Emissiearme vleeskalverstallen

(C2227092/4365335)

Deelrapport Fase 3

Case/control-metingen aan emissiereducerende systemen voor wit-/blankvleeskalveren gedurende 2 afmestperiodes in 2018/2019 in Someren (Noord-Brabant)

Gert-Jan Monteny

Will van Hoof

December 2020

Voorwoord

In juli 2017 heeft de Provincie Noord-Brabant haar nieuwe beleidsvoornemens betreffende de veehouderij gepresenteerd (zie www.brabant.nl; zorgvuldige veehouderij). Een van de speerpunten daarbij is dat de veehouderij versneld moet toewerken naar een vergaande reductie van de uitstoot van o.a. ammoniak (NH_3), zowel voor bestaande als voor nieuwe stallen.

In dit kader is op 23 mei 2018 een subsidie-aanvraag ingediend bij de Provincie Noord-Brabant voor het project "Emissiearme vleeskalverstallen" (C2259530/4681842), welke op 27 juni 2018 is beschikt. In dit project wordt samengewerkt tussen vleeskalverhouders en fabrikanten van emissie-reducerende systemen.

Het project bestond uit 3 hoofdfases:

1. Verkenning perspectiefvolle systemen
2. Onderzoek bij Meet-ID voor rosé-vleeskalveren onder gecontroleerde omstandigheden (case/control)
3. Realisatie en testen (case/control) onder praktijkomstandigheden bij witvleeskalveren voor zowel diepe als ondiepe mestkelders

Het project is ingediend door het samenwerkingsverband tussen:

- Monteny Milieu Advies (adviseur)
- Van Dun/Van Gerwen Advies (adviseur)
- Rene Peters (kalverhouder)
- Stefan Thelosen (kalverhouder)

Gaandeweg is, onder andere vanwege de toenemende behoefte aan coördinatie voor het opstarten en begeleiden van het project, besloten om Dhr. Will van Hoof van Keigroen BV toe te voegen aan het samenwerkingsverband. De oorspronkelijke taakverdeling is daarmee ook verschoven: Will van Hoof heeft een grote rol gekregen in het projectmanagement (contacten met veehouder, bedrijven, planning en coördinatie), waarbij de rollen van Van Dun / Van Gerwen en Rene Peters zijn verschoven naar lidmaatschap van de project- en klankbordgroep en die van Monteny Milieu Advies naar coördinatie van de metingen en rapportage (tussentijdse rapportage, eindrapportage). FarmGasLive BV en Meet-ID BV zijn ingehuurd door het samenwerkingsverband om de metingen op respectievelijk stalniveau (diverse stalsystemen) en laboratoriumniveau (2 stalvloeren) te faciliteren.

In dit rapport wordt van de resultaten van de 3^{e} fase verslag gedaan. De resultaten van de 1^{e} fase (selectie systemen) en de 2^{e} fase (metingen bij Meet-ID) worden in een aparte rapportage verantwoord. Tevens is van het gehele project een uitgebreide integrale samenvatting beschikbaar.

De auteurs zijn in hoge mate dank verschuldigd aan de initiatiefnemers, met name aan Stefan Thelosen en Rene Peters. Zij hebben door hun vasthoudendheid de aanzet gegeven voor een onderzoekomgeving waar fabrikanten van in potentie emissie-arme systemen hebben kunnen leren en optimaliseren. Met name familie Thelosen heeft met hun onbegrensde inzet, doorzettingsvermogen en gastvrijheid een enorm grote bijdrage geleverd. De Provincie Noord-Brabant zijn we erkentelijk voor hun bijdrage, zowel in monetaire zin als voor de inzet van Jos van Lent en Theo van der Ven voor en tijdens het project. Tenslotte zijn we dank verschuldigd aan de leden van de project- en klankbordgroep voor hun inzet en betrokkenheid.

Inhoud

1 Inleiding 4
2 Bedrijfssituatie, proefstallen en emissiereducerende systemen 5
2.1 Bedrijfssituatie 5
2.2 Afdelingen met emissie-reducerende systemen 7
2.2.1 Algemene gegevens 7
2.2.2 Inrichting per afdeling 9
2.3 Emissiemetingen 18
2.4 Overige waarnemingen 21
3 Resultaten 23
3.1 Technisch functioneren meetapparatuur 23
3.2 Landbouwkundige gegevens 23
3.3 Ammoniakemissies en reducties 24
3.3.1 Ammoniakemissie referentie-afdelingen 24
3.3.2 1e afmestperiode 25
3.3.3 2e afmestperiode 32
4 Discussie 40
5 Conclusies en aanbevelingen 45
Literatuur 47
Bijlage 1. Gegevens meetventilatoren 48
Bijlage 2. Achtergrondconcentraties 50
Bijlage 3. Landbouwkundige randvoorwaarden 51

1 Inleiding

Het subsidieproject waar deze 3e fase onderdeel van uitmaakt is bedoeld om voor vleeskalveren (RAV-categorie A4) NH_3-emissiereducerende systemen te realiseren die voldoen aan de eisen vanuit de Provincie Noord-Brabant ten aanzien van de Verordening Natuurbescherming. Een van de speerpunten daarbij is dat de veehouderij versneld moet toewerken naar een vergaande reductie van de uitstoot van o.a. ammoniak (NH_3), zowel voor bestaande als voor nieuwe stallen, waarbij alternatieven voor luchtwassers centraal staan. De versnelling bestaat uit het naar voren halen van het traject voor vergunningen en realisatie. Daarbij is de vereiste emissiereductie ten opzichte van traditionele stallen aanvankelijk 50%, in een later stadium 70% en uiteindelijk 85%.

In de huidige RAV zijn voor vleeskalveren vooral luchtwassers opgenomen. Daarnaast zijn twee emissie-arme huisvestingssystemen beschikbaar, een op basis van (een diepe) V-vormige putvloer met frequente mestverwijdering (BWL2012.09) en een met de zgn. Groene Vlag Roostervoer met kleppen (BWL2018.04). Met een Voorlopige EmissieFactor van resp. 2,5 en 1,9 kg NH_3 per dierplaats per jaar voldoen deze systemen niet aan de in Noord-Brabant vereiste emissiereductie, aangezien de emissiefactor voor traditionele vleeskalverstallen is vastgesteld op 3,5 kg NH_3 per dierplaats per jaar. Deze emissiefactor is in 2015 aangepast op basis van een studie van Wageningen Universiteit – Livestock Research (Groenestein *et al.,* 2014). De aanpassing betreft zowel een ophoging van 2,5 naar 3,5 kg NH_3 per dierplaats per jaar en het niet langer maken van onderscheid tussen rosé- en wit-/blankvleeskalveren.

Hoewel in dat rapport enig onderscheid wordt gemaakt tussen staltypen, o.a. voor wat betreft het mestmanagement, wordt dit verder niet gespecificeerd (bijv. in kelderdiepte). Mede op basis van de PAS-studie (Groenestein *et al*., 2017) en de daarop gebaseerde adviezen van de klankbordgroep zijn in het onderhavige onderzoek afdelingen met zowel ondiepe, V-vormige kelders ('Veluwestal') met regelmatige afvoer van urine via de grup, als diepe (1,2 m) kelders en langduriger mestopslag meegenomen. De emissiereducties van de onderzochte emissiereducerende systemen zijn derhalve uitgedrukt ten opzichte van beide uitvoeringsvarianten van traditionele afdelingen. De hypothese daarbij is dat, vanwege de regelmatige urine-afvoer bij een ondiepe, V-vormige kelder, een belangrijke bron van NH_3 uit de stal wordt verwijderd. Daardoor kan de emissie lager zijn dan van een afdeling met een diepe mestkelder.

Hoofdstuk 2 van dit rapport beschrijft materialen en methoden, met name de meetlocatie in Someren, de onderzochte systemen en het meetsysteem. De onderzochte systemen zijn gekozen op basis van de verkenning in fase 1. In hoofdstuk 3 worden de technische aspecten en meetresultaten gepresenteerd van 2 afmestperiodes (2 oktober 2018 – 2 april 2019 en 6 mei 2019 – 20 november 2019). Tenslotte worden de resultaten in hoofdstuk 4 bediscussieerd en worden conclusies getrokken en aanbevelingen gedaan.

2 Bedrijfssituatie, proefstallen en emissiereducerende systemen

2.1 Bedrijfssituatie

De stallen van Maatschap Thelosen-Van Haren, waar de metingen zijn uitgevoerd, staat aan de Kerkendijk 143 te 5712 RE Someren.

Figuur 1 toont deze locatie in vogelvlucht. De stallen dateren uit 1975 en bieden plaats aan resp. 530 en 580 blankvlees-kalveren.

***Figuur 1**. Google Maps beeld van het bedrijf. De meetstallen, met de proefsystemen per afdeling (zie Figuur 3 en Tabel 1), zijn aangegeven met een rood kader.*

Figuur 2 toont de bouwkundige plattegrond van de stallen. De stallen zijn bij benadering OW-georiënteerd. De onderlinge afstand tussen de stallen is ca. 7,4 m. In het midden tussen de stallen is een dwarsverbinding met technische ruimte aanwezig, met o.a. de apparatuur voor melkbereiding. In deze ruimte stond ook de meetapparatuur opgeteld.
Stal 1 is 85,5 m lang 18,5 m breed en bestaat uit 8 gelijke 'smalle' afdelingen in het midden en 2 grotere afdelingen aan de buitenzijden. In Tabel 1 is de maatvoering van deze afdelingen opgenomen.
Stal 2 is nagenoeg gelijk, met uitzondering van een van de buitenste afdelingen; deze is smaller dan de overige buitenste grotere afdelingen.
De stallen zijn voorzien van een centrale gang (1,1 m breed) aan de 'binnenzijde'. Ten behoeve van het onderhavige onderzoek waren op de afscheiding van elke afdeling industriële tochtflappen aangebracht om luchtuitwisseling tussen de afdelingen aanzienlijk te beperken. Dit is niet door bijv. rookproeven gecontroleerd, maar op basis van gebruikservaringen bleek dat de luchtuitwisseling tussen de afdelingen minimaal was. Daarnaast hadden alle gelijke afdelingen gelijk

ventilatiemanagement, zodat onderlinge drukverschillen tussen de afdelingen gering zullen zijn geweest.

De smalle afdelingen hebben een voergang (1,8 m breed); in de bredere afdelingen zijn 2 voergangen aanwezig (elk 1,8 m breed).

De goothoogte bedraagt ca. 2 m en de nokhoogte ca. 5,5 m. Per dierplaats is derhalve ca. 7 m^3 aan stalvolume beschikbaar (zie ook tabel 2). Het hoogste punt van de ventilatoren is ca. 6,6 m boven maaiveld.

Elke afdeling wordt geventileerd met een mechanische ventilator. Het debiet werd automatisch geregeld op basis van de staltemperatuur. Ten behoeve van de meting van het ventilatiedebiet werd elke ventilatiekoker voorzien van een meetventilator met dezelfde diameter als de aanwezige ventilator. Afdelingen 1 t/m 7 en afdeling 11 hebben elk 1 ventilator van 50 cm diameter; afdeling 8 heeft er 2 van 45 cm diameter, afdeling 10 heeft 2 ventilatoren van 50 cm diameter en afdeling 9 heeft er 3 van 45 cm diameter. De luchtinlaat betreft voergangventilatie, via openingen in de deuren in beide zijgevels. De ventilatieopeningen kunnen worden 'gesmoord' met een windbreekgaas (zie Foto 1). Dit werd door de veehouder handmatig gedaan op basis van zijn ervaringen.

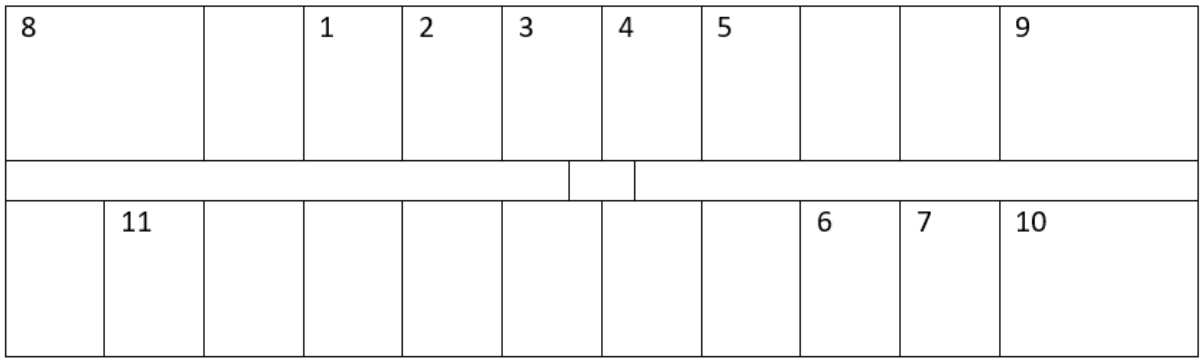
***Figuur 2**. Bouwkundige plattegrond van de stallen met de gemeten afdelingen op het bedrijf van Mts. Thelosen, met in het groene kader de tussengang waar het meetsysteem was geplaatst. De blauwe bolletjes geven de locatie van de buitenmeetpunten aan (zie ook Foto 1).*

Foto 1. *Deuren voorzien van windbreekgaas in de zijgevel voor de luchtinlaat van elke afdeling.*

2.2 Afdelingen met emissie-reducerende systemen

2.2.1 Algemene gegevens

In de volgende paragrafen worden de afdelingen nader omschreven waarin metingen zijn verricht. Het betreft 11 afdelingen, waarvan afdeling 11 diende als controle-afdeling voor het systeem met hardhouten roosters en een diepe kelder voor langduriger mestopslag en 2 afdelingen (6 en 7) als controle-afdeling met hardhouten roosters en ondiepe, V-vormige kelders met regelmatige urineafvoer(zie hierna). Figuur 3 toont een schematische weergave (van Figuur 2) van de stallen, met de locatie van de gemeten afdelingen.



