2017. Det er utfordrande å ha ei målsetting både om auka matproduksjon og reduksjon i klimagassutslepp nasjonalt og regionalt.

All produksjon av mat fører til klimagassutslepp, men målsettinga må vere å finne ut om det kan gjerast endringar som fører til reduksjon av klimagassutslepp per produsert eining av mat. Ved hjelp av HolosNor-modellen kan ein estimere klimagassutslepp på gardsnivå fram til gardsgrinda. Tal frå norske gardsbruk med kombinert mjølk- og kjøttproduksjon og frå kombinert gris og åkerproduksjon viser stor variasjon i kg CO₂-ekvivalentar utslept per kg produsert mjølk og kjøtt (Bonesmo og Harstad 2013). Livsløpsanalysar estimerer klimagassutslepp for ulike matvarer fram til forbrukar. Her finn ein også store skilnader mellom produksjonar, men også mellom ulike land innafor same produksjon (FAO 2013). Det betyr at det er eit potensiale for å redusere klimagassutsleppet innafor jordbruket.

I Klimakur 2020 er det greidd ut tiltak og verkemiddel for å nå målet om utsleppsreduksjon innafor ulike sektorar. Når det gjeld jordbruk har Bioforsk, NMBU, NILF og miljøstiftelsen Zero greidd ut spesifikke tiltak for Klimakur 2020. Produksjon av biogass frå husdyrgjødsel, meir effektiv utnytting av husdyrgjødsel, redusert norm for gjødsling og tiltak for drenering og redusert jordpakking, stans i nydyrking av myr og restaurering av myr, produksjon av biokol, erstatning av fossilt brensel med flis i veksthus, innblanding av biodiesel i diesel er tiltak som er utgreidd i detalj. I tillegg er andre tiltak vurderte, men ikkje i detalj. Det er estimert ein utsleppsreduksjon på 1,1 millionar tonn CO₂-ekvivalentar per år som følgje av tiltaka. I vurderinga av tiltak for klimagassreduksjon frå jordbruket i Hordaland er Klimakur 2020 og rapporten «Klimagassar i landbruket» av Grønlund og Harstad (2014) nytta som grunnlag. Det er gjort ein del tilpassingar ut frå kva som er relevant for landbruket i Hordaland.

3.1 Produksjonar og driftsformer

Ulike produksjonar og matvarer har ulikt utslepp av klimagassar. Av dei som gjev lågast utslepp er korn- og potetprodukt, grove grønsaker (til dømes gulrot og kålrot) og norskprodusert frukt og bær. Mjølkeprodukt, kvitt kjøtt og ein del fiskeprodukt gjev middels utslepp, medan raudt kjøtt (storfe og lam), grønsaker frå veksthus og andre fiskeprodukt gjev høge utslepp (Grønlund og Harstad 2014).

Produksjon av kjøtt frå drøvtyggarar har eit høgt klimagassutslepp på grunn av utslepp av metan frå fermentering i vomma. Grønlund og Harstad (2014) har samanlikna grasbasert produksjon med sau eller ammeku med kornbasert produksjon med svin eller kylling på Austlandet. Klimagassutsleppet var 26 kg CO₂-ekvivalentar per kg sauekjøtt eller storfekjøtt frå ammeku, medan det var 4 kg per kg svinekjøtt og 1,9 kg per kg kyllingkjøtt. Dersom karbontap på grunn av arealbruksendring ved soyaproduksjon (nedhogging av regnskog) blir teke med i reknestykket aukar CO₂-utsleppet for til dømes svinekjøtt til det doble, men det er likevel langt igjen til utsleppet frå sau og ammeku. Roer et al. (2012) fann ved hjelp av livsløpsanalyse av kombinert norsk mjølk- og storfekjøttproduksjon eit gjennomsnittleg

klimagassutslepp på 1,6 kg CO₂-ekvivalentar per kg energikorrigert mjølk og 18,6 kg per kg kjøtt ved middels intensiv tradisjonell drift. Hordaland si målsetting om auka mjølkeproduksjon kan seiast å vere gunstig i høve til naturgrunnet.

Landbruket i Hordaland er dominert av eng- og beitedyrking og eit husdyrhald med storfe og sau. Mykje av jordbruksarealet har eit grunt jordsmonn (Lågby og Svenngård-Stokke 2013) som saman med dårleg arrondering og topografi gjer det vanskeleg å drive med åkerbruk. I tillegg gjer dei store nedbørsmengdene i mange område også dette vanskeleg. Det er derfor minimal produksjon av korn, grønnsaker og potet i Hordaland og dette vil vere vanskeleg å auke bortsett frå i dei beste områda. Det er ein forholdsvis stor fruktproduksjon i Hordaland. Klimagassutsleppet frå fruktproduksjon er lite. Det er eit visst lystgassutslepp som følgje av gjødsling av frukthagane, men på same tid bind frukttræa CO₂ i biomasse og jord. Hordaland si målsetting om auka fruktproduksjon er derfor gunstig også klimamessig.

3.2 Husdyrgjødsel

3.2.1 Produksjon av biogass frå husdyrgjødsel

Over 30 000 tonn organisk tørrstoff frå husdyrgjødsel vert lagra i Hordaland kvart år (Tabell 3.2). Ved å lagre husdyrgjødsel anaerobt i eit lukka anlegg kan ein samle opp gassen som blir danna ved nedbryting av det organiske materialet i gjødsel. Biogassen består av 60-65% metan og 35-40% CO₂ på volumbasis. Ved å behandle husdyrgjødsel i eit biogassanlegg reduserer ein utsleppa av metan, lystgass og ammoniakk frå lagra husdyrgjødsel med rundt 90% (Grønlund og Harstad 2014). I tillegg kan metan brukast som biodrivstoff som kan erstatte fossilt drivstoff. Bioresten etter produksjon av biogass kan brukast som gjødsel. Ein føreset at det ikkje er skilnader mellom biorest og vanleg husdyrgjødsel i lystgassutslepp (Løes et al. 2013) eller ammoniakktap etter spreiding. Grønlund og Harstad (2014) reknar utsleppsreduksjon av behandling av ulike typar husdyrgjødsel i biogassanlegg som vist i tabell 3.1.

Tabell 3.1. Utrekna utsleppsreduksjon og biogassproduksjon som følgje av biogassproduksjon av husdyrgjødsel (Grønlund og Harstad 2014).

	Utsleppsreduksjon frå lager/spreiding, Kg CO ₂ -ekv./tonn organisk TS				B ₀ - faktor m ³ CH ₄ / tonn TS	Biogasspotensial/tonn organisk TS		Total effekt, kg CO ₂ /kg TS
	CH ₄	N ₂ O	NH ₃	Sum		Kg CH ₄	Subst. eff. kg CO ₂ -ekv	
Mjølkeku	188	71	95	355	0,23	88	263	617
Vaksen ammeku	101	47	74	222	0,17	54	163	385
Anna storfe	101	67	108	276	0,17	54	163	439
Sau > 1år	14	224	104	342	0,17	44	132	474
Avlssvin	340	187	209	736	0,30	139	417	1153
Slaktesvin	340	128	128	596	0,30	139	417	1013
Kylling	139	343	55	537	0,32	148	445	982
Verpehøne	139	297	67	503	0,32	148	445	948

I Klimakur 2020 er det lagt til grunn ei to-trinns utbygging av biogassanlegg med behandling av 30% av husdyrgjødsel i trinn 1 og vidare til 60 % i trinn 2. Vidare er det tenkt ei

sambehandling av våtorganisk materiale. Tabell 3.2 syner ein utsleppsreduksjon på rundt 6000 og 11 000 tonn CO₂-ekvivalentar ved å behandle 30 og 60 % av husdyrgjødsel frå storfe, sau, svin og fjørfe i Hordaland.

Tabell 3.2. Reduksjon i CO₂-utslepp ved behandling av 30 og 60% av husdyrgjødsel frå dei viktigaste husdyra i Hordaland i biogassanlegg. Org= organisk, HGTS=husdyrgjødseltørrestoff

	Tal dyr	Org. HGTS Kg/dyr/år	Org. HGTS eksl beite Tonn/år	Reduksjon i CO ₂ -utslepp, tonn/år					
				30% behandling i biogassanlegg			60% behandling i biogassanlegg		
				Ut-slepps-red.	Subst. effekt	Total effekt	Ut-slepps-red.	Subst. effekt	Total effekt
Mjølkekyr	10901	1480	13068	1392	1273	2665	2784	2062	4846
Amme-kyr	2813	964	1871	125	133	257	249	183	432
Andre storfe	11411	765	6023	499	427	926	997	589	1586
Sau > 1 år	79499	142	6209	637	447	1084	1274	492	1766
Avls-purker	977	394	385	85	48	133	170	96	266
Ung-purker	821	102	84	18	10	29	37	21	58
Slaktegris	8273	118	976	175	122	297	349	244	593
Verpehøns	120713	11,8	1424	215	190	405	430	380	810
Slaktekylling	79502	4	294	47	39	87	95	79	173
Liv-kylling	18723	3	52	8	7	15	17	14	31
Totalt			30387	3201	2697	5898	6402	4160	10562

Det er mest effektivt å behandle husdyrgjødsel frå store einingar og i område med høg husdyrtettleik. Dei største mengdene med husdyrgjødsel kjem frå mjølkekyr og andre storfe. I følge søknad om produksjonstillegg 2013 er det i Voss, Kvam, Kvinnherad og Etne ein finn mest mjølkeproduksjon i Hordaland, men Radøy, Lindås og Osterøy har også ein god del. Det er i dei same kommunane ein har det største sauehaldet, i tillegg til i Sveio og på Bømlo. Når det gjeld slaktegris er Etne, Sveio, Voss og Fitjar kommunar med vesentleg produksjon. Det er i Ullensvang ein finn mest verpehøns, men det er ein god del eggproduksjon i kommunane Bergen, Sveio, Bømlo, Fitjar, Kvinnherad, Voss, Kvam, Modalen, Meland, Øygarden og Radøy. Dei kommunane som peikar seg ut som mest husdyrtette er; Voss, Kvam, Kvinnherad, Etne, Radøy, Lindås, Sveio og Bømlo. Det er her ein først bør sette inn innsatsen for behandling av husdyrgjødsel i biogassanlegg. I Klimakur 2020 er det rekna ein pris på 0,79 kr per kWh der husdyrgjødsel er behandla separat og 0,67 kr per kWh der husdyrgjødsel er sambehandla med våtorganisk avfall ved første utbyggingstrinn der 30% av gjødsel vert behandla i biogassanlegg. Ei utbygging frå 30-60 % av husdyrgjødsel gjev etter tur ein pris på 1,07 og 0,91 kr per kWh. Det er såleis vanskeleg for biogass å konkurrere med andre energikjelder utan sterke økonomiske

verkemiddel. Ved utbygging av 1. trinn på nasjonalt plan vart det i 2010 rekna ein kostnad på 1700 kr/tonn CO₂-ekvivalentar per år medan kostnaden på 2. trinn var kr 3100. Sambehandling med våtorganisk avfall reduserte kostnadane (Klimakur 2020). Noko som talar for utbygging av biogassanlegg er at ein på mange bruk har for lite lagerkapasitet for husdyrgjødsel og dermed uansett står overfor ei investering for å auke kapasiteten.

3.2.2 Nitrogenutnytting av husdyrgjødsel

I Hordaland vert det lagra rundt 2600 tonn total-nitrogen i husdyrgjødsel kvart år, men nitrogenet går dessverre lett tapt. Tapa i seg sjølv representerer ei kjelde til lystgassutslepp, men like viktig er det at det tapte nitrogenet må erstattast med nitrogen frå handelsgjødsel som også gjev auka lystgassutslepp. Tiltak som betrar utnyttinga i husdyrgjødsel er derfor viktig.

