

Til Departementet Erhvervsregulering

**Levering på del 2 i bestillingen "Spg. om drivhusgasemissioner ift. dybstrøelse, foderplaner med øget fedt og ny data om gylletemperaturer"**

Departementet har i en bestilling sendt d. 20. december 2019 bedt DCA – Nationalt Center for Fødevarer og Jordbrug – om at besvare nogle spørgsmål vedrørende "*drivhusgasemissioner ift. dybstrøelse, foderplaner med øget fedt og ny data om gylletemperaturer*". Nedenfor følger del 2 af opgaven, der vedrører den del af bestillingen, der omhandler "*optimeret fodring med øget fedt til kvæg og reduktionseffekt på enterisk metan*".

Besvarelsen er udarbejdet af Seniorrådgiver Christian Friis Børsting, Postdoc Marianne Johansen og Professor Peter Lund fra Institut for Husdyrvidenskab ved Aarhus Universitet samt Seniorforsker Henrik B. Møller, Institut for Ingeniørvidenskab. Professor Martin Riis Weisbjerg, Institut for Husdyrvidenskab har været fagfællebedømmer, og notatet er revideret i lyset af hans kommentarer.

Besvarelsen er udarbejdet som led i "Rammeaftale om forskningsbaseret myndighedsbetjening mellem Miljø- og Fødevareministeriet og Aarhus Universitet", "Ydelsesaftale Husdyrproduktion 2020-2023".

Venlig hilsen

Klaus Horsted  
Specialkonsulent, DCA-centerenheden



1

2 Forfattere: **Christian Friis Børsting, Marianne Johansen og Peter Lund**3 Institut for Husdyrvidenskab og **Henrik B. Møller**, Institut for Ingeniørvidenskab.

4 Fagfællebedømmelse: Martin Riis Weisbjerg, Institut for Husdyrvidenskab

5

6 **Notat vedr. optimeret fodring med øget fedt til kvæg og reduktionseffekt på**  
7 **enterisk metan**8 **Departementet i Miljø- og Fødevarerministeriet har 18. december 2019 afgivet følgende bestilling til**  
9 **Aarhus Universitet (AU):**10 Notatet skal indeholde eksempler på foderplaner, der supplerer virkemiddelkatalogets eksempel på  
11 en foderplan. Med udgangspunkt i en basisfoderplan der afspejler en gennemsnitlig foderplan i  
12 praksis udarbejdes alternative foderplaner hvor flg. parametre er overholdt;

- 13
- Mængden af fedt er den drivende faktor for reduktion af enterisk metan
  - 14 • Andelen af græsensilage øges eller holdes uændret i forhold til basis
  - 15 • Anvendelsen af soja reduceres til et minimum
  - 16 • Om muligt, skal fedtkilden bestå af umættet fedt. Mættet fedt kan inddrages hvis det
  - 17 vurderes nødvendigt af hensyn til omsætningen i vommen.
  - 18 • Foderemner som kun findes i begrænset omfang i markedet er ikke interessante
  - 19 • Foderplanerne skal omfatte foderplaner der vurderes at kunne fungere i praksis for hhv.
  - 20 malkekvæg, ammekøer og kvier, såvel konventionelle som økologiske.

21 Sammensætningen af basisfoderplanen skal fremgå tydeligt af notatet. For malkekøer gælder, at  
22 fedtsyreniveauet i basisfoderplanen foreslås at afspejle en gennemsnitlig foderplan omkring 25  
23 gram fedtsyre pr. kg tørstof og i alternativerne hhv. 30, 40 og 45 gram fedtsyre pr. kg tørstof.24 Notatet skal indeholde en beregning af foderplanernes effekt på metanemissionen, opgjort i  
25 enheden kg CO<sub>2</sub>-ækvivalenter pr. ko og fordelt pr. ton gylle. Enheden kg CO<sub>2</sub>-ækvivalenter pr. ton  
26 gylle, efterspørges da Ministeriet skal kunne sammenligne virkemidlet med virkemidler på stald- og  
27 lager, som hyppigst opgøres i kg. CO<sub>2</sub>-ækv./ton gylle. Effektvurderingen skal i tillæg til påvirkningen  
28 af enterisk metan også indeholde et kvantificeret bud på påvirkningen af øget metanemission fra  
29 gødningen (gennem samarbejde med AU ENG). De to effekter må gerne opgives hver for sig og  
30 gerne med særskilte usikkerhedsvurderinger. Effekten skal udregnes særskilt for de ovennævnte  
31 dyretyper (malkekvæg, ammekøer og kvier, såvel konventionelle som økologiske). Om muligt skal  
32 fedttilsætningens andel i denne effekt udredes, relativt til potentiel effekt fra øvrige ændringer i  
33 foderplanen.

