



NIBIO

NORSK INSTITUTT FOR
BIOØKONOMI

Klimagassutslepp frå gardsdrifta på Mære landbruksskole og aktuelle tiltak for å redusere utsleppa

«Nullutslippsgården Mære»

NIBIO RAPPORT | VOL. 7 | NR. 39 | 2021



Synnøve Rivedal¹ Ilevina Sturite¹ Bente Aspeholen Åby²

¹NIBIO avdeling Fôr og husdyr, ²NMBU

TITTEL/TITLE

Klimagassutslepp frå gardsdrifta på Mære landbruksskole og aktuelle tiltak for å redusere utsleppa.

FORFATTER(E)/AUTHOR(S)

Synnøve Rivedal, Ievina Sturite, Bente Aspeholen Åby

DATO/DATE:	RAPPORT NR./ REPORT NO.:	TILGJENGELIGHET/AVAILABILITY:	PROSJEKTNR./PROJECT NO.:	SAKSNR./ARCHIVE NO.:
11.05.2021	7/39/2021	Open	52058	20/00665
ISBN:	ISSN:	ANTALL SIDER/ NO. OF PAGES:	ANTALL VEDLEGG/ NO. OF APPENDICES:	
978-82-17-02788-1	2464-1162	35		

OPPDRAUGSGIVER/EMPLOYER:Trøndelag fylkeskommune v/Mære
landbruksskole**KONTAKTPERSON/CONTACT PERSON:**

Tove Jystad

STIKKORD/KEYWORDS:

Husdyrgjødsel, storfe, lystgass, metan, fangvekst

Manure, cattle, nitrous oxide, methane, catch
crop**FAGOMRÅDE/FIELD OF WORK:**

Jordbruk og klimagassutslepp

Agriculture and GHG-emissions

SAMMENDRAG/SUMMARY:

Gardsdrifta på Mære landbruksskole er kartlagt og effekt av tiltak for å redusere klimagassutslepp rapportert innanfor jordbrukssektoren er estimert. Utvida samandrag finn ein på side 4-5.

LAND/COUNTRY:

Norge

FYLKE/COUNTY:

Trøndelag

KOMMUNE/MUNICIPALITY:

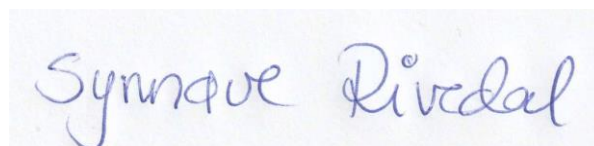
Steinkjer

STED/LOKALITET:

Mære

GODKJENT /APPROVED

MATS HÖGLIND

PROSJEKTLEDER /PROJECT LEADER

SYNNØVE RIVEDAL

**NIBIO**NORSK INSTITUTT FOR
BIOØKONOMI

Føreord

Denne rapporten er utarbeidd som del av oppdraget «Utredning av mulige tiltak og effekter av tiltak for å redusere klimagassutslipp fra gårdsdriften ved Nullutslippsgården Mære» på oppdrag av Trøndelag Fylkeskommune. NIBIO har hatt ansvar for oppdraget og NMBU har vore underleverandør. Synnøve Rivedal (NIBIO) har vore prosjektleiar og hatt ansvar for klimagassutslipp frå jordbruksareal ført under jordbrukssektoren (lystgass og metan). Ievina Sturite (NIBIO) har bidratt med utrekningar og vurderingar i forhold til karbonbalanse på jordbruksareal. Bente Aspeholen Åby (NMBU) har hatt ansvar for utrekningar og vurderingar av klimagassutslipp frå husdyr, her avgrensa til mjølkeku og ammeku. Forfattarane har ulikt skriftspråk, og ein finn derfor ei blanding av nynorsk og bokmål i rapporten.

Fureneset, 11.05.21

Synnøve Rivedal

Innhold

Sammendrag	5
1 Utslepp frå jordbruksareal og husdyrgjødsel	9
1.1 Kartlegging	9
1.1.1 Jordart og moldinnhald	9
1.1.2 pH og næringsstoff	10
1.1.3 Planteproduksjon	11
1.1.4 Vekstskifte	11
1.1.5 Jordarbeiding, kalking og såmengder	11
1.1.6 Registrert gjødsling 2019	11
1.1.7 Avlingar	13
1.1.8 Opplysingar brukt i Nitrogenmodellen for husdyrgjødsel	13
1.2 Utslepp frå dagens produksjon	15
1.2.1 Modellar brukt for å estimere utslepp	15
1.2.2 Utslepp frå husdyrgjødsel	15
1.2.3 Mineralgjødsel	16
1.3 Tiltak for å redusere klimagassutsleppa	16
1.3.1 Miljøvennleg spreiemetode	16
1.3.2 Tett tak på utandørs lager	17
1.3.3 Biogass	18
1.3.4 Auka beiting	19
1.3.5 Proteinføring	19
1.3.6 Fordeling av husdyrgjødsel	19
1.3.7 Redusert bruk av mineralgjødsel-N	19
1.3.8 Kalking	20
1.3.9 Kompostering av organisk avfall	20
1.3.10 Karbonbinding	21
1.4 Litteraturliste	23
2 Utslipp fra storfeproduksjon	24
2.1 Melkeproduksjon	24
2.1.1 Beregning av klimagassutslipp fra melkeproduksjonen (HolosNor)	24
2.1.2 Input til HolosNor	25
2.1.3 Klimagassutslipp melkeproduksjon	25
2.2 Ammekuproduksjonen	27
2.2.1 Beregning av klimagassutslipp fra ammekuproduksjonen (HolosNorBeef)	27
2.2.2 Input til HolosNorBeef	27
2.2.3 Klimagassutslipp fra ammekuproduksjonen	29
2.3 Tiltak for å redusere klimagassutslipp fra husdyrproduksjonene på Mære	30
2.3.1 Tiltak i melkeproduksjonen	30
2.3.2 Tiltak i ammekuproduksjon	32
2.4 Litteraturliste	35

Samandrag og tilrådingar

Det er gjort ei kartlegging av gardsdrifta på Mære landbruksskole. Data frå gardsdrifta er brukt til å estimere totale utslepp av lystgass (N_2O) og metan (CH_4) frå husdyrgjødsel, lystgass frå mineralgjødsel-nitrogen (N) og utsleppsintensitet i mjølke- og ammekuproduksjonen. Utslepp frå husdyrgjødsel er estimert ved hjelp av nitrogenmodellen og metanmodellen for husdyrgjødsel. Nitrogenmodellen er brukt i den nasjonale utsleppsrekneskapen for klimagassar (NIR 2020) medan metanmodellen vil bli tatt i bruk i 2021. Utslepp frå mineralgjødsel er estimert som i nasjonalt utsleppsrekneskap. Utslepp frå mjølkeproduksjonen er rekna ut med HolosNor-modellen og utslepp frå ammekuproduksjonen med HolosNorBeef-modellen. Med dei same modellane er det rekna på effekt av ulike tiltak for å redusere klimagassutsleppet frå gardsdrifta på Mære landbruksskole. Det er usikkerheit knytt til utsleppsfaktorane som ligg i modellane, og i nokon grad til nokre av aktivitetsdata lagt inn i modellane. Ein kan derfor ikkje sjå på estimata som absolutte tal.

Husdyrgjødsel

Totalt utslepp av lystgass og metan frå husdyrgjødsel på beite, i husdyrrom, frå lager og ved spreiiing på jordbruksareal er estimert til **328 tonn CO_2 -ekvivalentar per år**. Stripespreiing reduserer tapet av ammoniakk (NH_3) og dei indirekte utsleppa av lystgass frå husdyrgjødsel. Redusert ammoniakktap reduserer behovet for mineralgjødsel-nitrogen og dermed lystgassutslepp frå mineralgjødsel. Dagens praksis på Mære med 100% stripespreiing på åker og 80% på eng gir ein estimert reduksjon av lystgassutslepp på **13 tonn CO_2 -ekvivalentar per år**, tilsvarande **4%** av totale utslepp frå husdyrgjødsel.

Tett tak på utandørs gjødsellager reduserer utslepp av ammoniakk og metan, men aukar utsleppet av lystgass på grunn av auka skorpedanning. Total effekt på tett tak er estimert til i underkant av **7 tonn CO_2 -ekvivalentar per år**, tilsvarande **2%** av totale utslepp frå husdyrgjødsel.

Behandling av husdyrgjødsel i biogassanlegg reduserer utslepp av ammoniakk, lystgass og metan. Effekten av å behandle all blautgjødsel i biogassanlegg er estimert til **82 tonn CO_2 -ekvivalentar per år**, tilsvarande **25%** av totale utslepp frå husdyrgjødsel. Dette inkluderer ikkje eventuell substitusjonseffekt av å erstatte fossil brensel med biogass. Det er dette tiltaket som gjev størst effekt og bør utgreiast vidare i forhold til kostnad.

Tiltak som vil ha positiv effekt, men som ikkje er talfesta er: spreiiing av husdyrgjødsel under gunstige vêrforhold, unngå haustspreiing, fordele husdyrgjødsel på alt areal, men bruke mindre mengder på organisk jord og jord med høgt moldinnhald enn på mineraljord med lågt moldinnhald.

Fastgjødsel og organisk avfall bør utnyttast på ein betre måte enn i dag. Det er ikkje mogleg å estimere effekten av dette, men fleire forskingsprosjekt er i gang for å undersøke kva metodar som gjev best resultat i forhold til klimagassutslepp.

Mineralgjødsel

Effekt av redusert bruk av mineralgjødsel som følge av redusert ammoniakktap frå husdyrgjødsel inngår i husdyrgjødselutrekningane. Utover dette må ein vurdere korleis dette påverkar avlingane. Auka bruk av kløver i enga er positivt.

Andre agronomiske tiltak

Det er litt låg pH på ein del av skifta, noko som kan auke lystgassutsleppet. Det er viktig å ha fokus på dette framover i tillegg til å sørge for god drenering, lite jordpakking og gjødsling under gunstige vêrforhold. Auka bruk av beite og redusert proteinføring kan også vere positivt.

Karbonbalanse

Ein del av skifta på Mære er organisk jord eller tidlegare organisk jord som no er gått over til mineraljord med høgt moldinnhald. Her er det viktig å minimere omdanninga av det organiske materialet ved å dyrke eng i eit langvarig omløp, gjerne med isåing utan pløying.

På areal der ein dyrkar korn utan eng i vekstskiftet bør ein bruke fangvekstar. Fangvekstane reduserer avrenning av nitrogen og bind CO₂. På Mære er det estimert ein reduksjon på **11 tonn CO₂-ekvivalentar per år** ved bruk av fangvekstar på aktuelt areal.

Produksjon av biokol stabiliserer karbonet slik at det blir meir motstandsdyktig mot nedbryting. Levetida i jord kan vere rundt 100 år. Det er aktuelt å produsere biokol av organisk materiale som per i dag ikkje blir nytta på ein god måte. Potensiale for dette er ikkje rekna ut i denne rapporten, men det er fleire prosjekt på gang på Mære rundt produksjon av biokol.

Mjølkeproduksjon

Klimagassutslepp frå mjølkeproduksjonen vart utrekna med HoloNor-modellen, ein heilskapleg modell som er utvikla for norsk kombinert mjølk- og storfekjøttproduksjon. Utsleppsintensitetane per kg feitt- og proteinkorrigert mjølk (FPKM) i åra 2017-2019 varierte mellom **0,87 og 0,91 kg CO₂-ekvivalentar**. Dette er litt under gjennomsnittet basert på tidlegare analysar av norske besetningar, og dermed har Mære eit godt utgangspunkt. Aktuelle tiltak for å redusere klimagassutslepp frå mjølkeproduksjonen på Mære er auka grovførkvalitet kombinert med auka mjølkeyting, auka protein% i mjølka, samt bruk av tilsetningsstoff i fôret for redusert metanproduksjon frå vom (per no ikkje kommersielt tilgjengeleg). Eit «best case» scenario der alle tiltak er inkludert kan redusere klimagassutsleppet per kg mjølk med **12%** samanlikna med oppnådd resultat i 2019. Dette tilsvarar eit totalt potensiale for utsleppsreduksjon på rundt **46 tonn CO₂-ekvivalentar per år**. Auka mjølkeyting krev auka kraftfôrbruk og reduserer behovet for grovfôrareal, noko som må takast med i vurderinga.

Ammekuproduksjon

Klimagassutslepp frå ammekuproduksjonen vart utrekna med HoloNorBeef-modellen, som er tilpassa til norsk ammekuproduksjon. Klimagassutslepp per kg slakt på Mære (forutsett stabil besetningsstorleik) var **23 kg CO₂-ekvivalentar**. Dette er lågt samanlikna med tidlegare utrekningar av Hereford-besetningar. Aktuelle tiltak for å redusere klimagassutslepp frå ammekuproduksjonen er auka grovførkvalitet til oksar, høgare tilvekst/slaktevekt, redusert andel dødfødde og kreperte før 180 dagars alder. Potensialet i eit «best case», der alle tiltak (med unntak av høgare slaktevekt) blir kombinerte, er ein reduksjon i utsleppsintensiteten på **9%**. Dette utgjer et potensiale for utsleppsreduksjon på **7 tonn CO₂-ekvivalentar per år**. I tillegg er redusert innkalvingsalder og bruk av tilsetningsstoff aktuelle tiltak. Estimert effekt av høgste dose med tilsetningsstoff er **11 tonn CO₂-ekvivalentar per år**.

