

**Case/control-metingen ammoniakemissie
Nooyen Cattle Floor voor rosé-vleeskalverstallen**



Emissiearme vleeskalverstallen

(C2227092/4365335)

2^e deelrapport Fase 2

RAPPORT MEET-ID 2020-04

December 2020

Frans Ettema

Erik Lindeboom

Marco Noordman

Gert-Jan Monteny



VOORWOORD

De Provincie Noord-Brabant heeft, in het kader van een breder onderzoek naar emissie-arme vleeskalverstallen (C2259530/4681842), opdracht gegeven aan Meet-ID BV (hierna 'Meet-ID' genoemd) voor het uitvoeren van case/control-onderzoek onder beheerste omstandigheden aan de Nooyen Cattle Floor voor rosé-vleeskalveren. In dit rapport worden de resultaten gepresenteerd.

Voor deze opdracht gelden de Algemene Voorwaarden van Meet-ID, die zijn gepubliceerd op de website www.meetid.nl.

Inhoud

| | |
|---|----|
| 1. Inleiding | 4 |
| 2. Materiaal en methoden | 5 |
| 2.1 Meetopstelling | 5 |
| 2.2 Meetmethode | 8 |
| 2.4 Protocol aanbrengen faeces en urine | 10 |
| 2.5 Meetperioden en dataverwerking | 12 |
| 2.5.1 Emissiereductie | 13 |
| 2.5.2 Bijdragen vloer en kelder | 13 |
| 2.6 Overige waarnemingen | 14 |
| 3. Resultaten..... | 15 |
| 3.1 NH ₃ -concentratie en emissiereductie | 15 |
| 3.1.1. Continue metingen..... | 15 |
| 3.1.2 Nat-chemische metingen | 17 |
| 3.2 Bijdragen van vloer en kelder..... | 18 |
| 4. Discussie | 19 |
| 5. Conclusies..... | 21 |
| Literatuur..... | 22 |
| Bijlage A. NH ₃ -emissie per meting Cattle Floor | 23 |
| Bijlage B. QCL vs Impinger | 25 |

1. Inleiding

De Provincie Noord-Brabant heeft, in het kader van een breder onderzoek naar emissie-arme vleeskalverstallen (C2259530/4681842), Meet-ID opdracht gegeven om via case/control-metingen onder beheerste omstandigheden de emissiereductie vast te stellen van de zgn. Nooyen Cattle Floor ('Cattle Floor') ten opzichte van traditionele betonnen roosters ('control') voor rosé-vleeskalveren.

Doel van de metingen is om een onderbouwing te krijgen van de emissiereductie van deze vloer ten opzichte van traditionele betonnen roosters met mestkelders, welke gangbaar is in de rosé-vleeskalverhouderij.

In dit rapport wordt verslag gedaan van de genoemde case/control-metingen, die zijn uitgevoerd in juni 2020.

2. Materiaal en methoden

2.1 Meetopstelling

De meetopstelling bestaat uit een ruimte, waarin 2 afzonderlijke segmenten (elk 3,0 m * 3,7 m; mestkelder met vloer) zijn nagebouwd. De mestkelder (90 cm diep, gevuld met ca. 50 cm mest van een rosé-vleeskalverbedrijf uit Lemele) omvat beide segmenten, waarbij homogenisatie van de mengmest centraal staat om gelijke kelderomstandigheden (mestsamenstelling) te creëren. Via scheidings-schuiven zijn de kelders onder beide segmenten hermetisch af te sluiten, zodat onderlinge beïnvloeding wordt voorkomen omdat beide segmenten qua lucht en mest gescheiden zijn.

In het eerste segment van de meetopstelling waren 3 standaard roostervloerelementen (3 m breed; 1,10 m lang; balkbreedte 13 cm; spleetbreedte 30 mm) aangebracht. Dit is de 'control'. In het tweede segment was de Cattle Floor gerealiseerd. Een vloerelement werd ingekort en beide elementen werden opgelegd op een constructie met stalen profielen om te kunnen worden aangebracht in de meetopstelling (Foto 1). De afmetingen bedroegen resp. 189,0 * 264,5 cm (oorspronkelijk) en 176,5 * 264,5 cm (ingekort). Daarmee werd een totale lengte verkregen van 365,5 cm bij een breedte van 264,5 cm.



Foto 1. Cattle Floor en stalen oplegprofiel.

De Cattle Floor werd gedurende geruime tijd (>2 maanden) bevuild in een praktijkstal in Mill met rosé-vleeskalveren. Uiteindelijk werd een gelijkmatige bevuiling van het gehele vloerooppervlak gerealiseerd (zie Foto's 2 en 3).



Foto's 2 en 3. Aangevoerde, bevuilde vloerelementen.

Tegelijkertijd werden ook de betonnen roostervloerelementen in de control handmatig bevuild met faeces. Het resultaat is te zien op foto's 4 en 5.



Foto's 4 en 5. Resultaat na opbrengen van faeces op de traditionele betonnen roosters (links) en na handmatig schuiven direct voor het opbrengen van de urine (rechts).

De case was passend in de lengte; in de breedte was aan weerszijden 17,8 cm vrije ruimte, bestaande uit de muren voor de oplegging van de roosters. De kelder strekte zich derhalve uit over het gehele vloeroppervlak. De resterende ruimte van de control werd afgesloten met een passende houten bak. Deze werd schoon en droog gehouden, zodat dit geen 'met mest besmeurd oppervlak' was.

De zijkanten van de case en de control waren voorzien van rubber opblaasbare band (foto 6 toont het inlaatventiel), om eventuele 'kelderlekkage' (open spleet van enkele cm tussen de zijkanten van de vloeren en de zijkanten van de Lindvall-dozen) te voorkomen. Aan beide voor- en achterzijden van de Lindvall-dozen waren rubber flappen om deze reden aangebracht. De rubber flappen waren 7,5 cm breed en alleen aan de achterzijde overlapte de flap met de vloeren; aan de voorzijde overlapte de flap met resp. de Cattle Floor en de houten bakken.



Foto 6. Inlaat van de perslucht voor het opblazen van een rubberen band aan de binnenzijde van de Lindvall-dozen.

Tabel 1 geeft een overzicht van het vloeroppervlak dat werkelijk werd bevuild (faeces) en benat (urine). Hierbij tellen roosterspleten e.d. niet mee, aangezien daar geen faeces en/of urine kan liggen.

Tabel 1. Het met faeces bevulde en met urine benatte vloeroppervlak voor de ‘control’ en de ‘case’.

| | Control | Case |
|---|---|--------------------------|
| Breedte (cm) – bruto | 300 | 300 |
| Breedte (cm) – netto | 300 | 264,5 |
| Lengte (cm) – bruto | 370 | 370 |
| Lengte (cm) – netto (minus 7,5 cm lange flappen aan 1 kopse kant) | 362,5 | 362,5 |
| Lengte (cm) – netto | $3 * 110 = 330 - 7,5 = 322,5$ | $362,5^{*1}$ |
| Afstort (cm) – dichtgemaakt met houten bak | $370 - 330 = 40$ | 0 |
| Oppervlak (cm ²) - netto | $300 * 322,5 = 96.750$ | $264,5 * 362,5 = 95.881$ |
| Aantal roosterspleten | 6 rijen * 3 spleten = 18 spleten * 3 elementen = 54 spleten + 2 spleten tussen de elementen | n.v.t. |
| Oppervlak roosterspleten (cm ²) | $54 * 82 * 3,0 = 13.284$ | n.v.t. |
| Oppervlak openingen tussen elementen (cm ²) | $2 * 300 * 3,0 = 1.800$ | n.v.t. |
| Werkelijk bevulde en benatte vloeroppervlak’ (cm ²) | $96.750 - 13.284 - 1.800 = 81.666$ | Ca. 48.000 ^{*2} |

*1) aan de instroomzijde overlapt de 7,5 cm brede flap een deel van de vloer. *2: geschatte mestdoorlaat 50% van het vloeroppervlak.

