

2020-04-18

Redegørelse omkring forventede justeringer i beregning af metanemission fra husdyrgødning

Søren O. Petersen, Institut for Agroøkologi, Aarhus Universitet
Steen Gyldenkærne, Institut for Miljøvidenskab, Aarhus Universitet

1 Redegørelse for baggrunden

Metanemission fra husdyrgødning bidrager væsentligt til den samlede drivhusgasudledning fra husdyrproduktionen, svarende til 17 % af den samlede udledning fra landbrugssektoren i 2018. I den nationale opgørelse estimeres emissionen på grundlag af udskilt organisk tørstof (*volatile solids*, VS), maximal nedbrydelighed af VS (B_0) samt en omregningsfaktor (*methane conversion factor*, MCF), som bl.a. skal afspejle de forhold, som er vist i Tabel 1.

Tabel 1. Forhold på bedriften med betydning for metanemissionen (IPCC, 2006)

| |
|--|
| Opbevaringstemperatur |
| Oplagringsperiode |
| Fordeling af opholdstid mellem stald og udendørs lager |
| Det mikrobiologiske potentiale for metanproduktion |

En enkelt MCF-faktor kan ikke tilfredsstillende beskrive metanemissionen på meget forskelligartede bedrifter, og effekten af reduktionstiltag som gyllekøling, forsuring, eller biogasbehandling er vanskelig at inkludere. Den manglende differentiering af kilder er en væsentlig barriere for brug af miljøteknologi som klimavirkemiddel.

I 2001 førte behovet for at estimere effekten af biogasbehandling til udvikling af en empirisk model til beregning af den daglige metanproduktion fra gylle og afgasset biomasse, men fortsat på grundlag af VS-mængde og nedbrydelighed samt temperatur (Sommer et al., 2004). Med daglige tidsskridt var denne model mere dynamisk, men baseret på parametre, som ikke var verificeret med målinger, og resultaterne blev derfor kalibreret efter den årlige emission som beregnet med IPCC's standard-metode.

Ny viden om metanproduktionens temperaturafhængighed (Elsgaard et al., 2016) har ført til udvikling af en ny metode, hvor parametre til den empiriske model kan baseres på målinger (Petersen et al., 2016). Dermed kan metanemissionen estimeres direkte, hvilket har åbnet for at benytte den empiriske model til opskalering og fremskrivning af metanemissionen, ligesom resultaterne kan indgå i scenarie-analyser på bedriftsniveau.

Opskalering forudsætter, at datagrundlaget er repræsentativt – bl.a. med hensyn til de faktorer, som er nævnt i Tabel 1. Indtil videre bygger modellens parametre på resultater fra et pilotstudie udført for Energistyrelsens Biogas Task Force, og datagrundlaget er derfor begrænset. Nye projekter er startet, som skal validere og standardisere metoden.

Om beregningsgrundlaget

Den centrale ligning til beregning af metanemission fra gylle, som benyttes i den nationale opgørelse, er:

$$F_t = (VS_d + 0,01 \cdot VS_{nd}) e^{(\ln A - \frac{E_a}{R \cdot T})} \quad (1)$$

hvor F_t er metanproduktionsraten (g CH₄ kg⁻¹ VS time⁻¹), VS_d og VS_{nd} er andelen af henholdsvis nedbrydeligt og "ikke-nedbrydeligt" VS (kg kg⁻¹), $\ln A$ (g CH₄ kg⁻¹ VS time⁻¹) og E_a (J mol⁻¹) er parametre i en såkaldt Arrhenius-ligning for metanproduktionens temperaturafhængighed, R er den universelle gaskonstant (J mol⁻¹ K⁻¹) og T er den absolutte temperatur (K).

