

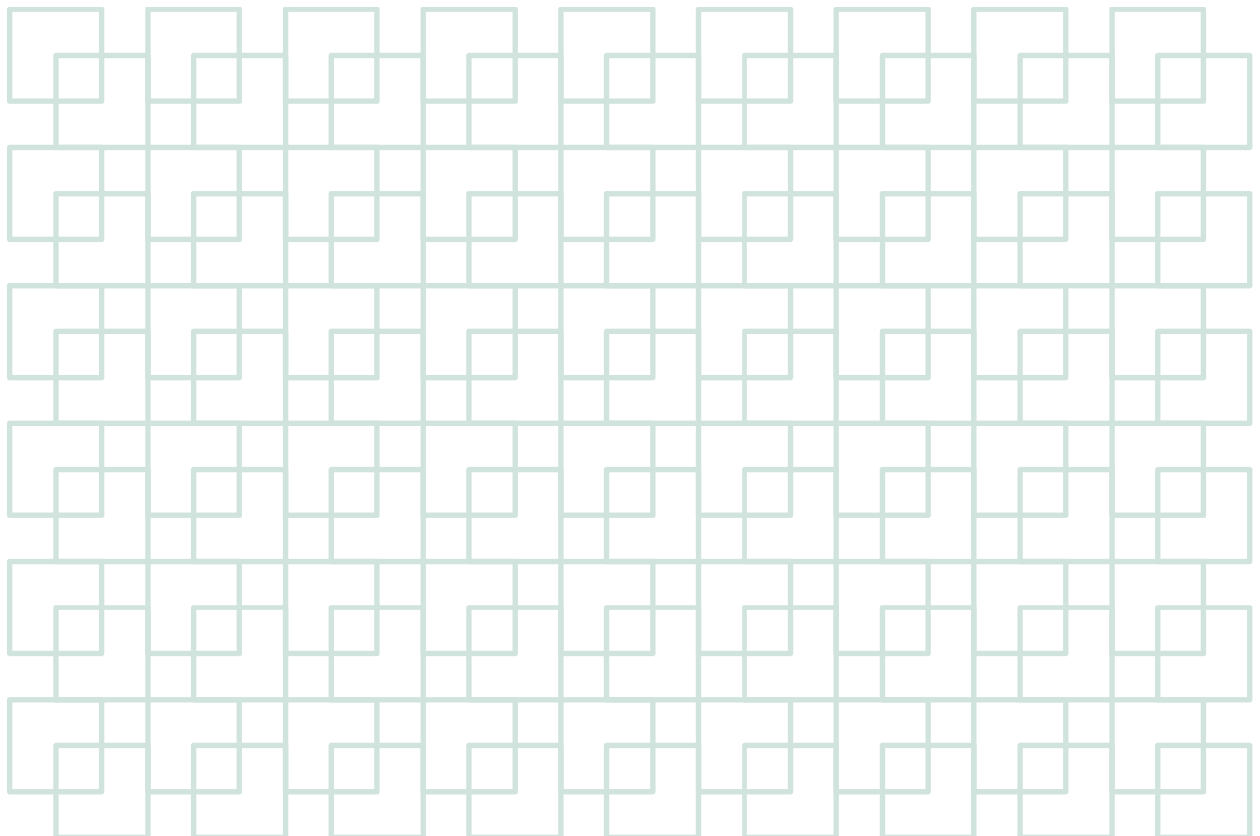
Norges miljø- og biovitenskapelige universitet
Fakultet for biovitenskap
Institutt for husdyr- og akvakulturvitenskap

2018

ISBN: 978-82-575-1574-4

Mulige tiltak for reduksjon av klimagassutslipp fra husdyrsektoren

Laila Aass
Bente Aspeholen Åby



FORORD

Denne rapporten er et kunnskapsgrunnlag som beskriver mulige tiltak for å oppnå reduksjon av klimagasser fra norsk husdyrproduksjon, med fokus på drøvtyggere, dvs. storfe. Årsaken til at sau (og geit) ikke er inkludert skyldes manglende forskning, og dermed kunnskap, om disse dyra og klimabelastning.

Rapporten fokuserer i hovedsak på tiltak knyttet til husdyra og det som skjer innenfor fjøset. Tiltak knyttet til gjødsel og agronomiske tiltak er ikke inkludert. Det vises til rapport fra NIBIO.

Rapporten består av forskningsresultater fra prosjekter utført ved IHA/NMBU 2014-2018, samt noen oppdaterte beregninger med utgangspunkt i de originale. Resultatene er for en stor del basert på beregninger utført i prosjektene «Framtidige strategier i mjølke- og storfekjøttproduksjonen» (prosjektleder Odd-Magne Harstad; finansiering Forskningsmidlene for jordbruk og matindustri (FFL/JA); samarbeidspartnere NFK, Tine, Nortura, Geno; 2014-2015), OPTIBEEF- «Økt storfekjøttproduksjon fra ammekubesetninger» (prosjektleder Laila Aass; finansiering FFL/JA, samarbeidspartnere Nortura, KLF, TYR, Animalia og GENO; 2014-2019) og GRASSFEDCATTLE- «Bærekraftig storfeproduksjon basert på grovfôr» (prosjektleder Laila Aass; finansiering FFL/JA; samarbeidspartnere NIBIO, Nortura, Animalia, TYR; 2016-2019). De fleste resultatene er foreløpig kun publisert populærvitenskapelig, bortsett fra betydningen av økt grovfôrkvalitet, som nå publiseres vitenskapelig.

Tiltakene omfatter i hovedsak beregninger knyttet til økt kjøttproduksjon pr. morder (effektivitetsmål), økt grovfôrkvalitet, produksjonsintensiteten i melkeproduksjonen, tilsetningsstoffer i fôr og effekter av avlsarbeid. Alle bygger på gitte forutsetninger for framtidig utvikling. Tiltakene er ikke prioritert. Dersom man ønsker å fokusere på et bestemt tiltak må det gjøre oppdaterte beregninger med realistiske forutsetninger, tilpasset klare målsettinger og bestemte virkemidler for å oppnå en konkret utslippsreduksjon. Det understrekes at de konkrete tallene for utslippsreduksjoner presentert i denne rapporten som følge av de mulige tiltakene, er avhengige av forutsetninger og prognoser, i likhet med andre forslag til tiltak innenfor denne og andre sektorer. Derfor må beregningene i denne rapporten brukes med forsiktighet og fornuft. Ta kontakt med forfatterne dersom det foreligger tvil knyttet til dette.

Som det framgår av «Manglende kunnskap og forskningsbehov» foreligger det svært lite kunnskap om nivåer og variasjon i utslipp fra norske husdyr. Heller ikke i den internasjonale vitenskapelige verden er det tilstrekkelig kunnskap om utslipp fra husdyrproduksjonene eller hvordan disse påvirker klimagassutslipp og global oppvarming. Vedtak som gjøres om utslippsreduksjoner av betydelig omfang uten tilstrekkelig faglig grunnlag kan derfor vise seg å være store feiltakelser, uten effekt på annet enn matvareberedskap og selvforsyningssevne. I løpet av en 5-års periode vil det trolig være atskillig mer kunnskap tilgjengelig for å ta gode avgjørelser innen klimaarbeidet i norsk jordbruk.

Innholdet i denne rapporten var i utgangspunktet ikke beregnet for publisering, og det har vært kort tid til rådighet for å ferdigstille dokumentet. Vi har derfor ikke hatt tid og mulighet til å involvere kolleger og fagpersoner i andre virksomheter i den grad vi skulle ønske. Vi beklager dette. Faglige mangler og trykkfeil kan derfor forekomme, og være grunnlag for at innholdet bør oppdateres på et senere tidspunkt. Det samme gjelder selvsagt når ny, forskningsbasert kunnskap foreligger innenfor klimaområdet.

NMBU, Ås, 01.12. 2018



Laila Aass
Forsker



Bente Aspehølen Åby
Forsker



Elise Norberg
Instituttleder

Tiltak husdyr -med hovedvekt på dyret selv	Beskrivelse av tiltak	Kilder/referanser	Reduksjon i utslipp CO ₂ – ekvivalenter (tonn) eller utslippsintensitet (kg CO ₂ /kg produkt)	Kommentarer Begrensninger, forutsetninger, forskningsbehov, usikkerheter
HUSDYRET				
Økt storfekjøttproduksjon pr. mordyr (1)	Melkeproduksjonen: Redusere kalvingsintervall (2 uker), kalvetap (2 %), optimalisere slaktevekter kvige og ung okse = + 10 % (25 kg) Ammekuproduksjonen: Redusert alder v/første kalving (1 mnd), kalvingsintervall (2 uker), kalvetap (1-2 %), optimalisere slaktevekt kvige og ung okse = + 15 % (35 kg)	Prosjekt «Framtidige strategier i mjølke- og kjøttproduksjonen» (Aass, 2013) Åby og Aass, 2017 Buskap Nr. 1	Utslippsintensitet i kg CO ₂ -ekv. pr. kg slakt reduseres med 6 % fra melkeku og 15 % fra ammeku. Eksempel: Marked kjøtt: 80 000 tonn 1.Kjøtt fra melk: 60 000 t Kjøtt fra ammeku: 20 000 t Etter effektivisering: 2.Kjøtt fra melk: 66 000 t Kjøtt fra ammeku: 14 000 t Differanse: ca. 175 000 CO ₂ -ekv.	Kvote- og marked begrenser volum melk og kjøtt. Begrensning for endringer for ammeku er lavt omfang av data registrering i Storfekjøttkontrollen, som er nødvendig for avlsarbeidet. All effektivisering reduserer behovet for mordyr. Melkekubehov avgjør behov for ammeku. Ikke forskningsbehov p.t.
Økt storfekjøttproduksjon pr. mordyr (2) – en ekstra kalv/ku	En ekstra kalv fra melkekyr i siste laktasjon gir ca. 8 % økning i kg slakt/melkeku pr. år. Redusert CO ₂ -ekv/kg slakt.	Prosjekt «Framtidige strategier i mjølke- og kjøttproduksjonen» (Aass, 2013)	Ikke beregnet. Kjøttproduksjon pr mordyr vil øke betydelig på gårder med et slikt tiltak og gi nedgang i kg CO ₂ - ekv./kg slakt fra gården.	Krever god tilgang grovfôr/beite i sinperiode fram til kalving. Krever utredning/nye analyser for beregning av utslippsreduksjon. Ikke forskningsbehov p.t.

Tiltak husdyr -med hovedvekt på dyret selv	Beskrivelse av tiltak	Kilder/referanser	Reduksjon i utslipp CO ₂ – ekvivalenter (tonn) eller utslippsintensitet (kg CO ₂ /kg produkt)	Kommentarer Begrensninger, forutsetninger, forskningsbehov, usikkerheter
Økt kjøttproduksjon pr. mordyr sau	Foreløpig ikke forslag til evt. tiltak. Stor kunnskapsmangel når det gjelder klimabelastning fra produksjonen. Vesentlige mangler på kunnskap om fôropptak og metanutslipp på utmarksbeiter samt betydningen av karbonbinding og albedoeffekter		Ikke beregnet, mangler beregningsmodell tilsvarende Holos modellene for storfe	God avlsframgang for mordyrproduktivitet fram til nå kan begrense handlingsrommet for avl som tiltak. Betydelig forskningsbehov på flere områder
FÔRING - GROVFÔR				
Økt grovfôr kvalitet melkeproduksjon (1)	Grovfôr kvalitet økes fra 0,82 til 0,88 FEm/kg TS innen to ytelsesnivåer (8449 og 7435 kg) Effekt: kun redusert metan fra vomma	Storlien og Harstad, 2015	47 000 – 66 000	Produksjonsvolum: 1525 mill. l. Beregnet med HolosNor Bør verifiseres i dyreforsøk
Økt grovfôr kvalitet Melkeproduksjon (2)	Grovfôr kvalitet økes fra 0,8 til 0,9 FEm/kg TS. Effekt: Effekt: økt melkeytelse (færre kyr) og redusert metan fra vom Kan også tas ut som konstant melkeytelse og redusert kraftfôr % - økt selvforsyning av fôr	Åby og Aass, 2017 Buskap Nr. 1	70 000 – 250 000	Produksjonsvolum: 1500 mill. l. Beregnet med HolosNor Bør verifiseres i dyreforsøk
Økt grovfôr kvalitet storfekjøttproduksjon	Grovfôr kvalitet økes fra 0,8 til 0,9 FEm/kg TS med «standard» tildeling av kraftfôr. Effekt: Økt tilvekst og redusert slaktealder Gjelder kun kategori «Ung okse» fra både melk- og ammekyr	Åby og Aass, 2017 Buskap Nr. 1	200 000	Produksjonsvolum: 50 000 tonn (2015-nivå) (70% melk : 30% ammeku) Beregnet med HolosNor Bør verifiseres i dyreforsøk

Tiltak husdyr -med hovedvekt på dyret selv	Beskrivelse av tiltak	Kilder/referanser	Reduksjon i utslipp CO ₂ – ekvivalenter (tonn) eller utslippsintensitet (kg CO ₂ /kg produkt)	Kommentarer Begrensninger, forutsetninger, forskningsbehov, usikkerheter
Melkeproduksjonen: Redusere eller fryse produksjonsintensitet i melkeproduksjonen	Det vises eksempler på effekter av å endre relativ sammensetning av storfekjøtt fra melkekyr og ammekyr ved ulike melkeytelse/ku når hhv. melkevoter/markedsdekning for melk og storfekjøtt er rammer for produsert volum. Behov for melkekyr avgjør behov for ammekyr. Eksempel 2 alternativer: Kvote melk: 1500 mill. liter Marked kjøtt: 80 000 tonn 1. Melkeytelse: 7300 kg/ku 2. « : 10700 kg/ku 1. Kjøtt fra melk: 60 000 t Kjøtt fra ammeku: 20 000 t Melk: 0,97 kg CO₂-ekv./kg Kjøtt: 17,9 kg CO₂-ekv./kg 2. Kjøtt fra melk: 41 000 t Kjøtt fra ammeku: 39 000 t Melk: 0,88 kg CO₂-ekv./kg Kjøtt: 20,3 kg CO₂-ekv./kg	Aass og Åby, 2016. Buskap nr. 8 Resultater fra ulike scenarier i forsknings-prosjekt. Beregnet med gårdsmodeller (HolosNor og en modell for ammeku) NB: Gårdsmodellene inkluderer også utslipp fra andre kilder på gården (metan og lystgass fra husdyr- og mineralgjødsel), samt kilder som <u>ikke</u> er tillagt jordbruket i nasjonalt utslippsregnskap. Dette tilsvarer ca. 20 % av utslippene med nåværende versjoner av modeller.	<u>Utslipp melk:</u> 1. 1 455 mill.tonn CO₂-ekv. 2. 1 320 « <u>Utslipp kjøtt:</u> 1. 1 432 mill.tonn CO₂-ekv. 2. 1 624 « <u>Utslipp totalt:</u> 1. 2 887 mill.tonn CO₂-ekv. 2. 2 944 « Økning utslipp: + 57 000	Reduksjon av utslipp i absolutte tall vil påvirkes av: -Variasjon i produksjonsvolum av melk og slakt -melkeytelse/ku -Øvrige forutsetninger og prognoser lagt til grunn Flere valgmuligheter i valg av tiltak. Konkrete valg krever utredning og oppdaterte analyser som må baseres på mer kunnskap om variasjon ute i praktisk produksjon både i melke- og ammekuproduksjonen. Klimakalkulatoren blir viktige redskap for innhenting av data fra praktisk produksjon.

Tiltak husdyr -med hovedvekt på dyret selv	Beskrivelse av tiltak	Kilder/referanser	Reduksjon i utslipp CO ₂ – ekvivalenter (tonn) eller utslippsintensitet (kg CO ₂ /kg produkt)	Kommentarer Begrensninger, forutsetninger, forskningsbehov, usikkerheter
TILSETNINGSSTOFFER I FÔR				
Potensiale	10-30% reduksjon i metanproduksjon for voksne melke- og ammekyr og sau. Dyretall og utslippsfaktorer fra 2016	Denne rapport	10 %: 128 000 20 %: 257 000 30 %: 385 000	Teoretisk høyt potensiale Effekt må dokumenteres under norske forhold Forskningsbehov
Fett	1-2% ekstra tilsetning av fett i rasjonen innen to ytelsesnivåer (8449 og 7435 kg)	Storlien og Harstad, 2015	35 000 - 70 000	Produksjonsvolum: 1525 mill. l. For høyt fettnivå reduserer grovfôr- fordøyelighet, økte utslipp fra gjødsellager, redusert melkeytelse
Essensielle oljer	Flere kommersielle produkter tilgjengelig			Usikkert, særlig langtidseffekter Forskningsbehov
NYE TILSETNINGSSTOFFER				
3-NOP	Effekt avhengig av dose (20-80% reduksjon i metan i forsøk)	Oppsummering av forskning gitt i denne rapport (Vedlegg 3A-C)	Se vedlegg 3A-C	Mest lovende potensiale for konstant effekt over tid for metanreduksjon. Forutsetter godkjenning i EU Forskningsbehov
Nitrat	Ikke godkjent som tilsetningsstoff i Norge/EU https://lovdata.no/dokument/SF/forskrift/2005-04-12-319			Forgiftningsfare Forskningsbehov Må godkjennes som tilsetningsstoff

Tiltak husdyr -med hovedvekt på dyret selv	Beskrivelse av tiltak	Kilder/referanser	Reduksjon i utslipp CO ₂ – ekvivalenter (tonn) eller utslippsintensitet (kg CO ₂ /kg produkt)	Kommentarer Begrensninger, forutsetninger, forskningsbehov, usikkerheter
Andre tilsetningsstoffer				Prioritert i internasjonal forskning, flere kommer Forskningsbehov
HUSDYRAVL	Norsk avlsarbeid gjennom mange tiår for økt produksjons-effektivitet (melk, svin, sau) har allerede bidratt til stor reduksjon i utslipp av klimagasser fra jordbruket. Dette kan begrense handlingsrommet for avl som tiltak. Norsk fjørfeavl ble avviklet i 1995, dvs. ingen el. sterkt begrenset innflytelse på importert genetisk dyremateriale. Tiltak 1: Direkte avl for redusert metanutslipp Tiltak 2: Videreføring av dagens avlsarbeid med stor vektlegging på funksjonelle egenskaper (helse/fruktbarhet/dødelighet)		Delvis overlappende med økt kjøttproduksjon pr. mordyr (1) ved avl for «tradisjonelle» avlsegenskaper. Effekter av ulike enkeltegenskaper, avlsmål og ulike vektlegging av egenskaper i avlsmålene må beregnes i flere alternativer. Generelt vil effekter avhenge av arvelig variasjon, vektlegging i avlsmål og arvelige sammenhenger mellom egenskaper.	Tiltak 1: Arvelige sammenhenger med andre viktige egenskaper i avlsmålet. Risiko for uønsket sammenheng med viktige produksjonsegenskaper. Forskningsbehov. Tiltak 2: God avlsframgang fram til nå kan begrense handlingsrommet for avl som tiltak. Størst potensiale i kjøttfeavlen. Bedret produksjonsstyring kan bidra i samme retning for noen egenskaper (f.eks. kalvetap, kalvingsintervall). Forskningsbehov. Flere prosjektsøknader foreligger p.t.

Tiltak husdyr -med hovedvekt på dyret selv	Beskrivelse av tiltak	Kilder/referanser	Reduksjon i utslipp CO ₂ – ekvivalenter (tonn) eller utslippsintensitet (kg CO ₂ /kg produkt)	Kommentarer Begrensninger, forutsetninger, forskningsbehov, usikkerheter
BEREGNINGSMETODIKK				
Utvikling av gårdsmodeller for klimagassutslipp	Sau, geit og oppdatering av modell for gris. Avgjørende redskaper for gjennomføring av tiltak ute på gårdsbruk			Forskningsbehov. Prosjektsøknad fra IHA for modell sau er søkt Forskningsmidlene for jordbruk/matindustri 2018.
Forbedring av modeller	Modellene baserer seg i høy grad på IPCC- metodikk. Utvikling av faktorer bedre tilpasset nasjonale forhold vil føre til mer nøyaktige modeller og korrekte nivåer på klimagassutslippene			Forskningsbehov. Prosjekter søkt og planlegges søkt.

Tiltak i husdyrproduksjonen med hovedvekt på dyret selv	Hvor raskt kan tiltak gjennomføres (2021- 2030)	Hva må til for økt gjennomføring: hindringer/virkemidler/kunnskap/kartlegging
HUSDYRET		
Redusere/fryse produksjonsintensitet (melkeytelse per ku) i melkeproduksjonen		«Klimasmart landbruk» og klimakalkulatorer er viktige for kartlegging og innhenting av data om reelle utslipp. Tiltaket vil ha stor påvirkning på flere forhold knyttet til jordbrukets struktur, produksjon og politiske målsettinger. Har også store konsekvenser for arealbruk og importbehov av kraftfôrråvarer.
Økt storfekjøttproduksjon pr. morder (1)	Langsiktig >10 år	Kan begrenses av lav oppslutning om avlsarbeidet (gjelder spesielt ammeku). Stimuli for å øke registreringsmengde i Storfekjøttkontrollen. Økt verdi av avvent kalv. Rådgivning for bedre produksjonsstyring. Målrettede virkemidler.
Økt storfekjøttproduksjon pr. morder – en ekstra kalv/ku (2)	Kortsiktig	Tiltak på enkeltbruk. Begrensninger på tilgang på beite/fôr i sinperiode. Økt verdi av avvent kalv. Effekt på klimagassutslipp må dokumenteres.
Økt kjøttproduksjon pr. morder sau	Langsiktig >10 år	Mulig begrenset potensiale i avlsarbeid pga. god avlsframgang til nå. Redusert lammedødelighet viktig. Utvikling av gårdsmodell for å beregne effekt på klimagassutslipp. Lite kunnskap-forskningsbehov
FÔRING - GROVFÔR		
Økt grovfôr kvalitet melkeproduksjon (1)	Langsiktig>10 år	Variasjon mellom år, klimaendringer. Prisforhold mellom grovfôr og kraftfôr. Rådgivning. Presisjonslandbruk. Tilskudd til agronomiske tiltak som for eksempel grøfting. Potensialet i ulike deler av landet må kartlegges. Planteavl. Alternative grovfôrkilder. Forskningsbehov.
Økt grovfôr kvalitet Melkeproduksjon (2)	Som over	Som over

Tiltak i husdyrproduksjonen med hovedvekt på dyret selv	Hvor raskt kan tiltak gjennomføres (2021- 2030)	Hva må til for økt gjennomføring: hindringer/virkemidler/kunnskap/kartlegging
Økt grovfôr kvalitet storfekjøttproduksjon	Som over	Som over
Metanhemmere, potensial	Langsiktig >10 år	
Fett	Kortsiktig <5 år	Utredning av fett kilde/mengde i sam.arb. m/meieri- og fôrindustri
Essensielle oljer	Enkelte allerede tatt i bruk	Kan begrenses av at vomma tilpasser seg tilsetningsstoff ved langtidsbruk.
NYE TILSETNINGSSTOFFER		
3-NOP	Langsiktig 5-10 år	Må godkjennes EU/Norge, kartlegging av optimalt tilsetningsnivå og potensiale for utslippsreduksjon under norske forhold.
Nitrat	Moderat 5 år?	Godkjenning i EU/Norge, målemetodikk for å bestemme nitratinhold i grovfôr
Andre tilsetningsstoffer	Langsiktig > 10 år	
HUSDYRAVL	Langsiktig >10 år	Mulig begrenset potensiale i avlsarbeid pga. god avlsframgang til nå. Samvirkeavl, eiere bestemmer egenskaper i avlsmål og relativ vektlegging. Tidsperspektiv avhenger av valg av egenskaper, arvelighet av egenskaper, sammenheng med andre egenskaper og vektlegging i avlsmål. Konflikter mellom nasjonale avlsmål og internasjonale avlsmål når det gjelder prioritering av egenskaper og relativ vektlegging mellom disse. Effekter av klimaendringer kan dempe effekter av avlsarbeidet (avlingsskader etc).