34 Notatet skal desuden indeholde en vurdering af;

- 35
- Fedtkildens og fedtniveauets indflydelse på koens sundhed og på omsætningen i
  - 36 vommen
  - 37 • Foderplanernes effekt på proteinbalancen i vommen og på koens kvælstofudskillelse

38 • Prisforskelle på foderplanerne

39 Effektvurderingerne fra arbejdet med bestillingen kan anvendes i Landbrugsstyrelsens bestilling af input til  
40 opdateret klimavirkemiddeloversigt

41

## 42 Svar på bestillingen

43 Der er beregnet effekter af øget fedttildeling i en række eksempler på rationer til malkekøer (Tabel 1) og  
44 kvier af malkerace (Tabel 2). Der er i begge tilfælde regnet på to niveauer af tilsætninger i stedet for at  
45 regne på 30, 40 og 45 g fedtsyrer pr. kg TS, som foreslået i bestillingen. Det skyldes, at med den formel, der  
46 anvendes i NorFor (og de andre formler som er vist i diskussionen), er der en lineær effekt af øget  
47 fedttildeling, så længe der ikke laves andre ændringer i rationerne end at øge fedtindholdet. Med to  
48 niveauer af fedt i scenarie 1 – 5 for malkekøer, er det muligt at give et bud på den samlede effekt af øget  
49 fedt og de relevante tilpasninger i rationen, der hører til de strategier, der er valgt i hvert scenarie. For kvier  
50 er der også kun valgt 2 niveauer af samme årsag, mens der kun er valgt 1 scenarie, fordi det er simplere at  
51 lave en kvieration, der opfylder deres behov – også ved ændret fedttildeling.

52 Det vurderes ikke relevant at lave tilsvarende beregninger for ammekvæg, da en stor del af årets  
53 foderoptag sker ved afgræsning, hvor fedttilskud ikke er realistisk. Derudover får de typisk ikke så meget  
54 kraftfoder om vinteren, at det er muligt at øge fedtindholdet væsentligt i den periode, bl.a. fordi der rent  
55 teknisk er en max grænse for fedtindholdet i kraftfoder på omkring 12 %.

56

### 57 *Malkekøer*

58 Basisrationen er lavet med udgangspunkt i den gennemsnitlige råvaresammensætning i 2018 i de 1422  
59 besætninger i praksis med køer af stor race, hvorfra der findes foderplaner (modtaget fra Ole Aaes, Seges,  
60 2020). Næringsstofindholdet i de anvendte fodermidler er baseret på data fra NorFor fodermiddeltabel pr.  
61 16.01.20, og aktuelle anvendte foderkoder fra NorFor er angivet i tabellen. Basisrationen indeholder 28 g  
62 fedtsyrer pr. kg TS. Ud fra dette udgangspunkt er der tilsat ekstra fedt i form af rapsolie og ændret i brugen  
63 af PFAD-fedt, byg, sojaskrå samt græs- og majsensilage. Basisrationen samt rationerne i scenarie 1-5 er alle  
64 sammensat, så de dækker energibehovet til den aktuelle ydelse på 11.000 kg EKM. Endelig er der regnet på  
65 en ration (scenarie 6), der kan opfylde energibehovet til en ydelse på de 13.500 kg EKM, der forventes i år  
66 2030. Der er indhentet aktuelle priser på alle kraftfoderråvarer d. 16.01.20. Der er anvendt interne priser  
67 på majs- og græsensilage fra NorFor 16.01.20.

68 De 6 scenarier for ændring i rationerne er baseret på følgende:

- 69 1. En del af byggen er erstattet af rapsolie for at opnå henholdsvis 39 og 47 g fedtsyrer pr. kg tørstof
- 70 2. Al PFAD-fedt og en del af byggen er erstattet af rapsolie for at opnå henholdsvis 39 og 47 g  
71 fedtsyrer pr. kg tørstof
- 72 3. Al sojaskrå, PFAD-fedt og en del af byggen er erstattet af hestebønner og rapsolie for at opnå  
73 henholdsvis 38 og 49 g fedtsyrer pr. kg tørstof og en stort set uændret proteinforsyning
- 74 4. Mere græs- og mindre majsensilage. Al sojaskrå og PFAD-fedt ud. Hestebønner og rapsolie ind for  
75 at opnå henholdsvis 38 og 46 g fedtsyrer og en stort set uændret proteinforsyning

- 76 5. Ny basis ration som 2018 rationen - men med mere græs- og mindre majsensilage, mindre soja og  
77 mere kraftfoder. Derefter er en del af byggen erstattet af rapsolie for at opnå henholdsvis 37 og 48  
78 g fedtsyrer pr. kg tørstof  
79 6. Ration til 13.500 kg EKM med 49 g fedtsyrer pr. kg tørstof, mindre græs- og øget majsensilage, øget  
80 fedt og øget kraftfoderandel

