

Ammoniak emission - behandling af spaltegulv med ureasehæmmer Atmowell

Yijuan Xu

^a SEGES Innovation P/S

STØTTET AF

Mælkeafgiftsfonden

Hovedkonklusion

Behandling af spaltegulv med ureasehæmmeren Atmowell reducerede ammoniakemissionen i den undersøgte stald, når der blev korrigeret for temperatur. Den estimerede reduktion var ca. 13-15 %. Der blev ikke fundet effekt på metanemission, lugt eller dyrenes gang og klovsundhed, og effekten bør bekræftes i flere stalde.

Sammendrag

Denne afprøvning undersøgte, om behandling af spaltegulv med ureasehæmmeren Atmowell kan reducere ammoniakemissionen i en naturligt ventileret kvægstald under praktiske driftsforhold. Forsøget blev gennemført i én Dansk Holstein-besætning og omfattede seks målerunder, fordelt over et år, således at både kolde og varme perioder indgik i datagrundlaget. Emissionerne blev bestemt ved tracer ratio-metoden med CO₂ som sporgas, og der blev desuden gennemført registreringer af metan, lugt og halthed.

Resultaterne viste, at ammoniakemissionen generelt var lavere ved additivbehandling end i kontrolperioderne. Ved simpel sammenligning af gennemsnit, var forskellen ikke statistisk signifikant, hverken på målerundeniveau ($P = 0,49$) eller ved sammenligning af alle døgnmiddelværdier ($P = 0,07$). Da ammoniakemissionen var tydeligt påvirket af temperaturen, blev effekten desuden vurderet med en lineær model, hvor der blev korrigeret for temperatur. I denne analyse var behandlingseffekten statistisk signifikant ($P = 0,009$) og svarede til en reduktion på ca. 13 % ved 10 °C. En supplerende analyse af log-transformerede emissioner, viste ligeledes en signifikant effekt ($P = 0,003$) og en gennemsnitlig reduktion på ca. 15 %. Der blev ikke fundet nogen effekt af additivbehandlingen på metanemission, de analyserede lugtparametre, eller dyrenes halthed. Resultaterne peger dermed på, at Atmowell kan reducere ammoniakemissionen fra spaltegulv under praktiske driftsforhold, men da afprøvningen er gennemført i én stald, er yderligere afprøvninger i flere stalde nødvendige for at vurdere effektens størrelse og robusthed mere sikkert. Resultater fra de igangværende afprøvninger i to stalde med fast gulv og én stald med drænet fast gulv vil blive publiceret, når disse undersøgelser er afsluttet, og vil kunne bidrage til den samlede vurdering af additivets effekt.

Baggrund

En grundlæggende forudsætning for at opnå miljøgodkendelse er, at ansøgninger om etablering eller udvidelse af husdyrbrug med en ammoniakemission over 750 kg NH₃-N pr. år dokumenterer, at der er iværksat nødvendige tiltag til at forebygge og begrænse ammoniakforurening ved anvendelse af den bedst tilgængelige teknik (BAT).

For kvægstalde er mulighederne dog begrænsede, og omfatter primært drænet fast gulv med hyppig skrabning eller svovlsyreforsuring af gyllen i sengebåsestalde med spaltegulv og gyllekanal. Der er derfor behov for supplerende løsninger, som kan implementeres i eksisterende staldsystemer.

I Meddelelse nr. 1311, *Screening af additiver til reduktion af ammoniakfordampning fra gulve i kvægstalde* (SEGES Innovation, 2025), blev en række additiver testet i laboratorieskala med henblik på at identificere lovende kandidater til reduktion af ammoniakfordampning fra gulvoverflader. Resultaterne viste, at især en ureasehæmmer (Produkt C) havde en stabil og vedvarende reduktionseffekt på over 40-50 % i løbet af de første 4,5 timer efter behandling. Vand i høj dosering viste også en moderat effekt, mens flere øvrige additiver enten havde aftagende effekt over tid, eller ingen dokumenteret reduktion.

Produkt C er Atmowell, som er et ureasehæmmende additiv, der hæmmer enzymet urease, og derved forsinker omdannelsen af urinens urea til ammoniak i stalden. Ved at blokere ureaseaktiviteten reduceres ammoniakfrigivelsen direkte ved kontaktfladen, hvor urin og fæces mødes. I feltstudier med ureasehæmmere under praktiske staldforsøg (fast gulv) er der observeret reduktioner i ammoniakemission på ca. 40-68 % sammenlignet med kontrol, når additiver anvendes regelmæssigt under realistiske forhold [1], hvilket indikerer et betydeligt potentiale for emissionsreduktion i kommercielle stalde.

På denne baggrund er der behov for at undersøge, om de lovende resultater fra laborieforsøg og udenlandske studier, kan genfindes under realistiske danske staldforhold. Der er derfor igangsat afprøvninger i kvægstalde med tre forskellige gulvtyper: spaltegulv med ringkanal, fast gulv, samt drænet fast gulv med skraber. Denne rapport sammenfatter resultaterne fra den første afsluttede afprøvning, som er gennemført i en stald med spaltegulv og ringkanal, og præsenterer erfaringer med additivets reduktionseffekt på ammoniakemission under praktiske driftsforhold. Studiet bidrager samtidig med viden om implementerbarhed samt variation i effekt over tid.