Følsomhedsanalyser viser, at modellen er særligt følsom overfor parameteren $\ln A$ (Chianese et al., 2009; Petersen et al., 2016). Petersen et al. 2016 foreslog en laboratorie-test til estimering af $\ln A$ ved hjælp af måling af metanproduktionsraten i gylle ved en kendt temperatur nær opbevaringstemperaturen:

$$\ln A = \ln \left[\frac{F_t}{(VS_d + 0,01 \cdot VS_{nd})} \right] + \frac{E_a}{R \cdot T} \quad (2)$$

Ligning (2) er en simpel reorganisering af ligning (1). Det er vigtigt at fremhæve, at $\ln A$ her er relateret til nedbrydeligt VS ($VS_d + 0,01 \cdot VS_{nd}$, dvs. primært den pulje, der måles som VS_d). Med denne repræsentation af $\ln A$ er værdierne for svinegylle og kvæggylle næsten ens, hhv. 31,3 og 31,2 g CH₄ kg⁻¹ VS time⁻¹ (Petersen et al., 2016). Det indikerer, at de mikrobielle samfund i kvæg- og svinegylle er ret ens med hensyn til deres funktionelle egenskaber.

Parameteren $\ln A$ kan dog også beregnes med reference til total VS. Her er værdien mere variabel, idet den vil ændre sig med puljen af nedbrydelig VS. Nedenfor benyttes betegnelsen $\ln A'$ for den værdi, som beregnes på grundlag af total VS.

Behov for ændringer

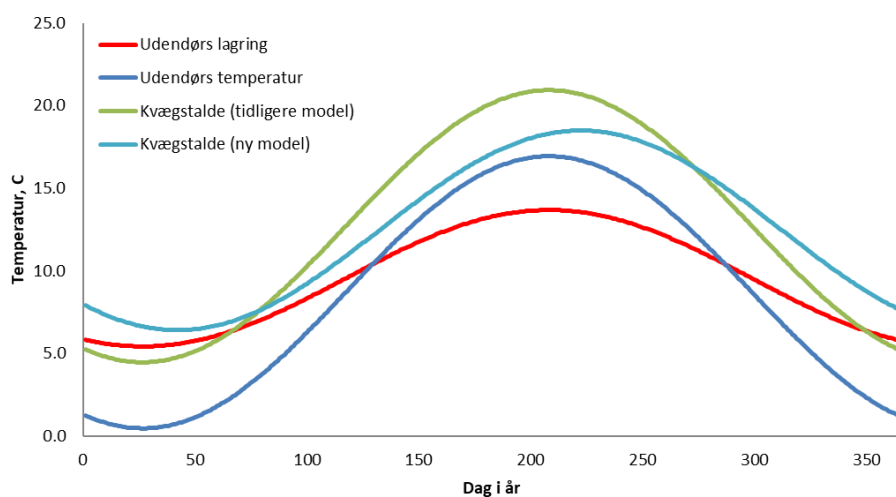
Der blev ved et nyligt møde annonceret et behov for at ændre beregningsgrundlaget for metanemission fra håndtering af husdyrgødning. Her er det nødvendigt at skelne mellem konsekvensrettelser og forskningsbehov, som har forskellig tidshorisont.

Den aktuelle ændring i DCE's opgørelse af metanemission fra håndtering af husdyrgødning, som er anledningen til denne bestilling, skyldes at værdier for $\ln A$ og $\ln A'$ er blevet sammenblandet. Beregningen skelner mellem to VS-puljer med forskellig nedbrydelighed, hvortil $\ln A$ skal benyttes, men ved en fejl blev $\ln A'$ -værdier (som er knyttet til total VS) benyttet for kvæggylle og afgasset biomasse. For eksempel anvendtes en fejlbehæftet $\ln A'$ -værdi på 29,96 (senere justeret til 30,1) g CH₄ kg⁻¹ VS time⁻¹. Den værdi, som skulle være benyttet, er 31,2 g CH₄ kg⁻¹ VS time⁻¹ (Petersen et al., 2016). Den påtænkte ændring er således ikke begrundet i nye data eller en ny forståelse af det system, som modelleres, men opdatering af en fejlbehæftet parameter.