81 I NorFor beregnes udskillelsen af enterisk metan efter denne ligning for malkekøer og kvier:

82 Ligning 1):  $CH_4$  (MJ/ko/dag) = 1,39 \* TS-optag (kg/ko/dag) – 0,091 \* FA (g/kg TS).

83

#### 84 *Effekter af de 6 scenarier for ændring i rationerne til malkekøer*

85 Når der tilsættes mere fedt til rationerne falder TS-optagelsen, fordi der er taget udgangspunkt i uændret  
86 energibalance. Rapsolie er valgt som fedtkilde, dels fordi tilsætning af 'ren' fedt gør tilpasning af rationerne  
87 mindre kompliceret, dels fordi rapsolie op til det optimale fedtsyreniveau på ca. 47 g fedtsyrer pr. kg TS  
88 (Børsting et al., 2003) ikke forventes at give problemer med omsætningen i vommen eller koens sundhed.  
89 Brask et al. (2013) har vist, at effekten af rapsfedt på metan emissionen var stort set den samme, uanset  
90 om den kom fra rapsolie, rapskager eller formalede rapsfrø. Dermed kan der forventes samme effekt, hvis  
91 der anvendes en større andel rapskager eller rapsfrø, hvis det giver en billigere fedtforsyning end køb af  
92 rapsolie. Prisen øges lidt med øget tildeling af rapsolie, dog med nogen forskel afhængig af hvordan  
93 rationerne tilpasses i scenarie 1-5.

#### 94 **1. En del af byggen er erstattet af rapsolie for at opnå henholdsvis 39 og 47 g fedtsyrer pr. kg tørstof**

95 Enterisk metan (MJ/d) falder med 7,7% og N ab dyr falder med 3,9%, når indhold af fedtsyrer øges fra 28 til  
96 47 g/kg ts.

97

#### 98 **2. Al PFAD-fedt og en del af byggen er erstattet af rapsolie for at opnå henholdsvis 39 og 47 g** 99 **fedtsyrer pr. kg tørstof**

100 Enterisk metan (MJ/d) falder med 7,6% og N ab dyr falder med 3,9%, når fedtsyrer øges fra 28 til 47 g/kg ts.

101

#### 102 **3. Al sojaskrå, PFAD-fedt og en del af byggen er erstattet af hestebønner og rapsolie for at opnå** 103 **henholdsvis 38 og 49 g fedtsyrer pr. kg tørstof og en stort set uændret proteinforsyning**

104 Enterisk metan (MJ/d) falder med 7,9% og N ab dyr falder med 6,7%, når fedtsyrer øges fra 28 til 49 g/kg ts.

105

#### 106 **4. Mere græs- og mindre majsensilage. Al sojaskrå og PFAD-fedt ud. Hestebønner og rapsolie ind for** 107 **at opnå henholdsvis 38 og 46 g fedtsyrer pr. kg tørstof og en stort set uændret proteinforsyning**

108 Enterisk metan (MJ/d) falder med 7,0% og N ab dyr falder med 3,4%, når fedtsyrer øges fra 28 til 46 g/kg ts,  
109 og der anvendes mere græsensilage.

110 **Tabel 1.** Effekt af forskellig råvaresammensætning (**kg TS/ko/dag**) i rationer til malkekøer på rationens næringsstofsammensætning og udskillelsen af  
 111 N og metan. Alle rationer tager udgangspunkt i den gennemsnitlige råvaresammensætning i 2018 i de 1422 besætninger, hvorfra der foreligger  
 112 foderplaner. Ud fra dette udgangspunkt er der tilsat ekstra fedt i form af rapsolie og ændret i brugen af PFAD-fedt, sojaskrå, korn samt græs- og  
 113 majsensilage.