Materialer og metoder

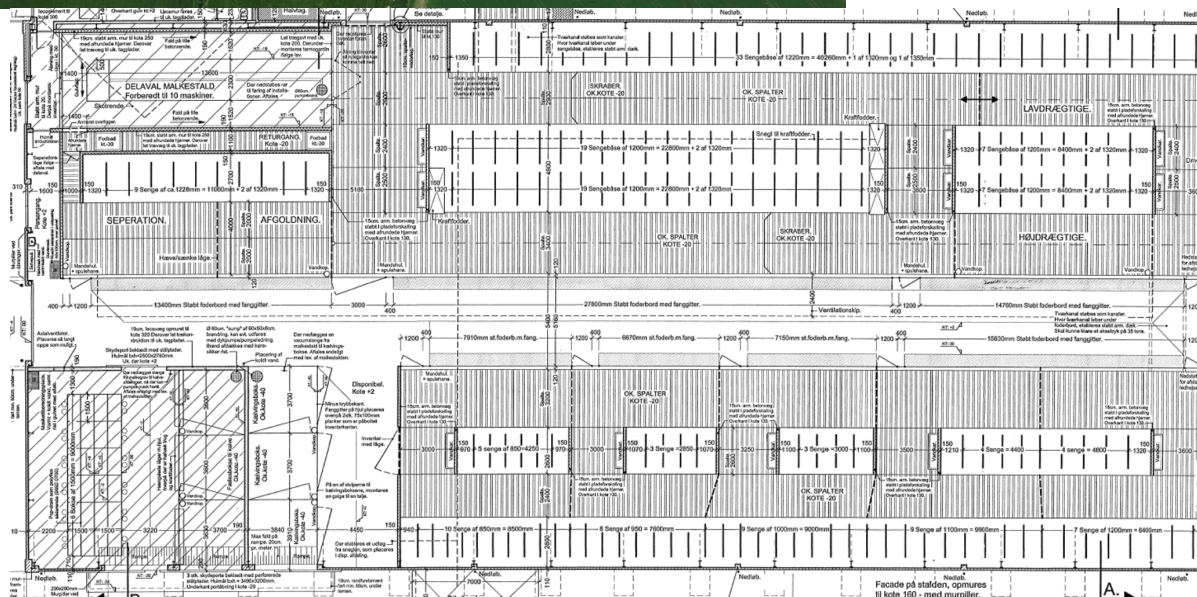
Besætning og staldforhold

Teststalden var opført i 2003 og rummede en Dansk Holstein-besætning. I Tabel 1 findes beskrivelse af besætningen. I figur 1 ses fotos og indretningsplan for stalden.

Tabel 1. Beskrivelse af kvægbesætning med spaltegulv.

Parameter	Teststald: spaltegulv
Dimension af stalden (længde; bredde; højde, m)	66,5; 30,3; 11,5
Ventilationssystem	Naturlig ventilation med stort åbningsareal i facaderne med manuelt betjente gardiner
Staldtype	Sengebåsestald med spaltegulv i gangarealerne, kælvningsbokse med strøelse
Bruttoareal af stalde, (m ²)	1884 m ² ekskl. 131 m ² kalvestald
Indvendig volumen af stalde, (m ³)	13282

Totalt produktionsareal af stalde (m ²)	1216,9
Sengebåse (m ²)	1175
Dybstrøelse (m ²)	42
Forhold produktionsareal køer:ungdyr	71:29
Staldenes længderetning (°)	+8° i forhold til nord:syd-aksen
Antal årskøer, stor race	110
Antal kvier, 6-28 mdr.	104
Antal kvier, 0-6 mdr.	28
Sengebåse, strøelse/måtte	Snittet halm
Malkning	AMS



Figur 1. Øverst: Luftfoto med teststalden markeret med rød. Nordretningen er angivet med pil. Nederst: vises indretningsplanen for stalden. Bemærk nederst tv. er et staldafsnit indrettet med dybstrøelsesbokske til småkalve. I forbindelse med måleperioderne holdes døren mellem småkalvestald og resten af stalden lukket.

Kviekalve blev flyttet til sengebåsestalden ved en alder på ca. 13 måneder. Stalden var indrettet med malkekøer i østsiden, og kvier samt goldkøer i vestsiden. Køerne blev malket i DeLaval malkebotter.

I den nordvestlige del af stalden gik kviekalve i dybstrøelsesbokse, mens der i den nordøstlige del var et separationsafsnit med gyllesystem til køer, samt et dybstrøelsesafsnit til nykælvæ. Køerne blev fodret én gang dagligt med henholdsvis en fuldfoderblanding til lakterende køer, en til goldkøer og en til kvieopdræt.

Staldens længderetning var orienteret tæt på nord-syd-aksen. Gangarealerne var udført med spaltegulv, og under gulvet var etableret et ringkanalsystem med rundskyl. Køerne havde ikke adgang til græs i forsøgsperioden.

Additiv og dosering

Additivet Atmowell blev doseret med 6,8 ml koncentrat opløst i 10 L vand pr. 100 m² gulvareal. Opløsningen skulle anvendes samme dag, som den blev fremstillet. Derfor blev additivet opblandet umiddelbart før sprøjtning på behandlingsdage. Det totale areal, der blev behandlet med additivet, var ca. 770 m².

Sprøjtning

Der findes ikke et eksisterende automatisk system til sprøjtning i stalde med spaltegulv. Der blev derfor anvendt en manuel løsning baseret på en modificeret Bovi Cart (Bovi Hoof Care ApS), som gjorde det muligt at køre udstyret rundt i stalden. Additivopløsningen blev opbevaret i en 10 L plastbeholder monteret på vognen (**Figur 2**). Det samlede gulvareal blev opdelt i sektioner á 100 m², således at én beholder (10 L opløsning) blev anvendt pr. sektion. Dette sikrede korrekt dosering og en ensartet fordeling. Sprøjtning blev udført én gang dagligt om morgenen på behandlingsdage.



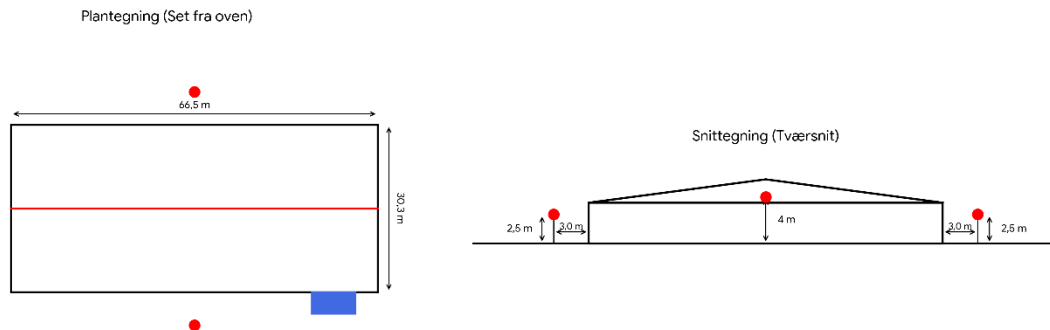
Figur 2. Sprøjtevoan.

