

Forsøgsopstilling og indledende erfaringer med additivbehandling af gylle under spaltegulv

Yijuan Xu

^a SEGES Innovation P/S

STØTTET AF

STØTTET AF

Kvægafgiftsfonden

Mælkeafgiftsfonden

Hovedkonklusion

Den indledende måleperiode viste, at forsøgsopstillingen fungerer tilfredsstillende til at måle den samlede emission fra stalddrummet og samtidig give en indikation af gasudviklingen tættere på gyllen via målepunkter i omrøringsbrønd og gyllekanal. GasAbate blev tilsat én gang i halv dosis i februar 2026, men der blev ikke observeret en tydelig effekt på hverken CH₄ eller NH₃ i den indledende måleperiode. I de kommende måleperioder øges doseringen til den normalt anbefalede koncentration, mens plastbokse med gylle kan anvendes som supplerende laboratorielignende måling.

Sammendrag

Dette tekniske notat beskriver forsøgsopstilling og foreløbige erfaringer fra en indledende fuldskalatest af additivbehandling af gylle i en naturligt ventileret kvægstald med spaltegulv og rundskyl. GasAbate blev valgt på baggrund af tidligere laboratorieforsøg, hvor additivet reducerede metanemissionen fra kvæggylle, men ikke havde en tydelig effekt på ammoniakemissionen. I den indledende måleperiode blev GasAbate tilsat én gang ved overgangen fra en kontrolperiode til en forsøgsperiode. Tilsætningen blev gennemført i samarbejde med en ingeniør fra GlasPort, og dosis blev efter anbefaling reduceret til halvdelen af den normalt anbefalede koncentration for at undersøge, om en lavere H₂O₂-mængde kunne være tilstrækkelig.

Målingerne i stalddrummet viste ikke en tydelig ændring i hverken CH₄ eller NH₃ efter tilsætningen. Målepunkterne i omrøringsbrønden og over gyllekanalen reagerede tydeligt på omrøring, og gav nyttig information om koncentrationsudviklingen tættere på gyllen, men disse målinger bør tolkes som koncentrationsændringer, og ikke som egentlige emissionsberegninger, da ventilationsraten ikke kendes. Plastbokse med gylle måtte udgå i denne måleperiode på grund af frost, men vurderes fortsat relevante som supplement i senere måleperioder. Samlet set vurderes forsøgsopstillingen som egnet til den fortsatte afprøvning, hvor dosis øges til den normalt anbefalede koncentration, og hvor den samlede effekt vurderes efter yderligere måleperioder og kvalitetssikret databehandling.

Baggrund

Notatet er udarbejdet for at give en samlet teknisk beskrivelse af forsøgsopstillingen og de første erfaringer fra den indledende måleperiode. Notatet omfatter staldforhold, additivbehandling, målepunkter, registreringer, databehandling og en foreløbig vurdering af måleopstillingen. Den samlede dokumentation af additivets effekt udarbejdes først, når den fulde afprøvning er afsluttet.

I Danmark udgør sengebåsestalde med spaltegulv og rundskyl en væsentlig del af malkekvægsproduktionen. Gylle, der lagres under spaltegulvet, bidrager til emission af metan og ammoniak fra stalden. Der er derfor behov for at afprøve teknologier, som kan reducere emissioner fra gyllelagringen i eksisterende stalde uden at kræve omfattende bygningsmæssige ændringer.

Valget af GasAbate til den indledende fuldskalatest bygger på laboratorietesten af additiver til reduktion af miljø- og klimaemissioner fra kvæggylle. I laboratorieforsøget blev otte additiver screenet, og GasAbate reducerede metanemissionen med 79,4 % i forhold til ubehandlet kontrol, mens ammoniakemissionen lå tæt på kontrolniveauet. Laboratorieforsøget blev anvendt som screeningsgrundlag og forventes ikke direkte at kunne overføres kvantitativt til fuldskala, men resultaterne pegede på GasAbate som en relevant kandidat til videre afprøvning under praktiske staldforhold [1].

