

METANEMISSION FRA STALD OG LAGER VED FODRING MED FORSKELLIGE FODERBLANDINGER TIL SLAGTEGRISE

Anne Lindstrøm Hansen, Sabine Stoltenberg Grove & Mads Skjærbæk

^a SEGES Innovation P/S, Den rullende Afprøvning

STØTTET AF

Svineafgiftsfonden

Hovedkonklusion

Fodring med alternative proteinkilder til sojaskrå til slagtegrise ændrede ikke metanemissionen fra stalden, men reducerede metanemissionen fra lagret gylle. Det samlede beregnede klimaaftryk pr. produceret slagtegris var væsentligt lavere for de alternative foderblandinger, primært på grund af et lavere klimaaftryk fra foderet (inkl. LUC) og i mindre grad lavere emission fra lagret gylle. Resultaterne viser, at valg af proteinråvarer har stor betydning for det samlede klimaaftryk.

Sammendrag

Formålet med afprøvningen var at undersøge, om alternative proteinkilder til sojaskrå kan påvirke metanemissioner fra stald og lagret gylle, samt det samlede klimaaftryk fra slagtegriseproduktion.

Tre foderblandinger blev afprøvet på i alt 540 slagtegrise (30-120 kg): en kontrolblanding baseret på sojaskrå og to blandinger med alternative proteinråvarer som raps, ærter, hestebønner, rug og tritcale. Metanemissioner blev målt i både stald og lagertanke over tre hold. Der blev ikke fundet signifikante forskelle i metanemission fra stalden mellem foderblandingerne. Der blev derimod målt lavere metanemission fra lagret gylle fra grise fodret med alternative proteinkilder sammenlignet med kontroloffoderet.

Det beregnede klimaaftryk pr. produceret slagtegris var væsentligt lavere for grise fodret med de alternative foderblandinger. Reduktionen skyldtes primært et lavere klimaaftryk fra selve foderet (inkl. LUC) og i mindre grad lavere emission fra lagret gylle. Resultaterne viser, at ændret proteinsammensætning i foderet har begrænset betydning for metanemissionen i stalden, men kan reducere emissionen fra lagret gylle, og samtidig sænke det samlede beregnede klimaaftryk. Resultaterne gælder for forsøgsopstillingen og kan ikke direkte overføres til fuldskalaproduktion i en konventionel slagtegrise-stald.

Baggrund

Klimaregnskabsmodeller

I denne rapport skelnes der mellem to metoder til opgørelse af klimaaftryk:

- 1) Det territoriale klimaaftryk, som omfatter metan og lattergas fra gødning og fordøjelse af foderet.
- 2) Det produktbaserede klimaaftryk, som udover det territoriale også omfatter energi og foderets klimaaftryk.

Denne skelnen er nødvendig, da afprøvningen sammenholder klimapåvirkninger fra både metan-emissionen i griseproduktion (stald og lager) og foderets klimapåvirkning. Metan fra griseproduktionen indgår i det territoriale klimaaftryk og i det produktbaserede klimaaftryk [1]. Foderets klimabidrag påvirker primært det produktbaserede klimaaftryk.

Det danske landbrugs klimaaftryk

I 2023 bidrog det danske landbrug med 29 % af den totale nationale drivhusgasemission i CO₂e [1]. De fleste af disse stammer fra metan (CH₄) og lattergas (N₂O), som fra landbruget udgør henholdsvis 80 % og 88 % af den samlede danske udledning af disse gasser. Totalt betyder det omtrent 11,2 mio. tons CO₂e årligt fra landbruget. Den samlede drivhusgasudledning stammer både fra mark- og husdyrbrug. Metan fra griseproduktion udledes fra enterisk fermentation (gasdannelse i tyktarmen på dyrene) og gylleopbevaring, hvor sidstnævnte bidrog med cirka 1,5 mio. tons CO₂e i 2023 [1]. En anden gren af klimaaftrykket fra landbruget er foderproduktion, som ofte indeholder komponenter, der produceres i udlandet og transporteres til Danmark. Desuden bidrager "Land Use, Land Use Change and Forestry" (LUC) betragteligt til klimaaftrykket på f.eks. soja [2].

Grisens klimaaftryk

Grisens klimaaftryk beregnes i denne afprøvning som produktbaseret for at inkludere flest mulige faktorer, herunder foderproduktionen. Foderet udgør ca. 67 % af klimaaftrykket, hvor størstedelen af det resterende klimaaftryk kommer fra emissioner fra produktionen og en smule fra energiforbrug [5].

Ifølge IPCC AR5 (FN's organisation for klimavidenskab), er metan 28 gange mere potent som drivhusgas end CO₂. Dermed er det største klimaaftryk fra staldene og lager: metan. Det er ca. 82 % af metanen, der kommer fra grisegyllen, som dermed er den største kilde fra griseproduktion [6][7].

Klimaaftrykket på foderblandinger kan beregnes ved at bruge tal fra den europæiske Global Feed LCA Institute-database (GFLI). Her findes råvarers klimaaftryk med og uden LUC. Reduktion opnås f.eks. ved at fokusere på lokalt-producerede råvarer. Foruden fokus på at reducere klimaaftrykket fra selve foderblandingen er det også vigtigt at holde foderforbruget for øje. Et lavere foderforbrug pr. kg produceret gris bidrager i sig selv direkte til en reduktion i klimaaftrykket for grisens samlede produktion, og et højere foderforbrug vil øge klimaaftrykket på det producerede kød.

I 2021-22 testede SEGES Innovation fire foderblandinger fra forskellige firmaer med lavere klimaaftryk end en standard slagtegriseblanding baseret på sojaskrå [8]. Resultaterne viste, at klimaaftrykket fra foderet kunne reduceres med op til 58 %, når beregningen blev gjort inklusiv LUC og med grisens produktivitet taget i betragtning. Nogle alternative foderstoffer gav dog dårligere produktivitet, hvilket gør det svært at sætte værdi på klimareduktion, især uden økonomisk gevinst ved dette for nuværende.