Testdesign og registreringer

Forsøget blev gennemført som en sekventiel afprøvning med en kontrolperiode (ubehandlet gulv) efterfulgt af en behandlingsperiode. Registreringerne blev foretaget i henhold til VERA-protokollen (ver. 3:2018-09). Målinger og registreringer blev udført af en tekniker fra Den Rullende Afprøvning.

Princippet for bestemmelse af emissionen fra stalden bygger på forskellen mellem gaskoncentrationen i den indgående og udgående luft, samt staldens luftskifte. Da luftskiftet ikke kan måles direkte i naturligt ventilerede stalde, blev det bestemt indirekte ved anvendelse af tracer ratio-metoden med kuldioxid (CO₂).

Koncentrationerne af kuldioxid, ammoniak og metan blev målt kontinuerligt i luften både inde i og udenfor stalden. Der var ét målepunkt på hver langsides af stalden. Indendørs luft blev opsamlet via PE-slanger (8/6 mm udvendig/indvendig diameter), monteret ca. 4 meter over gulvniveau (se figur 3). Slangetrækket var forsynet med kritiske dyser for hver 10 meter for at sikre ensartet opsamling langs hele staldens længde.



Figur 3. Placering af måleslanger og mobil målevogn. Placeringen af måleslanger er vist ovenfra (venstre) samt ved tværsnit af stalden (højre).

Gasopsamling og analyse

Luften blev kontinuerligt suget gennem måleslangerne ved hjælp af CAPEX L2 membranpumper (PTFE-membraner) (Charles Austen Pumps Ltd). Slangerne mellem samlingspunkt og den mobile målevogn var isolerede og opvarmede for at forhindre kondensdannelse.

Gaskoncentrationerne blev målt med et Picarro-målesystem (G2508/G2509). Forbindelsen mellem måleslanger og måleinstrumenter blev styret via en multipositionsventil (VICI Valco Instruments).

Lugtmåling

For at undersøge, om additivet påvirkede lugtemissionen, blev der analyseret lugtstoffer i tre måleperioder, der dækkede juli, september og november. Koncentrationen af lugtstoffer blev bestemt med et PTR-TOF-MS 1000-instrument (Proton-Transfer-Reaction-Time-of-Flight-Mass-Spectrometry, Ionicon Analytik GmbH). I to af måleperioderne blev der udtaget luftprøver i PTFE-poser kl. 11, 12 og 13, som efterfølgende blev analyseret på PTR-MS-instrumentet samme dag. I hver måleperiode indgik analyser af både en kontroldag og en forsøgsdag. De analyserede lugtstoffer omfattede svovlbrinte, metanthiol, acetaldehyd, eddikesyre, trimethylamin, smørsyre og 4-methylphenol [2].

Temperatur og meteorologiske data

Temperatur og relativ luftfugtighed i stalden blev registreret hvert 5. minut ved hjælp af Tinytag-dataloggere. Meteorologiske data (temperatur, vindretning m.m.) blev hentet fra nærmeste vejrstation (DMI) og anvendt som udetemperatur data.

Antal dyr, foderregistrering og mælkeproduktion

Oplysninger om antal dyr, fodersammensætning og mælkeydelse blev hentet fra DMS (Dairy Management System). Dataene blev anvendt til beregning af dyrenes egen kuldioxidproduktion i forbindelse med bestemmelse af ventilationen.

Gylleniveau og gylleprøver

Gylleniveauet i kummen blev registreret ved teknikerbesøg i både kontrol- og behandlingsperioder. Der blev samtidig udtaget gylleprøver, som blev opbevaret ved -18 °C indtil analyse.

Halthedsvurdering

For at vurdere, om additivbehandlingen havde indflydelse på klovsundheden, blev der gennemført halthedsvurdering af en afkomsinspektør fra SEGES Innovation.

Vurderingen blev foretaget efter følgende skala:

0: Koen/kvien er rengående og viser ingen tegn på halthed.

1: Koen/kvien er ikke rengående, men det er vanskeligt umiddelbart at vurdere, hvilket ben der er påvirket.

2: Koen/kvien er tydeligt halt. Det er let at identificere, hvilket ben hun ikke træder korrekt igennem på.

Databehandling og statistik

Databehandlingen og den statistiske analyse blev baseret på seks måleperioder. Data blev indsamlet og behandlet i overensstemmelse med VERA-protokollen (ver. 3:2018-09).

Da kontrol- og behandlingsperioderne blev gennemført sekventielt og ikke parallelt, blev temperatur og ventilation sammenlignet mellem perioderne inden for hver målerunde ved hjælp af t-test for at vurdere, om forsøgsbetingelserne var sammenlignelige.

Som en indledende analyse blev ammoniak- og metanemissioner sammenlignet mellem kontrol- og behandlingsperioder ved hjælp af t-test baseret på henholdsvis målerundegennemsnit og døgnmiddelværdier. For at tage højde for variation i temperatur mellem måledage blev emissionerne desuden analyseret ved hjælp af lineære blandede modeller i R. I modellerne indgik behandling (kontrol eller additiv) og temperatur som faste effekter. For ammoniakemission blev der endvidere gennemført en analyse af log-transformerede data. Log-transformationen blev anvendt for at vurdere den relative behandlingseffekt og muliggøre fortolkning af effekten som en procentvis ændring i emissionen.

For halthedsdata blev overensstemmelsen mellem vurderinger før og efter behandling analyseret på baggrund af den samlede krydstabel for halthedsscorer. Da halthed blev registreret i ordinale kategorier (score 0–2), blev graden af overensstemmelse kvantificeret ved beregning af Cohen's koefficient, som korrigerer for den andel af overensstemmelsen, der kan forventes ved tilfældighed. Der blev samtidig beregnet 95 % konfidensinterval for koefficienten. Analysen blev anvendt til at vurdere, om der var systematiske ændringer i dyrenes halthedsniveau mellem de to registreringstidspunkter.