Tabell 1. Reduksjonspotensial for tiltak innanfor husdyrgjødsel, jordbruksareal, mjølkeproduksjon og ammekuproduksjon og totalt potensial for desse (tonn CO₂e per år)

Tiltaksområde	Tiltak	Reduksjonspotensial, tonn CO ₂ e per år
Husdyrgjødsel og jordbruksareal	Biogass	-82 ¹
	Stripespreiing	-13 ²
	Fangvekstar	-11 ¹
	Tett tak gjødsellager	-7
Mjølkeproduksjon	Økt protein%	-2
	Betre grovfôr, konstant yting	-14
	Betre grovfôr, økt yting	-22
	3-NOP	-27
	"Best case"	-24
	"Best case" +3-NOP ³	-46 ¹
Ammekuproduksjon	Dødfødsjar 0%	-2
	Kreper 180 dagar 0%	-4
	Betre grovforkvalitet	-6
	"Best case"	-7 ¹
	Auka slaktevekt/alder oksar	-4 ¹
	3-NOP låg dose	-2
	3-NOP høg dose	-11 ¹
Totalt reduksjonspotensial		161

¹Inngår i totalt reduksjonspotensial, ²Allereie i bruk, ³3-nitrooxypropanol (enzym-hemmar)

Total utsleppsreduksjon

Tabell 1 syner eit totalt potensial for utsleppsreduksjon for dei tiltaka som let seg kombinere på rundt 160 tonn CO₂-ekvivalentar per år. I dei modellane vi har brukt for utrekning har vi ikkje kunne rekna ut dei totale utsleppa på Mære, og vi kan derfor ikkje estimere ein prosentvis reduksjon. For å sette potensialet for utsleppsreduksjon inn i ein samanheng kan vi samanlikne med NLR sine utrekningar ved bruk av klimakalkulatoren. Her er dei totale utsleppa frå planteproduksjon, mjølk og gris rekna til rundt 1450 tonn CO₂-ekvivalentar per år. I klimakalkulatoren inngår utslepp frå innsatsfaktorar og karbonbalanse i jord, men utsleppa frå ammeku, sau og hest er ikkje med. Inkluderer vi utslepp frå ammeku, som er estimert til rundt 90 tonn CO₂-ekvivalentar per år i vår utgreiing, blir totale utslepp eksklusiv sau og hest på rundt 1550 tonn CO₂-ekvivalentar.

Prioritering av tiltak

1. Betre grovfôrkvalitet

Betre grovfôrkvalitet vil redusere metanutslepp frå mjølkeproduksjon og ammekuproduksjon med totalt rundt 20 tonn CO₂-ekvivalentar per år rekna ut frå produksjonsvolumet i 2019.

2. Stripespreiing av husdyrgjødsel

Halde fram med dagens praksis med stripespreiing av husdyrgjødsel har ein effekt på rundt 13 tonn CO₂-ekvivalentar per år.

3. Fangvekstar i korn

På areal der korn ikkje vert dyrka i vekstskifte med eng bør det brukast fangvekst. Effekten er estimert til rundt 11 tonn CO₂-ekvivalentar per år.

4. Andre agronomiske tiltak

Tiltak som ein ikkje klarer å estimere utsleppsreduksjonar for er likevel viktige. Døme på dette er god utnytting av husdyrgjødsel og anna organisk materiale, optimal pH, god drenering og lite jordpakking. Tiltaka bør uansett gjennomførast og vil ha effekt på klimagassutsleppa.

5. Andre tiltak i ammekuproduksjonen

Ingen dødfødde eller kreperte kalvar før 180 dagar bør vere ei målsetting. Dette er estimert til ein reduksjon på rundt 6 tonn CO₂-ekvivalentar per år.

6. Biogassanlegg for husdyrgjødsel

Biogassanlegg for husdyrgjødsel er tiltaket som har størst effekt i våre utrekningar med rundt 82 tonn CO₂-ekvivalentar per år. Tiltaket bør utgreiast nærmare i forhold til kostnad og effekt.

1 Utslepp frå jordbruksareal og husdyrgjødsel

1.1 Kartlegging

Oppdraget starta med eit besøk på Mære landbruksskole juni 2020 for å kartlegge ulike forhold som var nødvendige for å rekne på klimagassutslepp. I forkant av besøket vart det sendt ut eit skjema der ulike data skulle fyllast inn. Vi fekk tilgang til husdyrkontrolldata og data i skifteplan m.m. Det har elles vore kontakt mellom prosjektgruppa og tilsette på Mære med utveksling av ulike data.

1.1.1 Jordart og moldinnhald

Jordart og moldinnhald varierer i følgje jordanalysane analysert hos Eurofins mykje mellom ulike skifte på Mære (Tabell 1.1 og Figur 1.1).

Tabell 1.1. Oversikt over skifte med same jordart og moldklasse og pH for dei ulike skifta

Jordart	Skifte	Moldklasse	Utrekna pH-verdi
Siltig mellomsand	1 Kirkkia	3	6,0
	2 Låveskifte	3	5,8
	3 Kristineskifte	3	5,8
	10 Skifte 1	4	5,0
Lettleire	4 Sørhalla	1	5,8
	21 Andersskiftet 1,2,3	2	6,3
Siltig lettleire	16 Skifte 7	3	6,3
	19 skifte 10	3	5,6
	22 skifte 20	3	5,7
	22 skifte 22	3	5,7
Mellomleire	6 Vestmyra	3	5,9
	7 Klokkeråkere	2	5,8
	9 Austmyra	3	5,7
	18 Skifte 9	3	5,6
	22 Skifte 21	3	5,7
	24 Skifte 11	3	5,6
Mineralblanda moldjord	14 Skifte 6	5	5,2
Organisk jord	11 Skifte 2	7	4,6
	12 Skifte 3	7	4,8
	13 Skifte 4	7	5,2



Figur 1.1. Oversikt over jordartar og moldklassar på jordbruksarealet på Mære.

1.1.2 pH og næringsstoff

Jordprøvene er tatt i ulike år fram til 2018, og pH-verdiar er rekna ut på dei ulike skifta. pH- verdiane er usikre der jordprøvene er gamle, men generelt er pH litt låg (Tabell 1.2) . Tabell 2 viser optimale pH-verdiar for bygg etter jordart og moldinnhald (Eurofins). Dette er også gjeldande for grovfôrproduksjon. På skifte 1-3 er jordarten mellomsand og moldinnhaldet under 12. Optimal pH er her 5,8 og pH på skifta ligg innanfor dette. Skifte 10 har same jordart, men høgare moldinnhald, og optimal pH er her 5,6. Utrekna pH-verdi er her 5,0 og altfor låg. Store deler av arealet er leirjord med moldinnhald <12% som betyr optimal pH på 6,2. Mange skifter har litt låge pH-verdiar, men spesielt skifte 9, 24, 18, 19 og 22. På mineralblanda moldjord er optimal pH 5,8, medan pH på skifte 14 med denne jordarten er 5,2. På organisk jord er optimal pH 5,5. På skifta med denne jordarten ligg pH på Mære på 4,6-5,2.

Høgt innhald av leire og organisk materiale på mange av skifta gjer at jorda har stor bufferevne. Ein må gjerne opp i 120-150 kg kalk per daa for å heve pH med 0,1 eining. P-AL tala er høge med unntak av på organisk og mineralblanda moldjord og på skifte 22 og 24, og K-AL tala er middels til gode på alle skifte.

Tabell 1.2. Optimale pH-verdiar for bygg etter jordart og moldinnhald (Kjelde Eurofins)

Jordart	Humusinnhald			
	<12	12-20	20-40	>40
Sand	5,8	5,6		
Siltig sand og silt	6,0	5,8		
Leirjord	6,2	6,0		
Mineralblanda mold			5,8	
Organisk jord				5,5

1.1.3 Planteproduksjon

Totalt fulldyrka jordbruksareal på Mære er 1045 daa. I 2019 var det 451 daa eng, 75 daa gjenlegg, 90 daa bygg med gjenlegg, 120 daa bygg, 17 daa vårkveite, 162 daa grønfôr, 23 daa potet og 94 daa beite. I tillegg disponerer Mære 40-50 daa eige og 330 daa leigd innmarksbeite. Innmarksbeitet er inngjerda, men ikkje gjødsla. Skifte 21 og 22 (103 daa totalt) vart lagt om til økologisk drift i 1988, og fôret herifrå går til sauene. Fôr frå den konvensjonelle enga blir fordelt mellom mjølkeku og ammeku. Fulldyrka beite blir brukt til mjølkeku (skifte 4 og 7) og til hest (skifte 2). På innmarksbeitet går ungdyr av NRF, ammeku og sau. Om våren kjem eit stort antal kortnebbgås og beiter på enga. Gåsa gjer stor skade på førsteslåttsavlinga.

1.1.4 Vekstskifte

Det er brukt tre ulike vekstskifte etter jordart (Tabell 1.3). På den organiske jorda blir det dyrka berre eng som blir fornya kvart 3. til 4. engår ved gjenlegg i grønfôr. På grunn av beitinga av kortnebbgås varer ikkje enga lenger enn 3-4 år. På delar av mineraljorda er det eit vekstskifte med 3 år eng og 3 år korn, og på andre deler mineraljorda er vekstskiftet 2 år potet og 4 år med korn.

Tabell 1.3. Vekstskifte på Mære

Jord	1.år	2.år	3.år	4.år	5.år	6.år
Organisk jord	Gjenlegg i grønfôr	eng	eng	eng	eng	
Mineraljord	eng	eng	eng	korn	korn	korn
Mineraljord	potet	Potet	Korn	Korn	Korn	korn

1.1.5 Jordarbeiding, kalking og såmengder

Jordarbeiding skjer ved pløying, slodding og harving. Det blir kalka med 500 kg kalk/daa kvart 7.-10. år. Til eng blir det brukt 3 kg/daa Spire surfôr pluss 10. Det blir direktesådd med 1,5 kg/daa fleirårig raigras kvar vår. Såmengder korn i kg/daa er 22 for havre, 23 for bygg og grønfôr og 24 for vårkveite.

1.1.6 Registrert gjødsling 2019

Tabell 1.4 viser gjødsling med husdyrgjødsel og mineralgjødsel for ulike vekstar i 2019, i følgje utførte gjødslingar notert i skifteplan. Det økologiske arealet får berre husdyrgjødsel. Husdyrgjødsla er ikkje jamt fordelt på arealet.

Tabell 1.4. Gjødsling ulike vekstar i 2019

Vekst	Skifte, tal daa	Husdyrgjødsl	Mineralgjødsl
Bygg	1 Kirklia, 43 daa 6 Vestmyra, 77 daa	Vår: 0 Vår: 5 tonn	40 kg Fullgjødsl 25-2-6 15 kg Opti NS 27-0-0 (4S)
Bygg m gjenlegg	18 Skifte 9, 67 daa	Vår: 6 tonn	10 kg Opti NS 27-0-0 (4S)
Bygg øko m gjenlegg	22 (Ø) Skifte 21, 23 daa	Vår: 6 tonn	0
Vårkveite	Skifte 2 Låveskifte, 17 daa		45 kg Fullgjødsl 25-2-6
Grønfor	4 Sørhalla (1), 40 daa	Vår: 3 tonn Etter 1. sl: 0 Etter 2.sl: 0	35 kg 22-3-10 30 kg Opti NS 27-0-0 (4S) 20 kg Opti NS 27-0-0 (4S)
	10 Skifte 1 , 63 daa	Vår: 5 tonn Etter.1. sl: 0	10 kg Opti NS 27-0-0 (4S) 20 kg Opti NS 27-0-0 (4S)
	13 Skifte 4, 38 daa	Vår: 6 tonn Etter 1. sl: 6 tonn	10 kg Opti NS 27-0-0 (4S) 0
Grønfor øko	22 (Ø) Skifte 20, 21 daa	Etter 2.sl: 6 tonn Vår: 5 tonn Etter 1. sl: 5 tonn	0 0 0 0
Potet	14 Skifte 6, 23 daa	Vår: 4 tonn	50 + 30 kg Fullgjødsl 12-4-8 mikro
Eng	3 Kristineskifte, 25 daa	0	20+40 kg 22-3-10
	9 Austmyra, 96 daa 11 Skifte 2, 56 daa 16 Skifte 7, 84 daa 19 Skifte 10, 65 daa 24 Skifte 11, 79 daa	Vår: 5-6 tonn Etter 1. sl: 5-6 tonn Etter 2.sl: 5-6 tonn	20 kg Opti NS 27-0-0 (4S) 20 kg Opti NS 27-0-0 (4S)
Eng øko	21 (Ø) Andersskifte 1,2, 24 daa 22 (Ø) Skifte 22, 22 daa	Vår: 4 tonn Etter 1. sl: 4 tonn Vår: 6 tonn Etter 2.sl: 6 tonn	0 0 0 0
Gjenlegg u dekkvekst	12 Skifte 3, 46 daa	Vår: 6 tonn Etter 1. sl: 6 tonn	0 0
Gjenlegg i korngrønfor	15 Skifte 5, 29 daa	Vår: 6 tonn Etter 1. sl: 6 tonn	10 kg Opti NS 27-0-0 (4S)
Fulldyrka beite	2 Låveskifte 1, 26 daa 7 Klokkeåkere, 65 daa 23 Trekanten, 3,3 daa	0	30 kg 22-3-10 30 + 30 kg Fullgjødsl 22-3-10 + 20 kg OPTI-NS 27-0-0 (4S) 30 + 30 kg Fullgjødsl 22-3-10
Innmarksbeite	330 daa leige + 40-50 daa eige	Ikkje gjødsla	Ikkje gjødsla

1.1.7 Avlingar

Gjennomsnittsavlingar opplyst om på besøket var: eng 700 Fem/daa, fulldyrka beite 400 Fem/daa, bygg 450-500 kg/daa, kveite 500 kg/daa, havre 350-400 kg/daa, grønfôr 500 Fem/daa.