Formål

Alternative proteinkilder til sojaskrå har en anderledes fibersammensætning. Det er uvist, hvordan dette kan påvirke emission fra stald og lagertanke, da der pt. anvendes standardværdier for dette uafhængigt af foderets sammensætning. Disse forsøg skulle derfor være med til at afklare, om fiber-sammensætningen har betydning for emission målt fra stald og lagertanke.

Materialer og metoder

Designet af denne afprøvning tog afsæt i resultaterne fra en tidligere afprøvning, hvor produktiviteten på foderblandinger med reduceret klimaaftryk blev testet [8]. Det er nogle af de samme foderblandinger, som går igen i denne afprøvning og skaber sammenhæng mellem produktivitet og emissionsmålinger, dog ikke på statistisk niveau, da det ikke er de samme grise, der er lavet målinger på.

Besætning og faciliteter

Forsøget blev gennemført på Forsøgsstation Grønhøj i seks kamre á to stier (2,4 x 4,8 m hver). Hver sti havde 15 stipladser og kamrene var specialdesignede til emissionsmålinger. Kamrene var indrettet med undertryksventilation i form af diffust luftindtag med mulighed for supplerende ventilation. Loftventilationen blev styret af KJ-Klimateknik. Kamrene målte hver 5,6 * 4,8 * 2,5 m (l*b*h). Gulvprofilen var 1/3 drænet betongulv og 2/3 traditionel betonspalte. Trælægter udgjorde beskæftigelsesmateriale. Kamrene havde vakuum-rør gylleudslusning. I alt 12 stier (6 sektioner á to stier) blev startet op på samme tid, og kørt parallelt med kun foder til forskel.

Foder

Den planlagte fodersammensætning i de tre foderblandinger var som beskrevet i tabel 1 og 2. Der blev fodret med enhedsblanding i hele perioden. Yderligere information om sammensætning, f.eks. aminosyrer og mineraler, findes i appendiks 1.

Tabel 1 – Fodersammensætning, angivet i % indhold i blandingerne

Gruppe	1 Kontrol	2 Danish Agro	3 BAT Agrar
Byg	28,2	25,0	25,0
Hvede	49,0	25,8	31,7
Hvedeklid	4,0		
Sojaskrå	14,6		
Rapsskråfoder			10,0
Hestebønner			10,0
Triticale			10,0
Rug		20,0	5,0
UniBio Protein 59,9		1,0	
Kartoffelprotein		1,0	
Rapskagefoder, Scanola		16,1	
Ærter		4,0	
Palmefedt	0,8	0,5	
Solsikkeskråfoder			3,1
Sukkerroemelasse		2,0	1,5
Vitaminer og mineraler	3,4	4,6	3,7

Tabel 2 – Næringsindhold af fodersammensætning

Gruppe	1 Kontrol	2 Danish Agro	3 BAT Agrar
Tørstof %	85,8	86,3	85,9
FE/kg TS	1,22	1,20	1,15
Råprotein % TS	16,2	14,9	15,3
Ford. protein (fækal) %	77,0	74,0	76,0
Uford. protein (fækal) % TS	3,8	3,9	3,7
Råfibre % TS	18,5	19,4	20,4
Uopløselige fibre % TS	14,6	15,4	16,2
Opløselige fibre % TS	39,0	40,0	42,0
NDF % TS	17,1	17,5	18,1
ADF % TS	5,5	6,8	7,3
ADL % TS	1,2	2,3	2,2
EFOS %	85,0	82,0	82,0
Uford. EFOS % TS	14,2	16,2	16,5

Grupperinger og rotation af grupper

Grisene blev fordelt i én af de tre grupper: fodergruppe 1 (FG1 – Kontrol), fodergruppe 2 (FG2 – Danish Agro) og fodergruppe 3 (FG3 – BAT Agrar). Grupperne blev fordelt systematisk mellem kamre for at minimere risikoen for kammereffekt på emissionerne og sikre ensartet fordeling. Gruppernes organisering i kamrene kan ses i tabel 3. Der blev gennemført tre hold, som beskrevet længere nede i dette afsnit.

Tabel 3 - Fordeling af grupper i forsøgskamre

	Kammer 1	Kammer 2	Kammer 3	Kammer 4	Kammer 5	Kammer 6
Hold 1	FG3	FG1	FG2	FG3	FG1	FG2
Hold 2	FG1	FG2	FG3	FG1	FG2	FG3
Hold 3	FG2	FG3	FG1	FG2	FG3	FG1

Gylleudslusning og lagertanke

Gyllen fra hvert kammer blev udsluset til hver deres respektive tank. Tankene var plastiktanke med højden 265 cm og ø 230 cm. Se Figur 1.



Figur 1 - Lagertanke, tilkoblet stald

Da grupperne ikke kunne roteres mellem tankene for hvert hold, blev de i stedet fordelt, så påvirkningen af varme- og/eller kuldeforhold på emissionerne tankene imellem blev minimeret. Grupperne i tankene blev fordelt som angivet i tabel 4.

Tabel 4 - Fordeling af grupper i lagertanke

Tank 1	Tank 2	Tank 3	Tank 4	Tank 5	Tank 6
FG1	FG2	FG3	FG1	FG2	FG3

Der blev udsluset gylle fra stalden hver 14. dag. Dog fandt den første udslusning først sted efter fire uger, da der ellers ikke var stor nok mængde gylle at udsluse. En delmængde på cirka 10 % af gyllen fra hvert kammer blev overført til forsøgstankene tilhørende den respektive gruppe. Restmængden blev flyttet til en lagertank.

Gennemførsel og registreringer

Afprøvningen blev gennemført med tre hold slagtegrise á cirka 12 uger pr. hold. Grisene blev indsat ved 30 kg og taget ud til slagtning ved cirka 120 kg ved optimal slagtevægt. Minimum ugentligt blev stalden besøgt af en miljøtekniker fra Den Rullende Afprøvning for at foretage kontrolmålinger og/eller registreringer. Det første hold grise (inklusive alle tre foder grupper) blev startet d. 1. maj 2023, hvorfra første udslusning og dermed første tilsætning til lagertankene blev foretaget d. 1. juni 2023.