Beregning af emission

Ammoniakemissionen fra den naturlige ventilation i stalden bestemmes ved anvendelse af sporgas-ratio-metoden som nævnt i VERA-protokollens afsnit 7.4.2.3., dog suppleret med gasdensitet faktor for omregning fra liter gas per time til masse per time.

$$E_{NH_3} = P_{sporgas} \cdot \frac{[C_{NH_3}]_{stald} - [C_{NH_3}]_{ude}}{[C_{sporgas}]_{stald} - [C_{sporgas}]_{ude}} \cdot \rho_{NH_3-N}$$

hvor

E_{NH_3} er ammoniakemissionen (g NH_3-N time⁻¹),

$P_{sporgas}$ er produktionen af sporgas (L h⁻¹),

$[C_{NH_3}]_{stald}$ er ammoniakkoncentrationen målt i stalden (ppm),

$[C_{NH_3}]_{ude}$ er ammoniakkoncentrationen i udeluft (ppm),

$[C_{sporgas}]_{stald}$ er sporgaskoncentrationen målt i stalden samme sted og på samme tid som ammoniak (ppm),

$[C_{sporgas}]_{ude}$ er sporgaskoncentrationen i udeluft målt samme sted og på samme tid som ammoniak (ppm),

ρ_{NH_3-N} ($g L^{-1}$) er densiteten af NH_3-N ved målt temperatur og lufttryk, og beregnes med idealgasligningen:

$$\rho = \frac{p \cdot M}{R \cdot T}$$

hvor

P er tryk, 1 atm

M er molarmasse, $g mol^{-1}$

R er gaskonstant, $0,08314 L atm mol^{-1} K^{-1}$

T er temperatur, Kelvin

Som sporgas anvendes den naturlige produktion af CO_2 i stalden, dvs. CO_2 produceret af dyrene og af gødningen, som er lagret i stalden. Produktionen af CO_2 fra dyrene afhænger af dyrenes størrelse, produktion og aktivitet, hvilket kan udtrykkes i relation til dyrenes varmeproduktion med tillæg for produktion af CO_2 fra gødningen i stalden.

Følgende ligninger benyttes som grundlag for beregning af dyrenes varmeproduktion:

Lakterende køer: $\phi_{tot} = 5.6 \cdot m^{0.75} + 22 \cdot Y_1 + 1.6 \cdot 10^{-5} \cdot p^3$

Goldkøer: $\phi_{tot} = 5.6 \cdot m^{0.75} + 1.6 \cdot 10^{-5} \cdot p^3$

Kvier, drægtige: $\phi_{tot} = 7.64 \cdot m^{0.69} + Y_3 \cdot (23/M-1) \cdot (57.27+0.302 \cdot m) / (1-0.0171 \cdot Y_3) + 1.6 \cdot 10^{-5} \cdot p^3$

Kvier, ikke-drægtige: $\phi_{tot} = 7.64 \cdot m^{0.69} + Y_3 \cdot (23/M-1) \cdot (57.27+0.302 \cdot m) / (1-0.0171 \cdot Y_3)$

hvor

ϕ_{tot} = Total varmeproduktion per dyr, W

m = dyrenes gennemsnitlige levendevægt, kg

Y_1 = mælkeydelse ($kg dag^{-1} dyr^{-1}$)

P = dag i drægtighed

M = Energiindhold i foder ($MJ kg^{-1}$ tørstof; gns.: $10 MJ kg^{-1}$ tørstof)

Y_3 = tilvækst ($kg dag^{-1}$)

Dyrenes CO_2 -produktion er relateret til varmeproduktionen (Pedersen et al., 2008) og beregnes ved anvendelse af følgende ligning:

$$P_{CO_2}(dyr) = 0.180 \cdot \phi_{tot}$$

hvor

P_{CO_2} (dyr) = dyrets CO_2 -produktion ($L h^{-1} W^{-1}$).

Den samlede CO_2 -produktion i stalden beregnes således som:

$$P_{CO_2} = P_{CO_2}(dyr) + P_{CO_2}(gødning)$$

idet gødningens bidrag til CO_2 -produktion i stalden beregnes som en fast andel (10 %) af dyrenes CO_2 -produktion.

Korrektion for ammoniakfordampning i staldarealer med dybstrøelse/strøede bokse

I besætningen udgjorde dybstrøelsesarealet 42 m² ud af staldens samlede produktionsareal på 1217 m². Ifølge husdyrgodkendelsesbekendtgørelsen (BEK nr. 2225 af 27/11/2021) er standard-ammoniakemissionen fra dybstrøelsesstalde til malkekøer, kvier og stude fastsat til 0,84 kg NH₃-N/år per m² produktionsareal. Dette svarer til en ammoniakemission fra dybstrøelsesarealet i besætningen på 0,097 kg NH₃-N/dag. Ved beregning af effekten af additiv skal de målte ammoniakemissioner derfor korrigeret som følger:

$$E_{\text{korrigeret}} = E_{\text{målt}} - E_{\text{dybstrøelse}}$$

hvor

$E_{\text{korrigeret}}$ er den korrigerede ammoniakemission, kg NH₃-N/dag.

$E_{\text{målt}}$ er den målte ammoniakemission fastlagt på hver måledag (kg NH₃-N/dag)

$E_{\text{dybstrøelse}}$ er den beregnede ammoniakemission fra dybstrøelsesarealerne (0,097 kg NH₃-N/dag).