Innholdsfortegnelse

Manglende kunnskap og forskningsbehov.....	15
1. Innledning.....	17
1.1. Manglende kunnskapsgrunnlag om husdyr og klima.....	17
1.2. Utslipp fra dyret selv	17
1.3. Driftsopplegg og agronomi forøvrig.....	18
1.4. Utslipp av klimagasser fra global og norsk storfekjøttproduksjon.....	18
2. Reduksjon i klimagassutslipp fra norske husdyr gjennom avl og endringer i management i et historisk perspektiv.....	19
2.1. Kombinert melk- og kjøttproduksjon	19
2.2. Ammekuproduksjonen	20
3. Potensiale for framtidige reduksjoner i klimagassutslipp fra norske drøvtyggere gjennom husdyravl	21
3.1 Direkte avl for reduserte metanutslipp.....	21
3.2. Indirekte seleksjon i kombinert melk- og kjøttproduksjon.....	21
3.2.1. Kjøttproduksjonen.....	21
3.2.2 Melkeproduksjonen.....	22
3.2.3. Helseegenskaper	24
3.3. Indirekte seleksjon i ammekuproduksjonen (kjøttfe)	24
4. Grunnlag for beregning av effekt av tiltak (forskning ved IHA 2014-2016)	25
4.1. Beregningsmetodikk for GHG utslipp.....	25
4.2. Intensiv kontra moderat intensitet i melkeproduksjonen.....	26
4.2.1. Klimagassutslipp fra melk og slakt per kg produkt.....	27
4.2.2. Klimagassutslipp totalt.....	28
4.2.3 Arealkrav knyttet til endringer i produksjonsintensitet	28
4.3. Økt mordyreffektivitet i storfekjøttproduksjonen	30
4.3.1. Reduksjon i klimagassutslipp pr. kg produkt som følge av økt kg slakt/mordyr	31
4.3.2. Totale klimagassutslipp fra norsk storfeproduksjon FØR og ETTER økt mordyreffektivitet.....	32
4.3.3. Intensitet i melkeproduksjonen – andre beregninger	32
4.4. Reduksjon i klimagassutslipp pr. kg EKM/slakt som følge av økt grovfôr kvalitet.....	34
4.4.1. Grunnlaget for beregningene.....	34
4.4.2. Reduksjon i klimagassutslipp pr kg EKM.....	34
4.4.3. Reduksjon i klimagassutslipp pr kg slakt.....	35
4.5. Tilsetningsstoffer i fôret	36
4.5.1. Essensielle oljer	36
4.5.2. Agolin Ruminant	36

4.5.3. 3-NOP	37
4.5.4 Potensialet for klimagassreduksjoner ved bruk av tilsetningsstoffer	37
4.5.5. Utfordringer med 3-NOP.....	37
4.5.6. Fett.....	38
4.5.7. Nitrat.....	38
4.5.8. Biokull	38
5. Kort oppsummering av norske forskningsresultater på klimagassutslipp fra storfeproduksjonen...	39
5.1. HolosNor	39
5.2. HolosNorBeef.....	40
5.2.1. Klimagassutslipp fra norske gjennomsnittsbesetninger med ammeku.....	40
5.3. Andre nordiske forskningsresultater.....	41
6. Highlights.....	42
7. Oppsummering tiltak	43
8. Referanser	47
VEDLEGG 1.....	51
VEDLEGG 2:	52
VEDLEGG 2B:	53
VEDLEGG 3A	54
VEDLEGG 3B:	55
VEDLEGG 3C	55

Manglende kunnskap og forskningsbehov

Under følger en liste over områder innen forskning på klima og husdyr der vi mener det er behov for mer kunnskap for å få mest mulig korrekte beregninger av utslipp og reduksjoner i utslipp fra norsk husdyrproduksjon. Dette gjelder både i nasjonal rapportering og i evt. skyggeregnskap for utslipp og effekt av tiltak på det enkelte gårdsbruk. Der det er mulig er det oppgitt anslag på tidsperspektiv før tilstrekkelig kunnskap foreligger, og mer konkret der det allerede er pågående forskning som kan bidra til mer kunnskap på området innen relativt kort tid. I forhold til tidsløpet det legges opp til i klimalovrapporteringen 2018, med gjennomføring av tiltak innen 2030, vil oversikten under vise at manglende kunnskap vil være til hinder for å sikre at foreslåtte tiltak kan oppnås, er berettigede og får tilsiktet effekt.

- ✓ Utslipp av metan fra fordøyelse fra melkekyr, ammekyr, sau (og geit) under «vanlige» produksjonsforhold i felt under ulike fôringsregimer (kraftfôr % og grovfôrkvaliteter)
Ulike prosjekter søkt som involverer melkeku. Dersom innvilget mer kunnskap om melkeku innen 2023-2025. Mangler fortsatt for ammekyr og småfe.
- ✓ Utvidet kunnskap om variasjon i utslipp mellom kombinert melk/kjøtt besetninger
Kunnskap fra prosjekt «Klimasmart Landbruk» når klimakalkulator for melk/kjøtt tas i bruk. Tidsperspektiv ukjent
- ✓ Variasjon i utslipp mellom ammekubesetninger
Prosjekt i gang med gårdsmodellen HolosNorBeef. Mer kunnskap fra ca. 30 gårdsbruk i løpet av 2019 om nivåer og variasjon i utslipp mellom besetninger. Må utvides med bredere kunnskapsbasis fra praktisk produksjon når HolosNorBeef er tatt i bruk som klimakalkulator i «Klimasmart Landbruk».
- ✓ Kunnskap om utslipp fra saueproduksjonen
-Det foreligger ikke kunnskap om utslipp fra norsk sau verken på individ- eller gårdsnivå. Mangler gårdsmodell for sau. Prosjekt søkt Forskningsmidlene for jordbruk og matindustri 2018 om gårdsmodell sau (NMBU/IHA; «HolosNorSheep»). Dersom innvilget mer kunnskap på gårdsnivå innen 2022. Norsk sau og geit (NSG) er involvert i EU-prosjekt (SMARTER) der måling av metan er inkludert. NSG ønsker større forskningsaktivitet på klimaspørsmål knyttet til sau. Prosjektsøknad til ERA-NET som inkluderer ytterligere forskningsaktivitet knyttet til metanmåling er under planlegging (NMBU som norsk forskningsinstitusjon).
- ✓ Utslipp fra drøvtyggere generelt på ulike beitetyper, både innmark og utmarksbeiter av ulik kvalitet
Kjenner ikke til prosjektsøknader. Uklart tidsperspektiv.
- ✓ Tallfeste effekter av albedo (varmeutstråling) fra åpne landbruksarealer og beitemark med og uten snødekke
Kjenner ikke til prosjektsøknader. Uklart tidsperspektiv. Kan ha stor betydning. Viktig.
- ✓ Utvidet kunnskap om karbonbinding i ulike jord- og arealtyper og under ulike meteorologiske forhold (temperatur, nedbør etc.) Kartlegging av karbonbinding i typiske utmarksbeiter er spesielt viktig.
Litteraturstudie utføres ved IHA/NMBU 2019. Mangler fortsatt mye kunnskap under varierende norske forhold. Kjenner ikke til prosjektsøknader. Uklart tidsperspektiv. Kan ha stor betydning. Viktig.

- ✓ Effekter på utslippsintensitet i kg CO₂-ekv. pr kg produkt (melk og kjøtt) som følge av energiltak på gårdsnivå (solcelleanlegg og biogass) ved å inkludere slike tiltak i gårdsmodellene HolosNor og HolosNorBeef
Prosjekt søkt av NMBU/IHA 2018 (Nullutslippsgården, Forskningsrådet). Dersom innvilget mer kunnskap om betydningen for utslippsreduksjon pr kg produkt innen 2023. I tillegg tilretteleggelse av klimakalkulatoren slik at disse teknologiene kan inkluderes i beregningene på gårdsbruk der slike tiltak blir etablert.
- ✓ Effekter av tilsetningsstoffer i fôret
Mangler kunnskap om bruk under norske fôringsforhold og fôringspraksis
Inkludert i flere prosjektsøknader fra IHA 2018. Dersom innvilget mer kunnskap innen 2023
- ✓ Oppdatert kunnskap om metanutslipp og GWP
Ny metode for å beregne klimaeffekten av metanutslipp som tar hensyn til at metan er en kortlivet gass i atmosfæren (10 år) i motsetning til CO₂. Utredningsprosjekt søkt, IHA deltaker. Et særdeles viktig punkt for husdyrproduksjonen. Dersom innvilget mer kunnskap innen 2020.

1. Innledning

1.1. Manglende kunnskapsgrunnlag om husdyr og klima

Forskningsbasert kunnskap om nivåer av og variasjon i klimagassutslipp fra norsk husdyrproduksjon, samt tiltak for å redusere disse er per i dag sterkt mangelfull både i næring, rådgivning og offentlig forvaltning. Kunnskapsbehovet er beskrevet både i Meld. St. 11 (2016-2017) og rapporten «Landbruk og klimaendringer» (2016). Rekken av årlige rapporter fra FNs klimapanel IPCC med oppdatert klimaforskning synliggjør at behovet for å oppdatere kunnskapsgrunnlaget er betydelig også internasjonalt. Rapportene viser at «oppleste og vedtatte sannheter» kan stå for fall ettersom nye og motstridende forskningsresultater blir lagt til det eksisterende kunnskapsgrunnlaget. Likevel lever utdatert kunnskap om klima og utslipp dessverre videre i vår digitale verden og bidrar til stor forvirring rundt klimaspørsmål. Vår erfaring er at dette i høyeste grad også gjelder kunnskap om klimagassutslipp fra landbruket i alle deler av vårt samfunn.

Man bør derfor innta en kritisk holdning til alle beregninger av GHG (**GreenHouseGas**) utslipp per enhet produkt som benyttes i debatter, vitenskapelige artikler og rapporter (også referanser her i notatet), ettersom det varierer sterkt hvilke forutsetninger (utslippsfaktorer og størrelsen på disse) som er lagt inn i de ulike beregningene. Et eksempel på dette er den norske utslippsfaktoren for enterisk metan for ammekyr (brukes i det offisielle utslippsregnskapet) som ble revidert i 2017. Dette medførte en reduksjon fra 110 til 86 kg metan per ku og år. Dette viser viktigheten av å ha oppdaterte og mest mulig korrekte utslippsfaktorer tilpasset norske forhold og dyremateriale. En kritisk holdning gjelder også alle forskningsresultater eller udokumenterte, "kvalifiserte" anslag av utslipp fra norsk husdyrproduksjon. Spør etter dokumentasjon for påstander/tall.

På mange områder er vi fortsatt på "steinaldernivå" på kunnskapsfronten i dette temaet. Det er mange uavklarte spørsmål angående globale GHG utslipp fra husdyr, og også angående utenforliggende faktorer som indirekte vil påvirke miljøbelastningen og som tillegges drøvtyggere. Dette gjelder f.eks. betydningen av C-binding i grasmark samt betydningen av metangasser fra husdyr i forhold til naturlige utslipp av metangasser fra klodens overflate (våtmarker, myr og innsjøer). I følge en nyere review (Knapp et al., 2014) utgjør utslipp fra våtmarker, innsjøer og vassdrag etc. hele 42 % av de globale metan utslippene, mens utslipp fra fordøyelse hos drøvtyggere utgjør 17 % (inkludert ville drøvtyggere). Det er også manglende kunnskap knyttet til å tallfeste hva albedo effekter i tilknytning til åpne arealer (beitemark) har å si som begrensende effekt på global oppvarming.

1.2. Utslipp fra dyret selv

Det grunnleggende prinsippet for å redusere klimagassutslipp fra husdyr gjennom avlsarbeid eller forbedringer i produksjonsstyring (management) er at dyret skal produsere optimalt på færrest mulig levedager. Jo flere uproduktive dager dyret har i sitt livsløp, og jo lavere produktivitet per levedag, desto høyere klimagassutslipp pr dag og pr kg produkt. Dette fordi andelen vedlikeholdsfôr øker tilsvarende.

Årsakene til lav produktivitet er sammensatte og omfatter en eller flere av faktorer som f.eks. lavt genetisk kvalitet på individ-, besetning- eller populasjonsnivå, eller suboptimal utnyttelse av dyrets produksjonsevne. Eksempler på det siste er dårlig produksjonsstyring (høy alder v/første kalving og lange kalvingsintervall hos storfe, feil fôring og/eller dårlig fôr kvalitet etc.) samt sykdoms- og helseproblemer, som i seg selv bidrar til å redusere dyrets daglige produksjon. Sagt på en annen måte; alle egenskaper som bidrar til å redusere antall uproduktive dager vil redusere klimagassutslipp per kg produkt.

Knapp et al. (2014) understreker at effektivitet på besetningsnivå er vel så viktig som dyrets egen produktivitet når det gjelder økt bærekraft i husdyrproduksjonene. Endringer i fôring og fôringsrutiner kan ifølge forfatterne redusere metan utslippene med 2.5 – 15 %, mens tilsetningsstoffer i vomma gir

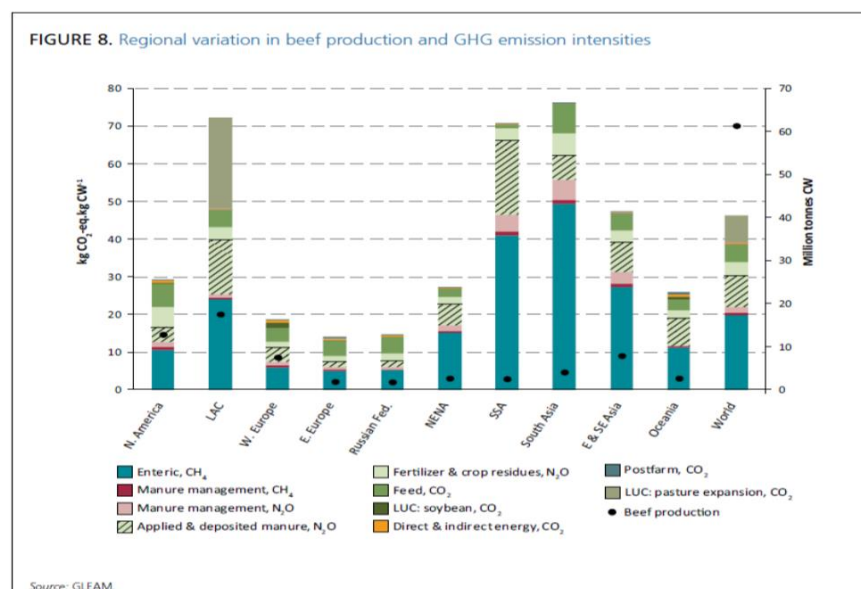
lite bidrag i den retningen pga. negativ effekt på mjølkeytelse (tilvekst/kjøttproduksjon ble ikke vurdert her). Artikkelen ble imidlertid publisert før utprøving av nye tilsetningsstoffer ble startet (se Kap. 4.5.3.). Knapp et al. (2014) viser videre til at mer betydelige reduksjoner i metanutslipp (15-30 %) kan oppnås gjennom en kombinasjon av avlsarbeid og endringer i management. Mange av tiltakene som påpekes her tas opp seinere i dette notatet, med resultater fra prosjektet «Framtidige strategier i mjølke- og kjøttproduksjonen».

1.3. Driftsopplegg og agronomi forøvrig

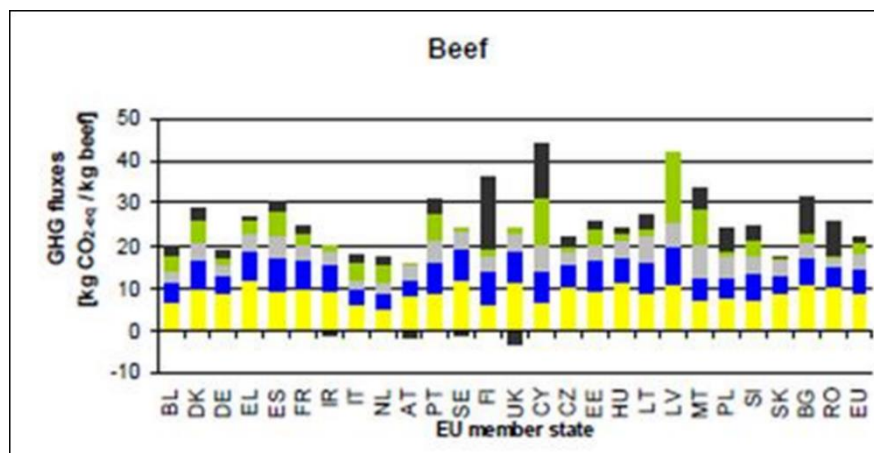
Andre viktige utslippsfaktorer i husdyrproduksjonen er forhold knyttet til drifta, slik som lagring og spredning av husdyrgjødsel, mengde og bruk av kunstgjødsel, og innkjøp og forbruk av driftsmidler som kraftfôr og ulike typer energi direkte (eks. drivstoff) og indirekte (eks. forbruksvarer og maskiner). Vi viser til kunnskapsgrunnlag fra NIBIO for denne delen.

1.4. Utslipp av klimagasser fra global og norsk storfekjøttproduksjon

FAO-rapporten «Tackling Climate Change Through Livestock» (2013) stadfestet at det er stor variasjon i utslipp av klimagasser fra global storfekjøttproduksjon (Figur 1). Forskjellene skyldes variabel produktivitet hos dyra, mangelfull føring, dårligere helsestatus og ulike driftsformer.



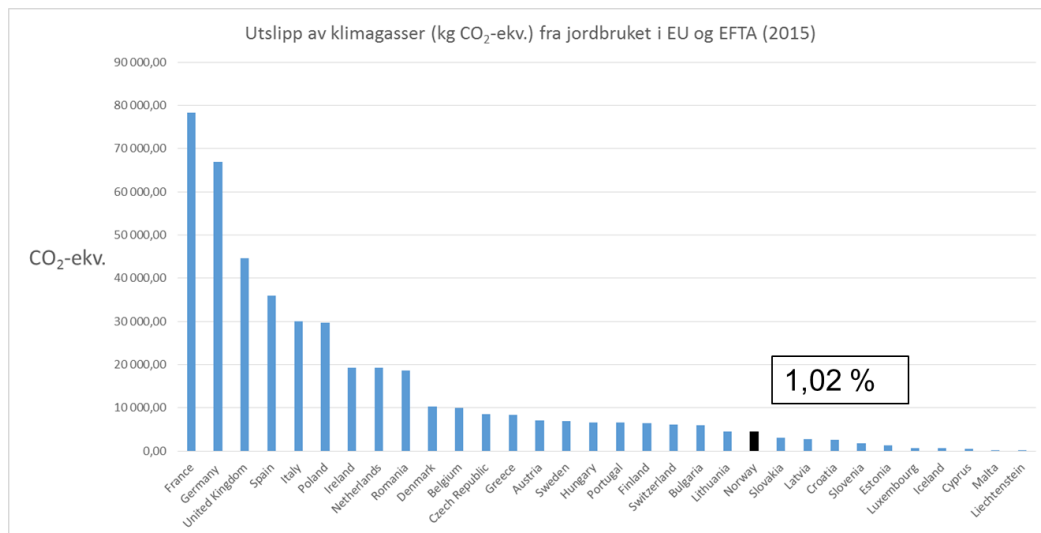
Figur 1. Regionale variasjoner i storfekjøttproduksjon og GHG-utslippsintensitet (kg CO₂-ekv./kg produkt) globalt (FAO, 2013 øverst) og i EU (2015, nederst).



Utslippene som er presentert i figurene er en oppsummering av beregninger fra ulike studier. Den øverste figuren viser at utslippene er lave i Øst- og Vest-Europa (15-20 kg CO₂-ekv./kg slakt), og høyest

i Sub-Sahara, Latin-Amerika og Sør-Asia (70-80 kg CO₂-ekv./kg slakt). Selv om den relative andelen av de globale utslippene er lav fra EU og EFTA landene (12 %, FAO, 2014), ser vi at det er stor variasjon mellom de ulike EU-landene (nederste figur).

Utslippene fra norsk jordbruk er lave også i europeisk sammenheng. Figur 2 illustrerer at utslippene på ca. 4.5 mill. tonn CO₂ -ekv. utgjør ca. 1 % av de samlede utslippene fra jordbruk i EU og EFTA landene.



Figur 2. Samlede utslipp fra jordbruket i EU og EFTA landene i 2015. http://appsso.eurostat.ec.europa.eu/nui/show.do?lang=en&dataset=env_air_gge

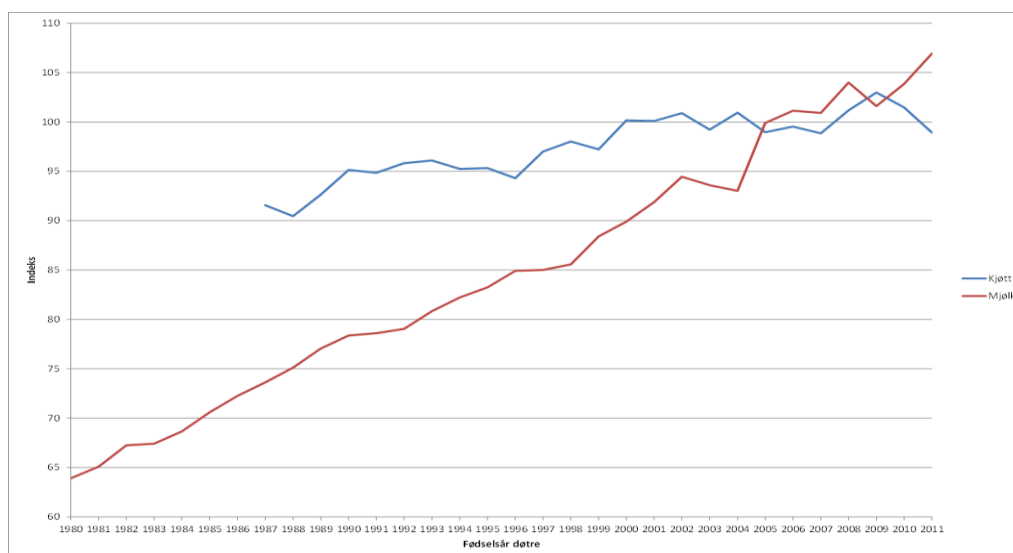
En oversikt over hva vi til nå har av kunnskap om utslippsintensitet fra norsk husdyrproduksjon er gitt i Kap. 6.