1.1.8 Opplysingar brukt i Nitrogenmodellen for husdyrgjødsel

1.1.8.1 Lagring av husdyrgjødsel

I mjølkekufjøset og grisejøset er det flyterenner. Grisejødsel blir først tappa til kjellar i ammekufjøset ved hjelp av vakuumsystem. Deretter blir grisejødsel og gjødsel frå ammekyr pumpa til utandørs lager utan tak (lagune). Gjødsel kjem inn i botnen på laguna. Gjødsel frå flyterenner i mjølkekufjøset blir også pumpa til lagune, men fylt frå toppen. Ny betongkum blir fylt frå laguna ein gang like etter nyttår og eit par gonger om sommaren. Total lagerkapasitet for flyterenner og gjødselkjellar er ca 1200 m³, lagune tek 5000 og ny betongkum 1500 m³. Total lagerkapasitet blir dermed 7700 m³. Dette er ofte for lite, og det blir leigd eit firma til å køyre vekk 1000 m³. NLR Trøndelag har rekna ut eit totalt lagerbehov på rundt 7200 m³ ved 12 mnd lagring. Viss dette stemmer skal det vere rikeleg lagerkapasitet og ikkje nødvendig å køyre vekk gjødsel. Det er peika på at ei mulig årsak til dette er at det kjem vatn inn i laguna. Det kan også vere at utrekningane for mengde gjødsel ikkje stemmer heilt med mengdene i praksis. Det er til dømes rekna med 50 mjølkekyr og 1,86 m³/ku og mnd. Tal årskyr ligg no på 54. I ei undersøking gjort på Vestlandet er det funne at det er sannsynleg med gjødselmengder på over 2,1 m³/ku og mnd ved ein avdrott på rundt 9000 l. Det er og mulig at estimatet for vatn både i mjølkekufjøset og grisejøset er mindre enn det som skjer i praksis.

I tillegg til denne gjødsel kjem talle frå kalvane, fastgjødsel frå hestane og gjødsel frå den økologiske saueproduksjonen. Gjødsel herifrå blir ikkje blanda med anna gjødsel og blir berre brukt på økologisk areal. I saueføsen er det gjødselkjellar for blautgjødsel og strekkmetall.

1.1.8.2 Fordeling av gjødsel på ulike lagersystem

Mjølkekyr har 16 veker beiteperiode, men er berre ute halve døgnet så i praksis blir det 8 veker. Andel gjødsel som blir **lagt på beite er estimert til 16%**. I husdyrrom er det rekna med **100% spaltegolv**. All gjødsel er blautgjødsel fordelt med **10% på gjødselkjellar med spaltegolv** (flyterenner) og **90% på utandørs lager**. Sjølv om det dannar seg skorpe på lagunen er det rekna at gjødsel i utandørs lager er lagra **utan dekke**. Dette er fordi utsleppsfaktoren for metan då stemmer betre med det som skjer i praksis. Det er mulig vi får ei overestimering av ammoniakktap og underestimering av lystgasstap ved å rekne på denne måten. Det blir ikkje danna skorpe på gjødsel i betongkummen, sannsynlegvis fordi det blir tappa frå botnen av laguna slik at tørrstoffprosenten er låg. Det blir ikkje skorpe på husdyrgjødsel med tørrstoff <1%.

Ammeku er på beite i 16 veker og det er estimert at andel **gjødsel lagt på beite er 31%**.

I husdyrrom er det rekna med **100% spaltegolv**. All gjødsel er blautgjødsel fordelt med **50% på gjødselkjellar med spaltegolv og 50% på kum** utan dekke. Gjødsel blir pumpa frå gjødselkjellar over i lagune.

Ungdyr omfattar både ungdyr frå mjølkeku og ungdyr frå ammeku. Beitetid er 16 veker og mengde gjødsel lagt på **beite 31 %**. Kalvane i mjølkekufjøsen går på talle i ca 4 mnd. Det er usikkert kor stor del dette, men har rekna med **10% talle og 90% blautgjødsel**. Sidan ein del av ungdya er frå ammeku er det rekna med at **50% av blautgjødsel er lagra i gjødselkjellar med spaltegolv og 50 % i utandørs kum** utan dekke.

For **gris** er det rekna med **20% fast dekke og 80% spaltegolv** i husdyrrommet utifrå kvar grisen legg frå seg gjødsel. Det er 100% blautgjødsel. Det er vakuumpumpgjødsling med 60 cm djupe renner under spaltegolvet. Tapping til gjødselkjellar i ammekufjøset kvar veke (sommar) til kvar 14. dag (vinter) hos slaktegris og kvar 14. dag (sommar) til kvar månad (vinter) hos smågris. Hyppigare tapping om

sommaren fordi det blir brukt meir vatn til avkjøling gjennom dyser i taket. Det er rekna at **50% av gjødsla blir lagra i gjødselkjellar med spaltegolv og 50% i utandørs lager utan dekke.**

For **sau** er det rekna med **44% beite for sau over 1 år** utifrå oppgitt beiteperiode på 160 dagar. For sau **under 1 år er det rekna med 85% beite**, som er det same som blir brukt i utrekningane på landsbasis. Sauefjøsene har gjødselkjellar og sauene går på strekkmetall og har liggeareal. Det er rekna med **100% blautgjødsla og open forbindelse** (same faktor som spaltegolv) mellom husdyrrom og fjøs.

For **hest** er det rekna med **50% beite**. Hestegjødsla blir lagra som **fastgjødsla med bruk av mykje sagflis og lagra ute.**

1.1.8.3 Spreiing av gjødsla

Gjødsla i utandørs lager har tørrstoffprosent på 4-4,5%. Det er dermed rekna med at **all blautgjødsla har 1 del eller meir vatn tilsett. 70% av gjødsla brukt på eng og 30% brukt på åker.**

På besøket vart det oppgitt at all eng blir gjødsla vår og sommar og halvparten av enga gjødsla om hausten. Av mengder på **eng: 60% vår, 30% sommar, 10% haust**. For **åker** er det oppgitt at **100%** av husdyrgjødsla blir gitt om **våren**. Det kan av og til vere litt haustspreiing med nedmolding, men det er ikkje lagt inn i modellen. I tillegg til blautgjødsla blir fastgjødsla frå kalvar på talle og hestemøkk spreidd med tørrgjødslspreiar på åkerareal. **Nedmolding** av all gjødsla på åker skjer **innan 4-12 timar**. Gjødsla blir spreidd etter pløying og bli nedmolda ved harving.

På åkerareal og mesteparten av engarealet blir blautgjødsla spreidd med stripespreiar. På noko av engarealet blir det brukt tankvogn **utan stripespreiing**. Det er estimert at dette utgjer ca **20% av gjødsla spreidd på eng.**

På besøket vart det peika på at fastgjødsla og talle gjerne ikkje vart utnytta på ein god nok måte. Det same gjaldt for organisk avfall, som fôrrestar og avfall frå veksthusproduksjon.

1.1.8.4 Dyretal og nitrogenmengde i gjødsla

Tabell 1.5 viser dyretal og mengde nitrogen produsert per år for dei ulike dyreslaga etter standardtal brukt i N-modellen. Kvige til påsett, kvige og okse til slakt omfattar både melkeku og ammeku. Dette er ikkje talet kviger til påsett i dag, men eit estimert tal utifrå kva som er rimeleg. I utrekningane for å få mengde nitrogen er det tatt omsyn til slaktealder m.m. slik at ein får total mengde nitrogen per år for ulike dyreslag. Dette er eit estimat for mengde nitrogen. I realiteten vil mengda variere med mange ulike forhold, særleg proteininnhald i fôr. Total produksjon av nitrogen er 24 tonn tot-N/år. Ein del av nitrogenet kjem i gjødsla som blir lagt på beite og ein sit igjen med rundt 20 000 kg tot-N/år som blir går gjennom gjødsla-handteringssystemet. Ser ein på gjødsla frå storfe og gris (som går til lagune), brukar normtal for N-innhald, korrigerer for TS% stemmer det ganske bra med ein total gjødsla-produksjon inkludert vatn på 7-8000 m³ per år.

Tabell 1.5. Tal husdyr og estimert mengde N per år for ulike dyreslag på beite og i husdyrgjødsellager

Dyreslag	Tal dyr	Total N i gjødsla tonn N per år	Tot-N beite tonn N per år	Tot-N lager tonn N per år
Melkeku	54	6,9	1,1	6,1
Ammeku	28	2,6	0,8	1,8
Kvige til påsett	40	3,5		
Kvige til slakt	4	0,3	1,2	3,0
Okse til slakt	6	0,4		
Purke	60	1,5		
Råne	2	0,05		
Smågris	2 300	3,2	0	8,7
Slaktegris	1 200	3,8		
Unggris til avl	14	0,1		
Hest	13	0,7	0,3	0,3
Sau over ett år	30	0,3	0,4	0,2
Sau under et år	30	0,2		
Totalt		24	4	20

1.2 Utslepp frå dagens produksjon

1.2.1 Modellar brukt for å estimere utslepp

Estimering av klimagassutslepp frå jordbruksareal og husdyrgjødsel er i hovudsak avgrensa til å gjelde utslepp under jordbrukssektoren og omfattar lystgass (N_2O) og metan (CH_4). N-modellen for husdyrgjødsel (Carbon Limits 2020a) er brukt for å estimere direkte og indirekte utslepp av lystgass frå husdyrgjødsel. Total nitrogenmengde i husdyrgjødsel blir rekna ut frå dyretal og standard tal for N-innhald i gjødsla per dyr og år (Tabell 1.5). Utslepp på beite, i fjøs, frå lager og spreining blir rekna ut etter beitetid, type fjøs (open eller tett forbindelse til lager), type lager og spreiemetode. Modellen er brukt i den norske utsleppsrekneskapen for klimagassutslepp (NIR 2020). Modellen kan brukast til å estimere effekt av å endre på praksis når det gjeld handtering av husdyrgjødsel, inkludert behandling av husdyrgjødsel i biogassanlegg. Metanmodellen for husdyrgjødsel (Carbon Limits 2020b) er brukt til å estimere metanutslepp frå lager. Modellen er bygd opp på same måte som N-modellen og kan brukast til å estimere effekt av ulike tiltak. Den er spesielt tilrettelagt for å rekne på effekten av å behandle gjødsla i biogassanlegg. Direkte og indirekte utslepp frå mineralgjødsla er rekna ut på same måte som i den nasjonale utsleppsrekneskapen.

1.2.2 Utslepp frå husdyrgjødsel

Totalt lystgassutslepp frå husdyrgjødsla på Mære er estimert til **0,57 tonn N_2O per år**. Dette omfattar både direkte utslepp frå lager, gjødsling og gjødsla lagt på beite og indirekte utslepp som følge av tap av nitrogen til luft og vatn. Sidan ammoniakktapet frå husdyrgjødsel er såpass stort at det kan påverke bruken av nitrogen frå mineralgjødsla er dette oppgitt. Totalt ammoniakktap frå husdyrgjødsla på Mære er estimert til rundt **6 tonn NH_3 per år**. Totalt metanutslepp frå husdyrgjødsla er estimert til **6,41 tonn CH_4 per år**. Til saman blir dei totale klimagassutsleppa frå husdyrgjødsla rekna til **328 tonn CO_2 -ekvivalentar per år** (Tabell 1.6).

Tabell 1.6. Estimerte utslepp frå husdyrgjødsel ved dagens produksjon på Mære (tonn per år)

	Husdyrrom og lager					Gjødsling jordbruksareal	Beitedyr	Totalt	CO ₂ e
	Tonn per år								
	Mjølkeku	Andre storfe	Sau	Gris	Hest				
NH ₃	1,28	0,93	0,04	1,55	0,07	1,77	0,34	5,97	
N ₂ O Direkte utslepp	0,003	0,014	0,001	0,02	0,003	0,27	0,11	0,42	124
N ₂ O Indirekte utslepp	0,05					0,08	0,02	0,15	44
CH ₄	1,69	1,61	0,05	2,99	0,04		0,04	6,41	160
Totale utslepp N₂O og CH₄ frå husdyrgjødsel									328

1.2.3 Mineralgjødsel

I 2019 vart det brukt 34,9 tonn mineralgjødsel med 8,9 tonn nitrogen totalt fordelt på ca 940 daa (9,5 kg/daa i gjennomsnitt). Direkte utslepp av lystgass frå mineralgjødsel er rekna til 0,14 tonn N₂O per år og indirekte utslepp som følge av N-tap til luft og vatn til 0,035 tonn N₂O per år. Totale lystgassutslepp frå mineralgjødsel-N blir 0,17 tonn N₂O, omrekna til rundt 52 tonn CO₂-ekvivalantar per år (Tabell 1.7).

Tabell 1.7. Estimert utslepp frå mineralgjødsel ved dagens produksjon på Mære (tonn/år)

	Mengde gjødsel	Mengde N	N ₂ O Direkte	N ₂ O Indirekte	N ₂ O totalt	Tonn CO ₂ e
Tonn per år						
Fullgjødsel 25-2-6	2,5	0,6	0,01	0,002	0,01	3,7
Fullgjødsel 22-3-10	7,7	1,7	0,03	0,007	0,03	9,9
Opti NS	23	6,2	0,10	0,024	0,12	36,3
Fullgjødsel 22-4-18	1,8	0,4	0,01	0,002	0,01	2,3
Totalt	34,9	8,9	0,14	0,035	0,17	52

Totale utslepp av metan og lystgass frå husdyrgjødsel og mineralgjødsel er rekna til **380 tonn CO₂-ekvivalantar per år**.

1.3 Tiltak for å redusere klimagassutsleppa

1.3.1 Miljøvennleg spreiemetode

Ved å bruke miljøvennlege spreiemetodar reduserer ein ammoniakktapet og dermed indirekte lystgassutslepp frå husdyrgjødsel. Det fører også til redusert behov for tilføring av mineralgjødsel-nitrogen. På Mære blir all blautgjødsel på åker og 80 % på eng spreidd med stripespreiar. Vi har rekna på kva det vil bety å gå frå **80 til 100% stripespreiing på eng**. Tabell 1.8 viser at reduksjonen i **ammoniakktap vil bli på ca. 130 kg** og behovet for mineralgjødsel-N på ca. 100 kg per år. Effekten

på utslepp frå husdyrgjødsel er estimert til 0,49 tonn CO₂-ekvivalentar. Direkte og indirekte utslepp av lystgass frå redusert bruk av mineralgjødsla er rekna å utgjere 0,64 tonn CO₂-ekvivalentar. Den totale effekten av å auke frå 80 til 100% stripespreiing på eng blir dermed **1,12 tonn CO₂-ekvivalentar** per år.

