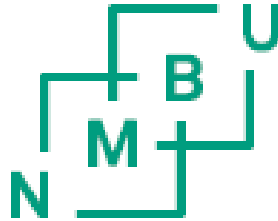


M – 471 | 2016



Tiltak i husdyrproduksjonen;
Potensial for reduksjon i utslipp av lystgass og enterisk metan
fra mjølkepopulasjonen

Sluttrapport

Tonje Marie Storlien og Odd Magne Harstad
Institutt for Husdyr- og Akvakulturvitenskap, Norges Miljø og Biovitenskapelige Universitet

[18.12.2015]

KOLOFON

Utførende institusjon

Institutt for Husdyr- og Akvakulturvitenskap, Norges Miljø og Biovitenskapelige Universitet

Oppdragstakers prosjektansvarlig

Odd Magne Harstad

Kontaktperson i Miljødirektoratet

Maria Kvalevåg

M-nummer

M-471|2016

År

2016

Sidetall

14

Miljødirektoratets kontraktnummer

15088122

Utgiver

Miljødirektoratet

Prosjektet er finansiert av

Miljødirektoratet

Forfatter(e)

Tonje Marie Storlien og Odd Magne Harstad

Tittel – norsk og engelsk

Tiltak i husdyrproduksjonen. Potensial for reduksjon i utslipp av lystgass og enterisk metan fra mjølkepopulasjonen

Sammendrag – summary

Innenfor de ytelsesnivåene og kombinasjonene av grovfôr kvalitet og kraftfôr blandinger brukt i dette materialet, var det relativt små forskjeller mellom rasjonene for utskillelse av N og potensiell produksjon av N₂O. I og med at andelen urea-N av total N øker med økt opptak av protein i fôret, vil protein nivået i rasjonen påvirke utslippet av NH₃. Bruk av tidlig høsta grovfôr med høy energikonsentrasjon gir mindre enterisk CH₄ per kg mjølk enn ved bruk av surfôr med lavere energikonsentrasjon. Tilsetning av fett reduserer også utslippet av enterisk CH₄. Når mjølk- og kjøttproduksjonen vurderes samlet sett har ytelsesnivået i mjølkeproduksjonen liten virkning på samla utslipp av klimagasser. Høsting av grovfôret ved et tidligere utviklingstrinn enn som er vanlig i dag og tilsetning av mer fett i rasjonen er tiltak som kan brukes i praksis for å redusere utslippet av enterisk CH₄. Disse tiltakene og virkninger av andre forbedringstiltak vil på sikt (2030) bidra til å redusere utslippet av klimagasser fra mjølkeproduksjonen med i størrelsesorden 20 % i forhold til i dag, tilsvarende reduksjon i størrelsesorden 8 % i forhold til totalutslippet fra jordbruket i dag.

4 emneord

Jordbruk, klimatiltak, husdyr, fôr

4 subject words

Agriculture, mitigation, livestock, feed

Forsidefoto

Bakgrunn og formål

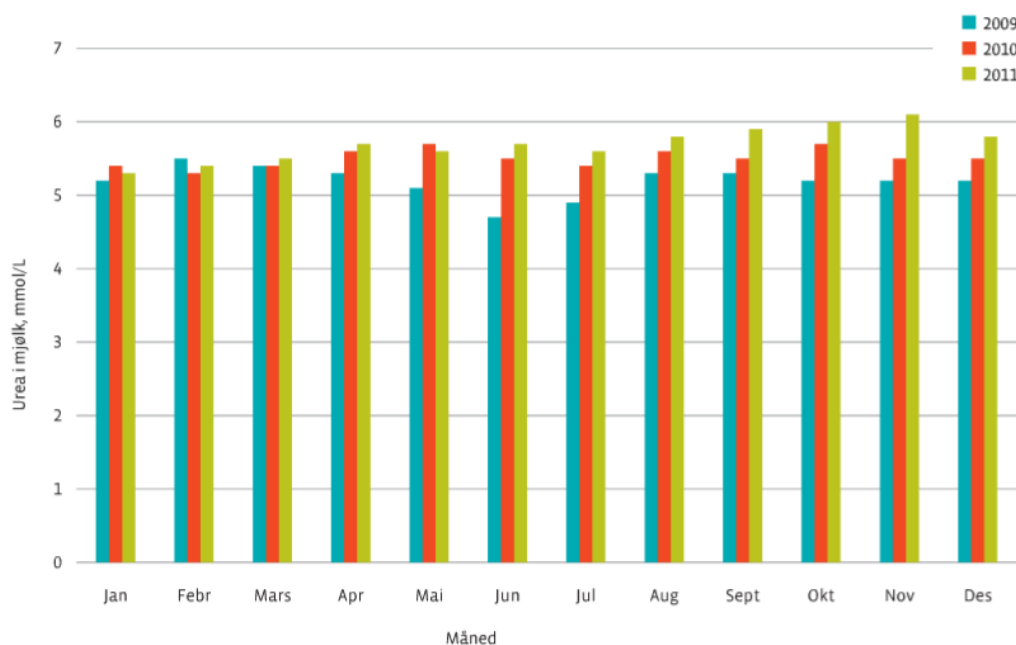
I forbindelse med Miljødirektoratets arbeid med omstilling til et lavutslippssamfunn fikk Institutt for husdyr- og akvakulturvitenskap, NMBU, oppdrag om å utrede noen mulige tiltak for å redusere utslippet av klimagassene metan (CH_4) og lystgass (N_2O) fra husdyr. Mjølkeproduksjonen ble valgt fordi potensiale for utslippsreduksjoner av klimagasser antagelig er størst for denne produksjonen. Den er klart størst i omfang av husdyrproduksjonene og databasen om både fôring og produksjon har høy kvalitet og er lett tilgjengelig. I tillegg er det for mjølkeproduksjonen utviklet klimagasskalkulator (HolosNor) og avansert fôrplanleggingsverktøy (NorFôr), som er viktige verktøy i arbeidet med å utrede virkningene av tiltak på utslippet av klimagasser.