2. Reduksjon i klimagassutslipp fra norske husdyr gjennom avl og endringer i management i et historisk perspektiv

2.1. Kombinert melk- og kjøttproduksjon

Det norske avlsarbeidet med kombikua NRF har fra begynnelsen hatt fokus på økt produksjonseffektivitet, med stor suksess (Figur 3).

Norske melkebønder har dermed bidratt til betydelig reduserte klimagassutslipp i mange år før klimaendringene ble satt på den globale dagsorden. Det er viktig å få fram dette poenget, fordi det setter noen begrensninger på ytterligere effekter av tiltak knyttet til selve husdyra. I 1960 var det eksempelvis 603.000 melkekyr i Norge, med markedsleveranse på ca. 1268 mill. liter (Saue, 1980), i 2018 er det ca. 220 000 melkekyr (SSB) med markedsleveranse 1500 mill. liter. Dette betyr en enorm reduksjon i klimagassutslipp siden 1960, som langt overstiger den reduksjonen som kommer landbruket til del gjennom dagens offisielle «nullpunktår» for utslipp. Endringene skyldes både avlsmessig framgang, endret fôring o.a. produksjonsforhold. Beregninger fra melkeproduksjon i USA viser at utslippene per kg melk nesten var tredoblet i 1944 sammenliknet med 2007 (Capper et al., 2009). Dette viser den enorme effektivitetsutviklingen landbruket har hatt i vestlige land gjennom målrettet arbeid gjennom mange tiår.



Figur 3. Figuren viser avlsmessig framgang for melk og kjøtt i NRF i perioden 1980 til 2011 (Geno)

Kjøttproduksjon har inngått som en del av avlsmålet til NRF siden 70-tallet. Vektleggingen av kjøtt i avlsmålet for NRF var ca. 9-10 % helt fram til 2009. Avlstiltakene har omfattet bl.a. tilvekst, slaktetilvekst og grovforopptak/utnyttelse (indirekte). Avlsmessig framgang (Figur 3) har særlig bidratt til at NRF har styrket sine kjøttproduksjonsegenskaper i form av økt tilvekst. I praksis har dette betydd en innsparing på 30-35 dagers slaktealder for en NRF okse på 300 kg slaktevekt i 2010 i forhold til i 1986 (dvs. ca. minus 1 dag/år i framføring per okse til samme vekt, tilsv. ca. 0,6 kg slaktevekt/år).

Den økte tilvekstevnen hos NRF innebærer sparte fôrressurser og –kostnader pr. slaktedyr (ca. 200-250 FEm), og økt fôrutnyttelse. Dette har bidratt til en klar reduksjon i klimagassutslipp fra storfe kjøttproduksjonen i perioden. Dersom man tar utgangspunkt i en reduksjon i slaktealder fra 18 til 17 mnd. vil dette for et 300 kg slakt utgjøre en reduksjon på ca. 1 kg CO₂-ekv./kg slakt. Foreløpige beregninger viser at avlsarbeidets betydning har utgjort en reduksjon på ca. 60 000 tonn CO₂-ekv. per år (6 % reduksjon) for overnevnte tiltak fram til nå for NRF slakteokser.

2.2. Ammekuproduksjonen

Kjøttproduksjon på kjøttferaser (ammeku) er historisk sett en ung husdyrproduksjon i norsk sammenheng. I 1990 var det 8000 kyr av kjøttferase i Norge, i 2017 var dette økt til 82 000 kyr, fordelt ca. 50:50 på renraset kjøttfe og kryssninger (pr. 1. jan. 2018: 91 000 kyr).

Tabell 1. Økning i antall ammekyr av ulike raser fra 2001 til 2016

Ant. mordyr	2001	2009	2015	2016
A. Angus	1 500	3 100	4 800	6 000
Hereford	2 200	5 000	8 300	10 100
Charolais	1 150	4 400	11 500	15 400
Simmental	600	900	2 000	2 800
Limousin	450	2 000	7 000	9 600
Andre	1 250	3 700	2 700	3 500
Ca. sum	7 000	19 000	36 500	47 500

Et effektivt avlsarbeid forutsetter at man har en populasjon med dyr som er av en viss størrelse. Det krever også at en stor andel av dyra i populasjonen deltar i det aktive avlsarbeidet. Ettersom det fram til de ca. 10 siste årene har vært et relativt lite antall renraset kjøttfe fordelt på flere raser (Tabell 1), har det ikke skjedd avlsmessig framgang av stor betydning som følge av nasjonalt avlsarbeid før dette.

3. Potensiale for framtidige reduksjoner i klimagassutslipp fra norske drøvtyggere gjennom husdyravl

Avlsarbeid kan brukes for å redusere klimagassutslipp via to innfallsvinkler; 1) direkte seleksjon for redusert metanproduksjon fra vom og 2) indirekte seleksjon via egenskaper som har sammenheng med klimagassutslipp (f.eks. fôrutnyttelse). Indirekte seleksjon for reduserte klimagassutslipp er med andre ord en videreføring av det tradisjonelle avlsarbeidet med breie avlsmål, som har blitt drevet i mange tiår allerede.

3.1 Direkte avl for reduserte metanutslipp

Forskning viser at det er stor individuell variasjon i metanutslipp mellom mjølkekyr. Det er rapportert arvegrad i størrelsesorden 0,35 (de Haas et al., 2011). Forsøkene har vist at det er potensiale for å gjøre individuelle målinger av metanutslipp i mjølkeroboter (AMS-systemer). Dette kan åpne for framtidige muligheter for avlsarbeidet. Imidlertid må mer kunnskap på plass om hvor gode disse målingene er (metanmålingene i melkerobot er bla. påvirket av hvor rolige dyrene står i melkeroboten). Avlsarbeid for reduserte metanutslipp forutsetter også tilgang på måleutstyr som kan utføres på et stort antall dyr, med lave kostnader. Flere typer målemetodikk er under utvikling også for andre arter (for eksempel PAC-kammer for sau). GENO har fått midler til et prosjekt («Hightechfjøs») der de undersøker muligheten for å selektene kyr for reduserte metanutslipp (med lik melkeytelse og øvrige produksjonsresultater) ved å gjøre målinger av metanutslipp i fjøset. Arvelig variasjon for metanproduksjon er også funnet for kjøttfe (foreløpig få studier) og sau. Frem til mer kunnskap er på plass er indirekte seleksjon per nå den eneste mulighet man har for å redusere klimagassutslipp via husdyravl.

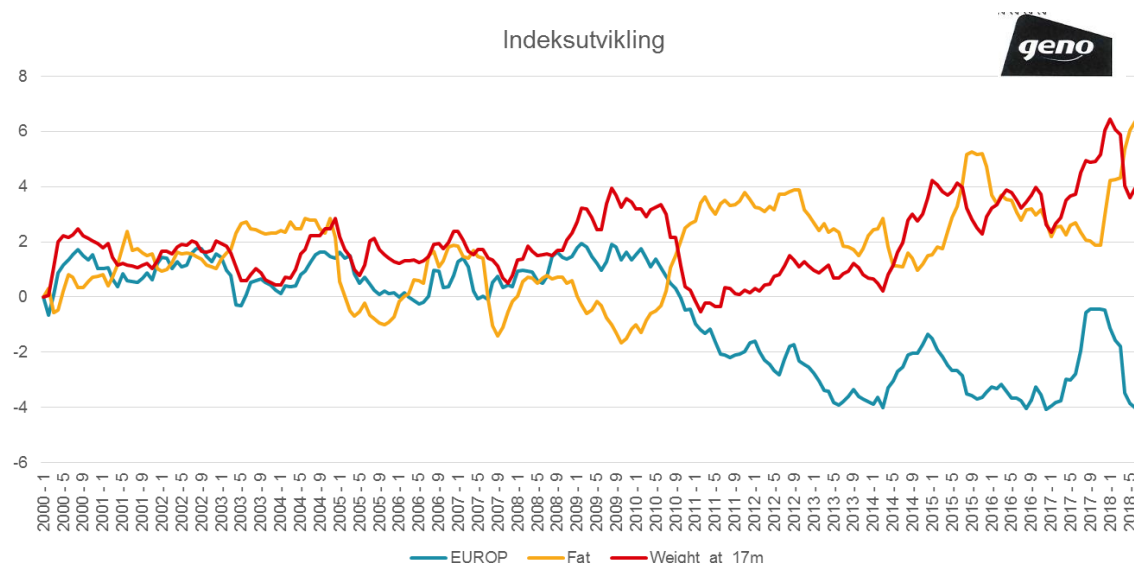
3.2. Indirekte seleksjon i kombinert melk- og kjøttproduksjon

3.2.1. Kjøttproduksjonen

I 2009 ble vektleggingen av kjøtt i avlsmålet redusert til 6 % etter ønske fra medlemmene om økt fokus på mjølkeproduksjonen. Dette resulterte i tendenser til nedgang i den avlsmessige framgangen for kjøtt i årene etter (genetisk trend, Geno, 2013). Dette en uønsket utvikling i et bærekraftsperspektiv for norsk landbruk, i klimasammenheng spesielt uønsket for egenskapen tilvekst (se Kap.2.1.). Avlsopplegget for kjøtt i NRF ble endret for få år siden som følge av avvikling av fenotypetest for tilvekst av ungokser, tradisjonell avkomsgransking og omlegging til genomisk seleksjon i NRF populasjonen. Dette medførte at vektleggingen på tilvekst ble redusert, samt at den indirekte seleksjonen for grovfôropptak ble avsluttet. De genetiske trendene for utviklingen i de tre egenskapene som inngår i avlsarbeidet for kjøtt; slaktevekt v/17 mnd. (som er avl for tilvekst), EUROP klasse og EUROP fettgruppe (Figur 4) viser at de to førstnevnte har en negativ utvikling etter 2009 og fram til 2014. Etter dette ser trenden for tilvekst ut til å endre seg i positiv retning, mens utviklingen for EUROP klasse fortsatt ser uønsket ut. Dette skyldes i hovedsak dårlige kjøttegenskaper på nordiske røde raser som krysses inn i NRF populasjonen (pers. med. Tajet, Geno). Avlen for tilvekst er desidert viktigst av kjøttegenskapene i klimasammenheng, så lenge man avler mot et optimum og hindrer uønsket effekt på andre egenskaper. EUROP-klasse samt spisekvalitetsegenskaper (mørhet, marmorering m.fl.) påvirkes negativt av ensidig vektlegging på tilvekst.

I juni 2017 ble avlsmålet for NRF endret. Vektleggingen på kjøttproduksjon ble da økt til ca. 7 % som følge av innføring av kvalitetstilskuddet for storfeslakt. Vektleggingen av de tre egenskapene som inngår i «kjøttindeksen» er hhv. 45, 45 og 10 % for tilvekst, EUROP-klasse og EUROP-fett. Ut fra de genetiske trendene (Figur 4) og den relativt lave vektleggingen av kjøttproduksjon i avlsmålet,

importen av andre raser med dårligere egenskaper for kjøttproduksjon, samt utfasingen av fenotypetesten for tilvekst, er det trolig for tidlig å si noe sikkert om effekter av Genos avlsarbeid for kjøtt i klimasammenheng fram mot 2030. Det er imidlertid viktig at man ikke taper de viktige endringene i kjøttproduksjons-egenskapene i NRF som følge av avlsarbeidet i perioden ca. 1980-2010.



Figur 4. Utvikling (genetisk trend) av kjøttegenskapene som inngår i «Kjøttindeksen» i avlsarbeidet med NRF (Geno, 2018)

3.2.2 Melkeproduksjonen

Figur 5 understreker hvilken betydning effektiviteten i ytelse/ku har å si for reduksjonen i klimagassutslipp, opp til et nivå rundt ca. 7000 kg EKM. Avl for økt melkeytelse vil ha avtakende effekt i reduserte utslipp pr. kg melk jo høyere ytelsesnivået blir. Etter dette slår andre faktorer inn (f.eks. økt fôrbehov med høyere energiinnhold) som gjør at reduksjonen i utslipp til slutt flater helt ut.

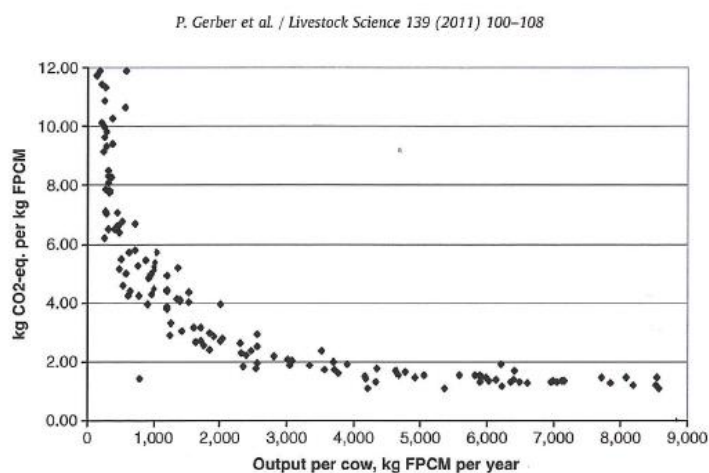


Fig. 5. Relationship between total greenhouse gas emissions and output per cow. Each dot represents a country in the database.

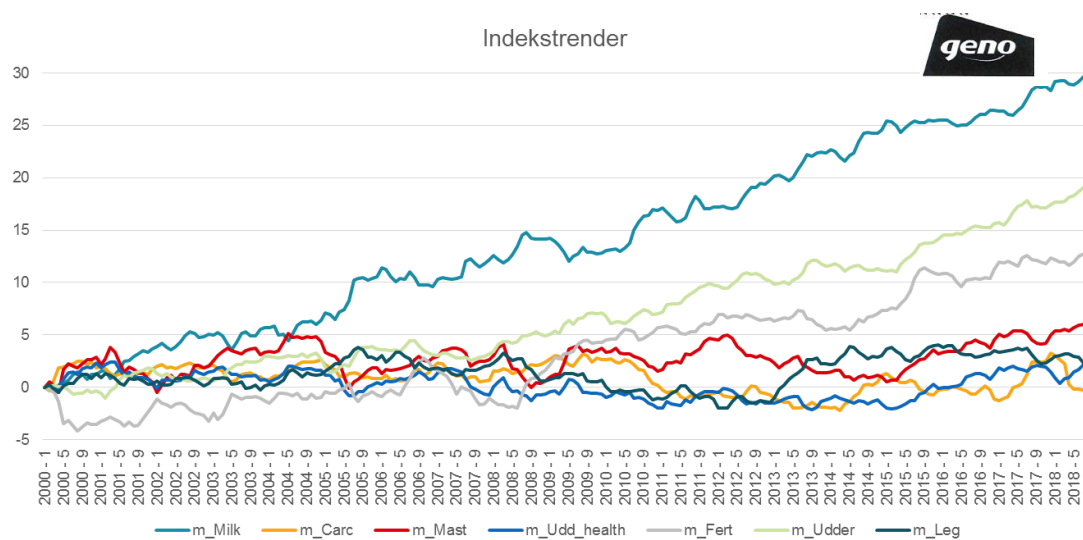
Figur 5. Sammenheng mellom melkeytelse (kg FPCM/år) og klimagassutslipp (kg CO₂-ekv./kg FPCM; Gerber et al, 2011)

Vi har utført flere analyser for å vurdere klimaeffekten av å fortsette avlsarbeidet for økt melkeytelse i NRF populasjonen. Dette er grundig behandlet i Kap. 4.2. Isolert sett vil en økning i melkeytelse føre til reduserte klimagassutslipp pr. kg melk, ettersom det blir flere kg melk å fordele kuas metanutslipp

på. Resultatene i Kap. 4.2. viser imidlertid at i et marked med kvoteordning for melk og der produksjonsmålet for storfekjøtt er markedsdekning (altså som i Norge), vil det man sparer inn i utslipp fra melk bidra til å øke utslippene fra storfekjøttproduksjon. Dette fordi økt melkeytelse fører til færre kyr innenfor kvoteordningen, og dermed redusert produksjon av slakt fra melk. Dersom målet er markedsdekning for storfekjøtt må den reduserte produksjonen erstattes med slakt fra ammekyr som har høyere klimagassutslipp pr. kg slakt.

Med gitte markedsmessige og politiske rammebetingelser for produksjon av melk og storfekjøtt kan det konkluderes med at avl for økt melkeytelse, utover det nivået NRF kyr har pr. i dag, ikke vil bidra til reduserte klimagassutslipp fra en samlet storfenæring. Se også Figur 5 som viser at avl for økt melkeytelse vil ha avtakende gunstig effekt i reduserte utslipp pr. kg melk jo høyere ytelsesnivået blir.

Figur 6 illustrerer at den avlsmessige framgangen for melkeytelse fortsatt er høy i NRF populasjonen. Imidlertid er NRF kuas genetiske kapasitet for melkeproduksjon neppe utnyttet under norske produksjonsforhold de siste årene. Ytelsen har i praksis vært stabil rundt 8000 kg EKM pr. ku. Grovfôr situasjonen har vært vanskelig på grunn av værforholdene både i 2017 og 2018. Det er grunn til å anta at klimaendringenes effekter på fôrproduksjonen vil bidra til at dette forsterker seg framover. Ytterligere økning i melkeytelse vil også kreve større kraftfôrandel i produksjonen, og redusere utnyttelsen av grovfôrarealene (se Kap. 4.2.3). Samtidig kan tilgangen på kraftfôrråvarer globalt bli svekket som følge av klimaendringer og befolkningsvekst. For Geno og NRF rasen som aktører i et internasjonalt marked kan det derfor oppstå konflikter framover mellom avlsmål for nasjonale behov (f.eks. redusert vektlegging på ytelse) og internasjonale krav, der høy melkeytelse har sterkt fokus. På litt lengere sikt vil trolig et avlsmål som fører til klimatilpasning av melkeproduksjonen (moderat ytelsesnivå, høy evne til utnyttelse av grovfôr og moderat kraftfôrbehov) være en vinner også i internasjonal sammenheng.



Figur 6. Utvikling av hovedegenskapene i avlsmålet til NRF (Geno, 2018)

3.2.3. Helseegenskaper

a) Kalvingsvansker og kalvedødelighet

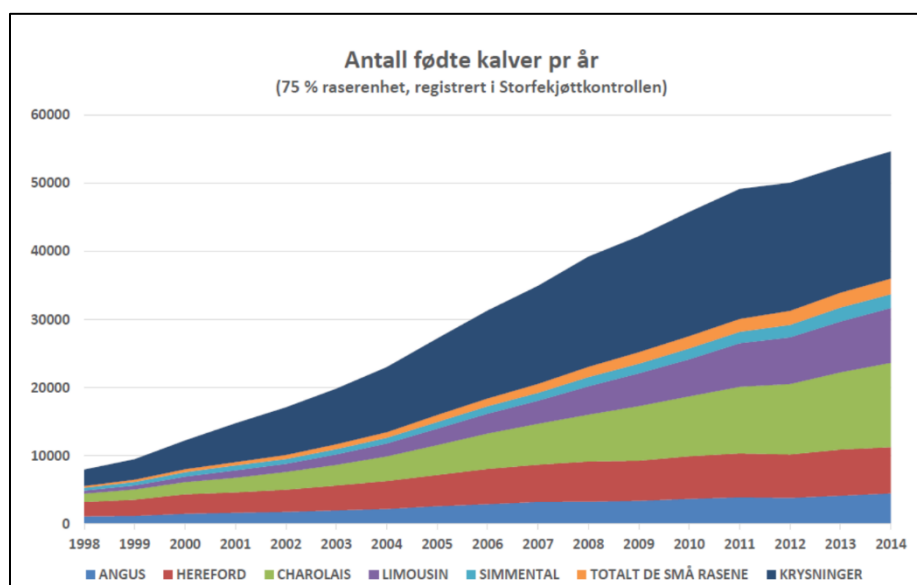
Overlevelse av kalv er avgjørende for å redusere utslipp fra kjøttproduksjonen både hos melke- og ammekyr. I avlsmålet til NRF inngår nå kalvingsvansker og dødfødsler med en samlet vektlegging på ca. 2 %. Man mener at dette er tilstrekkelig for å holde frekvensene på et lavt nivå. Kalvetap er generelt lavere i NRF populasjonen enn i kjøttferasene (se Kap. 3.3), men har imidlertid økt fra 4 til 4,5 % i perioden 2012-2017. Det bør settes inn tiltak for å reversere dette. Avl for helseegenskaper og dødelighet tar lang tid pga. lav arvelighet, det vil si at miljøfaktorer betyr mest. Derfor er det mye å hente klimamessig på tiltak for å bedre kalvestellet, dvs. at verdien av en levende kalv ved 180 dg. må økes. Både fjøsinnredning for kalv og tidsbruk til kalvestell er avgjørende faktorer. I melkebesetningene ser kalvesykdommer og -dødelighet generelt ut til å øke med økende besetningsstørrelse og buskapsmiddel i melkeytelse (TINE, Kukontrollen, 2017).

b) Fruktbarhet, jurhelse, eksteriør og andre helseegenskaper

Avlsmålet i NRF har høy samlet vektlegging på disse egenskapene (67 %), der generelle helseegenskaper utgjør ca. 34 %, helse (mastitt) og eksteriør knyttet til juret ca. 27 % og andre eksteriøregenskaper ca. 6 %. Figur 6 med genetiske trender for hovedegenskapene i avlsmålet viser at det er en klar framgang for egenskaper knyttet til god helse (fruktbarhet, jureksteriør/helse og mastitt). Alle disse egenskapene er viktige i klimasammenheng fordi alle typer helse- og eksteriøre problemer vil virke mer eller mindre reduserende på dyrets produksjon, og dermed ha direkte effekt på økte utslipp pr.kg produkt (melk eller kjøtt).

3.3. Indirekte seleksjon i ammekuproduksjonen (kjøttfe)

Gjennom de siste 10-15 årene er det utført et systematisk FoU arbeid i flere påfølgende prosjekter som har gitt store muligheter for å effektivisere avlsarbeidet med kjøttfe. Den realiserte avlsframgangen for de 5 kjøttferasene med nasjonalt avlsarbeid er imidlertid begrenset av lav andel aktive avlsdyr i de ulike rasene og lav registrering % av viktige egenskaper på dyra i Storfekjøttkontrollen. I 2017 var det 88 aktive avlsbesetninger i landet etter gjeldende krav (TYR, 2017).



Figur 7. Fordeling av andel kjøttfe på ulike raser samt kryssninger av disse målt i ant. fødte kalver (1998-2014).

For kjøttfe blir vurdering av avlsmessig framgang derfor atskillig mer usikker enn for NRF, der nesten hele populasjonen deltar i avlsarbeidet. Avlsmessig framgang for slaktetilvekst ble i 2012 beregnet til ca. 0,4 kg slaktevekt pr. år for den andelen av dyra som deltar i aktivt avlsarbeid. For rasene i sin helhet må framgangen nødvendigvis være lavere. Sammenliknet med hva som er oppnådd i NRF må reduksjonen i klimagassutslipp direkte fra slaktedyret dermed også ha vært lavere for kjøttfe som følge av nasjonalt avlsarbeid. Dette har også sammenheng med at en stor del av kjøttproduksjonen foregår på krysninger (Figur 7). Disse deltar ikke i avlsarbeidet. Effekten av avlsmessig framgang i disse besetningene er avhengig av avlsmessige endringer i de renrasede populasjonene. Dette medfører at det også tar lengere tid før effektene av avlsarbeidet gjør seg gjeldende i denne produksjonen.