Daarmee werd een totale lengte verkregen van 365,5 cm bij een breedte van 264,5 cm.

De netto-voeroppervlakken waren nagenoeg gelijk (9,675 en 9,588 m²). Het werkelijke ‘met urine benatte vloeroppervlak’ voor de roostervloer was 8,17 m², terwijl dit ca. 4,8 m² was voor de Cattle Floor.

2.2 Meetmethode

De meetmethode bestaat uit 2 zgn. Lindvall-dozen, die passend zijn voor elk van de segmenten. Hiermee wordt derhalve de NH₃-emissie gemeten van de vloer en de onderliggende mestkelder. Voor aanvang van de meting worden de dozen neergelaten in een profiel, dat is voorzien van een waterslot. Elk van de Lindvall-dozen is voorzien van een ventilator (aanzuig-ventilator), waarmee lucht over de vloer wordt gezogen. Het ventilatiedebiet door elk van de dozen wordt geregeld via een unit, waarbij de luchtsnelheid over de vloer wordt ingesteld.

De luchtsnelheid over het vloeroppervlak was 0,15 m/s, met een bijbehorende debiet van (gemiddeld constant) 727 m³ per uur per doos. Deze waarde wordt verondersteld representatief te zijn voor een gemiddelde luchtsnelheid op het niveau van de vloer in een vleeskalverstal. Dit debiet wordt gemeten met meetventilatoren. De lucht, die via de inlaat-opening aan de achterzijde van elke Lindvall-doos, door elk van de dozen stroomt, is afkomstig uit een bufferruimte van ca. 80 m³, gesitueerd achter de ruimte waar de meetopstelling staat. De lucht in deze bufferruimte wordt

continu geconditioneerd met een klimatiserings-unit, zodat een constante temperatuur (15 °C) en relatieve luchtvochtigheid (70%) van de ventilatielucht worden gerealiseerd.



Figuur 1. Schematische weergave Lindvall-doos (bovenaanzicht) met luchtinlaat (rechts) en – uitlaat (links), de meetventilator (rood), de ventilator (geel) in de uitlaat, de monsternamenleiding voor de NH₃-achtergrondconcentratie (groen) en de gemeten NH₃-concentratie (paars).

In figuur 1 is de Lindvall-doos schematisch weergegeven. De NH₃-concentratie van de lucht die door de dozen wordt geleid, wordt continu gemeten met een foto-akoestische monitor (fabrikant: LSE Groningen) met 2 kanalen. Deze monitor heeft een ruisniveau van 30 ppb. Tussen elk van de ventilatoren en meetventilatoren wordt via een teflon slang lucht aangezogen uit de uitlaat-opening van de meetbakken. Daartoe wordt gebruikt gemaakt van membraanpompen met elk een debiet van 5,5 L/min. Vanuit de vrij uitstromende lucht na de pomp (via een T-stuk) wordt met een teflon-slang lucht (ca. 40 mL/min) aangezogen door de interne pomp van de monitor. De meetfrequentie is eenmaal per 90 seconden. Per kanaal (kanaal 1 = control; kanaal 2 = case) wordt gedurende 15 minuten gemeten (interne meetpunt-omschakeling na 15 minuten; dit is de meetcyclus). Per kanaal zijn dus 8 metingen per meetcyclus beschikbaar, waarvan de laatste 6 worden gemiddeld (de eerste 2 metingen worden genegeerd, vanwege de overgang tussen de kanalen). De gemeten NH₃-concentraties worden gelogd in ppm ('parts per million').

Eenmaal per meetperiode van 4 dagen wordt de NH₃-concentratie gemeten van de lucht die, vanuit de klimatiseringsinstallatie en bufferruimte, de Lindvall-dozen instroomt. Dit is de achtergrondconcentratie, met NH₃ afkomstig uit de directe omgeving (zie Formule [1]). Deze gegevens werden verkregen door nat-chemische metingen (zie hierna).



Foto 7. Meetopstelling voor nat-chemie.

Aanvullend werden op 2 meetdagen nat-chemische metingen ('impinger'; Foto 7) uitgevoerd aan de 'case', de 'control' en de achtergrond om de monitor te valideren en om gegevens te verkrijgen over de achtergrondconcentratie. Deze metingen werden uitgevoerd door Tauw BV uit Deventer. Hiervoor werd een 2^e monsternamleiding aangelegd vanaf beide meetventilatoren en een extra achtergrondleiding. Voor de monsternamleiding werden de pompjes van de meetopstelling van Tauw BV gebruikt.

2.4 Protocol aanbrennen faeces en urine

Op 26 mei 2020 om ca. 08:00 uur werd ca. 8 m³ verse mengmest, afkomstig van een rosé-vleeskalverbedrijf uit de buurt, in de kelder gebracht. Op dit bedrijf worden rosé-vleeskalveren gehouden in een traditionele stal met groepshuisvesting.

De mest werd op diezelfde dag gedurende ca. 30 minuten gemixt (met de schuiven geopend). Daarna werden de schuiven neergelaten (kelders weer gescheiden) en werd de mest bemonsterd (een monster per kelder) en geanalyseerd op drogestof, totaal-stikstof en ammonium-stikstof. De hoogte van de mest in de kelders was ca. 50 cm.

Voorafgaand aan elke meting werd op elk van de beide vloeren het protocol gevolgd dat door Elzing *et al.* (1992 a en b) werd ontwikkeld, getest en toegepast. Per vloer wordt handmatig ca. 5 kg verse faeces aangebracht, afkomstig van hetzelfde bedrijf als waarvan de mest afkomstig was. De faeces werd bemonsterd (mengmonster van de faeces voor beide vloeren) en geanalyseerd op drogestof, totaal-stikstof en ammonium-stikstof.

De faeces werd met een hand-schuif gelijkmatig in de breedterichting over beide vloeren (balken) verdeeld. Overtollig materiaal werd in de lengterichting via de roosterspleten in de mestkelder afgeschoven. Voor beide handelingen werd een rubberen roosterschuif gebruikt.

De urine was afkomstig uit een slachterij voor vleeskalveren in Den Bosch en was voor dit doel aan de slachtlijn verzameld (februari 2020) en ingevroren. De ingevroren urine (ruim 100 L) werd op 5 juni naar Meet-ID getransporteerd, waar het ontdooid en in een koelkast (120 L inhoud) bij ca. 5 °C werd bewaard. Van de opgeslagen hoeveelheid werd een enkelvoudig monster genomen. Voor de metingen op 17 en 18 juni werd nieuwe urine aangevoerd vanaf het slachthuis, waarvan eveneens een enkelvoudig monster werd genomen.

De monsters werden geanalyseerd op drogestof (alleen faeces en mengmest; WI 4.25-111), totaalstikstof (WI 4.25-115), ammonium-stikstof (mest: WI 4.25-103; urine: WI 4.25-114) en pH (alleen urine).