Måling af emissioner i naturligt ventilerede kvægstalde er teknisk udfordrende, fordi ventilationsraten ikke kan bestemmes direkte på samme måde som i mekanisk ventilerede stalde. I denne type stald er luftudskiftningen påvirket af vindhastighed, vindretning, temperaturforskel, gardinåbning og staldens åbne konstruktion. Derfor anvendes fremgangsmåde og beregningsprincipper fra VERA-protokollen for husdyrstalde [2], hvor emissioner fra naturligt ventilerede bygninger bestemmes ved brug af sporgas-ratio-metoden. I denne afprøvning anvendes den naturlige CO₂-produktion fra dyr og gødning som sporgas, og emissionerne beregnes ud fra forholdet mellem koncentrationsforskelle i staldluft og udeluft.

En ekstra udfordring ved metan målingerne er, at hovedparten af metanen i kvægstalde stammer fra dyrenes enteriske metanproduktion. Litteraturen angiver, at mere end 90 % af metanemissionen fra drøvtyggere typisk stammer fra enterisk fermentering, mens resten hovedsageligt stammer fra gødningshåndtering [3,4]. Det betyder, at en eventuel reduktion i metanemissionen fra gyllen kan være vanskelig at detektere i den samlede metanemission fra stalddrummet, fordi gyllens bidrag kun udgør en mindre del af den samlede metan-belastning.

For at øge sandsynligheden for at kunne registrere ændringer i emissionen fra gyllen suppleres den standardiserede målestreng i stalddrummet med målepunkter tættere på gyllen. Disse målinger kan give et mere direkte signal fra gyllen, men tolkningen er fortsat begrænset af, at ventilationen i gyllekanalen og over omrøringsbrønden ikke kan bestemmes direkte. Målinger i disse punkter bør derfor primært vurderes som koncentrationsændringer og ikke som egentlige emissionsberegninger.

Materialer og metoder

Afprøvningen gennemføres i en sengebåsestald med spaltegulv i gangarealerne og ringkanalsystem med rundskyl. Stalden er naturligt ventileret med store åbningsarealer i facaderne og manuelt betjente gardiner. Der er malkekøer i stalden, og køerne malkes med automatiske malkesystemer. Additivbehandling foretages ved, at additivet tilsættes to steder i gyllekanalerne, mens omrøreren kører. Herved blandes additivet med gyllen og fordeles gennem kanalsystemet via det eksisterende rundskyl-system.

Forsøgsdesign

Den indledende test blev gennemført som et case-control-design i tid, hvor stalden fungerede som sin egen kontrol. Måleperioden bestod af en kontrolfase uden additiv efterfulgt af en forsøgsfase med additivbehandling. I den samlede arbejdsplan er der planlagt op til seks måleperioder fordelt over året i overensstemmelse med anbefalingerne i VERA-protokollen, så årstidsvariation, temperatur, ventilation og gylleforhold kan belyses. Dette tekniske notat omhandler dog kun én indledende måleperiode og de første erfaringer herfra. Målingerne i besætningen fortsætter, og den samlede beskrivelse og resultatopgørelse udarbejdes, når afprøvningen er afsluttet.

Additivbehandling

Det anvendte additiv er GasAbate, som er udvalgt på baggrund af forudgående laboratorieforsøg, hvor GasAbate viste en markant reduktion af metanemission fra kvæggylle sammenlignet med ubehandlet kontrol [1]. Additivet indeholder hydrogenperoxid og håndteres i henhold til sikkerhedsdatablad og gældende arbejdsmiljømæssige forholdsregler. Den konkrete dosering beregnes ud fra den aktuelle gyllemængde i kanal og fortank, så koncentrationen i gyllen bliver ensartet ved hver tilsætning. På behandlingsdage måles gyllehøjden, hvorefter den beregnede mængde additiv tilsættes to steder i gyllekanalerne, mens omrøreren kører. Additivet blandes herefter med gyllen og fordeles i gyllekanalerne via det eksisterende rundskyl-system.

Målepunkter og gasmålinger

Der måles i og omkring stalden via otte målepunkter. To målepunkter placeres udendørs på henholdsvis øst- og vestsiden af stalden for at repræsentere baggrundskoncentrationer afhængigt af vindretning. Ét målepunkt placeres i staldrummet som en målestreng med kritiske dyser i cirka fire meters højde. Derudover etableres et målepunkt over gylleoverfladen i omrøringsbrønden og to målepunkter under spaltegulvet i gyllekanalen samt to lukkede plastbokse med gylle til supplerende måling af gasudvikling uden direkte påvirkning fra dyrenes enteriske metanproduktion.