Også for afgasset biomasse er $\ln A'$ anvendt i den aktuelle beregning, men i dette tilfælde er der ikke måledata til rådighed for en omregning til $\ln A$. Her er det dog muligt at basere beregningen af metanemission ved lagring af afgasset biomasse på total VS. En $\ln A'$ -værdi for afgasset biomasse på 27,9 g CH₄ kg⁻¹ VS time⁻¹ er i en igangværende opgave for Energistyrelsen beregnet på grundlag af enkelte tilgængelige måleresultater.

Ud over disse justeringer er den estimerede temperatur af gylle i kvægstalde opdateret på baggrund af nye helårsmålinger i to kvægstalde i hhv. Sønderjylland og Nordjylland i 2017 og 2018. Disse er gennemført af Teknologisk institut og velvilligt stillet til rådighed for AU (Mathias Andersen, AgroTech, Teknologisk Institut). I de to stalde er gyllens temperatur gennem 15 måneder registreret op til fem gange dagligt. Sammen med andre nye målinger har det medført en nedjustering af gylletemperaturen og dermed en afledt mindre emission fra kvæggylle i stalden. Den årlige gennemsnitstemperatur, som før var beregnet til 14°C [4,5 °C; 20,9 °C], er nu ændret til 12,8 °C [6,4 °C; 18,4 °C], se Figur 1. For gylle i svinestalde anvendes fortsat en konstant årlig temperatur på 18,6 °C.

Konsekvenserne af disse ændringer beskrives i sektion 2. De påvirker ikke beregningen af andre drivhusgasser.



Figur 1 Anvendte temperaturfunktioner i den nationale drivhusgasopgørelse til beregning af CH₄ fra gylle. Den nye temperaturkurve for gylle i kvægstalde (blå linje) med et lavere sommermaksimum temperatur medfører samlet set en lavere beregnet emission.

Forskningsbehov

Der er tale om et nyt forskningsområde, som endnu er sparsomt underbygget med måledata. Derfor vil der nødvendigvis blive behov for opdatering af beregningerne i takt med, at datagrundlaget forbedres. Her opsummeres i Tabel 2 den aktuelle status og vidensbehov med hensyn til modellens parametre og input-data. På nogle områder forventes nye resultater fra projekter påbegyndt i slutningen af 2019 (hhv. et EU-projekt med deltagelse fra Danmark, Sverige, Tyskland og Holland ([M4Models, 2019](#)), og et nationalt klimaforskningsprojekt).

Tabel 2. Information om forskningsbehov og status vedr. planer til at forbedring af metanemissionen fra husdyrgødning (for definition af parametre: se teksten).

| Parameter | Behov | Aktion | Tidshorisont |
|---|---|---|----------------------------------|
| F_t | Der savnes dokumentation for metanemissionen fra lagre med afgasset biomasse | Der er ikke ingen aktuelle aktiviteter, der systematisk undersøger metanemissionen, som kan variere med input, opholdstid, temperatur og mikrobiologi. | Ingen planer |
| VS_d | Aktuel metode er ikke tilstrækkeligt standardiserbar. | Alternativer vil blive undersøgt i nyt EU projekt | 2 år |
| VS_{nd} | Ikke kritisk, men usikkerhed om bidrag fra strøelse | Relation til biokemiske puljer vurderes løbende | Løbende |
| VS_{total} | Der savnes dokumentation for VS-tab under lagring | Der er ingen aktuelle aktiviteter. Massebalance-studier og samhørende målinger af metanemission i praksis ville have stor værdi | Ingen planer |
| E_a | Ingen aktuelle ændringer | Den anvendte værdi fra Elsgaard et al (2016) anbefales også som bedste bud på aktiveringsenergien for metanproduktion i seneste opdatering af guidelines fra IPCC (IPCC, 2019) | Ingen |
| lnA | Stort behov for flere målinger for at sikre repræsentativitet. Særligt er der behov for målinger der repræsenterer udendørs oplagring. | Kvæg- og svinegylle: Flere bedrifter vil indgå i monitoringsprogram, hvor gylle indsamles fra stald og lager på flere tidspunkter (EU-projekt) Kvæggylle: Aktuel værdi uden korrektion for VS-nedbrydelighed skal opdateres. | 2 år Næste afrapportering |
| T | Der foreligger kun få måledata for temperaturen i gyllekummer og lagertanke | Der planlægges enkelte langtidsmålinger af gylletemperaturen i nyt EU-projekt | 2 år |
| $\text{CH}_4\text{-C} / (\text{CH}_4 + \text{CO}_2)\text{-C}$ | Dokumentation af VS-tab er vigtig for beregningen af metanemission. Denne ratio er et alternativ til direkte målinger af VS-tab. Metodisk vanskelig | Firmaet "Bioprocess Control" deltager i EU-projektet og vil udvikle en ny inkubator, som kan simulere omsætningen ved gylle-atmosfære grænsefladen. | 2 år |