Tabell 1.8. Estimert effekt av å auke andel stripespreiing av husdyrgjødsel på eng frå 80 til 100% (tonn/år) med og utan effekt av redusert mengde mineralgjødsl-N.

	Utslepp 80% stripespreiing	Utslepp 100% stripespreiing	Effekt	Behov N	Effekt inkludert redusert gjødsling mineralgjødsl-N
<i>Tonn per år</i>					
NH ₃	5,974	5,842	-0,132		
N				-0,108	
N ₂ O	0,561	0,559	-0,002	-0,002	-0,19
CO ₂ e			-0,49	-0,64	-1,12

Den delen av enga som det ikkje blir brukt stripespreiing på er der ein er avhengig av å bruke tankvogn. Det er såpass liten effekt på utslepp av klimagassar at det sannsynlegvis ikkje er lønnsamt å investere i stripespreiingsutstyr for tankvogn. Det er interessant å rekne på effekten av **dagens spreiesystem på Mære i forhold til om det berre var brukt breispreiing**. Tabell 1.9 syner at ein sparer **1,5 tonn ammoniakk**, noko som fører til eit redusert behov for mineralgjødsl-N på 1,2 tonn. Effekten av reduserte utslepp frå husdyrgjødsel er estimert til 5,8 tonn CO₂-ekvivalentar og effekten av redusert behov for N-gjødsel til 7,3 tonn CO₂-ekvivalentar. Den totale effekten blir i overkant av **13 tonn Co₂-ekvivalentar** per år.

Tabell 1.9. Estimert effekt av dagens spreiesystem for husdyrgjødsel på Mære i forhold til 100% breispreiing (tonn/år) med og utan effekt av redusert mengde mineralgjødsl-N

	Utslepp 100% breispreiing	Utslepp 80% stripespreiing	Effekt	Behov N	Effekt inkludert redusert gjødsling mineralgjødsl-N
<i>Tonn per år</i>					
NH ₃	7,483	5,974	-1,509		
N				-1,243	
N ₂ O	0,581	0,561	-0,020	-0,024	-0,044
CO ₂ e			-5,8	-7,3	-13,1

1.3.2 Tett tak på utandørs lager

Husdyrgjødsel som er lagra i lagune og gjødslakum har ikkje tak. Som nemnt tidlegare er det observert skorpe på laguna, men ikkje på betongkum pga lågt tørrstoffinnhald i gjødsla. I dei første utrekningane rekna vi med naturleg flytedekke på utandørs lagring på grunn av skorpe. I N-modellen reduserer dette tapet av ammoniakk med 40% i forhold til utan skorpe, medan tett tak gjev 80% reduksjon. Tett tak som tiltak gav i utrekninga auka totale klimagassutslepp fordi ein reknar med auka direkte utslepp av lystgass på grunn av tjukkare skorpe, og denne auken var større enn dei reduserte ammoniakktapa sin klimaeffekt. Ei tjukkare skorpe vil redusere metanutsleppet, men dette er ikkje endå tatt omsyn til i metan-modellen. Vi valde derfor å rekne med at all gjødsl i utandørs lager i utgangspunktet ikkje har

noko dekke. Det er dermed mulig at utslepp av ammoniakk og metan er overestimert og lystgassutsleppet underestimert for dagens utslepp på Mære. Tabell 1.10 syner at estimert effekt av tak er redusert **ammoniakk tap på 938 kg/år** som fører til ein reduksjon i behov for **mineralgjødsele-N på 772 kg/år**. Lystgassutsleppet aukar, men metanutsleppet minkar slik at total effekt av tiltaket er estimert til **6,7 tonn CO₂-ekvivalentar** per år. Det er grunn til å merke seg at dette er svært usikre tal.

Tabell 1.10. Estimert effekt av tett tak på husdyrgjødsellager på utslepp av NH₃, N₂O og CH₄ med og utan effekt av redusert mengde mineralgjødsele-N

	Után tak	Med tak	Effekt av tak	Behov N	Effekt inkludert redusert gjødsele mineralgjødsele-N
<i>tonn per år</i>					
NH ₃	5,974	5,036	-0,938		
N				-0,772	
N ₂ O	0,561	0,629	0,068	-0,015	0,053
CH ₄	6,37	5,48	-0,89		
CO ₂ e			-2,14	-4,52	-6,7

1.3.3 Biogass

Behandling av husdyrgjødsle i biogassanlegg vil ha effekt på både utslepp av metan, ammoniakk og lystgass. Det er rekna på effekten av å behandle all blautgjødsele i biogassanlegg. Nitrogenmodellen estimerer redusert utslepp av ammoniakk på 793 kg NH₃ per år som gir eit redusert behov for mineralgjødsele-N på 653 kg. Redusert lystgassutslepp ved behandling i biogassanlegg er rekna til 9 kg N₂O per år. Metanmodellen estimerer ein reduksjon på 3 tonn CH₄ ved behandling i biogassanlegg. Totalt for lystgass og metan blir reduksjonen på 78 tonn CO₂-ekvivalentar. Legg ein til effekten av å redusere gjødselelinga med mineralgjødsele-N blir reduksjon 82 tonn CO₂-ekvivalentar (Tabell 1.11). I tillegg til dette kjem eventuell substitusjonseffekt av å byte ut fossil brensel med biogass. På grunn av forhold nemnt i kapittel 3.2 er også den utrekna effekten av behandling i biogassanlegg usikker.

Tabell 1.11. Estimert effekt av behandling av all blautgjødsele i biogassanlegg på utslepp av NH₃, N₂O og CH₄ med og utan effekt av redusert mengde mineralgjødsele-N

	Után biogass	Med biogass	Effekt av biogass	Behov N	Effekt inkludert redusert gjødsele mineralgjødsele-N
<i>tonn per år</i>					
NH ₃	5,974	5,180	-0,793		
N				-0,653	
N ₂ O	0,561	0,552	-0,009	-0,013	-0,022
CH ₄	6,37	3,36	-3,01		
CO ₂ e			-78,1	-3,8	-82

I bioresten vil ein større del av nitrogenet vere lettløyselig i form av ammonium og ein mindre del organisk. Ein kan tenke seg at meir nitrogen er plantetilgjengeleg og at ein dermed kan spare mineralgjødsele-N. Problemet er at dess meir ammonium dess meir utsett er ein for tap av ammoniakk

frå husdyrgjødsel. Biorest har dessutan høgare pH enn ubehandla husdyrgjødsel, noko som også aukar faren for ammoniakktap. Forsøk har vist at utnyttinga av nitrogenet i biorest kan auke i forhold til i ubehandla gjødsel dersom ein moldar ned gjødsla med ein gang eller brukar nedfelling (Nyord et al. 2012). Ved breispreiing og stripespreiing har ein ikkje fått denne effekten. Det blir ikkje danna skorpe på biorest, så lagring av biorest etter behandling i biogassanlegg må gjerast med tett tak.

1.3.4 Auka beiting

Dersom meir gjødsel blir lagt på beite blir ammoniakk- og metanutsleppet frå husdyrgjødsel redusert. Det direkte lystgassutsleppet frå gjødsla vil derimot auke, slik dette blir utrekna i dag. Det direkte lystgassutsleppet frå N i gjødsel frå storfe på beite har i dag ein høgare utsleppsfaktor (2%) enn frå N i gjødsel spreidd på jordbruksareal (1%). Ei auke i beitetida for mjølkeku gjev dermed auka klimagassutslepp totalt sett. I nye retningslinjer for utrekning av klimagassutslepp (IPCC 2019) er utsleppsfaktoren lik for lystgassutslepp frå gjødsel på beite og ved gjødsling av jordbruksareal, og auka beiting vil få positiv effekt. Dersom ein berre tek omsyn til metanutsleppet frå husdyrgjødsel betyr ei auka beitetid for mjølkeku frå 16 til 30% **0,28 tonn CH₄ eller 7 tonn CO₂-ekvivalentar** per år.

Det er usikkert om auka beitetid for mjølkeku er praktisk mogleg å få til i kombinasjon med mjølkerobot. Korleis auka beiting påverkar klimagassutsleppet i praksis er også avhengig av beiteforholda (dyretettleik, jord- og klimaforhold, gjødsling m.m.). Beiting vil også påverke utslepp av metan frå fordøyelsen til dyra (enterisk metan) og karbonbalansen i jord. Dersom grovfôr eller kraftfôr blir erstatta av utmarksbeite eller ugjødsla innmarksbeite utan at tilveksten går ned vil det ha positivt effekt på klimagassutsleppa. Total effekt av auka beiting er vanskeleg å estimere.

1.3.5 Proteinfôring

Dess høgare nitrogeninnhald i gjødsla dess meir fare for tap frå husdyrgjødsla. Nitrogeninnhald i gjødsla heng nøye saman med proteinfôringa. Vi har per i dag ikkje data for å vurdere dette, men det kan vere eit område for fokus framover.

1.3.6 Fordeling av husdyrgjødsel

Det ser ut til at skifta som er lettast å gjødsle med husdyrgjødsel i forhold til kvar husdyrgjødsellager er plassert, får størst mengde husdyrgjødsel. På enga blir det her brukt 5-6 tonn om våren, etter 1. slått og etter 2. slått og 4-5 tonn etter 2. slått, medan ein del skifter (1,2,3,7) ikkje får husdyrgjødsel. Gjødsla bør fordelast betre mellom skifta. Det er påpeika at dette i større grad blir gjort no etter at ein har skaffa seg tankvogn i tillegg til slangespreiar. Skifta 10-15 har moldklasse 4-7 og bør ideelt sett tilførast mindre husdyrgjødsel enn skifta med lågare moldinnhald i jorda. Betre fordeling av husdyrgjødsel er positivt for utnyttinga av nitrogen og karbonbalansen i jorda.

I følgje oversikt over utført gjødsling får enga like mykje husdyrgjødsel til dei tre slåttane (5-6 tonn/daa). Det er positivt å tilføre ein større del tidleg i sesongen sidan nitrogenet i husdyrgjødsla treng tid på omdanning og har best verknad ved tildeling tidleg i sesongen. Omdanning utover hausten er ikkje gunstig då plantene ikkje treng næring då, noko som gjev risiko for større tap. Det er også lågare temperatur om våren enn om sommar og haust, noko som er gunstig for tap av ammoniakk. Det er vanskeleg å rekne på kva ei betre fordeling av husdyrgjødsel mellom skifter og i sesongen har å sei for klimagassutslepp.

1.3.7 Redusert bruk av mineralgjødsel-N

Redusert bruk av nitrogengjødsel som følge av redusert ammoniakktap er rekna på i tiltaka for husdyrgjødsel. Reduksjon i forbruket av mineralgjødsel vil ha direkte effekt på lystgassutsleppet frå jordbruksareal. Det er usikkert om ein vil klare dette utan avlingsreduksjon. Å auke andelen kløver i enga er avgjerande for å halde oppe avlingane og kan verke positivt miljømessig. Ved gode veksevilkår

kan kløver fiksere meir enn 10 kg N/daa. Lystgassutsleppet blir redusert i vekstsesongen, men i ustabile vintrar kan også kløver vere kjelde til lystgass.

1.3.8 Kalking

Bruk av tradisjonelle kalkingsmiddel fører til CO₂-utslepp som inngår i jordbruket sitt klimagassutslepp. Det er ikkje rekna på CO₂-utslepp frå kalking her. Kalking må utførast som del av god agronomi. pH har stor effekt på lystgassutslepp frå jord. Tabell 1.12 viser Korsæth m.fl. (2019) sin samanheng mellom pH og risiko for N₂O -utslepp basert på Liu et al (2010). I følgje jordprøvene kan det sjå ut som at pH er for låg på mange skifter og kalking til høgre pH vil kunne redusere lystgassutsleppet. Ein bør likevel ikkje kalke til høgre nivå enn nødvendig, då dette kan føre til ei raskare omdanning av organisk materiale.

Tabell 1.12. Estimert risiko for utslepp av N₂O basert på samanheng mellom pH og andel N₂O av denitrifiserande utslepp basert på Liu et al. (2010)

pH	Andel N ₂ O ¹ %	Risiko for utslipp ²
5,2	80	1,12
5,3	77	1,08
5,4	74	1,04
5,5	72	1,00
5,6	69	0,96
5,7	66	0,92
5,8	63	0,88
5,9	60	0,84
6,0	57	0,80
6,1	54	0,76
6,2	51	0,72
6,3	49	0,68
6,4	46	0,64
6,5	43	0,60

¹ Andel N₂O i gassen fra denitrifikasjonsprosessen (N₂O/(N₂O+N₂)).

² Beregnet risiko for N₂O-utslipp for ulike pH relativt til risiko ved pH 5,5.

1.3.9 Kompostering av organisk avfall

Talle, fastgjødsele og anna organisk materiale blir brukt i åker, men kan gjerne utnyttast på ein betre måte. Betre utnytting kan redusere behovet for mineralgjødsele-N. Ved kompostering er det viktig at det blir gjort på rett måte for å unngå tap av klimagassar og ammoniakk. Når organisk materiale blir brote ned blir det frigitt CO₂, og når det blir brote ned heilt eller delvis anaerobt blir CH₄ og N₂O frigjort. Det finst ulike tekniske løysingar for dette. Reve Kompost på Jæren brukar til dømes air scrubber for å rense utsleppslufta for ammoniakk og deretter biofilter (Sande 2021). Elles er det prosjekt på gang som skal undersøke effekten av ulike måtar å kompostere på og bruk av tilsettingsstoff på utslepp av klimagassar. Dersom kompost kan brukast til å erstatte torvjord til oppal av planter er det grunn til å tru at dette vil ha ein positiv klimaeffekt.