Ammoniak, metan, kuldioxid og eventuelt lattergas registreres med Picarro-instrument. Slangerne udføres som PTFE-slang, og udendørs slangetræk isoleres for at mindske risiko for kondens. Ved målepunktet i staldrummet anvendes kritiske dyser for at sikre en ensartet opsamling langs staldens længde. Pumper og slangetræk kontrolleres for at undgå falsk luftindtag, blandt andet ved kontrol med flaskegas.

Øvrige registreringer

Ud over gasmålingerne registreres temperatur, relativ luftfugtighed, vindhastighed og vindretning, gyllehøjde, tidspunkt og mængde af additivtilsætning, foderdata, mælkeproduktion samt besætningsstatus for de dyr, der opholder sig i stalden. Der udtages gylleprøver ved relevante tidspunkter i kontrol- og forsøgsperioden med henblik på senere analyse af blandt andet pH, tørstof, organisk tørstof, kvælstof, TAN, fosfor, kalium, C:N-forhold og svovl. Foderprøver kan udtages i hver måleperiode og fryses ned til efterfølgende analyse.

Databehandling

Emissionen fra staldrummet beregnes med sporgas-ratio-metoden, hvor den naturlige kuldioxidproduktion fra dyr og gødning anvendes som sporgas. For hver målecyklus beregnes emissionen ud fra forskellen mellem koncentrationer i staldrum og udeluft. Timeværdier beregnes som gennemsnit af observationer inden for den pågældende time, og døgnværdier beregnes på baggrund af 24 successive timeværdier. For hver måleperiode opgøres en repræsentativ emissionsværdi som gennemsnittet af døgnmidler.

For målingerne over gyllekanal og i plastbokse vurderes ændringer i gaskoncentration mellem kontrol- og additivperiode som et supplement til emissionerne fra staldrummet. Da ventilationen i gyllekanalen og over omrøringsbrønden ikke kan bestemmes direkte, fortolkes disse målinger primært som koncentrationsændringer og ikke som egentlige emissionsberegninger. Fortolkningen baseres på en foreløbig antagelse om, at ventilationen under spaltegulvet og over den afdækkede omrøringsbrønd er relativt konstant mellem sammenlignede måledage.

Resultater og diskussion

Den indledende måleperiode blev gennemført i februar 2026 over cirka to uger. Måleperioden bestod først af en kontrolperiode på cirka én uge uden additiv. Den 17/2 blev GasAbate tilsat én gang, hvorefter forsøgsperioden blev startet og fulgt i cirka én uge. Formålet var at undersøge, om en enkelt tilsætning kunne give en målbar effekt, hvor længe en eventuel effekt varede, og hvordan emissionerne udviklede sig over tid efter tilsætning. Samtidig skulle måleperioden give praktiske erfaringer med tilsætning af additiv i fuldskala og med den etablerede måleopstilling i staldrum, omrøringsbrønd og gyllekanal.

Den indledende test blev gennemført med teknisk bistand fra en ingeniør fra GlasPort, som er firmaet bag GasAbate. På tilsætningsdagen blev gyllehøjden justeret for at reducere den nødvendige additivmængde, samtidig med at gyllen fortsat skulle være pumpbar i rundskyl-systemet. Gyllehøjden blev sænket til 65 cm før tilsætning. Efter anbefaling fra ingeniøren blev dosis af GasAbate nedjusteret til halvdelen af den normalt anbefalede dosis. Formålet var at undersøge, om en lavere dosering var tilstrækkelig til at opnå den ønskede effekt, da en lavere mængde H_2O_2 vil reducere behandlingsomkostningerne.

Additivet blev tilsat to steder i gyllekanalerne, mens omrøreren var i drift, så additivet kunne blandes med gyllen og fordeles via det eksisterende rundskyl-system. Under tilsætningen blev der observeret skumdannelse gennem spalterne i nogle steder. Besætningsejeren vurderede, at dette sandsynligvis skyldtes et flydelag, som ikke var blevet slået i stykker. Der blev ikke observeret væsentlig skumudvikling i øvrigt.