Rapporten omhandler virkningen av energikonsentrasjonen i grovfôret (Fôrenheter mjølk/kg tørrstoff, FEm/kg TS) i kombinasjon med ulike kraftfôrblandinger og virkningen av ekstra tilsetning av fett i rasjonen på utslippet av CH_4 og N_2O . Virkningen av noen indirekte faktorer på utslippet av klimagasser, med mest vekt på ytelsesnivået i mjølkeproduksjonen, er også vurdert.

Potensial for reduksjon i utslipp av N_2O og CH_4

I størrelsesorden 30 % av klimagassutslippet fra husdyrproduksjonene kommer direkte fra mjølkekua i form av enterisk CH_4 samt CH_4 og N_2O fra gjødsla (Grønlund and Harstad, 2014). Av dette utgjør enterisk CH_4 ca 70 %, mens CH_4 og N_2O fra gjødsel utgjør i størrelsesorden henholdsvis 10 og 20 %. Enterisk CH_4 er altså den desidert største kilden til klimagasser fra mjølkekua. Utslippene av klimagasser fra mjølkeproduksjonen er noe høyere enn de angitte 30 % fordi utslippene knyttet til rekrutteringen kommer som tillegg. Dette utgjør anslagsvis 10 % slik at samlet utslipp av CH_4 og N_2O fra mjølkeproduksjonen utgjør i størrelsesorden 40 % av utslippene fra husdyrholdet.

Mengde nitrogen (N) utskilt i urin og gjødsel, og følgelig potensiale for utslipp av N_2O , er relatert til mengde N i rasjonen sett i forhold til produksjonen. Overfôring med N i forhold til norm gir unødvendig høye utslipp av spesielt N i urin og dermed potensielt høye utslipp av N_2O . I en artikkel publisert i Buskap (01 2012) påpekte Harald Volden (Fagsjef Tine Rådgiving) at det antagelig er en overfôring med protein til mjølkekyr. Ureaverdien i mjølka gir oss en indikasjon på proteinfôringen. Høye verdier tilsier at det er en overfôring med protein (eller et misforhold mellom protein og energi i fôret), og dermed høy utskillelse av N spesielt i urin. Som vist i Figur 1 (Volden, 2012) økte innholdet av urea i mjølk for de aller fleste månedene av året gradvis i perioden 2009 til 2011. anbefalte verdier for urea i mjølk er mellom 3-6 mmol/l, og ved bruk av optimeringsverktøyet Optifôr blir rasjonen balansert for å oppnå en ureaverdi i mjølk på ca 4 mmol/l (Volden, 2012). I 2013 var det kun 5,9 % av tankmjølkprøvene som hadde ureaverdier > 6 mmol/l mot 24,2 prosent i 2012 (Statistikksamling Tine Rådgiving, 2013). Det foreligger dessverre ikke tilgjengelig statistikk for situasjonen med hensyn til urea i mjølk for 2014. Forskjellene i innhold av urea i mjølk mellom år skyldes trolig mest naturlige variasjoner i kvalitet på grovfôret (Statistikksamling Tine Rådgiving, 2013), og at det ikke blir tatt nok hensyn til denne variasjonen ved valg av kraftfôrblending.



Figur 1. Utvikling av urea i mjølk, 2009 til 2011 (Volden, 2012).

Innholdet av protein i grovfôret er først og fremst bestemt av høstetidspunkt og N-gjødsling. Det normale er at innholdet av protein i grovfôret går ned med utsatt høsting, og øker med økt N-gjødsling. Opptaket av grovfôr og dermed behov for kraftfôr har nær sammenheng med energikonsentrasjonen (FEm/kg TS) i grovfôret. Jo høyere energikonsentrasjon det er i grovfôret jo høyere opptak og tilsvarende mindre behov for kraftfôr. Energiforsyningen i graset går ned med utsatt høsting. Morfologisk utvikling av graset ved høsting (høstetidspunkt) er den faktoren som har størst virkning på energikonsentrasjonen. Årsaken til at energikonsentrasjonen avtar med utsatt høsting er særlig økningen i innhold av celleveggstoffer (NDF) og lignifiseringen som gjør NDF mindre fordøyelig. Produksjonen av enterisk CH₄ øker med økt innhold av NDF i rasjonen (Storlien et al., 2014). Med utsatt høsting blir opptaket av grovfôr lavere, og reduksjonen blir kompensert med kraftfôr. Kraftfôr har lavere innhold av NDF enn grovfôr. Effekten av høstetidspunkt av grovfôr på innholdet av NDF i rasjonen, og dermed produksjonen av enterisk CH₄ er derfor ikke åpenbar. Betydningen som grovfôr kvaliteten og valg av kraftfôrblending har på utslipp av N₂O og CH₄ er vist og blir diskutert nærmere nedenfor.

Materiale og Metode

Beregning av utslipp av klimagasser

Utslipp av klimagasser og utskillelsen av total N i gjødsla (urin og avføring) er beregnet ved hjelp av HoloNor (Bonesmo et al., 2013). Beregningene er begrenset til å omfatte utslipp av enterisk CH₄, CH₄ fra gjødsla og N₂O fra lagring av gjødsla. Vi har valgt å ikke inkludere N₂O etter spredning av gjødsla på jorden fordi tilførselen av N gjennom mineralgjødsla vil være avgjørende. Tilpasses N tilført i mineralgjødsla mengden i husdyrgjødsel slik at summen ikke blir påvirket, vil

mengde N i husdyrgjødsel i og for seg ikke ha betydning. Likninger etter Karlengen et al. (2012) ble brukt for å beregne N utskilt i urin i prosent av N utskilt totalt.