Figuur 3. *Schematische weergave van de afdelingen waarin is gemeten. De bovenste stal (afdelingen 1 t/m 9) is stal 1 in figuur 2; de onderste stal (afdelingen 6, 7, 10 en 11) is stal 2 in figuur 2.*

De karakteristieken per afdeling zijn weergegeven in tabel 1.

Tabel 1. *Karakteristieken per afdeling.*

Afdelingsnummer (zie tekening stal)	Aantal dieren	Vloeruitvoering (fabrikant)	Kelderuitvoering (fabrikant)
1	42	Hardhouten roosters	V-vormige kelder (ondiep) met regelmatige urine-afvoer 1e afmestperiode: + coating (MS Schippers) & waterverneveling 2e afmestperiode: + coating & opvang in ammoniak-arme vloeistof (Jabba)
2	42	Cattle Floor (Nooyen Roosters)	V-vormige kelder (ondiep) met regelmatige urine-afvoer + Geperforeerde mestband (Mathijssen)
3	42	Topfloor (Van Beek en Zn.)	V-vormige kelder (ondiep) met regelmatige urine-afvoer + Geperforeerde mestband (Mathijssen)
4	42	Groene Vlag Roostervloer (Irish Custom Extruders)	V-vormige kelder (ondiep) met regelmatige urine-afvoer + Geperforeerde mestband (Mathijssen)
5	42	Groene Vlag Roostervloer (Irish Custom Extruders)	V-vormige kelder (ondiep) met regelmatige urine-afvoer + R&R/koelen
6- Oorspronkelijke control 1	42	Hardhouten rooster	V-vormige kelder (ondiep) met regelmatige urine-afvoer
7- Oorspronkelijke control 2	42	Hardhouten rooster	V-vormige kelder (ondiep) met regelmatige urine-afvoer
8	96	Hardhouten roosters	Diepe kelder (1,2 m) + R&R/koelen
9	96	Kunststof vloer (Jansen Poultry)	Diepe kelder (1,2 m)
10 – Uiteindelijke control voor grote afdeling	96	Hardhouten roosters	Diepe kelder (1,2 m)
11 – Uiteindelijke control voor kleinere afdelingen	42	Hardhouten roosters	Diepe kelder (1,2 m)

Tijdens de 1e afmestperiode is uitgegaan van stiertjes; tijdens de 2e afmestperiode waren in de meeste afdelingen uitsluitend stiertjes aanwezig, met uitzondering van afdeling 4 (4 vaarsjes) en afdeling 8 (22 vaarsjes). Een eventueel effect hiervan op de resultaten van de metingen is niet bekend, maar mag gering tot verwaarloosbaar worden verondersteld.

In het projectplan dat door de Provincie Noord-Brabant is goedgekeurd werd uitgegaan dat het systeem met V-vormige kelder (ondiep) met regelmatige urine-afvoer in het onderzoek zou dienen als referentie-systeem ('control'). In de loop van het onderzoek werd, mede als gevolg van een discussie in de klankbordgroep, aangegeven dat in een zgn. PAS-rapport (Groenestein *et al.*, 2017) uitgegaan is van vooral stallen met (0,4 – 0,8 m diepe) mestkelders. Daarop heeft de klankbordgroep aangegeven dat de afdelingen 6 en 7 ('Veluwe-concept', met V-vormige ondiepe kelders met regelmatige urine-afvoer) in beginsel een potentieel emissiereducerend concept is, omdat de urine, de belangrijkste bron van ammoniakemissie, regelmatig wordt afgevoerd. De analyse van de emissiereductie is derhalve ook uitgevoerd ten opzichte van het systeem met hardhouten roosters en diepe mestkelder met langdurige mestopslag. Afdeling 10 was derhalve de referentie voor afdelingen 8 en 9 (96 dieren) en afdeling 11 voor alle andere afdelingen (42 dieren). In alle gevallen bevonden de (ondiepe en diepe) mestkelders zich onder de roosters. De centrale gangen en de voergangen waren van beton en niet onderkelderd.

De afmetingen van de afdelingen staan in tabel 2.

Tabel 2. *Maatvoering afdelingen. Tussen haakjes staat het 'met mest besmeurde oppervlak' per dier.*

	Binnenwerks (m)	**Hokafmetingen (m)**	**Leefoppervlak (m^2) = 'met mest besmeurd oppervlak'**
Kleine afdelingen met ondiepe, V-vormige keldervloer met urineafvoergoot (afdelingen 1 t/m 7)	16,4 * 7,0	15,23 * 2* 2,59	78,89 (1,88)
Kleine afdelingen met 1,2 m diepe kelder (afdeling 11)	17,9 * 7,0	16,80 * 2 * 2,60	87,36 (2,08)
Grote afdeling met 1,20 m diepe kelder (afdelingen 8 t/m 10)	17,9 * 14,0	16,80 * 4 x 2,60	175,72 (1,83)

Afdelingen 1 t/m 7 hadden dezelfde afmetingen en dus hetzelfde 'met mest besmeurde oppervlak'. Het leefoppervlak ('met mest besmeurde oppervlak') per dierplaats in afdeling 11 was ca. 11% meer dan in de overige kleine afdelingen. Voor de grote afdelingen was dat ca. 3% minder.

2.2.2 Inrichting per afdeling

Aangezien de systemen werden gerealiseerd op een praktijkbedrijf, werden tussen rondes in de bouwkundige aanpassingen verricht. Dit betekent dat de systemen voorafgaand aan de nieuwe ronde nieuw en dus niet in gebruik waren geweest. De hardhouten roosters in de betreffende (referentie-)afdelingen 1, 6, 7, 10 en 11) waren aan het begin van het onderzoek 4-5 jaar oud en

werden tijdens het onderzoek niet vervangen. Ze hadden een balkbreedte van 8 cm en een spleetbreedte van 2,5 cm, derhalve een mestdoorlaat van ca. 24%.

Het mestmanagement in de referentie-afdelingen met ondiepe, V-vormige kelders (ca. 4% helling naar de decentrale 'grup' toe; zie o.a. foto 2 en figuur 4) was in alle betreffende afdelingen gelijk: door de helling en via de grup stroomde urine regelmatig (continu) weg naar buiten de stal en aan het einde van elke afmestperiode werd de vaste mest tijdens de gangbare schoonmaak naar buiten de stal afgevoerd.

De referentie-afdelingen met diepe kelders hadden een capaciteit van ca. 140 m^3. Uitgaande van een jaarlijkse mestproductie van 1,25 m^3 per dierplaats, exclusief schoonmaakwater (inclusief schoonmaakwater kan dit oplopen tot aanzienlijk hogere waardes), en 42 aanwezige dieren zou dit derhalve voldoende zijn voor een opslagperiode van meer dan 2 jaar (140 / (1,25 * 42) = 2,7). Op het onderhavige bedrijf werd echter in ieder geval elk voorjaar leeggereden (na leegrijden resteerde een laagje mest van ca. 15 - 20 cm) ten behoeve van bemesting van het beschikbare akkerland. Indien nodig gebeurde dit ook nog later in het jaar.

In alle afdelingen waren alleen de roostervloeren onderkelderd.

2.2.2.1 Afdeling 1

Vloeruitvoering
De afdeling was voorzien van traditionele hardhouten roosters van 4-5 jaar oud.

Kelderuitvoering
De kelderuitvoering bestond uit een ondiepe, V-vormige keldervloer met urineafvoergoot. Hierboven werden onderslagbalken aangebracht.

Voor de 1e afmestperiode werd het gehele oppervlak van de putvloer en de keldermuren, alsmede de stalmuren tot 1,5 meter werden gecoat (zie Foto 2). Tevens werd de kelder van twee kanten af en toe met nozzles verneveld. Hierbij werd beperkt water gebruikt, dat zorgde voor enige verdunning van de urine en dat regelmatig samen met de urine werd afgevoerd.

Voor de 2e afmestperiode werden de nozzles vervangen door een systeem waarmee mest en urine in ammoniak-arm water werden opgevangen. Dit mengsel werd met een pomp doorlopend rondgepompt, naar een installatie buiten de stal waar de vaste delen uit het mengsel werden verwijderd en ammoniak werd omgezet. Het ammonia-arme water werd vervolgens weer in de kelder gebracht.
Tijdens het onderzoek bleek de installatie buiten de stal onvoldoende te functioneren, zodat werd besloten om bronwater te gaan gebruiken in plaats van de ammoniak-arme vloeistof. Eind juli (zie Figuur 14) werd besloten om hiermee te stoppen vanwege de toename van het mestvolume en de daarmee samenhangende mestafzetkosten.

***Foto 2**. Basis voor de vloeruitvoering in afdeling 1, met coating van putvloer en stalwanden (tot 1,5 m boven de roosters) .*

2.2.2.2 Afdeling 2

Vloeruitvoering

De afdeling was voorzien van met kunststof gecoate metalen roosters (zie Foto 3; Cattle Floor). De mestdoorlaat van deze vloer is ongeveer 50 procent; mest kan zich daardoor nauwelijks in de spleten vastzetten en ook de urinedoorlaat is optimaal.

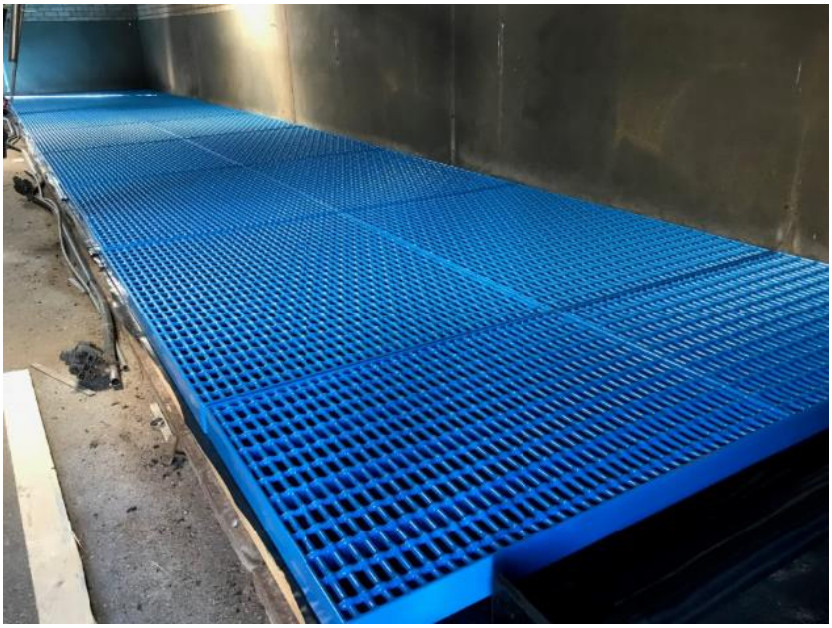


***Foto 3**. Vloeruitvoering in afdeling 2.*

Kelderuitvoering
Onder de roosters bevond zich een urine-doorlatende mestband. De urine kwam terecht in een ondiepe, V-vormige kelder en stroomde regelmatig af naar een opslag buiten de stal elders op het bedrijf. De faeces werden op regelmatige basis afgedraaid (Foto 4). Tijdens de 1e afmestperiode gebeurde dat handmatig; tijdens de 2e afmestperiode werd het systeem voorzien van motoraandrijving. In paragraaf 2.2.2.10 is nadere informatie opgenomen over het functioneren van de mestband.

Foto 4. *Detail geperforeerde mestband met afstort van faeces buiten, aan de achterzijde van de stal in afdelingen 2, 3 en 4. Zichtbaar zijn (van boven naar beneden): de stenen buitenmuur, een zwart-rubberen tochtflap met houten bevestigingstrip, de mestband met faeces en een groen-rubberen afstortflap (bevuild met faeces).*

2.2.2.3 Afdeling 3

Vloeruitvoering
De afdeling was voorzien van traditionele houten roosters, met een rubber topping (Foto 5; Topfloors). De balk- en spleetbreedte is nagenoeg vergelijkbaar met die van traditionele hardhouten roosters, met uitzondering van de ‘bruggen’ waarmee de rubberen elementen met elkaar zijn verbonden.

Kelderuitvoering
De kelderuitvoering was exact gelijk aan die in afdeling 2 (zie paragraaf 2.2.2.2).

***Foto 5**. Vloeruitvoering in afdeling 3.*

2.2.2.4 Afdeling 4

Vloeruitvoering

De afdeling was voorzien van een Groene Vlag roostervloer, zonder kleppen, aangebracht op betonnen roostervloerelementen met een balkbreedte van 12,7 cm (Foto 6) en een oorspronkelijke spleetbreedte van 3,5 cm. Nadat de Groene Vlag vloer was aangebracht, was de spleetbreedte ca. 2,5 cm. Dit betekent ca. 17% mestdoorlaat.

Kelderuitvoering (Mathijssen)

De kelderuitvoering was exact gelijk aan die in afdeling 2 (zie paragraaf 2.2.2.2).