Det er all grunn til å sette forventninger og krav til at avlsarbeidet med kjøttfe i økende grad skal bidra til reduserte klimagassutslipp. Det fordrer at man får økt oppslutning om avlsarbeidet, inkludert en betydelig økning i registrering av data i besetningene/innrapportering til Storfekjøttkontrollen (SFK). Dette gjelder generelt, men særlig for funksjonelle moregenskaper, som f.eks. lavest mulig kalvetap, avvenningsvekt samt slaktetilvekst. Kalvetapet er betydelig høyere i kjøttferasene enn i NRF, både i de lette rasene Aberdeen Angus (8,3 %) og Hereford (6,9 %), og i de tunge rasene Charolais (8,3 %), Simmental (7,7 %) og Limousin (7,8 %). Ettersom kalv er det eneste produktet fra ei ammeku, er det av særdeles stor betydning for utslippsintensitet i kg CO₂/kg slakt, at det rettes stort fokus mot redusert kalvetap i denne produksjonen. Med andre ord, verdien av en levende kalv v/180 dager bør økes. Dette vil bidra til økt effektivitet på mordyret (ammekua), som nettopp er den mest betydningsfulle faktoren for å oppnå reduserte klimagassutslipp fra ammekuproduksjonen. Samtidig vil produsentøkonomien bedres. Se Kap. 4.3 for klimaeffekten av økt mordyreffektivitet i storfekjøttproduksjonen.

4. Grunnlag for beregning av effekt av tiltak (forskning ved IHA 2014-2016)

4.1. Beregningsmetodikk for GHG utslipp

Klimagassutslippene er beregnet ved bruk av gårdsmodellen HolosNor for kombinert melk/kjøttproduksjon og den irske modellen BEEFGEM for ammekuproduksjonen (tilpasset norske forhold). Da beregningene ble utført var denne irske modellen den eneste aktuelle å benytte i mangel av en norsk modell. Denne er nå ferdig utviklet (HolosNorBeef, 2018). De foreløpige resultatene fra denne viser samsvarende resultater som den irske tilpasset norske forhold. Vi har derfor ikke oppdatert beregningene i denne delen.

HolosNor er utviklet for norsk kombinert melk- og storfekjøttproduksjon, og inkluderer de viktigste kildene til klimagassutslipp direkte fra gården. De direkte og indirekte utslippene av klimagassene karbondioksid (CO₂), metan (CH₄) og lystgass (N₂O) beregnes fra vomgjæring, lagring og bruk av husdyrgjødsel og forbruk av innkjøpt energi, fôr og kunstgjødsel. I tillegg beregnes endring av karboninnhold i jord (nettotap eller lagring av karbon). Modellen er kompleks, og baserer seg på detaljerte forutsetninger om areal, jordsmonn, klima, forbruk av egne og innkjøpte driftsmidler (for eksempel kunstgjødsel, kraftfôr, strøm og plantevernmidler) og produksjonsresultater i både plante- og husdyrproduksjonen.

Potensialet for reduksjon i klimagassutslipp er vurdert for tre ulike hovedtiltak: Intensiv kontra moderat intensitet i melkeproduksjonen (målt som melkeytelse pr. ku), økt effektivitet i storfekjøttproduksjonen (målt som økt kg slakt/mordyr) og effekt av bedret grovfôrkvalitet. Resultatene er for en stor del basert på beregninger utført i prosjektene nevnt i forordet. En av prosjektets målsettinger i «Framtidige strategier i mjølke- og storfekjøttproduksjonen» var å studere effekter på produksjon og arealbruk som følge av Stortingets vedtak om økt matproduksjon i takt med befolkningsveksten. Dette ligger derfor inne i noen av beregningene som ble utført i prosjektet.

Resultatene er likevel relevante for å vurdere effekt av tiltak uten at disse forutsetningene ligger til grunn.

4.2. Intensiv kontra moderat intensitet i melkeproduksjonen

I en kvotesituasjon med et gitt nasjonalt produksjonsmål for melk, og der man anser nasjonal markedsdekning som produksjonsmål for storfekjøtt, vil behovet for antall ammekyr for å dekke dette produksjonsmålet styres av behovet for melkekyr. Melkekyrne har m.a.o. «førsteprioritet», og antall ammekyr tilpasses deretter. Hensikten med beregningene i dette delkapitlet var å sammenlikne muligheter for reduksjon av klimagassutslipp med tiltak som fører til en høyintensiv, spesialisert melkeproduksjon samt stor økning i antall ammekyr for å dekke markedsbehovet for storfekjøtt, i forhold til virkemidler som bidrar til en utvikling mot lavere melkeytelse/flere melkekyr og dermed mer kjøtt fra melkebrukene.

Vi har sett på hvordan disse to svært ulike utviklingstrendene påvirker klimagassutslipp fram mot 2030 (Åby et al., 2016a) innenfor fire ulike scenarier med to ulike produksjonsmål for melk, 1500 mill. liter og et høyere mål på 1770 mill. liter (Tabell 2). Sistnevnte gjelder for året 2030 dersom melkeproduksjonen skal øke i takt med befolkningsøkningen. Innenfor dette har vi tatt inn to ytelsesnivåer (høy og moderat melkeytelse, hhv. over 10 000 kg EKM per ku og under 6 000 kg EKM per ku. Som det framgår av tabellen forutsatte vi også at den norske storfekjøttproduksjonen skulle øke i takt med befolkningsøkningen, dvs. en produksjon på 110 000 tonn i 2030. Merk at det er ulike produksjonsmål for melk i alternativ A2 og B/C alternativene.

Tabell 2: Sammenlikning av to høyintensive (A og B) og to moderate (C1 og C2) alternativer for melkeproduksjon, kombinert med økt storfekjøttproduksjon i takt med befolkningsveksten.

	2012	A1 (HØY)	A2 (HØY)	B (HØY)	C1 (LAV)	C2 (LAV)
Produksjonsmål 2030:						
Melk (millioner liter)	1 500	1 500	1 500	1 770	1 770	1 770
Storfekjøtt (tonn)	80 000	80 000	110 000	110 000	110 000	110 000
Melkeytelse (kg EKM/ku):						
Intensiv	7 300	10 700	10 700	10 700		
Moderat					5 800	5 500
Kraftfôrandel i fôrrasjonen (%)		52	52	52	29	26
Ant. melkekyr	238 000	164 000	164 000	194 000	338 500	358 500
Ant. ammekyr	66 500	130 000	240 000	214 000	91 500	73 400
Storfekjøtt (tonn) fra:						
Melkekyr	59 000	41 400	41 400	48 900	84 700	89 700
Ammekyr	19 000	38 600	68 600	61 100	25 300	20 300
% andel fra melkekyr	75	52	38	44	77	81
Klimagassutslipp pr kg produkt:	2012	A (HØY)	A (HØY)	B (HØY)	C1 (LAV)	C2 (LAV)
MELK (kg CO ₂ -ekv./kg EKM)	0,97	0,88	0,88	0,88	1	1,01
KJØTT (kg CO ₂ -ekv./kg slakt)	17,9	20,3	21,7	21,1	17,7	17,3
UTSLIPP MELK (mill. tonn)	1 455	1 320	1 320	1 558	1 770	1 788
UTSLIPP KJØTT (mill. tonn)	1 432	1 624	2 387	2 321	1 947	1 903
UTSLIPP TOTALT (mill. tonn)	2 887	2 944	3 707	3 879	3 717	3 691
DIFFERANSER TIL "X" (tonn)	X	+ 57 000		X	−162 000	−188 000

Beregningene tok utgangspunkt i situasjonen for næringa i 2012. Dersom melkeytelsen pr ku øker og kjøttproduksjonen skal opprettholdes eller øke i takt med befolkningsveksten fram mot 2030, må antall ammekyr til enhver tid tilpasses endringene i melkeketall. Med en høyintensiv melkeproduksjon der ytelsen per ku har økt til 11 000 kg EKM må antall ammekyr økes betydelig for å kompensere for nedgangen i kjøttvolum fra melkebrukene. Dette gjelder særlig i alternativ A2, der produksjonsmålet for melk er lavere enn i B. Et helt motsatt bilde ser vi i alternativ C1 og C2, der antall melkekyr er økt med 40 – 50 % sammenliknet med situasjonen i 2012. Forskjellene i det relative antallet av melkekyr og ammekyr gir utslag i fordeling av kjøttproduksjonen mellom de to produksjonene. Mens kjøttproduksjonen fra melkebrukene blir betydelig redusert i de høyintensive alternativene A og B, er bildet helt motsatt for de moderate ytelsesalternativene.

4.2.1. Klimagassutslipp fra melk og slakt per kg produkt

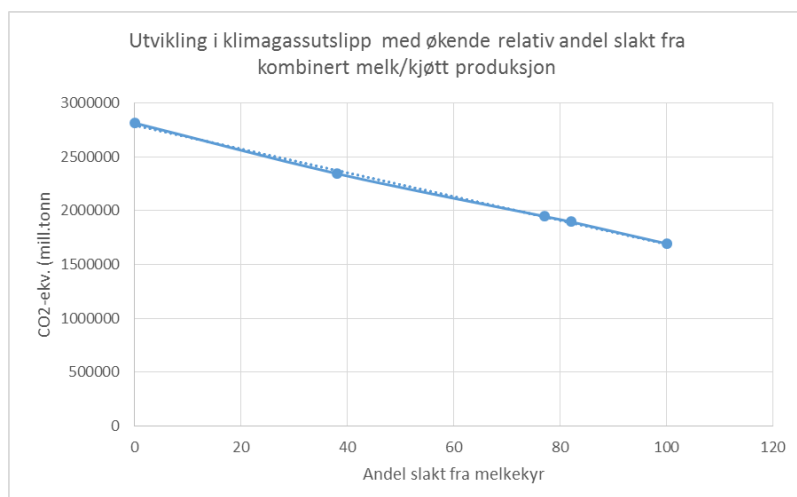
a) Melk

Som vist tidligere i Figur 5 har ytelsen per ku betydning for klimagassutslippene (i kg CO₂ ekvivalenter) per kg melk. Så også i våre beregninger (Tabell 2). Med økt ytelse per ku gikk utslippene per kg melk ned som følge av flere kg melk å fordele kuas metangassutslipp på og behov for færre kyr totalt. I overensstemmelse med kurven i Figur 5 var endringene i utslipp per kg EKM likevel små ved å gå fra 2012 nivå (ytelse 7300 kg EKM; 0,97 kg CO₂-ekv./kg EKM) til 5 500 kg EKM (C2; 1,01 kg CO₂-ekv./kg EKM).

b) Kjøtt (slakt)

Klimagassutslipp fra storfekjøttproduksjonen ble først beregnet (HolosNor og ammekumodellen) til **15,4 kg** CO₂-ekv. pr. kg slakt fra kombi melk/kjøtt produksjon (vektet snitt av ku-, kvige- og ungokseslakt) og **25,6 kg** CO₂-ekvivalenter per kg slakt fra ammekuproduksjon. Den viktigste årsaken til denne forskjellen er at melkekyrne, som selv bidrar med ca. 40 % av kjøttproduksjonen fra melkebruk, også produserer melk. Klimagass-utslippene fra ei melkeku blir derfor fordelt mellom melk- og kjøttproduksjon på egen kropp. For å si det litt folkelig; ei melkeku produserer mye mat i forhold til forbruk av fôr og utslipp av klimagasser! Samlet sett vil derfor kjøttproduksjonen fra melkebruk komme lavere ut med hensyn på klimagasser enn kjøtt fra ammekubruk. Dersom man ser på oppfôring av okser og kviger til slakt isolert sett er det ingen grunn til å anta slike forskjeller i utslipp mellom produksjonene, forutsatt at dyra har tilsvarende genetisk status og at fôring i oppdrettet er tilsvarende.

Utslippstallene for kjøtt i Tabell 2 er et veid gjennomsnitt av andel slakt fra de to produksjonene og utslippene per kg. I 2012 var fordelingen av kjøtt henholdsvis 75 % og 25 % fra melke- og ammekubrukene. Gjennomsnittlig utslipp per kg slakt blir da beregnet som $(0,75 \times 15,4) + (0,25 \times 25,6) = 17,9$ kg CO₂-ekvivalenter per kg slakt. Utslippstallene per kg kjøtt er derfor gjeldende uavhengig av hva man velger som produksjonsmål i 2030 (Tabell 2), det er den relative andelen kjøtt fra hver av de to storfe populasjonene som er avgjørende. Figur 8 viser at klimagassutslippene fra produksjon av storfekjøtt går ned med andel slakt fra kombinert melk og kjøttproduksjon (forutsetning som i Tabell 2; 110 000 tonn storfekjøtt).



Figur 8: Utvikling i klimagassutslipp med økende andel slakt fra kombinert melk og kjøttproduksjon (v/110 000 tonn storfekjøtt)

4.2.2. Klimagassutslipp totalt

For alle alternative scenarioer gjelder at de totale klimagass-utslippene er høyere sammenliknet med 2012. Dette er en naturlig følge av at matproduksjonen har økt i takt med befolkningsveksten i alle alternativer. I både B og de to C alternativene var produksjonsmålet for melk (1770 millioner liter) og kjøtt (110 000 tonn) helt likt. Resultatene viser at C-alternativene gav lavere totale utslipp enn B-alternativet. Den direkte årsaken til dette er den atskillig høyere andelen kjøtt fra melkeproduksjonen i disse alternativene.

Alternativ A2 (1500 mill. liter melk) er det alternativet som mest likner på dagens situasjon i melkeproduksjonen, med en økning i melkeytelse pr. ku og år på 2 %. En videreføring av denne utviklingen vil bare gi litt lavere klimagassutslipp (4,5 %) i 2030 enn scenario B, til tross for at melkeproduksjonen er hele 270 millioner liter lavere. Årsaken er en høyere andel kjøtt fra melkeproduksjonen, og dermed lavere utslipp fra kjøttproduksjonen i scenario B. Vel så verdt å merke seg er at de totale utslippene i alternativ C2 er tilnærmet lik utslippene fra A. Det produseres altså 270 millioner liter mer melk i alternativ C2 enn A uten at klimagassutslippene øker. Sagt med andre ord, den økte melkeproduksjonen i C2 produseres «gratis» med hensyn på klimagassutslipp. Innsparingen ved valg av strategi C2 i stedet for A2 (HØY) mot 2030 er dermed ca. 270 000 tonn CO₂-ekvivalenter, dersom vi antar et utslipp på 1 kg CO₂-ekv. pr. kg EKM.

Sammenlikningen av alternativ A og C2 viser også at det med gitte produksjonsmål for melk og kjøtt er mulig å øke matproduksjonen (i dette tilfellet 270 millioner liter melk) uten å øke de totale klimagassutslippene.

4.2.3 Arealkrav knyttet til endringer i produksjonsintensitet

I prosjektet «Framtidige strategier i mjølke- og storfekjøttproduksjonen» var en av målsettingene som sagt å studere effekter på produksjon og arealbruk som følge av Stortingets vedtak om økt matproduksjon i takt med befolkningsveksten. Dette er vist nederst i Tabell 3a.

Tabell 3a. Endringer i forbruk av kraftfôr i melkeproduksjonen, samt arealbruk grovfôr til melkekyr og ammekyr som følge av endringer i melkeytelse pr ku og endringer i produksjon av melk og storfekjøtt.

	2012	A1 (HØY)	A2 (HØY)	B (HØY)	C1 (LAV)	C2 (LAV)
Produksjonsmål 2030:						
Melk (millioner liter)	1 500	1 500	1 500	1 770	1 770	1 770
Storfekjøtt (tonn)	80 000	80 000	110 000	110 000	110 000	110 000
Melkeytelse (kg EKM/ku):						
Intensiv	7 300	10 700	10 700	10 700		
Moderat					5 800	5 500
Kraftfôrandel i fôrrasjonen (%)		52	52	52	29	26
Ant. melkekyr	238 000	164 000	164 000	194 000	338 500	358 500
Ant. ammekyr	66 500	130 000	240 000	214 000	91 500	73 400
Storfekjøtt (tonn) fra:						
Melkekyr	59 000	41 400	41 400	48 900	84 700	89 700
Ammekyr	19 000	38 600	68 600	61 100	25 300	20 300
% andel fra melkekyr	75	52	38	44	77	81
	2012	A1 (HØY)	A2 (HØY)	B (HØY)	C1 (LAV)	C2 (LAV)
KRAFTFÔRBEHOV MELK (tonn)	715 000	930 000	930 000	1 100 000	795 000	790 000
AREALKRAV GROVFÔR						
MELK (mill. daa)	3 500	2 500	2 500	2 900	4 500	4 800
AMMEKU (mill. daa)	500	975	1 800	1 600	700	500

Generelt viser forskjellene mellom situasjonen i 2012 og A1(HØY) at en stor økning i melkeytelse pr. ku mot 2030 gir sterk økning i kraftfôrbehov, til tross for at kutallet går ned med ca. 75 000 kyr. Dette skyldes at kraftfôrandelen må økes til minst 52 % (i beregningene var det forutsatt en meget god grovfôr kvalitet; 0.9 FEm/kg. TS). Med dårligere grovfôr må kraftfôrandelen være høyere enn dette. Sammenlikningen av disse to alternativene viser også at bruken av grovfôrarealer reduseres betydelig som følge av intensitetsøkningen i melkeproduksjonen.

En annen sammenstilling av alternativ A1 (HØY) med et alternativ med lavere melkeytelse pr. ku er vist i Tabell 3b.

Tabell 3b. Endring i ressursbruk fram mot 2030 ved fortsatt økning i produksjonsintensitet i melkeproduksjonen, sammenliknet med ressursbruk i produksjonen i 2003 da melkeytelsen pr ku var 6 300 kg EKM pr. år. Tallene gjelder kun melkekyr+tilhørende ungdyr (publisert første gang i Buskap nr.8, 2015).

		RESSURSBRUK KRAFTFÔR				GROVFÔR			
		Mjølke	Kraftfôr		endring	Import soya	endring	Fulldyrka eng	endring
	År	mill. liter	Ant. kyr	Kg EKM/ku	(tonn)	(%)	(tonn)	(%)	(mill. daa.)
2012	2012	1500	233 000	7500	715 000		62 500		3,49
A1 (HØY)	2020	1500	197 000	9 000	825 500	+ 15	82 000	+ 31	3
	2030	1500	164 000	10 700	930 000	+ 30	107 000	+ 71	2,41
Redusert ytelse:									
2003 nivå	2030	1500	266 000	6 300	680 000	- 5	48 000	- 23	4,10

Tabellen viser en stor vridning i ressursbruk over mot større kraftfôrforbruk (30 % økning fra 2012 til 2030) med økende melkeytelse pr. ku og konstant volumproduksjon av melk. Dette følges av en betydelig reduksjon i utnyttelse av grovfôrarealene sammenliknet med 2012, samt økning i behovet

for import av soya (dersom ikke alternative proteinkilder i praksis blir tilgjengelige i like store volum innen 2030).

4.3. Økt mordyreffektivitet i storfekjøttproduksjonen

Produksjonsresultatene i Storfekjøttkontrollen og Kukontrollen bekrefter at det er stor variasjon mellom produsenter i produksjonseffektivitet. Forskjellene mellom den beste og dårligste tredjedelen av besetningene viser at det er potensial for å gjøre forbedringer, og tiltak kan gjøres både på kort og lang sikt gjennom bedret management og målrettet husdyravl. I storfekjøttproduksjonen er egenskaper som kalvetap, innkalvingsalder, kalvingsintervall og optimale slaktevekter avgjørende for storfekjøttproduksjonen per ku. Som en oppfølger til beregningene i forrige delkapitel (Tabell 2) har vi også sett på ulike alternativer for forbedringer i disse egenskapene. Noen av disse beregningene er vist som eksempler i Tabell 4. Resultatmålene var antall avvente kalver/årsku og kg slakt/årsku (Aass et al., 2016).

Tabell 4. Effekt av å optimalisere egenskapene kalvingsintervall, innkalvingsalder, kalvetap (sum dødfødte og kreperte) og slaktevekt på okser og kviger på økt effektivitet i storfekjøttproduksjonen, målt som på antall avvente kalver og kg slakt per mordyr per år. Forbedringene er vist som avvik fra gjennomsnittlige nivåer på egenskapene i Kukontrollen og Storfekjøttkontrollen i 2012. Tidsvinduet for økt effektivitet gjennom bedret produksjonsstyring og husdyravl er ca. 20 år (2012-2030)

	ÅR	EGENSKAPER SOM FORBEDRES						ØKT EFFEKTIVITET	
		KALVINGS-	INNKA-	KALVETAP	SLAKTEVEKT	SLAKTEVEKT	ANT.AVVENTE	ØKNING (%)	
		INTERVALL (mnd.)	ALDER (mnd.)	%	OKSE (kg)	KVIGE (kg)	KALVER PER KU	KG SLAKT PER KU	
KOMBI MELK/KJØTT	2012	12,5	26	4	290	201	1,115		
ALT. 1	2030	- 0,5			+ 30	+ 19	1,152	+ 10	
ALT. 2	2030	- 0,5		- 2	+ 30	+ 19	1,176	+ 12	
LETTE KJØTTFERASER	2012	12,9	26,9	6,7	265	187	0,987		
ALT. 1	2030	- 0,4	- 0,9	- 0,7	+ 25	+ 33	1,018	+ 13	
ALT. 2	2030	- 0,4	- 0,9	- 0,7	+ 25	+ 53	1,018	+ 16	
TUNGE KJØTTFERASER	2012	12,9	28,2	7,9	330	235	0,992		
ALT. 1	2030	- 0,4	- 1,2		+ 20	+ 25	1,086	+ 16	
ALT. 2	2030	- 0,4	- 1,2	- 1,9	+ 50	+ 15	1,109	+ 22	
ALT. 3	2030	- 0,4	- 1,2	- 3,4	+ 30	+ 15	1,126	+ 20	

De oppgitte tallene for året 2012 (grå linjer) tilsvarer gjennomsnittet for disse egenskapene fra henholdsvis Kukontrollen og Storfekjøttkontrollen (gjennomsnitt for de lette og tunge rasene). I beregningene er det lagt inn små, realistiske forbedringer i kalvingsintervall, innkalvingsalder og kalvetap, samt mer optimale slaktevekter enn det som ble rapportert fra husdyrkontrollene i 2012. For kombinert melk/kjøttproduksjon er det for eksempel sett på et alternativ (ALT. 2) der man ved å redusere kalvingsintervallet fra 12,5 til 12 måneder og kalvetapet med 2 %, kombinert med å øke slaktevektene for okse og kvige med hhv. 30 og 19 kg, kan oppnå en økning på 12 % i årlig slakteproduksjon per ku.