I beregningene av klimagassutslipp uttrykt som kg CO₂e/kg fett og proteinkorrigert mjølk (FPCM) inngår også utslipp knyttet til rekruttering. Rekrutteringsprosenten ble satt til 30,6 %. Mjølkekvota var satt til 185 875 kg mjølk/år tilsvarende 192 769 kg FPCM.

Beregningene ble gjort for to ytelsesnivåer (7435 og 8449 kg mjølk/ku/år, tilsvarende henholdsvis 7710 og 8762 kg FPCM/ku/år). Det ble valgt tre grovførkvaliteter (Tabell 1), i tillegg til 4 kraftfôrblandinger (Tabell 2). Resultatene for fôropptak, rasjonssammensetning og utskillelse av N i gjødsel oppnådd med HolosNor ble også vurdert ved hjelp av NorFor (Volden, 2011).

Tabell 1. Energikonsentrasjon (fôrenheter mjølk (FEm)/kg tørrstoff), råprotein (CP, g/kg tørrstoff) og fettsyrer (g/kg tørrstoff) i grovfôret.

Grovfôr kvalitet	FEm, g/kg TS	CP, g/kg TS	Fettsyrer, g/kg TS
Høy	0,94	167	26
Middels	0,88	158	25
Lav	0,82	149	22

Forskjellen i energikonsentrasjon og innhold av råprotein og fettsyrer i grovfôret skyldes ulikt høstetidspunkt. Både energikonsentrasjonen og innhold av råprotein og fettsyrer går ned med utsatt høsting.

Tabell 2. Energikonsentrasjon (fôrenheter mjølk (FEm)/kg tørrstoff), råprotein (CP, g/kg tørrstoff) og fettsyrer (g/kg tørrstoff) i kraftfôrblendingene.

Kraftfôrblending ¹	FEm, g/kg TS	CP, g/kg TS	Fettsyrer, g/kg TS
1	1,03	200	51
2	1,00	190	44
3	0,98	178	43
4	1,00	168	44

¹1 til 3 er kraftfôrblandinger fra Felleskjøpet Agri. Kraftfôrblending 2 tilsvarer gjennomsnittlig proteinprosent i kraftfôr solgt til mjølkeku hittil i 2015 (Fagsjef Optimering: Ryan, Åshild Helene, pers. med 09.12.2015).

Beregning av utslag

Utslagene av grovfôr kvalitet og kraftfôrblending samt tilsetning av ekstra fett på utslipp av klimagasser er uttrykt i CO₂e per kg FPCM. Utslagene er deretter multiplisert med det totale mjølkevolum i Norge på 1525 mill liter og beregnet i prosent av totalutslippet på 4,7 mill CO₂e fra jordbruket (SSB, 2015). Utslagene er også beregnet i prosent av samla utslipp fra mjølkeproduksjonen, anslagsvis 40 % av totalt utslipp fra jordbruket, dvs. 1,9 mill tonn CO₂e.

Resultat og diskusjon

Utskillelse av N og potensiell mengde N₂O

Mengde N utskilt i gjødsla (urin + avføring) økte naturlig nok med økt ytelse som følge av høyere fôropptak (Tabell 3). Innen ytelsesnivå var mengde N utskilt i gjødsla lavere ved høyt innhold av energi og protein i surfôret (tidlig høstetidspunkt) enn ved utsatt høsting (lavere innhold av energi og protein). Dette skyldes at andelen kraftfôr som har høyere innhold av protein enn grovfôret (Tabell 1 og 2) er lavere ved tidlig enn senere slått. Innen surfôr kvalitet øker utskillelsen av N i gjødsla svakt med økt innhold av protein i kraftfôret, og mest for surfôr høstet ved et sent utviklingsstadium.

Nitrogen utskilt i urin er kvantitativt viktigere kilde til N₂O enn N utskilt i avføringen uavhengig av ytelsesnivå og grovfôr kvalitet (Tabell 3). Dette stemmer godt overens med andre undersøkelser. Andelen urin N øker med økt innhold av protein i kraftfôret.

Beregninger med en ytelse på 7435 kg mjølk/ku/år (7710 kg FPCM), grovfôr kvalitet på 0,94 FEm/kg TS og kraftfôrblending 1 gir 17 g N/kg FPCM, mens en ytelse på 8449 kg mjølk/ku/år (8762 kg FPCM) med tilsvarende grovfôr kvalitet og kraftfôrblending gir 16 g N/kg FPCM. Dette er i samsvar med et studie fra Danmark (Strudsholm and Sejrsen, 2003). Der fant de at N-utskillelsen per kg energi korrigert mjølk (EKM) ble redusert med 1,1 g når mjølkeytelsen økte med 1000 kg EKM.

Variasjonen i utskillelse av N i gjødsla i dette materialet var for liten til at det har nevneverdig virkning på potensielt utslipp av N₂O som vist i Tabell 3. Det er viktig å understreke at her omfatter N₂O bare utslipp knyttet til lagring (se materiale og metoder). Likevel er det viktig at mengde protein i rasjon er i samsvar med kuas behov, da utskillelsen av N spesielt i urinen, også har stor betydning for mengden av ammoniakk (NH₃) som blir frigjort, og som i seg selv er et potensielt miljøproblem.