Scenarie			Basis - 2018 udgangs- punkt	1		2		3		4		5			6
				Byg delvis ud, raps- olie ind	Byg delvis ud, raps- olie ind	PFAD fedt ud, byg delvis ud, raps- olie ind	PFAD fedt ud, byg delvis ud, raps- olie ind	Soyaskrå og en del af byg ud, hestebøn- ner og rapsolie ind	Soyaskrå og en del af byg ud, hestebøn- ner og rapsolie ind	Mere græs, min- dre majs, soja ud, raps- olie ind	Mere græs, min- dre majs, soja ud, raps- olie ind	"NY" basis: mere græs, mindre majs, mindre soja, mere kraft- foder	"NY" basis og raps- olie erstat- ter noget byg	"NY" basis og raps- olie erstat- ter noget byg	
Foderrationer til 11.000 kg EKM	Foder- kode, NorFor	Pris øre/ kg	Gen- nem- snitlig 2018 ration i praksis												13.500 kg EKM: mindre græs, øget majs, øget fedt og kraft- foder
<b>g fedtsyrer/ kg TS</b>			<b>28</b>	<b>39</b>	<b>47</b>	<b>39</b>	<b>47</b>	<b>38</b>	<b>49</b>	<b>38</b>	<b>46</b>	<b>30</b>	<b>37</b>	<b>48</b>	<b>49</b>
Vårbyg	001- 0008	130	3.5	2.9	2.5	2.9	2.5	1.1	0.6	2.0	1.6	4.6	4.2	3.7	5.8
Hvede, NaOH	001- 0107	143	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	1.0
Rapskage, 10,5% fedt	002- 0044	197	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	1.2	1.2	2.8	2.8	2.8	2.9
Sojaskråfoder, afskallet	002- 0054	265	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1					1.0	1.0	1.0	2.4
<b>Rapsolie</b>	<b>002- 0093</b>	<b>592</b>		<b>0.3</b>	<b>0.5</b>	<b>0.4</b>	<b>0.6</b>	<b>0.4</b>	<b>0.7</b>	<b>0.5</b>	<b>0.7</b>		<b>0.2</b>	<b>0.5</b>	<b>0.5</b>
Hestebønner	003- 0019	177						4.0	4.0	4.0	4.0				
Roepiller, umelasseret	004- 0020	145	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	
Roemelasse	004- 0023	120	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
Kløv-græsens høj FK,20% klø	006- 0226	39	6.6	6.6	6.6	6.6	6.6	6.6	6.6	11.5	11.5	10.8	10.8	10.8	6.1
Majsensilage, Høj FK	006- 0307	31. 8	7.6	7.6	7.6	7.6	7.6	7.6	7.6	3.0	3.0	3.4	3.4	3.4	8.2

Vårbyghalm	006-0386	50	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1				
Kridt	011-0002	85				0.03	0.03	0.03	0.03	0.02	0.02				
PFAD/For-sæbet fedt	012-0004	600	0.13	0.13	0.13							0.13	0.13	0.13	0.30
Mineraler	014-0011	390	0.26	0.26	0.26	0.26	0.26	0.26	0.26	0.26	0.26	0.26	0.26	0.26	0.29
ADE-vitaminer	014-0030	760	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.13
Pris	kr./dag		36.5	37.3	37.9	37.2	37.7	36.2	37.2	37.0	37.6	36.7	37.3	38.3	45.8
Foderoptagelse	kg TS/dag		24.1	23.8	23.6	23.8	23.6	23.9	23.7	23.9	23.7	24.3	24.1	23.9	27.7
Energibalance	%		100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
AAT	g/MJ NEL		15	14.7	14.6	14.8	14.6	15.2	15	15.1	15	14.6	14.4	14.2	14.9
PBV	g/kg TS		18	17	17	17	17	9	8	12	12	18	18	18	14
Råprotein	g/kg TS		169	169	168	169	168	165	164	169	168	168	167	166	166
Råfedt	g/kg TS		43	56	64	55	64	54	66	58	66	48	57	69	65
<b>Fedtsyrer</b>	<b>g/kg TS</b>		<b>28</b>	<b>39</b>	<b>47</b>	<b>39</b>	<b>46</b>	<b>38</b>	<b>49</b>	<b>38</b>	<b>46</b>	<b>30</b>	<b>37</b>	<b>48</b>	<b>49</b>
NDF	g/kg TS		290	289	289	289	289	292	290	309	308	309	309	307	263
Fosfor i alt	g/dag		93	91	90	91	90	94	92	89	88	97	96	94	108
Metan (g/dag)	g/dag		556	530	513	531	514	535	512	534	517	558	541	518	612
Metan (MJ/kg EKM)	MJ/kg EKM		0.81	0.77	0.74	0.77	0.75	0.78	0.74	0.77	0.75	0.81	0.78	0.75	0.72
Metanreduktion	%			4.7	7.7	4.5	7.6	3.8	7.9	4.0	7.0	-0.4	2.7	6.8	-10.1
N ab dyr	g/dag		454	443	436	443	436	432	423	446	438	453	445	437	490

115 **5. Ny basis ration som 2018 rationen - men med mere græs- og mindre majsensilage, mindre soja**  
116 **og mere kraftfoder. Derefter er en del af byggen erstattet af rapsolie for at opnå henholdsvis 37**  
117 **og 48 g fedtsyrer pr. kg tørstof**

118 Enterisk metan stiger med 0,4% og N ab dyr falder med 0,3%, når der kun laves om på basis rationen, og  
119 der anvendes et næsten uændret fedtsyreindhold på 30 g. Enterisk metan falder med 6,8% og N ab dyr  
120 falder med 3,8% set i forhold til 2018 basisrationen, når fedtsyrer øges fra 28 til 48 g pr. kg tørstof.