Het protocol voor de toediening van de urine is onder andere gebaseerd op Vaughan et al. (2014), waarbij is aangenomen dat een vleeskalf ca. 10 keer per dag urineert (vergelijkbaar met melkvee; Monteny, 2000) en dat per keer ca. 0,5 – 0,6 L urine wordt uitgescheiden. Bij Meet-ID is het beschikbare vloeroppervlak ca. 10 m². Wanneer aangenomen wordt dat een vleeskalf in de praktijk 2 m² aan vloeroppervlak beschikbaar heeft, dan staat de meetopstelling van Meet-ID model voor 10 / 2 = 5 vleeskalveren. Derhalve werd voor de metingen (5 * 0,6 =) 3 L urine per vloer gebruikt, afkomstig uit de koelkast. Deze hoeveelheid werd verdeeld over 6 PET-flesjes met elk een inhoud van 0,5 L. Deze PET-flesjes waren voorzien van een geperforeerde dop. De vloer werd onderverdeeld in 12 gelijke oppervlakken (10 / 12 = ca. 0,8 m²) en de inhoud van elk flesje werd aan het begin van elke meetdag na elkaar *random* verdeeld over de 12 vloergedeelten ('plasplaatsen'; zie hierna). Dit betekent dat 50% van het vloeroppervlak werd benat. Daarmee werd invulling gegeven aan het feit dat mannelijke vleeskalveren – in tegenstelling tot melkkoeien – niet het volledige beschikbare vloeroppervlak benatten.

Direct na het aanbrengen van de urine werden de Lindvall=dozen neergelaten en begonnen de metingen.

De resultaten van de analyses van de faeces, mengmest en urine zijn in tabel 2 opgenomen.

Tabel 2. Samenstelling faeces, mengmest en urine.

| Omschrijving | Totaal-N (g/kg) | Ammonium-N (g/kg) | pH (-) | Droge stof (g/kg) |
|--------------------|-----------------|-------------------|--------|-------------------|
| faeces | 5,60 | 0,45 | - | 188,1 |
| mengmest – case | 6,16 | 3,66 | - | 90,0 |
| mengmest – control | 6,14 | 3,61 | - | 88,9 |
| urine – 12/13 juni | 7,37 | 2,18 | 9,4 | - |
| urine – 17/18 juni | 7,56 | 1,45 | 9,3 | - |

Uit de gegevens over de mengmest blijkt dat deze goed gemengd en vergelijkbaar waren qua samenstelling. De urine op de 2^e serie meetdagen was iets stikstofrijker (totaal-N), maar bevatte minder ammonium-N ten opzichte van de urine die werd gebruikt op de 1^e serie meetdagen. De uitgangssituatie voor de metingen was derhalve wat urinesamenstelling betreft niet geheel identiek. Tegen de verwachting in bleek de in het slachthuis opgevangen urine niet 'schoon' (afwezigheid van ammonium-N en dus alle totaal-stikstof in de vorm van ureum), aangezien een belangrijk deel van de stikstof aanwezig was in de vorm van ammonium-stikstof. Dit betekent dat tijdens het opvangen, de bewaring, het transport en/of de handling bij Meet-ID ureum-omzetting, bijvoorbeeld door bevuiling met urease-vormende bacteriën (bijv. uit de faeces), moet hebben plaatsgevonden. De aangeleverde en gebruikte urine was echter wel 'helder' en vrij van mestdelen. Mogelijk is de tijd tussen opvangen (februari 2020) en gebruik (juni 2020) te lang om omzetting van ureum in ammonium te voorkomen.

2.5 Meetperioden en dataverwerking

In totaal zijn 4 metingen uitgevoerd en wel op:

- 12 juni 2020 (incl. nat-chemie)
- 13 juni 2020
- 17 juni 2020 (incl. nat-chemie)
- 18 juni 2020

Op 16 juni 2020 werden de vloeren van de case en de control met een vorkheftruck gewisseld om effecten van de segmenten uit te middelen.

De duur van elke meting was 24 uur. Deze periode van 24 uur omvatte (tijden bij benadering):

- 08:30 uur beëindiging voorgaande meting
- 09:00 – 09:30 uur aanbrengen verse faeces op elk van de vloeren
- 09:30 – 10:00 uur aanbrengen van urine op elk van de vloeren
- 10:00 uur start nieuwe meting

Derhalve werd idealiter gemeten gedurende ca. 22 uur na opbrengen van de urine.

De NH_3 -concentratie worden gemiddeld per meetcyclus van 15 minuten. Aangezien elke 15 minuten van meetkanaal wordt geswitcht, wordt per meetdoos een halfuurs-gemiddelde concentratie berekend. Aansluitend worden beide halfuurs-gemiddelde concentraties gemiddeld tot een uurs-gemiddelde.

Het ventilatiedebiet door beide Lindvall-dozen is gelijk (727 m^3 per uur bij $0,15 \text{ m/s}$ luchtsnelheid). Derhalve levert het product van de gemeten, uurs-gemiddelde netto concentratie (in ppm; $1 \text{ ppm} = 0,71 * 10^{-3} \text{ g NH}_3$ per m^3 lucht) en het ventilatiedebiet de NH_3 -emissie op (g NH_3 per uur). De netto concentratie is het verschil in bruto NH_3 -concentratie en de achtergrondconcentratie:

$$\text{NH}_3\text{-emissie} = \text{Ventilatiedebiet} * ([\text{NH}_3]_{\text{bruto}} - [\text{NH}_3]_{\text{achtergrond}}) * 0,71 \quad [1]$$

Met:

$[\text{NH}_3]_{\text{bruto}}$ = bruto NH_3 -concentratie in de uitgaande ventilatielucht (ppm)

$[\text{NH}_3]_{\text{achtergrond}}$ = NH_3 -concentratie in de aangezogen ventilatielucht (achtergrond, $0,87 \text{ ppm}$ op 12/13 juni en $0,14 \text{ ppm}$ op 17/18 juni; zie Bijlage B)

Aan het einde van de 3^e meetdag (17 juni) werd geconstateerd dat de ventilatie als gevolg van het wisselen van de vloeren was ingesteld op 313 m^3 per uur ($0,075 \text{ m/s}$ luchtsnelheid). Per vloer wordt het verloop van de concentratie en de emissie weergegeven vanaf het moment van aanbrengen van de urine tot aan de volgende meting. In formule [1] is deze afwijkende waarde meegenomen.

2.5.1 Emissiereductie

Per meting wordt de cumulatieve NH₃-emissie per vloer berekend (g NH₃), waarbij de emissie van de 'case' ten opzichte van de 'control' wordt uitgedrukt in % (reductiepercentage). Daarbij wordt per meting gecorrigeerd voor het (zie paragraaf 2.1) verschil in 'met mest besmeurd oppervlak'. Dit reductiepercentage wordt berekend na 14 uur nadat urine is toegediend. De periode van 14 uur is de gemiddelde tijdsduur dat een plas urine in een vleeskalverstal op de vloer ligt, voordat deze gemiddeld wordt overstroomd door een verse plas. Dit wordt als volgt berekend:

- 2,0 m² per vleeskalf aan 'met mest besmeurd oppervlak'
- 0,8 m² aan vloer benat per urinelozing (deze proef; dit zal in de praktijk kleiner zijn)
- Dit levert $2,0 / 0,8 = 2,5$ zgn. 'plasplaatsen' op (plaatsen waarop een urinelozing kán worden gedeponereerd)
- Per dag urineert een vleeskalf gemiddeld 10 keer (Vaughan *et al.*, 2014)
- Per 'plasplaats' wordt derhalve per dag $10 / 2,5 = 4$ keer per dag een plas urine gedeponereerd
- Elke plas ligt derhalve gemiddeld $24 / 4 = 6$ uur

In de praktijk zal het benatte vloeroppervlak per urinelozing geringer zijn, aangezien mannelijke dieren van beperkte hoogte en recht naar beneden urineren. Wanneer aangenomen wordt dat per urinelozing 0,4 m² aan voeroppervlak wordt benat, dan verdubbelt het aantal 'plasplaatsen', wordt per 'plasplaats' half zo vaak urine gedeponereerd en neemt de tijd dat elke plas ligt voordat deze wordt overspoeld met nieuwe urine met een factor 2 toe tot 12 uur. De emissiereductie op basis van de onderhavige metingen dient derhalve te worden bepaald door uit te gaan van de cumulatieve emissie in 6 – 12 uur, met 6 uur als 'worst case' en 12 uur als 'best case'.