3.2.2.1 Lagerkapasitet

På mjølkeproduksjonsbruk er ofte manglande lagerkapasitet eit problem på grunn av større gjødselmengder per ku ved auka yting (Karlengen et al. 2012), auka vassmengder brukt i mjølkeproduksjonen, særleg ved bruk av mjølkestall og robot, og opne utandørs lager som samlar opp nedbør (Kval-Engstad og Nesheim 2014). Manglande lagerkapasitet fører til spreining av husdyrgjødsel om hausten. Ei spørjeundersøking i utvalde kommunar Sogn og Fjordane og Møre og Romsdal viste at snautt 60% av driftseiningane spreidde husdyrgjødsel etter 1. september og at mengdene utgjorde 17% av gjødselvolumet (Kval-Engstad 2013). Nitrogenet i husdyrgjødsel som blir spreidd om hausten kan ein rekne svært lita utnytting av på grunn av store mengder nedbør og manglande plantevekst (i all fall som blir hausta) og reell stor fare for avrenning. I tillegg kjem den uheldige sida slik spreining har på tiltetting av jord og auka tap av fosfor.

Blautgjødsel lagra i tette lager gjev minst tap av ammoniakk og lystgass, men gjev dessverre auka metanutslepp i høve til fastgjødsel og talle. For utandørs lager vil tak vere gunstig for å auke lagerkapasiteten og dermed betre spreietidspunktet.

Økonomiske utrekningar har vist at å investere i auka lagerkapasitet isolert sett ikkje er rekningssvarande i høve til sparte handelsgjødselkostnader (Øygarden et al. 2009). Det er derfor nødvendig med økonomiske verkemiddel for å få til ei endring. Men dette dreiar seg også om spørsmål om haldning til agronomi og ureining.

3.2.2.2 Spreiing av husdyrgjødsel

I utrekningane for Hordaland er det brukt eit gjennomsnittleg ammoniakktap på 23% av total-N ved spreining av husdyrgjødsel. Dette tilsvarar ca 40% tap av ammoniuminnhaldet i storfe gjødsel og representerer eit tap på 537 tonn nitrogen per år. I praksis vil tapa variere med forhold som konsistens på gjødsel, vasstilsetting, spreimetode og vêrforhold. Under dårlege vêrforhold og breispreiing kan ein rekne eit tap på opptil 60% av ammoniuminnhaldet. Det er rekna at ekstra vasstilsetting reduserer ammoniakktapet med 10% per %-eining reduksjon i tørrstoffinnhald. På landsbasis er det føresett at breispreiing utgjør 90% av spreinga og andelen er sikkert like stor i Hordaland. Nyare spreimetodar kan redusere ammoniakktapet, stripespreiing med 20%, stripespreiing og vasstilsetting med 60%, DGI og grunn nedfelling med 60% og djup nedfelling med 90% (Morken 2007). Utstyr for stripespreiing og nedfelling er forholdsvis dyrt. Det er viktig å hugse at ein kan oppnå god effekt av N i husdyrgjødsel ved spreining relativt tidleg om våren under gunstige vêrtilhøve

og med lågt tørrstoffinnhald i gjødsla med ein enkel breispreiar gjerne i kombinasjon med slangar.

Ein trekker frå tapet av ammoniakk før ein reknar ut tapet av lystgass frå jord som er gjødsla med husdyrgjødsel. Med denne utrekningsmåten fører derfor reduksjon i ammoniakktap til eit auka direkte lystgassutslepp som er større enn det auka indirekte lystgassutsleppet som følgje av ammoniakktap. Det som betyr noko er at ved redusert ammoniakktap trengst det mindre nitrogen frå handelsgjødsl ved likt avlingsnivå. Redusert avrenning og ammoniakktap aukar utnyttinga av nitrogen i husdyrgjødsel og reduserer behovet for nitrogen tilført gjennom handelsgjødsl. I utrekningsane ovanfor utgjer ammoniakktap og avrenning frå spreining av husdyrgjødsel i Hordaland tilsaman rundt 800 tonn nitrogen per år, eller rundt 30% av innhaldet i husdyrgjødsel. Dette er gjennomsnittstal og i praksis kan tapet vere annleis. Ein kan likevel ha ei måsetting om å redusere tapet med 300 tonn nitrogen. I tilfelle betyr det eit redusert behov for handelsgjødsl-N på 300 tonn og eit redusert lystgassutslepp (direkte og indirekte) på rundt 2400 tonn CO₂-ekvivalentar.

3.3 Agronomiske forhold

3.3.1 Drenering

I landbruksteljinga 2010 gav bøndene i Hordaland opp at 7% av arealet deira var dårleg drenert. Slik ein observerer jordbruksarealet i dag er det grunn til å tru at arealet er større. Strukturendringar har ført til større og færre einingar og bruk av større og tyngre traktor og utstyr og dermed større problem med jordpakking. Dårlig drenering og jordpakking fører til redusert utnytting av næringsstoff og redusert avling. Det kan også auke direkte lystgassutslepp (Hansen et al. 2013, Sitaula et al. 2000). På nasjonalt plan reknar ein at 1,25 % av tilført nitrogen i gjennomsnitt går tapt som lystgass-N. Øygarden et al. 2009 reknar eit lystgassutslepp på 3 % av tilført nitrogen på dårleg drenert jord. Omsetningsstatistikken til Mattilsynet viser at det blir brukt rundt 2600 tonn N frå handelsgjødsl i året i Hordaland. Vi reknar at 7% av gjødsla blir brukt på dårleg drenert areal = 182 tonn N. Potensialet ved å gå frå 3 til 1,25 % lystgassutslepp blir då (frå dårleg til godt drenert): $182 \text{ tonn N} \times 1,75\% = 5 \text{ tonn lystgass} = 1550 \text{ tonn CO}_2 \text{ ekvivalentar}$.

3.3.2 Jordpakking

Øygarden et al. (2009) reknar at på 20% av fulldyrka jord i Norge kan redusere pakkingskader ved å sette inn tiltak, og at lystgassutsleppet frå eng på pakka jord har eit lystgassutslepp på 2,25 % av tilført nitrogen i motsetning til på upakka jord der lystgassutsleppet er 1,25 %. For å gjere det enkelt kan vi for Hordaland rekne at 20% av nitrogenet i handelsgjødsla blir brukt på jord som i større eller mindre grad er pakka. Potensialet ved å gå frå 2,25 % til 1,25 % lystgassutslepp blir då: $520 \text{ tonn N} \times 1\% = 8,16 \text{ tonn lystgass} = 2500 \text{ tonn CO}_2 \text{ ekvivalentar}$.

3.3.3 Redusert gjødsling

I tillegg til reduksjon av direkte lystgassutslepp vil betre drenering og redusert jordpakking føre til auka avlingar ved same gjødslingsnivå. Dersom ein held avlinga på same nivå kan ein rekne 10% reduksjon i nitrogengjødsling, noko som tilsvarar ein reduksjon i lystgassutslepp (direkte og indirekte) på rundt 2000 tonn CO₂-ekvivalentar. Det er ikkje gunstig å redusere gjødslinga slik at det går ut over avlinga. Med eit mål om å oppretthalde

eller auke matproduksjonen må då nye areal dyrkast og det vil auke lystgassutsleppa i høve til å oppretthalde/auke avlinga på eksisterande areal.

3.3.4 Kalking

Kalking med tradisjonelle kalkmiddel fører til utslepp av CO₂. På same tid kan kalking redusere lystgassutsleppet, noko som vart klart synleggjort i felt på myr på Fureneset (Hovlandsdal 2011). Det er dessutan viktig med tilfredsstillande pH for utnytting av næringsstoff og avling, så det er ikkje anbefalt å redusere kalkinga.

3.3.5 Redusert svinn under grovfôrhandteringa

Frå avlinga står på jordet til grovfôret er tatt opp av dyra går ein god del næringsstoff tapt. I forsøk på NMBU på Ås har ein funne at berre 62% av nitrogenet i ståande grovfôravling vart tatt opp av storfe. Det er grunn til å tru at utnyttinga av nitrogenet er mindre i vanleg drift. Mykje av tapa skjer under konservering og lagring, og ein bør streve etter at denne prosessen blir mest mogleg optimal. Det betyr bruk av tette lager og god innpakking av rundballane, bruk av rett type og mengde ensileringsmiddel og oppsamling av eventuell pressaft til bruk som fôr eller gjødsel.

3.4 Tiltak i husdyrhaldet

3.4.1 Sauehald

Det er forholdsvis mykje sau i Hordaland, og mykje av fôret tek sauen opp på utmarksbeite. Dette gjeld særleg utegangarsauen som stort sett tek opp alt fôret sitt ved beiting av kystlynghei. Klimagassutsleppet per kg kjøtt produsert i sauehaldet er høgt og på linje med utsleppet frå spesialisert produksjon av storfekjøtt. Grønlund og Harstad (2014) har estimert eit utslepp på 26 kg CO₂-ekvivalentar per kg kjøtt på austlandet. Det største utsleppet er metan frå fordøyelsen, men også lystgassutslepp frå lagring av husdyrgjødsel er stort. Dette har å gjere med at ein føreset at ein stor del av sauegjødsla er lagra som fastgjødsla der lystgassutsleppet er mykje større enn om husdyrgjødsel er lagra som blautgjødsla. Eit tiltak vil vere å lagre sauegjødsla som blautgjødsla i staden for som fastgjødsla. Dette vil auke metanutsleppet frå lagra gjødsla, men ikkje i like stor grad som reduksjonen i lystgassutslepp. Eit av tiltaka i Klimakur 2020 er auka effektivitet i sauehaldet, noko som betyr høgast mogleg kjøttproduksjon per mordyr. Høgare lammetal er sett opp som eit tiltak i denne samanheng, men det er spørsmål om dette er realistisk og ynskjeleg, då lammetalet må seiast å vere høgt nok i dei fleste tilfelle. Det er viktigare å redusere tap av lam frå fødsel til slakt. I tillegg er god fruktbarheit, helsetilstand og levetid på sauen viktig, samt helsetilstand og tilvekst på lamma. For all kjøttproduksjon gjeld det å få mest mogleg kjøtt ut frå minst mogleg fôr, med andre ord effektiv fôrutnytting.

Sjølv om sau og ekstensiv kjøttproduksjon gjev forholdsvis høgt utslepp av klimagassar per kg produsert kjøtt bør produksjonen oppretthaldast i og med at ein produserer mat på areal der det ikkje er andre alternativ for matproduksjon. Sauebeita særleg i indre del av Hordaland er svært gode og gjev god tilvekst på lamma. Det same er også tilfelle i deler av midtre strom i Hordaland. I ytre deler er kvaliteten mykje meir vekslende, og beita er til dels skrinne.

Sauen produserer også ull. Auka bruk av ull i staden for bomull i tekstilar kan vere gunstig i og med at produksjonen av bomull medfører ulike miljøproblem knytt til høgt forbruk av handelsgjødsel, plantevernmiddel og vatn i område med knappheit på vassressursar.

3.4.2 Mjølke- og storfekjøttproduksjon

Livsløpsanalysene til Roer et al. (2013), som estimerer klimagassutsleppa fram til butikk, gav i gjennomsnitt for konvensjonell produksjon 1,6 kg CO₂-ekvivalentar per kg energikorrigert mjølk og 18,6 kg for storfekjøtt. Intensiv produksjon med høg avdrott reduserte her klimagassutsleppa per produsert eining. Det beste resultatet oppnådde ein når avdrotten auka på grunn av svært godt grovfôr og middels mengde kraftfôr. Mengda av klimagassar som blir produsert i periodar utan produksjon av mjølk og frå vedlikehaldsfôringa er relativt konstant og uavhengig av ytingsnivået. Utsleppa per kg mjølk vil i teorien derfor minke med aukande ytingsnivå fordi ein kan fordele klimagassutsleppa på ei større mjølkemengde.