121

122 **6. Ration til 13.500 kg EKM: mindre græs- og øget majsensilage, øget fedt og øget kraftfoder**

123 Da der skal mere foder til at producere 2.500 kg mælk ekstra, stiger enterisk metan med 10.1% og N ab dyr  
124 med 8,0%. Da koen bliver mere effektiv, fordi en større andel af foderet går til mælk og mindre til  
125 vedligehold, metan og N tab, bliver metanemissionen pr. kg EKM reduceret med 11.1% og N ab dyr pr. kg  
126 EKM reduceret med 18,5% med de valgte rationer.

127

128 *Økologi*

129 Der er anvendt samme ration til konventionelle og økologiske køer, fordi udgangspunktet er baseret på en  
130 gennemsnitsration, hvor begge produktioner indgår. Frisk græs fra afgræsning - som skal anvendes af  
131 økologer - blev konverteret til græsensilage i den gennemsnitlige ration. Det er ikke tilladt, at anvende  
132 NaOH behandlet hvede til økologisk kvæg – men de 0,6 kg TS fra dette fodermiddel vil i en økologisk ration  
133 kunne erstattes af anden korn. Gennemsnitsrationen indeholder mere majsensilage end økologerne  
134 normalt anvender. Til gengæld ligner rationerne med mere græsensilage og mindre majsensilage i scenarie  
135 4 og 5 de rationer, der anvendes til økologiske malkekøer. Da de beregnede effekter af øget fedttilsætning  
136 er næsten uafhængig af grundrationen, vil effekten af fedt være nogenlunde ens for økologiske og  
137 konventionelle besætninger.

138

139 *Kvier*

140 Basisrationen er lavet med udgangspunkt i den gennemsnitlige råvaresammensætning i 2018 i de 127  
141 besætninger i praksis med kvier af stor malkerace, hvorfra der findes foderplaner for kvier i alderen fra 8  
142 uger indtil 6 uger før kælvning (modtaget fra Ole Aaes, Seges, 2020). Næringsstofindholdet i de anvendte  
143 fodermidler er baseret på data fra NorFor fodermiddeltabel pr. 16.01.20, og aktuelle anvendte foderkoder  
144 fra NorFor er angivet i tabellen. Denne gennemsnitlige basisration indeholder 17 g fedtsyrer pr. kg TS. Ud  
145 fra dette udgangspunkt er der tilsat 100 henholdsvis 200 g rapsolie pr. dag og ændret i brugen af byg,  
146 ensilage og halm for at afstemme energikoncentrationen, idet der ikke ønskes en højere  
147 energikoncentration ved tilskud af fedt. Alle rationer er sammensat, så de dækker energibehovet til en  
148 uændret tilvækst på 800 g pr. dag. Der er indhentet aktuelle priser på alle kraftfoderråvarer d. 16.01.20.  
149 Der er anvendt interne priser på majs- og græsensilage fra NorFor 16.01.20.

150 De 2 scenarier for ændring i rationerne er baseret på følgende:

- 151 1. En del af byggen og majsensilagen er erstattet af halm, helsædensilage og rapsolie for at opnå 29 g  
152 fedtsyrer pr. kg tørstof
- 153 2. En del af byggen og majsensilagen er erstattet af halm, helsædensilage og rapsolie for at opnå 42 g  
154 fedtsyrer pr. kg tørstof

155 **Tablet 2.** Effekt af forskellig råvaresammensætning (kg TS/kvie/dag) i rationer til kvier af malke race på  
 156 rationens næringsstofsammensætning og udskillelsen af N og metan. Alle rationer tager udgangspunkt i den  
 157 gennemsnitlige råvaresammensætning i 2018 i de 127 besætninger med stor race, hvorfra der foreligger  
 158 foderplaner. Ud fra dette udgangspunkt er der tilsat ekstra fedt i form af rapsolie og ændret i brugen af byg,  
 159 ensilage og halm.