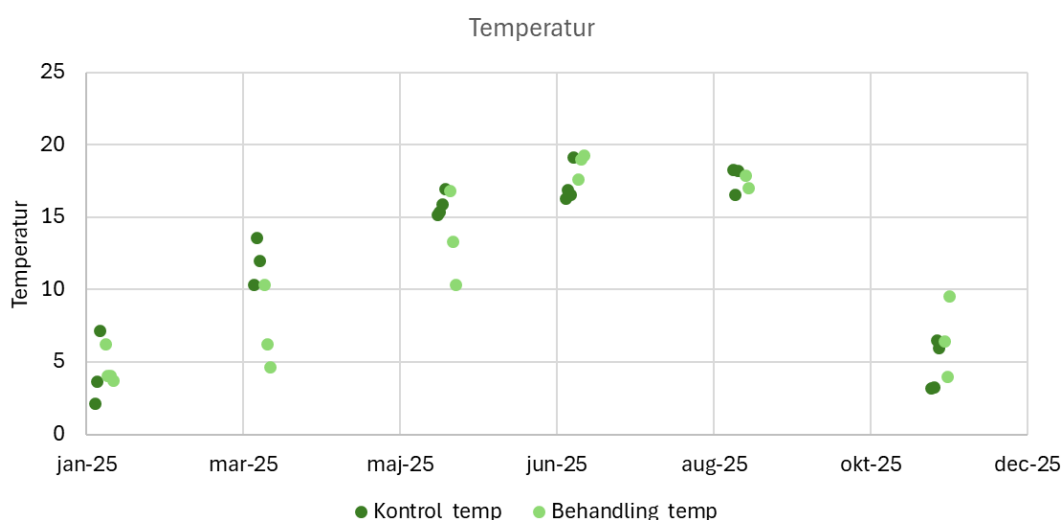
Dvs. 97 g NH₃-N/24 timer = 4,04 g/t.

Resultater og diskussion

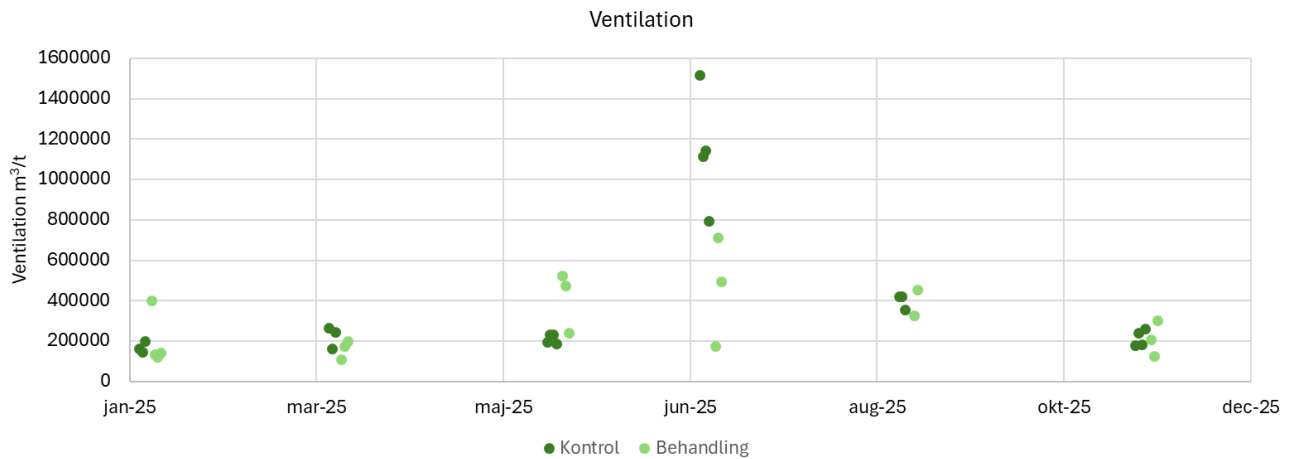
Måleperioder

Additivtesten blev gennemført over en periode på ét år fra januar 2025 til november 2025 og omfattede seks måleperioder. Hver måleperiode bestod af en kontrolperiode efterfulgt af en behandlingsperiode. Figur 4 viser placeringen af måleperioderne, samt de tilsvarende døgngennemsnitlige temperaturer i stalden under forsøget. Temperaturen varierede i perioden fra ca. 2 °C til 20 °C. Der var ingen signifikant forskel mellem kontrol- og forsøgsperiode inden for de enkelte måleperioder, bortset fra måleperiode 2, hvor forskellen var signifikant.

Den døgngennemsnitlige ventilation i måleperioderne er vist i figur 5. Ventilationen lå generelt under 600.000 m³/t, men var højere i måleperiode 4 (juli 2025) på grund af blæsende vejr og åbne gardiner i stalden. Der blev kun fundet signifikant forskel mellem kontrol- og forsøgsperiode i måleperiode 4, mens forskellen ikke var signifikant i de øvrige måleperioder.



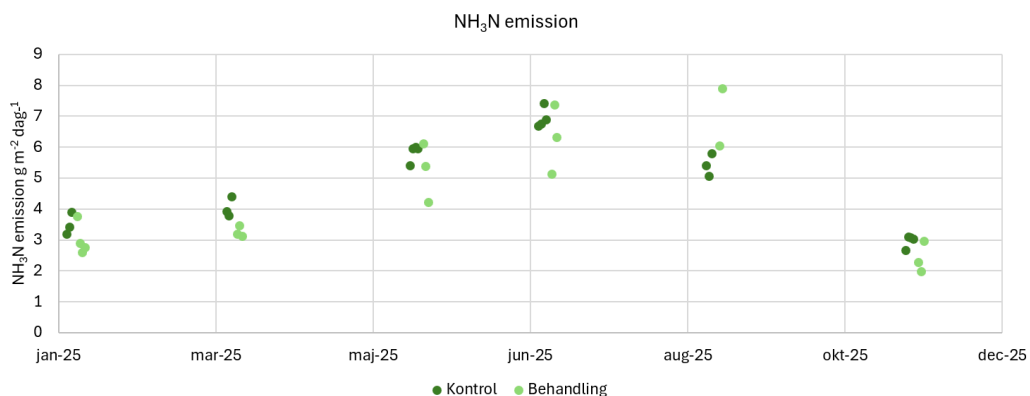
Figur 4. Oversigt over måleperioder og de tilhørende døgngennemsnitlige temperaturer i stalden under forsøget.



Figur 5. Døgngennemsnitlig ventilation i stalden under de seks måleperioder i forsøgsperioden.