2.5.2 Bijdragen vloer en kelder

Tevens worden de bijdragen van de vloer en de kelder berekend. Aangenomen is dat een constante kelderemissie (vloeremissie = 0) wordt bereikt wanneer de emissie niet verder daalt en dus constant is geworden. Dit blijkt steeds na 22 uur het geval te zijn. De cumulatieve emissie gedurende 6 uur na urine-toediening wordt verminderd met de kelderbijdrage (6 * het niveau op 22 uur na urine-toediening). Het verschil is de vloerbijdrage. Op basis daarvan wordt het % berekend van de kelder en de vloer ten opzichte van het totaal, voor beide vloeren.

2.6 Overige waarnemingen

In Tabel 3 is een overzicht gegeven van de buitentemperatuur in Lemelerveld op het moment dat de metingen begonnen (ca. 10.00 uur), van de maximale dagtemperatuur en van de temperatuur in de Lindvall-dozen op het moment dat de metingen begonnen.

Hieruit blijkt dat de temperatuur in de Lindvall-dozen tijdens de metingen nagenoeg gelijk was. De werkelijke temperatuur was iets hoger dan de gewenste temperatuur van 15 °C.

Tabel 3. Temperatuur per meetperiode van de buitenlucht (bron: KNMI-weerstation Heino) en in de Lindvall-doos.

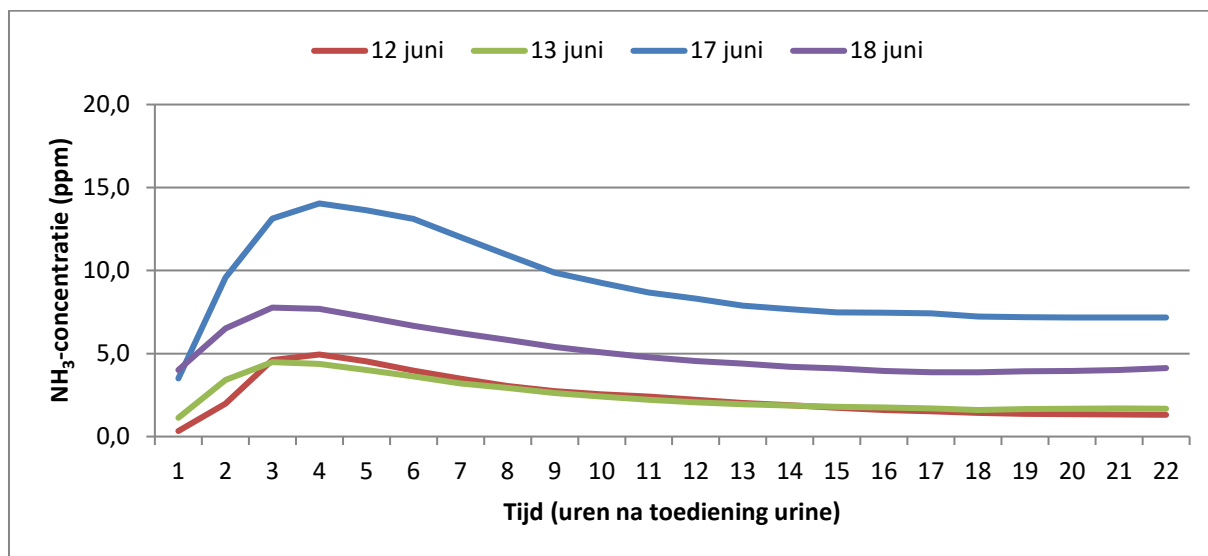
| Meting-nummer | Datum (d/d-mm) | T _{buiten} bij aanvang metingen | T _{buiten} , maximaal | T in Lindvall- doos |
|---------------|-------------------|--|-----------------------------------|------------------------|
| 1 | 12 juni 2020 | 14,6 | 20,6 | 16 |
| 2 | 13 juni 2020 | 15,2 | 21,0 | 16 |
| 3 | 17 juni 2020 | 15,7 | 18,6 | 16 |
| 4 | 18 juni 2020 | 15,9 | 18,1 | 16 |

3. Resultaten

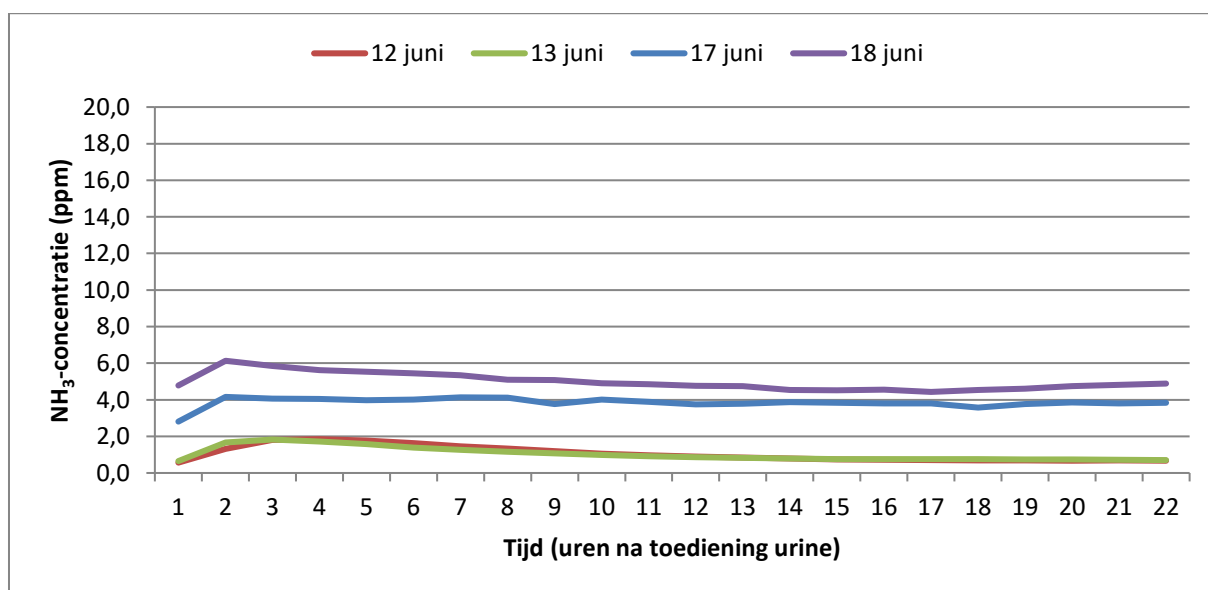
3.1 NH₃-concentratie en emissiereductie

3.1.1. Continue metingen

In Figuur 2 en 3 is het verloop van de bruto NH₃-concentratie (dus: zonder correctie voor achtergrond; zie Formule [1]) weergegeven voor resp. de control (traditionele roostervloer met mestkelder) en de case (Cattle Floor met mestkelder).