Der er aktuelt særlig usikkerhed omkring metanemissionen fra *udendørs lagre* med gylle. Det skyldes, at de aktuelle *lnA*-værdier alene er baseret på målinger i stalden, og gyllens mikrobiologi kan ændre sig under opbevaringen, med mulige konsekvenser for metanemissionen (Habtewold et al., 2018).

Et andet vigtigt vidensbehov er *nedbrydningen af VS* (organisk tørstof) under lagringen. Nedbrydningen af VS afgør, sammen med tilførsel og fraførsel, hvor meget residual VS er til rådighed for metanproduktion på et givet tidspunkt. Aktuelt estimeres dette ud fra et ekspertskøn vedrørende forholdet mellem CH_4 og CO_2 , men tilgængelige data viser, at der kan være store variationer, og forholdet kan ændre sig over tid. Der henvises i øvrigt til en afsluttende perspektivering i sektion 5.

2 Konkret betydning af justeringen

De justeringer, som er foretaget, vedrører primært kvæggylle, hvor *lnA* som nævnt er ændret fra 29,96 til 31,2 $\text{g CH}_4 \text{ kg}^{-1} \text{ VS time}^{-1}$. Det svarer til en opjustering med en faktor 3,45, idet parameteren indgår i en eksponentiel funktion, mens effekten af den nye temperaturfunktion for kvægstalde medfører en relativ sænkning af emissionen herfra med 12 %. For kvæggylle vil de forventede korrektioner tilsammen øge metanemissionen med en faktor 2,7 i stalden, og med en faktor 2,3 i lageret. Forskellen i korrektionsfaktor mellem stald og lager skyldes, at den beregnede nedbrydning af VS i stalden er større med den korrigerede *lnA*-værdi, og dermed er der mindre nedbrydeligt VS til rådighed for omsætning i lageret. For svinegylle er foretaget en mindre korrektion (<0,5%) og for afgasset gylle er der foretaget en mindre justering af *lnA* som følge af ny viden.

Den samlede ændring i beregnet emission fra kvæggylle er en opjustering med 293 kt CO_2 -ækv. i 2017, svarende til en stigning på 16 % i metanemissionen fra husdyrgødning. Det svarer endvidere til en stigning på 2,7 % i landbrugssektoren (FN afrapporteringssektor 3). Den primære årsag til dette er en overset anbefaling fra Søren O. Petersen i 2015 om at opdatere *lnA* parameteren fra at være baseret på total VS til at være baseret på nedbrydeligt VS.

Hvad angår effekten af biogasbehandling, så kunne den nødvendige sammenstilling af inputdata til en genberegning, som kombinerer staldemissioner med produktionsdata og emissioner fra lagre med afgasset biomasse, ikke gennemføres med den korte tidshorisont for denne besvarelse, som derfor kun indeholder en foreløbig vurdering af effekten. En ændring fra den nuværende parameter til 27,9 $\text{g CH}_4 \text{ kg}^{-1} \text{ VS time}^{-1}$ forventes at medføre en stigning i CH_4 specifikt fra afgasset gylle på 12 % og svare til en stigning i den samlede metanemission fra husdyrgødning på 0,09 %.