Ammoniak

Den døgngennemsnitlige ammoniakemission uden og med additivbehandling er vist i figur 6. Afprøvningen omfattede seks målerunder fordelt over året, og datagrundlaget dækker dermed både kolde og varme perioder. På tværs af målerunderne var ammoniakemissionen generelt lavere i perioder med additivbehandling end i de tilhørende kontrolperioder.

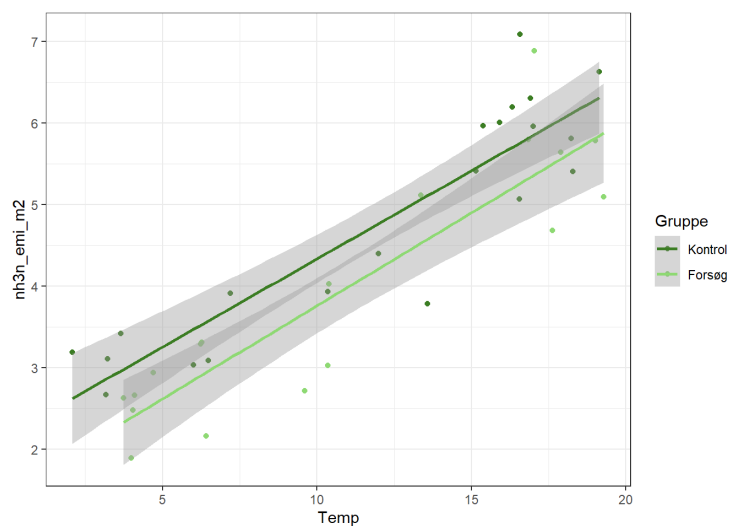


Figur 6. Døgngennemsnitlig ammoniakemission (NH₃N) i kontrolperioder og forsøgsperioder med additivbehandlingen.

Ved en simpel opgørelse på målerundeniveau, var den gennemsnitlige ammoniakemission lavere i behandlingsperioderne end i kontrolperioderne, henholdsvis $4,09 \pm 1,60$ og $4,72 \pm 1,42$ g NH₃-N m⁻² dag⁻¹. Denne forskel var dog ikke statistisk signifikant, når de seks målerunder blev sammenlignet direkte ($P = 0,49$). En tilsvarende sammenligning af alle døgnmålinger viste samme tendens, idet den gennemsnitlige emission var $3,90 \pm 1,51$ g NH₃-N m⁻² dag⁻¹ i behandlingsperioderne mod $4,78 \pm 1,40$ g NH₃-N m⁻² dag⁻¹ i kontrolperioderne (21 kontrol-døgn og 18 behandlings-døgn). Denne forskel var ikke signifikant ($P = 0,07$).

Da ammoniakemissionen påvirkes af temperatur og forsøget blev gennemført sekventielt med kontrolperiode efterfulgt af behandlingsperiode, blev effekten af additivet desuden vurderet med en lineær model, med behandling og temperatur som forklarende variable. Denne tilgang er mere velegnet end en simpel t-test, fordi den korrigerer for temperaturvariation mellem måledage, og dermed estimerer behandlingseffekten ved sammenlignelige temperaturforhold.

I den lineære model var behandlingseffekten statistisk signifikant (estimat = $-0,56 \text{ g NH}_3\text{-N m}^{-2} \text{ dag}^{-1}$, $P = 0,009$), og temperaturen havde ligeledes en signifikant effekt på ammoniakemissionen ($P < 0,0001$). Resultatet viser, at additivbehandlingen reducerede emissionen med et absolut niveau på ca. $0,56 \text{ g NH}_3\text{-N m}^{-2} \text{ dag}^{-1}$, når der korrigeres for temperatur. Da estimatet i den lineære model er angivet som en absolut forskel, afhænger den procentvise reduktion af det aktuelle emissionsniveau. Ved en staldtemperatur på $10 \text{ }^\circ\text{C}$ svarer effekten til en reduktion på ca. 13 %.

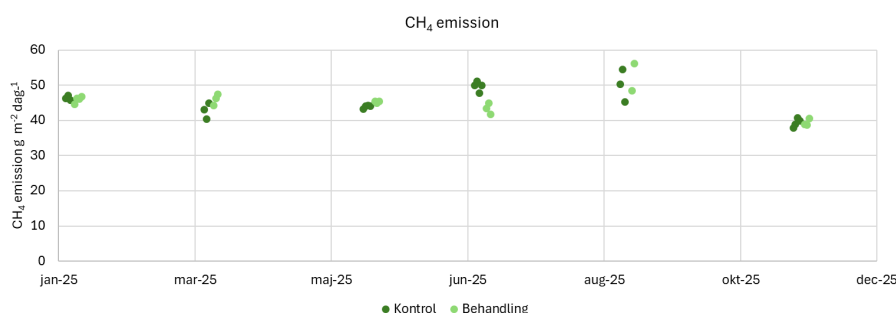


Figur 7. Sammenhæng mellem $\text{NH}_3\text{-N}$ -emission pr. m^2 pr. døgn og temperatur beregnet med den lineære model. Det grå område angiver 95 % konfidensintervallet.

For at vurdere den relative behandlingseffekt blev emissionerne også analyseret på log-skala. På log-skala kan behandlingseffekten fortolkes som en procentvis ændring. Analysen af de log-transformerede emissioner viste en signifikant forskel mellem kontrol og behandling ($P = 0,003$), og estimatet på $0,15$ svarer til en gennemsnitlig reduktion i ammoniakemissionen på ca. 15 %.

Metan

Den dørgennemsnitlige metanemission uden og med additivbehandling er vist i figur 8. Metanemissionen varierede mellem ca. 38 og $56 \text{ g CH}_4 \text{ m}^{-2} \text{ dag}^{-1}$ og var generelt højest i sommerperioden. Der blev ikke fundet en signifikant effekt af additivbehandlingen på metanemissionen, hverken ved simpel sammenligning af gennemsnit eller ved analyse med lineær model. I modelanalysen var effekten af behandling ikke signifikant ($P = 0,83$), og der blev heller ikke fundet en signifikant sammenhæng mellem temperatur og metanemission i det foreliggende datasæt ($P = 0,17$). Resultaterne indikerer derfor, at behandling af spaltegulvet med Atmowell ikke påvirkede metanemissionen under de undersøgte forsøgsbetingelser. Det skal dog bemærkes, at måleperiode 4 i juli, var kendetegnet ved markant højere ventilationsrater i kontrolperioden end i behandlingsperioden, hvilket kan have bidraget til variationen mellem perioderne.