Figuur 2. Bruto NH₃-concentratie (halvuurs-gemiddeld) van de 'control' (traditionele roosters) per meetperiode gedurende 22 uur na opbrengen van de urine. Op 17 juni was de ventilatie met 313 m³ per uur (per vloer) 50% lager dan op de andere 3 meetdagen.



Figuur 3. Bruto NH₃-concentratie (halvuurs-gemiddeld) van de 'case' (Cattle Floor) per meetperiode gedurende 22 uur na opbrengen van de urine. Op 17 juni was de ventilatie met 313 m³ per uur (per vloer) 50% lager dan op de andere 3 meetdagen.

Vooral bij de traditionele roostervloer blijkt het karakteristieke verloop van de NH_3 -concentratie, t.w. een sterke toename (vanaf het eindniveau van de voorgaande meting) in de eerste uren door toevoeging van verse urine en dus stikstof, met een duidelijke piek, gevolgd door een geleidelijke afname. Tijdens de periode van toename vindt in de praktijk op de vloer zowel omzetting van ureum-N in NH_3 -N als NH_3 -emissie plaats. Op het moment van de piek is alle ureum-N omgezet en vanaf dat moment vindt uitsluitend NH_3 -emissie plaats. Dit is een stofoverdrachtsproces, waarbij de NH_3 in de laag urine op de vloer 'uitput' tot een constant niveau. Dit is voor de control het niveau van de kelderemissie.

Uit figuur 2 blijkt dat het gemiddelde niveau van de eerste 2 meetdagen lager was dan van de tweede 2 meetdagen. Op 17 juni is dit veroorzaakt door de lagere ventilatie; voor de metingen op 17 en 18 juni heeft ook het hogere gehalte aan totaal-N hierbij een rol gespeeld.

De Cattle Floor laat nauwelijks een karakteristiek verloop zien en is qua concentratie aanzienlijk lager dan de roostervloer. Daarnaast is er duidelijk verschil in het verloop van de concentratie op de 1^e en 2^e meetdag, en op de 3^e en 4^e meetdag. Op de 3^e meetdag (17 juni) is dit te verklaren door de lagere ventilatie; voor het verloop op 18 juni is geen verklaring gevonden.

In Bijlage A (figuren A1 t/m A4) is het verloop van de uursgemiddelde NH_3 -emissie volgens formule [1] per meting van de control (traditionele betonnen roosters) en de case (Cattle Floor) opgenomen.

In tabel 4 is de NH_3 -emissie van beide vloeren weergegeven per meting, na 6 en 12 uur na toediening van de urine (zie Paragraaf 2.5.1), alsmede de relatieve emissie van de 'case' ten opzichte van de 'control'. De uitkomst is de emissiereductie (% case ten opzichte van control, per meetperiode en gemiddeld).

Tabel 4. Cumulatieve netto NH₃-emissie in gram van de traditionele roostervloer ('control') en de Cattle Floor ('case') in 6 en 12 uur na urine-toediening en de emissiereductie ('case' in % van 'control').

| Meting-nummer | Datum | Cumulatieve NH ₃ -emissie in 6 uur (g) | | | Cumulatieve NH ₃ -emissie in 12 uur (g) | | |
|---------------|--------------|---|-----------|--------------|--|-------|--------------|
| | | Control | Case | Reductie (%) | Control | Case | Reductie (%) |
| 1 | 12 juni 2020 | 10,08 | 4,08 | 60 | 18,13 | 8,28 | 54 |
| 2 | 13 juni 2020 | 10,42 | 5,13 | 51 | 17,96 | 9,97 | 45 |
| 3 | 17 juni 2020 | 12,54 | 4,67 | 63 | 26,54 | 9,80 | 63 |
| 4 | 18 juni 2020 | 9,07 | 7,23 | 20 | 15,97 | 13,71 | 14 |
| | | | Gemiddeld | 44 | Gemiddeld | | 48 |

De Cattle Floor heeft gemiddeld een 44-48% lagere ammoniakemissie dan de traditionele betonnen roosters, met een variatie van 14-63%. Zoals ook blijkt uit de analyse van de bijdrage van vloer en kelder (zie Paragraaf 3.2) lijken de metingen na de vloeren wissel niet betrouwbaar. Derhalve is de beste schatting voor de emissiereductie van de Cattle Floor 55% op basis de cumulatieve emissie na 6 uur en 50% op basis van de cumulatieve emissie na 12 uur.

3.1.2 Nat-chemische metingen

In Bijlage B staan de 24-uurs gemiddelde concentraties zoals gemeten met de nat-chemie en met de QCL-monitor. In tabel 5 is een samenvatting opgenomen van de vergelijking tussen de gemiddelde NH₃-concentratie op de dagen waarop ook de nat-chemische metingen zijn uitgevoerd. Bij deze vergelijking zijn de bruto-metwaarden gebruikt, dus zonder achtergrondcorrectie. Zie ook Bijlage B.

Tabel 5. Vergelijking tussen de resultaten van de gemiddelde NH₃-concentratie gemeten met de QCL-monitor (Meet-ID) en de nat-chemische metingen (Tauw BV), betrokken op 24 uur.

| | | QCL Gemiddeld ppm | QCL Gemiddeld mg/m ³ | Gemiddeld nat chemie mg/m ³ |
|----------------------------------|--------------------------------|-------------------|---------------------------------|--|
| 1 ^e meetdag (12 juni) | Traditionele betonnen roosters | 2,24 | 1,59 | 3,06 |
| | Cattle Floor | 1,25 | 0,89 (-44%) | 1,53 (-50%) |
| 2 ^e meetdag (17 juni) | Traditionele betonnen roosters | 8,88 | 6,30 | 13,33 |
| | Cattle Floor | 3,85 | 2,73 (-57%) | 5,69 (-57%) |

N.B.: omrekening: 1 ppm = 0,71 mg/m³.

Uit deze vergelijking blijkt dat de gemiddelde concentraties tussen de QCL-monitor en de nat-chemische meetmethode in absolute zin aanzienlijk verschilden; de QCL-monitor mat ca. 50% lagere concentraties. In relatieve zin bleek echter goede overeenstemming te bestaan; derhalve werden de reducties nagenoeg gelijk gemeten. Aangezien beide meetmethoden werden gebruikt voor case/control-onderzoek, zijn de relatieve waarden leidend.

3.2 Bijdragen van vloer en kelder

Tabel 6 geeft een overzicht van de bijdragen van de vloer en de mestkelder voor de traditionele roosters ('control') en de Cattle Floor ('case').