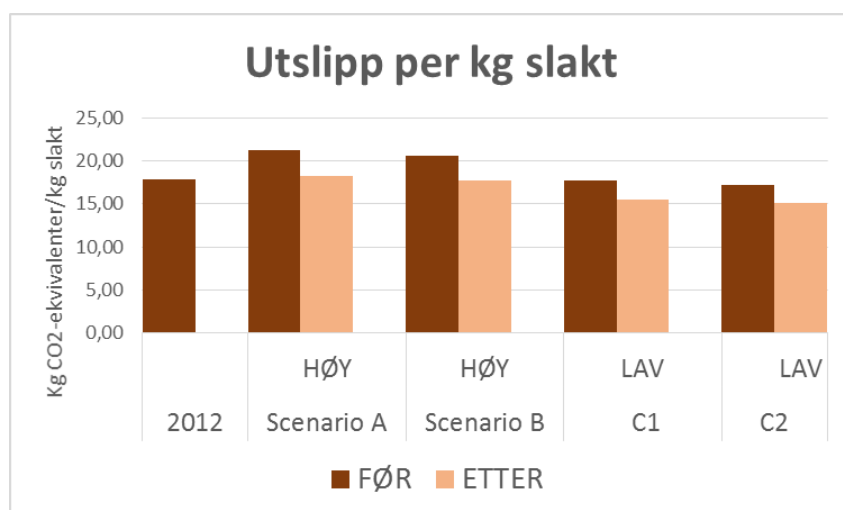
Ved å gjøre tilsvarende alternative endringer for lette og tunge kjøttraser viser tallene til høyre i tabellen at det **er realistiske muligheter for å øke storfekjøttproduksjonen per ku med henholdsvis 10 prosent og 15 prosent (eller mer) på melke- og ammekyr fram mot 2030**. Det vil si at storfekjøttproduksjonen øker fra ca. 250 til 275 kg slakt per melkeku og fra ca. 275 til 315 kg slakt per ammeku over en 20-års periode. Potensialet for effektivitetsøkning er altså betydelig større for ammekyr enn melkekyr, som ligger nærmere et optimalt produksjonsnivå i utgangspunktet. Det er også forskjell mellom lette og tunge kjøttraser, i første rekke på grunn av større kalvetap og seinere innkalvingsalder hos de tunge rasene.

I praksis vil økt effektivitet si at det produseres flere kalver per mordyr og per år, at tilveksten bedres og at dyra føres til jevnere og høyere slaktevekter uten å øke slaktealderen (gjennom avlsarbeid og f.eks. bedre grovfôrkvalitet). Eksempelvis vil en reduksjon av kalvingsintervallet med 14 dager, økte slaktevekter for okser og kviger med ca. 20 kg i begge populasjoner, samt redusert kalvetap hos ammekyr med 1-2 % utgjøre en merproduksjon tilsvarende slakt fra ca. 30-40 000 mordyr.

4.3.1. Reduksjon i klimagassutslipp pr. kg produkt som følge av økt kg slakt/mordyr

Ved et gitt produksjonsmål for melk, vil behovet for antall ammekyr til kjøttproduksjon som nevnt i kap.3.2. styres av behovet for melkekyr, som er «prioritert». En økning i storfekjøttproduksjonen per mordyr vil derfor bety at behovet for ammekyr blir redusert. I de alternative scenarioene (Tabell 2), der vi øker kjøttproduksjonen i takt med befolkningsveksten, vil behovet for ammekyr bli redusert med ca. 45 000 i alternativ A og B og ca. 40 000 i de to C-alternativene (lav melkeytelse) som følge av effektivitetsøkningen. De totale klimagassutslippene fra storfekjøttproduksjonen vil dermed reduseres.

Forbedringen gir en direkte effekt på reduksjon i klimagassutslipp per kg slakt (Figur 9), henholdsvis 1 og 4 kg CO₂-ekvivalenter per kg slakt fra melke- og ammeku (Åby et al., 2016a). Dette tilsvarer en reduksjon per kg slakt på 6 prosent på slakt fra kombi- og 14 prosent for slakt fra ammekuproduksjon. At effekten blir så stor på slakt fra ammeku skyldes i tillegg til økt effektivitet at alle utslipp i utgangspunktet må fordeles på ett produkt, mens man i kombinert produksjon fordeler utslippene på både melk og kjøtt. **Den prosentvise reduksjonen i klimagassutslipp pr. kg produkt (hhv. 6 og 15 % fra kombinert melk/kjøtt og ammeku) gjelder uavhengig av nasjonalt produksjonsvolum av storfekjøtt.**



Figur 9: Gjennomsnittlig klimagassutslipp per kg slakt i alternativene A og B, samt de to moderate (LAV) alternativene C1 og C2, sammenlignet med 2012, med to effektivitetsnivåer i storfekjøttproduksjonen. FØR er 2012-nivå i effektivitet og ETTER effektivitetsøkning er 2030-nivå.

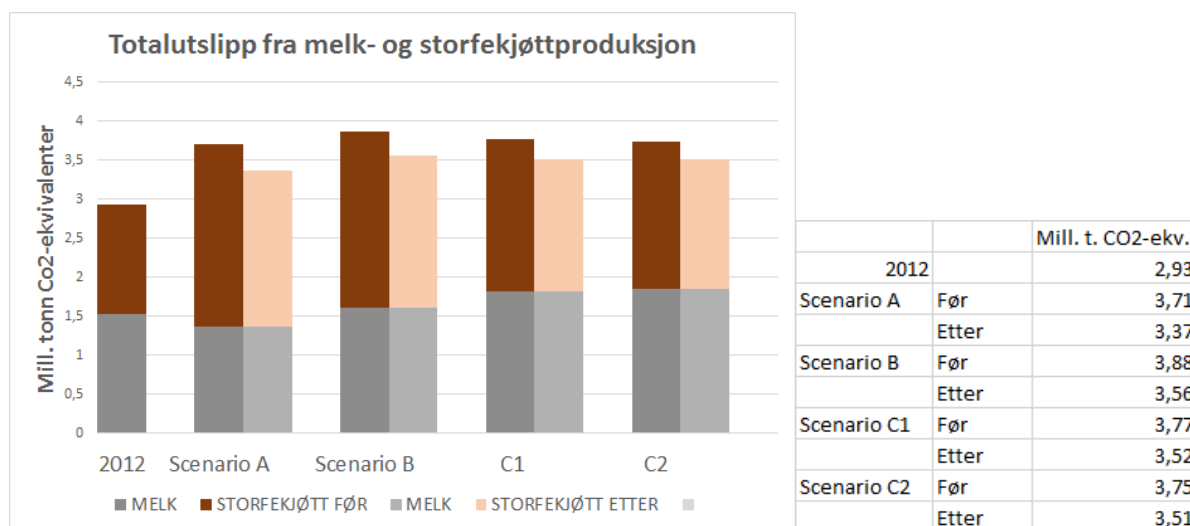
Figur 10 viser gjennomsnittlig klimagassutslipp (kg CO₂-ekvivalenter) per kg slakt i de fire scenarioene for melkeproduksjon, sammenlignet med 2012 og FØR og ETTER økning i produksjonseffektivitet (hhv. 10 og 15 %). Alternativene med moderat melkeytelse (C1 og C2) resulterer i lavest utslipp per kg slakt, grunnet lavest behov for ammeku (ca. 45 000 kyr totalt). Utslippstallene i CO₂-ekv. pr kg slakt tilsvarende «FØR» kolonnene er de samme som er oppført i Tabell 2.

I gjennomsnitt ble utslippene per kg slakt redusert med 2,6 kg CO₂-ekvivalenter per kg slakt som følge av økt effektivitet (hensyntatt den relative andelen slakt som kommer fra de to produksjonene). Reduksjonen var størst i A og B, på grunn av høyest antall ammekyr i disse. I alternativ C1 og C2 førte økt effektivitet til betydelig lavere klimagassutslipp (13-15 %) per kg gjennomsnitts slakt fra melkeku/ammeku i 2030 i forhold til 2012-nivå. Årsaken er et atskillig høyere antall melkekyr her enn i A og B, og dermed også flere slakt av melkekyr. Slaktene i Scenario A og B vil i gjennomsnitt få høyere utslipp pr. kg slakt FØR, men omtrent på samme nivå som i 2012 ETTER effektivitetsøkningen.

Dette illustrerer at melkeytelse, antall melkekyr og potensialet for reduksjoner i gjennomsnittlig klimagassutslipp pr. kg norskprodusert storfeslakt henger nøye sammen. I klimasammenheng kan de to storfeproduksjonene (kombi- og ammeku) m.a.o. ikke sees atskilt fra hverandre når vi har kvotesystem for melk og et produksjonsmål for storfekjøtt som tilsvarer nasjonalt forbruk/etterspørsel.

4.3.2. Totale klimagassutslipp fra norsk storfeproduksjon FØR og ETTER økt mordyreffektivitet

De totale utslippene fra en samlet melk- og storfekjøttproduksjon er vist i Figur 10.



Figur 10: Totale utslipp fra storfekjøttproduksjon i de to høyintensive scenarioene (A og B) sammenlignet med de moderate (LAV) alternativene C1 og C2, med to effektivitetsnivåer (FØR og ETTER) i storfekjøttproduksjonen.

I alle scenarioene vi har sett på her forutsettes det en storfekjøttproduksjon på 110 000 tonn, mot 80 000 tonn i 2012. Dermed er de totale utslippene i alle scenarioene høyere enn i 2012. Utslippsreduksjonen som følge av økt effektivitet var i gjennomsnitt for alle scenarioene 284 000 tonn CO₂-ekvivalenter (8 prosent reduksjon). Økt effektivitet i storfekjøttproduksjonen kan dermed representere et betydelig bidrag for å redusere klimagassutslippene fra jordbruket. Den prosentvise reduksjonen man oppnår er den samme uavhengig av totalt produksjonsvolum av storfekjøtt.

Dersom denne effektivitetsøkningen hadde skjedd umiddelbart i 2012 ville det tilsvare en utslippsreduksjon på 230 000 tonn CO₂-ekv. fra storfekjøttproduksjonen uten å redusere matproduksjonen. Den totale reduksjonen vil i motsetning til redusert utslipp pr. kg produkt være avhengig av utviklingen i antall melkekyr i forhold til ammekyr framover (som igjen er avhengig av utvikling i mjølkeytelsen per ku og forbruk av melk).

4.3.3. Intensitet i melkeproduksjonen – andre beregninger (basert på analysene foran)

Tabell 5a viser resultater fra en liknende analyse der vi har lagt til grunn forutsetninger som passer bedre inn med dagens situasjon (2018) og et perspektiv mot 2030. Vi legger her inn SSB's siste oppdaterte prognose for befolkningstall i 2030, og en liten reduksjon i forbruk av storfekjøtt (17,4 kg/person), som tilsvarer et markedsbehov på 100 000 tonn. Vi forutsetter at norsk produksjon øker til 91 000 tonn slik at kun kvoteimporten gjenstår i 2030 (holdes konstant på 2019 nivå, samlet 9000 tonn). Det forutsettes videre en konstant melkeleveranse levert meieri på 1500 mill. liter. Utslipp 1 kg CO₂-ekv/kg melk, 18 kg CO₂-ekv. /kg slakt fra kombinert produksjon og 25,6 kg CO₂-ekv. /kg slakt fra ammekuproduksjon holdes konstant i alle alternativer. Dette for å vise effekten av den relative fordelingen av storfekjøtt fra kombinert melk/kjøtt og ammeku på totale klimagassutslipp. I to av

alternativene øker vi i tillegg kjøttproduksjonen pr. ku fra 270 til 275 kg pr. melkeku og fra 300 til 315 kg pr. ammeku.

Alternativer: 0): Melkeytelse 9000 kg EKM/ku, **1.** 8000 kg EKM, **1/2.** 8000 kg EKM/ku+økt effektivitet, **3.** Redusert ytelse 6300 kg EKM (2004 nivå) samt **3/2** 6300 kg EKM+økt effektivitet. En fullstendig tabell uten oppdeling finnes i Vedlegg 1.

Tabell 5a: Ulike veivalg for melkeytelse/ku frem mot 2030 med tilhørende utvikling i antall melke- og ammekyr, samt relativ storfekjøttproduksjon fra hver av disse. NB: Det forutsettes her konstant utslipp fra melk uavhengig av ytelse (1 kg CO₂-ekv/kg)

MJØLKEKUPOPULASJONEN	År	STORFEKJØTT					Antall mordyr	
		Mjølkekyr tonn	Ammekyr tonn	Sum norsk tonn	IMPORT tonn **)	FORBRUK tonn ***)	Antall mjølkekyr	Antall ammekyr
Reell situasjon i 2012	2012	59 000	19 000	78 000	17 000	95 000	233 000	65 000
Reell situasjon i 2016	2016	59 000	22 800	81 800	21 700	103 500	227 000	76 000
Prognose 2018*)	2019	59 500	27 500	87 000	13 000	100 000	220 000	92 000
MULIGE VEIVALG mot 2030								
0) Fryse ytelsen 9000 kg EKM	2030	49 900	41 100	91 000	9 000	100 000	185 000	137 000
1) Fryse ytelsen 8000 kg EKM	2030	59 500	31 500	91 000	9 000	100 000	220 000	105 000
1) og 2) Økt kg slakt/årsku	2030	60 500	30 500	91 000	9 000	100 000	220 000	96 500
3) Red. ytelse 6300 kg EKM	2030	71 800	19 200	91 000	9 000	100 000	266 000	65 000
3) og 2) økt kg slakt/årsku	2030	73 100	17 900	91 000	9 000	100 000	266 000	57 000
*) Nortura Totalmarked/SSB								
**) Kun kvoteimport i 2030								
***) Forbruk 17,4 kg/person i 2030								
2): Økning fra 270 til 275 kg slakt/melkeku og fra 300 til 315 kg slakt/ammekyr								

Alternativ 1) tilsier å holde melkeytelsen pr. ku på nivået pr. i dag (8000 kg EKM er prognose for 2018), mens alternativ 0) innebærer at avlsarbeid og økt kraftfôrforbruk øker ytelsen/ku til 9000 kg i 2030. Alternativ 3) innebærer å redusere melkeytelsen til nivået i 2004. Tabellen viser også effekten av å øke kjøttproduksjonen pr. mordyr på totalt mordyrtall.

Tabell 5b viser hvordan disse ulike veivalgene slår ut på utslipp av klimagasser fra kjøttproduksjonen samlet fra melkekyr og ammekyr i 2030 sammenliknet med år 2018, eller ved å øke ytelse pr ku til 9000 kg EKM. Ved sammenlikning med år 2018 ligger det også inkludert en økning i total norsk storfekjøttproduksjon fram til 2030, som gjør at utslippene av klimagasser øker. Økningen blir størst gjennom 12 års-perioden for veivalg 0), og lavest for veivalg 3 og 3/2. Vi ser at ved disse veivalgene kan man øke storfekjøttproduksjonen nesten uten å øke utslippene av klimagasser. Dersom man gjør sammenlikningen ved lik storfekjøttproduksjon i 2030, dvs. å sammenlikne med alternativ 0), følger det naturlig nok at den største innsparingen i klimagasser i 2030 ved å produsere 91 000 tonn norsk storfekjøtt får vi ved å velge en lavere melkeytelse/ku og flere melkekyr i produksjon. Vi har også dokumentasjon på at et slikt veivalg vil føre til økt utnyttelse av grovfôrressursene våre, og redusere kraftfôrforbruket i melkeproduksjonen (se diverse artikler i Buskap 2014-2017). NB: I dette eksemplet er utslippene pr.kg melk holdt konstant ved alle melkeytelser. Dersom disse går ned pr. kg melk som følge av høy ytelse, vil forskjellene mellom alternativene bli mindre.

Tabell 5b: Klimagassutslipp fra en samlet storfepopulasjon i 2030 ved ulike veivalg for melkeytelse/ku frem mot 2030, kombinert med tiltak for å øke kjøttproduksjonen pr. ku

MJØLKEKUPOPULASJONEN	År	NASJONALT UTSLIPP Pr. kg slakt	NASJONALT UTSLIPP TOTALT (mill.tonn)	NASJONALT UTSLIPP SLAKT (mill.tonn)	DIFFERANSE TIL 2018 (tonn) (1,777 mill.tonn)	DIFFERANSE TIL Alt. (0) (tonn) (1,953 mill.tonn)
Reell situasjon i 2012	2012	19,8	3,064	1,549		
Reell situasjon i 2016	2016	20,1	3,162	1,647		
Prognose 2018*)	2019	20,4	3,292	1,777		
MULIGE VEIVALG mot 2030						
0) Fryse ytelsen 9000 kg EKM	2030	21,5	3,468	1,953	+ 176 000	
1) Fryse ytelsen 8000 kg EKM	2030	20,7	3,394	1,879	+ 102 000	- 74 000
1) og 2) Økt kg slakt/årsku	2030	20,6	3,387	1,872	+ 95 000	- 81 000
3) Red. ytelse 6300 kg EKM	2030	19,6	3,300	1,785	+ 8 000	- 168 000
3) og 2) økt kg slakt/årsku	2030	19,5	3,290	1,775	- 2000	- 178 000
*) Nortura Totalmarked/SSB						
**) Kun kvoteimport i 2030						
***) Forbruk 17,4 kg/person i 2030						
2): Økning fra 270 til 275 kg slakt/melkeku og fra 300 til 315 kg slakt/ammekyr						

4.4. Reduksjon i klimagassutslipp pr. kg EKM/slakt som følge av økt grovfôrkvalitet

Grovfôrkvaliteten kan påvirke klimagassutslippene på to måter. For det første påvirker fordøyeligheten på grovfôret metanutslippet fra vomgjæring og gjødsel. Høy fordøyelighet gir lavere metangassproduksjon i vomma enn fôr med lavere fordøyelighet. For det andre øker dyras produktivitet, og utslippene fordeles på flere kg produkt. I et system med nasjonale kvoter eller produksjonsmål for melk og kjøtt betyr det at behovet for dyr reduseres for å kunne produsere samme mengde produkt. Det har vært lite endring i både kvalitet (energi-innhold) og avlingsmengde av grovfôr de siste 20–30 år. Økt grovfôrkvalitet vil øke energiopptaket fra gras og dermed produktiviteten, samtidig som kraftfôrforbruket kan reduseres. Økt energiopptak fra grovfôr kan dermed også ha positiv effekt på selvforsyningsgraden.

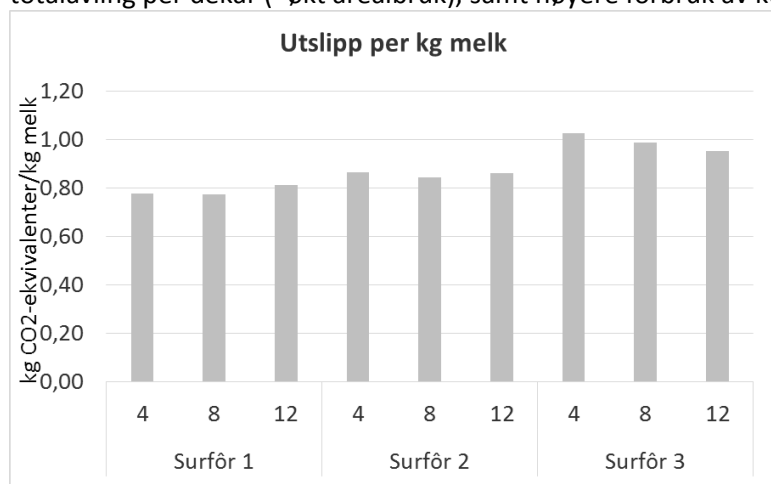
4.4.1. Grunnlaget for beregningene

I prosjektet «Mer og bedre grovfôr» (Randby et.al.,2010; Randby et al., 2012) undersøkte man effekten av 3 ulike grovfôrkvaliteter på produksjonseffektivitet i kombinert melk- og kjøttproduksjon (NRF kyr og slakteokser). Resultatene fra prosjektet, inkludert både dyras produksjon, planteproduksjon, grovfôranalyser og kraftfôrets sammensetning er godt dokumentert i referansene. Dermed var det mulig å benytte «HolosNor» for å beregne klimagassutslipp fra både melk og slakteproduksjon i hvert av forsøksleddene (Åby et al., 2016b).

De tre ulike grovfôrtypene som ble brukt i dette prosjektet var Surfor 1 (veldig tidlig slått, 31.05), Surfor 2 (tidlig slått, 07.06), og Surfor 3 (normal slått, 15.06). Kraftfôret bestod av 30 % havre, 18 % erter, 18 % bygg, 20 % hvete/hvetekli, 6 % raps, 4.5 % melasse og 3.6 % min/vit. I tillegg ble det gitt daglig min/vit tilskudd. I melkeproduksjonsforsøket ble det gitt 3-4 ulike kraftfôrmengder innen hver surfôrtype, kun et utvalg av gruppene er tatt med her. I forsøket med slakteokser fikk dyra enten tildelt kraftfôr, eller ble kun fôret med grovfôret (6 grupper i alt). Det ble lagt vekt på at alle kraftfôrråvarer skal være mulig å produsere i Norge. **Vær oppmerksom på at resultatene som framkommer i denne delen ikke har noe å gjøre med resultatene i Kap 4.2. og 4.3. Resultatene kan derfor ikke sammenlignes direkte eller adderes sammen med effektivitetsberegningene foran.**

4.4.2. Reduksjon i klimagassutslipp pr kg EKM

For å kunne sammenligne de ulike alternative kombinasjonene av surfôrtyper og kraftfôrmengder, ble beregningene i HolosNor gjort ved lik melkeproduksjon (kvote). Med andre ord, den melkeytelsen som ble oppnådd per ku innen de ulike alternativene bestemte behovet for antall melkekyr for å fylle kvoten. I tillegg ble det tatt hensyn til at man ved veldig tidlig slått (Surfôr 1) vanligvis får en lavere totalavling per dekar (=økt arealbruk), samt høyere forbruk av kunstgjødsel.



Figur 11: Utslipp per kg energikorrigert melk for tre surfôrskvaliteter og ulike kraftfôrnivåer.

Resultatene i Figur 11 viser at Surfôr 3 gav høyest klimagassutslipp pr. kg EKM uavhengig av kraftfôrtildeling. Dette illustrerer at man ikke uten videre kan kompensere for økte utslipp som følge av dårlig grovfôr ved å bruke mer kraftfôr i produksjonen. Ettersom det i praksis av flere årsaker vil være vanskelig å produsere et «Surfôr 1» grovfôr mange steder i Norge, er det interessant er det å se at effekten av økt surfôr kvalitet på reduksjon i klimagassutslipp (15 %) er størst ved å gå fra Surfôr 3 til Surfôr 2. Dette i forhold til å endre fra Surfôr 2 til Surfôr 1 (9 %) når man sammenlikner alternativene med 4 eller 8 kg kraftfôr.

- ✓ **Fra 0.8 FEm/kg TS/12kg kraftfôr → 0.9 FEm/kg TS /8 kg kraftfôr gav samme ytelse, ca. 7000 kg EKM og ca. 15 % reduksjon i utslipp**
- ✓ **Fra 0.8 FEm/kg TS/8 kg kraftfôr → 0.9 FEm/kg TS /4 kg kraftfôr gav samme ytelse, ca. 6300 kg EKM og ca. 15 % reduksjon i utslipp**

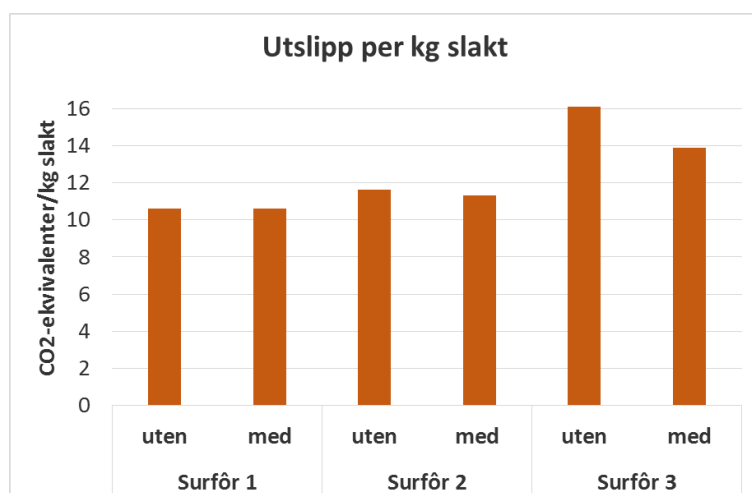
4.4.3. Reduksjon i klimagassutslipp pr kg slakt

Sentrale data for slakteoksene i forsøket er vist i Tabell 6. Oksene ble slaktet ved en levende vekt på 575 kg. Dette gav tilnærmet lik slaktevekt mellom gruppene, mens slaktealderen ble sterkt påvirket av grovfôr kvalitet og hvorvidt det ble tildelt kraftfôr eller ikke.