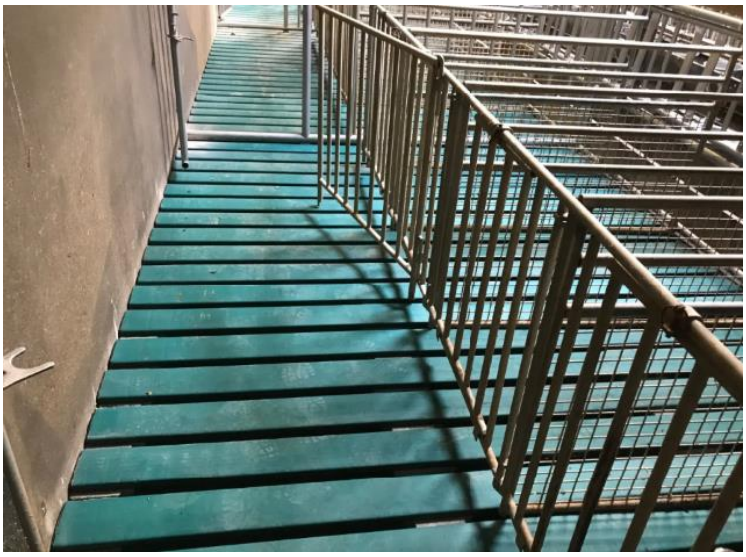
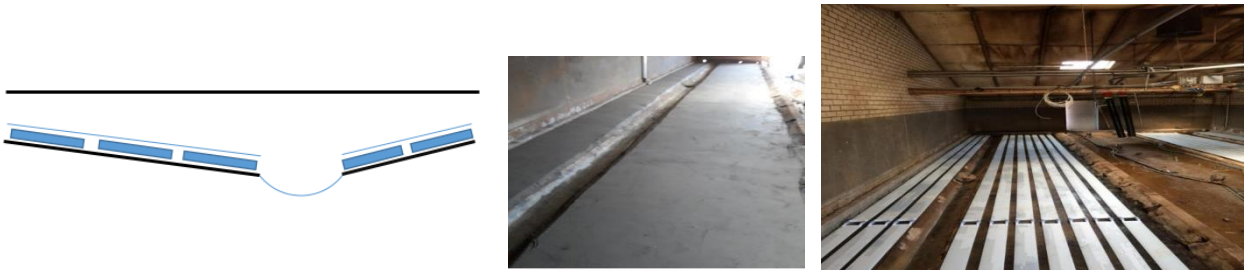


***Foto 6**. Vloeruitvoering in afdelingen 4 en 5.*

2.2.2.5 Afdeling 5

Vloeruitvoering
De afdeling was, net zoals afdeling 4, voorzien van een Groene Vlag roostervloer, zonder kleppen, aangebracht op betonnen roostervloerelementen met een balkbreedte van 12,7 cm (Foto 6) en een oorspronkelijke spleetbreedte van 3,5 cm. Nadat de Groene Vlag vloer was aangebracht, was de spleetbreedte ca. 2,5 cm. Dit betekent ca. 17% mestdoorlaat.

Kelderuitvoering
De kelderuitvoering bestond uit een ondiepe, V-vormige keldervloer met urineafvoergoot, net zoals de betreffende referentie-afdelingen. In de afdeling met de ondiepe kelder zijn lamellen op de oude putvloer aangebracht waarop een beton vloer van ongeveer 6 cm is gestort (Figuur 4 a t/m c). Per vierkante meter vloer is 4 strekkende meter lamel aangebracht. De lamellen zijn op een groepsverdeler aangesloten en met een geïsoleerde ringleiding aangesloten op de koel unit (8 KwH). Er zijn 2 voelers in de vloer aangebracht waarmee de temperatuur afgelezen en gelogd kan worden. Door dit systeem werd de faeces en eventueel achterblijvende urine gekoeld. In paragraaf 2.2.2.10 wordt nader ingegaan op het management van het mestkoelen.



Figuur 4 (A, B en C). *Schematische weergave (figuur links) ondiepe, V-vormige kelderuitvoering met urineafvoergoot en koelelementen met dekvloer in afdeling 5, het resultaat in de praktijk (foto midden) en een impressie tijdens de aanleg ervan (foto rechts).*

2.2.2.6 Afdeling 6 en 7 (oorspronkelijke referentie)

Beide afdelingen waren uitgevoerd als traditioneel systeem. Oorspronkelijk was beoogd om deze afdelingen als referentie ('control') mee te nemen, maar gaandeweg het onderzoek is hierop een andere visie gekomen (zie paragraaf 2.2).

Vloeruitvoering
De afdelingen waren voorzien van hardhouten roosters van ca. 4-5 jaar oud.

Kelderuitvoering
De kelderuitvoering bestond uit een ondiepe, V-vormige keldervloer met urineafvoergoot, voor de regelmatige afvoer van de urine naar een opslag elders op het bedrijf en verwijdering van de faeces tijdens de schoonmaak aan het einde van elke afmestperiode.

2.2.2.7 Afdeling 8

Vloeruitvoering (traditionele houten rooster)
De afdelingen waren voorzien van hardhouten roosters van ca. 4-5 jaar oud.

Kelderuitvoering
In deze afdeling is het traditionele koeldek-systeem geïnstalleerd, zoals dat in de varkenshouderij wordt toegepast. Het koel oppervlak is 135% (oppervlakte lamellen t.o.v. put oppervlak). De mestkelders zijn afzonderlijk aangesloten op een ringleiding, die is aangesloten op de koelunit (8 kWh). Ook hier zijn 2 mestvoelers geïnstalleerd waarmee de temperatuur afgelezen en gelogd kan worden. De houten roosters zijn niet vervangen en ook niet verwijderd voor aanleg van het koeldek systeem. Er zijn per put op enkele plaatsen de roosters tijdelijk verwijderd om zo het koelframe te kunnen installeren. Zie Foto 7.
In paragraaf 2.2.2.10 wordt meer informatie gegeven over het management van dit systeem.

Foto 7 (A, B en C). *Realisatie van koellamellen voor toepassing op het mestoppervlak in afdeling 8: de aanleg, door de bestaande roosters (links), lamellen op het mestoppervlak (midden) en de gezamenlijke koelunit (afdelingen 5 en 8; rechts).*

2.2.2.8 Afdeling 9

Vloeruitvoering
De afdeling was voorzien van kunststof roosters (Foto 8). De mestdoorlaat is ongeveer 50 procent. Bij het verwijderen van de oorspronkelijke hardhouten roostervloer en het aanbrengen van de kunststof roosters werd enige mest verwijderd, maar de kelders werden niet schoongemaakt.

Kelderuitvoering
Onder de roosters bevindt zich een 1,2 diepe kelder.

***Foto 8**. Foto van de vloeruitvoering in afdeling 9.*

2.2.2.9 Afdeling 10 en 11 (referentie-afdelingen)

Deze beide afdelingen betroffen de uitvoeringsvariant met diepe mestkelders. Afdeling 10 bood plaats aan 96 dieren en afdeling 11 aan 42 dieren. Verder waren beide afdelingen gelijk, met uitzondering van het oppervlak per dier (zie tabel 2). Afdeling 10 werd derhalve gebruikt als referentie voor afdelingen 8 en 9; afdeling 11 was de referentie voor alle andere afdelingen.

Vloeruitvoering (traditionele houten rooster)
De afdelingen waren voorzien van hardhouten roosters van ca. 4-5 jaar oud.

Kelderuitvoering
Onder de roosters bevond zich een 1,2 m diepe kelder.

2.2.2.10 Management van en gebuikerservaringen met de systemen

Het (mest-)management in de referentie-afdelingen is in paragraaf 2.2.2 beschreven. Hieronder volgen het management van en de gebruikservaringen met de in potentie emissiereducerende systemen.

Afdeling 1
Het systeem met watervernevelen over de gecoate ondiepe, V-vormige putvloer werkte aanvankelijk naar behoren, maar gedurende de afmestperiode bleek het waterverbruik zo hoog, dat het zou uitkomen op meer dan een verdubbeling van de reguliere mestproductie door de dieren (deze is ca. 2,5 m^2 per dier per jaar). Hoewel de nagestreefde verdunning van de urine en verwijdering van een

deel van de vaste mest, via de grup, effectief bleek, werd op basis van het hoge waterverbruik besloten om gedurende de ronde hiermee te stoppen (zie Figuur 7).

Voor de 2e afmestperiode werd in deze afdeling een systeem gerealiseerd dat is gebaseerd op de opvang met faeces en urine in ammoniak-arme vloeistof. De techniek voor het produceren van het ammoniak-arme water buiten de stal (combinatie van afscheiding van vaste fractie en behandeling van de dunne fractie) kon echter niet succesvol worden gebruikt. In plaats daarvan werd derhalve bronwater gebruikt, dat regelmatig (2-3 wekelijks) werd ingebracht nadat het mengsel van de vorige keer (water en mest/urine) werd afgelaten naar de buitenopslag. Mede vanwege de niet bruikbare techniek buiten de stal werd en vanwege de hoge kosten van de mestopslag en afzet werd gedurende het tweede deel van de 2e afmestperiode slechts enkele malen afgelaten en nieuw bronwater in de kelder gezet.

Afdelingen 2, 3 en 4

Tijdens de 1e afmestperiode hebben de mestbanden 14 weken succesvol gedraaid. Daarbij werd handmatig faeces afgedraaid. De urine stroomde net zoals in de referentie-afdelingen regelmatig weg via de grup.
De 1e drie weken is er wekelijks 1 keer afgedraaid met minder als 80 kg faeces per week als resultaat.
In de 4e t/m de 10e week werd 2x keer per week afgedraaid, waarbij elke keer ca. 100 kg faeces werd verzameld.
In de 11e tot 14e week gebeurde het afdraaien 3x per week afgedraaid met ca. 110 kg per afdraaibeurt. Hierna band verwijderd vanwege technische storing. De afgedraaide faeces had een geschat drogestofgehalte van 30% of hoger.

Voor de 2e afmestperiode werd de mestband qua ontwerp aangepast en werd een nieuwe ondervloer aangebracht voor versnelde urineafvoer. Daarbij werd het handmatig afdraaien vervangen door een gemotoriseerd systeem. Dit systeem werkte naar tevredenheid gedurende de hele afmestperiode.
De 1e drie weken is er wekelijks 1 keer afgedraaid en werd minder als 80 kg faeces per week verzameld.
In de 4e t/m de 10e week werd 2x keer per week afgedraaid, waarbij elke keer ca. 110 kg faeces werd verzameld.
In de 11e tot aan het einde van de afmestperiode gebeurde het afdraaien 3x per week afgedraaid met ca. 100 - 129 kg per afdraaibeurt.

Afdelingen 5 en 8

Voor aanvang van de proef was het uitgangspunt en de verwachting dat het benodigd koelvermogen om de mest tot onder de 15 °C te kunnen koelen lager zou zijn dan in de varkenshouderij. Doordat de gemiddelde afdelingtemperatuur bij kalveren lager zou zijn dan bij varkens, was de verwachting dat dit ook het geval zou zijn voor de temperatuur van de toplaag van de mest. In de eerste afmestperiode (winterperiode) was het geïnstalleerde koelvermogen dan ook geen probleem en kon de mest vlot onder de 15 °C gehouden worden.

Echter in de 2e afmestperiode werd bij warm weer niet altijd de 15 °C gehaald. Omdat met een koelmachine met buitenunit (zie foto 7C) werd gewerkt, om de warmte af te blazen, wordt het koelvermogen lager naarmate het buiten warmer wordt. Daarom werd besloten om de koelcapaciteit periodiek geheel in te zetten voor een van beide afdelingen, met een zo goed mogelijke verdeling over de seizoenen:

week 19	nieuwe dieren opgezet
week 20 t/m 30	afdeling 8 (1e helft afmestperiode)
week 31 t/m 33	afdeling 5 (1e helft afmestperiode)
week 35 t/m 37	afdeling 8 (zomer 2e helft afmestperiode)
week 38 t/m 40	afdeling 5 (zomer 2e helft afmestperiode)
week 41 t/m 43	afdeling 8 (herfst 2e helft afmestperiode)
week 44 t/m 46	afdeling 5 (herfst 2e helft afmestperiode)

De koelmachine heeft vanwege elektra-problemen op het bedrijf in de zomerperiode kort uitgestaan. Omdat het totaal een gesloten systeem is met relatief weinig draaiende en bewegende onderdelen heeft de installatie verder nagenoeg probleemloos gedraaid zonder storingen. Ongeveer maandelijks werd een fysieke controle uitgevoerd op druk en temperatuur gedaan. De retour temperatuur uit het systeem kon op afstand via een sms op de telefoon worden gecontroleerd. Elke 24 uur werd hiervan een update gestuurd.

2.3 Emissiemetingen

Een belangrijke eis vanuit de opdrachtgever is dat de metingen dienden te voldoen aan het zgn. VERA-protocol. Zowel in het oorspronkelijke als het herziene protocol (VERA, 2018) worden geen specifieke eisen gesteld aan (wit/blank-)vleeskalveren voor wat betreft de stalbezetting. In het Nederlandse meetprotocol (Ogink *et al*., 2013 en 2017; zie Bijlage 3) worden voor vleeskalveren minimaal 40 dieren in elk van de gemeten afdelingen geëist. Het onderhavige onderzoek voldeed daaraan (zie Tabel 1).
Op de huidige praktijklocatie wordt eveneens aan de vereiste landbouwkundige randvoorwaarden voldaan (zie Tabel 3). Alle dieren werden gelijk opgezet en afgeleverd ('all-in, all-out'), en op eenzelfde manier gemanaged (voeding, zorg).