Tabel 6. Cumulatieve NH₃-emissie van de 'control' en de 'case' (in 6 uur) en de geschatte bijdragen van de vloer en de kelder voor beide vloeren.

| | Cumulatieve NH ₃ -emissie in 6 uur | | | |
|--------------|---|--------|-------------|-------------|
| | | Totaal | Vloer | Kelder |
| 12 juni 2020 | Control | 10,08 | 6,48 (64%) | 3,60 (36%) |
| | Case | 4,08 | 1,38 (34%) | 2,70 (66%) |
| 13 juni 2020 | Control | 10,42 | 5,62 (54%) | 4,80 (46%) |
| | Case | 5,13 | 1,53 (30%) | 3,60 (70%) |
| 17 juni 2020 | Control | 12,54 | 3,18 (25%) | 9,36 (75%) |
| | Case | 4,67 | -0,19 (-4%) | 4,86 (104%) |
| 18 juni 2020 | Control | 9,07 | 3,79 (42%) | 5,28 (58%) |
| | Case | 7,23 | 0,92 (13%) | 6,30 (88%) |

De verhouding tussen de bijdragen van de vloer en de kelder varieert voor beide vloeren sterk; vooral de metingen na de vloerenwissel laten een afwijkend beeld zien. Vanwege het afwijkende ventilatiedebiet op 17 juni zijn die metingen niet representatief. Mogelijk heeft dat ook de metingen op 18 juni beïnvloed. Derhalve lijkt een analyse op basis van de eerste 2 meetdagen het meest voor de hand liggend.

Op basis van deze eerste 2 metingen is de verhouding voor de control tussen ca. 60%:40% en voor de case ca. 30%:70%. Dit betekent dat de belangrijkste bron in een rosé-vleeskalverstal met traditionele betonnen roosters de vloer is; bij de Cattle Floor is de kelder de belangrijkste bron. Dit is te verklaren uit het relatief geringe 'met mest besmeurde' oppervlak n de hoge doorlatendheid van de Cattle Floor ten opzichte van de traditionele vloer.

4. Discussie

Meetomstandigheden en toedieningsprotocol urine

Het onderzoek betrof een zgn. case/control onder gelijke omstandigheden, waarbij de emissie-arme vloer gelijktijdig werd vergeleken met de traditionele vloer (met een gelijke mestkelder onder beide vloeren).

De metingen zijn uitgevoerd bij een temperatuur van 15 °C, een relatieve luchtvochtigheid van 70% en een luchtsnelheid over de vloer van 0,15 m/s. Deze waarden zijn gemiddeld representatief voor melkveestallen (Monteny, 2000). Vergelijkbare gegevens voor vleeskalverstallen ontbreken. Derhalve is besloten om dezelfde instellingen te gebruiken als voor melkvee-onderzoek. Nader onderzoek in vleeskalverstallen is nodig om te verifiëren of daadwerkelijk de gemiddelde condities zijn gesimuleerd.

Als gevolg hiervan zijn de uitkomsten van de metingen bij Meet-ID derhalve het beste te beschouwen als 'theoretische maxima', die verdere validatie in de praktijk behoeven voor zowel wit-/blankvleeskalveren als rosé-vleeskaveren. Het protocol voor urine-toediening op de vloeren heeft waarschijnlijk geleid tot een groter 'benat' oppervlak ten opzichte van de praktijk, waardoor ook de reducties zullen zijn overschat.

Emissiereductie

Op basis van de uitgevoerde metingen bleek de Cattle Floor toegepast in een modelsysteem voor rosé-vleeskalveren de NH₃-emissie te reduceren met 44-48% ten opzichte van traditionele betonnen. Op basis van uitgevoerde validatiemetingen (nat-chemisch; 2 dagen) was de reductie vergelijkbaar, n.l. 50%.

De variatie tussen de 4 meetdagen was groot: 14-63%. Bij deze variatie heeft het afwijkende ventilatiedebiet tijdens de 3^e meetdag een grote rol gespeeld; kennelijk waren de meetomstandigheden, met name de luchtsnelheid in de Lindvall-doos, onvoldoende representatief. Andere variabelen, zoals een nieuwe batch urine met een iets hoger gehalte aan ureum-stikstof (Tabel 2), leveren hiervoor onvoldoende verklaring. Vanwege de mogelijke 'voortplanting' van de condities op 17 juni naar de daarop volgende meetdag, levert een analyse op basis van de eerste 2 meetdagen de meest voor de hand liggende basis.

Bijdrage vloer en kelder

Op basis van het toegepaste bevuilingsprotocol bleek voor rosé-vleeskalveren de verhouding tussen kelder en vloer voor de traditionele betonnen roosters ca. 60%:40% en voor de Cattle Floor ca. 30%:70%. Gelet op de praktijksituatie werd ervoor gekozen om 50% van het vloeroppervlak te benatten met urine, maar deze keuze was enigszins arbitrair.

Ook de keuze van het benatte vloeroppervlak per 'urinelozing' en dus van het aantal 'plasplaatsen' kan de vloerbijdrage en de verhouding tussen de bijdrage van de vloer en de mestkelder

beïnvloeden. Wanneer niet 0,8 maar 0,4 m² per urinelozing wordt benat, zal relatief een groter vloeroppervlak worden benat. Daardoor neemt de vloerbijdrage af en de kelderbijdrage toe. De exacte uitwerking hiervan kan alleen op basis van gericht onderzoek worden gekwantificeerd.

Bronsterktes

De modelopstelling heeft een 'met mest besmeurd' kelderoppervlak en vloeroppervlak van ca. 10 m² (zie Tabel 1). Uitgaande van de emissies in 6 uur is voor rosé-vleeskalveren de bronsterkte voor traditionele betonnen roosters 0,10 g NH₃ per uur per m² voor de vloer en 0,07 g NH₃ per uur per m² voor de kelder. Deze waarden zijn 0,05 en 0,03 g NH₃ per m² per uur voor de Cattle Floor, uitgaande van het totale oppervlak en 0,03 en 0,03 g NH₃ per m² per uur uitgaande van het werkelijke 'met mest besmeurde oppervlak.

Emissie op stalniveau

De gemiddelde cumulatieve emissies voor de eerste 2 meetdagen (6 uurs-waarden; Tabel 4) kunnen worden omgerekend in kg NH₃ per dierplaats per jaar door uit te gaan van 5,4 (9,67 m² / 1,8 m² per dierplaats) dierplaatsen en 10% leegstand:

Emissie = $10,25 * 4 * 365 * 0,9 / (5,4 * 1000) = 2,5$ (kg NH₃ per dierplaats per jaar voor de betonnen roosters

Emissie = $4,61 * 4 * 365 * 0,9 / (5,4 * 1000) = 1,1$ kg NH₃ per dierplaats per jaar voor de Cattle Floor

In vergelijking met de emissiefactor voor traditionele vleeskalverstallen (3,5 kg NH₃ per dierplaats per jaar) wordt de emissie bij Meet-ID derhalve met ca. 30% onderschat. Dit is waarschijnlijk het gevolg van de keuze voor de klimaatinstellingen (15 °C, 70% RV) en luchtsnelheid (0,15 m/s op vloerniveau), hoewel ook de mest- en urinesamenstelling hierop invloed kunnen hebben gehad. Tevens ontbreken in de modelopstelling van Meet-ID dieren (faeces en urine worden handmatig toegediend) en dus ook de eventueel bijbehorende emissie van de dieren als gevolg van bevuiling/benatting.

5. Conclusies

Uit metingen in een modelopstelling (15°C, 70% RV en 0,15 m/s luchtsnelheid over de vloer) van een rosé-vleeskalverstal bij Meet-ID bleek dat de Cattle Floor, bij het toegepaste protocol voor toediening van kalverurine, gemiddeld een 44-48% lagere ammoniakemissie had dan de traditionele betonnen roosters, met een variatie van 14-63%. Daarbij werd de cumulatieve emissie van beide vloeren genomen gedurende resp. 6 en 12 uur na opbrengen van de urine. Vanwege meettechnische problemen tijdens de 3^e meetdag en mogelijk de 4^e meetdag, is de beste schatting voor de emissiereductie van de Cattle Floor 55% op basis de cumulatieve emissie na 6 uur en 50% op basis van de cumulatieve emissie na 12 uur. De nat-chemische metingen bevestigen dit reductiepercentage.