Tabel 3 angiver metanemissionerne fra flydende husdyrgødning, som afrapporteret til FN i 2019 kombineret med basisfremskrivningen i 2019 (BF19). De angivne tal i BF19 for emissioner fra husdyrgødning er i 2017 opgjort til 2,5 mio. CO_2 -ækv. Dette omfatter både CH_4 og N_2O , og alle gødningstyper. Tabel 3 omfatter kun CH_4 fra flydende husdyrgødning. Metan fra fast gødning og dybstrøelse samt N_2O indgår derimod ikke og er uændret i opgørelsen.

Som det fremgår, fører den ændrede lnA-værdi til en væsentlig forøgelse af den estimerede metanemission fra kvæggylle. Den generelle stigning over årene for kvæg skyldes at en stigende andel af den samlede kvæggødning er gylle. Samlet set forventes en stigning i 2017 på 292,9 kt CO₂-ækv. i forhold til den tidligere opgørelse. For de senere år forventes en samlet stigning af CH₄ fra flydende husdyrgødning på ca. 25% (alle husdyrarter) (Tabel 3).

I den nationale opgørelse beskrives metanemissionen fra kvæg- og svinegylle med såkaldte MCF-værdier (se sektion 1). I perioden før 2015, med IPCC's traditionelle opgørelsesmetode, blev en MCF-værdi på 10% anvendt for både kvæg- og svinegylle. Med de justeringer, som beskrives i dette notat, er disse værdier nu (for 2017) 11,25 for kvæggylle og 13,57 for svinegylle.

Vi har i foregående afsnit fremhævet usikkerheden vedrørende VS-tab og den tilhørende metanemission, og konkret må det anbefales, at der gøres en indsats for at fremskaffe bedre dokumentation for tilførsel og fraførsel af VS på type-bedrifter (kan bestemmes som organisk tørstof), og de tilknyttede emissioner (CH₄, CO₂).

Tabel 3. Emissionsberegninger for flydende husdyrgødning med hhv. den nuværende opgørelsesmetode (øverst), og med de ændrede parametre.

| Aflevering 2019 og BF19 | 1990 | 2005 | 2017 | 2030 |
|---|--------|--------|--------|--------|
| Kvæg, stald, kt CH ₄ år ⁻¹ | 3,6 | 4,2 | 4,2 | 3,2 |
| Kvæg, lager, kt CH ₄ år ⁻¹ | 4,2 | 4,2 | 4,1 | 3,9 |
| Svin, stald, kt CH ₄ år ⁻¹ | 17,5 | 28,3 | 26,4 | 23,3 |
| Svin, lager, kt CH ₄ år ⁻¹ | 6,8 | 11,1 | 10,1 | 7,7 |
| I alt, kt CH ₄ år ⁻¹ , ekskl. bioforgasset lager | 32,2 | 47,8 | 44,7 | 38,0 |
| I alt kt CO ₂ -ækv. år ⁻¹ ekskl. bioforgasset lager | 806,0 | 1194,0 | 1118,4 | 950,5 |
| <hr/> | | | | |
| Ny beregning kombineret med BF19 | 1990 | 2005 | 2017 | 2030 |
| Kvæg, stald, kt CH ₄ år ⁻¹ | 9,7 | 11,3 | 11,1 | 8,4 |
| Kvæg, lager, kt CH ₄ år ⁻¹ | 9,7 | 9,4 | 9,3 | 8,9 |
| Svin, stald, kt CH ₄ år ⁻¹ | 16,0 | 27,9 | 26,0 | 23,0 |
| Svin, lager, kt CH ₄ år ⁻¹ | 5,7 | 11,0 | 10,1 | 7,7 |
| I alt, kt CH ₄ år ⁻¹ , ekskl. bioforgasset lager | 41,1 | 59,6 | 56,5 | 48,0 |
| I alt kt CO ₂ -ækv. år ⁻¹ ekskl. bioforgasset lager | 1026,9 | 1490,4 | 1411,3 | 1199,8 |
| Stigning, kt CO ₂ -ækv. | 220,9 | 296,4 | 292,9 | 249,3 |
| Stigning i % | 27% | 25% | 25% | 27% |

Effekt på 2030 klimamålsætningen

Tabel 4 viser de samlede metanudledninger beregnet for flydende husdyrgødning. Med de beskrevne ændringer forventes en absolut ændring på 172,9 kt CO₂-ækv., svarende til en relativ forøgelse på 17%, hvilket svarer til den relative ændring uden korrektionen. Tallene i tabel 4 er beregnet med de justerede emissionsfaktorer, samme mængder VS som i BF19, og samme forventede tiltag mht. til staldtyper og forsuring.