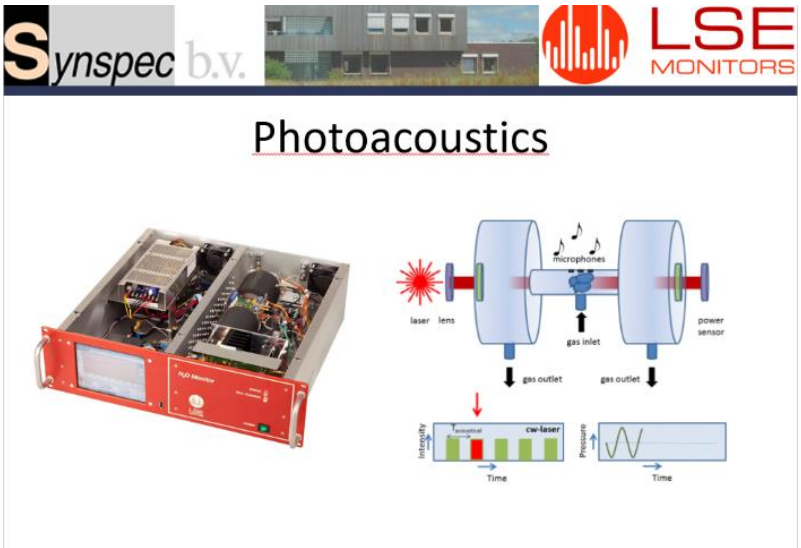
Een andere belangrijke eis betreft de meetstrategie. In het onderhavige onderzoek is gekozen voor een 'fixed' case/control-opzet, dus zonder wisseling van de emissiereducerende techniek tussen de case- en de control-afdeling. Verder is een continue meetstrategie toegepast, waarbij NH_3-concentratie en ventilatie continu werden geregistreerd.

Voor de meting van de NH_3-concentratie werd gebruik gemaakt van teflon sample-leidingen die waren aangesloten op lucht-monsternamepunten in elk van de ventilatiekokers, juist tussen de ventilator en de meetventilator. Daarnaast waren 2 monsternamepunten ingericht voor buitenluchtmetingen ('achtergrond'). Deze waren geplaats nabij de zijgevels van de stallen (zie Figuur

2 en Foto 1). Elk monsternamepunt was voorzien van een teflon-filter. Elke sample-leiding was aangesloten op een van de ingangen van een van de twee 15-kanaals multipoint-sampler (LSE Groningen). Deze bevat een kraan die zorgt voor schakeling tussen de kanalen en is aangesloten op een externe pomp (15 L/minuut; KNF Diaphragm Vacuum Pump). Deze pompt de lucht die van een monsternamepunt wordt aangezogen in een buffervat. Hierop wordt de analyser aangesloten (zie hierna). Deze zuigt met een interne pomp (ca. 60 milliliter per minuut) lucht aan voor de concentratiemeting. De multipoint sampler schakelde elke 15 minuten tussen de monsternamepunten. Met een totaal van 17 ventilatoren (8 in afdelingen 1 t/m 7 en 11; 2 in afdelingen 8 en 10 en 3 in afdeling 9) en 2 punten voor de monstername voor de buitenlucht waren in totaal 19 monsternamepunten. Deze werden verdeeld over beide multipoint samplers (resp. 10 en 9 punten). Per dag per ventilator werden derhalve ca. 10 meetwaardes verkregen. Door de gebroken tijdsduur tussen de opeen volgende metingen per meetventilator werd voorkomen dat dezelfde ventilator steeds op dezelfde momenten van de dag werden bemonsterd.

De meetmethode betreft foto-akoestiek (LSE/Synspec; figuur 5), waarbij gebruik wordt gemaakt van een telecomlaser met een specifieke golflengte voor ammoniak. De foto-akoestische meetmethode was toepasbaar voor stalmetingen met een concentratie van meer dan 2 ppm volgens het VERA-protocol 2011 en het Nederlandse protocol 2013 (Ogink *et al.,* 2013). Echter, in het herziene protocol (Ogink *et al.,* 2017) wordt deze methode niet meer genoemd en wordt voor een NH_3-concentatiemeting uitsluitend de zgn. nat-chemische methode geëist. Het onderhavige meetprincipe (monitoren van dezelfde fabrikant) is in het kader van diverse onderzoeken (w.o. de zgn. Klimaatenveloppe van het Ministerie van LNV) door Wageningen UR – Livestock Research gevalideerd. Daarnaast wordt het meetsysteem inclusief de monitor tijdens het vervolg (‘Someren 2.0’) op het onderhavige onderzoek gevalideerd door nat-chemische metingen (Tauw BV). Dit betreft ook de achtergrondmetingen. De resultaten van deze validaties zullen in de rapportage van ‘Someren 2.0’ worden gerapporteerd.

De meetfrequentie van de monitor is 90 seconden. Dit betekent, dat in 15 minuten 10 metingen worden verricht. Daarvan werden de laatste 8 metingen genomen voor berekening van de gemiddelde concentratie, zodat eventuele invloed van het schakelen tussen kanalen werd voorkomen.



Figuur 5. *Foto van de foto-akoestische monitor en schematische weergave van het meetprincipe (links).*

Elke ventilatiekoker was voorzien van een door de fabrikant geijkte meetwaaier (type AQC; fabrikant: Stienen), van dezelfde diameter als de ventilatiekoker. Van elke meetwaaier werden de pulsen continu gelogd met twee gekoppelde plc's (voor resp. 9 en 8 ventilatoren) en omgerekend tot een ventilatiedebiet (zie Bijlage 1). De meetventilatoren zouden worden gekalibreerd in een windtunnel na afloop van de metingen, maar dit bleek door omstandigheden niet mogelijk. Derhalve is een eventuele correctie op basis van kalibraties in deze rapportage niet mogelijk geweest. De afwijking van de betreffende meetventilatoren bij metingen in mechanisch geventileerde stallen (persoonlijke mededelingen Tauw BV) blijkt in de praktijk gewoonlijk minder dan 10%. In het vervolgproject ('Someren 2.0') worden de meetventilatoren, zoals te doen gebruikelijk, na afloop van de metingen gecalibreerd in de windtunnel. De resultaten daarvan zullen, indien relevant, worden verwerkt.

De NH_3-emissie van elke ventilatiekoker berekend door de het gemiddelde van de ca. 10 waarnemingen per dag (gemiddelde over de 15 minuten dat elk meetpunt werd bemeten; zie hiervoor) van de ventilatie (m^3) en de NH_3-concentratie (ppm) per dag om te rekenen naar een daggemiddelde waarde. Daarbij werd een factor van 0,71 (mg/m^3) gebruikt voor de omrekening van ppm naar mg/m^3. Deze daggemiddelde concentratie werd gecorrigeerd voor de achtergrondconcentratie. Zoals blijkt uit Bijlage 2 was de achtergrondconcentratie van beide meetpunten, gesitueerd aan resp. de noordgevel van stal 2 en de zuidgevel van stal 1 (zie Figuur 2) , verschillend. Dit is waarschijnlijk het gevolg van de invloed van de verschillende stallen op het onderhavige bedrijf en/of naburige stallen in relatie tot de windrichting. Voor de analyse is een constant gemiddelde achtergrondconcentratie van 1 ppm genomen.

Vervolgens werden deze daggemiddelden per afdeling doorgerekend naar een emissie per dier per jaar, zonder rekening te houden met leegstand.

2.4 Overige waarnemingen

De temperatuur en de relatieve luchtvochtigheid in de afdelingen werden niet geregistreerd. In plaats daarvan werden de 30-jarig gemiddelde en de actuele maandgemiddelde buitentemperaturen tijdens het onderzoek van het KNMI-station Eindhoven genomen (zie tabel 3) voor evaluatie van een temperatuureffect. Daarbij is uitgegaan van een directe samenhang tussen de buitentemperatuur en de temperatuur in de afdelingen, aangezien buitenlucht direct (via de ventilatiedeuren in de zijgevels) de afdelingen binnenkomt onder invloed van de mechanische ventilatie. De werkelijke temperatuur in de afdelingen zal enkele graden hoger zijn dan de buitentemperatuur als gevolg van de warmteproductie door de dieren, maar aangenomen mag worden dat de afdelingen onderling niet of nauwelijks verschillen.

Tabel 3. *Maandgemiddelde 30-jarige buitentemperatuur gemeten op het KNMI-station Eindhoven en de werkelijke maandgemiddelde buitentempraturen gedurende de 1e en de 2e afmestperiode tijdens dit onderzoek.*

Maand	**30-jarig gemiddelde (KNMI; Eindhoven)**	**1e afmestperiode (2-10-2018 – 2-4-2019)**	**2e afmestperiode (6-5-2019 - 20-11-2019)**
Oktober	10,7	12,1	
November	6,7	7,0	
December	3,7	5,9	
Januari	3,1	3,0	
Februari	3,3	6,3	
Maart	6,2	8,2	
april	9,2	(11,3)	
Mei	13,1		12,1
Juni	15,6		19,1
Juli	17,9		19,3
Augustus	17,5		19,1
September	14,5		14,9
Oktober	10,7		12,1
November	6,7		6,4

De gemiddelde buitentemperatuur in Eindhoven (KNMI) tijdens de 1^{e} afmestperiode was (maand april niet meegerekend) met 7,1 ^{o}C ca. 1 ^{o}C hoger dan de gemiddelde normaaltemperatuur over diezelfde maanden (30-jarig); tijdens de 2^{e} afmestperiode was de gemiddelde buitentemperatuur 14,7 ^{o}C, ofwel eveneens ca. 1 ^{o}C hoger dan de gemiddelde normaaltemperatuur over de vergelijkbare periode.

De gemiddelde buitentemperatuur tijdens de 1^{e} afmestperiode was derhalve 7,5 ^{o}C hoger dan de gemiddelde buitentemperatuur tijdens de 2^{e} afmestperiode. Aangezien de stallen niet geïsoleerd

waren en mechanisch werden geventileerd, mag worden aangenomen dat dit verschil in enige mate ook in de gemiddelde staltemperatuur zal zijn opgetreden.

3 Resultaten

3.1 Technisch functioneren meetapparatuur

Tijdens de 1e afmestperiode werd aanvankelijk beoogd het ventilatiedebiet te berekenen op basis van de zgn. CO_2-massabalans, in afwachting van de aansluiting van de meetventilatoren op de datalogger en de werkelijke meting van het ventilatiedebiet. Uiteindelijk werd besloten om in het kader van deze rapportage uitsluitend de gemeten ventilatiedebieten te gebruiken, hetgeen betekent dat vanaf 1 november 2018 gemeten emissies beschikbaar waren. Vanwege aanpassing van de software voor de dataloggers ontbreken ventilatie- en dus emissiegegevens eveneens in een groot deel van februari 2019. De overige gedeelten van de 1e afmestperiode en de gehele 2e afmestperiode verliepen meettechnisch verder zonder noemenswaardige problemen.

3.2 Landbouwkundige gegevens

Tabel 4 geeft een overzicht van de belangrijkste landbouwkundige (zoö-technische) gegevens gedurende de beide afmestperiodes tijdens de metingen. Deze gegevens maken een belangrijk onderdeel uit van de landbouwkundige randvoorwaarden aan emissiemetingen volgens het geldende meetprotocol.
De landbouwkundige gegevens zijn uitsluitend beschikbaar als gemiddelde voor het gehele bedrijf. In de proefafdelingen op het bedrijf werden de dieraantallen steeds gelijk gehouden (42 dieren in de kleine afdelingen en 96 dieren in de grote afdelingen) om een zuivere case/control te houden. Daarmee werd steeds voldaan aan het betreffende criterium (gelijk aan of meer dan 40 dieren per afdeling) van de landbouwkundige voorwaarden in het meetprotocol. Ook de uitval, het gemiddelde gewicht van de opgezette dieren en het gemiddelde gewicht van de afgeleverde dieren voldeed aan de normen vanuit het meetprotocol.
Tijdens de 2e ronde werden de dieren iets langer (15 dagen) afgemest en derhalve ook iets zwaarder (13 kg) afgeleverd. Bij een gelijke groei was de uitval iets hoger (+1,5%) en evenals de voerconversie.

Verder kregen de dieren de standaard veterinaire zorg en werden geen bijzonderheden waargenomen.

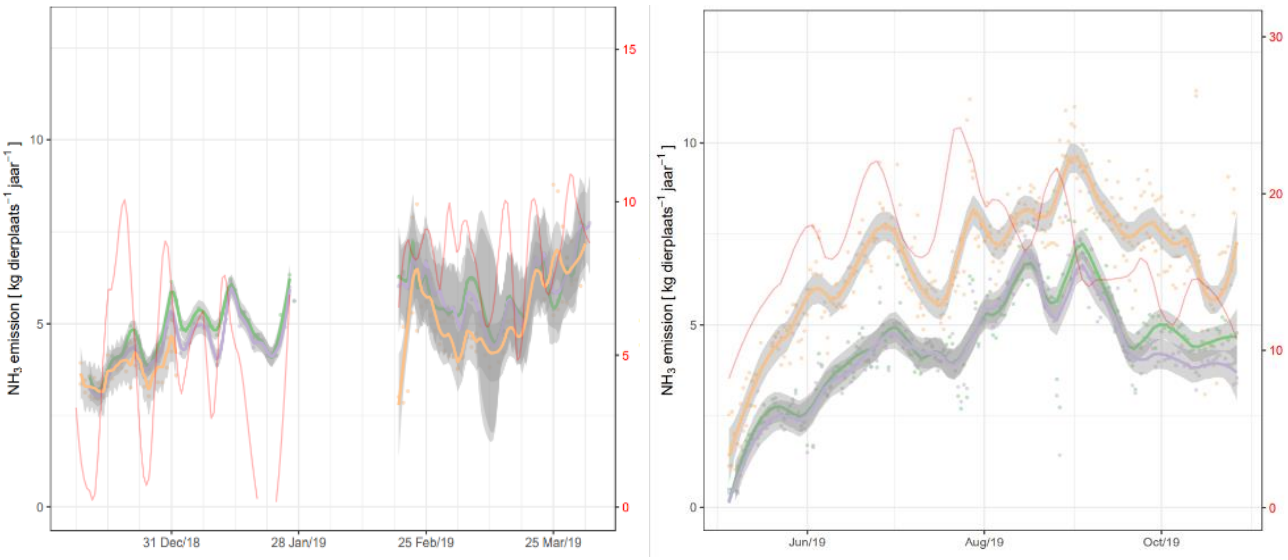
***Tabel 4**. Productieresultaten per ronde en per afdeling c.q. gemiddeld voor de hele stal en vergelijking met landelijke gemiddeldes (KWIN, 2014) en de landbouwkundige randvoorwaarden voor de metingen.*

Karakteristieken	**1e afmest-periode**	**2e afmest-periode**	**Landelijk gemiddelde**	**Landbouw-kundige rand-voorwaarde**
Datum opgezet	2-10-2018	6-5-2019		
Datum afgeleverd	2-4-2019	20-11-2019		
Aantal dagen	182	197		
Aantal dieren opgezet			--	
Totaal bedrijf	1.017	1.017		
Per afdeling groot	96	96		≥ 40
Per afdeling klein	42	42		≥ 40
Aantal dieren afgeleverd				
Totaal bedrijf	997	981	--	--
Uitval (%)			--	
Totaal bedrijf	2,0	3,5		< 5%
Gemiddeld gewicht dieren opgezet (kg)	48,7	45,5	47	≥ 45
Gemiddeld gewicht dieren afgeleverd [kg]	235,4	248,4	225	±225
Groei [kg per dag per dier]	1,026	1,030	--	--
Melkopname (kg melkpoeder per dier)	229,1	257,5		
Ruwvoeropname [kg per dier]	34,8	34,1	--	--
Krachtvoeropname [kg per dier]	314,9	342,1	--	--
Voerconversie (-) = voeropname / groei	3,313	3,376	--	--

3.3 Ammoniakemissies en reducties

3.3.1 Ammoniakemissie referentie-afdelingen

Figuur 6 geeft het verloop van de ammoniakemissie van de referentie-afdelingen met ondiepe, V-vormige kelder (afdelingen 6 en 7) en met de 1,2 m diepe kelder (afdeling 11) tijdens beide afmestperiodes (resp. A en B).