1.3.10 Karbonbinding

1.3.10.1 Eng

Eng og beite dominerer på Mære og sikrer samtidig plantedekke året rundt. Både eng og beite bidrar til karbonlagring i jord mer enn ettårig vekster som korn og potet. Men en fjerdedel av engareal og beite ligger på organisk jord (myrjord). Jordbruksdrift på organisk jord fører til nedbryting av organisk materiale og utslipp av CO₂ og lystgass (IPCC 2014). Dette betyr at den agronomiske praksisen bør rettes mot å ta vare på organisk materiale i jorda. Lengre perioder mellom pløying og fornying av eng kan redusere disse prosessene. Forlenget alder på eng kan dermed være et godt tiltak.

Vinterskader/gås skader og endringer i botanisk sammensetning er årsaker for å velge fornying av eng. Disse skadene kan man reparere enten med direkte isåing eller med våtsåing, noe som blir gjort på Mære i dag. Resultater fra forsøk viser at flerårig raigras og rødkløver etablerer seg godt i etablert eng.

1.3.10.2 Korn

På Mære dyrkes det korn på ca 200 daa. Dyrking av korn inngår i vekstskifte med eng og en del bygg blir sådd med gjenlegg. 106 daa korn dyrkes konvensjonelt og uten gjenlegg. Forskning viser at korndyrking uten gjenlegg fører til tap av organisk materialet over tid. Det er påvist at dette kan rettes opp ved å bruke fangvekster.

Tradisjonelt er fangvekster benyttet for å ta opp nitrogen og dermed redusere tapene gjennom utvasking og avrenning, samt for å beskytte jorda om høsten og vinteren mot jord- og fosfortap (Reeves, 1994). De største tapene av jord og næringsstoffer til vann måles fra åpen åkerarealer med korn og grønnsaksvekster i Norge (Bechmann m.fl. 2017). Forsøk fra andre land viser at fangvekster kan være et tiltak for å kompensere for utslippene fra jordbruket ved å øke karbonbindingen i jordbruksjord. Rasse m.fl. (2019) påpeker i utredningsrapporten "Muligheter og utfordringer for økt karbonbinding i jordbruksjord" at fangvekster kan øke karboninnholdet i jorda betydelig i områder med mye åpen åker, og særlig i jord der det i utgangspunktet er et lavt karboninnhold (< 3 %). Kornåkrene på Mære ligger på jord med moldinnhold mellom 3-12,5% som tyder på at der er potensialet å øke karboninnholdet i jord.

1.3.10.3 Beregninger av klimagassreduksjoner

Karbonbinding

I rapporten til Bøe et al. (2020) blir et estimat på 24 kg/daa/år benyttet for å beregne reduksjon i CO₂-ekvivalenter som følge av økt karbonbinding i jord ved bruk av fangvekster. For hvert kg karbon som lagres i jorda reduseres 3,66 kg CO₂-ekvivalenter fra atmosfæren. Dette tilsvarer $24 \text{ kg/daa} * 3,66 = 88 \text{ kg CO}_2\text{-e/daa}$.

Karbonlagringseffekten er avhengig av at det etableres et godt plantedekke. Som følge av en avkortet vekstperiode er det i praksis vanskeligere å dyrke fangvekster som sås sent om sommeren/høsten enn om våren. Dersom det ikke produseres tilstrekkelig med biomasse reduseres karbonlagringseffekten.

Det er usikkerheter knyttet til hvor lenge karbonet lagres i jordaggregatene over tid. I realiteten vil en nå et metningspunkt som betyr at årlig karbonbinding vil avta over tid. Det antas at årlig karbonlagring i tiltaksperioden ikke avtar. Det er heller ikke tatt hensyn til stedsspesifikke variasjoner som opprinnelig karboninnhold i jorda.

Lystgass

Som et eksempel kan en beregne direkte utslipp av lystgass fra fangvekster basert på Li m.fl. (2015). Hvis man bruker blanding av raigras og kvitkløver som fangvekst blir årlig lystgassutslipp fra blandingen 83,5 g N₂O-N/daa (basert på dansk studie). Omregning fra lystgass-N til lystgass gir: $44/28 * 83,5 \text{ g N}_2\text{O-N/daa} = 131 \text{ g N}_2\text{O/daa}$. Til sammenligning gir areal i stubb et lystgasstap på 126 g

N₂O/daa i samme studie. Dette gir økte tap der fangvekster av gras og belgvekster blir benyttet sammenlignet med areal i stubb: 5,3 g N₂O/daa * 298 = -1,6 kg CO₂-e/daa.

Reduksjon av indirekte lystgassutslipp er basert på et estimat om redusert avrenningstap på 2 kg N/daa som følge av bruk av fangvekster som er basert på 11 studier på utvasking av nitrogen i de nordiske landene. Aronsson m.fl. (2016) rapporterte at fangvekster i korn reduserte utvasking av nitrogen med 48 % i snitt (om lag 2 kg/daa pr. år). For indirekte lystgassutslipp i avrenning er det benyttet utslippsfaktor 0,0075 (IPCC, 2006). Dette gir lystgassreduksjon tilsvarende 2 kg N/daa*0,0075 = 0,015 kg N₂O-N som omregnet blir 0,015 kg N₂O-N * 44/28 = 0,024 kg N₂O. Dette tilsvarer 0,024 kg N₂O * 298 = 7,152 7 kg CO₂-e/daa. Estimateret kan være noe høyt. Kaye & Quemada (2017) brukte 3 og 0 kg CO₂-e/daa/år for henholdsvis gras og belgvekster. Dersom innslag av belgvekster i fangvekstblandinger inkluderes kan muligens gjødslingsnivået reduseres og dermed også lystgassutslippene reduseres.

Tabell 1.13. Estimert klimagassreduksjon ved bruk av fangvekster på Mære. Beregningene er basert på kornarealer i 2020 og referanseverdier for CO₂ og lystgassutslipp per daa fra litteraturen.

Vekst	Areal (daa)	Jordtype	Mold-klasse	Min mold-innhold	Max mold-innhold	Estimert karbonlagring kg/daa	Estimert redusert CO ₂ -utslipp, kg CO ₂ e/år	Direkte (1,6 kg CO ₂ -e/daa) og indirekte lystgassutslipp (7,2 CO ₂ -e/daa) kg CO ₂ e/år	Total utslippsreduksjon tonn CO ₂ e/år
Bygg	46	Mellomleire	3	4,5	12,5	24	4048	331,2- 73,6= 257,6	4,3
Bygg	17	Siltig mellom-sand	2	3	4,5	24	1496	122,4 -27,2 =95,2	1,6
Vårkveite	43	Siltig mellom-sand	3	4,5	12,5	24	3784	309,6 – 68,8=240,8	4,0
Bygg Øko	13	Mellomleire	2	3	4,5	24	1144	93,6 – 20,8 = 72,8	1,2
Totalt									11,1

1.4 Litteraturliste

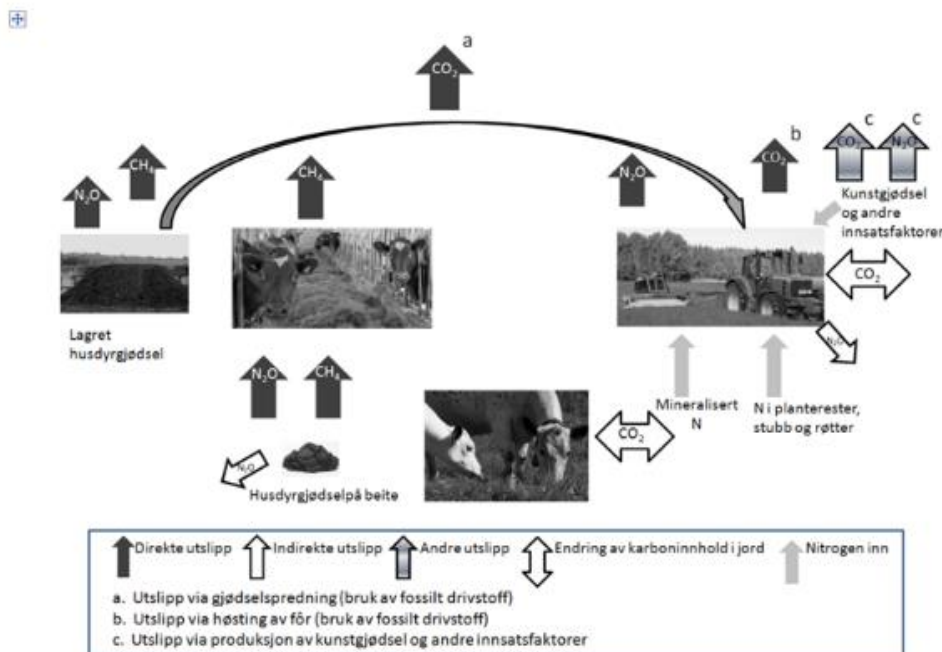
- Aronsson, H., Hansen, E. M., Thomsen, I. K., Liu, J., Øgaard, A. & Känkänen, H. 2016. The ability of cover crops to reduce nitrogen and phosphorus losses from arable land in southern Scandinavia and Finland. *71(1)*, 41-55.
- Bechmann, M., Stenrød, M., Greipsland, I., Hauken, M., Deelstra, J., Eggestad, H. O. & Tveiti, G. 2017. Erosjon og tap av næringsstoffer og plantevernmidler fra jordbruksdominerte nedbørsfelt. Sammendragsrapport fra Program for Jord- og vannovervåking i landbruket (JOVA) for 1992-2016.
- Bøe, F., Sturite, I., Lågbu, R., Hegrenes, A. og Ring, P:H: 2020. Fangvekst som klimatiltak i Norge. Egnet dyrkingsareal, potensiale for klimagassbesparelse, kostnader, barrierer og virkemiddel. NIBIO Rapport 6 (4): 50 s.
- Carbon Limits 2020a. Calculation of atmospheric nitrogen emissions from manure in Norwegian Agriculture. Technical description of the revised model. Project for Miljødirektoratet. M-1848|2020
- Carbon Limits 2020b. Greenhouse gas emissions from biogas production from manure in Norwegian agriculture. Technical description of the revised model. Project for Miljødirektoratet. M-1849|2020
- IPCC 2006. 2006 Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories.
- IPCC 2014. 2013 Supplement to the 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories: Wetlands, Hiraishi T et al. (Eds). Published: IPCC, Switzerland.
- IPCC 2019. 2019 Refinement to the 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories
- Kaye, J. P., & Quemada, M. 2017. Using cover crops to mitigate and adapt to climate change. A review. *Agronomy for sustainable development*, 37(1), 4.
- Korsæth, A., Lindgaard, H.J., Veidal, A., Asheim, L.J. 2019. Utbredelse og potensiell økonomisk og miljømessig nytteverdi med presisjonsjordbruk i Norge. NIBIO-Rapport 5 (41): 54 s.
- Liu, B., Mørkved, P.T., Frostegård, Å., Bakken, L.R., 2010. Denitrification gene pools, transcription and kinetics of NO, N₂O and N₂ production as affected by soil pH. *FEMS Microbiol. Ecol.* 72, 407e417.
- Li, X., Petersen, S.O., Sørensen, P., Olesen, J.E. 2015. Effects of contrasting catch crops on nitrogen availability and nitrous oxide emissions in an organic cropping system. *Agriculture, Ecosystems, Environment*. 199, 382-393.
- NIR 2020. Greenhouse Gas Emissions 1990-2018, National Inventory Report. Miljødirektoratet Report M-1643 | 2020
- Nyord, T., Hansen, M. N., & Birkmose, T. S. 2012. Ammonia volatilisation and crop yield following land application of solid-liquid separated, anaerobically digested, and soil injected animal slurry to winter wheat. *Agriculture, ecosystems & environment*, 160, 75-81.
- Rasse, D., Økland, I. H., Bárcena, T. G., Riley, H., Martinsen, V., Sturite, I.,.. & Budai, A. E. 2019. Muligheter og utfordringer for økt karbonbinding i jordbruksjord. NIBIO Rapport 5 (36): 93 s.
- Reeves, D.W. 1994. Cover crops and rotations. In *crops residue management*. Hatfield, J. L., Steward, B.A., Eds. *Advances in Soil Science*; Lewis Publishers: Boca Raton, Fl., 125-172.
- Sande, J.B. 2021. Prisivinnande kompost. *Bondevennen* nr. 1, 8. januar 2021, s 24-25.

2 Utslipp fra storfeproduksjon

2.1 Melkeproduksjon

2.1.1 Beregning av klimagassutslipp fra melkeproduksjonen (HolosNor)

Klimagassutslippene beregnes ved bruk av gårdsmodellen HolosNor (Bonesmo et al., 2013). Denne modellen er utviklet for norsk kombinert melk-kjøttproduksjon, og inkluderer de viktigste kildene til klimagassutslipp frem til gårdsgrinda. De direkte og indirekte utslippene av de viktigste klimagassene karbondioksid (CO_2), metan (CH_4) og lystgass (N_2O) beregnes fra vomgjæring, lagring og bruk av husdyrgjødsel, forbruk av innkjøpt energi, fôr og kunstgjødsel. I tillegg beregnes endring av karboninnhold i jord (nettotap eller lagring av karbon). En oversikt over modellen kan ses i Figur 2.1. 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. Utslippene beregnes hovedsakelig ved å bruke utslippsfaktorer fra FNs klimapanel, tilpasset til norske forhold hvor mulig. Klimagassutslippene allokteres (fordeles) på melk og slakt (okseslakt og ku+kvigeslakt). Det er per nå ikke noe systematisk okseoppdrett på Mære da oksekalvene hovedsakelig selges. I modellen regnes da et klimagassutslipp frem til oksekalvene er 100 kg som trekkes ifra slik at dette utslippet ikke fordeles til melkeproduksjonen.



Figur 1. Kilder for utslipp av klimagasser fra jordbruket (forenklet prinsippskisse etter Bonesmo & Harstad, 2013)

Figur 2.1. Forenklet prinsippskisse over HolosNor-modellen (Bonesmo og Harstad, 2013).