Foderration til 800 g daglig tilvækst Kvier stor race Fra 8 ugers alderen indtil 6 uger før kælvning	Foderkode, NorFor	Priser, øre/kg	Basis - Gennemsnitlig 2018 ration i praksis	+0.1 kg rapsolie -0,1 kg byg -0,3 kg majs, +0,2 kg halm	+ 0.2 kg rapsolie - 0,2 kg byg - 0,8 kg majs +0,3 kg halm +0,3 kg helsæd
<b>Fedtsyrer</b>			<b>17</b>	<b>29</b>	<b>42</b>
Vårbyg	001-0008	130	0.2	0.1	0
Rapskage, 10,5% fedt	002-0044	197	0.2	0.2	0.2
Soyaskråfoder, afskallet	002-0054	265	0.3	0.3	0.3
Rapsolie	002-0093	592	0	0.1	0.2
Kløvergræsens, middel FK, 20% kløver	006-0227	38.8	3.4	3.4	3.4
Byghelsæd, ensilage, middel FK	006-0293	33.7	0.2	0.2	0.5
Majsensilage, middel FK	006-0308	29.6	1.9	1.6	1.1
Vårbyghalm	006-0386	50	0.7	0.9	1
Mineraler	014-0011	390	0.07	0.07	0.07
ADE-vitaminer	014-0030	760	0.03	0.03	0.03
Pris	kr./dag		8.12	8.42	8.77
Foderoptagelse	kg TS/dag		7	6.9	6.8
Energibalance	%		101	100	100
AAT til tilvækst	g/MJ		24.2	22.3	20.5
AAT balance	%		113	105	96
PBV	g/kg TS		9	12	17
Råprotein	g/kg TS		140	139	139
Råfedt	g/kg TS		34	48	63
<b>Fedtsyrer</b>	<b>g/kg TS</b>		<b>17</b>	<b>29</b>	<b>42</b>
NDF	g/kg TS		418	428	434
Fosfor i alt	g/dag		20	19	19
Metan (g/dag)	g/dag		162	154	145
Metanreduktion	%			4.9	10.5
N udskilt ab dyr	g/dag		137	134	132

160

161

162



163 *Effekter af de 2 scenarier for ændring i rationerne*

164 De effekter, der er vist ved tilsætning af fedt gælder kun i staldperioden.

165 Når der tilsættes mere fedt til rationerne falder TS-optagelsen lidt, fordi der er taget udgangspunkt i  
166 uændret tilvækst på 800 g per. dag og uændret energibalance. Prisen øges lidt med øget tildeling af  
167 rapsolie. Denne fedtkilde er valgt, fordi den ikke forventes at give problemer med omsætningen i vommen  
168 eller kviernes sundhed.

169 **1. En del af byggen og majsensilagen er erstattet af halm, helsædensilage og rapsolie for at opnå 29**  
170 **g fedtsyrer**

171 Enterisk metan falder med 4,9% og N ab dyr falder med 2,2% når fedtsyrer øges fra 17 til 29 g pr. kg tørstof

172 **2. En del af byggen og majsensilagen er erstattet af halm, helsædensilage og rapsolie for at opnå 42**  
173 **g fedtsyrer**

174 Enterisk metan falder med 10,5% og N ab dyr falder med 3,6%, når fedtsyrer øges fra 17 til 42 g pr. kg  
175 tørstof, dvs. ved en stigning på 25 g fedtsyrer pr. kg tørstof. Som forventet er reduktionen i metan-  
176 emissionen altså ca. 4% pr. 10 g ekstra fedtsyrer pr. kg TS ligesom for malkekøer, når ligning 1 anvendes.

177

178 *Økologi*

179 Økologiske kvier ældre end 6 mdr. skal gå på græs 6 måneder af året, og kvier på 4-6 mdr. skal på græs 4  
180 måneder. I disse perioder vil det ikke være muligt at anvende de viste rationer. Der er anvendt samme  
181 ration til konventionelle og økologiske kvier, fordi udgangspunktet er baseret på en gennemsnitsration,  
182 hvor begge produktioner indgår. Gennemsnitsrationen indeholder mere majsensilage end økologerne  
183 normalt anvender, men den vil kunne erstattes med helsædensilage, uden at det vil påvirke effekten af  
184 fedttilskud.

185

186 **Effekt af ændret fedtniveau i foderet på metan emission fra gødning**

187 Hellwing et al. (2014) lavede et forsøg med anvendelse af 8,3% af TS fra rapsfrø, hvilket hævede foderets  
188 indhold af råfedt fra 2,1% i en ration uden rapsfrø til 5,6% af TS i rationen med rapsfrø. Det førte til et lille  
189 ikke-signifikant fald i enterisk metan pr. kg optaget TS. Fedtindholdet i fæces steg fra 2,0 til 5,1% af TS, dvs.  
190 en parallel stigning i forhold til stigningen i foderets fedtindhold. Urin og fæces blev blandet til gylle fra køer  
191 på hver af de to rationer. Med disse to typer gylle blev der lavet emissionsstudier uden inoculum ved 10, 15  
192 og 20°C i 128 dage i 0,5 liters flasker for at simulere emission under lagring af gylle. Under disse betingelser  
193 var der lavere metanemission fra gyllen fra køer fodret med ekstra fedt, og forskellen var størst ved de  
194 20°C. I modsætning til dette var biogaspotentialt størst i gyllen med højere fedtindhold. Forfatterne  
195 anfører, at den lavere emission fra gylle med mere fedt måske kan skyldes, at fedt omsættes bedre ved en  
196 højere temperatur end de 20°C, og at max emission først forekommer efter 180 dage, dvs. efter længere  
197 tids opbevaring end de 128 dage i dette forsøg. Ud fra forsøget er det ikke muligt at fastslå om de samme  
198 forhold gør sig gældende i praksis, da der her måske kan være en tilvænnning for mikroorganismene til at  
199 nedbryde fedt. Da biogaspotentialt er højere ved fedttilsætning til foderet er der således en risiko for  
200 højere metanemission under lagringen, men laboratorie forsøg har vist at det ikke er tilfældet.