Figuur 6 (A en B). *Verloop van de ammoniakemissie (kg per dierplaats per jaar) en de buitentemperatuur (rode lijn) van afdelingen 6 en 7 (hardhouten roosters, ondiepe, V-vormige mestkelder; groene lijn = afdeling 6; paarse lijn = afdeling 7) en van afdeling 11 (hardhouten roosters, diepe mestkelder; bruine lijn). De linkse figuur (6A) geeft het resultaat van de 1e afmestperiode; de rechtse figuur toont het resultaat van de 2e afmestperiode.*

Het verloop van de emissie van afdelingen 6 en 7 is steeds nagenoeg gelijk en volgen in belangrijke mate de buitentemperatuur. Aanvankelijk (november – december 2018) zijn deze emissies ook vergelijkbaar met de emissie van afdeling 11. Echter in het voorjaar van 2019 en aan het begin van de 2e afmestperiode daalt de emissie van afdeling 11, als gevolg van het leeghalen van de kelders ten behoeve van het mestuitrijden. Vanwege de ontbrekende metingen aan het begin van de 1e afmestperiode is het effect van het beginnen met een nieuw ('schoon') systeem niet zichtbaar; dit is wel het geval aan het begin van de 2e afmestperiode. Het verschil in emissie aan het begin van de 2e afmestperiode kan worden verklaard door de aanwezigheid van een laag mest in de diepe kelders, terwijl de ondiepe, V-vormige kelders aan het begin van elke ronde schoon zijn.

3.3.2 1e afmestperiode

Tabel 5 geeft een overzicht van de resultaten van de metingen gedurende de eerste afmestperiode van het project (2 oktober 2018 – 2 april 2019), met een vergelijking van de prestaties van de in potentie emissie-arme afdelingen ten opzichte van het gemiddelde van de emissie van afdelingen 6 en 7 (hardhouten roosters met ondiepe, V-vormige kelder met regelmatige urineafvoer) en ten opzichte van afdeling 11 (hardhouten roosters met 1,2 m diepe kelder).

***Tabel 5**. Ammoniakemissie en emissiereducties van de onderzochte systemen ten opzichte van de verschillende referentie-afdelingen tijdens de eerste afmestperiode (2 oktober 2018 – 2 april 2019).*

Afdelingsummer	Vloeruitvoering	Kelderuitvoering	NH_3-emissie (kg per dier per jaar)	Emissiereductie (%) ten opzichte van		
				Afdeling 11 – diepe kelder	Afdeling 10 – diepe kelder	Afdeling 6 + 7 gemiddeld - ondiepe, V-vormige kelder
1	Hardhouten roosters	V-vormige kelder (ondiep) met regelmatige urine-afvoer met coating putvloer en wanden (onderste deel) & waterverneveling	5,61	-16		-7
2	Cattle Floor (gecoat metaal met grote doorlaat)	V-vormige kelder (ondiep) met regelmatige urine-afvoer + Geperforeerde mestband	5,17	-7		1
3	Topfloor (bolle rubber matten)	V-vormige kelder (ondiep) met regelmatige urine-afvoer + Geperforeerde mestband	5,96	-23		-14
4	Groene Vlag Roostervloer	V-vormige kelder (ondiep) met regelmatige urine-afvoer + Geperforeerde mestband	5,57	-15		-7
5	Groene Vlag Roostervloer	V-vormige kelder (ondiep) met regelmatige urine-afvoer + koelen (putvloer)	6,04	-25		-16
6 (oorspronkelijke control)	Hardhouten rooster	V-vormige kelder (ondiep) met regelmatige urine-afvoer	5,29	-10		
7 (oorspronkelijke control)	Hardhouten rooster	V-vormige kelder (ondiep) met regelmatige urine-afvoer	5,15	-7		
8	Hardhouten roosters	Diepe kelder (1,2 m) + koelen (toplaag mest)	4,62	4	2	11
9	Kunststof vloer met grote doorlaat	Diepe kelder (1,2 m)	3,94	18	17	25
10 (control voor afdelingen 8 en 9)	Hardhouten roosters	Diepe kelder (1,2 m)	4,73	2		9
11 (control voor alle overige afdelingen)	Hardhouten roosters	Diepe kelder (1,2 m)	4,83			7

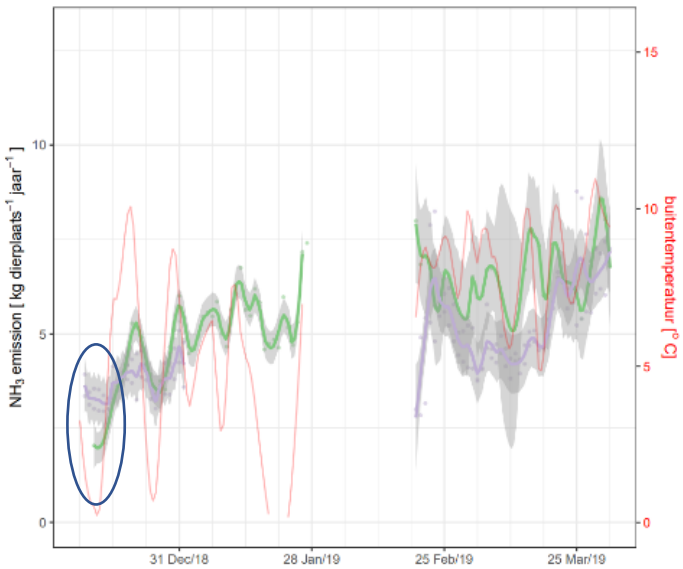
Mede vanwege de technische optimalisaties en problemen bij afdelingen 1 (gestopt vanwege een te hoog waterverbruik), 2 t/m 4 (technische storingen mestband) en 5 + 8 (onvoldoende koelcapaciteit) werd in het algemeen geen emissiereductie (ten opzichte van het gemiddelde van de emissie van afdelingen 6 + 7 en ten opzichte van afdeling 11) gerealiseerd. Waarschijnlijk door het regelmatig

technisch ingrijpen was de emissie van bovengenoemde afdelingen zelfs iets hoger dan de emissie van de referenties.

Wanneer de afdelingen 2 t/m 4, met hetzelfde keldersysteem worden vergeleken, dan blijkt afdeling 2 met de gecoate metalen, goed doorlatende roostervloer iets beter te presteren dan beide andere vloeren. Dit effect is ook zichtbaar in afdeling 9, met een goed doorlatende kunststofvloer en diepe kelder, die 17% minder emissie gaf dan de referentie-afdeling met diepe kelder.

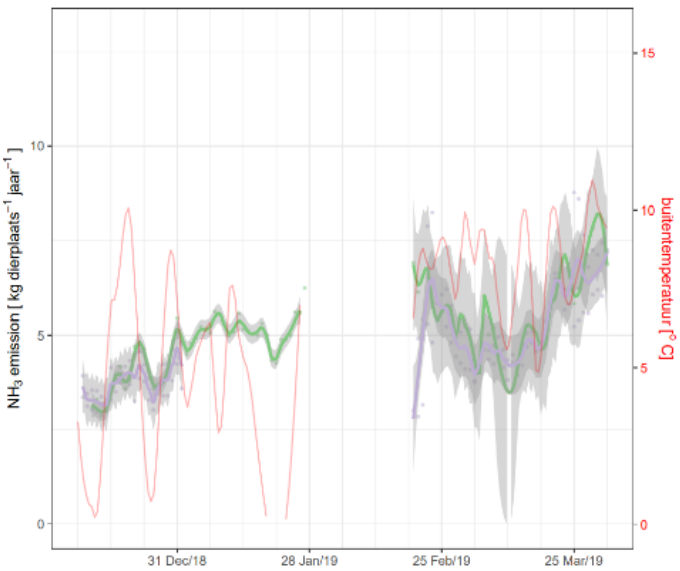
Ten opzichte van afdeling 10 (diepe kelder) bleek de kunststof vloer met grote mestdoorlaat de emissie met 17% te reduceren, terwijl het koelen van de toplaag van de mest in de afdeling met de diepe kelder nauwelijks emissiereductie gaf.

In figuren 7 t/m 13 is het continue verloop te zien van de 7 afdelingen (1 t/m 7) – de afdelingen met ondiepe, V-vormige kelders en regelmatige urine-afvoer – ten opzichte van de emissie van afdeling 11 (hardhouten roosters met diepe kelder).



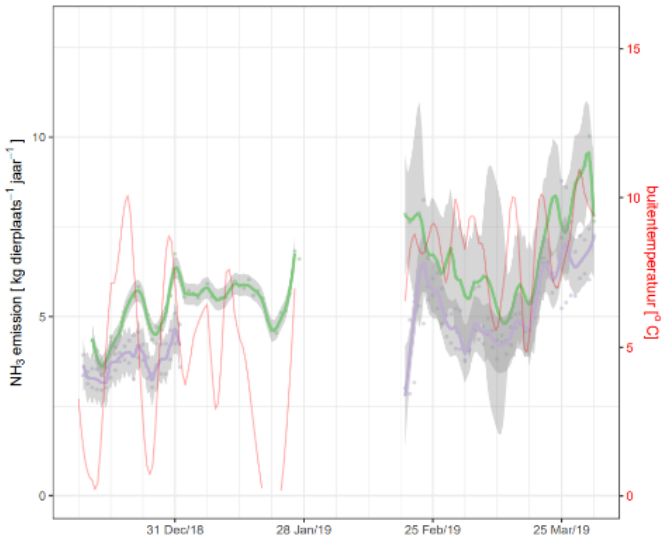
Figuur 7. *Verloop van de ammoniakemissie (kg per dierplaats per jaar) en de buitentemperatuur (rode lijn) van afdeling 1 (hardhouten roosters, ondiepe, V-vormige mestkelder met coating en watervernevelen; groene lijn) tussen oktober 2018 en april 2019 (1e afmestperiode) in vergelijking met afdeling 11 (hardhouten roosters met diepe kelder; paarse lijn). In de blauwe ellips is de hoge emissiereductie aan het begin van deze ronde waarneembaar met een werkend vernevelingssysteem.*

Over de gehele periode genomen werd een iets hogere emissie gemeten ten opzichte van de afdeling met hardhouten roosters en diepe mestkelders (16%) en ten opzichte van het gemiddelde van de afdelingen met hardhouten roosters en ondiepe, V-vormige mestkelder met regelmatige urineafvoer (7%). Daarmee werd geen beoogde emissiereductie bereikt, mede doordat het vernevelen al aan het begin van de afmestperiode werd gestopt vanwege het relatief hoge waterverbruik.



Figuur 8. *Verloop van de ammoniakemissie (kg per dierplaats per jaar) en de buitentemperatuur (rode lijn) van afdeling 2 (Cattle Floor, ondiepe, V-vormige mestkelder met geperforeerde mestband en urine-afvoer; groene lijn) tussen oktober 2018 en april 2019 (1e afmestperiode) in vergelijking met afdeling 11 (hardhouten roosters met diepe kelder; paarse lijn).*

Gemiddeld over de gehele afmestperiode werd een iets hogere emissie gemeten ten opzichte van de afdeling met hardhouten roosters en diepe mestkelders (7%), terwijl de emissie nagenoeg gelijk was aan het gemiddelde van de afdelingen met hardhouten roosters en ondiepe, V-vormige mestkelder met regelmatige urineafvoer. Dit resultaat is vooral veroorzaakt door het feit dat de mestband reeds aan het begin van 2019 niet meer functioneerde.