Tabell 6. Effekt av ulike surfôr kvaliteter med og uten kraftfôrtildeling til NRF slakteokser (Randby et al, 2010.)

		SURFOR 1 (1,0 FEm/kg TS)		SURFOR 2 (0,9 FEm/kg TS)		SURFOR 3 (0,8 FEm/kg TS)	
		UTEN	MED KR.F.	UTEN	MED KR.F.	UTEN	MED KR.F.
FÔROPPTAK (kg TS)							
Surfor		1917	1384	2018	1303	2389	1494
Kraftfor			495		498		564
SLAKTEPRODUKSJON							
Tilvekst (g/dag)		1423	1570	1262	1567	936	1357
Slaktealder (mnd)		14,8	14,0	15,3	14,2	17,9	14,9
Slaktevekt (kg)		299	298	293	303	286	296

Høyest slaktealder hadde oksene som fikk Surfôr 3 uten kraftfôrtildeling. Det ble hele 3 måneder lengere vedlikeholdsfôring på disse oksene sammenliknet med oksene som fikk det beste surfôret/uten kraftfôr (og 2,5 mnd. lengere foring enn oksene som fikk Surfôr2/uten kraftfôr). Dette gav seg også utslag i klimagassutslipp pr. kg slakt fra de ulike oksegruppene, illustrert i Figur 12.



Figur 12. Utslipp per kg slakt for tre surfôr kvaliteter gitt «uten» eller «med» kraftfôr.

Høyest klimagassutslipp i CO₂-ekv./kg slakt ble det med bruk av Surfôr 3 uten kraftfôr, som i stor grad henger sammen med høyere slaktealder. Denne oksegruppen hadde 52 prosent høyere utslipp enn

oksene som fikk Surfôr 1 med kraftfôr (lavest utslipp av alle grupper). Utslippene med Surfôr 1 var like lave uavhengig av kraftfôr, dette skyldtes at dette surfôret hadde kraftfôrverdi. Med andre ord, med godt/særdeles godt grovfôr er det mulig å redusere kraftfôrforbruket tilsvarende og likevel holde klimagassutslippene tilsvarende lave. Dette kan gi en direkte tilleggseffekt i økt selvforsyningsgrad for gårdsbruk og områder der slik grovfôrproduksjon er mulig.

For Surfôr 2 gav det liten effekt på utslippene å supplere fôringa med kraftfôr, mens det var klar effekt av kraftfôrtildeling ved bruk av Surfôr 3. I hovedsak var dette et resultat av høyere tilvekst og redusert slaktealder. Som for melkeproduksjonen ble det størst effekt i lavere klimagassutslipp ved å forbedre grovfôrkvaliteten fra Surfôr 3 til Surfôr 2. **For oksene som kun fikk grovfôr var dette i størrelsesorden hele 27 % reduksjon i utslipp (fra 16 til 11,6 kg CO₂-ekv./kg slakt) ved å bedre grovfôrkvaliteten fra 0,8 til 0,9 FEm/kg TS.** Reduksjonen i utslipp mellom oksene som fikk Surfôr 2 og surfôr 1 var til sammenligning kun 0,6 kg CO₂-ekvivalenter (9 % reduksjon). **Reduksjonen i utslipp fra oksene som fikk Surfôr 2/kraftfôr i forhold til Surfôr 3/kraftfôr var ca. 20 %.** Resultatene viser at tiltak som kan gi økt grovfôr kvalitet i produksjon av melk og kjøtt vil kunne gi betydelige reduksjoner i klimagassutslipp per kg produkt. Dette gjelder særlig økt fokus på agronomiske tiltak for bedre grovfôr kvalitet og forlate en praksis der dårlig grovfôr kompenseres med økte mengder kraftfôr.

4.5. Tilsetningsstoffer i fôret

Det har blitt testet ut en mengde tilsetningsstoffer i fôr, for å redusere enterisk metanproduksjon, for eksempel fett, ionoforer (monensin), sapoiner, tanniner, levende gjær og enzymer (Beauhemmin, 2008). Senere har også andre tilsetningsstoffer som nitrat, probiotika, essensielle oljer og ulike metaninhibitorer blitt undersøkt. Det tilkommer stadig forsøk med nye alternative tilsetningsstoffer, f.eks rødtang og biokull. Generelt har mange tilsetningsstoffer vist en korttidseffekt på enterisk metanproduksjon, spesielt i in vitro-forsøk (på lab). En utfordring er imidlertid at vommikrobene har en evne til å tilpasse seg slik at man ikke finner igjen samme effekt i dyreforsøk, spesielt med lang varighet (Klop et al., 2016). Det er her valgt ut å omtale noen typer tilsetningsstoffer som enten er tatt i bruk her til lands, eller som er eller kan være lovende med tanke på potensialet for metanreduksjoner (essensielle oljer, 3-NOP, fett, nitrat og biokull).

4.5.1. Essensielle oljer

Essensielle oljer (EO) er flyktige og lipofile (uløselige i vann) stoffer som finnes i planter, og som gir disse sin spesifikke aroma og farge. EO har sterke antimikrobielle egenskaper og har dermed vært fremstilt som et mulig alternativ til antibiotika for å manipulere omsetning i vomma, og dermed også føreffektivitet og enterisk metanproduksjon (Benchaar et al., 2008). En utfordring er at hovedvekten av studier på effekten av EO er fra in vitro-forsøk og ikke dyreforsøk, og ofte er varigheten på studiene er kort. Selv om resultatene på metanproduksjon av vært sprikende, kan det være et potensiale for å bruke utvalgte EO for å hindre metanogenesen i vomma (Benchaar et al., 2008). En generell utfordring er imidlertid at det ser ut til at vomma kan tilpasse seg tilsetning av EO og dette kan gjøre man ikke vil ha noen langtidseffekt av å tilsette EO i fôret (Benchaar et al., 2008). Et kommersielt produkt med essensielle oljer er allerede tatt i bruk i kraftfôr i Norge: Agolin Ruminant. Det er derfor gjort en litteraturgjennomgang på dette spesifikke produktet, og ikke på EO generelt.

4.5.2. Agolin Ruminant

Felleskjøpet lanserte kraftfôr med Agolin Ruminant (AR) i 2017, og er fra mars 2018 tilsatt i hele FORMEL-sortimentet. I følge Felleskjøpet reduserer AR metanproduksjonen med 15-20% og øker føreffektiviteten med 6-8%, basert forsøk publisert av produsenten til AR Agolin Switzerland. En oppsummering av disse forsøkene er gitt i vedlegg 2. AR er en blanding av planteekstakter fra urter og krydder og inneholder eugenol (finnes i nellik-, muskat og kanelolje), geranyl acetat (finnes i mange EO) og koriander olje (fra korianderfrø) som hovedkomponenter (Santos et al., 2010). Produktet har god smakelighet og lukt. En oppsummering av in vivo (dyre-) forsøk publisert i fagfelleleurderte tidsskrift er gitt i vedlegg 3. Effekten på metanproduksjon er ikke konsekvent over forsøk, samt at

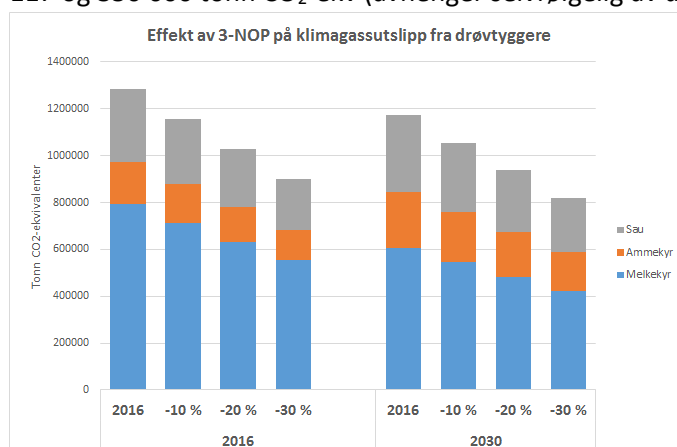
enkelte studier tyder på at det kan skje en tilpasning etter en stund (for eksempel Klop et al., 2016). Det må dermed etter vår mening gjøres flere forsøk for å kunne konkludere i forhold til effekten til dette tilsetningsstoffet.

4.5.3. 3-NOP

3-Nitrooxipropanol, forkortet 3-NOP, er et kjemisk stoff utviklet av det sveitsiske firmaet DSM Nutritional Products. 3-NOP har blitt testet ut siden 2014 på melkekyr, kjøttfe og sau og har gitt konsekvente reduksjoner i metanproduksjon i alle studier, også i langtidsforsøk, men uten åpenbare negative effekter på helse og produksjonsresultater eller miljø (Jayanegara et al., 2018). 3-NOP har en veldig spesifikk virkning i metanogenesen (dannelsen av metan fra metanogene bakterier fra hydrogen og CO₂). Den molekylære oppbygningen til 3-NOP er veldig likt MCR (Metyl-coenzym M reduktase) og 3-NOP kan binde til det aktive setet til MCR. MCR er et enzym som er avgjørende for det siste steget i metanogenesen, og siden 3-NOP binder seg til dette, hindres dannelsen av metan (Duin et al., 2016). Det vil med andre ord si at 3-NOP ikke endrer fermenteringsprosessen, eller sammensetningen av mikrobene i vomma. 3-NOP brytes ned til nitritt og 1,3 propanideol i vomma, som er ufarlige stoffer som er vanlige mellomprodukter fra omsetning i vomma (Duin et al., 2016). Generelt er effekten av 3-NOP avhengig av dosen, mens rasjoner med høyt fiberinnhold reduserer effekten. Effekten er også større på melkekyr enn på kjøttfe (Dijkstra m.fl, 2018) For at 3-NOP skal ha vedvarende effekt, må det gis konstant, og metanproduksjonen går tilbake til normalt når tildeling av 3-NOP stoppes, dvs. vomma tilpasser seg ikke, slik man har sett på en del andre tilsetningsstoffer (Romero-Perez, 2015). En oppsummering av forsøk med 3-NOP på melkeku, kjøttfe og sau er gjengitt i Vedlegg 4. 3-NOP testes nå ut på en kommersiell feedlot i Canada, det vil si med et mye høyere antall dyr enn i tradisjonelle fôringsforsøk.

4.5.4 Potensialet for klimagassreduksjoner ved bruk av tilsetningsstoffer

For å vise potensialet for å redusere klimagassutslipp fra enterisk metan ved bruk av 3-NOP (eller annet tilsetningsstoff med tilsvarende effekt), er det gjort noen enkle beregninger (Figur 13). Det er forutsatt at alle melkekyr, voksne ammekyr og sau får 3-NOP hele året (ungdyr er ikke inkludert). Utslippsfaktorene og antall dyr (tall for 2016) er fra den nasjonale rapporteringen av klimagassutslipp i 2018 (Miljødirektoratet, 2018). I tillegg er framskrivningen for antall dyr i 2030 fra Pettersen et al. (2017) brukt. Effekten av 3-NOP er satt til 10, 20 eller 30% reduksjon av enterisk metan. Potensialet for reduksjoner gjennom bruk av 3-NOP er da hhv. mellom 128 og 385000 tonn CO₂-ekvivalenter, forutsatt antall husdyr i 2016. Effekten i 2030 er lavere grunnet nedgangen i antall melkekyr, mellom 117 og 350 000 tonn CO₂-ekv (avhenger selvfølgelig av utviklingen i antall husdyr).



Figur 13. Effekt av 3-NOP (eller andre tilsvarende tilsetningsstoffer) på metanutslipp fra drøvtyggere

4.5.5. utfordringer med 3-NOP

Resultatene fra utenlandske forsøk kan ikke nødvendigvis overføres til norske forhold (gjelder generelt alle tilsetningsstoffer). Nesten alle forsøk til nå er gjort med bruk av fullfôr hvor 3-NOP er blandet inn.

I Norge brukes hovedsakelig surfôr og kraftfôr som tildeles hver for seg. Dette kan påvirke effekten av 3-NOP. Høy andel grovfôr og fiber i rasjonen kan også redusere effekten av 3-NOP. Det må dermed utføres forsøk under norske forhold.

Foreløpig finnes ingen løsning for hvordan 3-NOP skal tildeles dyra når de er på beite. Dette vil være spesielt relevant og avgjørende for beiteland som f.eks Irland og New Zealand. Den lange innefôringsperioden i Norge gjør at man vil ha god effekt av 3-NOP selv om en ikke får tildelt tilskudd på beite.

I tillegg er det selvfølgelig en utfordring av stoffet fortsatt er på forskningsstadiet. Selv om effekten av 3-NOP på metan er meget lovende, trengs det videre studier for å undersøke om 3-NOP overføres i produktene (melk og kjøtt) og eventuelt hvordan dette påvirker mattrygghet (Jayanegara et al., 2018). Det er dermed en prosess for å få 3-NOP godkjent til bruk i fôr i EU, som vil ta tid (tidsperspektiv her er ukjent).

4.5.6. Fett

Potensialet for utslippsreduksjoner ved å tilsette fett i fôrrasjonen har blitt utredet av Storlien og Harstad (2016). Fett reduserer produksjonen av enterisk metan ved å redusere produksjonen av hydrogen og delvis hemme veksten av de metanogene bakteriene i vomma. Effekten er bestemt av hvor mye fett som kan tilsettes uten å få negative utslag, da for høyt fettinnhold vil gå ut over fordøyeligheten av grovfôr. Dette kan føre til økte metanutslipp fra gjødsellager og redusert melkeytelse. Hvor mye fett fôrrasjonen til mjølkeku kan inneholde har sammenheng med flere forhold, særlig fettkilde. Øvre grense er høyere for mettet enn umettet fett, og for umettet fett reduseres potensial for tilsetning med økt grad av umettethet. Her er det også viktig å vurdere virkningen av fettkildene på mjølke kvaliteten både med hensyn til fettsyresammensetning (ernæringsmessig kvalitet) og smaksproblematikk. Potensialet for tilsetning av fett er i følge Storlien og Harstad (2016) antakelig mellom 1 og 2% ekstra i rasjonen. Dette tilsvarer en utslippsreduksjon på mellom ca 35000 og 70 000 CO₂-ekvivalenter (gitt antall melkekyr og ytelsesnivå i 2015).

4.5.7. Nitrat

Nitrat vil konkurrere med metanogenesen, og er dermed en alternativ vei for å ta hånd om hydrogenoverskuddet i vomma. Dette fører til lavere metanproduksjon. Nitrat reduseres til nitritt og så til ammoniakk i vomma. Nitritt kan imidlertid føre til forgiftning som nedsetter oksygenforsyningen til vevene og dyrene kan dø av «indre kvelning». Dermed er det viktig at dyrene vennes gradvis. Det er ikke observert noen negativ effekt på fôropptak eller tilvekst ved tilsetning av nitrat i fôret. Nitrat er også en god kilde til NPN (non-protein nitrogen, kan omdannes til protein av vommikrober) og har dermed potensiale for å erstatte urea i fôret til drøvtyggere. Langtidsstudier har vist en reduksjon av metanproduksjon på opptil 35%, dog basert på få studier. Effekten på metanproduksjonen er doseavhengig, og dermed også større risiko for forgiftning. (Lee og Beauchemin, 2014).

4.5.8. Biokull

Biokull fremstilles ved pyrolyse (oppvarming av biomassen ved høy temperatur med begrenset tilgang på oksygen). Denne prosessen hindrer at materialet brenner opp og dette gjør at innholdet av karbon er høyt, samt at det gjør det veldig motstandsdyktig mot biologisk nedbryting. Forskning på bruk av biokull for å redusere klimagassutslipp har frem til for få år siden vært fokusert på bruk av biokull i jord (øker karbonlagring), men ideen om å bruke biokull for å redusere enterisk metan har kommet mer i fokus de senere år. En tror at biokull kan absorbere metan produsert i vomma og dermed redusere utslippet av metan. Det ser ut til i de foreløpige publiserte forsøkene (hovedsakelig in vitro) at biokull kan ha potensiale til å redusere enterisk metan, men Kammann et al. (2017) påpeker at å «bruke biokull for å redusere enterisk metan foreløpig bare er et interessant perspektiv som trenger mer systematisk forskning». Effekten av biokull på enterisk metanproduksjon vil mest sannsynlig påvirkes av temperatur under pyrolyse og biomassekilde. Det er nylig gjort in vitro-forsøk med norskprodusert

biokull av furu og gran med ulike temperaturer under pyrolyse, men publiserte resultater foreligger ikke enda (Weiby, pers.komm). NIBIO fikk i 2018 innvilget et prosjekt til å teste ut biokull til sau («Biokull til sau, vil de spise det?», utredningsprosjekt Forskningsmidlene for jordbruk og matindustri).

5. Kort oppsummering av norske forskningsresultater på klimagassutslipp fra storfeproduksjonen

5.1. HolosNor

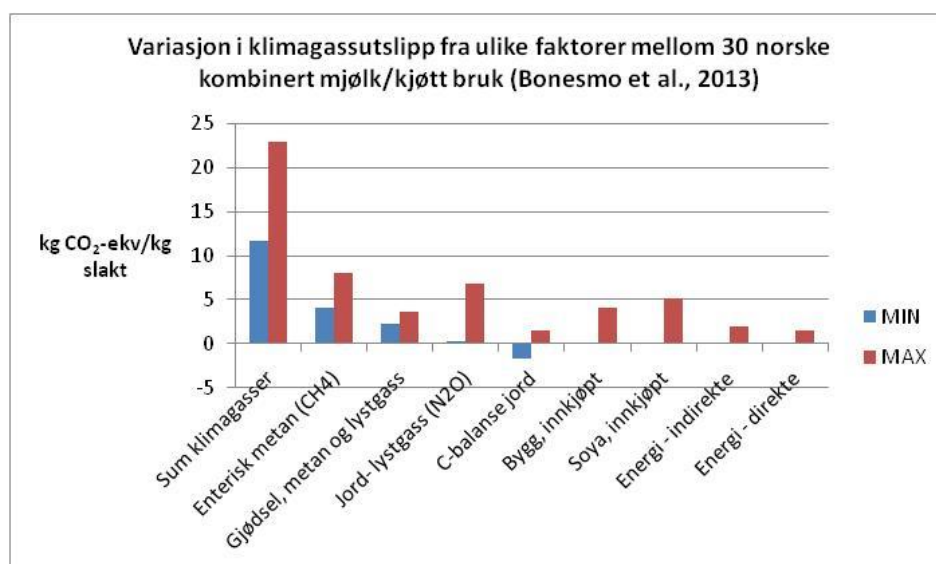
HolosNor (Bonesmo et al., 2013) er beskrevet i Kap. 4.1. Resultatene som presenteres er basert på data fra 30 norske kombibruk som inngikk i driftsgranskningene, spredt over hele landet. Tabell 7 viser resultater for kilder til klimagasser fra hhv. mjølke- og kjøttproduksjonen på gårdene, samt variasjonen mellom gårdene i nivået av de ulike kildene.

Utslippene er presentert som kg CO₂-ekv. /kg fett og protein korrigert mjølk (FPCM) and kg CO₂-ekv. / kg slaktevekt (SL).

Tabell 7. Utslipp av CO₂-ekv./kg melk og slakt i gjennomsnitt og med variasjonsbredde i en studie av 30 norske bruk med kombinert melk/kjøtt produksjon (Bonesmo et al., 2013).

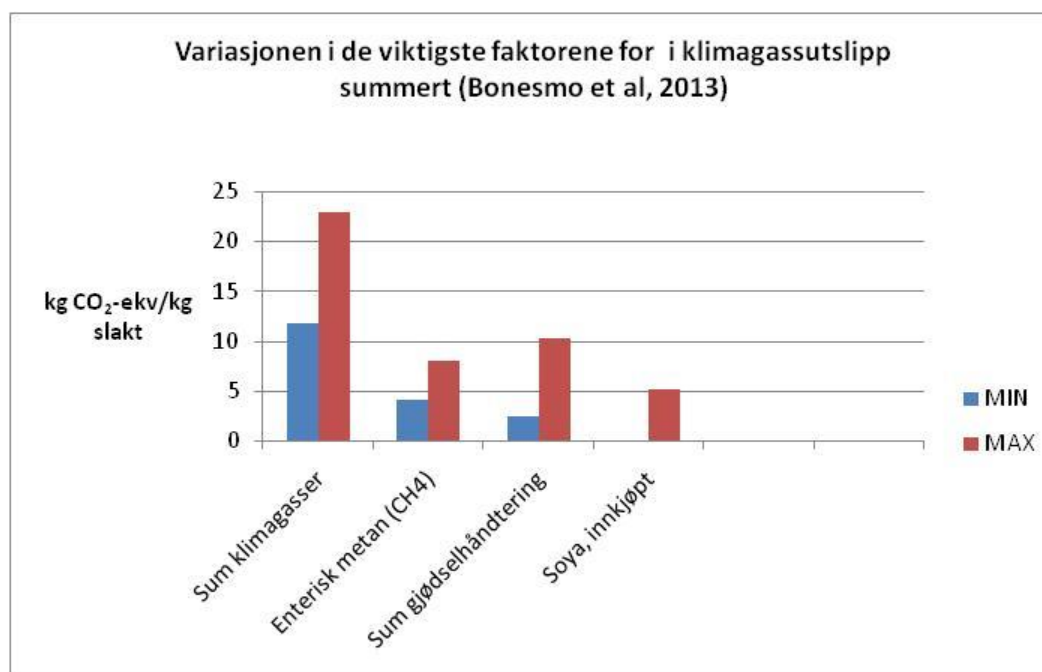
	kg CO ₂ eq /kg FPCM		kg CO ₂ eq /kg SL okser	
	Middel	[min, maks]	Middel	[min, maks]
Sum klimagasser	1.02	[0.82, 1.36]	17.25	[11,75, 22.90]
Enterisk - CH ₄	0.39	[0.36, 0.45]	6.84	[4.12, 8.06]
Gjødsel- CH ₄ , N ₂ O	0.18	[0.13, 0.23]	2.98	[2.21, 3.59]
Jord- N ₂ O	0.21	[0.11, 0.41]	3.08	[0.29, 6.78]
Karbonbalanse - jord	-0.03	[-0.14, 0.10]	-0.51	[-1.64, 1.45]
Innkjøpt bygg	0.06	[0.00, 0.13]	1.26	[0.00, 4.11]
Innkjøpt soya	0.09	[0.00, 0.17]	1.88	[0.00, 5.22]
Energi- indirekte	0.07	[0.01, 0.14]	0.97	[0.09, 1.99]
Energi- direkte	0.05	[0.01, 0.11]	0.75	[0.19, 1.45]

Tabellens høyre del viser beregnet gjennomsnittlig utslipp av klimagasser pr kg slakt fra okser på disse 30 brukene, samt variasjonen i utslipp av de ulike faktorene som inngår. Metanutslipp fra fordøyelsen utgjør den største faktoren, men vi ser at summen av metan(CH₄)- og lystgass (N₂O) tap fra gjødsel og jord samlet utgjør nesten like mye. Setter vi min og max verdiene inn i et stolpediagram (under) ser man betydningen av de ulike faktorene enda klarere.