2.1.2 Input til HolosNor

Input for melkeproduksjonen ble basert på «Årsrapport buskap ku 2019» (TINE) for årene 2017-2019 kombinert med vurderinger fra ansatte på Mære (for eksempel grovførkvalitet og avlingsmengde). Mære har ikke Mjølkonomi. Tall for elektrisitet og drivstoff er ikke med i beregningene. Beiteperioden på Mære er 16 uker, men kyrne er, ifølge fjøsmester, inne omtrentlig halve dagen. Beiteperioden (som styrer fôropptak og dermed husdyrgjødsel deponert på beite) ble dermed satt til 8 uker, selv om det vil være store individuelle variasjoner her. Det er ikke okseoppdrett på Mære og det beregnes ingen utslipp fra dette ut over klimagassutslipp frem til avvenning av oksekalf ved 100 kg. Gjennomsnittlig grovførkvalitet over år ble vurdert til 0,85 FEm per kg TS. Det er ikke tatt hensyn til karbonbalansen i jord da dette er en del av NIBIOs oppdrag og det finnes ikke inputdata til modellen tilgjengelig for Mære (organisk karbon, vannholdig porevolum og temperatur i jord). Tabell 2.1 viser sentrale input brukt i beregningene i HolosNor.

Tabell 2.1. Sentrale input til HolosNor for Mære, sammenliknet med lands- og distriktssnitt samt Bonesmo et al. (2013)

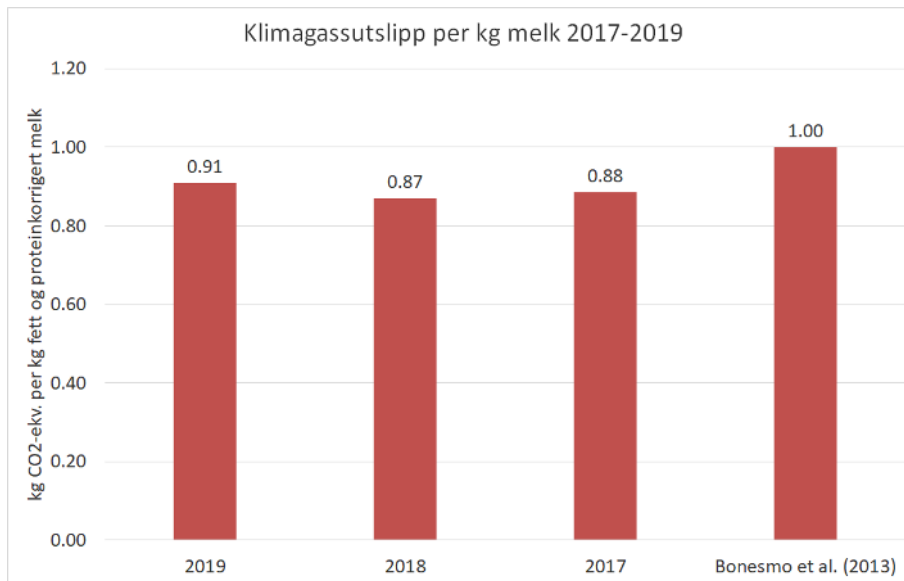
Input	Tall for Mære			Landet	Distrikt	Bonesmo
	2017	2018	2019	2019	2019	
Meierileveranse, l	397937	416416	391960			155033
Antall årskyr	50,8	53,8	53,6	28	30,3	25
Melkeytelse per årsku, kg EKM	8972	8683	7908	8602	8744	6324
Fett%, meierileveranse	4,23	4,46	4,43	4,39		4,11
Protein%, meierileveranse	3,38	3,50	3,40	3,47		3,40
Kg kraftfôr per 100 kg EKM	28	27	27	30	30	
Kg kraftfôr totalt*	1125118	122483	122028			44280
Tid på beite, %	15,4	15,4	15,4			30
Levendevikt kyr kg ^a	579	594	604	592	585	539
Slakteproduksjon ku og kvige	8568	9181	7627			3398
Engareal, daa	354	354	354			300
Innmarksbeite, daa	105	105	105			
Avlingsmengde, råvekt kg/dekar	2500	2500	2500			1825
Kunstgjødsel, kg per dekar	11,5	11,5	11,5			10

^aBeregnet ut fra slaktevekt og slakte% på 48%; *beregnet ut fra kg kraftfôr per 100 kg EKM, kg EKM per årsku og antall årskyr

2.1.3 Klimagassutslipp melkeproduksjon

2.1.3.1 Utslipp per kg melk

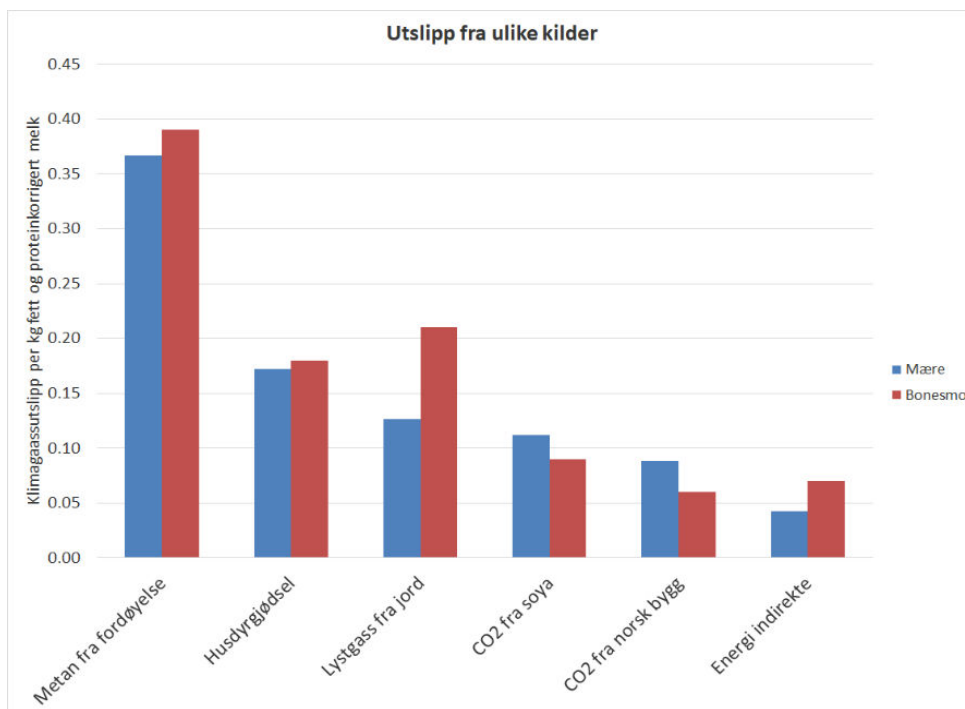
Klimagassutslippet per kg fett- og proteinkorrigert melk (FPKM) på Mære i årene 2017-2019 er vist i Figur 2.2. Det er liten variasjon mellom år. Utslaget er sannsynligvis hovedsakelig relatert til melkeytelsen per ku, som var høyest i 2018, og dermed gir lavest utslipp per kg levert FPKM. Klimagassutslippene per kg er lavere enn Bonesmo et al. (2013), som er et gjennomsnitt basert på beregninger av 30 norske kombibesetninger (direkte utslipp fra bruk av energi, dvs. drivstoff, er ekskludert for å gjøre tallene mer sammenliknbare med Mære).



Figur 2.2. Klimagassutslipp per kg melk for Mære i årene 2017-2019 sammenliknet med Bonesmo et al. (2013).

2.1.3.2 Klimagassutslipp fordelt på kilder

Figur 2.3 viser klimagassutslipp fordelt på ulike kilder for 2019. Metan fra fordøyelsen er den største utslippskilden (43%) etterfulgt av husdyrgjødsel (20%). Lystgass fra jord og CO₂ fra soya står for 11% hver. Sammenliknet med Bonesmo et al. (2013) skiller Mære seg ut med et lavere utslipp av lystgass fra jord per kg fett og proteinkorrigert melk.



Figur 2.3. Klimagassutslipp per kg melk fra ulike kilder, sammenliknet med Bonesmo et al. (2013).

2.2 Ammekuproduksjonen

2.2.1 Beregning av klimagassutslipp fra ammekuproduksjonen (HolosNorBeef)

Klimagassutslippene beregnes ved bruk av gårdsmodellen HolosNorBeef (Samsonstuen et al., 2019). Denne modellen er utviklet for norsk ammekuproduksjon, og inkluderer de viktigste kildene til klimagassutslipp, som beskrevet over. En viktig forskjell fra beregninger for kombinert melk- og kjøttproduksjon, er at alle klimagassutslippene fordeles på slakteproduksjonen, som vist i Figur 2.4. Om besetningen er under oppbygning, som mange norske ammekubesetninger er, vil dette føre til en relativt liten slakteproduksjon sett i forhold til utslipp fra mordyra og rekrutteringskvigene (=høye utslipp per kg slakt). Dette gir dermed ikke et godt innblikk i om besetningen driver effektivt eller ikke, dette vurderes bedre i en situasjon hvor besetningsstørrelsen er stabil, og det er slik beregningene i utgangspunktet gjøres i HolosNorBeef (Samsonstuen et al., 2019).

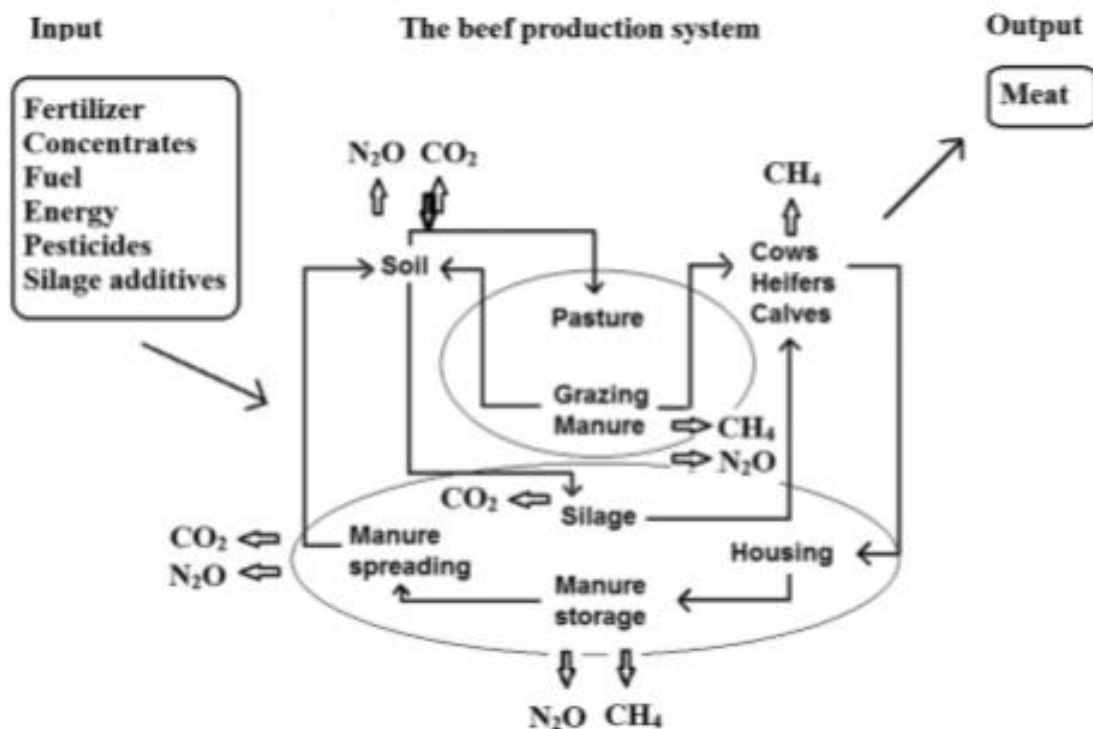


Fig. 1. The suckler cow beef production system.

Figur 2.4. Prinsippskisse over HolosNorBeef (Samsonstuen et al., 2019).

2.2.2 Input til HolosNorBeef

Klimagassberegningene for ammekuproduksjonen på Mære kompliseres av at det praktiseres både vår- og høstkalving i besetningen. Besetningen består av 28 ammekyr, hovedsakelig av renraset Hereford. Omtrentlig halvparten av kyrne kalver om våren og de vårfødte kalvene føres opp til slakt, mens de høstfødte kalvene selges. Grunnet dette samt begrensningene i omfanget av oppdraget er det valgt å kun gjøre beregninger for den delen av besetningen som har vårkalving. Mære opplyser at de vil gå over til kun høstkalving. Effektene av dette på klimagassberegningene antas å ikke være store så lenge det ikke påvirker det totale fôrforbruket og produksjonsresultatene betydelig. Andelen av ulike

fôrmidler i fôrrasjonen kan muligens påvirkes i retning av mer grovfôr og mindre beite enn forutsatt i beregningene presentert her. I beregningene forutsettes besetning på 14 mordyr. Input til beregningene er hovedsakelig basert på årsrapporter fra Storfekjøttkontrollen og ansatte på Mære samt standardtall i HolosNorBeef-modellen (for eksempel anslag for melkeytelse). Det ble registrert vektorer på få dyr i besetningen i 2019, og det ble kun veid kvigekalver. Et estimat for oksekalver ble derfor basert på forskjellen mellom okser og kviger i storfekjøttkontrollen (Animalia, 2020). Det ble ikke slaktet noen kyr (i slaktekategori ku) i 2019, men det ble slaktet 6 kyr i kategori ung ku. Det ble benyttet to ulike måter å beregne klimagassutslippene på: 1) basert på faktisk slakteproduksjon og 2) forutsatt stabil besetningsstørrelse (=balanse mellom antall slaktede kyr og behov for rekrutteringskviger, som gir noe høyere slakteproduksjon). Det er forutsatt samme grovfôr kvalitet og gjødslingsregime som brukt i melkeproduksjonen (Tabell 2.1). Areal brukt til ammeku ble beregnet ut fra totalt engareal (ekskludert økologisk areal brukt til sau) trukket fra areal brukt til melkeproduksjonen (Tabell 2.1). Dette ble så halvert for å reflektere at halve besetningen kalver om våren. Som nevnt over, blir det ikke tatt hensyn til eventuell karbonlagring i jord da vi ikke har inputdata til modellen tilgjengelig for Mære (organisk karbon, vannholdig porevolum og temperatur i jord). Tabell 2.2 oppsummerer de viktigste input til HolosNorBeef, sammenliknet med gjennomsnittlige resultater i Storfekjøttkontrollen for Hereford i 2019 samt Herefordbesetningene i Samsonstuen et al. (2020a).