Bonesmo og Harstad (2013) fann i sine undersøkingar ved hjelp av HolosNor-modellen av 30 gardsbruk med kombinert mjølk- og storfekjøttproduksjon eit gjennomsnittleg klimagassutslepp på 1,02 kg CO₂-ekvivalentar per kg feitt- og proteinkorrigert mjølk og 17,25 kg CO₂-ekvivalentar per kg oksekjøtt. Dette er utslepp fram til gardsgrinda. Her fann ein ingen sikre samanhengar mellom ytingsnivå og klimagassutslepp per kg mjølk og slakt. Den einaste samanhengen var aukande klimagassutslepp ved aukande forbruk av kunstgjødsel-N (Bonesmo og Harstad 2013). Ved høgare yting blir det i praksis gjerne brukt meir kraftfôr med høgare innhald av protein slik at klimagassutsleppet frå importert soya aukar. Auka yting per ku reduserer tal fødte kalvar og produksjonen av storfekjøtt frå den kombinerte mjølke- og kjøttproduksjonen. Spesialisert kjøttproduksjon gjev større klimagassutslepp enn kombinert produksjon (FAO 2014). Dersom forbruket av storfekjøtt vert på same nivå framover betyr det at ved auka yting i mjølkeproduksjonen må ein anten auke den spesialiserte kjøttproduksjonen eller importere meir storfekjøtt. Dersom ein har som mål å produsere ein viss del av sitt eige mjølke- og kjøttforbruk vil det vere gunstig å oppretthalde eller auke ein kombinert mjølke- og storfekjøttproduksjon i fylket.

3.4.3 Fôring generelt

Auka mengde kraftfôr i høve til grovfôr vil redusere utsleppet av enterisk metan frå drøvtyggjarar. På grunn av større klimagassutslepp frå produksjon av kraftfôr enn frå grovfôr er det totalt sett liten skilnad i klimagassutslepp ved ulik andel kraftfôr (Roer et al. 2013). Hausting av grovfôr på eit tidleg utviklingstrinn reduserer utsleppet av enterisk metan frå drøvtyggjarar. I tillegg kan ein oppnå høgare yting utan å auke kraftfôrandelen. Ein del tilsetningsstoff i fôret kan redusere utsleppet av enterisk metan; feitt, tannin, saponin, eteriske oljar, gjær og propionproduserande bakteriar. Det er berre feitt som til ein viss grad har slått gjennom. Faktorane som her er nemnde som reduserande på produksjon av metan i vomma aukar produksjonen av metan ved nedbryting av gjødsla. Det vil derfor ha lite føre seg å sette inn slike tiltak med mindre gjødsla blir behandla i biogassanlegg.

Det er viktig med balansert fôring med protein og energi til drøvtyggjarar. Overskot av protein fører til utskilling av nitrogen i gjødsla som kan gje eit høgare lystgassstap og totalt sett til ei dårlegare utnytting av nitrogenet i krinslaupet. Hos einmaga dyr må det vere balanse mellom aminosyrene tatt opp frå tarmen og avleira protein i mjølk og kjøtt for å redusere tapet av nitrogen i gjødsla. Forsking dei siste tiåra har auka effektiviteten i utnytting av nitrogen og dermed bidratt til redusert lystgassutslepp.

3.4.4 Auka beitebruk i utmark

Ved auka beitebruk kan ein forvente av metanutsleppet frå fordøyelsen er forholdsvis uendra. Innefôring med kraftfôr reduserer metanutsleppet, men dersom beitegraset er på eit tidleg utviklingstrinn vil metanutsleppet vere lågare enn ved fôring av seint hausta grovfôr. Korleis ein kjem ut vil vere avhengig av kvalitet og mengde av beitevekstane sauene tek opp i forhold til ved innefôring. Det er ikkje rekna metanutslepp frå gjødsel lagt frå seg av dyr på beite. Her er det tilgang på luft noko som gjev lite metanutslepp. Direkte lystgassutslepp frå gjødsel på beite er det same som frå lagring av fastgjødsel, men ammoniakktapet er lågare enn det som er rekna ved spreiding av husdyrgjødsel og indirekte lystgassutslepp vert dermed mindre. På utmarksbeite brukar ein ikkje kunstgjødsel-nitrogen og ein har dermed ikkje lystgassutslepp som følgje av gjødsling. Når beitegras vert tatt opp av dyr i staden for å berre rotne ned, minkar gjerne karbonlagringa i jord. På same tid vert det mindre restavling som kan gje grunnlag for lystgassutslepp og gjerne også metanutslepp. Det er vanskeleg å estimere alle desse forholda, men ein kan forenkla det til at produksjon av fôr i utmark ikkje gjev klimagassutslepp, men det gjer produksjon av grovfôr på innmark. Roer et al. (2013) estimerte ved hjelp av LCA-analyse eit klimagassutslepp på 0,77 og 1,0 kg CO₂-ekvivalentar per Fem for høvesvis grovfôr og kraftfôr på mjølkeproduksjonsbruk. Å erstatte noko av grovfôret eller kraftfôret med utmarksbeite vil derfor ha eit potensiale til å redusere klimagassutsleppa. Etter undersøkingar i prosjektet «Arealrekneskap i utmark» har ein komme til at ein på landsplan kan meir enn doble fôropptaket i utmark (Rekdal 2014). Kartlegging på Hardangervidda synte at det er rom for ei tredobling av tal beitedyr. Hordaland sin del av beitet på Hardangervidda er av svært god kvalitet, men berre 38% av arealet er nytta til sauebeite (Rekdal 2011). Tidlegare undersøkingar har vist at beita i indre og til dels midtre strøk av Hordaland er av god kvalitet, medan det er meir vekslende og skrint på kysten. Av rundt 119 000 lam i Hordaland per august 2013 gjekk 93% på utmarksbeite og sauene baserer seg beiting i utmark. Det kan ofte vere større moglegheiter og potensiale i å bytte ut kraftfôr, grovfôr eller gjødsla beite med utmarksbeite for storfe enn for sau. Dette kan gjerast ved å la gjeldkyr og kviger beite i utmark. Det er ein føresetnad at tilveksten på kvigene ikkje blir redusert, då dette vil auke framfôringstida og metanutslepp frå fordøyelsen. I følgje søknad om produksjonstillegg 2013 beita rundt 6500 kyr og 10300 andre storfe på utmarksbeite i Hordaland. Det vil sei at 47% av mjølke- og ammekyr går i utmark, og det er ikkje sikkert det er enkelt å auke dette særleg mykje då det ofte er upraktisk å ha mjølkande kyr på utmarksbeite. Når det gjeld andre storfe er andelen som beiter i utmark 45%. Dette er og ein stor andel, men det kan vere geografiske område som større potensiale enn andre. Ein overgang frå oksar til kastratar vil føre til lenger framfôringstid og auka metanutslepp frå fordøyelsen.

3.4.5 Utegangarsau og kystlynghei

Produksjon av kjøtt på utgangarsau føregår på areal med liten alternativ verdi for matproduksjon og med svært lite eksterne innsatsfaktorar. Ein har metanutslepp frå fordøyelsen og lystgassutslepp frå gjødsel sauene legg frå seg på beite. Også her vil helse, fruktbarheit, lammetal og tilvekst påverke klimagassutslepp per kg kjøtt produsert. I tillegg fører lyngsviing til klimagassutslepp og det er derfor viktig at dette blir gjort på rett måte. Ved sviing må vegetasjonen vere så tørr at den let seg brenne, men jordsmonnet må vere så fuktig (eventuelt tele) at humusen ikkje tek fyr. Dersom jordsmonnet tek fyr blir både jordsmonn og frøbank øydelagt og ein får unødvendige utslepp av klimagassar. Det er viktig med oppbygging av kunnskap om drift av kystlynghei og utgangarsau blant dei som driv med dette. Aktuell litteratur er «Skjøtselsboka for kulturlandskap og gamle norske kulturmarker» (Kaland i Norderhaug et al. 1999) og «Villsauboka» (Buer 2011) der Mons Kvamme har gitt retningslinjer for lyngsviing.

3.4.6 Svinekjøtproduksjon

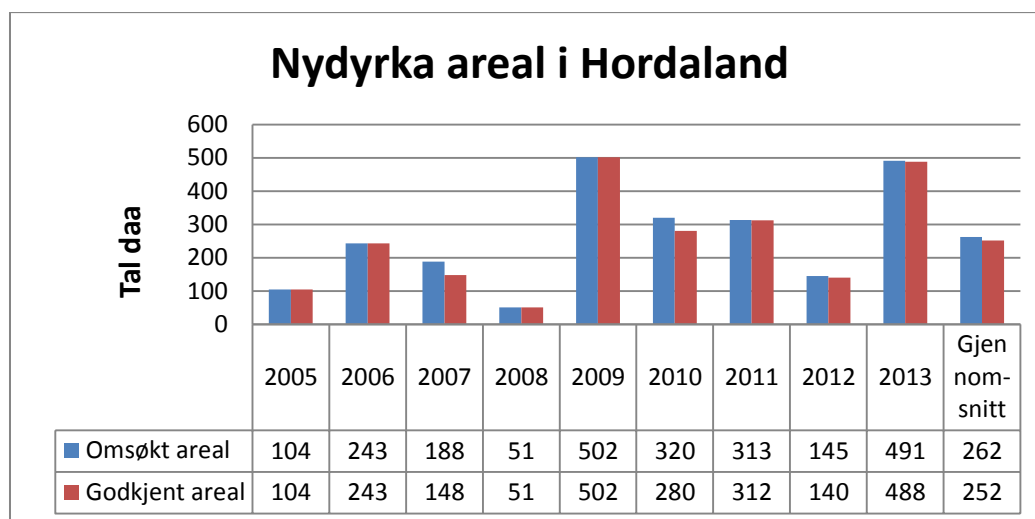
15 norske gardsbruk undersøkte ved hjelp av HolosNor-modellen hadde i gjennomsnitt eit utslepp på 2,65 kg CO₂-ekvivalentar per kg svinekjøt produsert. Størstedelen av utsleppa var relatert til fôrproduksjon på eigen gard og til innkjøpt fôr, særleg importert soya. Det var stor variasjon i utslepp mellom bruka og den viktigaste årsaka til dette var variasjon i utslepp av lystgass frå jord (Bonesmo et al. 2012). God agronomi i kornproduksjonen med høg utnytting av nitrogenet det blir gjødsla med er viktig for å redusere utsleppet frå produksjonen. Ein bør også sjå på om det er mogleg å erstatte importert soya med fôr som gjev mindre klimagassutslepp.

3.4.7 Kjøttproduksjon på fjørfe

Klimagassutslepp frå produksjon av fjørfe kjøtt er lågt, og som for produksjon av svinekjøt er lystgassutslepp det viktigaste utsleppet. Tilveksten og fôrutnyttinga har auka slik at utskilling av nitrogen per kg kyllingslakt er redusert med 40% sidan 1990 (Grønlund og Harstad 2014). Auka nitrogeneffektivitet i fôrproduksjonen og erstatting av soya med protein som gjev mindre klimagassutslepp, er tiltak også her.