Måleperioder

Der blev gennemført otte målekampanjer i stald over otte måneder, fordelt med tre målekampanjer i hvert af holdene 1 og 2, samt to målekampanjer i hold 3. Samlet udstrakte målekampanjerne i stald sig fra juni 2023 til januar 2024. I samme periode, blev der udført samlet syv målekampanjer på tankene, hvor der blev foretaget tre på hold 1 og to på hvert af holdene 2 og 3. Målekampanjerne blev tilstræbt fordelt over kalenderåret og grisenes vækstperiode, så der blev taget højde for disse parametre i indsamlingen af data.

Gasmålinger

Koncentrationerne af CH₄ og CO₂ blev målt med Cavity Ring Down Spectrometry (Picarro G4301/2508). Hvert målepunkt blev målt i 7 minutter. Ved målekampagnens start blev der tjekket for lækager i måleslanger og fejl i måleudstyr vha. kontrolgas (1500 ppm CO₂/100 ppm CH₄). Målepunktet for gaskoncentrationer var placeret under loftudsugget i hvert respektive kammer og tank, samt et punkt uden for stalden.

Temperatur, luftfugtighed og ventilation

Ventilationsydelsen i kamrene blev målt kontinuerligt med en målevinge (Fancom AT) og data logget hver 5. min via PC-log (VengSystem A/S). Temperatur blev målt, samme placering som gasmålinger med en temperatursensor (VE10A) og blev logget med samme system som ventilationen.

Udsug til gasmålingerne blev fortaget med Charles Austin pumper. Ydelsen på Charles Austin pumperne blev kontrolleret med flowmeter ved opstart af hver måleperiode for at sikre, at der var det samme sug under hver måleperiode. Temperatur blev målt i headspaceluften i tanken og cirka 10 cm over bunden med temperatursensorer (VE10A). Temperaturmålingerne blev kontinuerligt logget via PC-log (VengSystem A/S).

Manuelle registreringer

Gyllehøjder i stalden, antal grise, svineri og estimeret vægt på grisene blev registreret manuelt på måledage. Indgangsvægt og slagtevægt blev registreret på stiniveau. Målinger af mængde gylle produceret pr. kammer blev målt ved at måle gyllehøjde i gyllekummerne før og efter udslusning. Mængde gylle i lagertankene, ved målekampanjerne, blev målt med samme fremgangsmåde.

Der blev ved hver udslusning til lagertankene udtaget prøver af gyllen fra alle kamre. Udtagningen fandt sted efter gyllen var omrørt i fortank, inden videre udslusning til lagertankene.

Fodermængde

Der var én foderautomat pr. sti med vandtilslutning (Skiold Maximat foderautomat). Grisene fik pelleteret tørfoder. Foderforbruget blev opgjort pr. sti.

Fodersammensætning og -analyser

Foderet i denne afprøvning blev produceret af hhv. Danish Agro og BAT Agrar og den primære fodersammensætning kan ses i tabel 5. Information om CO₂e aftryk fra foderblandingerne og yderligere information om foderblandingerne sammensætning og foderanalyser kan findes i appendiks 1.

Tabel 5 - Hovedbestanddele i foderblandinger

	FG1 Kontrol	FG2 Danish Agro	FG3 BAT Agrar
Primære råvarer	Hvede, byg og sojaskrå	Hvede, byg, rug, raps og ærter	Hvede, byg, tritcale, hestebønner, raps og rug

Ved hver foderlevering blev der indsendt prøver til analyse for kemisk og mikrobiel sammensætning hos hhv. Eurofins Steins Laboratorium og Fødevarestyrelsen.

Gylleanalyser

I alt blev ni gylleprøver sendt til analyse af fibersammensætning hos Eurofins Steins Laboratorium. Der indgik tre prøver pr. gruppe. Hver prøve bestod af en 50:50 sammensætning af gylle fra de to kamre, der tilhørte samme gruppe inden for hvert hold. På den måde blev alle grupper repræsenteret på tværs af de tre hold.

Statistik – emissioner

Metanemission fra stald blev korrigeret for indhold af CH₄ i indkommen luft til sektionen. Koncentrationsmålinger af CH₄ blev redigeret ved at fjerne de første tre og sidste 0,5 minutters måling for at undgå krydskontaminering mellem målepunkter. Derefter udregnes et døgnmiddel for emissionerne. Emissionsopgørelsen fra stalden er inklusiv enterisk bidrag fra grisene og beregnes som følgende:

$$\text{gram CH}_4/\text{gris}/\text{time} = \frac{M_{\text{CH}_4}(\text{g} \cdot \text{mol}^{-1}) * C_{\text{CH}_4}(\text{ppm}) * V(\text{m}^3 \cdot \text{time}^{-1}) * P(\text{atm})}{0,0821 \text{ L} \cdot \text{atm} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1} * T(\text{kelvin}) * N_{\text{gris}} * 1000 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}}$$

Metanemissioner fra lagertankene blev beregnet på samme måde ud fra målte koncentrationer af CH₄, antal kubikmeter gylle i tanken, temperatur i headspaceluften og med fast ventilationsrate, som var udsuget fra tankene til koncentrationsmålingerne.

Produktionsværdi

Produktionsværdien beregnes baseret på 5-årsprisen fra 2018-2022. Der er regnet samme foderpris for alle tre blandinger (foderpris på 1,76 kr. pr. FEsv). Øvrige beregningsantagelser og formel for beregning findes i appendiks 2.

Klimaværdi foder

Klimaaftrykket på foderet er beregnet via GFLI-data. Her beregnes klimaaftrykket med og uden LUC. Klimaaftrykket er samlet i appendiks 1.

Klimaaftryk på grisen

Det samlede klimaaftryk for en gris i denne afprøvning blev beregnet som summen af tre bidrag:

- 1) CO₂e fra foder
- 2) CO₂e fra stald (bestående af bidrag fra gylle og enteriske emissioner)
- 3) CO₂e fra oplagret gylle i lagertanken.