Figur 14. Variasjon i klimagassutslipp fra ulike kilder basert på beregninger fra 30 norske kombinert melk/kjøtt bruk (Bonesmo et al., 2013).

I neste figur er kun de viktigste faktorene tatt med, og utslippene av metan og lystgass fra gjødsel og jord er summert.



Figur 15. Variasjon i klimagassutslipp fra ulike kilder summert, fra 30 norske kombinert melk/kjøtt bruk (Bonesmo et al., 2013).

Figur 15 viser at utslippene fra gjødselhåndtering på noen bruk overstiger utslippene av metan fra dyras fordøyelse. Det er åpenbart både at det kan være mye å hente på å optimalisere håndteringen av husdyrgjødsel samt mengde og bruk av kunstgjødsel, samt at potensialet for å redusere klimagassutslippene fra storfekjøttproduksjonen er betydelig. Framtidige muligheter for gårdsbaserte biogassanlegg vil bidra i samme retning.

5.2. HolosNorBeef

Gårdsmodellen HolosNorBeef har blitt utviklet ved Institutt for Husdyr- og Akvakulturvitenskap (Samsonstuen m.fl., 2018), for å beregne nivå og variasjon i utslipp av klimagasser fra ammekuproduksjon under norske forhold (se mer i TYRmagasinet 1-2018).

HolosNorBeef har årlige tidssteg og beregner gårdens netto klimagassutslipp. Modellen beregner direkte utslipp av metan, lystgass og karbondioksid fra husdyrproduksjonen og indirekte utslipp knyttet til driftsmidler brukt på gården, i tillegg til lagring eller tap av karbon i jord. Modellen ser hele gården som et system og krever detaljert informasjon om blant annet vekt ved ulik alder, tilvekst, slaktealder, antall dyr i hver kategori (kyr, kviger, slakteokser), fôrkvalitet og energiinnhold, bruk av kraftfôr, gjødselhåndtering, areal og avling (gras og korn), management, jordsmonns- og værdata på gårdsnivå, produksjonsresultater, forbruk av kunstgjødsel, spredning av husdyrgjødsel, bruk av strøm, plantevernmidler, drivstoff etc.

5.2.1. Klimagassutslipp fra norske gjennomsnittsbetsetninger med ammeku

Beregninger av klimagassutslipp basert på gjennomsnittsbetsetninger av lett og tung rase fra Storfekjøttkontrollen i to ulike geografiske lokaliteter (A og B) viser at kjøttproduksjon under norske produksjonsforhold har utslipp av samme størrelsesorden som de andre nordiske landene. Bruk av driftsmidler i de to lokalitetene er basert på Driftsgranskingene fra 2015 og gjenspeiler et gjennomsnittlig ressursgrunnlag for områdene. Tabell 8 viser en oversikt over faktorer som kan påvirke

utslippene fra produksjonen fra lett og tung rase og viser at tung rase generelt er tyngre og når slaktevekt ved en tidligere alder sammenliknet med lett rase. Tung rase produserer også mer slakt enn lett rase.

Tabell 8: Vekt ved ulik alder, innkalvingsalder og kjøttproduksjon fra lett og tung rase fra Storfekjøttkontrollen.

	Lett	Tung
Voksenvekt, ku (kg)	600	800
Innkalvingsalder (mnd)	26,0	28,9
Slaktealder, okse (mnd)	17,5	16,8
Slaktealder, kvige (mnd)	18,2	17,5
Fødselsvekt, okse (okse)	40	45
Fødselsvekt, kvige (kvige)	38	42
200d vekt, okse (kg)	269	322
200d vekt, kvige (kg)	251	295
Slaktevekt, okse (kg slakt)	291	353
Slaktevekt, kvige (kg slakt)	206	244
Kjøtt (kg slakt)	7699	9635

Tabell 9 viser en oversikt over besetningsstørrelse og bruk av driftsmidler i de to ulike lokalitetene. Lokalitetene er ulike både med tanke på ressursgrunnlag, avlinger og bruk av driftsmidler. Lokasjon A har større arealer for kornproduksjon, større avlinger og bruk av diesel og plantevernmidler.

Tabell 9: Gårdsstørrelse, eng- og kornareal, avlinger og bruk av driftsmidler fra Driftsgranskninger i jord- og skogbruk 2015.

	A	B
Besetningsstørrelse	28	28
Beite/engareal (daa)	389	401
Avling eng FEm/daa	302	319
Kornareal (daa)	77	9
Kornavling (FEm/daa)	526	360
Plantevernmidler (kr)	6293	440
Diesel (L/år)	3855	2947
Elektrisitet (kWh/år)	26300	29100

Utslippene fra gjennomsnittsbesetninger av lett og tung rase ble beregnet til henholdsvis 26-28 og 24-25kg CO₂ ekvivalenter per kg slakt. Totalutslippene fra lettrasebesetninger er lavere enn fra tungrasebesetningene, men når utslippene uttrykkes per kg slakt blir utslippene noe høyere på grunn av lavere slakteproduksjon.

Beregninger basert på gjennomsnittsbesetninger tar imidlertid ikke hensyn til variasjon i ressursgrunnlag, ulikt management og rase x miljø samspill som man kan forvente å finne mellom ulike besetninger og raser. Utslippene fra gjennomsnittsbesetninger vil derfor ikke være noen fasit for utslipp fra norsk ammekuproduksjon, men gi en viss pekepinn for utslippsnivået.

5.3. Andre nordiske forskningsresultater

I oversikten under presenteres et lite utvalg vitenskapelige studier på klimagassutslipp fra storfekjøttproduksjonen i Norge og Norden.

Tabell 10. Resultater fra ulike vitenskapelige studier på klimagassutslipp fra storfekjøttproduksjon i Norge og Norden.

TYPE STUDIE						
Melkekyr m/kjøttproduksjon:				Kg CO ₂ -ekv./kg slakt	Forfattere	Metode
Studie av 30 norske mjølk/kjøtt bruk				17,3	Bonesmo et al. (2013)	HolosNor
Gjennomsnittsbetsetning, norsk, konvensjonell				15,1	Refsgaard et al. (2012)	LCA
Gjennomsnittsbetsetning, norsk, økologisk				11,4	Refsgaard et al. (2012)	LCA
Tre gjennomsnittsbetsetninger, norske, konv.:					Roer et al. (2013)	LCA
Rogaland				18,1		
Oppland				17,7		
Nord-Trøndelag				18,4		
SVERIGE, gjennomsnittsbetsetning				14,4	Mogensen et al. (2015)	LCA
Ammekuproduksjon:				Kg CO ₂ -ekv./kg slakt	Forfattere	Metode
Gjennomsnittsbetsetning, norsk				25,5	Åby et al. (2015)	BeefGEM
Gjennomsnittsbetsetning, norsk				34,0	Refsgaard et al. (2012)	LCA
SVERIGE, gjennomsnittsbetsetning				27,0	Mogensen et al. (2015)	LCA
DANMARK, gjennomsnittsbetsetning				24,1	Mogensen et al. (2015)	LCA

Oversikten illustrerer den store variasjonen det er mellom studier i beregning av klimagassutslipp fra storfeproduksjonene, som påpekt i innledningen. Felles for alle studiene her er at kombiproduksjonen ligger lavere i CO₂-utslipp enn ammekuproduksjonen. Det er imidlertid bare studien til Bonesmo et al. (2013) som beskriver faktisk variasjon mellom reelle gårdsbruk, ved hjelp av klimamodellen «HolosNor». Skal man komme videre med praktiske tiltak for å redusere utslippene på lokalt nivå (dvs. på garden), må det trolig benyttes slike «gårds-modeller».

6. Highlights

- Ha en kritisk holdning til kilder og beregninger av GHG-utslipp per kg produkt pga. stor variasjon i hvilke forutsetninger som legges til grunn i de ulike beregningene.
- Det grunnleggende prinsippet for å redusere klimagassutslipp fra husdyr er at dyret skal produsere optimalt på færrest mulig levedager. Optimalt i denne sammenhengen innebærer god genetikk og god produksjonsstyring, som samlet skal ivareta produktivitet og god helse, samt riktig foring, stell og dyrevelferd.
- Arealbruk knyttet til fôrproduksjon er en vesentlig faktor for klimagassutslipp. Land Use Change (LUC) beregninger kan gi vesentlige endringer (og omrangeringer) i klimaregnskap for ulike produksjonsformer og husdyrprodukter men er ikke omtalt spesifikt i denne rapporten. LUC er ikke inkludert i gårdsmodellene HolosNor og HolosNorBeef.
- Fôrmidler i kraftfor er særlig sentrale med tanke på LUC, der soya spiller en vesentlig rolle.
- Driftsopplegg og agromi bidrar også vesentlig til utslipp fra husdyrproduksjonen, og kan overstige utslippene fra dyra. Lagring og spredning av husdyrgjødsel, samt mengde og bruk av kunstgjødsel er vesentlige faktorer.
- Det norske avlsarbeidet samt forbedringer i management har bidratt til en enorm reduksjon i utslipp av klimagasser fra husdyrbruket siden 1960, som langt overstiger den reduksjonen man i dag måler fra «nullpunktet» 1990. F.eks.: I 1960 produserte 603 000 mjølkekyr en markedsleveranse på 1270 mill. liter melk, i 2014 produserte 228 000 kyr drøyt 1500 mill. liter.
- Avl for kjøttproduksjon i NRF har bare for slakteokser alene siden 1986 bidratt til en måned innspart slaktealder, tilsvarende anslagsvis ca. 60 000 tonn CO₂-ekv. som gjelder for hvert år framover ved konstant volumproduksjon og forutsatt at avlsarbeidet videre ikke reverserer dette som følge av endringer i avlsmålet.

- Avlsarbeidet med kjøttfe har gitt og gir lavere avlsframgang enn for NRF ettersom andelen dyr som deltar i aktivt avlsarbeid er klart lavere, samt at kjøttproduksjonen i hovedsak skjer på kryssninger som ikke deltar direkte i avlsarbeidet.
- Redusert vektlegging på kjøtt i avlsmålet til NRF i forhold til tidligere er uheldig med tanke på fortsatt reduksjon av klimagassutslipp fra storfekjøttproduksjonen.
- En fortsatt stor økning i mjølkeytelse per ku vil med konstant markedskvote vil videreføre nedgangen i storfekjøttproduksjon fra kombi-produksjonen. Erstattet med import vil dette gi betraktelig høyere klimagassutslipp globalt.
- Det er all grunn til å forvente (kreve) at avlsarbeidet med kjøttfe i økende grad skal bidra til reduserte klimagassutslipp også fra kjøttproduksjonen i ammekubesetninger.
- Det er et betydelig potensial for økt mordyreffektivitet i storfekjøttproduksjonen både i NRF og særlig i kjøttferasene gjennom avlsarbeid og bedret management.
- Økt mordyreffektivitet vil i praksis si at det produseres flere kalver per mordyr per år, at tilveksten bedres og at dyra føres til jevnere og høyere slaktevekter uten å øke slaktealderen
- Beregninger basert på resultater fra prosjektet «Framtidige strategier i melke- og kjøttproduksjonen» viser at dette kan gi betydelige bidrag i reduserte klimagassutslipp de nærmeste 20 årene uten å redusere matproduksjonen (kjøttvolumet).
- Økt grovfôr kvalitet kan øke produktiviteten/og eller redusere behovet for kraftfôr i melk og storfekjøttproduksjonen kombinert med redusert klimaavtrykk.
- Norsk forskning viser at det er stor variasjon mellom kombinert melk/kjøtt gårdsbruk i utslipp av klimagasser per kg EKM og per kg slakt. Variasjonen mellom gårdene viser også potensialet for reduksjon i utslipp fra hver enkelt gård. Potensialet ligger både i dyrematerialet, driftsopplegget og agnomien på hver enkelt gård.
- Annen norsk og nordisk forskning viser nokså stor variasjon mellom studier med hensyn på utslipp av CO₂-ekv./kg slakt fra både kombi- og ammekuproduksjon. Felles for alle studier er at kombiproduksjonen ligger lavere i CO₂-utslipp enn ammekuproduksjonen.
- Klimamodeller som kan beregne utslipp på hvert enkelt gårdsbruk er utviklet for norsk kombinert melk/kjøtt produksjon (HolosNor) og er også nylig utviklet for norsk ammekuproduksjon ved IHA (HolosNorBeef). Høsten 2018 er det søkt om prosjekt for å utvikle en tilsvarende modell for sau.

7. Oppsummering tiltak

Det gjøres oppmerksom på at tiltakene ikke er prioritert.

TILTAK 1A: Økt kjøttproduksjon/mordyr

Tiltaket: 10 % økning i kg slakt/melkeku, 15 % økning i kg slakt/ammeku (som følge av optimalisering av viktige produksjonsegenskaper) Forutsetning: 80 000 tonn storfekjøtt nasjonal produksjon, herav 20 000 tonn fra ammeku, 60 000 tonn fra kombi melk/kjøtt

Etter effektivitetsøkning: 14 000 tonn fra ammeku, 66 000 tonn fra kombi

Effekt i redusert CO₂-ekv./kg slakt:

6 % reduksjon pr kg slakt fra kombi melk/kjøtt: fra 17 til 16 kg CO₂-ekv./kg slakt

15 % reduksjon pr kg slakt fra ammeku: fra 26 til 22 kg CO₂-ekv./kg slakt

(26*20'tonn – 22*14'tonn)

Reduksjon fra ammeku (520'tonn-308'tonn): 212 000 tonn CO₂ -ekv.

Økning fra kombi (60'*17-66'*16: - 36 000 tonn CO₂ -ekv.

NETTOREDUKSJON ≈ 175 000 tonn CO₂ -ekv.

Tidsperspektiv: Vi har tidligere anslått 10-15 år, men dette avhenger av flere forhold

Virkemidler: Rådgivning og målrettede virkemidler for økt produksjon

TILTAK 1B: Økt kjøttproduksjon/mordyr

Tiltaket: Ta en ekstra kalv fra melkekyr i sin siste laktasjon. Kyr som er tenkt utrangert er sjelden drektige i sin siste laktasjon. Ved å la kua bli drektig en siste gang og slakte kua relativt raskt etter kalving vil dette bidra til en ytterligere økning på 10 % i kg slakt/melkeku i tillegg til de 10 % beskrevet i tiltak 2A. For mange produsenter vil en slik praksis oppleves som dårlig dyrevelferd. Det kan også være en mulighet at slike kyr kan selges videre som ammekyr, der de evt. kan gå sammen med 2 kalver. Det er ikke gjort utslippsberegninger for et slikt tiltak. Kjøttproduksjonen pr mordyr vil imidlertid øke betydelig fra en gård der et slikt tiltak benyttes, og det må nødvendigvis innebære at klimagassutslippene pr. kg slakt går ned.

Tidsperspektiv: Usikkert. Bør gjøres beregninger av effekt. Blir neppe et tiltak som vil prege hele næringen, men kan ha stor betydning i enkeltbesetninger som klimatiltak

Virkemidler: Rådgiving, for øvrig ingen forslag.

TILTAK 2: Økt grovfôrqualität kjøttproduksjon (Kap. 4.4)

Tiltaket: En gjennomsnittlig endring i norsk grovfôrqualität fra 0.8 → 0.9 FEm/kg TS

Effekt på utslipp pr kg okse/lakt: Reduksjon inntil 20 % i CO₂-ekv./kg slakt

(Skyldes redusert metan-utslipp og lavere slaktealder, ca. 2.5 mnd.)

NRF okser utgjør ca. 60 % av slaktene fra kombi melk/kjøtt, dvs. 36 000 tonn

Før forbedring grovfôr: 36 000 tonn * 17 kg CO₂-ekv./kg slakt = 612 000 tonn CO₂-ekv.

Etter: 36 000 tonn * 13.6 kg CO₂-ekv./kg slakt = 490 000 tonn CO₂-ekv.

NETTOREDUKSJON ≈ 120 000 tonn CO₂-ekv.

Okser fra ammekuproduksjonen, ca. 70 % av slaktene:

Før forbedring grovfôr: 14 000 tonn * 26 kg CO₂-ekv./kg slakt = 364 000 tonn CO₂-ekv.

Etter: 14 000 tonn * 20.8 kg CO₂-ekv./kg slakt = 291 000 tonn CO₂-ekv.

NETTOREDUKSJON ≈ 74 000 tonn CO₂-ekv.

SUM TOTALT REDUKSJON I UTSLIPP UNG OKSE: ≈ 200 000 tonn CO₂-ekv.

Tidsperspektiv: Langsiktig, mer enn 10 år. Avhengig av både virkemidler og klimatiske forhold for grovfôrproduksjon

Virkemidler: Rådgivingstjeneste og økt verdsetting av gras som fôr

SAMLET EFFEKT AV TILTAK 1A OG TILTAK 2: ≈ 370 000 TONN CO₂-ekv.

Som kan gjennomføres uten å redusere matproduksjonen.

TILTAK 3: Økt grovfôrqualität i melkeproduksjonen (Kap. 4.4)

Tiltaket: En gjennomsnittlig endring i norsk grovfôrqualität fra 0.8 → 0.9 FEm/kg TS

Forutsetninger: Melkeytelse pr. 2017 (8000 kg EKM) og 228 000 kyr, utslipp ca. 1 kg CO₂-ekv./kg EKM.

Volumproduksjon levert meieri: 1500 mill. liter Leverings %: 0.926

Total årlig produksjon: 1620 mill. liter ⇒ 1670 mill. kg melk (1kg=0.97 liter)

Effekt på utslipp pr kg. EKM: Reduksjon inntil 15 % i CO₂-ekv./kg EKM.

10 % reduksjon: 170 000 tonn CO₂-ekv.

15 % reduksjon: 250 000 tonn CO₂-ekv.

Tidsperspektiv: Langsiktig, mer enn 10 år. Avhengig av både virkemidler og klimatiske forhold for grovfôrproduksjon

Virkemidler: Rådgivingstjeneste og relativ økning i verdi av grovfôr

TILTAK 4: Redusert produksjonsintensitet i melkeproduksjonen (Kap. 4.2)

Tiltaket: Vi har sett på effekten av ulike utviklingstrender for melkeytelse/ku fram til 2030.

1) beregninger fra 2015 med basis i 2012 tall og 2) «nåtidsbeskrivelse» med 2018 tall og oppdaterte prognoser.

Begge forutsetter at slakt fra melkeproduksjon prioriteres og suppleres med slakt fra ammeku til markedsdekning oppnås. Melkeytelse/ku er en sentral driver mhp klimagassutslipp fra en samlet norsk storfenæring med kvoteordning for melk og markedsdekning som produksjonsmål for storfekjøtt. *Målet med disse eksemplene er å demonstrere de generelle effektene av dette.*

1) Forutsetninger (Kap. 4.2.1 og 4.2.2): 2012 prognose for befolkning 2030, Stortingsvedtak: Økt matproduksjon i takt med befolkningsvekst (2030: 110 000 tonn storfekjøtt, 1770 mill.liter melk). To nivåer for melkeytelse (kg energikorrigeret melk, EKM) per ku: 1A. Høy melkeytelse 2 % økning/år (10 700 kg EKM i 2030/0.88 kg CO₂ ekv./kg EKM) eller 1B. moderat ytelse 5 500 kg EKM/ku og 1.01 kg CO₂-ekv./kg EKM). NB: reduserte utslipp pr kg EKM med økt ytelse. Utslipp pr. kg slakt: 15,4 kg CO₂-ekv. fra melkekyr (vektet snitt av ku-kvige og ungokseslakt), 25,6 kg CO₂-ekv. fra ammekyr.

Resultat: Alternativ 1B hadde samlet 6 % lavere klimagassutslipp totalt enn alternativ 1A ved samme produksjonsvolum av melk og slakt når melk og alt slakt sees under ett. Dette til tross for høyere (15 %) klimagassutslipp fra melk. For slakt alene var effekten 16 % reduksjon i klimagassutslipp ved alternativ 1B i forhold til 1A. Tallene i % er uavhengige av produksjonsvolumet men avhengig av relativ fordeling av slakt fra melkekyr vs. ammekyr.

2) Forutsetninger (Kap. 4.3.4.): 2018 prognose for befolkning 2030 (lavere enn forutsatt i 2015-beregningene). Redusert forbruk av storfekjøtt (2030: 100 000 tonn storfekjøtt (17,4 kg slakt/person). Kun kvoteimport i 2030, norsk produksjon økt til 91 000 tonn. Melkeproduksjon levert meieri 1500 mill. liter. Tre nivåer for melkeytelse pr. ku: 0: Øker melkeytelse til 9000 kg EKM/ku, 1: Fryser ytelse på 8000 kg EKM (2018-nivå) eller 3: 6300 kg EKM (reduert til 2004 nivå). Konstant utslipp 1 kg CO-ekv./kg EKM. 2: Økt effektivitet kg slakt/mordyr i alternativ 1/2 og 3/2, hovedsakelig fra CO₂-ekv. fra ammekyr.

Resultat utslipp (CO₂-ekv.) fra storfekjøttproduksjon (melkekyr + ammekyr):

Alternativ	Utslipp fra kjøttproduksjon melkekyr + ammekyr (mill. tonn)	Differanse til alternativ 0 (tonn)
0	1, 953	
1	1,879	-74 000
1 og 2	1,872	-81 000
3	1,785	-168 000
3 og 2	1,775	-178 000

Samlet viser begge sett av beregninger at man kan oppnå betydelige reduksjoner i utslipp ved å redusere melkeytelsen pr ku, og øke kjøttproduksjonen fra disse. Ytterligere reduksjoner oppnås ved å øke kg slakt/mordyr (NB: i eksemplet her lavere økning i kg slakt/mordyr enn i TILTAK 2)

Tidsperspektiv og virkemidler: Tiltaket vil ha stor påvirkning på flere forhold knyttet til jordbrukets struktur, produksjon og politiske målsettinger. Eksemplene viser effekter av et gitt sett med endringer. Utover dette ingen ytterligere kommentarer.

TILTAK 5: Tilsetningsstoffer i fôret (Kap. 4.5)

Tiltaket: Tilsetning av metanhemmer i kraftfôr.

Forutsetninger: Alle melke- og ammekyr pluss voksne sauer får tildelt tilsetningsstoff som reduserer enterisk metanproduksjon med mellom 10 og 30% (uten negativ effekt på produksjonsresultater). Forutsatt dyretall og utslippsfaktorer i 2016.

Effekt på totalutslipp av metan

10% reduksjon: - 128 000 tonn CO₂-ekvivalenter

20% reduksjon: - 257 000 tonn CO₂-ekvivalenter

30% reduksjon - 385 000 tonn CO₂-ekvivalenter

Tidsperspektiv: Langsiktig. Ingen tilsetningsstoffer med denne konsekvente effekten over lang tid er godkjent for bruk i EU per d.d. Flere lovende tilsetningsstoffer på forskningsnivå, flere kan tilkomme i årene som kommer. Et prioritert forskningsområdet internasjonalt.