3.5 Redusert nydyrking og restaurering av myr

Organisk jord er ei kjelde til utslepp av lystgass og CO₂. Dei årlege utsleppa frå ei organisk jord som er i jordbruksdrift vil variere mykje, men Grønlund og Harstad (2014) reknar eit utslepp på totalt 2 400 kg CO₂-ekvivalentar per daa og år. Dette gjev svært høge utsleppstal og det er ein diskusjon om forbod mot nydyrking av myr på landsplan. Det er grunn til å rekne med at det i praksis vert vurdert som lite aktuelt å dyrke djup myr då den er vanskeleg å drive. I praksis er det grunn myr og med mineraljord under som vert vurdert som aktuell å dyrke ut frå omsyn til krav til moderne jordbruksdrift. I åra 2005-2013 vart det i gjennomsnitt dyrka rundt 250 daa per år i Hordaland (Figur 3.1) (Statistikkbanken 2014). Om lag alt det omsøkte arealet vart godkjent for nydyrking. Ein veit ikkje kor stor del av det nydyrka arealet som er myr. Brukar ein den same prosentsetningen som for allereie dyrka jord (32%) (Lågby og Svenngård-Stokke 2013) snakkar vi om rundt 80 daa per år. Fordi tala ein brukar er så usikre er det vanskeleg å estimere kva eit forbod mot dyrking av myr vil ha å sei for klimagassutsleppet i Hordaland.



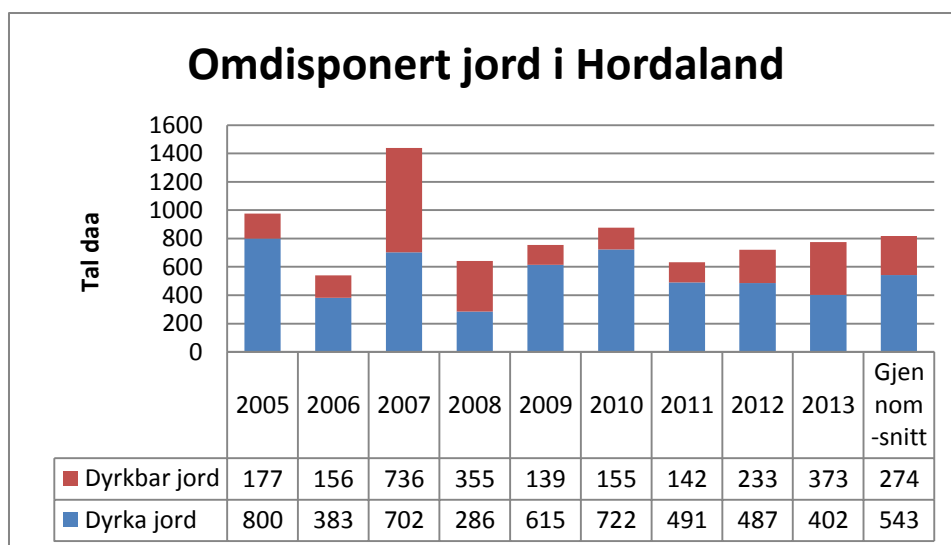
Figur 3.1. Nydyrka areal i Hordaland i åra 2005-2013 (Statistikkbanken 2014).

Internasjonalt er restaurering av myr eit av tiltaka med størst potensiale for utsleppsreduksjon frå jordbrukssektoren. Det inneber tilbakeføring av dyrka myr eller torvtak til naturtilstand gjennom heving av grunnvatnet og reetablering av myrvegetasjon. Ein får binding av karbon og lågare utslepp av lystgass, men metanutsleppet kan auke. Det er lite erfaring med dette i Norge, men det pågår eit prosjekt på Smøla der ein måler verknad av restaurering av myr på klimagassutslepp (Grønlund og Harstad 2013). Det er mest aktuelt på myr som er tatt ut av drift, og her kan skogplanting vere like aktuelt. I Hordaland er det under førebuing eit nasjonalt prosjekt med restaurering av våtmark i Haukåsmyrane i Åsane. Hovudformålet er her å skape eit habitat for trua artar og betring av vasskvaliteten, men ein kan også oppnå reduserte utslepp av CO₂ og lystgass. Noko av problema i Haukåsområdet i Åsane er også knytt til utbygging, mellom anna graving og lagring av organisk jord, og omsetting og tap av klimagassar av den grunn. Erosjon og avrenningstap er dels og knytt til utbygging og gravearbeid. Vurderingane må ikkje gjerast på eit for snevert grunnlag, m.a. må det også takast omsyn til at det er elvemuslingar i elv i området.

3.6 Jordvern

Omdisponering av dyrka jord kan føre til auka utslepp av CO₂ og lystgass avhengig av innhaldet av organisk materiale i jorda og korleis den omdisponerte jorda blir brukt. Ei omflytting av jord som fører til lufttilgang til djupe jordmassar av til dømes myrjord vil auke omsettinga av det organiske materialet og føre til klimagassutslepp. Dess meir massane blir eksponert til luft ved at dei vert lagt i høge rankar, eller i ytterste konsekvens nytta til blomsterjord, dess større vert nedbrytinga av organisk materiale og dermed klimagassutsleppet.

Figur 3.2 viser at areal dyrka jord som vart omdisponert til andre formål enn jordbruk i Hordaland var større enn nydyrka areal i åra 2005 til 2013. I gjennomsnitt vart det i denne perioden omdisponert rundt 540 daa dyrka jord per år, i tillegg til rundt 270 daa dyrkbar jord. I sum for perioden vart over 7000 daa omdisponert og 22% av dette skjedde i Bergen kommune (Statistikkbanken 2014). Omdisponering av jordbruksareal fører til større behov for nydyrking dersom matproduksjonen skal oppretthaldast. Dette betyr gjerne at meir myrjord eller skogsjord vert oppdyrka med det resultat at klimagassutsleppa aukar og CO₂-bindinga minkar. Ofte er gammal kulturjord som vert teke til utbyggingsføre mål jord i betre hevd enn den som vert nydyrka og meir innsatsfaktorar, som til dømes handelsgjødsel, må brukast for å oppnå same avling. Dette fører også til auka klimagassutslepp. Særleg vert skilnaden stor om god mineraljord vert omdisponert/bygd ned og oppdyrking føregår på myrjord, eller eventuelt på eit skogareal som bind karbon. Vern av den dyrka jorda er derfor eit godt klimatiltak.



Figur 3.2. Jord omdisponert til andre formål enn jord bruk frå 2005-2013 i Hordaland (Statistikkbanken 2014).

3.7 Biokol

Biokol er forkola restar av biomasse danna ved pyrolyse som inneber oppvarming til 500-600 grader ved lågt oksygentilgang. Karbonet i biokol er svært motstandsdyktig mot nedbryting og kan lagrast i jord i meir enn 1000 år. Karbon bunde ved fotosyntese blir dermed tatt ut frå det naturlege kretsløpet. Det mest aktuelle råstoffet for biokol i Hordaland vil vere skogsavfall. I Klimakur 2020 er det rekna ein utsleppsreduksjon på rundt 900 kg CO₂ per tonn tørr biomasse for ved og skogsavfall. Kostnadane med utvikling og drift av pyrolyseanlegg er store og det kan vanskeleg bli eit kostnadseffektivt klimatiltak. Klimakur 2020 reknar ein kostnadseffektivitet på 293 kr per tonn CO₂-ekvivalentar per år.

4. Referansar jordbruk

Beckmann, M., Greipsland, I., Riley, H., Eggestad, O. 2012. Nitrogen losses from agricultural areas. A fraction of applied fertilizer and manure (FracLEACH). Bioforsk Report 7 (50), 31 s.

Biomass Energy Center 2014. Carbon emissions of different fuels.

http://www.biomassenergycentre.org.uk/portal/page?_pageid=75,163182&_dad=portal&_schema=PORTAL

Bonesmo, H., Little, S.M., Harstad, K.A., Beauchemin, K.A., Skjelvåg, A. O., Sjelmo, O. 2012. Estimating farmscale greenhouse gasemission intensity of pig production in Norway. Acta Agriculture Scandinavica, Section A - Animal Science, 62:318-325.

Bonesmo, H., Harstad, O.M. 2013. Storfe og klimagasser: fakta, utfordringer og muligheter. I: Fram mot en berekraftig klimatilpassa norsk landbrukmodell. Almås, R., Bjørkhaug, H., Campbell, H., Smedshaug, A. (red). Akademika forlag 2013 ISBN 978-82-321-0300-3.

Buer, H. 2011. Villsauboka. Selja forlag. 192 s.

Bye, A. S., Aarstad, P. A., Løvberget, A. I., Høie, H. Rapport 2014/10 Jordbruk og miljø. Tilstand og utvikling 2013. https://www.ssb.no/natur-og-miljo/artikler-og-publikasjoner/_attachment/168917?_ts=144dfd7b278

FAO 2013. Tackling climate change through livestock - A global assessment of emission and mitigation opportunities. <http://www.fao.org/docrep/018/i3437e/i3437e.pdf>

Grønlund, A., Knoth de Zarruk, K., Rasse, D., Riley, H., Klakegg, O. and Nystuen, I. 2008. Kunnskapsstatus for utslipp og binding av karbon i jordbruksjord (Status of knowledge for emissions and fixation of carbon in agricultural soils), Bioforsk Report 3 (132), 47 s.

Grønlund, A. & Harstad, O.M. 2014. Klimagasser frå jordbruket. Kunnskapsstatus om utslippskilder og tiltak for å redusere utslippene. Bioforsk Rapport 9 (11), 51 s.

Hansen, S., Rivedal, S., Dörsch, P. 2013. Lystgassutslepp ved ulik drenering på engareal. Bondevennen 116 (26/27), 16-17.

Hovlandsdal, L. 2011. Langtidseffekten av kalking på lystgasseemisjonen frå dyrka organisk jord. Institutt for Plante- og Miljøvitenskap, UMB, Ås. Masteroppgåve, 43s.

Kaland, M., Kvamme, M. 2013. Kystlyngheiene I Norge. Kunnskapsstatus og beskrivelse av 23 referanseområder. Miljødirektoratet Rapport M23-2013, 104 s.

Karlengen, I.J., Svihus B., Kjos, N.P., Harstad, O.M. 2012. Husdyrgjødsel; oppdateringer av mengder gjødsel og utskillelse av nitrogen, fosfor og kalium. Sluttrapport. Institutt for husdyr- og akvakulturvitenskap, UMB, Ås, 106 s.

Kval-Engstad, O., Nesheim, L. 2014. Økt lagerbehov for storfegjødsel. Buskap 66 (2), 24-26.

Kval-Engstad, O. 2013. Bedre utnyttelse av husdyrgjødsel fra storfe. Fagrapport.
<http://nordvest.lr.no/fagartikler/21377/>

Landbruksundersøkinga 2012/2013.
<https://www.ssb.no/statistikkbanken/SelectVarVal/saveselections.asp>

Meld. St. 12 (2012-2013) Perspektivmeldingen

Meld. St. 31 (2006-2007) Norsk klimapolitikk

Meld. St. 9 (2011-2012) Melding om landbruks- og matpolitikken. Velkommen til bords.

Miljødirektoratet 2014. Tiltak og virkemiddel for å redusere oppvarmingen til to grader.
Faktaark M169/2014. Publisert 13.04.2014. 8 s.
<http://www.miljodirektoratet.no/Documents/publikasjoner/M169/M-169.pdf>

Morken, J. 2007. Spredeteknologi for bløtgjødsel. IMT-rapport nr. 20/2007, Institutt for matematiske realfag og teknologi, UMB.

Norderhaug, A., Austad, I., Hauge, L., Kvamme, M. 1999. Skjøtselboka for kulturlandskap og gamle norske kulturmarker. Landbruksforlaget. Oslo. 252 s.

Rekdal, Y. 2011. Husdyrbeite på Hardangervidda. Fakta 06/11. Skog og Landskap.

Rekdal, Y. 2014. Meir mat frå utmark. Bondebladet 41 (27), 3.

Rivedal, S., Hansen, S., Dörsch, P. 2013. Lystgassutslepp frå eng. Verknad av jordpakking etter gjødsling. Bondevennen 116 (22), 14-15.