Emissionerne fra lagertanke blev opgjort over en periode svarende til det antal vækstdage, slagtegrisen har i stalden. For at kunne relatere emissionerne fra lagertanke til klimaaftrykket pr. gris, blev emissionerne først bestemt pr. m³ gylle. Dette blev efterfølgende omregnet til udledning pr. gris ved at anvende den målte gylleproduktion pr. gris over vækstperioden i stalden (fra 30 kilo til slagtning).

Det skal understreges, at resultaterne fra denne afprøvning ikke kan anvendes som fuldstændige beregninger af grisens klimaaftryk. Dette skyldes, at de anvendte emissionsfaktorer fra både stald og lagertanke ikke kan overføres direkte til fuldskalatanke eller almindelige produktionssystemer, da udslningsprofilen fra stalden i forsøget afviger fra standard og tankenes udformning, materiale og ventilation er markant anderledes end fuldskalatanke i besætninger. Resultaterne kan derfor udelukkende anvendes til at vurdere, hvorvidt metanemissioner adskiller sig mellem kontrolgruppen og de to forsøgsgrupper i dette forsøg. Til omregning af metanemissionerne til CO₂e blev der brugt det globale opvarmningspotentiale (GWP) for CH₄ brugt. Vi anvendte en GWP-værdi på 28 (100-års tidshorisont) i henhold til IPCC AR5.

Resultater og diskussion

Staldregistreringer

Antal grise i forsøget er vist i tabel 6 nedenfor sammen med produktionsdata.

Tabel 6 - Gennemsnit antal grise pr. gruppe, antal dage i forsøg, start og slutvægt

	FG1 Kontrol	FG2 Danish Agro	FG3 BAT Agrar
Antal grise indsat	180	180	180
Antal dage i forsøg pr. gris, gns.	75,6	77,3	75,8
Startvægt, kg	31,7	31,8	31,9
Slutvægt, kg	122,4	121,3	119

Samlede gylleregistreringer

Gylleregistreringer i kummer, lagertanke og pr. gris igennem forsøget ses nedenfor i tabel 7. Gyllekummehøjden var 40 cm, hvilket er inden for normalområdet. På hold 3, forsøgsgruppe 3, blev der registreret meget lave gyllehøjder. Den endelige udregning for liter gylle pr. gris for hold 3, forsøgsgruppe 3, endte på 311 liter pr. gris. Gylleanalyser viste højt tørstof i gyllen fra netop dette hold, hvormed det fortolkes som at der er sivet gylle ud fra i hvert fald en af staldene i forsøgsgruppe 3. Dette kan ske, hvis en prop ikke lukker tæt. Ud fra de tidligere gyllemængder i forsøgsgruppe 3, og med et fald fra hold 1 til 3 registreret i forsøgsgruppe 1 og 2, er der udregnet gyllemængde, der vil svare til 444 liter gylle pr. gris for forsøgsgruppe 3 hold 3. Denne værdi benyttes til videre beregninger i stedet for den målte værdi på 311 liter pr. gris, hvormed gyllen produceret pr. gris ender med i gennemsnit at være 499 liter for forsøgsgruppe 3. For at se udregnede metanemissioner, hvor det oprindelige tal er brugt, se appendiks 5. Der er yderligere data på mængden af gylle i hver tank i appendiks 3.

Tabel 7 – Gyllehøjde og registreringer af gylle. Værdien markeret med * er teoretisk beregnet.

	FG1 Kontrol	FG2 Danish Agro	FG3 BAT Agrar
Gennemsnits gyllehøjde i kummen (cm)			
Hold 1	11,3 cm	11,5 cm	10,7 cm
Hold 2	12,8 cm	12,5 cm	12,5 cm
Hold 3	12,3 cm	11,4 cm	8,8 cm
Gennemsnit alle hold	12,1 cm	11,8 cm	11,6 cm
Samlet mængde gylle tilsat lagertanke ved afslutning på forsøget (liter)			
Tank 1 + 2 samlet	14.583 liter	13.960 liter	10.179 liter
Gylle produceret pr. gris (liter)			
Gennemsnit alle hold	550 liter	507 liter	499 liter*

Ventilation og temperatur både i stald og lager var ens mellem grupperne, men temperaturen faldt i takt med, at det blev koldere (sæson). Måling af ventilation og temperatur i gylle og luft kan ses i appendiks 4. Ventilationsydelse på lagertanke blev fastsat til 8 liter/minut.

Foderanalyser

Analyserne viste generelt et lidt højere proteinindhold i blandingerne end forventet; dette var især gældende for kontrolgruppen, som analytisk havde det højeste proteinniveau. Forøget proteinniveau kan lede til øgede ammoniakemissioner, men også i mindre grad højere vandforbrug, mere gylle og øgede metanemissioner fra ufordøjet protein. Øvrige næringsstovværdier lå i god overensstemmelse med de deklarerede værdier. Se yderligere information om analyser i appendiks 1. De botaniske analyser understøttede ligeledes en tilfredsstillende overensstemmelse mellem de forventede og de angivne komponenter. Metoden er meget anvendelig i forsøg som dette, idet analysen kan indikere tilstedeværelsen af specifikke fodermidler, som ikke umiddelbart kan verificeres gennem kemiske analyser.

Analyse for fiberindhold i gylle

Resultaterne af fiberanalyse af gylleprøverne fra de tre grupper kan ses nedenfor i tabel 8.

Tabel 8 - Resultater af fiber analyse, gennemsnit for tre prøver udtaget over tre hold. * trukket op af formodet sivning af gylle fra FG3 hold 3.

	FG1 Kontrol	FG2 Danish Agro	FG3 BAT Agrar
Tørstof i gylle, %	7,1	8,3	9,5*
Kostfiber total, % TS	33,2	38,1	34,5
Uopløselige fibre, % TS	29,3	34,0	30,6
Opløselige fibre, % TS	3,9	4,1	3,9
Råaske, % TS	20,2	19,2	18,7

Der blev fundet en højere procentdel kostfibre totalt i gylleprøverne fra grise fodret med alternativer til sojaskrå (FG2+3). Denne højere fraktion af fibre skyldes, at der blev fundet et lidt højere indhold af uopløselige fibre i gyllen i FG2 og FG3. Der blev ikke fundet nævneværdig forskel i indholdet af opløselige fibre.