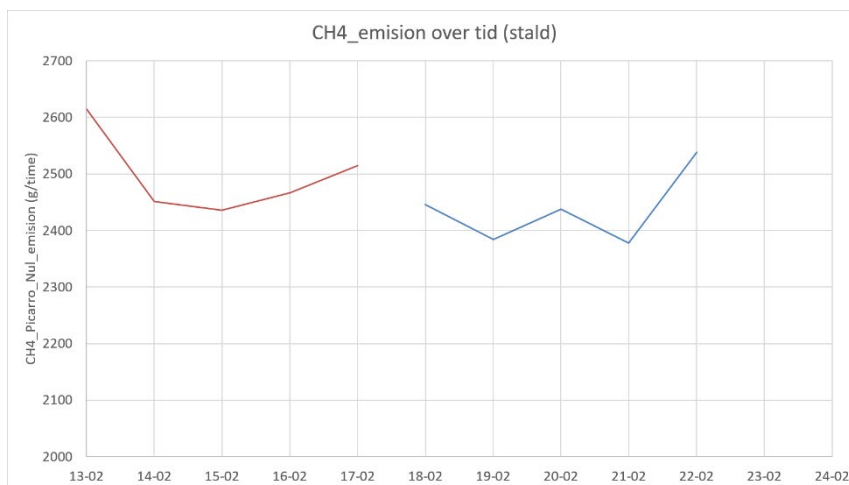
Plastbokse med gylle var etableret som supplerende målepunkter, men gyllen i boksene var frossen på tilsætningsdagen som følge af vejret. Boksene blev derfor taget ud af den indledende måleperiode, og disse målinger indgår ikke i resultatopgørelsen. Metoden vurderes dog fortsat relevant som et supplement i senere måleperioder, når der ikke er frostvejr, da boksene kan fungere som et kontrolleret laboratorielignende forsøg med gylle uden direkte påvirkning fra dyrenes enteriske metanproduktion.

Resultaterne præsenteres nedenfor med fokus på staldrummet først, da staldrumsmålingerne repræsenterer den samlede emission fra stalden og dermed er mest relevante for en samlet vurdering af klima- og miljøeffekt. Derefter beskrives målingerne ved omrøringsbrønden og over gyllekanalen, som anvendes til at få en indikation af udviklingen tættere på gyllen.

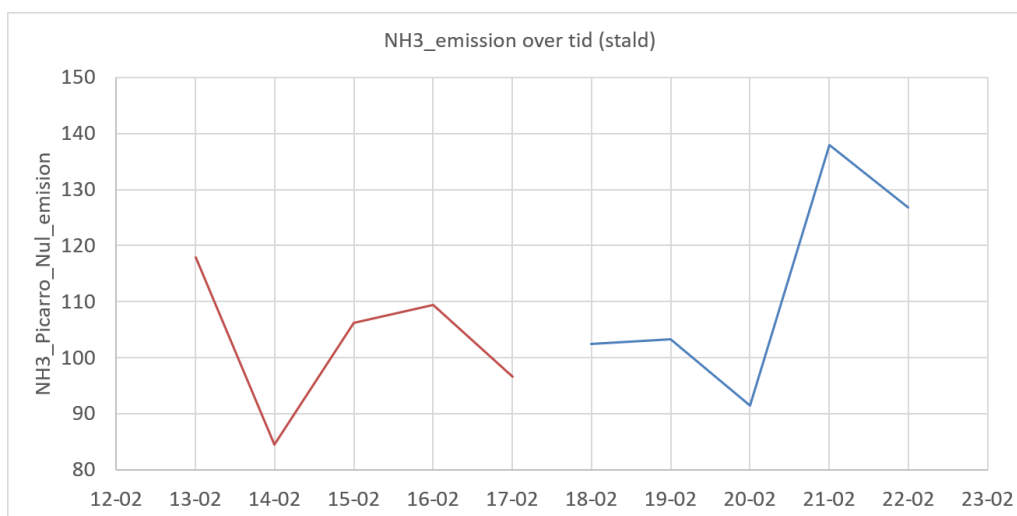
Staldrumsmålinger

I staldrummet var ændringerne i CH_4 -koncentrationen efter tilsætning af GasAbate begrænsede. Der ses en mindre numerisk reduktion i de første dage efter tilsætningen (figur 1), men ændringen er lille i forhold til det samlede emissionsniveau og skal tolkes forsigtigt. Det skyldes blandt andet, at metan signalet i staldrummet i høj grad domineres af dyrenes enteriske metanproduktion. Den indledende måleperiode giver derfor ikke grundlag for at konkludere en tydelig reduktion i CH_4 -koncentrationen i staldrummet.