De verhouding tussen de bijdragen van de vloer en de kelder was voor de control ca. 60%:40%; de Cattle Floor had een bijdrage van vloer en kelder van ca. 30%:70%.

Uitgaande van de emissies van betonnen roostervloer en kelder in 6 uur was voor rosé-vleeskalveren de bronsterkte 0,10 g NH₃ per uur per m² voor de betonnen roosters en 0,07 g NH₃ per uur per m² voor de mestkelder. Deze waardes waren resp. 0,03 en 0,03 g NH₃ per m² per uur voor de Cattle Floor, uitgaande van het werkelijke benatte oppervlak.

Literatuur

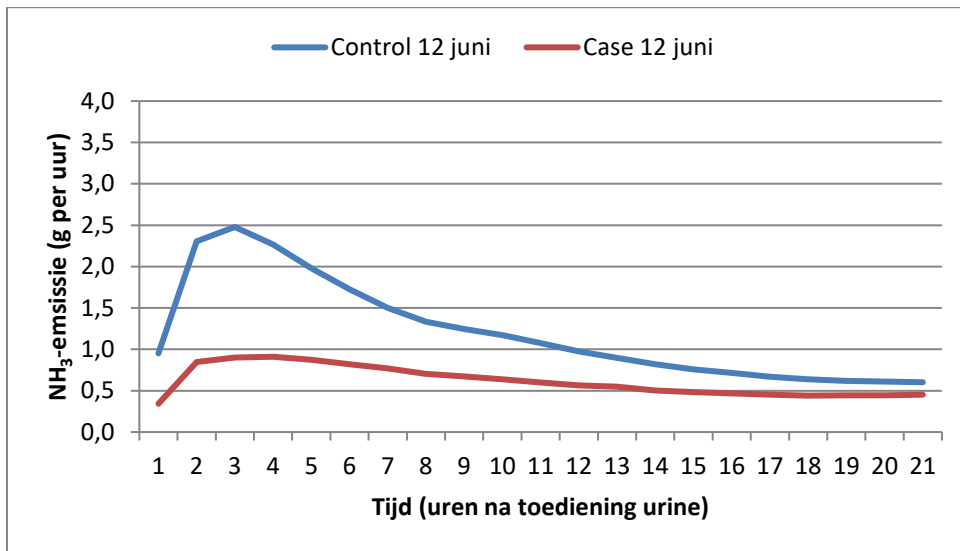
A. Elzing, W. Kroodsma, R. Scholtens en G.H. Uenk, 1992a. Ammoniakemissiemetingen in een modelsysteem van een rundveestal: theoretische beschouwingen. Wageningen, IMAG-rapport 92-3, 25 pp.

A. Elzing, D. Swierstra, G.H. Uenk en W. Kroodsma, 1992b. Ammoniakemissiemetingen in een modelsysteem van een rundveestal: de invloed van vloervarianten. Wageningen, IMAG-rapport 92-10, 18 pp.

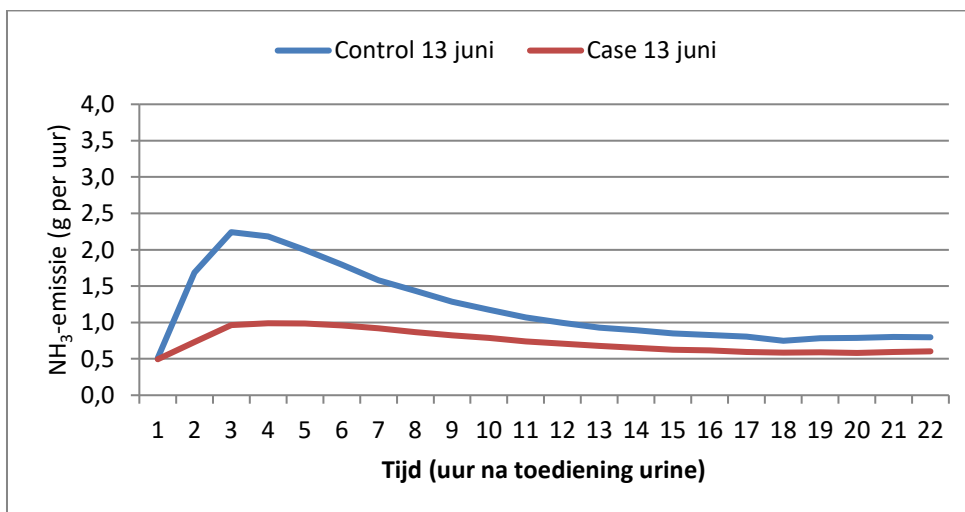
G.J. Monteny, 2000. Modelling of ammonia emissions from dairy cow houses. Wageningen University, PhD Thesis, 156 pp.

Vaughan, A.M. de Passillé, J. Stookey en J. Rushen, 2014. Urination and defaecation by group-housed dairy calves. American Dairy Science Association, Journal of Dairy Science 97: 4405 – 4411.

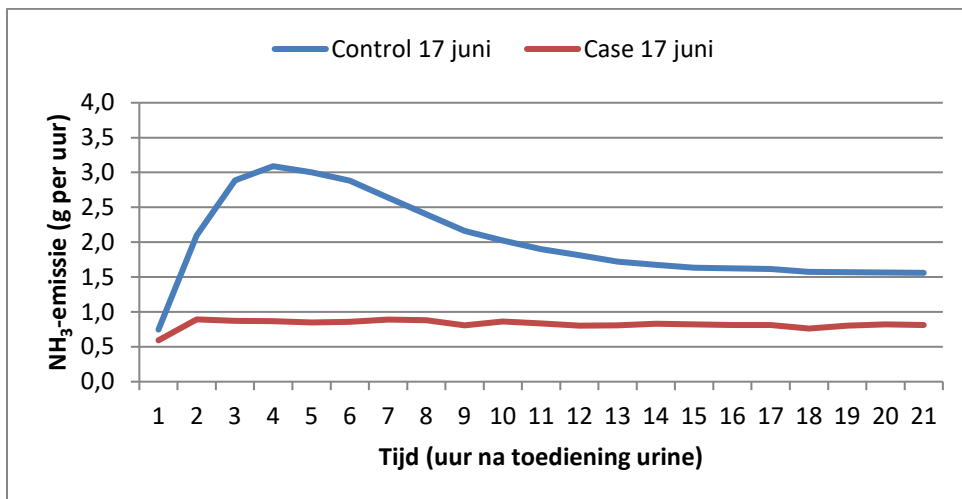
Bijlage A. NH₃-emissie per meting Cattle Floor