Roer, A.G., Johansen, A., Bakken, A.K., Daugstad, K., Fystro, G., Strømman, A.H. 2012. Environmental impacts of combined milk and meat production in Norway according to a life cycle assessment with expanded system boundaries. Livestock Science 155 (2013), 384-396.

Serikstad, G.L., Løes, A-K, Dörsch, P., Hansen, S., Johansen, A., Pommeresche, R., Riley, H., Rivedal, S. 2013. Råtnerest er under test. Økologisk Landbruk 32 (3), 28-30.

Sitaula, B.K., Hansen, S., Sitaula, J.I.B., Bakken, L.R. 2000. Effects of soil compaction on N₂O emission in agricultural soil. Chemosphere: Global Change Science 2, 367-371.

SSB 2014. Utslipp av klimagasser 2013, foreløpige tall. Publisert 14.mai 2014.
<https://www.ssb.no/klimagasser>

SSB 2013. Klimagasser og oppvarmingspotensial. Publisert: 6. februar 2013
<https://www.ssb.no/natur-og-miljo/klimagasser-og-oppvarmingspotensial>

Statistikkbanken 2014. Utslipp av klimagasser.
<https://www.ssb.no/statistikkbanken/selectvarval/saveselections.asp>

Statistikkbanken 2014. Kommunal forvaltning av landbruksarealer.
<https://www.ssb.no/statistikkbanken/SelectVarVal/saveselections.asp>

Steinshamn, H., Thuen, E., Bleken, M. A., Brenøe, U. T., Ekerholt, G., og Yri, C. 2004. Utilization of nitrogen (N) and phosphorus (P) in an organic dairy farming system in Norway. *Agriculture, Ecosystems & Environment* (104), 509-522.

Strukturen i jordbruket 2013. <https://www.ssb.no/stjord>

Sturite, I., Rivedal, S., Dörsch, P. 2012. Off-season N₂O losses from clover-rich swards. Programme and abstract book. 17th European Nitrogen -Cycle Meeting, Oslo, Norway.

Sturite, I., Rivedal, S., Dörsch, P. 2014. Effects of fertilization and soil compaction on nitrous oxide (N₂O) emissions in grassland. In: Hopkins, A. et al. (eds). *EGF at 50: The Future of European Grasslands*. 19: 94-96. Proceedings of the 25th Symposium, EGF, Aberystwyth, Wales, 7-11 September 2014.

The Norwegian Emission Inventory 2013. Documentation of methodologies for estimating emissions of greenhouse gases and long-range transboundary air pollutants. Statistisk sentralbyrå Oslo-Kongsvinger. Documents 30/2013. 258 s.

Øygarden, L., Nesheim, L. Dörsch, P., Fystro, G., Hansen, S., Hauge, A., Korsæth, A., Krokann, K., Stornes, O.K. 2009. Klimatiltak i jordbruket - mindre lystgassutslipp gjennom mindre N-tilførsel til jordbruksareal og optimalisering av dyrkingsforhold. *Bioforsk Rapport* 4 (175), 83 s.

5. Skog som klimatiltak

Skogen er den naturtypen i Norge som har det største karbonlager (Grønlund, 2010). Skogen kan binde karbon i både trær og jord på grunn av oppbygningen av overjordisk og underjordisk biomasse. Derfor, er skogens rolle en viktig del av karbonkretsløpet i klimaperspektiv. I Norge, på grunn av større tilvekst enn avvirkning er det en netto karbonbinding i skog. Den totale karbonmengden i biomasse og jord i skog kan anslås til i størrelsesorden 2 milliarder tonn C (Grønlund, 2010). De siste årene viser klimagassregnskapet at den norske skogen årlig hadde et nettoopptak mellom 25-30 millioner tonn CO₂, noe som tilsvarer rundt halvparten av klimagassutslippene fra andre sektorer i landet (Klimakur 2020, Skogbruk, 2010). Bærekraftig bruk av skogressurser som kilde til fornybar energi og til produksjon av trematerialer som kan erstatte mer klimabelastende materialer, er viktige roller i skogens fremtid. Avvirkningen i norske skoger har ligget relativt stabilt rundt 10 millioner kubikkmeter per år, og av disse går 2-3 millioner kubikkmeter til energiformål (Klimakur 2020, Skogbruk, 2010).

Utslipp og opptak av klimagasser i skogen blir påvirket av en rekke faktorer, slik som skogens alderssammensetning og tilvekst, nivået på avvirkning, gjødsling, plantetetthet, tynning og andre skogskjøtselstiltak. Omløpstiden for norsk skog er lang, normalt mellom 70 - 120 år. Skog skiller seg derfor fra de fleste andre sektorer ved at mange av tiltakene vil ha liten effekt på klimagassregnskapet på kort sikt, men stor effekt på lang sikt.

I Hordaland dekker skogarealet (totalt) nesten 430 000 ha av fylket. Karbonlagring i skogens biomasse kan estimeres på bakgrunn av Landsskogstakseringen. I følge denne informasjonskilde (Andreassen et al., 2013), er 43% av Hordalands skogareal lauvskog eller lauvtredominert skog, mens 37% er furudominert skog og de resterende 18% er granskog. Informasjon fra landskogstaksering viser at det produktive skogsarealet har økt markant i Hordaland i perioden 1930-2007. Denne økningen kan bety en økning av det positive bidraget som Hordalands skoger gir til CO₂-regnskapet. Her presenteres det estimerer for karbonbinding i biomasse og jord for Hordaland og ulike tiltak som vurderes i forbindelse med optimering av karbonbinding i skogens økosystem.

5.1 Beregning av karbonbinding i biomasse

Biomassevolumet fra de forskjellige dominerende treslag (lauv-, furu- og granskog) kan uttrykkes med bark og uten bark. Volum med bark viser hvor mye biomasse som står i skogen. I tillegg kommer greiner og bar, stubber og røtter. Volum uten bark viser hvor mye trevirke som er tilgjengelig som råstoff for industrien. Volum av skogbiomasse med bark i Hordaland er ca. 15% større enn volum uten bark (Tabell 4.1), i overensstemmelse med den gjennomsnittlige differansen på ca. 15% (Larsson og Hysten, 2007). For beregninger av karbonlager i skogens biomasse, brukes beregninger av skogens volum som utgangspunkt. Dette omfatter alle levende trær som er minst 1,3 meter høye. Hvert treslag har ulik basisdensitet, som gjør at mengden tørrstoff per m³ er forskjellig. Volum skal derfor først regnes om til tørrstoff (500 kg m⁻³; 430 kg m⁻³ og 390 kg m⁻³ for henholdsvis bjørk, furu og gran ifølge Skog og Landskap). Tørrstoff beregnet fra stammevolum kan deretter konverteres til biomasse ved hjelp av en «Biomass Expansion Factor» som er spesifikt for hvert treslag (Lehtonen et al., 2004; Rypdal et al., 2005). Deretter kan resultatet regnes om til karbon, ved å anta at 50% av tørrstoffet er karbon. For å beregne karbon om til CO₂ skal forholdet av karbon i CO₂ brukes (karbon utgjør 12/44 av vekta et CO₂ -molekyl) (Hysten, 2008).

Tabell 4.1. Biomasse volum og areal uten (a) og med bark (b) ifølge landskogstaksering (både produktivt og ikke produktivt skogsareal) og tilsvarende CO₂ lagring for de tre hovedtyper skog i Hordaland, samt årleg tilvekst.

Biomasse uten bark (a)			Biomasse med bark (b)			
Treslag	Vol u. bark (mill. m ³)	Areal (ha)	CO ₂ (mill. tonn)	Vol m. bark (mill. m ³)	Areal (ha)	CO ₂ (mill. tonn)
Lauvtre	8,6	203286	4,3	11,9	203286	5,9
Furu	12,2	173614	6,7	13,8	173614	7,6
Gran	11,0	51720	6,8	11,9	51720	7,4
Sum	31,8	428620	17,8	37,7	428620	20,9
TILVEKST						
Treslag	Årleg tilvekst (mill. m ³)	Årlig tilvekst (mill. tonn CO ₂)	Årlig tilvekst (m ³ /daa)	Årlig tilvekst (tonn CO ₂ /daa)		
Lauvtre	0,22	0,20	0,11	0,10		
Furu	0,25	0,20	0,14	0,11		
Gran	0,53	0,38	1,03	0,74		
Gjennomsnitt	0,33	0,26	0,43	0,32		

Informasjon om årlig tilvekst i volum er også tilgjengelig fra Landskogstakseringen for hvert treslag i Hordaland. Dette kan omregnes til millioner tonn CO₂ på samme måte som beskrevet i forrige avsnitt.

Skogens biomasse i Hordaland lagrer ca. 21 millioner tonn CO₂ (Tabell 4.1), hvor 35 % av dette lagres i granskog, 36 % i furuskog og 29 % i lauvtreskog. Selv om granskog dekker et mindre areal enn de andre to treslag har gran den høyeste årlig tilvekst (ca. 0.4 millioner tonn CO₂ i året) hvilket forklarer at granskog har lagret mer karbon i biomasse end de to andre treslag. I gjennomsnitt har skogen i Hordaland tatt opp 0.26 millioner tonn CO₂ per år i biomasse.

5.2 Beregning av karbonbinding i jord

Skogsjord kan lagre store mengder karbon over tid som konsekvens av en kontinuerlig tilførsel av organisk materiale som overstiger tap av karbon gjennom nedbryting og mineralisering. Det fins gjennomsnittlige estimater for karbonlager i norsk skogsjord (De Wit og Kvindeland, 1999; Rypdal et al., 2005) som er angitt for 30 cm og 100 cm dybde og basert på ca. 1000 jordprofiler i hele Norge, både i organiske- og mineraljordtyper. Det fins ikke spesifikk informasjon om hvor mye av skogsjorden i Hordaland som er organisk eller mineraljord, og derfor presenteres potensielle karbonlager i disse to hovedjordtyper adskilt (Tabell 4.2).

Tabell 4.2. Karbonlageret i jord av produktiv- og uproduktive skog i Hordaland. Data er baseret på gjennomsnittlige karboninnhold i skogjord i Norge (De Wit & Kvindelsland, 1999; Rypdal et al., 2005).

	Produktiv skog 284021 ha			Uproduktiv skog 116598 ha		
	tonn C ha ⁻¹	mill tonn jord C	mill tonn CO ₂ i jord	tonn C ha ⁻¹	mill tonn jord C	mill tonn CO ₂ i jord
Mineraljord						
C til 30 cm dybde	131	37,2	136,5	126	14,7	53,9
C til 100 cm dybde	162	46,0	168,9	147	17,1	62,9
Organiskjord						
C til 30 cm dybde	112	31,8	116,7	173	20,2	74,0
C til 100 cm dybde	229	65,0	238,7	326	38,0	139,5

Estimatene viser at karbonlageret i skogsjord forventes å være vesentlig større enn det som finnes i biomasse. Karbonlageret til 30 cm dybde i mineraljord er ca. 6 ganger større under produktiv skog enn det man finner i biomasse, mens under uproduktiv skog er karbonlageret i jord ca. dobbelt så stor som i biomasse. Den større forskjellen mellom produktiv og uproduktiv skog kan skyldes ulik tilvekst og produksjon av organisk materiale som er grunnlaget for karbonoppbygging i jord. Organisk jord er vesentlig mer karbonrik og derfor forventes at denne jordtype vil ha enda større karbonlagring, så lenge omsetningen ikke økes. Det er vanskelig å vurdere hvor representativ disse estimater er for skogen i Hordaland, da det kan være viktige forskjeller mellom jordtyper, klima, skogens tilvekst og produktivitet, dreningsforhold, osv., som kan påvirke karbonlagring i forskjellige retninger. Derfor må disse estimater betraktes som veiledende.