Utslipp av CH₄

Grovfôr kvaliteten og kraftfôr type hadde liten virkning på mengde CH₄ fra gjødsla uttrykt pr enhet mjølk (Tabell 3), men det er en svak tendens til at utslippet var høyere ved lav sammenlignet med høy energikonsentrasjon, og mest ved laveste ytelsesnivå. Dette er ventet fordi fordøyeligheten av organisk materiale i grovfôret avtar med utsatt høsting på grunn av høyere innhold av NDF. Energikonsentrasjonen i grovfôret hadde derimot betydelig virkning på utslipp av enterisk CH₄. Med laveste energikonsentrasjon i surfôret (0,82 FEm/kg TS) var utslippet av enterisk CH₄ 13 til 17 % høyere enn ved bruk av grovfôr med høyeste energikonsentrasjon (0,94 FEm/kg TS). Utviklingsstadiet av graset ved høsting har dermed en klar effekt på utslippet av enterisk CH₄. Effekten av høstetidspunkt blir naturlig nok mindre når utslagene uttrykkes i forhold til de totale utslipp fra mjølkeproduksjonen eller det totale utslipp fra jordbruket (Tabell 3). Beregnet i forhold til utslippet fra mjølkeproduksjonen blir forskjellen mellom ytterpunktene (0,94 vs 0,82 FEm/kg TS) i gjennomsnitt 7,7 % ved laveste ytelsesnivå og 5,9 % ved høyeste ytelsesnivå. Uttrykkes utslaget i % av samla utslipp fra jordbruket blir korresponderende gjennomsnittlige verdier henholdsvis 3,1 og 2,4 % (Tabell 3).

Energikonsentrasjonen i grovfôret varierer fra år til år og mellom landsdeler, men har i gjennomsnitt de siste åra vært i området 0,83 til 0,85 FEm/kg TS (Statistikksamling Tine Rådgiving, 2013). Det er relativt få prøver som blir analysert, og det er vanskelig å vite om de er representative for surfôrkvaliteten i Norge. Forutsetter vi at FEm/kg TS i gjennomsnitt kan økes med 6 hundredeler (fra 0,82 til 0,88 FEm/kg TS) vil det bidra til at utslippet av CH₄ fra mjølkekepopulasjonen blir redusert i størrelsesorden 2,5 til 3,6 %, noe som utgjør fra 1,0 til 1,4 % av samlet utslipp fra jordbruket (Tabell 3). Utslagene er størst ved laveste ytelsesnivå.

Tabell 3. Nitrogen utskilt og utslipp av klimagasser for kombinasjoner av 3 grovfôr kvaliteter og 4 kraftfôr blandinger ved 2 ytelsesnivåer

Ytelse, kg mjølk	Grovfôr, FEm	Kraftfôr- blanding	Andel kraftfôr	N inntak, kg/ku/år	N utskilt, kg totalt/ku/år	Urin, % N	kg CO ₂ e/kg FPCM			% reduksjon, i forhold til		
							N ₂ O, gjødsel	CH ₄ , gjødsel	CH ₄ , enterisk	Tot. ¹	CO ₂ e landbruket ²	CO ₂ e mjølkeku ³
7435	0.94	1		172	131	61	0.07	0.09	0.37	0.53	3.2	8.0
		2	0.2	171	131	60	0.07	0.09	0.38	0.54	3.2	7.9
		3		169	129	59	0.07	0.10	0.38	0.55	3.0	7.6
		4		162	127	58	0.07	0.09	0.38	0.54	2.9	7.2
	0.88	1		175	134	60	0.08	0.10	0.40	0.58	1.3	3.3
		2	0.3	174	133	58	0.07	0.11	0.41	0.59	1.4	3.5
		3		171	131	57	0.07	0.11	0.42	0.60	1.4	3.6
		4		162	127	56	0.07	0.10	0.41	0.59	1.3	3.3
	0.82	1		177	137	58	0.08	0.12	0.43	0.62		
		2	0.4	176	135	57	0.08	0.12	0.44	0.63		
		3		173	132	55	0.07	0.12	0.45	0.64		
		4		162	127	54	0.07	0.11	0.44	0.62		
8449	0.94	1		186	140	60	0.07	0.09	0.36	0.51	2.2	5.5
		2	0.24	185	139	59	0.07	0.09	0.36	0.52	2.4	5.9
		3		183	137	58	0.07	0.09	0.36	0.52	2.5	6.2
		4		174	134	57	0.07	0.09	0.36	0.52	2.4	6.1
	0.88	1		190	144	59	0.07	0.09	0.38	0.55	1.0	2.5
		2	0.37	188	142	57	0.07	0.10	0.39	0.56	1.1	2.7
		3		185	139	56	0.07	0.10	0.39	0.56	1.1	2.8
		4		174	134	55	0.07	0.10	0.39	0.55	1.1	2.6
	0.82	1		192	147	57	0.07	0.10	0.40	0.57		
		2	0.47	190	145	56	0.07	0.10	0.41	0.59		
		3		186	140	54	0.07	0.11	0.42	0.59		
		4		171	134	53	0.07	0.10	0.41	0.58		

¹Omfatter enterisk CH₄ og CH₄ fra gjødsel samt N₂O fra lagring av gjødsel.

²Prosent reduksjon i forhold til energikonsentrasjon 0,82 FEm innen ytelsesnivå uttrykt i forhold til det totale utslippet i fra landbruket på 4,7 mill CO₂e.

³Prosent reduksjon i forhold til energikonsentrasjon 0,82 FEm innen ytelsesnivå uttrykt i forhold til utslippet i fra mjølkekepopulasjon på 1,88 mill CO₂e (ca 40 % av det totale utslippet i fra landbruket).

Potensial for reduksjon i utslipp av enterisk CH₄ ved å tilsette fôret ekstra fett

Det er godt dokumentert både i Norge og i utlandet at innholdet av fett i rasjonen påvirker produksjonen av enterisk CH₄ (Storlien et al., 2014). Størrelsen på utslaget er først og fremst bestemt av hvor mye ekstra fett det er praktisk mulig å tilsette rasjonen til mjølkeku uten negative virkninger. Ved for mye fett i rasjonen kan fordøyeligheten av spesielt NDF fraksjonen i fôret gå ned, noe som vil øke utslippet av CH₄ fra gjødsla og virke negativt på produksjonen.