Tabel 4. Beregnede udledninger uden og med korrektion af modelparametre.

| Klimaplan, 70% | 1990 | 2017 | 2030 | Absolut ændring, 1990 - 2030 | Relativ ændring, 1990 - 2030 |
|---|--------|--------|--------|---------------------------------|---------------------------------|
| Uden korrektion, kt CO ₂ -ækv. | 806,0 | 1118,4 | 950,5 | 144,5 | 1,18 |
| Med korrektion, kt CO ₂ -ækv. | 1026,9 | 1411,3 | 1199,8 | 172,9 | 1,17 |

Da der sker en proportionel opskrivning af metanemissionen både for basisåret 1990 for den danske klimamålsætning og for 2030, kommer der ikke til at ske større ændringer i den relative udvikling mellem 1990 og 2030, jvf. Tabel 4. I BF19 er inkluderet forventede ændringer i staldsystemer og bioforgasning. DCE har ikke anledning til at tro, at den korrigerede emissionsfaktor for kvæggylle ville have medført en anden udvikling i mængden af kvæggylle, fordeling af staldtyper, eller mængder af bioforgasset kvæggylle, og dermed ændrede forudsætninger for fremskrivningen. Antagelsen om, at der ikke sker relative ændringer som følge af justeringen af emissionsfaktoren kan derfor ikke kvantificeres.

3 Redegørelse for anvendelse i nationale opgørelser

Den faktuelle fejl vil blive indarbejdet i den kommende opgørelse til EU og FN. DCE foretager altid vurderinger af, hvornår ny viden skal indarbejdes i de nationale opgørelser. I overvejelserne vil erfaringer og resultaterne i det ovennævnte EU projekt (M4Models, 2019) blive inddraget. Den korrektion, der laves i forbindelse med næste emissionsopgørelse vil blive anvendt i BF20 som en separat beregning, så konsistensen mellem emissionsopgørelser og emissionsfremskrivninger til EU fastholdes.

4 Betydning for reduktionseffekter

DCA og DCE har bidraget til Landbrugsstyrelsens regneark til beregning af drivhusgasreduktionspotentialer for forskellige virkemidler ("Opdatering af effekter og potentialer af klimavirkemidler til anvendelse i landbrug"). I LBST-regnearket er nævnt fem tiltag som berøres af ovenstående ændringer:

1. Linje 3: Biogas fra kvæggylle (afsætning til biogasanlæg, alm. stald- og lagerdrift)
2. Linje 14: Gylleforsuring i stald hos kvæg
3. Linje 15: Gylleforsuring i stald hos svin
4. Linje 16: Hyppig udslusning af svinegylle
5. Linje 17: Køling af svinegylle
6. Linje 32: Biogas m. hyppig udslusning i kvægstalden
7. Linje 36: Gylleforsuring i lager for kvæg (optimeret sommer-/lagerforsuring)
8. Linje 39: Hyppig udslusning af kvæggylle

I denne forbindelse er forudsætningerne for LBST-regnearkets baggrundstal gennemgået for både kvæg og svin og genberegnet for bioforgasset gylle. Tallene i LBST-regnearket stammer

fra Mikkelsen et al. (2016), hvor typiske staldtyper blev taget ud til beregningerne. Genvurderingen er baseret på den samlede gyllemængde i 2017 via et udtræk fra databasen, som ligger til grund for den nationale emissionsopgørelse, samt andre ændringer foretaget siden Mikkelsen *et al.* (2016) blev udgivet. De foreslåede ændringer medfører, at basisudledningen af metan fra flydende husdyrgødning i 2017 ændres til de værdier, som er vist i Tabel 5.