De Wit et al. (2006) vurderte på basis av skoginventar data og modellsimuleringer at skogsjord i Norge kan ta opp karbon i en rate på 0.08 tonn C ha⁻¹ år⁻¹. Denne raten kan likevel variere mye avhengig av skogens alder, den tidligere arealanvendelse (permanent skog eller skog plantet på tidligere jordbruksareal, etc., Bárcena et al., 2014) og andre faktorer nevnt tidligere. Ikke desto mindre, forventes det at potensialet for karbonlagring i jord er stort og mer stabilt enn biomasse i tidsperspektiv. Interaksjoner mellom organiske og mineralske partikler i jord, beskytter karbonholdige materialer mot nedbrytning/omsetning og dermed betraktes de ofte som langvarige karbonlagre. Derimot er biomassens tidsperspektiv som karbonlager sterkt avhengig av industriformål.

Biomasse opptak av CO₂ i Hordaland kan beregnes ut fra den årlig tilvekst på areal basis. Estimatet for CO₂ opptak i biomasse i Hordaland er 0.32 tonn CO₂ daa⁻¹ år⁻¹ (Tabell 4.3). Dette svarer til 0.86 tonn C ha⁻¹ år⁻¹, som ligger ca. 2 ganger høyere enn den estimerte karbonopptak i biomasse ifølge modellsimuleringer fra De Wit et al. (2006) for Sørøst Norge på 0.38 tonn C ha⁻¹ år⁻¹. Den hurtigere opptak i biomasse i Hordaland kan skyldes forskjellige årsaker, som for eksempel bestandens alder, vekstforhold, bonitet etc. Men de stemmer godt overens med svenske estimater for biomasse C opptak i rødgran som lå mellom 0.8-1.2 tonn C ha⁻¹ år⁻¹ (Nabuurs & Mohren, 1995).

Tabell 4.3 Rate for CO₂-opptak i biomasse, jord og totalt. Biomasse er estimert spesifikt for Hordaland ifølge informasjon fra Landskogstaksering.

CO ₂ -opptak		
Jord (De Wit et al., 2006)	0,03	tonn CO ₂ /daa/år
Biomasse	0,32	tonn CO ₂ /daa/år
Total binding	0,34	tonn CO ₂ /daa/år

Endringer i karbonlager skjer langsommere i jord sammenlignet med biomasse, men disse endringer (og potensielt karbonopptak i jord) kan til gjengjeld være vedvarende. Total sett kan det årlige CO₂-opptaket i skogen for Hordaland estimeres til 0.34 tonn CO₂ daa⁻¹ år⁻¹ (Tabell 4.3).

5.3 Mulige skogtiltak

5.3.1 Plantning av skog på nye arealer

Rapporten fra Miljødirektoratet i samarbeid med Statens Landbruksforvaltning og Norsk Institutt for Skog og Landskap presenterer plantning av skog på nye arealer som klimatilskott (Haugland et al., 2013). Skogreising i Norge omfatter både etablering av ny skog på arealer som har vært under annet arealbruk tidligere (for eksempel tidligere dyrka mark og beite, grøftet myr), men definisjonen dekker også treslagskifte i eksisterende lauv- og furudominert skog. Rapporten om plantning av skog på nye arealer betyr at det skal identifiseres åpne arealer og gjengroingsarealer med underoptimal skogproduksjon som kan egne seg for tilplanting og dermed øke det produktive skogarealet i Norge. Samlet bruttoareal som er estimert som plantbart ligger på 9.8 millioner dekar. Tilbake til 1954 var det skogreisningsplaner fordelt mellom ulike landsdeler. På Vestlandet, var det planlagt å plante skog på ca. 3 millioner dekar, men status for situasjonen i 1995 viste at det hadde blitt plantet på 1.6 millioner dekar (Haugland et al., 2013). Selv om det er skog som har størst arealanvendelse i Hordaland er det kun 40.7 % som er definert som produktiv skog.

En av de viktigste økosystem-tjenester som forventes ved skogreising i klimasammenheng er karbonbinding både i biomasse og i jord (Kyoto Protokollen, artikkel 3.3). Karbonopptak i biomassen skjer kontinuerlig etter tilplanting ettersom trærne vokser og opptaket er hurtigst og størst de første år etter tilplanting. I følge tall for årlig tilvekst (på tvers av aldersklasser, Tabell 4.1) er det større opptak i gran i forhold til lauv- og furuskog, men dette er igjen kun for karbon i biomasse.

Tabellene som viser karbon i jord (Tabell 4.2) viser betydelige forskjeller mellom karbonlagring i jord under produktiv og uproduktiv skog og indikerer at etablering av mere produktiv skog kan øke jordkarbon markant. Men effekter av skogreising på jordkarbon styres av en kompleks sammensetning av faktorer (Paul et al., 2003). Både i globale studier (Guo & Gifford, 2002; Laganière et al., 2010) men også i Nord-Europa (Bárcena et al., 2014) har man identifisert tidligere arealbruk som en vesentlig faktor med klar innflytelse på responsen av jordkarbon etter skogreising. Arealer som har tidligere vært under gras/beite har i utgangspunktet stort organisk innhold i jordsmonnen og skogreising på disse arealer fører ikke til økning i jordkarbon innenfor de første 30 år etter skogtilplanting eller kanskje over lengre tid. Derimot responderer arealer under tidligere dyrkning, lyngmark eller erodert jord positivt i det samme tidsperspektiv. Disse tendenser indikerer at økt jordkarbon etter skogreising skjer fort i karbonfattige arealbruk (e.g. landbruk, lyng), men tilplanting på karbonrike grasarealer krever lengre tidsrammer før økning i jordkarbon skjer og man kan faktisk observere tap av karbon den første perioden etter

skogreising (Guo & Gifford, 2002; Paul et al., 2002; Bárcena et al., 2014). Men som tidligere nevnt har andre faktorer også stor betydning, som for eksempel klima (temperatur, nedbør, etc.), jordtype eller treslag. Treslag har størst innflytelse på karbonregnskapet i biomassen kort tid etter planting, mens effekten av treslag på karbonlageret i jord først kan observeres over lengre tid (Vesterdal et al., 2013).

Til sist er det en annen faktor som bør tas i betraktning ved plantning av skog på nye arealer som er albedo. Albedo angir hvor stor andel av den innkommende solstrålingen som treffer en overflate som blir reflektert tilbake. Arealbruk og arealbruksendringer kan endre albedo i et område, og dermed bidra til en avkjølede eller oppvarmende effekt. Ved etablering av skog i områder med betydelig snødekke kan endringer i albedo påvirke den totale klimaeffekten. For åpne arealer som ellers ville hatt et hvitt snødekke om vinteren kan albedoeffekten til en viss grad redusere eller oppveie effekten ved økt CO₂-opptak (Haugland et al., 2013). Barskoger, og særlig granskoger, absorberer mer solstråling enn lauvskoger og dette gjelder hele året, men har størst betydning når det er dypt og langvarig snødekke (Saure, 2014). Ny kunnskap om albedoeffekten i forhold til karbonopptak (De Wit et al., 2014) viser at skogsutbredelse (lauvskog) til høyere beliggende områder og breddegrader ved et varmere fremtidig klima vil resultere i en oppvarmningseffekt på tross av den avkjølede effekt ved økt karbonopptak i skog. Denne effekten kan forventes å være større med barskog, på grunn av kontinuerlig kronedekke som resulterer i mer absorbert solstråling.

5.3.2 Hogst og bruk av trevirke

Skogfondsrekneskapet viser at det vart avvirket 190 221 m³ gran, furu og lauv i 2013 i Hordaland (Årsmelding i skog 2013, Fylkesmannen i Hordaland). Hvis man antar en gjennomsnittlig basisdensitet for de forskjellige skogstyper (det vil si 440 kg tørrstoff per m³), vil dette svare til 153 millioner tonn CO₂. Hogstvolum i Hordaland er steget kontinuerlig de seneste tiåra og størstedelen av hogsten er skjedd i granskog. Juletre- og pyntegrøntproduksjon er også en viktig del av skogbruket i Hordaland. I 2013 ble det registrert salg av over 22000 juletrær og i de seneste tre år er det vært en økende produksjon av juletrær. Hordaland har et lite utbygd vegnett i forhold til optimal dekning for å få en rasjonell drift av skog (Regionalt skog- og klimaprogram Hordaland 2013-2017). Optimering av dette kunne bidra vesentlig til å utnytte skogressursene. Derfor, er det et mål å øke bygging av skogsbilveger i vestlandsfylka opp på nivå med innlandet (Hovudplan skogsveg, 2012).

5.3.3 Skog til bioenergi

Tanken bak utvikling av bioenergi er å produsere varme ved bruk av biologiske materialer som energikilder. Det er en stigende interesse for denne type energiproduksjon, både fordi det er en fornybar energikilde men også fordi den betraktes som CO₂-nøytral. Stortingets klimaforlik fra 2008 var bakgrunnen for ønsket om økt satsing på bioenergi. Målet var å øke det årlige forbruket av bioenergi med 14 TWh innen 2020. Det potensielle ressursgrunnlaget for økt bruk av bioenergi ligger først og fremst i skogen. Derfor, ble det utformet strategier for å fremme bioenergiproduksjon i Norge med adskillige tilskuddsordninger som har som formål at utvikle bioenerginæringen i de kommende år. I Hordaland er produksjon og etterspørsel etter skogflis lav. Dårlig fortjeneste, perioder med låge strømpriser og høye investeringskostnader er trolig årsaker til å ikke flere bioenergiprojekt blir realisert. I 2013 ble det ikke utbetalt tilskudd til energivirke (Årsmelding i skog 2013, Fylkesmannen i Hordaland). Ikke desto mindre er der flere produsenter av flis og anlegg for flisfyring i Hordaland (Regionalt skog- og klimaprogram i

Hordaland 2013-2017) som kan spille en viktigere rolle i skogdrift ved økt bioenergi produksjon i fylket.

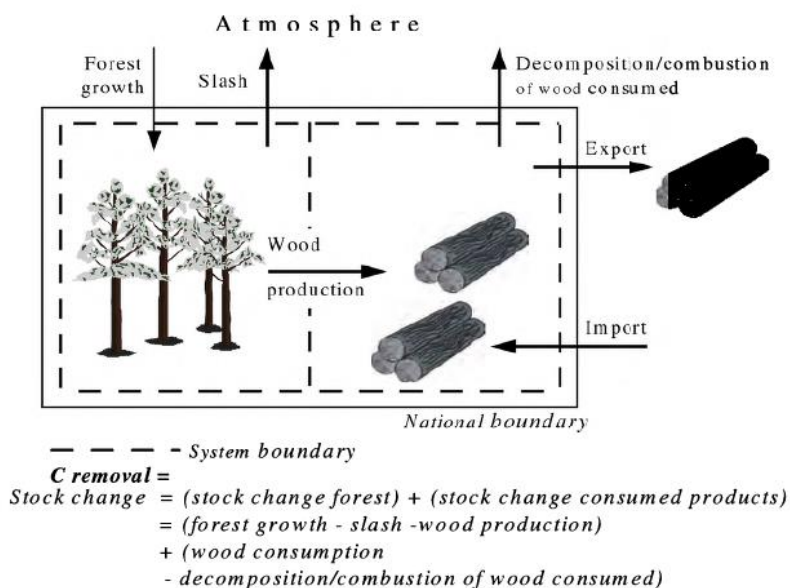
Hvis man ser nærmere på tilveksten for produktiv skog i Hordaland (2005-2009) ligger den ifølge landskogstakseringen på 1 001 294 m³. Ved å anta at hele denne mengden kunne utnyttes til bioenergi (hvis ca. 2000 KWh produseres per m³ vyrke), ville dette svare til ca. 2 TWh. Hvis man antar at bioenergi kan spare et CO₂-utslipp tilsvarende 245 g CO₂ per KWh produsert i forhold til fossile brensler (www.carbonindependent.org), ville disse 2 TWh som man potensielt kunne produsere av trevirke i Hordaland har spart et utslipp på omtrent 490 634 tonn CO₂. Disse estimatene angir kun potensiell situasjon, da man ikke kan regne med at hele tilveksten vil brukes til bioenergi.