Virkemidler: Må gjennomgå grundig dokumentasjon (forskning) under norske forhold.

TILTAK 6: Husdyravl (Kap 3)

Tiltak: Reduksjon av klimagassutslipp via husdyravl kan gjøres både indirekte gjennom dettradisjonelle avlsarbeidet og direkte ved avl for redusert metanutslipp. Indirekte avl for reduserte klimagassutslipp er delvis overlappende med TILTAK 2 (økt kjøttproduksjon/mordyr).

Direkte avl for reduserte metanutslipp er sannsynligvis mulig via måling av metanproduksjon (ulike målemetoder er under utvikling og utprøving internasjonalt). Det er ikke gjort beregninger på potensialet for reduksjoner via direkte avl for redusert metanproduksjon. Dette vil avhenge av flere forhold, f.eks. arvelig variasjon og arvelige sammenhenger med andre viktige egenskaper (som foreløpig er ukjent), samt vektlegging i avlsmålet.

Tidsperspektiv: Langsiktig. Resultater fra GENOs prosjekt «Hightechfjøs» vil gi mer kunnskap innen få år.

Virkemidler: Direkte avl for metanutslipp må evt. tas inn i avlsmålet og gis tilstrekkelig vekt for å få fremgang (gitt at arvelig variasjon er til stede + uønskede sammenhenger med andre viktige egenskaper!!!). Pga økt vekt på melk senere år på NRF ser man nå en negativ utvikling på kjøttegenskapene, som er til hinder for gjennomføring av Tiltak 2. Avl for tilvekst og kjøttegenskaper i NRF populasjonen må gis tilstrekkelig vekt på for å hindre negativ utvikling. Avlsmålet for NRF fastsettes av GENOs medlemmer. Vektleggingen av enkeltegenskaper avhenger av bla. egenskapens økonomiske betydning, som igjen avhenger av rammebetingelser og virkemidler.

8. Referanser

- Aass, L., Harstad, O. M. og Hegrenes, A., 2014. Både mjølk og kjøtt- basert på norske ressurser? Buskap nr 6.
- Aass, L. og Harstad, O.M., 2015. Økt mjølk og kjøtt- basert på norske arealer? Buskap nr 4.
- Aass, L., Åby, B. A. og Harstad, O. M., 2015. Norsk mjølke- og kjøttproduksjon- hva nå? Buskap nr 8.
- Aass, L., Åby, B.A. & Harstad, O.M. 2016. The effect of increased production efficiency in beef production I: Cow population size. - Pp 208-208 in: EAAP, S.c. (ed.). Book of Abstracts of the 67th Annual Meeting of the European Association for Animal Production. - Wageningen Academic Publishers.
- Aass, L., og Åby, B. A., 2016. Melkeytelse, storfekjøtt og klimaavtrykk. Buskap nr 8.
- Abrahamsen, U., Uhen, A.K., Åssveen, M. og E. Olberg, 2007. Kvaliteten og dyrkningspotensialet for norske proteinrike kraftfôrråvarer. Husdyrforsøksmøtet, s 285-288.
- Agri Analyse m.fl. 2014. Økt matproduksjon på norske arealer. Rapport.
- Beauchemin, K. , Kreuzer, M., O'Mara, F.O. og McAllister, T. A., 2008. Nutritional management for enteric methane abatement: a review. Australian Journal of Experimental Agriculture, 48., 21-27.
- Benchaa, C., Calsamiglia S., Chaves, A. V., Fraser, G.R., Colombatto, D., McAllister, T. A. and Beauchemin, K.A., 2008. A review of plant-derived essential oils in ruminant nutrition and production.
- Bioforsk, 2015. Vurdering av klimatiltak i jordbruket. Beregnet reduksjon av klimagassutslipp av ulike tiltak innen 2050. Vol. 10 Nr. 24.
- Bonesmo, H., K. A Beauchemin, O.M. Harstad og A. O Skjelvåg, 2013. Greenhouse gas emission intensities of grass silage based dairy and beef production: A systems analysis of Norwegian farms. Livest. Sci., 152, 239-252
- Castro-Montoya, J., Peiren, N., Zweifel, B, Fievez, V. og De Campeneere.,2015. In vivo and in vitro effects of a blend of essential oils on rumen methane mitigation. Livestock Science, 180, 134-142.
- Capper, J. L., Cady, R. A. og Bauman, D.E., 2009. The environmental impact of dairy production: 1944 compared with 2007. Journal of Animal Science, 6 (1), 2160-2167.
- Debruyne, S., Peiren, N., Cattrysse, H., De Campeneere, S., De Keyser, E., Goossens, K., Fievez, V. og Vandaele, L., 2018. Early life supplementation of extruded linseed or and essential oil beld increases daily weight gain og Holstein youngstock resulting in earlier insemination, but does not change methane emissions. 10th International Symposium on the Nutrition of Herbivores 2018. Herbivore nutrition supporting sustainable intensification and agro-acological approaches. 2.-6. September 2018, Frankrike.
- De Haas, Y., Windig, J. J., Calus, M. P.L., Dijkstra, J., de Haan, M., Bannik, A. og Veerkamp, R. F., 2011. Genetic parameters for predicted methane production and potential for reducing enteric emissions through genomic selection. Journal of Dairy Science, 94:6122-6134
- Dijkstra J., Bannink, A., France, J., Kebreab, E og van Gastelen S. Short communication: Antimethanogenic effects of 3-nitrooxypropanol depend on supplementation dose, dietary fiber content and cattle type. Journal of dairy science, 101, 9041-9047.
- Duin, E. C., Wagner, T., Shima, S., Prakash, D., Cronin, B., Yanez-Ruiz, D., Duval, S., Rumbeli, R., Stemmler, R. T., Thauer, R. K. og Kindermann M., 2016. Mode of action uncovered for the specific

reduction of methane emissions from ruminants by the small molecule 3-nitrooxypropanol. PNAS 113 (22), 6172-6177.

EU, 2015: Report "Evaluation of the livestock sector's contribution to the EU GHG-emissions"

Garnsworthy, P.C., Craigan, J., Hernandez-Medrano, J. H., Saunders, N., 2011. Variation among individual dairy cows in methane measurements made on farm during milking. Journal of Dairy Science, 95:3181-3189

Guasch, I., Elcoso, G., Zweifel, B. og Bach, A., 2016. The effects of a blend of essential oils on milk yield and feed efficiency of lactating cows. Journal of Animal Science, 94, Supplement 5, 718-719.

Haisan, J., Sum Y., Guan, L. L., Beauchemin, K.A., Iwaasa, A., Duval, S., Barreda, D. R., Oba, M., 2014. The effects of feeding 3-nitrooxypropanol on methane emissions and productivity of Holstein cows in mid lactation. Journal of Dairy Science, 97, 3110-3119.

Haisan, J., Sun S., Guan, L., Beauchemin, K.A., Iwaasa, A., Duval, S., Kindermann, M., Barreda, D. R. og Oba, M., 2017. The effects of feeding 3-nitrooxypropanol at two doses on milk production, rumen fermentation, plasma metabolites, nutrient digestibility, and methane emissions in lactation Holstein cows.

Helsedirektoratet, 2015. Utviklingen i norsk kosthold. Rapport.

Hertzenberg, O. G., 2016. Importkjøtt gir dobbelt klimagassutslipp, Buskap nr. 5. Intervju med Laila Aass.

Hristov, A. N., Oh, J., Giallongo, F., Frederick, T.W., Harper, M. T., Weeks, H. L., Branco, A. F., Moate, P. J., Deighton, M. H., Williams, R. O., Kindermann, M. and Duval, S., 2015. An inhibitor persistently decreased enteric methane emission from dairy cows with no negative effect on milk production. PNAS, 112 (37), 10663-10668.

IPPC, 2006. Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories.

Jayanegara, A., Sarwono, K. A., Kondo, M., Matsui, H., Ridla, M., Laconi & Nahrowi, E. B., (2018). Use of 3-nitrooxypropanol as feed additive for mitigating enteric methane emissions from ruminants: a meta-analysis. Italian Journal of Animal Science, 17 (3), 650-656.

Kamman, C., Ippolito, J., Hagemann, N., Borchard, N., Cayuela, M. L., Estavillo, J. M., Fuertes-Mendizabal, T., Jeffrey, S., Kern, J., Novak, J., Rasse, D., Saarnio, S., Schmidt, H.P., Spokas, K. og Wrage-Mönnig, N., 2017. Biochar as a tool to reduce the agricultural greenhouse-gas burden- knows, unknowns and future research needs. Journal of Environmental Engineering and Landscape Management, 25 (2), 114-139.

Klop, G., Dijkstra, J., Dieho, K., W.H. Hendriks, Bannink, A., 2017. Enteric methane production in lactating dairy cows with continuous feeding of essential oils or rotational feeding of essential oils and lauric acid. Journal of Dairy Science, 100, 3563-3575.

Klop, G., van Laae-van Schuppen, S., Pellikaan, W.F., Hendriks, W. H., Bannik, A. og Dijkstra, J., 2017. Changes in in vitro gas and methane production from rumen fluid from dairy cows during adaption to feed additives in vivo. Animal, 11 (4), 591-599.

Knapp, J.R., G.L. Laur, P.A. Vadas, W.P. Weiss and J.M. Tricarico, 2014. Invited review: Enteric methane in dairy cattle production: Quantifying the opportunities and impact of reducing emissions. J. Dairy Sci. 97: 3231-3261

- Lee og Beauchemin, 2014. A review of feeding supplementary nitrate to ruminant animals: nitrate toxicity, methane emissions, and production performance. *Canadian Journal of Animal Science*, 94, 557-570.
- Lopes, J. C., Matos, L. F., Harper, M. T., Giallongo, F., Oh, J., Gruen, D., Ono, S., Kindermann, M., Duval, S. og Hristov, A. N., 2015. Effect of 3-nitrooxypropanol on methane and hydrogen emissions, methane isotopic signature, and ruminal fermentation in dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 99, 5335-5344.
- Martinez-Fernandez, G., Abecia, L., Arco, A., Cantalapiedra-Hijar, G., Martin-Garcia, A. I., Molina-Alcaide, E., Kindermann, M., Duval, S. og Yanez-Ruiz, D.R., 2014. Effects of ethyl-3-nitrooxy propionate and 3-nitrooxypropanol on ruminal fermentation, microbial abundance, and methane emissions in sheep. *Journal of Dairy Science*, 97, 3790-3799.
- Miljødirektoratet, 2014. Kunnskapsgrunnlag for lavutslippsutvikling. Rapport M229.345 s.
- Miljødirektoratet, 2018. Greenhouse Gas emissions 1990-2016. Annexes to NIR 2018. Rapport M-986, 272 sider.
- Pettersen, I., Grønlund, A., Stensgård, A. E. og Walland, F., 2017. Klimatiltak i jordbruk og matsektoren. Kostnadsanalyse av fire tiltak. NIBIO rapport, vol. 3, nr 85. 96 sider.
- Randby, Å.T., P. Nørgaard and M. R. Weisbjerg, 2010. Effect of increasing plant maturity in timothy dominated grass silage on the performance of growing / finishing Norwegian Red bulls. *Grass and Forage Sci.* 65:273-286
- Randby, Å.T., M. R. Weisbjerg, P. Nørgaard and B. Heringstad, 2012. Early lactation feed intake and milk yield responses of dairy cows offered grass silages harvested at early maturity stages. *J. Dairy Sci.* 95:304-317
- Rekdal, Yngve, 2014. I rapporten «Økt matproduksjon på norske arealer». Agri Analyse m.fl..
- Reynolds, C. K., Humphries, D. J., Kirton, P., Kindermann, M., Duval, S. og Steinberg, W., 2014. Effects of 3-nitrooxypropanol on methane emission, digestion, and energy and nitrogen balance of lactating dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 97, 3777-3789.
- Romeo-Perez, A., Okine, E.K., McGinn, S., Guan, L.L., Oba, M., Duval, S.M., Kindermann, M. og Beauchemin, K. A., 2014. The potential of 3-nitrooxypropanol to lower enteric methane emissions from beef cattle. *Journal of Animal Science*, 92, 4682-4693.
- Romeo-Perez, Okine, E.K., McGinn, S., Guan, L.L., Oba, M., Duval, S.M., Kindermann, M. og Beauchemin, K. A., 2015. Sustained reduction in methane production from long-term addition of 3-nitrooxypropanol to a beef cattle diet. *Journal of Animal Science*, 93, 1780-1791.
- Santos, M. B., Robinson, P. H., Williams, P. og Losa, R., 2010 Effects of addition of an essential oil complex to the diet of lactating dairy cows on whole tract digestion of nutrients and productive performance. *Animal Feed Science and Technology*, 157, (1-2), 64-71.
- Samsonstuen, S., B.A. Åby, P. Crosson, K. Beauchemin, H. Bonesmo and L. Aass, 2018. Farm scale modelling of greenhouse gas emissions from semi-intensive suckler cow beef production. Submitted *Agric. Systems*
- Saue, Oddmund, 1980. Foring av mjølkekyr. Kompendium. (Henviser til statistikk fra LS Årbok, 1962-82)
- Storlien, T. M. og Harstad, O. M., 2016. Tiltak i husdyrproduksjonen; Potensial for reduksjon i utslipp av lystgass og enterisk metan fra mjølkekepopulasjonen. Rapport M-471 | 2016. Miljødirektoratet, 14 s.

TYR, 2017. Årsmelding og regnskap 2017. 32 s.

Vyas, D., McGinn, S. M., Duval, S. M., Kindermann og Beauchemin, 2016. Effects of sustained reduction of enteric methane emissions with dietary supplementation of 3-nitrooxypropanol on growth performance of growing and finishing cattle. *Journal of Animal Science*, 94, 2024-2034.

Vyas, D., McGinn, S. M., Duval, S. M., Kindermann, M.K. and Beauchemin, K. A., 2016. Optimal dose of 3-nitrooxypropanol for decreasing enteric methane emissions from beef cattle fed high-forage and high-grain diets. *Animal Production Science*, 58 (6), 1049-1055.

Vyas, D., Alemu, A. W., McGinn, S. M., Duval, S. M., Kindermann, M. og Beauchemin, K.A., 2018. The combined effects of supplementing monensin and 3-nitrooxypropanol on methane emissions, growth rate, and feed conversion efficiency in beef cattle fed high-forage and high-grain diets. *Journal of Animal Science*, 96, 2923-2938.

Åby, B. A., Aass, L. og Harstad, O.M, 2015. Klimagassutslipp fra norsk melk- og storfekjøttproduksjon. Buskap nr. 8.

Åby, B.A. og Aass L., 2017. Stort potensial for reduksjon i klimagassutslippene. Buskap nr. 1

Åby, B.A., Crosson, P., Aass, L. & Harstad, O.M. 2016a. The effect of increased production efficiency in beef production II: Greenhouse Gas Emissions. - Pp 209-209 in: EAAP, S.c. (ed.). Book of Abstracts of the 67th Annual Meeting of the European Association for Animal Production. - Wageningen Academic Publishers.

Åby, B.A, Randby, Å.T., Aass, L., 2016b. Impact of superior silage quality on greenhouse gas emissions. International Fertiliser Society Agronomic Conference; 2016-12-08 - 2016-12-09

Åby, B.A., Å. Randby, H. Bonesmo and L. Aass, 2018. Impact of grass silage quality on greenhouse gas emissions from dairy and beef production. Accepted Grass and Forage Sci.

VEDLEGG 1.

[illegible]

VEDLEGG 2:

Effekt av Agolin Ruminant i følge produsenten Agolin Switzerland (hovedsakelig ikke fagfellevurderte publikasjoner)

	Antall dyr	Varighet	Forsøksregime	Mengde agolin	Effekt av Agolin Ruminant på					
					Melkeytelse	Melke-sammensetning	Tilvekst	Fôropptak	Fôreffektivitet	Metan
<u>Melkeku</u>										
Spania	40	8 uker	Maisbasert	1 g/dag	+5,1%	Ingen		Ingen	+8,7%	-
Spania	936		To år (2015 vs 2016) ble sammenliknet i 7 besetninger. Agolin ble gitt i 2016	-	+3,9%	-	-	-	-	-
Belgia*	4	8 uker	Grass- og maissilo,	1 g/dag		Høyere protein (trend)				Redusert (p=0,07)
England	149 (73 m/Agolin)	Nesten 6 mnd	Grass- og maissilo (75%)	1g/dag	+9,1% (ECM)	+9,1% fett +9,4% protein		+4,3% (gruppeninå)	+5,7%	-6% g/dag -19% g/kg melk
Frankrike	6	6 uker	Ad lib Maissilo, høy. Kraftfôr 1x/dag	1 g/dag	Ingen	-	-	-	-	-32% g/ku og dag -22% g/kg DMI -27% g/kg melk
Tyskland	160	6 mnd	Fullfôr m/ høy andel kraftfôr		Høyere (tendens)			Høyere		
<u>Kjøttfe</u>										
Tyskland	235	10 mnd	Grass- og maissilo	Ikke oppgitt	-	-	Høyere (5,2%)		Høyere	-20% (g/kg kroppsvekt)
<u>Sau</u>										
England	12 kastrater		50% høy, 30% bygg 10% soyamel	0,1 g/dag	-	-	Høyere (+9,3%)		-	-27% (liter/kg tilvekst)

VEDLEGG 2B:

Effekt av Agolin Ruminant på metanproduksjon og produksjonsresultater hos melkekyr og kjøttfe basert på in vivo forsøk (fagfellevurderte publikasjoner)

	Antall dyr	Varighet	Førings/forsøksregime	Mengde agolin	Effekt av Agolin på					
					Melkeytelse	Melke-sammensetning	Fôropptak	Fôreffektivitet	Metan	
Melkekyr										
Santos et al., 2010	621 kyr i tidlig laktasjon	2 mnd	Fullfôr (hvete- mais, alfalfa ++)	1 g/dag	Ingen for kg melk/dag +2% kg fett/dag	+2% fett%	-lavere (tendens)	-	-	
Castro-Montoya et al, 2015	4 melkekyr (seinlaktasjon)	8 uker (2 uker kontroll)	Ad lib grovfôr (46% silo av gras, 37% maissilo, TS-basis), tildeling av kraftfôr m/ Agolin 2x/dag	1 g/dag	Ingen	Ingen			Tendens til lavere (p=0,07) g/dag, g/kg TS, g/kg kroppsvekt	
Guasch et al., 2015	40 kyr (midtlaktasjon)	56 dager	Fullfôr, Agolin tildelt i soyamel 2x/dag	1 g/dag	-ingen totalt sett -høyere mellom 25 og 56 dg	Ingen	-ingen totalt sett -tendens til lavere mot slutten av studiet (p=0,06)	-Høyere slutten studiet	mot av -	
Klop et al., 2016	9 (midtlaktasjon)		Fullfôr 40% maissilo, 30% grassilo, 30% kraftfôr	1 g/dag	Høyere (EKM)	Høyere fett%	Høyere	-		
Klop et al., 2017	8 (midtlaktasjon)	10 uker	Fullfôr 40% maissilo, 30% grassilo, 30% kraftfôr (TS)	1 g/dag	Ingen	Ingen	Ingen		Ingen	
Kviger Debruyne et al., 2018	24	4 mnd m/agolin	Tildelt Agolin 2x/dag fra 0-4 mnd alder. Kvigene ble fulgt frem til de første ukene i første laktasjon	0,5 g/dag	-høyere tilvekst -1 mnd lavere alder v/første inseminering -Ingen effekt på innkalvingsalder eller melkeytelse i første laktasjon				Ingen	
Kjøttfe										
Castro-Montoya et al, 2015	4 kviger		Ad lib maissilo, tildeling av kraftfôr m/Agolin 1x / dag	1 g/dag	-	-	-	-	Tendens til lavere (p=0,07) g/kg kroppsvekt	

VEDLEGG 3A

Effekt av tildeling av 3-NOP på metanproduksjon og produksjonsresultater hos melkekyr

	Antall kyr	Laktasjonsstadie	Varighet	Fôringsregime	Dose 3-NOP g/dag	Effekt av 3-NOP på						
						Metan	Melkeytelse	Sammensetning av melka	av	Fôropptak/ Fôreffektivitet	Endring av kroppsvekt	
Reynolds et al., 2014	6	Midtlaktasjon	5 uker	Fullfôr (42% maissilo, TS-basis)	To nivåer (0,5 og 2,5)		Ingen	Høyere protein- og kasein% (høy dose)	og	Ingen		
Haisan et al., 2014	12	Midtlaktasjon	28 dager	Fullfôr m/ 38% grovfôr (TS-basis)	2,5)	-65%	Ingen			Ingen		
Hristov et al., 2015	48	Midtlaktasjon	14 uker	Fullfôr	3 ulike nivåer (1,12-2,24)	-30%	Ingen	Høyere protein% (p=0,07)		Ingen	Høyere	
Lopes et al., 2015	6	Seinlaktasjon	2 uker x2	Fullfôr	1,5	-31%	Ingen	Høyere fett%		Ingen	-	
Haisan et al., 2017	15	Midt-senlaktasjon	til 28 dager	Fullfôr (60% grovfôr på TS-basis)	2 ulike nivåer (1,25 og 2,5)	-22% (lav) -37% (høy)	Ingen	-		Ingen	Ingen	

VEDLEGG 3B:

Effekt av 3-NOP på metanproduksjon og produksjonsresultater hos kjøttfe

	Antall dyr i forsøket	Varighet, dager	Fôringsregime	Dose 3-NOP g/dag	Effekt av 3-NOP på		
					Metan	Fôropptak	Produksjonsresultater
Romeo-Perez et al., 2014	8 kviger	28	Fullfôr	0,4; 1,24; 2,5	-33% (2,5 g/d)	Redusert med høyere dose	-
Romeo-Perez et al., 2015	8 kviger	146	Fullfôr med 60% grovfôr (TS-basis)	2	-59%	Ingen	-
Vyas et al., 2016a	84 kviger	238 (105 dager «backgrounding», 105 dager «finishing»)	Fullfôr Backgrounding: 70% byggsilo, finishing:87% bygg	0,9; 1,63	-30% (høyeste dose backgrounding) -81% (høyeste dose finishing)	Lavere på høyeste dose	Lavere slakteprosent med høyeste dose Ingen forskjell i tilvekst
Vyas et al., 2016b	15 kastrater	28 dager (to perioder, som over)	Fullfôr Backgrounding:65% byggsilo, finishing: 76% bygg			Ingen	-
Vyas et al., 2018	240 kastrater, 60 i hver gruppe	238 dager (to perioder, som over)	Fullfôr Backgrounding: 65% byggsilo, finishing 87% bygg	200 (backgrounding) 125 (finishing)	-44% (backgrounding) -48% (finishing)	Lavere	Høyere gain:feed-ratio Ingen forskjell i eteatferd

VEDLEGG 3C Effekt av 3-NOP på metanproduksjon hos sau

	Antall dyr	Varighet	Fôringsregime	Dose 3-NOP g/dag	Effekt av 3-NOP på Metan
Martinez-Fernandez et al., 2014	9 voksne søyer, ikke drektige	30 dager	60% alfalfa høy og 40% havre, fôret to ganger om dagen	0,1	-16% (dag 30)