For NH_3 -emissionen i staldrummet blev der heller ikke observeret en tydelig forskel mellem kontrolperioden og perioden efter tilsætning af GasAbate (figur 2). Emissionen varierede over tid, men der ses ikke et klart niveauskifte eller en vedvarende reduktion efter tilsætningen. Dette stemmer med forventningen fra laboratorieforsøget, hvor GasAbate primært viste effekt på metan og ikke havde en markant målbar effekt på ammoniakemissionen.



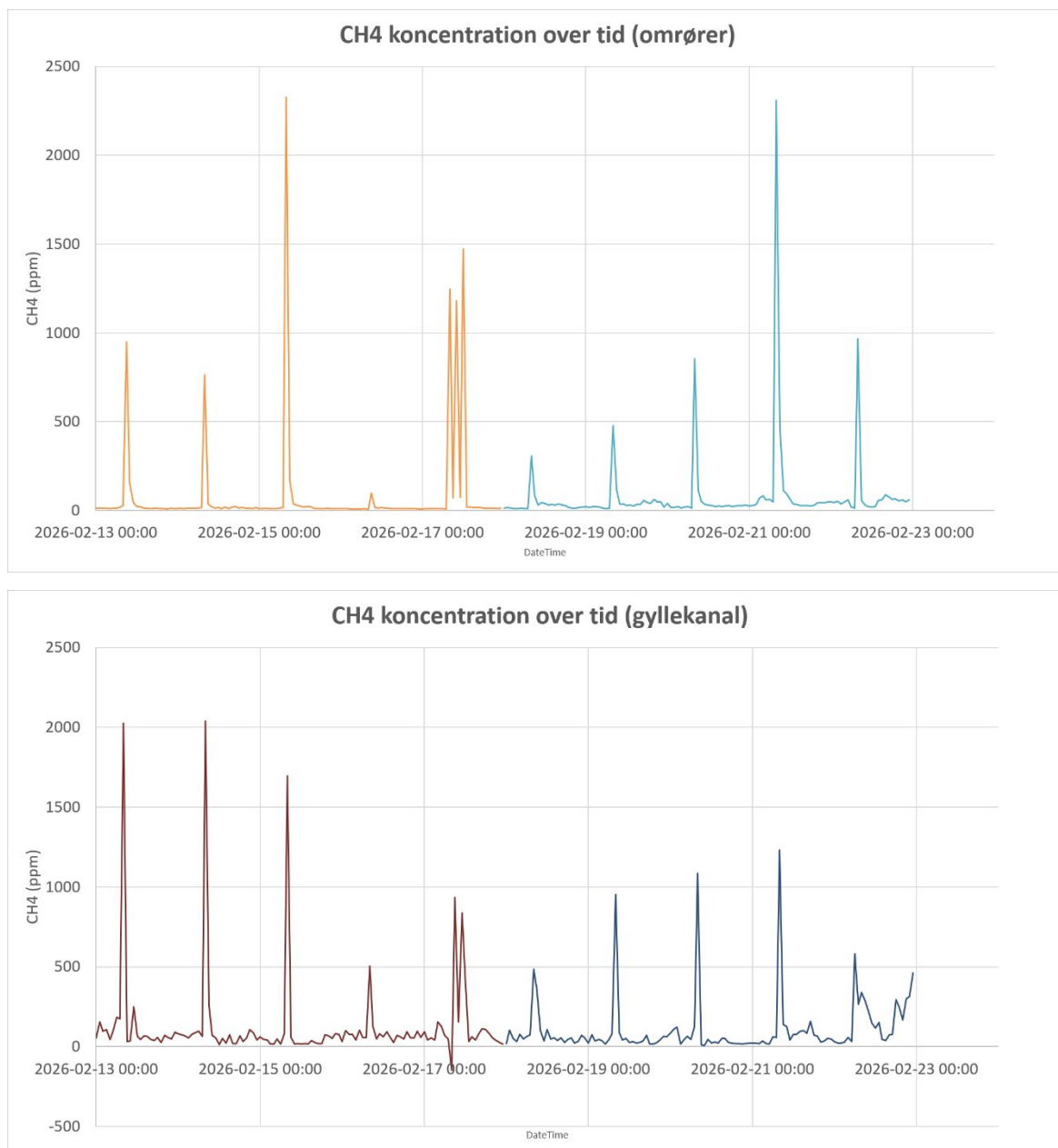
Figur 1. Udvikling i CH_4 -emission i staldrummet over tid i den indledende måleperiode. GasAbate blev tilsat én gang den 17/2. Figuren viser kun små ændringer efter tilsætningen, og der ses ikke en tydelig eller vedvarende reduktion i CH_4 -emissionen fra staldrummet.