Materiale og Metode

Beregning av utslipp av klimagasser

Klimagasskalkulatoren HoloNor (Bonesmo et al., 2013) ble brukt for å beregne enterisk CH₄ med de samme forutsetningene som ble lagt til grunn ved beregning av N₂O og enterisk CH₄ ovenfor. Kraftfôrblending 3 (Tabell 2) ble brukt fordi den komplimenterte grovfôret best i optimeringen av rasjonssammensetningen med Optifôr. Det ble valgt 3 nivå av ekstra fett i rasjonen (0, 1 og 2 %). Grunnrasjonen (0 % tilsatt fett) hadde et gjennomsnittlig innhold av råfett på 42 g/kg TS, tilsvarende et innholdet av fettsyrer på i gjennomsnitt 30 g/kg TS. Det er forutsatt 5 % reduksjon i enterisk CH₄ per %-enhet økning i innholdet av fett i rasjonen (Storlien et al., 2014).

Resultater og diskusjon

Enterisk CH₄

Tabell 4 viser utslagene av å sette til 1 eller 2 % ekstra fett i rasjonen. Med forutsetning om 5 % reduksjon i produksjonen av enterisk CH₄ per %-enhet økning av fett i rasjonen, utgjør utslagene 1,9 og 3,7 % av utslippet av klimagasser fra mjølkepopulasjonen for henholdsvis 1 og 2 % fett tilsetning, tilsvarende henholdsvis 0,7 og 1,5 % av det totale utslipp fra jordbruket.

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 viktig også å vurdere virkningen av fettkildene på mjølke kvaliteten både med hensyn til fettsyresammensetning (ernæringsmessig kvalitet) og smaksproblematikk. Hvis fett vurderes som en interessant tilsetning i fôret for å redusere utslippet av enterisk CH₄, må disse spørsmålene grundig utredes sammen med fôrindustrien og meieriindustrien. Tentativt er potensiale for fett tilsetning i Norge antagelig nærmere 1 enn 2 %-enheter. Reduksjonspotensialet blir da i området knappe 1% av totalutslippet fra jordbruket.

Tabell 4. Virkning av ulike nivåer av fett i rasjonen på utslippet av klimagasser for tre ulike grovførkvaliteter ved to ytelsesnivåer.

Ytelse, kg mjølk	Grovfôr, FEm g/kg TS	Andel kraftfôr	Ekstra fett, %	Enterisk CH ₄ , kg/ku/år	kg CO ₂ e/kg FPCM		% reduksjon i forhold til	
					CH ₄ , enterisk	Tot. ¹	CO ₂ e landbruket ²	CO ₂ e mjølkeku ³
7435	0.94	0.20	0.0	122	0.38	0.55		
			1.0	116	0.36	0.53	0.7	1.9
			2.0	110	0.34	0.51	1.5	3.7
	0.88	0.30	0.0	134	0.42	0.59		
			1.0	127	0.39	0.57	0.7	1.9
			2.0	121	0.37	0.55	1.5	3.7
0.82	0.40	0.0	144	0.45	0.64			
		1.0	137	0.42	0.61	0.7	1.9	
		2.0	129	0.40	0.59	1.5	3.7	
8449	0.94	0.24	0.0	132	0.36	0.52		
			1.0	125	0.35	0.50	0.7	1.9
			2.0	118	0.33	0.49	1.5	3.7
	0.88	0.37	0.0	142	0.39	0.56		
			1.0	135	0.37	0.54	0.7	1.9
			2.0	128	0.35	0.52	1.5	3.7
0.82	0.47	0.0	150	0.42	0.59			
		1.0	143	0.40	0.57	0.7	1.9	
		2.0	135	0.38	0.55	1.5	3.7	

¹Omfatter enterisk CH₄ og CH₄ fra gjødsel samt N₂O fra lagring av gjødsel.

²Prosent reduksjon i forhold til rasjonen uten ekstra tilsetning av fett (0 %) uttrykt i forhold til det totale utslippet i fra landbruket på 4,7 mill CO₂e.

³Prosent reduksjon i forhold til rasjonen uten ekstra tilsetning av fett (0 %) uttrykt i forhold til utslippet i fra mjølkepopulasjon på 1,88 mill CO₂e (ca 40 % av det totale utslippet i fra landbruket).

Utskillelse av N og utslipp av enterisk CH₄ fra mjølkepopulasjonen i 2012 og 2030

Tabell 5 viser forutsetningene som er lagt til grunn for beregningene. Forutsetningene lagt til grunn for framskrivningen av husdyrtall, mjølkekvote og årlig mjølkeytelse er beskrevet i NILF-notat "Framskrivning av husdyrtall, avdrått og kraftfôrandel fram mot 2100" (Oddmund Hjukse, Agnar Heksnes og Finn Walland, NILF 18.06.2014).

Tabell 5. Forutsetninger lagt til grunn for beregning av totalt utskilt N i gjødsla og enterisk CH₄ i 2012 og 2030

	2012	2030
Landskvote, mill liter	1525	1525
Antall mjølkekyr	203 592	178 571
Avdrått, kg mjølk/ku/år ¹	7509	8562
Grovførkvalitet, FEm g/kg TS	0,82	0,88
Råprotein i kraftfôrblandingen, g/kg TS ²	190	178 og 190
Mengde ekstra tilsatt fett, %	0	1,0

¹Forutsetter at mjølkeytelsen per ku øker med 50 kg per år.

²Samme kraftfôrblanding med råprotein innhold på 178 g/kg TS er brukt både i 2012 og i 2030. Et alternativ brukt i 2030 har et innhold av 190 g råprotein/kg tørrstoff.