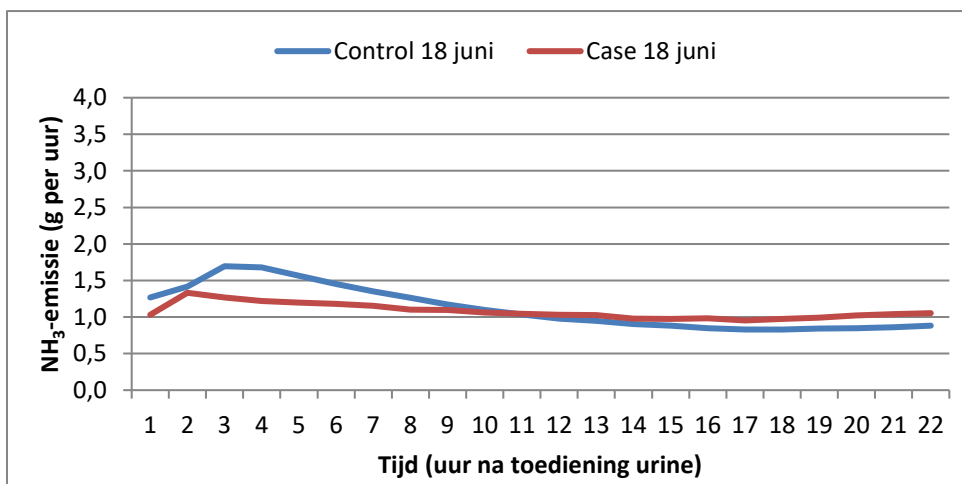
Figuur A1. Uursgemiddelde NH₃-emissie (g/uur) van de control (traditionele roosters) en de case (Cattle Floor) tijdens de 1^e meting.



Figuur A2. Uursgemiddelde NH₃-emissie (g/uur) van de control (traditionele roosters) en de case (Cattle Floor) tijdens de 2^e meting.



Figuur A3. Uursgemiddelde NH₃-emissie (g/uur) van de control (traditionele roosters) en de case (Cattle Floor) tijdens de 3^e meting, met een lager ventilatiedebiet van 313 m³ per uur.



Figuur A4. Uursgemiddelde NH₃-emissie (g/uur) van de control (traditionele roosters) en de case (Cattle Floor) tijdens de 4^e meting.

Bijlage B. QCL vs Impinger

Tabel B1. Resultaten nat-chemische metingen vergelijking gemiddelden (24 uur) met de QCL-metingen op 12 en 17 juni. De waarden voor de QCL in ppm zijn de cumulatieve gemiddeldes over een meetperiode van 24 uur.

| 1 | 1275604 Meet-ID DIM 431578 12 en 13 juni 2020 | | | | xx-xx-xxxx | | | | | | | | | | | |
|----|---|-------|-------|-------|--------------|--------|-----------------|-------------------|------|-------------------------------------|-------------------|-------------|-------------------|-------------------|-----------|-----------|
| 2 | nr | bruto | potje | netto | naam | Naam | Datum | labresultaat mg/l | mg | aangezogen volume in m ³ | mg/m ³ | | nat-chemie | nat-chemie | QCL | QCL |
| 3 | | | | | | | | | | | Corr blanco | | mg/m ³ | mg/m ³ | gemiddeld | gemiddeld |
| 4 | 1 | 471 | 34 | 437 | A99900989785 | 1A | 12/13 juni 2020 | | 2,3 | 1,44 | 1,46 | case | 1,46 | 1,53 | 0,89 | 1,25 |
| 5 | 2 | 203 | 34 | 169 | A99900989782 | 1B | 12/13 juni 2020 | | 0,2 | 1,44 | 0,00 | | | | | |
| 6 | 3 | 401 | 34 | 367 | A99900989784 | 2A | 12/13 juni 2020 | | 2,5 | 1,44 | 1,60 | case | 1,60 | | | |
| 7 | 4 | 249 | 34 | 215 | A99900989783 | 2B | 12/13 juni 2020 | | 0,2 | 1,44 | 0,00 | | | | | |
| 8 | 5 | 468 | 34 | 434 | A99900989780 | 3A | 12/13 juni 2020 | | 4,5 | 1,44 | 2,99 | control | 2,92 | 3,06 | 1,59 | 2,24 |
| 9 | 6 | 249 | 34 | 215 | A99900989779 | 3B | 12/13 juni 2020 | | 0,1 | 1,44 | -0,07 | | | | | |
| 10 | 7 | 442 | 34 | 408 | A99900989794 | 4A | 12/13 juni 2020 | | 4,8 | 1,44 | 3,19 | control | 3,19 | | | |
| 11 | 8 | 262 | 34 | 228 | A99900989797 | 4B | 12/13 juni 2020 | <0,1 | | 1,44 | 0,00 | | | | | |
| 12 | 9 | 459 | 34 | 425 | A99900989800 | 5A | 12/13 juni 2020 | | 1,7 | 1,44 | 1,04 | achtergrond | 0,97 | 0,87 | | |
| 13 | 10 | 243 | 34 | 209 | A99900989786 | 5B | 12/13 juni 2020 | | 0,1 | 1,44 | -0,07 | | | | | |
| 14 | 11 | 473 | 34 | 439 | A99900989787 | 6A | 12/13 juni 2020 | | 1 | 1,44 | 0,56 | achtergrond | 0,76 | | | |
| 15 | 12 | 268 | 34 | 234 | A99900989799 | 6B | 12/13 juni 2020 | | 0,5 | 1,44 | 0,21 | | | | | |
| 16 | 13 | 124 | 34 | 90 | A99900989777 | Blanco | 12/13 juni 2020 | | 0,2 | 1,44 | 0,14 | | | | | |
| 17 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 18 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 19 | NM 431579 17 en 18 juni 2020 | | | | | | | | | | | | | | | |
| 20 | 1 | 394 | 34 | 360 | A99900989796 | 1A | 17/18 juni 2020 | | 21,1 | 1,44 | 14,51 | control | 14,58 | 13,33 | 6,30 | 8,88 |
| 21 | 2 | 203 | 34 | 169 | A99900989793 | 1B | 17/18 juni 2020 | | 0,3 | 1,44 | 0,07 | | | | | |
| 22 | 3 | 455 | 34 | 421 | A99900989778 | 2A | 17/18 juni 2020 | | 17,6 | 1,44 | 12,08 | control | 12,08 | | | |
| 23 | 4 | 211 | 34 | 177 | A99900989795 | 2B | 17/18 juni 2020 | | 0,2 | 1,44 | 0,00 | | | | | |
| 24 | 5 | 442 | 34 | 408 | A99900989792 | 3A | 17/18 juni 2020 | | 7,6 | 1,44 | 5,14 | case | 5,14 | 5,69 | 2,73 | 3,85 |
| 25 | 6 | 231 | 34 | 197 | A99900989798 | 3B | 17/18 juni 2020 | | <0,1 | 1,44 | 0,00 | | | | | |
| 26 | 7 | 372 | 34 | 338 | A99900989788 | 4A | 17/18 juni 2020 | | 9,2 | 1,44 | 6,25 | case | 6,25 | | | |
| 27 | 8 | 213 | 34 | 179 | A99900989791 | 4B | 17/18 juni 2020 | | 0,2 | 1,44 | 0,00 | | | | | |
| 28 | 9 | 443 | 34 | 409 | A99900989781 | 5A | 17/18 juni 2020 | | 0,4 | 1,44 | 0,14 | achtergrond | 0,14 | 0,14 | | |
| 29 | 10 | 231 | 34 | 197 | A99900989790 | 5B | 17/18 juni 2020 | | 0,2 | 1,44 | 0,00 | | | | | |
| 30 | 11 | 443 | 34 | 409 | A99900989789 | 6A | 17/18 juni 2020 | | 0,4 | 1,44 | 0,14 | achtergrond | | | | |
| 31 | 12 | 241 | 34 | 207 | A99900989776 | 6B | 17/18 juni 2020 | | <0,1 | 1,44 | 0,00 | | | | | |