201 I et forsøg af Møller et al. (2014) blev der også anvendt rapsfrø til at øge foderets fedtindhold. Ved en  
 202 forøgelse af foderets fedtindhold med ca. 2,75%-enheder af TS steg fedtindholdet i fæces med 3-5%  
 203 enheder. Også i dette forsøg gav det højere fedtindhold udslag i større biogaspotentiale, men metan-  
 204 emissionen under lagring blev ikke målt, så det er uvist om emissionen af metan ville have været lavere  
 205 ligesom i forsøget af Hellwing et al. (2014). Det er således uvist om det højere biogaspotentiale vil give sig  
 206 udslag i højere metanemission under lagring i praksis, men der er en potentiel risiko for dette. Hellwing et  
 207 al. (2014) konkluderede, at der ikke er en simpel sammenhæng mellem enterisk metan fra køerne og  
 208 metanemission fra gyllen.

209 I klimaforskningsprojektet INTEgreret Reduktion af METHan-emission fra husdyrgødning, (INTERMET) skal  
 210 der opstilles en model til kvantitative beregninger af metanemission fra gylle i forhold til forskellige  
 211 foderrationer. Dette projekt er netop gået i gang, så på et senere tidspunkt forventes det muligt at give et  
 212 bedre bud på effekt af enkelte ændringer i fodring på emission af metan fra kvæggylle.

213

## 214 Diskussion

215 Enterisk metan er som beskrevet beregnet med den nugældende NorFor-ligning

216 1:  $CH_4$  (MJ/ko/dag) = 1,39 \* TS-optag (kg/ko/dag) – 0,091 \* fedtsyrer (g/kg TS).

217 Tidligere har der i NorFor været anvendt en anden ligning

218 2:  $CH_4$  (MJ/ko/d) = 1.23 × TS-optag (kg/ko/dag) – 0.145 × fedtsyrer (g/kg TS) + 0.012 × NDF (g/kg TS).

219 Ligning 1 og 2 er publiceret af Nielsen et al. (2013). Begge ligninger er baseret på 211 observationer med 47  
 220 rationer anvendt i Norden, heraf de 25 fra Danmark. Med ligning 2 er der en større reduktion af metan ved  
 221 at øge fedtindholdet i foderet. For de rationer til køer, der er vist i Tabel 1 er effekten af de højeste  
 222 fedtniveauer på 46 – 49 g fedtsyrer pr. kg TS en reduktion i metanudskillelsen på 10 – 12%.

223 I en meget stor metaanalyse af data fra hele verden har Niu et al. (2018) lavet tilsvarende ligninger som  
 224 ligning 1 og 2 baseret på ca. 2700 observatione, dvs. den ene ligning var baseret på TS-optag og fedtindhold  
 225 i TS, og den anden ligning var baseret på TS-optag, fedtindhold og NDF-indhold i TS.

3:  $CH_4$  (g/ ko/dag) = 163 (12.9) + 13.3 (0.35) × TS-optag (kg/dag) – 1.1 (±0.139) × råfedt (g/kg TS)

4:  $CH_4$  (g/ ko/dag) = 76.0 (16.1) + 13.5 (0.35) × TS-optag (kg/dag) – 0.955 (±0.139) × råfedt (g/kg TS) +  
 0.224 (0.027 ) × NDF (g/kg TS)

226

227 Tabel 3. Gennemsnitlig effekt af ekstra fedttilsætning i scenarie 1 – 5 beregnet som % reduktion i metan  
 228 emission per 10 g tilsat fedtsyrer pr. kg TS (ligning 1 og 2) eller 10 g tilsat råfedt pr. kg TS (ligning 3 og 4).

Ligning	% reduktion i metan ved 10 g ekstra fedtsyrer pr. kg TS	% reduktion i metan ved 10 g ekstra råfedt pr. kg TS
1	3,8	
2	5,6	
3		3,7
4		3,1

229

230 Metanreduktionen i Tabel 1 og 2 er beregnet med ligning 1. På tværs af scenarie 1 – 5 gav det en reduktion  
231 i metanemissionen på 3,8% pr. 10 g fedtsyrer.

232 Hvis effekten i stedet var beregnet med ligning 2 ville den gennemsnitlige effekt have været 5,6 % eller ca.  
233 en halv gang større.

234 I ligning 3 og 4 indgår indholdet af råfedt i stedet for fedtsyrer. Det tilsatte rapsfedt indeholder ca. 90%  
235 fedtsyrer, hvilket svarer til at effekten i ligning 3 og 4 ville være ca. 10% højere, hvis der regnes om til  
236 reduktion i metan pr. 10 g fedtsyrer, dvs. ca. 4,1 % reduktion for ligning 3 og 3,4 % for ligning 4.