Tabell 6 viser utskillelse av N i gjødsla i 2012 og framskrevet til 2030. Med samme mjølkekvote i 2030 som i 2012 på 1525 mill liter blir det i 2030 behov for færre kyr fordi ytelsen øker med 50 liter per ku per år (NILF, 2014). Kilo N utskilt/ku/år er beregnet til å være i gjennomsnitt 7 kg høyere i 2030 enn 2012 ved bruk av kraftfôrblending 2 (190 g CP/kg TS). Ved bruk av kraftfôrblending 3 (178 g CP/kg TS) vil N utskilt være 4 kg høyere i 2030 enn 2012. Likevel blir det skilt ut mindre N fra kupoasjonen i 2030 enn i 2012. Det skyldes reduksjon i antall mjølkekyr. Utskillelsen av N i gjødsla fra mjølkekupoasjonen vil bli 8 % lavere i 2030 enn i 2012 (Tabell 6) ved å bruke kraftfôrblending 2. Velges kraftfôrblending 3 fremfor 2 (enn reduksjon på 12 g CP/kg TS) vil total N utskilt fra mjølkekyr bli redusert med 9 % i 2030 sammenlignet med 2012. Dette alternativet begrunnes med at grovføret i 2030 har høyere energikonentrasjon og et høyere innhold av protein.

Tabell 6. Totalt N utskilt (tonn/år) for 2012 og 2030 med framskrivninger for husdyrtall og mjølkeytelse (se Tabell 4).

Ytelse, kg mjølk	Grovfôr, FEm g/kg TS	Kraftfôr- blanding	Andel kraftfôr	N inntak, kg/ku/år	N utskilt, kg totalt/ku/år	Urin, % N	Totalt N utskilt, tonn/år	
							2012	2030
7435	0,82	2	0,40	176	135	57	27574	
8449	0,88	2	0,37	188	142	57		25394
8449	0,88	3	0,37	185	139	56		24820

Tabell 7 viser utslippet av enterisk CH₄ i 2012 og framskrevet til 2030 basert på forutsetningene satt i Tabell 4. I 2012 er det forutsatt at grovfôr kvaliteten er 0,82 FEm/kg TS og ikke noe ekstra tilsatt fett. Det totale utslippet av enterisk CH₄ er da beregnet til å være 29 262 tonn/år. Dersom man setter som forutsetning at grovfôr kvaliteten øker med 0,06 FEm og at man tilsetter 1 % ekstra fett, vil dette sammen med et redusert antall mjølkekyr gi en reduksjon i utslippet av enterisk CH₄ på nesten 18 % i 2030 sammenlignet med utslippet i 2012.

Tabell 7. Totalt enterisk CH₄ (tonn/år) for 2012 og 2030 med framskrivninger for husdyrtall og mjølkeytelse (se Tabell 4).

Ytelse, kg mjølk	Grovfôr, FEm g/kg TS	Andel kraftfôr	Ekstra fett, %	Enterisk CH ₄ , kg/ku/år	Totalt enterisk CH ₄ , tonn/år	
					2012	2030
7435	0,82	0,40	0,0	144	29263	
8449	0,88	0,37	1,0	135		24123

Potensial for reduksjon i utslipp av klimagasser ved å optimalisere indirekte faktorer

Med indirekte faktorer forstås her faktorer som virker inn på forbruket av fôr (og følgelig utslipp av klimagasser) per enhet produkt. Eksempel på indirekte faktorer i mjølkeproduksjonen er ytelsesnivå, alder ved 1. kalving, kalvings intervall, fruktbarhet og helsestatus. Virkningen av ytelsesnivå i mjølkeproduksjonen på utslippet av klimagasser per enhet mjølk blir diskutert nedenfor med utgangspunkt i resultater fra et nylig avslutta prosjekt ved Institutt for husdyr- og akvakulturvitenskap. Fôrproduksjon representerer også en betydelig kilde til klimagasser. Mindre utslipp av klimagasser per enhet fôr vil derfor indirekte komme mjølkeproduksjonen til gode. Betydningen av indirekte faktorer (utenom ytelsesnivået) på utslipp av klimagasser fra mjølkeproduksjonen blir diskutert med utgangspunkt i norske forhold (Bonesmo et al. 2013).

Virkning av ytelsesnivået i mjølkeproduksjonen

I prosjektet ved Institutt for husdyr- og akvakulturvitenskap ble det sett på sammenhengene mellom produksjon, ytelse, bruk av fôr- og arealressurser og utslipp av klimagasser i mjølke- og kjøttproduksjonen i tre scenarior (A, B og D) frem mot 2030 (Aass et al., 2015; Åby et al., 2015). I beregningene er det ikke tatt hensyn til den ekstra klimagassbelastningen for soyamjøl på grunn av arealbruksendring (avskoging).

Scenario A; Framskrivning av dagens situasjon.

- Redusert forbruk av norsk mjølk
- Stabilt forbruk av storfekjøtt
- Produksjonsmål på 1500 millioner liter melk i 2030
- Produksjonsmål på 110 000 kjøtt i 2030

Scenario B; Gode rammebetingelser.

- Stabilt forbruk av norsk mjølk
- Stabilt forbruk av storfekjøtt
- Produksjonsmål på 1500 millioner liter melk i 2030
- Produksjonsmål på 110 000 kjøtt i 2030