Produktionsresultater

Produktionsresultaterne for afprøvningen kan ses i tabel 9. Det skal understreges, at der i denne afprøvning ikke er dimensioneret efter at måle produktivitet. Produktivitsresultaterne i denne afprøvning er derfor ikke med statistisk sikkerhed. En større undersøgelse af produktivitet ved brug af

de tre foderblandinger er allerede foretaget og resultaterne kan findes i Meddelelse 1267 udgivet i 2022 [8]. Foderets klimaaftrek er desuden også nævnt i tabellen inkl. LUC, hvor den store forskel er den udledning af CO₂e, der sker ved afskovning af soja (beregning af foderets klimaaftrek inkl. LUC).

Tabel 9 - Produktionsresultater for forsøgsperioden

	FG1 Kontrol	FG2 Danish Agro	FG3 BAT Agrar
Kødprocent	57,4	57,6	57,7
Foderoptagelse, FESv/dag	3,08	3,14	3,02
Tilvækst, g/dag	1161,2	1144,6	1113,5
Foderforbrug, FESv/kg tilvækst	2,65	2,75	2,71
Produktionsværdi pr. gris, indeks	100	92,4	89,9
kg CO ₂ e inkl. LUC/FESv pr. kg gris	1,09	0,49	0,44
Kg CO ₂ e uden LUC/FESv pr. kg gris	0,48	0,46	0,41
Tilvækst i afprøvningen (kg)	90,7	89,5	87,1
CO ₂ e fra foder pr. produceret gris (kg)	262	121	104

Metanemissioner fra stald (inkl. omregning i CO₂e)

I tabel 10 er vist de beregnede middelværdier af metanemissioner fordelt på de tre forsøgsgrupper fra stalden. Metanemissionen i stalden er inklusiv det enteriske bidrag. I tabel 10 er der ligeledes omregnet, hvad denne metanemission vil betyde i samlet CO₂e bidrag til grisens klimaaftrek.

Tabel 10 - Metanemissioner for hver forsøgsgruppe i stald og lagertanke, samt omregninger til CO₂-e. Standard afvigelse på relevante tal er angivet i parentes efter tallet.

	FG1 Kontrol	FG2 Danish Agro	FG3 BAT Agrar
Målinger fra stald			
Gns. CH ₄ i stald pr. døgn/gris, gram	7,5 (1,4)	6,7 (0,8)	8,2 (2,0)
Antal dage i forsøg	75,6	77,3	75,8
Samlet CH ₄ i stald pr. gris i hele perioden, gram	571 (105,5)	519 (60)	620 (153,4)
Samlet CO ₂ e i stald pr. gris i hele perioden, kg	15,9 (3,0)	14,6 (1,7)	17,3 (4,3)
Målinger fra lagertanke			
Gylle produceret pr. gris, m3	0,53	0,47	0,47
Gns. CH ₄ i lagertank pr. døgn pr. m3, gram	19,5	16,0	17,4
Samlet CH ₄ i lagertank pr. gris i hele perioden, gram	800	592	625
Samlet CO ₂ e i lagertank pr. gris i hele perioden, kg	24,2	18,6	16,1

Metanemissionerne fra stalden i denne afprøvning er inklusive det enteriske bidrag. Der blev ikke fundet forskelle mellem fodergrupperne, hvilket tyder på, at ændringer i proteinråvarer og fibersammensætning ikke påvirkede den kortvarige mikrobielle omsætning i staldmiljøet tilstrækkeligt til, at det var tydeligt forskelligt. Gylle opholder sig relativt kort tid i stalden, og metandannelse når derfor kun i begrænset omfang at etablere sig før udslusning.

Der blev derimod fundet en højere metanemission fra lagertankene indeholdende gylle fra slagtegrise fodret med en traditionel sojaskråblanding. Selv om der var lidt flere kostfibre i gylleprøven for kontrollen, er forskellen ikke så stor, at det alene forklarer forskellen i metanemissionerne. For muligvis at få en bedre forklaring, er man nødt til at betragte de forskellige fibre i gyllen. Uopløselige fibre omsættes langsommere under anaerobe forhold, hvilket reducerer den mikrobielle omdannelse af organisk kulstof til metan [9,10]. De alternative foderblandinger indeholdte råvarer som rug, triticale og solsikkekrå, der bidrager med cellulose, lignin og arabinoxylaner [11–13], og dette kan forklare det højere indhold af

strukturelle fibre i gyllen. En større andel strukturelt kulstof forventes i højere grad at forblive uomsat under lagring frem for at blive omdannet til CH₄.

Resultaterne peger således på, at foderets fibersammensætning har begrænset effekt på metanemissionen i stalden, men kan påvirke den efterfølgende metandannelse under lagring. Metanemissionen i stalden vil primært påvirkes af opholdstid for gyllen, temperatur, ventilationsforhold samt mængden af let omsætteligt organisk materiale, mens ændringer i andelen af strukturelle fibre i foderet forventes at have begrænset betydning. Sammenhængen er biologisk plausibel, men mekanismen er ikke direkte dokumenteret i dette forsøg.

Kombineret klimaaftryk

Nedenfor i tabel 11 kan det samlede klimaaftryk for foder, stald- og lager emissioner ses pr. produceret slagtegris. Opgørelsens tre komponenter (foder, CH₄ fra stald og lagertanke) bidrager forskelligt, men dog væsentligst er klimabidraget fra foderet (beregnet med data fra GFLI-databasen), da dette er næsten dobbelt så stort for sojabaseret foder, som for alternativene i dette forsøg, når der regnes inkl. LUC. Dette, sammen med den højere metanemission fra lagertanke indeholdende gylle fra grise, fodret med traditionel sojablanding, skubber yderligere til den samlede mængde CO₂e, der er pr. produceret slagtegris i denne afprøvning.