237 Effekten af fedt på den enteriske metanemission varierer således på tværs af beregningsmodellerne fra 3,4  
238 til 5.6 % pr. 10 g fedtsyretilskud. Effekten af fedt kan være påvirket af fedtkilde, rationens sammensætning,  
239 foderoptagelse og måske flere andre ting, der ikke findes modeller til at tage højde for pt.

240 Alt i alt er de effekter, der er vist i Tabel 1 og 2, det bedste bud på den effekt, der typisk vil være i danske  
241 rationer. De 3,8% reduktion pr. 10 g fedtsyrer ligger midt imellem de to resultater på 3,4 og 4,1 % pr. 10 g  
242 fedtsyrer, der er fundet i den store internationale analyse.

243 Hvis metanmængden ønskes omregnet til g CO<sub>2</sub>-ækv. skal mængden af metanmængden blot multipliceres  
244 med 25. Det er ikke hensigtsmæssigt, at omregne metanmængden til metan pr. tons gylle, da  
245 gyllemængden varierer meget imellem år og bedrifter afhængig af mængden af regnvand, der falder i  
246 gylletanken, vand der opsamles fra møddings- og ensilagepladser samt vand fra rengøring.

247 Der gøres opmærksom på, at alle data i tabellerne stammer fra NorFor foderplanlægningsværktøjet, hvor  
248 det er muligt, at beregne disse mange effekter af forskellige foderrationer. Det betyder, at det er bedste  
249 bud p.t. på effekt af øget fedttildeling samt andre ændringer i fodersammensætning. Til gengæld vil der  
250 være effekter i tabellerne, som ikke er forskningsmæssigt belyst for alle mulige kombinationer af  
251 fodermidler. Ligningerne til beregning af enterisk metan er f.eks. ikke baseret på konkrete forsøg med  
252 effekt af rapsolie, som der er regnet med her, men er gennemsnitlig effekt baseret på de fodermidler, hvor  
253 der har været data til rådighed. For kvier kan beregning af enterisk metan være usikker, da der ikke er  
254 anvendt en særskilt ligning baseret på undersøgelser med kvier.

255

## 256 Referencer

257 Brask, M., P. Lund, M. R. Weisbjerg, A. L. F. Hellwing, M. Poulsen, M. K. Larsen, and T. Hvelplund. 2013b.  
258 Methane production and digestion of different physiological forms of rapeseed fat supplements in dairy  
259 cows. *J. Dairy Sci.* 96:2356–2365. <https://doi.org/10.3168/jds.2011-5239>.

260 Børsting, C.F.; Hermansen, J.E. & Weisbjerg, M.R. 2003. Fedtforsyningens betydning for  
261 mælkeproduktionen. *DJF Rapport, Husdyrbrug* 54, 133-151

262 Hellwing, A.L.F., M.R. Weisbjerg & H.B Møller. 2014. Enteric and manure-derived methane emissions and  
263 biogas yield of slurry from dairy cows fed grass silage or maize silage with and without supplementation of  
264 rapeseed. *Livestock Science* 165, 189 – 199.

265 Nielsen, N.I., H. Volden, M. Åkerlind, M. Brask, A. L. F. Hellwing, T. Storlien & J. Bertilsson. 2013. A  
266 prediction equation for enteric methane emission from dairy cows for use in NorFor, *Acta Agriculturae*  
267 *Scandinavica, Section A — Animal Science* 63 (3), 126 – 130

- 268 Niu, M., E. Kebreab A. N. Hristov, J. C. Arndt, A. Bannink, A.R. Bayat, A.F. Brito, T. Boland, D. Casper, L.  
269 A. Crompton, J. Dijkstra, M.A. Eugène, P.C. Garnsworthy, M.N. Haque, A.L.F. Hellwing, P. Huhtanen, M.  
270 Kreuzer, B. Kuhla, P. Lund, J. Madsen, C. Martin, S.C. McClelland, M. McGee, P. J. Moate, S. Muetzel, C.  
271 Muñoz, P. O'Kiely, N. Peiren, C. K. Reynolds, A. Schwarm, K.J. Shingfield, T. M. Storlien, M.R. Weisbjerg,  
272 D. R. Yáñez-Ruiz, & Z. Yu. 2018. Prediction of enteric methane production, yield, and intensity in dairy  
273 cattle using an intercontinental database. *Glob. Change Biol.* 1-22.
- 274 Møller, H.B, V. Moset, M. Brask & M.R Weisbjerg. 2014. Feces composition and manure derived methane  
275 yield from dairy cows: Influence of diet with focus on fat supplementation and roughage type. *Atmospheric*  
276 *Environment* 94, 36 – 43.