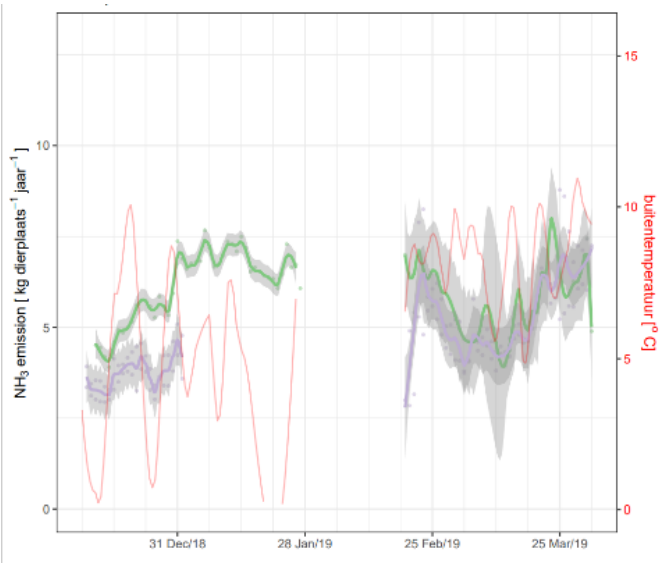
Figuur 9. *Verloop van de ammoniakemissie (kg per dierplaats per jaar) en de buitentemperatuur (rode lijn) van afdeling 3 (Topfloor, ondiepe, V-vormige mestkelder met geperforeerde mestband en urine-afvoer; groene lijn) tussen oktober 2018 en april 2019 (1e afmestperiode) in vergelijking met afdeling 11 (hardhouten roosters met diepe kelder; paarse lijn).*

Gemiddeld over de gehele afmestperiode werd een iets hogere emissie gemeten ten opzichte van de afdeling met hardhouten roosters en diepe mestkelders (23%), ten opzichte van het gemiddelde van

de afdelingen met hardhouten roosters en ondiepe, V-vormige mestkelder met regelmatige urineafvoer (14%). Dit resultaat is vooral veroorzaakt door het feit dat de mestband reeds aan het begin van 2019 niet meer functioneerde.

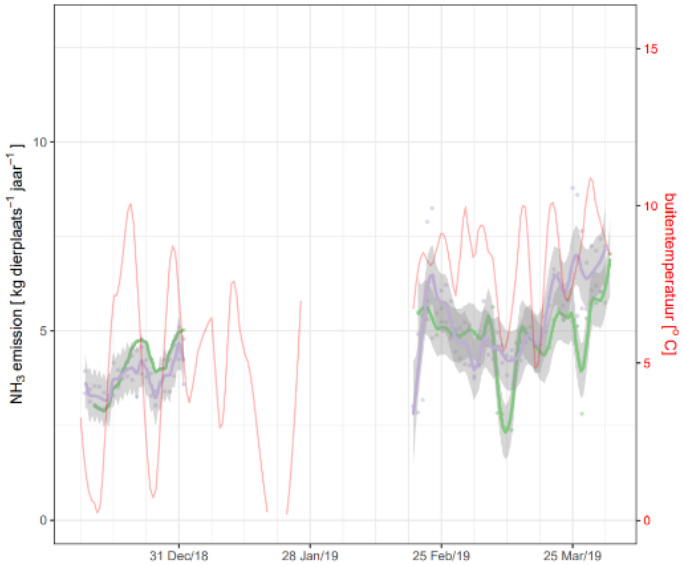
Figuur 10. *Verloop van de ammoniakemissie (kg per dierplaats per jaar) en de buitentemperatuur (rode lijn) van afdeling 4 (Groene Vlag Roostervloer, ondiepe, V-vormige mestkelder met geperforeerde mestband en urine-afvoer; groene lijn) tussen oktober 2018 en april 2019 (1e afmestperiode) in vergelijking met afdeling 11 (hardhouten roosters met diepe kelder; paarse lijn).*

Gemiddeld over de gehele afmestperiode werd een iets hogere emissie gemeten ten opzichte van de afdeling met hardhouten roosters en diepe mestkelders (15%), ten opzichte van het gemiddelde van de afdelingen met hardhouten roosters en ondiepe, V-vormige mestkelder met regelmatige urineafvoer (7%). Dit resultaat is vooral veroorzaakt door het feit dat de mestband reeds aan het begin van 2019 niet meer functioneerde.



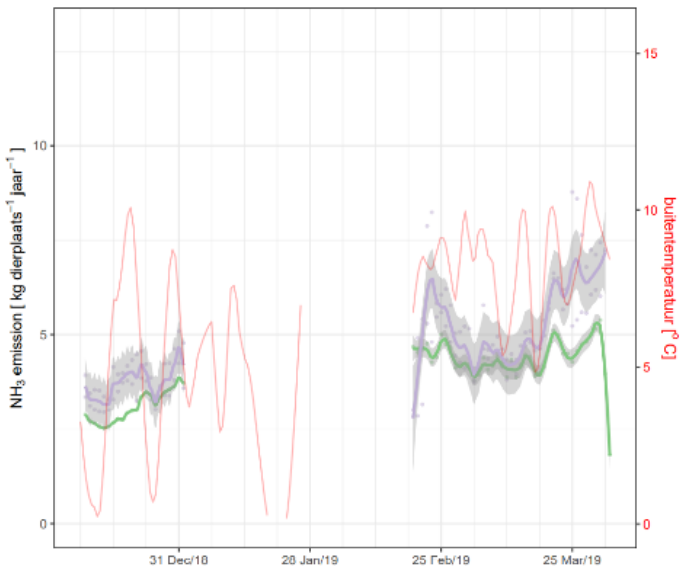
Figuur 11. *Verloop van de ammoniakemissie (kg per dierplaats per jaar) en de buitentemperatuur (rode lijn) van afdeling 5 (Groene Vlag Roostervloer, ondiepe, V-vormige mestkelder met koelen van de putvloer; groene lijn) tussen oktober 2018 en april 2019 (1e afmestperiode) in vergelijking met afdeling 11 (hardhouten roosters met diepe kelder; paarse lijn).*

Over de gehele afmestperiode genomen werd een iets hogere emissie gemeten ten opzichte van de afdeling met hardhouten roosters en diepe mestkelders (25%) en ten opzichte van het gemiddelde van de afdelingen met hardhouten roosters en ondiepe, V-vormige mestkelder met regelmatige urineafvoer (16%). Daarmee werd geen beoogde emissiereductie bereikt, mede doordat de koelcapaciteit te beperkt bleek. Aanvankelijk (eind 2018) was de emissie van afdeling 5 zelfs aanzienlijk hoger dan van de referentie-afdeling. Dit is mogelijk veroorzaakt doordat op de koelelementen een laagje vers cement was aangebracht. Van cement is bekend dat dit een relatief hoge pH heeft, hetgeen emissie-bevorderend werkt. Bekend is ook dat in de loop van enkele maanden de pH daalt tot voor beton gangbare pH-waardes. Dit is waarschijnlijk in het 2e deel van de afmestperiode het geval geweest.



Figuur 12. *Verloop van de ammoniakemissie (kg per dierplaats per jaar) en de buitentemperatuur (rode lijn) van afdeling 8 (hardhouten roosters, diepe mestkelder met koelen van het mestoppervlak; groene lijn) tussen oktober 2018 en april 2019 (1e afmestperiode) in vergelijking met afdeling 11 (hardhouten roosters met diepe kelder; paarse lijn).*

Over de gehele afmestperiode genomen werd een emissiereductie gemeten ten opzichte van de afdeling met hardhouten roosters en diepe mestkelders (4%) en ten opzichte van het gemiddelde van de afdelingen met hardhouten roosters en ondiepe, V-vormige mestkelder met regelmatige urineafvoer (11%). Dit effect werd bereikt ondanks een beperkte koelcapaciteit.



Figuur 13. *Verloop van de ammoniakemissie (kg per dierplaats per jaar) en de buitentemperatuur (rode lijn) van afdeling 9 (kunststof roosters met grote doorlaat, diepe mestkelder; groene lijn) tussen oktober 2018 en april 2019 (1e afmestperiode) in vergelijking met afdeling 11 (hardhouten roosters met diepe kelder; paarse lijn).*

Over de gehele afmestperiode genomen werd een emissiereductie gemeten ten opzichte van de afdeling met hardhouten roosters en diepe mestkelders (18%) en ten opzichte van het gemiddelde van de afdelingen met hardhouten roosters en ondiepe, V-vormige mestkelder met regelmatige urineafvoer (25%). Echter, 17% reductie is de meest zuivere waarde vanwege de vergelijkbaarheid van afdelingen 9 en 10 (zie tabel 5 en hiervoor).

De NH_3-emissie van november t/m april van een traditionele afdeling met diepe (1,2 m) mestkelders en hardhouten roosters bleek, op basis van de beschikbare meetwaardes, gemiddeld 4,8 kg NH_3 per dierplaats per jaar. Voor het huisvestingssysteem met hardhouten roosters en ondiepe, V-vormige mestkelders met regelmatige urine-afvoer (afdelingen 6 en 7) bleek de emissie met gemiddeld 5,2 kg NH_3 per dierplaats per jaar vergelijkbaar. Tegen de verwachting in (regelmatige afvoer van urine als belangrijke bron van ammoniak) was de emissie van de ondiepe kelder dus iets hoger dan de diepe kelder.

In alle afdelingen bleek een samenhang tussen de emissie en de buitentemperatuur.

De resultaten van de metingen gedurende de 1e afmestperiode laten vooral de kwetsbaarheid zien van innovaties die direct in de praktijk zijn getest. Alle fabrikanten hebben op basis van de ervaringen tijdens deze afmestperiode een verbeterplan opgesteld voor de 2e afmestperiode en dit toegepast.

3.3.3 2e afmestperiode

Zoals in Paragraaf 3.2.1 is aangegeven, zijn tussen de 1e en de 2e afmestperiode de nodige technische verbeteringen van de systemen in afdelingen 1 t/m 5 en afdeling 8 en 9 gerealiseerd:

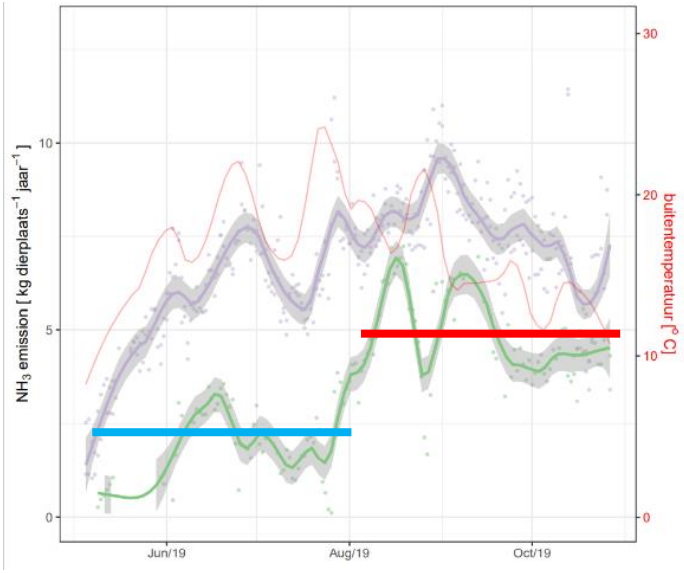
- Afdeling 1: uitbreiding met opvang in ammoniak-arme vloeistof (Jabba)
- Afdelingen 2, 3 en 4: realisatie van nieuwe geperforeerde mestbanden met een sterk verbeterd afdraai-mechanisme
- Afdelingen 5 en 8: vergroting van de koelcapaciteit en afwisselend 3-weekse periodes van koelen en niet koelen per afdeling ('switch' van de koelcapaciteit tussen beide afdelingen)
- Afdeling 9: deze afdeling werd niet gewijzigd

Tabel 6 geeft een overzicht van de resultaten van de metingen gedurende de tweede afmestperiode van het project (6 mei – 20 november 2019).

***Tabel 6**. Ammoniakemissie en emissiereducties van de onderzochte systemen ten opzichte van afdelingen 10 en 11 en het gemiddelde van afdelingen 6 en 7 tijdens de 2e afmestperiode (6 mei – 20 november 2019).*

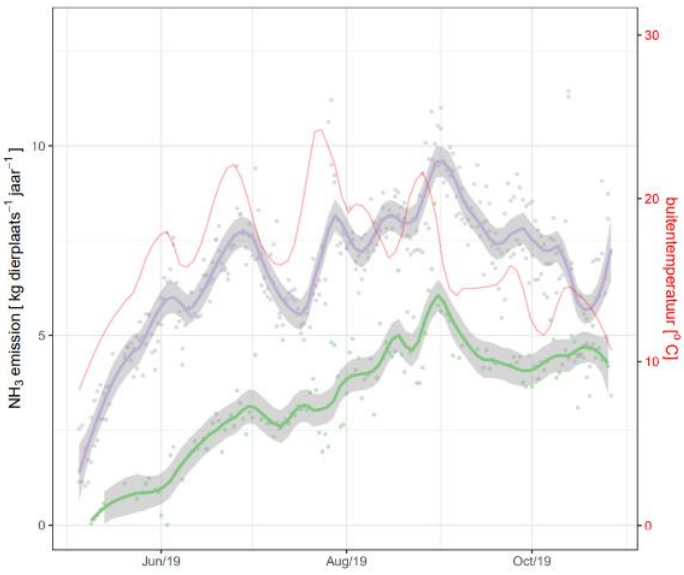
Afdelingsnummer	Vloeruitvoering	Kelderuitvoering	NH_3-emissie (kg per dier per jaar)	Emissiereductie (%) t.o.v.		
				Afdeling 11 – diepe kelder	Afdeling 10 – diepe kelder	Afdeling 6 + 7 gemiddeld - ondiepe, V-vormige kelder
1	Hardhouten roosters	V-vormige kelder (ondiep) met coating putvloer en wanden (onderste deel) & opvang mest en urine in ammoniak-arm water	3,49	46		20
2	Cattle Floor (gecoat metaal met grote doorlaat)	V-vormige kelder (ondiep) met regelmatige urine-afvoer + Geperforeerde mestband	3,42	47		21
3	Topfloor (bolle rubber matten)	V-vormige kelder (ondiep) met regelmatige urine-afvoer + Geperforeerde mestband	4,30	33		1
4	Groene Vlag Roostervloer	V-vormige kelder (ondiep) met regelmatige urine-afvoer + Geperforeerde mestband	4,68	28		-8
5	Groene Vlag Roostervloer	V-vormige kelder (ondiep) met regelmatige urine-afvoer + koelen (putvloer)	3,52	46		19
6 (oorspronkelijke control)	Hardhouten rooster	V-vormige kelder (ondiep) met regelmatige urine-afvoer	4,46	31		
7 (oorspronkelijke control)	Hardhouten rooster	V-vormige kelder (ondiep) met regelmatige urine-afvoer	4,22	35		
8	Hardhouten roosters	Diepe kelder (1,2 m) + koelen (toplaag mest)	4,61	29	35	-6
9	Kunststof vloer met grote doorlaat	Diepe kelder (1,2 m)	6,26	3	11	-44
10 (control voor afdelingen 8 en 9)	Hardhouten roosters	Diepe kelder (1,2 m)	7,06	-9		-63
11 (control voor alle overige afdelingen)	Hardhouten roosters	Diepe kelder (1,2 m)	6,46			-49

In figuren 14 t/m 20 is het continue verloop te zien van de 7 afdelingen (1 t/m 7) – de afdelingen met ondiepe, V-vormige kelders en regelmatige urine-afvoer – ten opzichte van de emissie van afdeling 11 (hardhouten roosters met diepe kelder).