Figur 8. Metan (CH₄) emission over forsøgsperioden for kontrol- og forsøgsgruppen. Ingen signifikant forskel mellem grupperne.

Lugt

Lugtanalyserne blev gennemført med det formål at undersøge, om behandling med additiv påvirkede koncentrationen og emissionen af udvalgte lugtrelaterede forbindelser. Målingerne omfattede både sommer- og vinterforhold, idet der indgik måleperioder i juli, september og november. På tværs af de gennemførte målinger, blev der ikke påvist forskelle mellem kontrol- og behandlingsdage. Resultaterne indikerer således, at additivbehandlingen under de givne forsøgsbetingelser ikke påvirkede lugtemissionen. Datagrundlaget er imidlertid begrænset, da undersøgelserne er gennemført i én stald, og der vil derfor være behov for yderligere målinger i flere stalde og under varierende driftsforhold, før en eventuel effekt på lugt kan afvises med større sikkerhed. De detaljerede måleresultater for lugt er vist i appendiks.

Halhedsanalyse

Halhedsvurderingen blev gennemført i forbindelse med to måleperioder og omfattede i alt 281 observationer af køers gang før og efter behandling af gulvet, med et interval på 2-3 uger mellem vurderingerne. Resultaterne viste en høj grad af overensstemmelse mellem de to vurderingstidspunkter, idet langt de fleste dyr blev placeret i samme halhedskategori ved begge registreringer. Den samlede kappa-koefficient var 0,84 (95 % konfidensinterval: 0,80-0,89), hvilket indikerer næsten perfekt overensstemmelse. På baggrund af disse resultater var der ikke tegn på, at behandling af gulvet med additiv medførte en forværring af dyrenes gang eller klovsundhed i den undersøgte periode.

Tablet 3. Samlet fordeling af halhedsscorer før og efter behandling for alle observationer (n = 281). Cellerne i diagonalen angiver antallet af dyr, der blev vurderet i samme halhedskategori ved begge registreringer.

Før\Efter	0	1	2
0	110	10	1
1	21	69	6
2	0	13	51

Gylleanalyse

Gylle blev ikke analyseret i denne afprøvning, fordi forsøget blev gennemført i en stald med spaltegulv og ringkanal, hvor gyllen løbende blev blandet i gyllekanalen. Da hver kontrol- og behandlingsperiode samtidig var kortvarig (under fem dage), var det ikke muligt at udtage en repræsentativ og entydigt behandlet gylleprøve. En eventuel prøve fra kanalen ville derfor bestå af en blanding af gylle fra både perioden før og under behandlingen, og kunne ikke anvendes til at vurdere additivets effekt på gyllekvaliteten.

Konklusion

Afprøvningen viste, at behandling af spaltegulv med ureasehæmmeren Atmowell reducerede ammoniakemissionen i den undersøgte stald under praktiske driftsforhold, når der blev korrigeret for temperatur. Ved simpel sammenligning af gennemsnit var forskellen mellem kontrol- og behandlingsperioder ikke statistisk signifikant, men i den lineære model med temperatur som forklarende variabel var behandlingseffekten signifikant (P = 0,009). Effekten svarede til en reduktion på ca. 13 % ved en staldtemperatur på 10 °C. En supplerende analyse af log-transformerede data viste

tilsvarende en signifikant reduktion på ca. 15 %. Der blev ikke fundet nogen effekt af behandlingen på metanemissionen eller på de analyserede lugtparametre. Halthedsanalyserne viste heller ingen tegn på, at behandlingen påvirkede dyrenes gang eller klovsundhed i den undersøgte periode. Resultaterne er baseret på målinger i én stald, og yderligere afprøvninger i flere stalde er derfor nødvendige for at bekræfte effektens størrelse og robusthed under varierende praksisforhold.

Referencer

- 1 Bobrowski AB, Willink D, Janke D, Amon T, Hagenkamp-Korth F, Hasler M, Hartung E. Reduction of ammonia emissions by applying a urease inhibitor in naturally ventilated dairy barns. *Biosystems Engineering*. 2021;204:104-114. doi:10.1016/j.biosystemseng.2021.01.011.
- 2 Hansen MJ, Feilberg A. *A protocol for chemical measurement of odor in relation to abatement technologies for animal production – Version 2*. Advisory report from DCA – National Center for Food and Agriculture. DCA - Nationalt Center for Fødevarer og Jordbrug; 2022.

Deltagere

Tekniker: Hans Peter Thomsen, Erik Jeppesen

Statistikker: Mai Britt Friis Nielsen

Afprøvning nr. 1985

NAV nr.: 101111

//LATO//

Dyregruppe: Kvæg

Fagområde: Miljø

Nøgleord: Ammoniak, Additiv

Appendiks

Luftmålinger

Tabel 4 sammenfatter de gennemsnitlige luft- og klimarelaterede målinger i henholdsvis kontrol- og behandlingsperioderne. Opgørelsen giver et overblik over de overordnede forsøgsbetingelser under afprøvningen.

Tabel 4. Gennemsnitsværdier for luft- og klimarelaterede målinger i kontrol- og behandlingsperioderne. Standardafvigelse er angivet i parentes.