Formlen brugt til udregning af en slagtegris' samlede CO₂e i afprøvningen er som følger:

$$FE_{sv}/kg \text{ tilvækst} * CO_2e/FE_{sv} * gns \text{ tilvækst} + CO_2e \text{ fra stald/ gris/døgn} * \text{antal vækstdage pr. gris} + CO_2e \text{ lagertanke}/m^3 \text{ gylle/døgn} * \text{antal vækstdage pr. gris} * m^3 \text{ gylle/gris}$$

Tabel 11 - Det totale klimaaftryk pr. produceret gris i denne afprøvning. OBS: Dette er det akkumulerede klimetryk fra metan udledning samt foderaftryk for foder, uden inklusion af aftryk fra energiforbrug, so, smågrise, etc.

Samlede klimaaftryk pr. produceret slagtegris	FG1 Kontrol	FG2 Danish Agro	FG3 BAT Agrar
CO ₂ e inkl. LUC fra foder/produceret gris (kg)	262	121	104
CO ₂ e eks. LUC fra foder/produceret gris (kg)	115	114	97
CO ₂ e fra stald / produceret gris (kg)	15,9	14,6	17,3
CO ₂ e fra lager/ produceret gris (kg)	22,4	16,6	17,5
Samlet kg CO₂e inkl. LUC / produceret gris	300,3	151,7	138,7
Samlet kg CO₂e eks. LUC / produceret gris	153,7	144,8	131,7

I denne afprøvning var det samlede klimaaftryk for en slagtegris fodret med en foderblanding baseret på sojaskrå omkring dobbelt så højt, som for en gris fodret med én af de to forsøgsblandinger, hvis man inkluderer LUC, hvorimod den største forskel, mellem FG1 og FG3 uden LUC var omkring 15 %, hvis man ser bort fra LUC.

Konklusion

Denne afprøvning undersøgte, om alternative proteinkilder til sojaskrå kan påvirke metanemissioner fra stald og lagret gylle samt det beregnede klimaaftryk fra slagtegriseproduktion. Der blev ikke fundet statistisk sikre forskelle i metanemission fra stalden mellem de tre foderblandinger. Den enteriske og staldrelaterede metanproduktion synes således ikke påvirket af ændringer i proteinråvarer inden for de undersøgte niveauer. Der blev derimod målt lavere metanemission fra lagertanke med gylle fra grise fodret med alternative proteinkilder, sammenlignet med kontrolfoder baseret på sojaskrå. Forskellen kan hænge sammen med et højere indhold af svært fermenterbare fibre i gyllen, men forsøget dokumenterer ikke en direkte årsagssammenhæng. Forskellen mellem FG1 og FG3 var her omkring 25 %. Det beregnede samlede klimaaftryk pr. produceret gris var væsentligt lavere for de alternative foderblandinger. Reduktionen skyldes primært et lavere klimaaftryk fra selve foderet (inkl. LUC), og i mindre grad lavere metanemission fra lagret gylle. Stald-emissionerne bidrog kun i lav grad til forskellen. Ser man bort fra LUC på foderet, var forskellen noget mindre, men dog stadig højest for FG1, som var blandingen, der indeholdt soja. Det er altså tydeligt, at en stor del af klimabidraget kommer fra LUC. Resultaterne gælder udelukkende under de specifikke forsøgsforhold, og kan ikke direkte overføres til fuldskala produktion. Afprøvningen viser dog, at valg af proteinråvarer har stor betydning for det beregnede klimaaftryk.

Referencer

- [1] Nationalt center for miljø og energi (2023): *Nr. 655: Danmarks Nationale Opgørelsesrapport 2025. Emissionsopgørelser 1990-2023*. Århus Universitet, DCE.
- [2] Global Feed LCA Institute (2020): *LCA results of feed material*. Tilgængelig på: <https://globalfeedlca.org/downloads/gfli-lca-database-excel/gfli-lcia-results-of-feed-material/> (Tilgået d. 22. september 2025)
- [3] The Pig Site (2021): *Environmental Assessment of Danish Pork*. Tilgængelig på: <https://www.thepigsite.com/articles/environmental-assessment-of-danish-pork> (Tilgået d. 22. September 2025)
- [4] CONCITO (u.å.): *The big climate database*. Tilgængelig på: <https://denstoreklimadatabase.dk/en/food/pork-meat-average/ra00501> (Tilgået d. 22. september 2025)
- [5] Finn Udesen - personlig kommunikation
- [6] Normtal for husdyrgødning – DCA. Christian Friis Børsting og Anne Louise Frydendahl Hellwing (red.) Institut for Husdyr- og Veterinærvidenskab: https://pure.au.dk/ws/portalfiles/portal/445489021/Kapitel_1_m._tabeller.pdf (Senest tilgået d. 27. januar 2026)
- [7] Denmark's national inventory document 2025 – DCE (Danish Center for Environment and Energy). Tilgængelig på: https://envs.au.dk/fileadmin/envs/Emission_inventories/DENMARKS_NATIONAL_INVENTORY_DOCUMENT_TO_UNFCCC.pdf (Senest tilgået d. 27. januar 2026)
- [8] Petersen, T. S. og Sommer, H. M. (2022): *Foderblandinger med lavt klimaaftryk leverer tilfredsstillende produktivitet*. *Meddelelse 1267*, SEGES Innovation.
- [9] Pokój, T. et al. (2020): *Effect of Individual Components of Lignocellulosic Biomass on Methane Production and Methanogen Community Structure*. *Waste Biomass Valor* 11, 1421–1433 (2020). <https://doi.org/10.1007/s12649-018-0434-3>
- [10] Sun, Z. et al. (2024): *Deciphering the Impact of Lignin on Anaerobic Digestion: Focus on Inhibition Mechanisms and Methods for Alleviating Inhibition*. *ACS Omega* 2024 9 (44), 44033-44041. DOI: 10.1021/acsomega.4c04375
- [11] Németh, R., og Tömösközi, S. (2021). *Rye: Current state and future trends in research and applications*. *Acta Alimentaria*, 50(4), 620-640. <https://doi.org/10.1556/066.2021.00162>
- [12] Rakha, A, Aman, P., og Andersson, R. (2011): *Dietary fiber in triticale grain: Variation in content, composition, and molecular weight distribution of extractable components*. *Journal of Cereal Science*, Volume 54, Issue 3, 2011, Pages 324-331, ISSN 0733-5210. <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2011.06.010>.
- [13] Simović, M. et al (2024): *Sunflower Meal Valorization through Enzyme-Aided Fractionation and the Production of Emerging Prebiotics*. *Foods*. 2024 Aug 10;13(16):2506. doi:10.3390/foods13162506. PMID: 39200433; PMCID: PMC11353406.