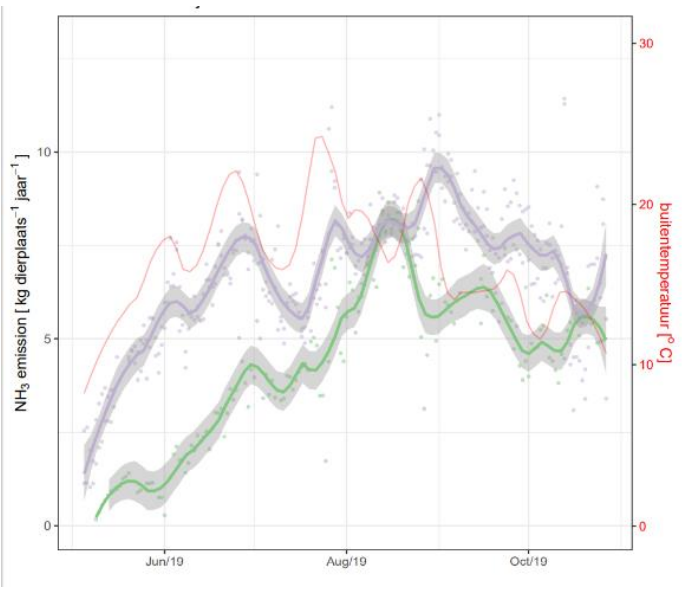
Figuur 14. *Verloop van de ammoniakemissie (kg per dierplaats per jaar) en de buitentemperatuur (rode lijn) van afdeling 1 (hardhouten roosters, ondiepe, V-vormige mestkelder met coating en opvang in ammoniak-arme vloeistof; groene lijn) tussen mei en november 2019 2e afmestperiode) in vergelijking met afdeling 11 (hardhouten roosters met diepe kelder; paarse lijn). Tijdens de eerste maanden (blauwe balk) functioneerde het stalsysteem; daarna werd het slechts extensief bedreven.*

Over de gehele periode genomen werd een gemiddelde emissiereductie gemeten ten opzichte van de afdeling met hardhouten roosters en diepe mestkelders (46%) en ten opzichte van het gemiddelde van de afdelingen met hardhouten roosters en ondiepe, V-vormige mestkelder met regelmatige urineafvoer (20%). Aanvankelijk was de emissiereductie aanzienlijk hoger (blauwe balk); later nam deze af (rode balk). Zoals eerder aangegeven werkte het stalsysteem (inbrengen van ammoniak-arm water en regelmatige verversing) aanvankelijk naar behoren. Echter, de techniek voor het produceren van het ammoniak-arme water buiten de stal (combinatie van afscheiding van vaste fractie en behandeling van de dunne fractie) kon niet succesvol worden gebruikt. In plaats daarvan werd derhalve bronwater gebruikt, dat regelmatig (2-3 wekelijks) werd ingebracht nadat het mengsel van de vorige keer (water en mest/urine) werd afgelaten naar de buitenopslag. Mede vanwege de niet bruikbare techniek buiten de stal werd en vanwege de hoge kosten van de mestopslag en afzet werd gedurende het tweede deel van de 2e afmestperiode slechts enkele malen afgelaten en nieuw bronwater in de kelder gezet. Desondanks werd een aanzienlijke emissiereductie bereikt.



Figuur 15. *Verloop van de ammoniakemissie (kg per dierplaats per jaar) en de buitentemperatuur (rode lijn) van afdeling 2 (Cattle Floor, ondiepe, V-vormige mestkelder met geperforeerde mestband en urine-afvoer; groene lijn) tussen mei en november 2019 (2e afmestperiode) in vergelijking met afdeling 11 (hardhouten roosters met diepe kelder; paarse lijn).*

Gemiddeld over de gehele afmestperiode werd een emissiereductie gemeten ten opzichte van de afdeling met hardhouten roosters en diepe mestkelders (47%) en ten opzichte van het gemiddelde van de afdelingen met hardhouten roosters en ondiepe, V-vormige mestkelder met regelmatige urineafvoer (21%), bij een naar behoren functionerende mestband.



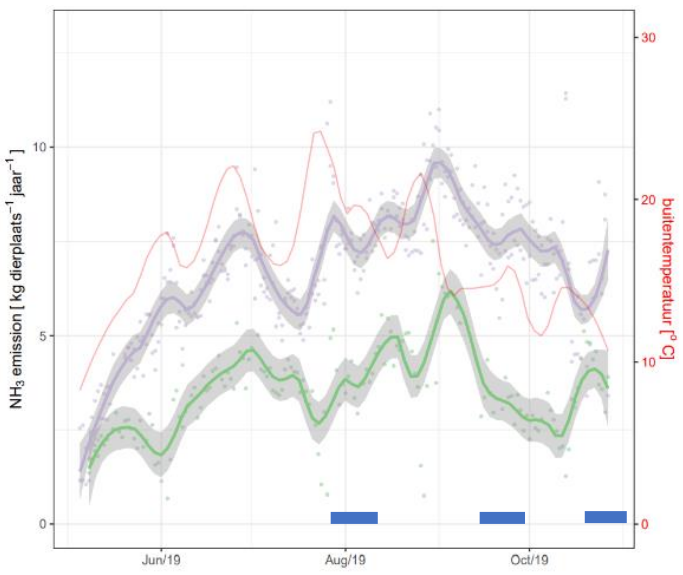
Figuur 16. *Verloop van de ammoniakemissie (kg per dierplaats per jaar) en de buitentemperatuur (rode lijn) van afdeling 3 (Topfloor, ondiepe, V-vormige mestkelder met geperforeerde mestband en urine-afvoer; groene lijn) tussen mei en novemberl 2019 (2e afmestperiode) in vergelijking met afdeling 11 (hardhouten roosters met diepe kelder; paarse lijn).*

Gemiddeld over de gehele afmestperiode werd een emissiereductie gemeten ten opzichte van de afdeling met hardhouten roosters en diepe mestkelders (33%), terwijl de emissie nagenoeg gelijk was

aan het gemiddelde van de afdelingen met hardhouten roosters en ondiepe, V-vormige mestkelder met regelmatige urineafvoer. Dit resultaat werd bereikt bij een naar behoren functionerende mestband.

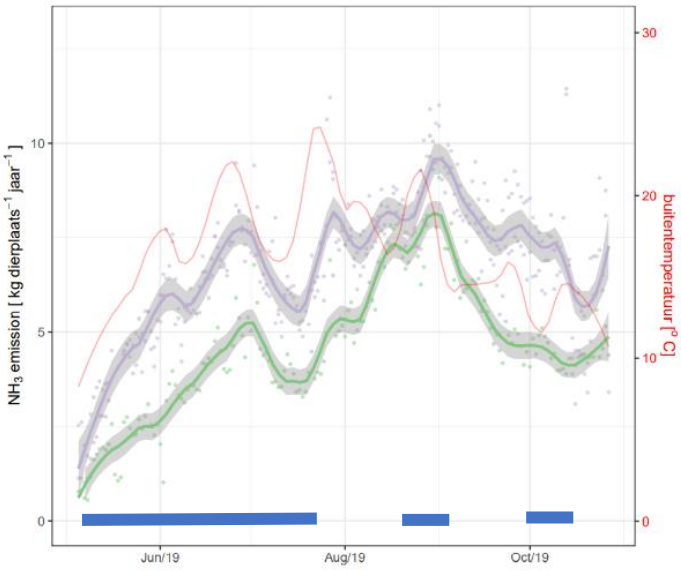
Figuur 17. *Verloop van de ammoniakemissie (kg per dierplaats per jaar) en de buitentemperatuur (rode lijn) van afdeling 4 (Groene Vlag Roostervloer, ondiepe, V-vormige mestkelder met geperforeerde mestband en urine-afvoer; groene lijn) tussen mei en november 2019 (2e afmestperiode) in vergelijking met afdeling 11 (hardhouten roosters met diepe kelder; paarse lijn).*

Gemiddeld over de gehele afmestperiode werd een emissiereductie gemeten ten opzichte van de afdeling met hardhouten roosters en diepe mestkelders (28%), terwijl de emissie iets (8%) hoger was dan het gemiddelde van de afdelingen met hardhouten roosters en ondiepe, V-vormige mestkelder met regelmatige urineafvoer. Dit resultaat werd bereikt bij een naar behoren functionerende mestband.



Figuur 18. *Verloop van de ammoniakemissie (kg per dierplaats per jaar) en de buitentemperatuur (rode lijn) van afdeling 5 (Groene Vlag Roostervloer, ondiepe, V-vormige mestkelder met koelen van de putvloer; groene lijn) tussen mei en november 2019 (2e afmestperiode) in vergelijking met afdeling 11 (hardhouten roosters met diepe kelder; paarse lijn). De blauwe balken geven (bij benadering) de perioden aan waarin werd gekoeld.*

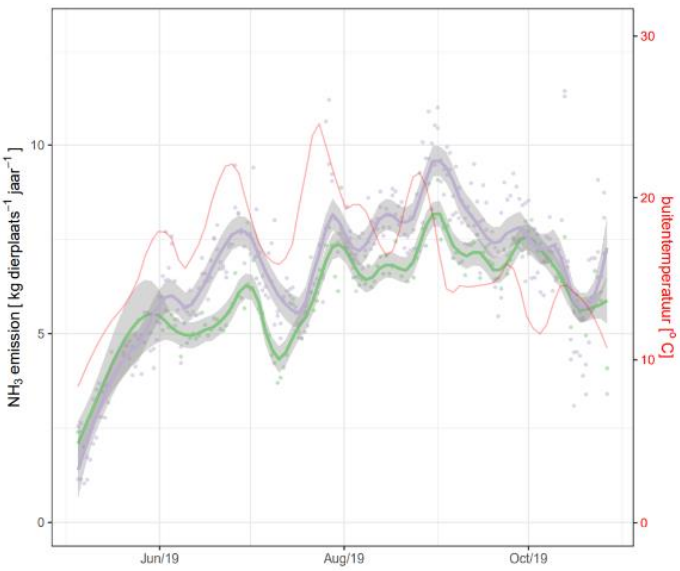
Over de gehele afmestperiode genomen werd een emissiereductie gemeten ten opzichte van de afdeling met hardhouten roosters en diepe mestkelders (46%) en ten opzichte van het gemiddelde van de afdelingen met hardhouten roosters en ondiepe, V-vormige mestkelder met regelmatige urineafvoer (19%). Het in de vorige ronde (vermoede) emissieverhogende effect van een nieuwe cement deklaag was gedurende de 2e afmestperiode zeer waarschijnlijk niet meer aan de orde. Daarnaast was de koeling afwisselend ingezet voor onderhavige afdeling en afdeling 8. Het effect van deze switch op het emissieverloop is mogelijk met name zichtbaar tijdens de 2e koelperiode (relatief constante buitentemperatuur) voor de onderhavige afdeling, maar lijkt verstrengeld met de buitentemperatuur in beide andere koelperioden.



Figuur 19. *Verloop van de ammoniakemissie (kg per dierplaats per jaar) en de buitentemperatuur (rode lijn) van afdeling 8 (hardhouten roosters, diepe mestkelder met koelen van het mestoppervlak; groene lijn) tussen mei en november 2019 (2e afmestperiode) in vergelijking met afdeling 11 (hardhouten roosters met diepe kelder; paarse lijn). De blauwe balken geven (bij benadering) de perioden aan waarin werd gekoeld.*

De koeling werd afwisselend ingezet voor onderhavige afdeling en afdeling 5. Het effect van deze switch op het emissieverloop is mogelijk met name zichtbaar tijdens de 3e koelperiode (toenemende buitentemperatuur), maar lijkt vooral verstrengeld met de buitentemperatuur in beide andere koelperioden.

Over de gehele afmestperiode genomen werd een emissiereductie gemeten ten opzichte van de afdeling met hardhouten roosters en diepe mestkelders (29%), terwijl ten opzichte van het gemiddelde van de afdelingen met hardhouten roosters en ondiepe, V-vormige mestkelder met regelmatige urineafvoer een iets hogere emissie werd gemeten (6%). Het meest zuiver is de eerder genoemde reductie van 35% van de onderhavige afdeling ten opzichte van afdeling 10 (zie tabel 6).