Tabel 5 Beregnede metanemissioner og effekter af bioforgasset gylle i 2017.

| | Ubehandlet gylle | | Bioforgasset gylle | | Effekt af bioforgasning, | |
|---|------------------|------|--------------------|------|--------------------------|------|
| | Kvæg | Svin | Kvæg | Svin | Kvæg | Svin |
| Stald, kg CH ₄ /ton gylle | 0.66 | 1.30 | 0.66 | 1.30 | 0.00 | 0.00 |
| Lager, kg CH ₄ /ton gylle | 0.68 | 0.57 | 0.08 | 0.12 | 0.59 | 0.45 |
| I alt, kg CH ₄ /ton gylle | 1.34 | 1.87 | 0.74 | 1.42 | 0.59 | 0.45 |
| I alt, kg CO ₂ -ækv./ton gylle | 33.4 | 46.7 | 18.6 | 35.6 | 14.8 | 11.2 |

Korrektionen af *lnA* samt lagringstemperatur i stalden medfører for ubehandlet kvæggylle en stigning i udledningen med en faktor 2,3-2,7. De angivne drivhusgasreduktionspotentialer i kolonne D i LBST-regnearket: ”Effekter og potentialer af klimavirkemidler for landbrug” bør på baggrund af de foretagne ændringer korrigeres til hhv. 14,8 kg CO₂-ækv./ton kvæggylle for kvæg og til 11,2 kg CO₂-ækv./ton svinegylle. Dette er en opjustering for kvæggylle fra 7,88 til 14,8 kg CO₂-ækv./ton og en reduktion fra 15,32 til 11,2 kg CO₂-ækv./ton for svinegylle.

I LBST-regnearket er der angivet konkrete effekter for pkt. 1-5 i ovenstående liste. Ved gennemgangen af reduktionspotentialerne er effekterne generelt nedjusteret for svin, men det er ikke muligt på nuværende tidspunkt at genberegne reduktionspotentialerne for punkterne 3-5. Dette kræver en nærmere gennemgang af forudsætningerne. Disse beregninger vil snarest blive fremsendt.

5 Perspektivering

Danmarks nationale opgørelse af metanemission fra flydende husdyrgødning er fra og med 2015 blevet beregnet med den metode, som er skitseret i sektion 1. Fordelen ved dette skift er, at det bliver muligt at analysere scenarier for håndtering af husdyrgødning, såsom effekt af gyllekøling, opholdstid i stalden, biogasbehandling, og kombinationer af flere tiltag (Mikkelsen et al., 2016). Der arbejdes som nævnt med at reducere usikkerheden omkring modellens parametre, ikke mindst *lnA*, men også VS-tab og nedbrydelighed er vigtige referencepunkter for en validering af modellen.

Usikkerheder har betydning for den forventede effekt af reduktionstiltag. I sektion 1 blev metanemissionen fra udendørs lagring i gylletanke fremhævet som et område med særlig usikkerhed, fordi den centrale parameter *lnA* for udendørs lagre ikke er understøttet af måleresultater.

En anden reference for modelberegninger er naturligvis målinger af metanemission, men kun få studier har undersøgt emissionen i praksis eller under praksisnære forhold. Husted (1994) gennemførte en årsundersøgelse af metanemission fra husdyrgødning og fandt emissioner svarende til 4,2 og 3,0 kg CH₄/ton gylle fra lagertanke med hhv. svinegylle og kvæggylle. Pilotskala-studier med kvæggylle har fundet emissioner på et tilsvarende niveau (Clemens et al., 2006; Baral et al., 2018). I den nationale opgørelse er emissionen af metan fra lagre med svinegylle også større end fra lagre med kvæggylle (se Tabel 5), men på et lavere niveau i forhold til de nævnte studier.

Både IPCC's metode og den nye metode bygger på nedbrydelighed af VS og temperatur som styrende parametre, mens øvrige parametre holdes konstante. Der er nyere studier, som indikerer at både IPCC's metode og den aktuelle danske beregningsmetode måske undervurderer metanemissionen fra lagret gylle (Baldé et al., 2016; Baral et al., 2018).