Tabell 2.2. Viktige input til HolosNorBeef for Mære, sammenliknet med resultater for Storfekjøttkontrollen og Samsonstuen et al., 2020a

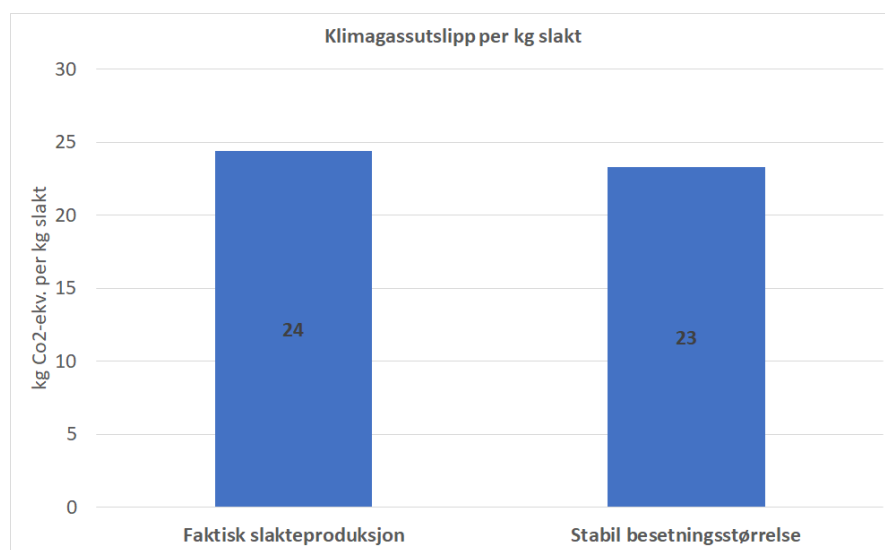
Input	Mære 2019	Storfekjøttkontrollen 2019 (Hereford)	Samsonstuen et al. 2020a (9 Hereford-besetninger)
Levendevekt ammeku, kg	650		600
Antall ammekyr	14		32
Kalvingsintervall, mnd	11,9	12,5	
Kalver per årsku	1,11	1	1
Innkalvingsalder, mnd	29	25,9	25,1
Dødfødsler, %	3,2	3,6	3,19
Kreperter før 180 dager, %	6,7	3,3	0,57
Tvilling%	0	1,9	3,44
Oksekalv			
Fødselsvekt, kg	43,39	41,5	42
200-dagersvekt, kg	281,2	270	281
365-dagersvekt, kg	459	467	461
Slaktevekt, kg	238	292	291
Slaktealder okser	11,2	16,5	16,5
Kvigekalv			
Fødselsvekt, kg	41,29	39,4	40
200-dagersvekt, kg	262,2	251	247
365-dagersvekt, kg	380	388	355
Slaktevekt, kg	205	204	196
Slaktealder, mnd	16,4	16,9	17,6
Slakteproduksjon, kg ¹	3615		
Engareal, dekar	40		

¹5 ungoxer med slaktevekt 238 kg, en okse på 168 kg, to kviger på 205 kg, 6 ung ku 308 kg

2.2.3 Klimagassutslipp fra ammekuproduksjonen

2.2.3.1 Klimagassutslipp per kg slakt

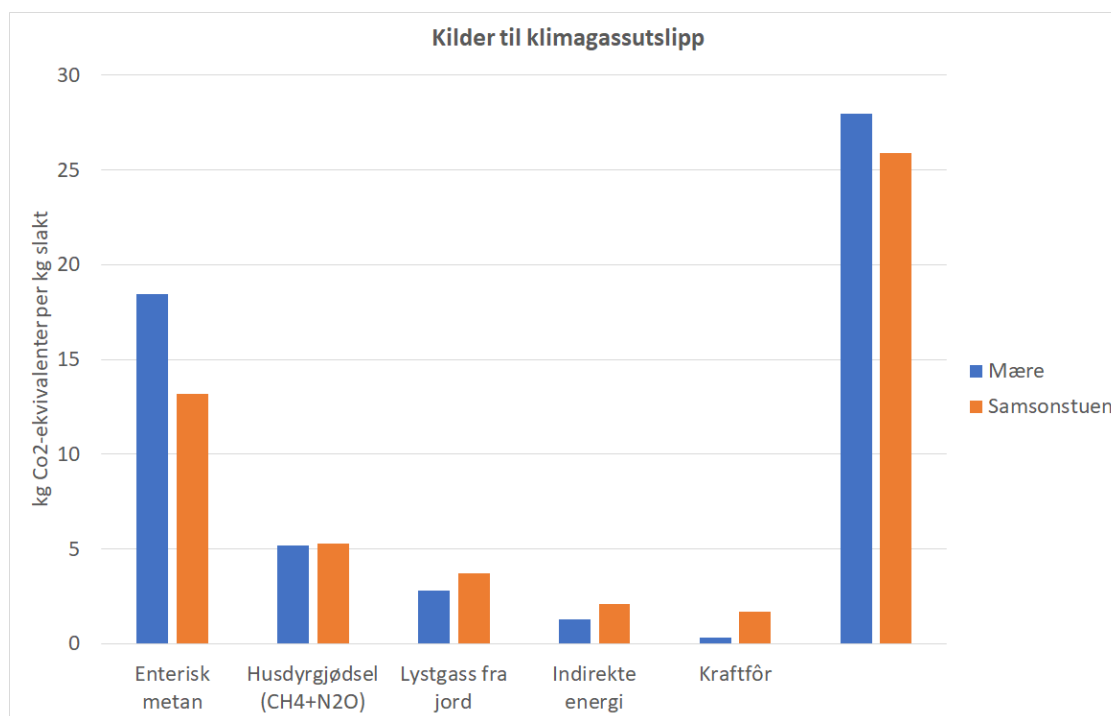
Klimagassutslippet per kg slakt, både beregnet ut fra faktisk slakteproduksjon og beregnet produksjon gitt en stabil besetningsstørrelse er vist i Figur 2.5. Forutsatt en stabil besetningsstørrelse, har Mære en utslippintensitet på 23,30 kg CO₂-ekvivalenter per kg slakt. Samsonstuen et al. (2020a) beregnet klimagassutslipp fra 9 Herefordbesetninger med stor geografisk spredning og fant at gjennomsnittlig klimagassutslipp per kg slakt var 25,91 kg CO₂-ekvivalenter, med variasjon fra 24,36 til 28,9 (karbonbalansen i jord og bruk av direkte energi ekskludert for å gjøre resultatene sammenliknbare med Mære) (se Tabell 2.2). Disse tallene ble beregnet for en stabil besetningsstørrelse. Resultatene for Mære er dermed meget bra.



Figur 2.5. Klimagassutslipp per kg slakt for ammekuproduksjonen på Mære.

2.2.3.2 Klimagassutslipp fra ulike kilder

Figur 2.6 viser klimagassutslipp fordelt på ulike kilder. Metan fra fordøyelsen er den største utslippskilden (61%) etterfulgt av husdyrgjødsel (21%) og lystgass fra jord (11%). Sammenliknet med de 9 Hereford-besetningene i Samsonstuen et al. (2020a) har Mære et noe høyere utslipp fra enterisk metan per kg slakt, dette har sannsynligvis sammenheng med en lavere slakteproduksjon per ku på Mære, og høyere voksenvekt på kyr (Tabell 2.2). De 9 besetningene i Samsonstuen et al. (2020a) hadde høyere utslipp fra lystgass fra jord (grunnet høyere forbruk av N gjødsel), indirekte energi og kraftfôr.



Figur 2.6. Klimagassutslipp per kg slakt fordelt på ulike kilder.

2.3 Tiltak for å redusere klimagassutslipp fra husdyrproduksjonene på Mære

Det gjøres oppmerksom på at dette ikke er et forsøk på å gi et nøyaktig estimat på klimagassreduksjoner, men må anses som anslag. Agronomiske tiltak for redusert klimagassutslipp blir undersøkt og kvantifisert av NIBIO.

2.3.1 Tiltak i melkeproduksjonen

2.3.1.1 Produksjonsresultater

En gjennomgang av produksjonsresultatene for 2019 (Tabell 2.1 og Årsrapport buskap ku 2019) viser at resultatene jevnt over er meget bra. Ytelsen per årsku er høyere enn både lands- og distriktssnittet i 2017/2018 mens den er lavere i 2019. Den høyere melkeytelsen i 2018 sammenliknet med 2019 tilskrives økning i forholdstallet på melkekvote i 2018. Fettprosenten i melka er høyere enn landssnittet, mens proteinprosent er noe lavere. Helsestatusen i besetningen er god, hvor nivået for celletall, infeksjonsnivå, helbredeshastighet, mastitt-tilfeller, ketose-, melkefeber- og reproduksjonsbehandlinger er alle bedre enn både lands- og distriktssnitt. På den andre siden er tap av kalv under 6 mnd og kyr noe høyere. Besetningsstatus er per nå rød da det ble påvist Bovint Coronavirus (BCOV) i 2019. Ifølge Mære har dette imidlertid ikke påvirket kalvetapet i 2019. Høyt kalvetap vil kunne slå ut med lavere kalve/slakteproduksjon i andre enden (men påvirker ikke estimatene for melk for 2019). Fruktbarheten i besetningen (FS-tall på 67) kan klassifiseres som middels, men er høyere enn landsgjennomsnittet. Lav innkalvingsalder (under 24 mnd), kalvingsintervall (12 mnd) og lavt antall dager fra kalving til første/siste inseminasjon er positivt for FS-tallet. Det kan imidlertid se ut som om det er noe problemer med omløp i besetningen. Den største nedgangen i «ikke-inseminert på nytt» er størst mellom 14 til 28 dager. Dette tyder på at en del kyr ikke har blitt drektige etter første inseminering. Det er også slaktet ut noen kyr på grunn av dårlig

fruktbarhet i besetningen. Kvigene (2 stk) som ble slaktet i besetningen hadde noe lav tilvekst og klassifisering i 2019, men dette har ikke vært påfallende i tidligere år. Disse kvigene ble ifølge Mære slaktet pga beinproblematikk. Slakteresultatene på ung ku og ku er gjennomsnittlig.

Grovfôrkvaliteten i besetningen kan sies å være gjennomsnittlig (0,85 FEm/kg TS).

2.3.1.2 Aktuelle tiltak

I beregningene er det forutsatt av dagens (2019) meierileveranse holdes konstant (391960 liter). Dette gjør at dyretall, arealbruk etc. kan endre seg for de ulike tiltakene ved for eksempel endret melkeytelse per ku.

Økt proteinprosent i melka: økes fra dagens 3,40 til landsnittet på 3,47%. Dette øker totalt produsert fett- og proteinkorrigert melk (FPKM) fra 414 730 kg til 416 556 kg.

Økt grovfôrkvalitet: det er et potensiale for å øke grovfôrkvaliteten noe. Et realistisk mål kan være å øke grovfôrkvaliteten til 0,90 FEm/kg TS. Dette kan redusere klimagassutslipp ved to ulike mekanismer: lavere metanproduksjon fra vomma grunnet høyere fordøyelighet eventuelt kombinert med høyere ytelse (=flere kg melk å fordele klimagassutslippene på). Det er sett på to ulike innfallsvinkler: konstant melkeytelse per årsku (2019-nivå) og økt melkeytelse (9500 kg EKM). Økt grovfôrkvalitet som følge av tidligere høstetidspunkt kan føre til lavere avlingsmengder, men dette er ikke hensyntatt i beregningene. Dette vil si at effekten kan være noe overestimert. På den andre siden har Avlingskampen vist stort potensiale for å øke avlingsmengden, så at det ikke er noen absolutt sammenheng her.

Økt grovfôrkvalitet med konstant ytelse: økt grovfôrkvalitet gir et redusert behov for kraftfôr, alle andre input holdes konstante.

Økt grovfôrkvalitet kombinert med økt ytelse: ytelsen forutsettes økt til 9500 kg EKM (tilsvarer ca 8865 liter). Antall årskyr som da må til for å fylle melkekvoten er lavere enn i 2019, som igjen påvirker arealbehov, samt antall rekrutteringskviger og slakteproduksjon. Kraftfôrforbruket ble basert på Volden (2012). Alle andre input ble holdt konstant.