Deltagere

Tekniker: Hans Peter Thomasen, Henry Kousgaard Aalbæk, Per Mark Hagelskjær
Statistikere: Claus Vestergaard

Øvrig information

Afprøvning nr. 1842
NAV nr.: 1450

//LATO//

Dyregruppe: Gris, Slagtegris
Fagområde: Miljø og Klimateknologi
Nøgleord: Metan, metan emission, Klima, foder, slagtegris

Appendiks

Appendiks 1 - Foderdetaljer

Fodersammensætning af de tre blandinger brugt i forsøget, hvoraf gruppe 2 og 3 går igen fra tidligere afprøvning [8].

Gruppe	1 Kontrol	2 Danish Agro	3 BAT Agrar
Byg	28,2	25,0	25,0
Hvede	49,0	25,8	31,7
Hvedeklid	4,0		
Sojaskrå	14,6		
Rapsskråfoder			10,0
Hestebønner			10,0
Triticale			10,0
Rug		20,0	5,0
UniBio Protein 59,9		1,0	
Kartoffelprotein		1,0	
Rapskagefoder, Scanola		16,1	
Ærter		4,0	
Palme-fedt	0,8	0,5	
Solsikkeskråfoder			3,1
Sukkerroemelasse		2,0	1,5
Kridt	1,506	0,865	1,050
Monocalciumfosfat 22,8 %	0,370	0,423	0,150
Natriumklorid	0,599	0,580	0,460
Lysin sulfat 80 %	0,437	0,731	0,600
Methionin DL 98 %	0,070	0,084	0,050
Threonin 98 %	0,140	0,283	0,140
Tryptophan 99 %		0,055	0,030
Valin L 96,5 %	0,005	0,121	
DV SL Enz	0,20	0,20	
Fytase	0,02	0,02	
Benzoesyre (Vevovitall) 4d210		0,50	
Formic Acid - Calciumformiat		0,50	
GærPlus 2.0		0,10	
TechnoMos		0,05	
Kornklid			1,00
Hemicell HT			0,03

Resultaterne af de kemiske analyser af de tre blandinger foretaget hos Eurofins Steins Laboratorium. Der er foretaget 3 analyser pr. gruppe, og tallene i denne tabel er gennemsnit herfra. F=forventet, A=analyseret og Afv=afvigelse mellem A og F i %.

Gruppe	Kontrol			Danish Agro			BAT Agrar		
	F	A	Afv,%	F	A	Afv,%	F	A	Afv,%
FEsv/kg	1,07	1,08	1,1	1,06	1,07	0,7	1,03	1,05	1,9
Råprotein, g/kg	154	170	10,4	146	152	4,1	155	163	5,2
Ford. råprotein, g/FEsv	131	143	9,2	117	122	4,3	122	131	7,2
Lysin, g/kg	9,7	10,5	8,6	10,9	11,4	4,9	9,6	10,0	3,9
Ford. lysin, g/FEsv	8,6	9,2	7,4	9,5	10,0	5,1	8	8,5	5,9
Treonin, g/kg	6,6	6,9	5,2	8	7,9	-1,4	6,5	7,4	14,3
Ford. treonin, g/FEsv	5,7	5,9	4,0	6,7	6,6	-1,2	5,3	6,2	16,5
Methionin, g/kg	2,9	2,9	0,3	3,3	2,9	-11,2	2,8	2,7	-3,6
Ford. methionin, g/FEsv	2,6	2,6	-0,7	2,9	2,6	-11,0	2,4	2,4	-1,7
Cystin, g/kg	2,8	2,9	5,0	3	2,8	-6,7	2,9	3,0	2,1
Ford. cystin, g/FEsv	2,3	2,4	3,9	2,4	2,2	-6,5	2,5	2,6	4,0
Råfedt, %	3,1	3,5	11,9	4	4,5	11,8	2,1	2,5	19,0
Råaske, %	5,1	4,3	-15,7	5,1	4,5	-11,8	4,8	4,2	-12,5
Calcium, g/kg	7,49	7,2	-3,7	7,42	7,5	0,9	6,2	6,2	-0,2
Fosfor, g/kg	4,17	4,38	5,0	4,85	4,9	1,6	4,4	5	13,6
Zink, mg/kg	104	107	2,6	100	135	35,3	50 ¹	93	85,9
Kobber, mg/kg	21	18	-13,8	19	22	13,2	10 ¹	14	41,7

¹ Der er kun deklareret det tilsatte niveau, hvorfor det ikke stemmer overens med det analyserede totalindhold.

Resultaterne fra de botaniske analyser af de tre forsøgsgrupper foretaget af Fødevarestyrelsen. Der er foretaget 3 analyser pr. gruppe, og tallene i denne tabel er gennemsnit herfra. F=forventet, A=analyseret.

Gruppe	Kontrol		Danish Agro		BAT Agrar	
	F	A	F	A	F	A
Korn	81	87	70	78	73	73
Soja	15	13				
Raps			16	17	10	12
Ærter			4	4		
Hestebønne					10	9
Solsikke					3	4
Kartoffelprotein			1	<2		
Gær						
Sukkerroemelasse					1,5	0

Det udregnede klimaaftryk af de forskellige foderblandinger brugt i denne afprøvning. Der er beregnet både med og uden LUC.