Skogens utnyttelse til bioenergi krever riktige strategier for økt heltreuttak i norske skoger. Når det fjernes hogstavfall bestående av greiner og topper (også kaldt «grot») for bioenergiproduksjon kan dette ha negative effekter på næringstilførsel til jord som kan minske skogens produktivitet senere, men også endringer i temperatur og fuktighetsnivå i jorden kan bidra til økning av nedbrytning og omsetning og dermed CO₂-utslipp. Resultater fra et nytt forskningsprosjekt drevet av Skog og Landskap, beskriver en rekke tiltak som kan bidra til å redusere potensielle negative effekter av intensiv biomasseuttak for bioenergi fra skog på jordens næringstilførsel og karbonlagring:

- Fjern grot maksimalt én gang i løpet av bestandets liv.
- Ikke ta ut alt - la minst 30 prosent av groten ligge igjen. La om mulig nålene falle av før kvisten transporteres ut, ved at greinene blir liggende i hauger over sommeren før bortkjøring. Kompensasjonsgjødsling kan brukes om nødvendig.
- I bratt terreng og på mark med dårlig bæreevne kan det være betydelig risiko for terrengskader. Dette kan lede til skader på vegetasjonen og til erosjon. Grothøsting medfører ekstra kjøring i terreng og blir ofte gjort på høsten, da bakken ikke er frossen eller snødekt. En bør derfor vurdere terreng og bæreevne ved valg av bestand til grothøsting. Forsiktighet ved innsamling av hauger/hogstrester er viktig.
- Etter grothøsting og nyplanting bør man følge godt med på utviklingen av granplanter som er satt ned der grothauger har ligget. Det ser ut for at snutebiller gnager ekstra mye på småplanter her, kanskje fordi de tiltrekkes av kvaelukten. Suppleringsplanting kan vurderes.

5.3.4 Lagring av karbon i varige treprodukter

Inntil nylig har man sett på at skogens hogst som et umiddelbart utslipp av CO₂. Men det er stigende fokus på lagring av karbon i treprodukter, da disse kan ha lang levetid og de kan erstatte andre klimabelastende materialer som sement, stål og betong. IPCC anbefaler at lagring av karbon i treprodukter inkluderes i den nasjonale rapporteringen av klimagasser når et land kan dokumentere at slike varige lager i treprodukter eksisterer og er stigende. Det er forslått ulike modeller for å beregne dette (Petersson et al., 2009), men hovedsakelig estimerer man karbonbalansen mellom skogens vekst og de treprodukter som blir tatt ut av systemet og hva som etterpå skjer med disse produktene (Figur 4.1, om det brukes til byggeri, om de forbrennes, mv.). Erstatning av stål, sement og betong med tre kan resultere i en gjennomsnittlig substitusjonseffekt på henholdsvis 247, 484.5 og 969 Kg CO₂ per m³ ifølge Klimakur 2020, Skogbruk (2010).



Figur 4.1. Endringer i karbonlageret relatert til uttak av treprodukter, fra Petersson et al., 2009.

Slike enkle modeller som den vist i figuren over kunne brukes i fylkene for å skape bedre kunnskap om karbonbalansen i forbindelse med utnyttelse av treprodukter.

5.3.5 Skogplanteforedling

Skogplanteforedling er en kontinuerlig prosess der man sanker podedkvist fra fine trær (plusstrær) i skogen som overføres til frøplantasjer. Avkom fra avlstrærne (frøplanter) testes så i forsøk for å finne ut om de utvalgte avlstrærne gir avkom som er bedre enn gjennomsnittet, med hensyn på klimatilpasning, kvalitet og vekst (Klimakur 2020 skogbruk 2010). I følge samme rapport kan planter fra dagens frøplantasjer gi opptil 15% høyere produksjon enn plantemateriale fra bestandsfrø, men i Norge er det fortsatt 40% av plantene som settes av bestandsfrø. Alle norske skogeiere har en plikt til å sørge for at skogarealene blir forynget etter en hogst. Dette kan skje ved planting, såing, eller ved naturlig foryngelse. I følge Skog og Landskap viser nyere registreringer varierende, og til dels lave, foryngelsestall etter hogst og tyder på at en langt større del av foryngelsesarealet i norske skoger nå blir forynget naturlig i forhold til tidligere. Dette tiltak krever investering og langsiktig tenkning for å oppnå plantemateriale av høy kvalitet til skogseiere og dermed sikre optimalt etablering av skog, bedre skogsutvikling og dermed mer karbonbinding i biomasse og jord.

5.3.6 Endret kjørestil i skogbruket

Utslippsreducerende tiltak knyttet til skogsmaskiner og annen mobil forbrenning har også vært omtalt i forbindelse med utslipp fra transportsektoren. Dette gjelder spesielt tiltak som overgang til bruk av biodrivstoff. Andre tiltak vedrørende terrengtransport legger vekt på å unngå terrengskader som er skjæmmende og som kan forårsake vannavrenning og erosjon (Standart for et bærekraftig norsk skogbruk, PEFC Norge, 2006). I områder med mye mark med dårlig bæreevne og hvor faren for terrengskader er stor ved drift i sommerhalvåret, skal utdrift av tømmer fortrinnsvis skje på frossen eller godt snødekt mark. På den måten reduserer man forstyrrelser som potensielt kan øke omsetning i jordsmonnet og øke utvasking av oppløst karbon (dissolved organic carbon, DOC).

5.3.7 Treslagskifte

Treslagsvalget er en viktig faktor, som har en vesentlig rolle ikke kun i skogøkonomi og produksjon men også i CO₂-opptaks potensiale i biomasse. I Hordaland dekker lauv- og furuskog den største delen av skogsarealet (med henholdsvis 43% og 37%), mens granskog utgjør kun 18% (Andreassen et al., 2013). Ifølge Landskogstaksering har granskog i Hordaland den største årlig tilvekst som er ca. en faktor 2 større end tilveksten i furu-lauvskog (Tabell 4.1). Dette betyr at granskog har det største potensiale til å binde karbon hurtigst i biomasse. Øyen & Nygård (2008) estimerte at treslagskifte fra bjørk til gran i Norge vil bety en økning i årlig tilvekst mellom 6-8 m³ ha⁻¹ år⁻¹ med norsk gran (*Picea abies*) og mellom 7-9 m³ ha⁻¹ år⁻¹ med Sitkagran (*Picea sitchensis*). Også treslagskifte fra furu til gran estimerte samme studie en økning mellom 4-6 m³ ha⁻¹ år⁻¹ i tilvekst. Disse tall indikerer derfor at granskog har en større tilvekst og dermed større bindingspotensiale i biomasse. Dessuten, påvirker treslagsvalget også karbonlagring i jord. Dette skjer på grunn av de forskjellige egenskaper som treslagets organisk materiale (strø) har og hva dette betyr for omsetning og inkorporering i mineraljord. Nye studier viser at der kan være signifikante forskjeller mellom karbonlager i jord under lauvskog og nåleskog (Frouz et al., 2009; Gurmessa et al., 2013; Vesterdal et al., 2013) eller også mellom ulike nåletreslag (Mellor et al., 2013), men effekten av treslaget i jordkarbon krever som regel lengere tidshorisonter før det kan detekteres (Vesterdal et al., 2013). Ikke desto mindre er karbon i jord det lager som betraktes mest stabilt og dermed høyt relevant i skogens karbonregnskap og bør derfor inkluderes i treslagskiftes effekt på karbon.

5.3.8 Gjødsling av skog

Gjødsling av skog kan brukes som tiltak for å øke tømmerproduksjonen ved å øke tilveksten av både diameter- og volumtilvekst. Effekten vil vanligvis være ca. 10 år etter gjødslingen og økt tilvekst vil resultere i økt karbonopptak i biomasse. Om det gjøres på egnede områder og i riktig mengde, forventer man at gjødsling av skog være et godt tiltak både for klima og skogsøkonomien. Det har også vært snakk om effekten av nitrogen på det organiske materialet i jordsmonnet på grunn av at nitrogen har vist seg å forhindre/forminske nedbrytning og dermed stimulere karbonbinding i temperert skogsjord. Denne reduksjonen i CO₂-utslipp tilsvarer trærnes økning i karbonopptaket som konsekvens av gjødsling (Janssens et al., 2010). Miljødirektoratets nye rapport om målrettet gjødsling av skog som klimatilak (Haugland et al., 2013) presenterer ulike kriterier til å utpeke de områder som anses som egnet til gjødsling. Disse kriterier omhandler: vegetasjonstype, jordtype, bonitet, treslag og tetthet. I forhold til disse kriterier ligger hovedtyngden av det aktuelle gjødslingsarealet på Østlandet, som har 66% av arealet innen de tre vegetasjonstypene som i dag er tillatt å gjødsle i henhold til Standart for et bærekraftig norsk skogbruk (PEFC Norge, 2006). Gjødslingen kan utføres både i gran- og furubestand, men er mest utbredt på furu, på midlere boniteter (Haugland et al., 2013). I Hordaland ble det gjødslet 198 dekar i løpet av 2009-2013 og kostnad per dekar (311 NOK) var lidt høyere end gjennomsnittet (277 NOK) (Statens Landbruksforvaltning).

Planlegging av gjødsling skal ta hensyn til mulige negative bieffekter, som lekkasje av nitrat. Dette er især viktig i områder med høy nitrogen (N) deposisjon. Sør-Norge, som Hordaland er en del av, er ansett som en landsdel med høy deposisjon med omkring 1 kg daa⁻¹ år⁻¹ (Norsk Institutt for Luftforskning, 2013). En god vekstrespons fra trærne på N gjødsling vil kunne medvirke til at nitratavrenningen vil være lav ved praktisk gjødsling. Men faren for en forbigående økt nitratavrenning kan være større i områder med høy N deposisjon (Nielsen, 1999), der tilførsel av N i utgangspunktet er stort. Nitrogengjødsling i skog kan også påvirke metan- og lystgassflukser. Nyere data fra et europeisk samarbeid

(Gundersen et al., 2012) indikerer at høyere N-tilførsel vil fremme lystgassutslipp fra skogsjord og samtidig også redusere skogjordens kapasitet til å ta opp metan. Effekter på disse sterke drivhusgasser bør også vurderes når gjødsling planlegges i skog, især i områder som Hordaland med høyere N-bakgrunnsdeposisjon sammenlignet med andre landsdeler. Andre hensyn taler også for at man skal være forsiktig med å tilrå gjødsling til skog i Hordaland (Arrestad et al., 2013).

5.3.9 Økt plantetetthet på eksisterende skogarealer

Klimakur 2020, Sektorrapporten for skogbruk, (2010) påpeker at nær 40% av foryngelsesarealet har underoptimal tetthet i forhold til skogproduksjon og miljøhensyn. Det er derfor betydelige muligheter for at øke utnyttelsen av skogmarkas produksjonsevne og CO₂-opptak. Det forventes dog at effekten av økning i plantetetthet på vekst og dermed karbonopptak kan variere avhengig av bonitetsklasser. Lave bonitetsklasser forventes å ha en større respons i form av volumvekst og karbonbinding på økning i plantetetthet i forhold til høyere boniteter, hvor man teoretisk allerede har et plantetall som er nær å utnytte markas biologiske produksjonspotensial. Øker vi plantetettheten på disse arealene vil vi fort nå grenseverdien for naturlig avgang. I Hordaland er lauvskog og furuskog dominerende på lave bonitetsklasser, mens høyere bonitetsklasser er dominerte av gran, men arealet er vesentlig mindre (Andreassen et al., 2013). Økt plantetetthet kan derfor være et tiltak som kan vurderes for å oppnå vekst i skogens stående volum og CO₂-opptak i disse lauv- og furudominerte områder på lavere bonitetsklasser som dominerer i fylket, men samtidig kan det betyde mindre kvalitet av trevirke og kan også være utfordrende i områder med vanskelig terrengforhold.