	Kontrol	Forsøg	P-værdi (t-test)
Antal måledage	21	18	
Relativ fugtighed, stald (%)	70.2 (11.7)	80.9 (10.5)	0.015
Vindhastighed	4.04 (1.56)	3.45 (1.72)	0.267
Kuldioxid, stald (ppm)	633 (86)	662 (111)	0.379
Kuldioxid, ude (ppm)	436 (10)	436 (12)	0.931
Temperatur, stald, (°C)	12.1 (5.9)	10.6 (6.0)	0.451
Temperatur, ude (°C)	11.6 (5.6)	10.5 (5.6)	0.522

Lugt

Lugtstoffer blev registreret både kontinuert ved hjælp af PTR-MS og ved analyse af luftprøver opsamlet i poser over en tretimers periode omkring middag. I denne opgørelse er resultaterne baseret på de kontinuerte målinger omkring middag på den sidste måledag i henholdsvis kontrol- og behandlingsperioden, da disse vurderes at give det mest sammenlignelige grundlag for vurdering af en eventuel behandlingseffekt.

De beregnede lugtdata fremgår af Tabel 5. Bidraget fra de enkelte lugtstoffer til den samlede lugt er angivet som stoffets OAV-værdi (Odor Activity Value), der er defineret som den målte koncentration divideret med stoffets lugtærskelværdi. Den samlede lugtstyrke er beskrevet ved SOAV (*Sum of Odor Activity Values*), som er summen af OAV-værdierne for de analyserede lugtstoffer.

Tabel 5. Beregnede lugtdata i kontrol- og behandlingsperioder for de tre målerunder med lugtmålinger. Tabellen viser SOAV (*Sum of Odor Activity Values*) og beregnet SOAV-emission.

Målerunde	Kontrol, SOAV	Kontrol, SOAV-emission (pr. time)	Behandling, SOAV	Behandling, SOAV-emission (pr. time)
4 (2. og 10. juli)	193	10.744	146	14.520
5 (7. og 11. september)	217	30.072	238	28.535
6 (20. og 26. november)	72	4.416	69	2.218

Modelanalysen viste ingen forskel mellem kontrol- og behandlingsgruppen (P = 1,0).

Halhedsanalyse

Tabel 6 viser den detaljerede fordeling af halhedsscorer før og efter behandling i de to måleperioder, hvor halhedsvurderinger blev gennemført. Opgørelsen er medtaget som supplerende dokumentation til den samlede halhedsanalyse, som er beskrevet i rapportens hovedtekst (Tabel 3).

Tabel 6. Fordeling af halhedsscorer før og efter behandling i de to måleperioder.

	4.09.25 til 16.09.25			20.11.25 til 2.12.25		
Før\Efter	0	1	2	0	1	2
0	65	1	1	45	9	0
1	5	44	1	16	25	5
2	0	3	37	0	10	14

Ammoniak og metanemission over alle dage

Målerunde	Gruppe	Dato	Ugedag	NH3N_emision (g m ⁻² t ⁻¹)	CH4_emision (g m ⁻² t ⁻¹)	Temp. (°C)	Ventilation (m ³ t ⁻¹)
1	Kontrol	04-01-2025	lørdag	0.133	1.929	2.152	158305
1	Kontrol	05-01-2025	søndag	0.143	1.970	3.707	144390
1	Kontrol	06-01-2025	mandag	0.163	1.909	7.212	195747
1	Forsøg	08-01-2025	onsdag	0.138	1.859	6.286	390533
1	Forsøg	09-01-2025	torsdag	0.111	1.929	4.105	132433
1	Forsøg	10-01-2025	fredag	0.103	1.923	4.044	117510
1	Forsøg	11-01-2025	lørdag	0.110	1.953	3.733	137113
2	Kontrol	06-03-2025	torsdag	0.164	1.800	10.344	256401
2	Kontrol	07-03-2025	fredag	0.158	1.683	13.570	158870
2	Kontrol	08-03-2025	lørdag	0.183	1.876	11.995	238289
2	Forsøg	10-03-2025	mandag	0.126	1.849	10.347	107915
2	Forsøg	11-03-2025	tirsdag	0.137	1.930	6.239	168802
2	Forsøg	12-03-2025	onsdag	0.122	1.979	4.703	192828
3	Kontrol	15-05-2025	torsdag	0.226	1.807	15.154	188729
3	Kontrol	16-05-2025	fredag	0.249	1.838	15.375	225085
3	Kontrol	17-05-2025	lørdag	0.250	1.851	15.916	226096
3	Kontrol	18-05-2025	søndag	0.248	1.840	16.994	183741
3	Forsøg	20-05-2025	tirsdag	0.242	1.894	16.846	509562
3	Forsøg	21-05-2025	onsdag	0.213	1.879	13.361	463418
3	Forsøg	22-05-2025	torsdag	0.168	1.898	10.382	232538
4	Kontrol	03-07-2025	torsdag	0.279	2.088	16.314	1478196
4	Kontrol	04-07-2025	fredag	0.282	2.131	16.918	1086349
4	Kontrol	05-07-2025	lørdag	0.309	1.994	16.564	1113816
4	Kontrol	06-07-2025	søndag	0.288	2.087	19.143	777210
4	Forsøg	08-07-2025	tirsdag	0.196	1.814	17.624	169247
4	Forsøg	09-07-2025	onsdag	0.241	1.874	19.009	695773
4	Forsøg	10-07-2025	torsdag	0.212	1.744	19.289	481320
5	Kontrol	05-09-2025	fredag	0.225	2.096	18.289	410610
5	Kontrol	06-09-2025	lørdag	0.211	2.276	16.554	409709
5	Kontrol	07-09-2025	søndag	0.242	1.889	18.237	347802
5	Forsøg	10-09-2025	onsdag	0.235	2.021	17.894	318110
5	Forsøg	11-09-2025	torsdag	0.287	2.345	17.037	444041
6	Kontrol	20-11-2025	torsdag	0.111	1.582	3.233	172658
6	Kontrol	21-11-2025	fredag	0.130	1.625	3.286	236225
6	Kontrol	22-11-2025	lørdag	0.129	1.702	6.512	178138
6	Kontrol	23-11-2025	søndag	0.126	1.666	6.027	252423
6	Forsøg	25-11-2025	tirsdag	0.090	1.622	6.444	202392
6	Forsøg	26-11-2025	onsdag	0.079	1.615	4.034	122145
6	Forsøg	27-11-2025	torsdag	0.113	1.693	9.590	293424