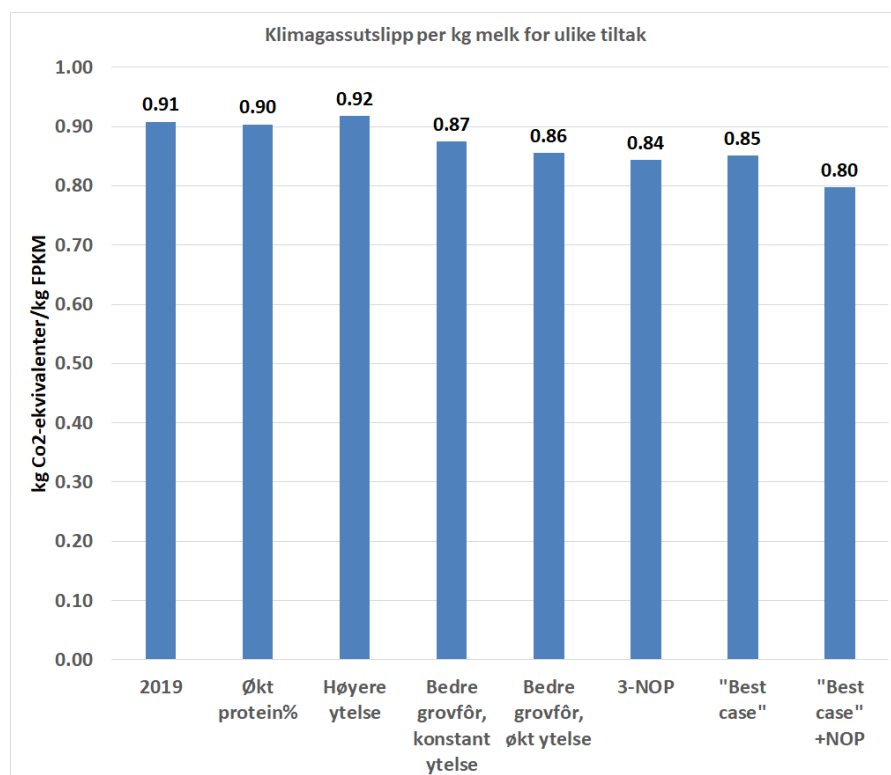
Tilsetningsstoffer: Ulike tilsetningsstoffer finnes for å redusere metan fra fordøyelsen, hvor et av de mest lovende er 3-NOP (Aass og Åby, 2018). Dette har vist å redusere dannelsen av metan fra fordøyelsen betydelig. For å beregne et grovt anslag av effekten av tilsetningsstoffet ble det forutsatt en reduksjon av metan fra fordøyelsen på 21% per kg melk (dose 100 mg/kg TS) basert på Jayanegara et al., 2017. Stoffet tilsettes ofte i fullfôr og har dermed ikke effekt i beiteperioden. Effekten av tilsetningsstoffet på metanproduksjonen inkluderes dermed kun i innefôringsperioden.

«Best case»: en kombinasjon av økt protein %, bedre grovfôrkvalitet kombinert med økt ytelse og 3-NOP. Viktige input for de ulike tiltakene er oppsummert i Tabell 2.3.

Tabell 2.3. Input til HolosNor modellen for ulike tiltak

Input	Mære 2019	Økt grovfôrkvalitet +konstant ytelse	Økt grovfôrkvalitet + økt ytelse
Antall årskyr	53,6	53,6	46
Melkeytelse per årsku, kg EKM	8972	8972	9500
Kg kraftfôr per 100 kg EKM	27	26	38
Kg kraftfôr totalt, melkekyr	129843	125034	170349
Kg kraftfôr totalt, kviger	8876	8876	7687
Slakteproduksjon ku og kvige	7627	7927	6605
Engareal, daa	354	354	260
Innmarksbeite, daa	105	105	77

Effekten av de foreslåtte tiltakene på klimagassutslipp per kg FPKM er vist i Figur 2.7.



Figur 2.7. Effekt av ulike tiltak på klimagassutslipp per kg fett- og proteinkorrigert melk.

2.3.2 Tiltak i ammekuproduksjon

2.3.2.1 Produksjonsresultater

En gjennomgang av produksjonsresultatene for ammekuproduksjonen i 2019 (Tabell 2.2) viser at Mære har bra tilvekst frem til 200 dager, har lav andel dødfødsler, lavt kalvingsintervall og høyt antall levende fødte kalver per årsku. Det er derimot et forbedringspotensiale for tilvekst etter avvenning (økt 365-dagers og slaktevekt), kreperte frem til 180 dager og innkalvingsalder. Ungoksene blir slaktet ved en veldig lav alder og vekt. Dette antas at er et resultat av et ønske om å ha tomt fjøs på sommeren på grunn av ferieavvikling.

2.3.2.2 Aktuelle tiltak

Alle tiltak beregnes under forutsetning om stabil besetningsstørrelse. Alle tiltakene som foreslås vil påvirke slakteproduksjonen og dermed gir flere kg slakt å fordele utslippene på, med unntak av bruk av tilsetningsstoffer i fôret, som reduserer produksjonen av enterisk metan.

Økt grovfôr kvalitet til okser: dette tiltaket må ses i sammenheng med økt grovfôr kvalitet til melkeproduksjonen. Det forutsettes at et grovfôr på 0,90 FEm/kg TS brukes til oksene. Et grovfôr av slik kvalitet er ikke spesielt godt egnet til ammekyr av lett rase i innefôringsperioden, da fôrbehovet er lavt. Ut ifra et realistisk anslag for grovfôropptak etter avvenning (Nortura, 2020) er det sannsynlig å oppnå tilsvarende tilvekst som den beste 1/3-delen av Herefordbesetningene i Storfekjøttkontrollen (ca 1300 gram per dag). Tiltaket beregnes forutsatt konstant slaktealder (11,2 mnd) og slaktevekta øker

som et resultat. Kraftfôrbehovet ble beregnet til ca 2 kg per dag ut ifra fôrbehov og antatt grovfôropptak.

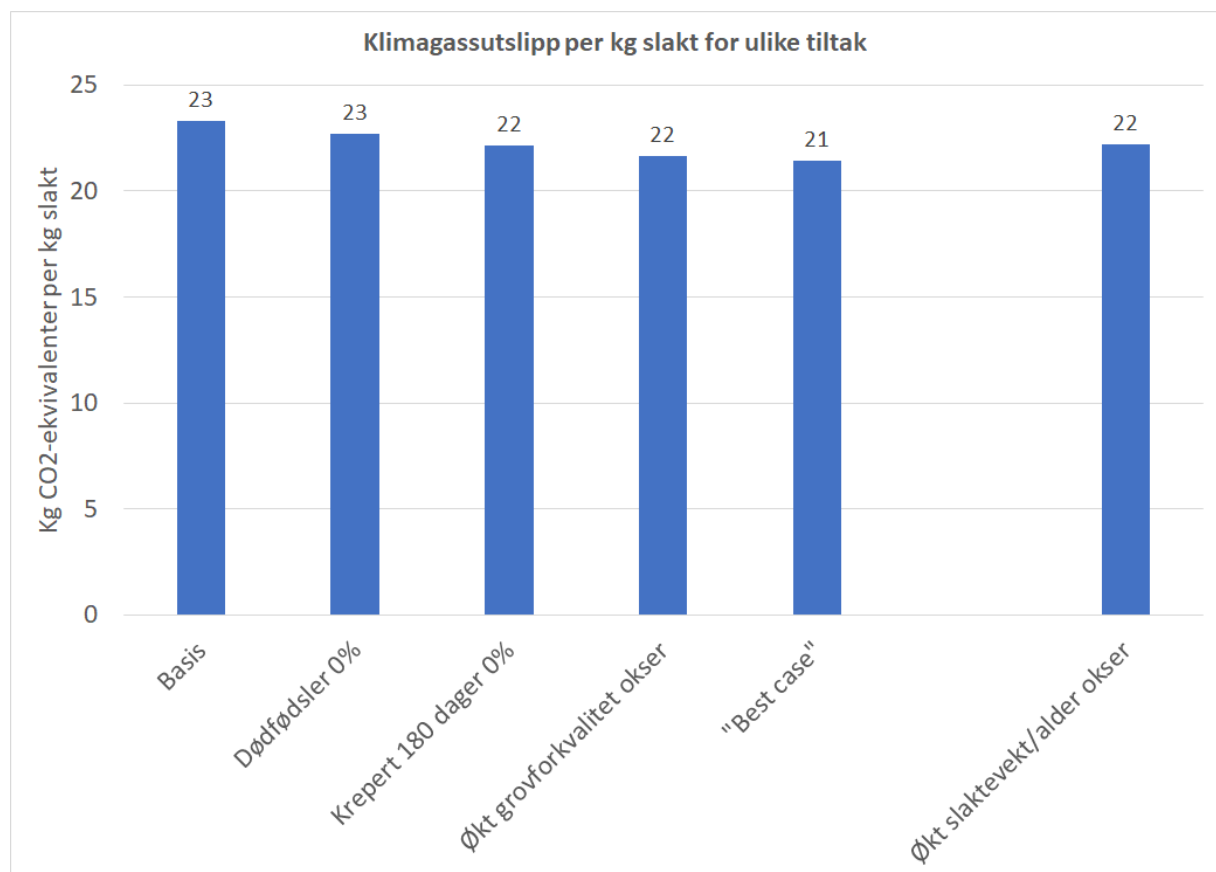
Økt slaktealder og slaktevekt: effekten av å øke slaktealder- og vekt til gjennomsnittet i Storfekjøttkontrollen (Tabell 2.2) ble beregnet (16,5 mnd slaktealder, 292 kg slaktevekt). Dette anses ikke som et veldig aktuelt tiltak for Mære da dette innebærer at det må stå okser i fjøset over sommeren.

Redusert andel dødfødte: de beste besetningene i Storfekjøttkontrollen har ingen kalvetap (Samsonstuen et al., 2020) og effekten av 0% kalvetap på Mære er beregnet.

Redusert andel kreperte før 180 dager: det var 2 kalver som døde før 180 dager i 2019 på Mære (6,7%). De beste besetningene i Storfekjøttkontrollen har ingen tap av kalv før 180 dager (0%) og effekten av dette ble estimert.

«**Best scenario**»: her beregnes den totale effekten av alle tiltak (økt effektivitet i ungoксеproduksjon grunnet økt grovfôr kvalitet, ingen dødfødte og kreperte før 180 dager).

Effektene av de foreslåtte tiltakene på klimagassutslipp per kg slakt er vist i Figur 2.8.



Figur 2.8. Effekt av ulike tiltak på klimagassutslipp per kg slakt.

Tiltak uten direkte beregnet effekt:

Tilsetningsstoff i fôret: Samsonstuen et al. (2020b) undersøkte effekten av å bruke tilsetningsstoffet 3-NOP (2 ulike nivåer) i innefôringsperioden. Det ble forutsatt en reduksjon av enterisk metan relativt til TS-inntaket på 7 (lav dose) og 33% (høy dose). Dette ga en reduksjon på

henholdsvis 0,61 og 2,96 kg CO₂-ekvivalenter per kg slakt for de britiske rasene. Forutsatt samme reduksjon, vil utslippsintensiteter for Mære reduseres til 22,47 (lav dose) og 20,12 (høy dose). 3-NOP kan i tillegg kombineres med de andre tiltakene beskrevet over. 3-NOP er, som nevnt, ikke tilgjengelig for kommersiell bruk per nå.

Redusert innkalvingsalder: en reduksjon i innkalvingsalderen vil redusere klimagassutslippene, men effekten kan ikke kvantifiseres direkte i HolosNorBeef-modellen.

Konklusjon

Klimagassutslippene fra melk og storfekjøttproduksjonen på Mære er i utgangspunktet lave og var 0,91 kg CO₂-ekvivalenter per kg fett og proteinkorrigert melk og 23 kg Co₂-ekvivalenter per kg slakt fra ammeku i 2019. Allikevel er det flere aktuelle tiltak som kan settes inn både i melk- og ammekuproduksjonen. For melkeproduksjonen kan bedre grovfôr kvalitet, høyere melkeytelse per ku, økt protein% og eventuelt bruk av tilsetningsstoffer redusere klimagassutslippene per kg melk med inntil 12%. Økt melkeytelse fører imidlertid til et høyere forbruk av kraftfôr og redusert grovfôrareal. Klimagassutslippene per kg slakt fra ammekuproduksjonen kan reduseres med 9% ved bruk av tiltak som økt grovfôr kvalitet til okser, redusert andel dødfødte og tap før 180 dagers alder.

2.4 Litteraturliste

Aass og Åby, 2018. Mulige tiltak for reduksjon av klimagassutslipp fra husdyrsektoren. NMBU rapport.

Berg og Matre, 2001. Produksjon av storfekjøtt. Landbruksforlaget.

Bonesmo et al., 2013. Greenhouse gas emission intensities of grass silage based dairy and beef production: A system analysis of Norwegian farms. *Livestock Science*, 152, (2-3), 239-252.

Jayanegara et al., 2017. 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.

Nortura, 2020. Fôring av okser til slakt. Temaark.

Samsonstuen et al., 2019. Farm scale modelling of greenhouse gas emissions from semi-intensive suckler cow beef production. *Agricultural Systems*, 176, 102670.

Samsonstuen et al., 2020a. Variability in greenhouse gas emission intensity of semi-intensive suckler cow beef production systems. *Livestock Science*, 239, 104091.

Samsonstuen et al., 2020b. Mitigation of greenhouse gas emissions from beef cattle production. *Acta Agriculturae Scandinavica, Section- Animal Science*.
<https://doi.org/10.1080/09064702.2020.1806349>

Volden, 2012. Valg av intensitet i melkeproduksjon. Grovfôropptak og kraftfôrbehov ved ulike årsavdrott.

Norsk institutt for bioøkonomi (NIBIO) ble opprettet 1. juli 2015 som en fusjon av Bioforsk, Norsk institutt for landbruksøkonomisk forskning (NILF) og Norsk institutt for skog og landskap.

Bioøkonomi baserer seg på utnyttelse og forvaltning av biologiske ressurser fra jord og hav, fremfor en fossil økonomi som er basert på kull, olje og gass. NIBIO skal være nasjonalt ledende for utvikling av kunnskap om bioøkonomi.

Gjennom forskning og kunnskapsproduksjon skal instituttet bidra til matsikkerhet, bærekraftig ressursforvaltning, innovasjon og verdiskaping innenfor verdikjedene for mat, skog og andre biobaserte næringer. Instituttet skal levere forskning, forvaltningsstøtte og kunnskap til anvendelse i nasjonal beredskap, forvaltning, næringsliv og samfunnet for øvrig.

NIBIO er eid av Landbruks- og matdepartementet som et forvaltningsorgan med særskilte fullmakter og eget styre. Hovedkontoret er på Ås. Instituttet har flere regionale enheter og et avdelingskontor i Oslo.