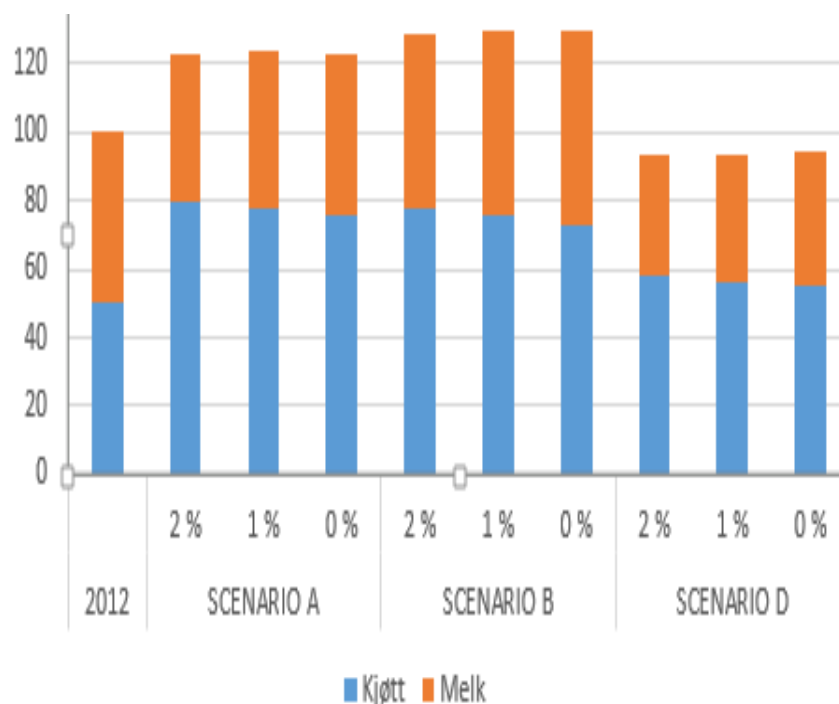
Scenario D; Dårlige rammebetingelser.

- Redusert forbruk av norsk mjølk
- Stabil kjøttproduksjon (2012-nivå)
- Økte import av meieriprodukter og storfekjøtt
- Produksjonsmål på 80 000 tonn kjøtt i 2030

Hensikten var å sammenligne dagens økning i mjølkeytelse per ku/år (2 %) med lavere (1 %) eller ingen økning i ytelse (0 %) og hvilke effekter dette vil ha på:

- Behov for mjølke- og ammekyr
- Bruk av fôr- og arealressurser
- Utslipp av klimagasser i 2030

Resultat fra prosjektet angående utslipp av klimagasser er vist i Figur 2. En videreføring av dagens økning i mjølkeytelsen per ku på 2 % per år vil tilsynelatende redusere klimagassutslippene noe uttrykt per kg mjølk i 2030. Dette er et resultat av at man trenger færre kyr for å produsere samme mengde melk. Behovet for protein (soya) øker med økt ytelse. Trekket virkningen av bruksendring knyttet til soyadyrking (avskoging) inn i regnestykket blir virkningen av ytelsesnivå enda mindre. Men en reduksjon i antall mjølkekyr gir en økning i behovet for ammekyr for å opprettholde kjøttproduksjon. Utslippene per kg kjøtt fra ammekyr er høyt sammenlignet med kjøtt fra mjølkeproduksjon. Derfor vil den reduksjon i klimagassutslipp man oppnår ved å øke mjølkeytelsen bli utlikna som følge av at utslippet fra ammekuproduksjonen er høyere.



Figur 2. Virkning av ytelsesnivået i mjølkeproduksjonen på utslippet av klimagasser fra mjølke og kjøttproduksjonen på storfe (Åby et al., 2015)

Med økt ytelsesnivå/ku øker behovet for kraftfôr og proteinfôr (soyamjøl) til mjølkepopulasjonen betydelig, mens arealbehovet til grovfôr dyrking blir mindre (Aas et al., 2015). Dette vil svekke selvforsyningsgraden. Samlet sett kan det derfor konkluderes med at ytelsesøkning ikke er egnet tiltak for å redusere utslippet av klimagasser fra jordbruket.

Analyse på gårdsnivå

Tabell 8 viser resultater for utslipp av klimagasser fra 30 mjølkeproduksjonsbruk i Norge (Bonesmo et al., 2013). Det var stor variasjon i de beregna klimagassutslippene mellom garder (Tabell 8). Maksimum klimagassutslipp per kg FPCM var 1,7 ganger høyere enn minimum, en differanse på 0,56 kg CO₂e per kg FPCM. Enterisk CH₄ er den største kilden og utgjorde knapt 40

% av det totale utslippet uttrykt per kg FPCM. Av de totale klimagassutslippene fra garden utgjorde de direkte utslippene fra dyra, enterisk CH₄ samt CH₄ og N₂O fra lagring av husdyrgjødsel, 56 %. Den nest største enkeltkilden var N₂O fra jord som sto for 0,21 kg CO₂e per kg FPCM.

Tabell 8. Gjennomsnittlig, minimum og maksimum klimagassbelastning for mjølk, uttrykt som kg CO₂e per kg fett- og proteinkorrigert mjølk (FPCM) basert på data fra 30 mjølkebruk i 2008 beregnet ved bruk av modellen HolosNor. Verdier lavere enn 0 indikerer karbonlagring i jord (Bonesmo et al., 2013).

	kg CO ₂ e/kg FPCM	
	Gjennomsnitt	Variasjon [min; maks]
Total klimagassbelastning	1,02	[0,82; 1,36]
Enterisk CH ₄	0,39	[0,36; 0,45]
Husdyrgjødsel CH ₄ og N ₂ O	0,18	[0,13; 0,23]
Jord N ₂ O	0,21	[0,11; 0,41]
Karbon endring i jord	-0,03	[-0,14; 0,10]
Bygg fra andre gardar	0,06	[0,00; 0,13]
Importert soya	0,09	[0,00; 0,17]
Indirekte energi	0,07	[0,00; 0,14]
Direkte energi	0,05	[0,01; 0,11]

Variasjonen i N₂O fra jord var den viktigste årsaken til variasjonen i utslipp mellom gardar. Dette understreker betydningen av å gjødsle optimalt, det vil si at handelsgjødsel skal komplementere husdyrgjødsel. Forskjellen mellom maksimum og minimum for lystgassutslipp var 0,31 kg CO₂e per kg FPCM. Forskjell i karbonendring i jord var den nest største årsaken til variasjonen mellom gardene, med differanse mellom maksimum og minimum nivå på 0,23 kg CO₂e per kg FPCM. Årsaken til høyere klimagassbelastning per kg FPCM hos noen gardar var derfor i hovedsak høye utslipp av N₂O fra jord og karbontap fra jord. Indirekte energibruk ved produksjon av kunstgjødsel var også med på å forklare forskjellen mellom gardar. Utslippene av enterisk CH₄ var ikke med på å forklare forskjellen i totale klimagassutslipp mellom gardar, en konsekvens av dette er at gardar med lave klimagassutslipp gjerne har en høy andel CH₄ utslipp. En undersøkelse av statistiske sammenhenger mellom et utvalg av gardskarakteristikker og de beregnede klimagassutslippene ga få klare sammenhenger. Unntaket var en økning i klimagassutslipp per kg FPCM ved høyere forbruk av kunstgjødsel N. Det var ingen endring i klimagassutslipp per kg mjølk ved endring i mjølkeytelse.