Firma	Kontrol	Danish Agro	BAT Agrar
Gruppe	FG1	FG2	FG3
Primære fodermidler	Hvede, byg, sojaskrå	Byg, hvede, rug, raps, ærter	Hvede, byg, tritcale, hestebønner, raps
CO ₂ e Med LUC pr. FEsv	1,09	0,49	0,44
CO ₂ e Uden LUC pr. FEsv	0,48	0,46	0,41
FEsv pr. kg foder	1,07	1,06	1,03
Råprotein, %	15,4	14,6	15,5
Opl. / uopl. fibre, gram pr. kg foder	33 / 125	33 / 132	36 / 144

Appendiks 2 - Produktionsværdi

Produktionsværdien beregnes under følgende antagelser:

- i) Produktionsværdi pr. gris = Salgspris - købspris - foderomkostninger - diverse omkostninger
- ii) Produktionsværdi pr. stiplads pr. år = produktionsværdi pr. gris * $\left(\frac{365 \text{ dage}}{\text{antal foderdage pr. gris}}\right)$ * staldudnyttelse (%)

Staldudnyttelse på 95 %. Diverse omkostninger dækker blandt andet medicin og er fastsat til cirka 20 kr. pr. gris.

Appendiks 3 - Lagertanke

Antal liter gylle opbevaret i lagertankene igennem de otte måleperioder ses nedenfor.

Gylle i lagertanke (L)	Målerunde	FG1 Kontrol		FG2 Danish Agro		FG3 BAT Agrar	
		Tank 1	Tank 2	Tank 1	Tank 2	Tank 1	Tank 2
Hold 1	1	457	540	457	540	540	540
	2	1246	1371	1288	1080	997	1122
	3	1703	1870	1745	1496	1163	1413
Hold 2	1	3033	2991	2950	2534	1870	2534
	2	3781	3656	3532	3033	2244	2991
	3	4653	4113	4362	3781	2784	3905
Hold 3	1	6481	6398	6398	5401	4238	4944
	2	7146	7437	7520	6440	4736	5443

*Der er muligvis opstået fejl i den manuelle registrering af gyllehøjden ved enten måling hold 1, målerunde 3 eller ved hold 2 målerunde 1. Denne fejl kan skyldes placering af lasermåler ved aflæsning af gyllehøjde eller eventuel skumdannelse i gyllen der har fundet sted under udslusningen.

Appendiks 4 – Ventilation og temperaturer

Den gennemsnitlige ydelse på ventilationen igennem forsøgsperioden kan ses nedenfor i tabel 8.

Ventilation i stald, (m ³ /time)	FG1 Kontrol	Sdv	FG2 Danish Agro	Sdv	FG3 BAT Agrar	Sdv
Loftudsug	2717	1051	2710	1047	2770	1026

Ventilationsydelsen på lagertankene blev fastsat til 8 liter/minut.

Temperatur

Den gennemsnitlige temperatur for de tre hold i forsøgsperioden i stalden og for lageret kan ses nedenfor.

Temperatur i stald, (C°)	FG1 Kontrol	Sdv	FG2 Danish Agro	Sdv	FG3 BAT Agrar	Sdv
Hold 1	20,1	1,9	20,4	2,1	20,1	2,0
Hold 2	19,3	2,6	19,5	2,6	19,3	2,9
Hold 3	15,9	0,4	16,7	0,6	16,7	0,4
Gennemsnit	19,0	2,6	19,2	2,5	19,1	2,6

Temperatur i lagertanke (C°)	FG1 Kontrol		FG2 Danish Agro		FG3 BAT Agrar	
	Top (luft)	Sdv	Top (luft)	Sdv	Top (luft)	Sdv
Hold 1	17,6	2,4	18,0	2,5	17,6	2,4
Hold 2	15,4	1,6	15,8	1,6	15,6	1,5
Hold 3	4,0	2,5	4,6	2,6	4,3	2,6
Gennemsnit	12,3	6,3	12,8	6,2	12,5	6,1
	Bund (gylle)	Sdv	Bund (gylle)	Sdv	Bund (gylle)	Sdv
Hold 1	16,1	1,3	16,0	1,5	16,2	1,6
Hold 2	15,8	0,6	15,4	0,7	15,8	0,5
Hold 3	2,6	1,8	2,6	1,7	2,6	1,7
Gennemsnit	11,5	6,0	11,3	6,0	11,5	6,1

Appendiks 5 – Metanemission detaljer

Uddybende resultater på målt emission fra stalden.

Emission i stalden	Antal dage i stald		Antal måledage	Metan emission, g CH ₄ /gris pr. døgn (std).	Gennemsnit Metan emission, g CH ₄ /gris pr. døgn, hele perioden	Akkumuleret gram metan pr. gris produceret	kg CO ₂ e pr. produceret slagtegris – stald bidrag
Fodergruppe 1	75,6	Hold 11	10	6,8 (3,6)	8,0 (5,3)	512	16,0 (2,9)
		Hold 12	15	9,5 (6,8)		719	
		Hold 13	6	6,4 (6,2)		482	
Fodergruppe 2	77,3	Hold 11	10	6,7 (3,4)	7,0 (5,0)	517	14,5 (1,6)
		Hold 12	15	7,7 (6,2)		592	
		Hold 13	6	5,8 (2,2)		449	
Fodergruppe 3	75,7	Hold 11	10	7,1 (2,3)	8,8(7,5)	535	17,3 (4,2)
		Hold 12	15	11,0 (10)		831	
		Hold 13	6	6,5 (2)		494	

Uddybende resultater på målt emission fra lagertanke.

Uddybende resultater på målt emission fra lager.		1 Kontrol	2 Danish Agro	3 BAT Agrar
M ₃ gylle/gris	Hold 1	0,6	0,5	0,5
	Hold 2	0,5	0,5	0,5
	Hold 3	0,5	0,4	0,3
Gram CH ₄ /m ₃ gylle/døgn	Hold 1	33,6	28,5	24,8
	Hold 2	18,8	14,9	23,1
	Hold 3	6,0	4,7	4,5
Gram CH ₄ /m ₃ gylle/vækst periode	Hold 1	2537,1	2202,1	1881,0
	Hold 2	1424,9	1155,6	1747,2
	Hold 3	453,2	363,2	339,3
Gram CH ₄ /gris/vækst periode (samlet/akkumuleret)	Hold 1	1397,6	1047,4	711,3
	Hold 2	768,0	576,8	737,0
	Hold 3	300,3	139,4	87,1
Kg CO ₂ e/produceret gris fra lager	Hold 1	39,2	29,4	24,8
	Hold 2	21,8	15,9	23,5
	Hold 3	6,2	4,4	4,2