Hvis metanemissionen fra udendørs lagre aktuelt underestimeres, vil det negativt påvirke vurderingen af teknologi, som kan reducere lagertabet, såsom biogasbehandling og forsurening. Derfor kan det være afgørende for den fremtidige indsats for reduktion af drivhusgasemissioner fra husdyrproduktionen, at opgørelsen af metanemission fra både ubehandlet gylle og afgasset biomasse forbedres.

Der er behov for en bedre modelbeskrivelse af metanemissionen i lagringsperioden. Her kan der igen peges på parameteren lnA , som beskriver metanproduktionspotentialet. Denne parameter kan bestemmes ud fra målinger af metanemission, VS mængde/sammensætning på måletidspunktet, og lagringstemperatur. Vi foreslår, med henvisning til sektion 1, at bestemmelse af lnA flere gange årligt kan reducere usikkerheden på modelberegnet metanemission fra lagre med gylle og afgasset biomasse, hvilket forventes at give et mere retvisende billede af metanemissionen.

Referencer

- Baldé H, VanderZaag AC, Burt S, et al., 2016. Measured versus modeled methane emissions from separated liquid dairy manure show large model underestimates. *Agr Ecosyst Envir.* 230, 261–270.
- Baral, K.R., Jégo, G., Amon, B., Bol, R., Chantigny, M.H., Olesen, J.E., Petersen, S.O., 2018. Greenhouse gas emissions during storage of manure and digestates: Key role of methane for prediction and mitigation. *Agricultural Systems* 166, 26-35.
- Chianese, D., Rotz, C., Richard, T., 2009. Simulation of methane emissions from dairy farms to assess greenhouse gas reduction strategies. *Trans. ASABE* 52, 1313–1323.
- Clemens, J., Trimborn, M., Weiland, P., Amon, B., 2006. Mitigation of greenhouse gas emissions by anaerobic digestion of cattle slurry. *Agric. Ecosyst. Environ.* 112, 171–177.
- Elsgaard, L., Olsen, A.B., Petersen, S.O., 2016. Temperature response of methane production in liquid manures and co-digestates. *Sci. Total Environ.* 539, 78–84.

Habtewold J, Gordon R, Sokolov V, VanderZaag A, Wagner-Riddle C, Dunfield K. 2018. Targeting bacteria and methanogens to understand the role of residual slurry as an inoculant in stored liquid dairy manure. *Appl Environ Microbiol* 84, e02830-17. <https://doi.org/10.1128/AEM.02830-17>.

Husted, S., 1994. Seasonal variation in methane emission from stored slurry and solid manures. *J. Environ. Qual.* 23, 585–592.

IPCC, 2006. Guidelines for national greenhouse gas inventories. In: Agriculture, Forestry and Other Land Use. Intergovernmental Panel on Climate Change. Vol. 4. Available at: http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/pdf/4_Volume4/V4_10_Ch10_Livestock.pdf.

IPCC, 2019. 2019 Refinement to the 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, 225 pp.

M4Models 2019. Novel technologies, solutions and systems to reduce the greenhouse gas emissions of animal production systems, Manure management for methane mitigation - Improved inventory modelling to support policy actions, Acronym M4Models, <https://www.eragas.eu/en/eragas/Research-projects/M4Models.htm>

Mikkelsen, M.H., Albrektsen, R. and Gyldenkerne, S. 2016. Consequences of biogas production for agricultural greenhouse gas emissions. Aarhus Universitet, DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi, 41 s. - Scientific report from DCE - National Centre for Environment and Energy no. 197. (in Danish). Available at: <https://ens.dk/sites/ens.dk/files/Bioenergi/sr197.pdf>

Petersen, S.O., Olsen, A.B., Elsgaard, L., Triolo, J.M. and Sommer, S.G., 2016. Estimation of methane emissions from slurry pits under pig and cattle confinements. *PLOS ONE* 11(8), e0160968.

Sommer, S.G., Petersen, S.O., Møller, H.B., 2004. Algorithms for calculating methane and nitrous oxide emissions from manure management. *Nutr. Cycl. Agroecosyst.* 69, 143–154.