5.3.10 Endret avvirkningsnivå

I Hordaland var hogstkvantumet for industrivirke (tømmer og massevirke) på ca. 70 000 m³ i 2007 og hvis man inkluderer virke til eget forbruk og kommersiell vedsalg stiger tallet til 150 000 m³ (Andreassen et al., 2013). I følge Årsmelding skog 2013 (Fylkesmannen i Hordaland) ble det avvirket 190 221 m³ gran, furu og lauv i 2013. Dette er ca. 20 % mer enn i 2012. Disse tallene indikerer en stigende avvirking i Hordalands skoger. Økt avvirkningsnivå vil resultere i umiddelbart utslipp men dette kan avbalanseres hvis man medregner at økt avvirking betyr mer råstoff til bioenergi og til erstatning av miljøbelastende byggematerialer (betong, stål). Samtidig kan yngre skog med høy tilvekstrate bidra til å kompensere for utslippet som følge av avvirking.

En annen mulighet er en reduksjon av avvirkningsnivå. Dette kan bety opprettholdelse av opptaket, men det kan også bety en reduksjon av råstoff til bioenergi og industrivirke. Hvis produksjonen ikke kan tilfredsstille etterspørsel kan det resultere i økt import av trevirke. For å sikre at dette ikke har en negativ påvirkning er det nødvendig å sikre at produksjon av importert trevirke skjer under bærekraftige kriterier. Import kan også bety større utslipp og omkostninger på grunn av transport.

Ifølge Andreassen et al. (2013), har arealer med eldre skog i Hordaland økt i det siste. Dette gjelder særlig skog med alder 41-80 år, samt den eldste skogen over 120 år. For den yngste skogen i aldersklasse 1-40 år har arealet blitt betydelig redusert. Ved å øke omløpstiden (alder ved hogst) kan man forvente å lagre mer CO₂ i skogen, men man vil samtidig redusere virkestilgangen på kort sikt, og redusere tilvekst på lang sikt (Granhus & Søgård, 2014).

5.3.11 Skogvern

Litt over en prosent av skogen i Hordaland er vernet gjennom Naturvernlova, men i dagens økonomiske situasjon "verner" mye av skogen seg selv gjennom bratt og vanskelig tilkomst (Regionalt skog- og klimaprogram Hordaland 2013-2017). Hvis skogen vernes og dermed holdes fri for avvirkning kan man forvente en økning i karbonlagring, ettersom man ikke tar biomasse ut og heller ikke forstyrrer jordsmonnet. Derfor kan skogvern anses som et tiltak til å øke karbonbinding. Skogvern er også ofte omtalt i forbindelse med ønske om å bevare/øke mangfoldighet. Men skogvern betyr også at man ikke kan bruke skogressurser og dermed er det viktigst å sikre at det er mulighet for at oppnå visse økosystemtjenester som karbonbinding. I følge Norsk Institutt for Skog og Landskap (Astrup et al., 2010) er effekten av vern på karbonlageret mest relevant hvis man snakker om høyproduktive skog, da dette på kort sikt vil føre til økt karbonlager. I følge samme rapport må man ha skogvern på 3 hektar lavproduktiv skog for å oppveie avvirkning på 1 hektar areal med høyproduktiv skog. Overordnet sett kan dette resultere i negative effekter på karbonregnskapet på grunn av større forstyrrelser (større arealer) som kunne være nødvendig hvis man har skogvern på lavproduktiv skog. Man kan anta at disse vurderinger har størst fokus for det lager som er biomasse, mens responsen av karbonlageret i jordsmonnet vil være langsommere, men ikke nødvendigvis av mindre omfang.

5.3.12 Markberedning

Markberedning brukes for å forbedre spiremulighetene for frø og oppvekstforholdene for småplanter, slik at en ny bestand etableres raskere på et markberedt areal. Biomasseproduksjonen kommer dermed raskere i gang og strømengden forventes å øke. Men markberedning eksponerer organisk materiale for nedbrytende organismer og øker oksygentilgangen som resulterer i økt respirasjon/tap av organisk materiale og kan også fremme erosionsfaren. Derfor, moderat markberedning anbefales for etablering av foryngelse, og det forventes å gi ubetydelig påvirkning av jordsmonnets karboninnhold på noe lengre sikt (Bruun & Frank, 1994). På grunn av utfordrende terrengforhold er det vanskelig å utføre markberedning i Hordaland og ellers på Vestlandet.

5.3.13 Redusert avskoging (omdisponering av skog til annen arealbruk)

Skogsarealet i Norge har vært relativt stabilt de seneste årtier da det har vært en balanse mellom tap av skog til for eksempel bebyggelse, veier og husdyrbeite og samtidig gjengroing på tidligere jordbruks- og beiteareal. Skog er den største bidragsyter til netto CO₂-opptak fra arealbruk og derfor kan redusert avskoging ha en positiv effekt på klimaregnskapet. Dette er et mer komplisert tiltak, ettersom populasjonen stiger og det dermed trengs mer bebyggelse/infrastruktur og selvsagt matproduksjon.

6. Referanser skogbruk

- Aarrestad, P.A., Bendiksen, E., Bjerke, J.W., Brandrud, T.E., Hofgaard, A., Rusch, G., Stabbetorp, O.E., 2013. Effekter av treslagsskifte, treplanting og nitrogengjødsling i skog på biologisk mangfold - Kunnskapsgrunnlag for å vurdere skogtiltak i klimasammenheng. NIVA rapport 959, 74 s.
- Andreassen, K., Eriksen, R., Tomter, S., Granhus, A., 2013. Statistikk over skogforhold og skogressurser i Hordaland, Landsskogtakseringen 2005-2009. Rapport fra Norsk Institutt for Skog og Landskap, 66 s.
- Bárcena, T.G., Kiær, L.P., Vesterdal, L., Stéffansdóttir, H.M., Gundersen, P., Sigurdsson, B.D., 2014. Soil carbon stock change following afforestation in Northern Europe: a meta-analysis. *Global Change Biology* 20, 2393-2405.
- Bruun, F.R., Frank, J., 1994. Effekter av ulike skogskjøtseltiltak på karbonstatus i jord. Aktuelt fra Skogforsk Nr. 11-94.
- Frouz J., Václav P., Cienciala E., Kalčík J., 2009. Carbon storage in post-mining forest soil, the role of tree biomass and soil bioturbation. *Biogeochemistry* 94, 111-121.
- De Wit, H., Bryn, A., Hofgaard, A., Karstensen, J., Kvalevåg, M., 2014. Climate warming feedback from mountain birch forest expansion: reduced albedo dominates carbon uptake. *Global Change Biology* 20, 2344-2355.
- Granhus, A., Sjøgaard, G., 2014. Skogsproduksjon - fokus på klimatilpasset skogbruk. http://www.fylkesmannen.no/Documents/Dokument%20FMOA/Landbruk%20og%20mat/Skogbruk/Skogproduksjon_Klima%20og%20Skog_2014.pdf
- Gundersen, P., Christiansen, J.R., Alberti, G., Bruggemann, N., Castaldi, S., Gasche, R., Kitzler, B., Klemedtsson, L., Lobo-do-Vale, R., Moldan, F., Rutting, T., Schleppei, P., Weslien, P., Zechmeister-Boltenstern, S., 2012. The response of methane and nitrous oxide fluxes to forest change in Europe. *Biogeosciences* 9, 3999-4012.
- Guo, L.B., Gifford, R.M., 2002. Soil carbon stocks and land use change: a meta analysis. *Global Change Biology* 8, 345-360.
- Gurmesa, G.A., Schmidt, I.K., Gundersen, P., Vesterdal, L., 2013. Soil carbon accumulation and nitrogen retention traits of four tree species grown in common gardens. *Forest Ecology and Management* 309, 47-57.
- Haugland, H., Anfinnsen, B., Aasen, H., Løbersli, E., Selboe, O.K., Terum, T., Lileng, J., Granhus, A., Sjøgaard, G., Hanssen, K.H., 2013. Planting av skog på nye arealer som klimatiltak - egnede arealer og miljøkriterier. Rapport fra Miljødirektoratet, 149 s.
- Janssens, I., Dieleman, W., Luysaert, S., Subke, J.-A., Reichstein, M., Ceulemans, M., Ciais, P., Dolman, A.J., Grace, J., Matteucci, G., Papale, D., Piao, S.L., Schulze, E.-D., Tang, J., Law, B.E., 2010. Reduction of forest soil respiration in response to nitrogen deposition. *Nature Geoscience* 3, 315 - 322.

Laganiere, J., Angers, D.A., Pare, D., 2010. Carbon accumulation in agricultural soils after afforestation: a meta-analysis. *Global Change Biology* 16, 439-453.

Mellor, N.J., Hellerich, J., Drijber, R., Morris, S.J., Stromberger, M.E., Paul, E.A., 2013. Changes in ecosystem carbon following afforestation of native sand prairie. *Soil Science Society of America Journal: Soil Biology & Biochemistry* 77, 1613-1624.

Mikkelsen, R., 2013. Årsmelding i skog 2013, Fylkesmannen i Hordaland, 14 s.

Nabuurs, G.-J., & Mohren, G. M. J., 1995. Modelling analysis of potential carbon sequestration in selected forest types. *Canadian Journal of Forest Research* 25, 1157-1172.

Nilsen, P. (1999). Skoggjødsling i Norge. Et litteraturstudium over forsøksresultater fra fastmarksgjødsling. Rapport fra skogforskningen. Supplement 13: 27 s.

Paul, K.I., Polglase, P.J., Nyakuengama, J.G., Khanna, P.K., 2002. Change in soil carbon following afforestation. *Forest Ecology and Management* 168, 241-257.

Paul, E.A., Morris, S.J., Six, J., Paustian, K., Gregorich, E.G., 2003. Interpretation of soil carbon and nitrogen dynamics in agricultural and afforested soils. *Soil Science Society of America Journal* 67, 1620-1628.

Petersson, H., Lundblad, M., Gudmundsson, J., Pingoud, K., Gyldenkaerne, S., Vesterdal, L., Slaney, M., Hysten, G., Tuomainen, T., 2009. Enhanced incentives for mitigation efforts in the land use. *TemaNord* 2009:553.

Øyen, B-H. & Nygaard, P.H., 2007. Afforestation in Norway - effects on wood resources, forest yield and local economy. *TemaNord* 508: 333-342.

Regionalt skog- og klimaprogram Hordaland 2013-2017. Fylkesmannen i Hordaland, 2013, 29 s.

Rypdal, K., Bloch, V.V.H., Flugsrud, K., Gobakken, T., Hoem, B., Tomter, S.M. & Aalde, H., 2005. Emissions and removals of greenhouse gases from land use, land-use change and forestry in Norway. Norsk institutt for jord- og skogkartlegging (NIJOS), Ås, Norge, 105 s.

Standard for et bærekraftig norsk skogbruk, 2006. *Levende Skog, the Programme for the Endorsement of Forest Certification (PEFC) Norway*, 40 s.

Sauer, H.I., 2014. Skogplanting som klimatiltak: litteraturstudie og drøfting med fokus på nordiske tilhøve. Rapport fra NLA Høgskolen Bergen, 52 s.

Vesterdal, L., Clarke, N., Sigurdsson, B.D., Gundersen, P., 2013. Do tree species influence soil carbon stocks in temperate and boreal forests? *Forest Ecology and Management* 309, 4-18.