Potensiale for reduksjon i utslipp av klimagasser fra mjølkeproduksjonen

Tabell 8 viser at det teoretisk er et betydelig potensial for å redusere utslippet av klimagasser fra mjølkeproduksjonen. Noe av variasjonen skyldes stedegne forhold som jordtype og klima, og ligger derfor fast i praksis. Undersøkelsen (Bonesmo et al., 2013) omfattet 30 mjølkebruk. Vi vet ikke i hvilken grad disse gjenspeiler situasjonen i praksis. Gjennom en systematisk forbedring på alle ledd (best praksis; fôrdyrking, fôrhåndtering, fôring og stell, fruktbarhet, dyrehelse, avlsarbeid etc.) er det god grunn til å forvente en ytterligere reduksjon i utslippet av klimagasser per kg mjølk.

I dag har vi ikke godt nok modellverktøy til å beregne nettoutslagene av disse forbedringstiltakene. Det må derfor bli anslag. Med bakgrunn i resultatene diskutert ovenfor og med dagens kunnskapen og mulige utslag av ytterligere tiltak er det realistisk at utslippet fra mjølkeproduksjonen i 2030 (1525 mill liter mjølk) er i størrelsesorden 20 % mindre enn i dag. Forutsettes at mjølkeproduksjonen (inkl. rekruttering) står for 40 % av alle utslippene utgjør denne reduksjonen fra mjølkeproduksjonen 8 % av dagens totale utslipp av klimagasser fra jordbruket. I dette anslaget er virkningen av å øke energikonsentrasjonen i grovfôret og fett tilsetning med. Det pågår mye forskning for å komme fram til stoffer som kan settes til fôret og redusere direkte utslippet av enterisk CH₄. Utover fett har tilsetning av nitrat gitt interessante resultater, men det er i dag for tidlig til å kunne si om nitrat vil bli tatt i bruk i praksis.

Konklusjoner

Innenfor de ytelsesnivåene og kombinasjonene av grovfôr kvalitet og kraftfôr blandinger brukt i dette materialet, var det relativt små forskjeller mellom rasjonene for utskillelse av N og potensiell produksjon av N₂O. I og med at andelen urea-N av total N øker med økt opptak av protein i fôret, vil protein nivået i rasjonen påvirke utslippet av NH₃. Bruk av tidlig høsta grovfôr med høy energikonsentrasjon gir mindre enterisk CH₄ per kg mjølk enn ved bruk av surfôr med lavere energikonsentrasjon. Tilsetning av fett reduserer også utslippet av enterisk CH₄. Når mjølk- og kjøttproduksjonen vurderes samlet sett har ytelsesnivået i mjølkeproduksjonen liten virkning på samla utslipp av klimagasser. Høsting av grovfôret ved et tidligere utviklingstrinn enn som er vanlig i dag og tilsetning av mer fett i rasjonen er tiltak som kan brukes i praksis for å redusere utslippet av enterisk CH₄. Disse tiltakene og virkninger av andre forbedringstiltak vil på sikt (2030) bidra til å redusere utslippet av klimagasser fra mjølkeproduksjonen med i størrelsesorden 20 % i forhold til i dag, tilsvarende reduksjon i størrelsesorden 8 % i forhold til totalutslippet fra jordbruket i dag.

Referanser

Bonesmo, H., K. A. Beauchemin, O. M. Harstad, and A. O. Skjelvag. 2013. Greenhouse gas emission intensities of grass silage based dairy and beef production: A systems analysis of Norwegian farms. *Livestock Science* 152(2-3):239-252.

Grønland, A. and O. M. Harstad. 2014. Klimagasser fra jordbruket. Kunnskapsstatus om utslippskilder og tiltak for å redusere utslippene. *Bioforsk Rapport* 9(11).

Storlien, T. M., H. Volden, T. Almøy, K. A. Beauchemin, T. A. McAllister, and O. M. Harstad. 2014. Prediction of enteric methane production from dairy cows. *Acta Agriculturae Scandinavica, Section A — Animal Science* 64(2):98-109.

Strudsholm, F. and K. Sejrsen. 2003. Kvægets ernæring og fysiologi. Bind 2- Fodring og produktion. DJF rapport Husdyrbryg nr.54.

Volden, H. 2011. NorFor- The nordic feed evaluation system. EAAP publication No.130. Wageningen academic publishers.

Volden, H. 2012. For høyt ureainnhold i mjølka. *Buskap* 01:18-21.
<http://viewer.zmags.com/publication/3657d1a8#/3657d1a8/20>

Karlengen, I. J., B. Svihus, N. P. Kjos, and O. M. Harstad. 2012. Husdyrgjødsel; oppdatering av mengder gjødsel og utskillelse av nitrogen, fosfor og kalium. Sluttrapport. 1-106.

NILF, 2014. Framskrivning av husdyrtall, avdrått og kraftfôrandel fram til 2100. Oddmund Hjukse, Agnar Hegrenes og Finn Walland, NILF 18.06.2014

Statistikksamling 2013. Tine Rådgiving.
<https://medlem.tine.no/cms/aktuelt/nyheter/statistikk/statistikksamling>