Figur 2. Udvikling i NH_3 -emission i staldrummet over tid i den indledende måleperiode. GasAbate blev tilsat én gang den 17/2 ved overgangen fra kontrolperiode til forsøgsperiode. Figuren viser ikke en tydelig ændring i NH_3 -emissionen efter tilsætningen. Eventuelle mindre variationer vurderes at ligge inden for den naturlige variation i stalden.

Omrøringsbrønd og gyllekanal

Målingerne ved omrøringsbrønden og over gyllekanalen gav et tydeligt billede af koncentrationsudviklingen tæt på gyllen (figur 3). De daglige toppe i CH_4 -koncentration faldt sammen med omrøringsstidspunkterne, hvilket viser, at målepunkterne reagerer på ændringer i gyllesystemet. Der blev dog ikke observeret en tydelig og vedvarende reduktion i CH_4 -koncentrationen efter tilsætning af den halve dosis GasAbate.



Figur 3. Udvikling i CH₄-koncentration målt ved omrøringsbrønden og over gyllekanalen i den indledende måleperiode fra 12/2 til 24/2. GasAbate blev tilsat én gang den 17/2 ved overgangen fra kontrolperiode til forsøgsperiode. De tydelige daglige toppe falder sammen med omrørings tidspunkterne, hvilket viser, at målepunkterne reagerer på ændringer i gyllesystemet. Der ses ikke en tydelig eller vedvarende reduktion i CH₄-koncentrationen efter tilsætningen af den halve dosis GasAbate.

Konklusion

Den indledende måleperiode i februar 2026 viste, at forsøgsopstillingen overordnet fungerer tilfredsstillende til formålet. Staldrumsmålingerne kan anvendes til at følge den samlede emission fra stalden, mens målepunkterne ved omrøringsbrønden og over gyllekanalen giver en nyttig indikation af koncentrationsudviklingen tættere på gyllen. Plastboks med gylle kunne ikke anvendes i denne måleperiode på grund af frost, men vurderes fortsat relevante som supplement i senere forsøg under frostfrie forhold, da de kan fungere som et laboratorielignende delsystem. Den halve dosis GasAbate

gav ikke en tydelig effekt på hverken CH₄ eller NH₃ i den indledende måleperiode. I de kommende måleperioder øges dosis derfor til den normalt anbefalede koncentration. Det kan desuden være relevant i udvalgte måleperioder at vurdere ventilationsraten over omrøringsbrønden med en sporgas metode for at få en indikation af størrelsesordenen af luftudskiftningen og dermed styrke tolkningen af målingerne tæt ved gyllen. Dette forventes dog ikke gennemført konsekvent i alle måleperioder. Den samlede vurdering af additivets effekt kræver fortsat yderligere måleperioder, databehandling og kvalitetssikring.

Referencer

- [1] Skjærbæk, M., Andreasen, A. B. og Vestergaard, C. 2026. Laboratorietest af additiver til reduktion af miljø- og klimaemissioner fra kvæggylle. SEGES Innovation P/S, Notat nr. 2602.
- [2] VERA. 2018. VERA Test Protocol for Livestock Housing and Management Systems, Version 3:2018-09. International VERA Secretariat.
- [3] Food and Agriculture Organization. (2013). Greenhouse gas emissions from ruminant supply chains: A global life cycle assessment. Rome, Italy. fao.org
- [4] van Gastelen, S., van Dooren, H. J. og Bannink, A. 2023. Enteric and manure emissions from Holstein-Friesian dairy cattle fed grass silage-based or corn silage-based diets. Journal of Dairy Science, 106(9), 6094-6113. <https://doi.org/10.3168/jds.2022-22378>.

Deltagere

Tekniker: Nina Thue Charles

Statistikker: Søren Kjærsgaard Boldsen

Afprøvning nr. 2038

NAV nr.: 108563

//LATO//

Dyregruppe: Kvæg

Fagområde: Miljø, Klima

Nøgleord: Ammoniak, metan