Figuur 20. *Verloop van de ammoniakemissie (kg per dierplaats per jaar) en de buitentemperatuur (rode lijn) van afdeling 9 (kunststof roosters met grote doorlaat, diepe mestkelder; groene lijn) tussen mei en november 2019 (2e afmestperiode) in vergelijking met afdeling 11 (hardhouten roosters met diepe kelder; paarse lijn).*

Over de gehele afmestperiode genomen werd een emissiereductie gemeten ten opzichte van de afdeling met hardhouten roosters en diepe mestkelders (3%) en terwijl ten opzichte van het gemiddelde van de afdelingen met hardhouten roosters en ondiepe, V-vormige mestkelder met regelmatige urineafvoer een toename van de emissie werd gemeten (44%). Gelet op de vergelijkbaarheid van de afdelingen is de emissiereductie van afdeling 9 ten opzichte van afdeling 10 11% (zie tabel 6), hetgeen de meest zuivere waarde is.

4 Discussie

Referentie-systemen
In het projectplan dat door de Provincie Noord-Brabant is goedgekeurd werd uitgegaan dat het systeem met V-vormige kelder (ondiep) met regelmatige urine-afvoer in het onderzoek zou dienen als referentie-systeem ('control'). Mede als gevolg van een discussie in de klankbordgroep werd duidelijk dat in een zgn. PAS-rapport (Groenestein *et al*., 2017) uitgegaan is van vooral stallen met (0,4 – 0,8 m diepe) mestkelders. Daarop heeft de klankbordgroep aangegeven dat de afdelingen 6 en 7 in beginsel een potentieel emissiereducerend concept is, omdat de urine, de belangrijkste bron van ammoniakemissie, regelmatig wordt afgevoerd. De analyse van de emissiereductie is derhalve ook uitgevoerd ten opzichte van het systeem met hardhouten roosters en diepe mestkelder met langdurige mestopslag.
Vanuit dit project blijkt de noodzaak om in het kader van de Regeling Ammoniak en Veehouderij (RAV) te komen tot een discussie over en nadere vaststelling van het referentiesysteem.

In dit project is er uiteindelijk gekozen voor een zo zuiver mogelijke vergelijking in het kader van de case/control-strategie: afdeling 10 was de referentie voor afdelingen 8 en 9 (96 dieren) en afdeling 11 voor alle andere afdelingen (42 dieren). Daarbij is het verschil in 'met mest besmeurd oppervlak' per dierplaats (zie tabel 2) niet in beschouwing genomen, omdat een basis hiervoor niet bekend is. Verder is, vooral vanwege het verschil in aantal dieren per afdeling, niet gekozen voor het middelen van de emissie van afdelingen 10 en 11 als referentie.

Tabel 7 geeft een samenvatting van de emissiemetingen aan de referentie-afdelingen en de gemiddelde buitentemperatuur tijdens de afmestperioden.

Tabel 7. *Overzicht NH_3-emissie (kg per dier per jaar) voor de referentie-afdelingen ondiepe, V-vormige kelder en de referentie-afdeling met diepe kelder, beide met hardhouten roosters. Zie tabellen 5 en 6.*

	Winterperiode (1e afmestperiode)	**Zomerperiode (2e afmestperiode)**	**Jaarrond (exclusief leegstand)**
Gemiddelde hardhouten roosters met ondiepe kelder met V-vormige kelder met regelmatige urineafvoer (afdelingen 6 en 7)	5,2	4,3	4,8
Hardhouten roosters met 1,2 m diepe kelders (afdeling 11)	4,8	6,5	5,7
Gemiddelde buitentemperatuur (°C)	7,1	14,7	

Verschillen in emissie tussen beide uitvoeringsvarianten blijken met name op te treden in de zomerperiode. De gemiddelde buitentemperatuur was in de zomerperiode gemiddeld ca. 7,5 °C hoger was dan tijdens de winterperiode. Hoewel de afdelingstemperaturen niet zijn gemeten, is het aannemelijk dat deze in de zomerperiode ook hoger zullen zijn geweest dan in de winterperiode. Gelet op de algemeen bekende samenhang tussen ammoniakemissie en (stal-/mest-) temperatuur, mag worden aangenomen dat de hogere zomeremissie van de afdeling met diepe kelders en mestopslag tenminste voor een belangrijk deel hierdoor kan worden verklaard. In de afdelingen met

regelmatige afvoer van urine wordt een belangrijke bron van ammoniak regelmatig (continu) verwijderd. Daardoor is het vermoeden dat sprake is geweest van een minder sterke relatie tussen temperatuur en emissie.

Het jaarrond gemiddelde, exclusief 7% leegstand, was voor de uitvoeringsvariant met hardhouten roosters en ondiepe, V-vormige kelder met regelmatige urineafvoer 37% hoger dan de RAV-emissiefactor van 3,5 kg NH_3 per dierplaats per jaar voor traditionele vleeskalverstallen. Inclusief 7% leegstand was dit 27%. Voor de uitvoeringsvariant met hardhouten roosters en diepe mestkelder (afdeling 11) was dit resp. 63% en 51%. Daarbij dient te worden opgemerkt dat het oppervlak per dier in deze afdeling met 2,1 m^2 per dier (zie tabel 2) iets hoger was dan in de andere afdelingen (1,8 – 1,9 m^2 per dier). Bij gelijk oppervlak komen de percentages voor afdeling 11 derhalve iets lager uit.

In eerder, vergelijkbaar onderzoek (het zgn. 'vloerenproject' Mosquera *et al.,* 2019), eveneens in stallen voor wit-/blankvleeskalveren, werd een gemiddelde emissie gevonden van ca. 5,0 kg NH_3 per dierplaats per jaar, inclusief 7% leegstand en bij 1,8 m^2 per dierplaats aan leefoppervlak. Dit gemiddelde is zeer goed vergelijkbaar met de gemiddelde emissie van 4,8 kg NH_3 per dierplaats per jaar voor de referentie-afdelingen (6 en 7; zie tabel 6) tijdens de onderhavige metingen.

Resultaten emissie-reducerende systemen in perspectief

Voor beide afmestperiodes geldt dat de emissiereducerende systemen zijn gerealiseerd in de perioden met leegstand tussen afmestperiodes in. Dit betekent dat de systemen bij aanvang van de metingen nog relatief nieuw waren. Het effect hiervan op de ammoniakemissie is sterk afhankelijk van de aard van het systeem. Zo is eerder aangegeven dat de emissie bij vers beton, bijvoorbeeld de vloer van een nieuw gestorte mestkelder, in het begin waarschijnlijk relatief hoog is. Bij andere materialen, zoals mestbanden, zal dit aanvankelijk schoon zijn en laag in urease-activiteit, waardoor de emissie aanvankelijk relatief laag zal zijn. Uiteindelijk zal de meeste emissie en dus emissiereductie optreden later in de afmestronde, zodat het effect op de algehele conclusies gering wordt geacht.

De eerste afmestperiode ('winterperiode') hebben de meeste systemen in afdelingen 1 t/m 5 niet of nauwelijks (technisch) gefunctioneerd. De NH_3-emissie was met 5,2 – 6,0 kg NH_3 per dierplaats per jaar iets hoger dan de emissie van afdelingen 6 en 7. Dit kan veroorzaakt zijn door de extra handelingen in de betreffende afdelingen als gevolg van de technische storingen. Aannemelijker is het om te veronderstellen dat de variatie in emissie tussen afdelingen 1 t/m 7 valt binnen de tussen-stal-variatie.

Vanwege het te hoge waterverbruik in afdeling 1, de technische problemen met de geperforeerde mestband (afdelingen 2 t/m 4) en de beperkte koelcapaciteit (verdeeld over afdelingen 5 en 8) kunnen nauwelijks conclusies worden getrokken uit de resultaten over de emissiereductie tijdens de eerste afmestperiode. Tijdens deze ronde werd duidelijk dat innovaties de nodige aandacht vergen. Omdat het onderzoek in een praktijkomgeving is uitgevoerd, konden de nodige aanpassingen pas worden uitgevoerd nadat de eerste mestronde was afgerond en de dieren waren afgeleverd.

Wel valt uit vergelijking van afdeling 2, met een open rooster met relatief grote mestdoorlaat, met afdelingen 3 en 4, met rubberen welzijnsvloeren met een beperktere mestdoorlaat, met eenzelfde keldersysteem (geperforeerde mestband) af te leiden dat een open rooster een beter resultaat lijkt te geven (zie tabel 5) dan de andere vloeruitvoeringen. Dit effect werd ook waargenomen bij vergelijking van de emissies van afdelingen 9 en 10; de emissiereductie van afdeling 9, met het kunststof rooster met grote mestdoorlaat ten opzichte van afdeling 10, met hardhouten roosters, was 17% tijdens de 1^{e} afmestperiode. Een vergelijkbaar effect (11% reductie) werd ook tijdens de 2^{e} afmestperiode waargenomen. Aanvullend aan eerdere conclusies van Mosquera *et al.* (2019) over de afwezigheid van emissiereductie door rubberen welzijnsvloeren (bij wit-/blankvleeskalveren) duiden de metingen in het onderhavige onderzoek op een emissiereductie door goed doorlatende (kunststof) vloeren van gemiddeld 15% ten opzichte van hardhouten roosters.

In de loop van het project werd besloten om de ammoniakemissie van de onderzochte, in potentie emissie-arme systemen uit te drukken ten opzichte van twee referenties, t.w. hardhouten roosters met ondiepe, V-vormige kelder en regelmatige urine-afvoer (afdelingen 6 en 7) en hardhouten roosters met 1,2 m diepe mestkelder (afdeling 11). In tabel 8 worden de resultaten van de metingen tijdens de 2^{e} afmestperiode in nader perspectief gezet.

Tabel 8. *Ammoniakemissie en -reductie(afgerond op 5 procent-punten) tijdens de 2^{e} afmestperiode ('zomerperiode') van de verschillende typen huisvesting en emissiereducerende systemen.*

	Afdelingen 11 (referentie diepe kelder)	**Gemiddeld afdelingen 6 en 7 (referentie ondiepe, V-vormige kelder)**	**Geperforeerde mestband**		**Koeling**	
			Groene Vlag / Topfloor	**Cattle Floor**	**Putvloer**	**Mest-oppervak**
Absoluut (kg NH_3 per dierplaats per jaar) – excl. leegstand	6,5	4,3	4,5	3,4	3,5	4,6
Relatief t.o.v. referentie-afdeling 11 (diepe mestkelder met hardhouten rooster)	100	-35%	-30%	-50%	-45%	-30%
Relatief t.o.v. referentie-afdelingen 6 en 7 (ondiep, V-vormige kelder met hardhouten rooster)		100	+5%	-20%	-20%	

Uit deze cijfers blijkt tevens dat in de zomerperiode (voor de exacte percentages, zie tabel 6):

- Ondiepe, V-vormige kelders met regelmatige urineafvoer (vaste mest blijft achter) en hardhouten roosters (gemiddelde van afdeling 6 en 7) een emissiereductie van ca. 35% opleverde ten opzichte van dezelfde uitvoeringsvariant met diepe kelders met langdurige mestopslag (afdeling 11)
- Een geperforeerde mestband, vooral bedoeld voor primaire scheiding en regelmatige afvoer van faeces in combinatie met een rubberen welzijnsvloer, een vergelijkbare reductie gaf ten opzichte van ondiepe, V-vormige kelders met hardhouten roosters (+5%). Dit betekent dat,

uitgaande van de afwezigheid van een emissiereductie door rubberen welzijnsvloeren ten opzichte van hardhouten roosters (Mosquera *et al.,* 2019), de huidige uitvoering van de geperforeerde mestband geen emissiereductie gaf ten opzichte van een ondiepe, V-vormige kelder met regelmatige urineafvoer

- Een goed doorlatende gecoate metalen vloer ca. 20% emissiereductie gaf ten opzichte van houten roosters (en ca. 25% ten opzichte van bolle rubberen vloeren). Daarbij is voor de afdelingen met ondiepe, V-vormige mestkelders en regelmatige urineafvoer uitgegaan van een gelijk effect van de onderliggende geperforeerde mestbanden
- Koeling (instelwaarde 15 graden C) van de putvloer in een ondiepe V-vormige kelder resulteerde in ca. 45% emissiereductie ten opzichte van diepe kelders en ca. 20% reductie ten opzichte van ondiepe, V-vormige kelders
- Koeling (instelwaarde 15 graden C) van het mestoppervlak ('koeldek') in een diepe mestkelder met langdurige opslag resulteerde in ca. 30% emissiereductie ten opzichte van afdeling 11 met diepe kelders (35% ten opzichte van afdeling 10)
- Het koelsysteem bleek tijdens de 1^{e} afmestperiode (winter) de gewenste temperatuur te kunnen realiseren; tijdens de 2^{e} afmestperiode (zomer) was dit niet steeds mogelijk. Daarom werd tijdens de 2^{e} afmestperiode de koelcapaciteit vergroot en afwisselend afdeling 5 en 8 gekoeld. Hierdoor zal de emissiereducties tijdens de 2^{e} afmestperiode waarschijnlijk zijn onderschat

De tweede afmestperiode verliep zonder noemenswaardige technische problemen, behalve voor het systeem met opvang van mest en urine in ammoniak-arme vloeistof. De resultaten van deze periode bieden dus een basis voor inschatting van het effect van de diverse systemen voor de zomerperiode. Aanvullende metingen tijdens (tenminste) een winterperiode zullen het totaal-effect van deze systemen moeten uitwijzen.

Meetsysteem

Bij de opstart van de 1^{e} afmestperiode bleken de dataloggers voor de meetventilatoren onvoldoende data-opslagcapaciteit te hebben. Daardoor ontbreken ventilatiegegevens en derhalve de ammoniakemissie gedurende de eerste weken. Gelet op de relatief lage emissie aan het begin van de afmestperiode betekent dit, dat de gemiddelde emissie over de afmestperiode iets zal zijn overschat. Tevens lijkt het in figuren 6A en 7 t/m 13 dat de emissie aan het begin van de afmestperiode hoger is dan tijdens de 2^{e} afmestperiode. Dit wordt echter veroorzaakt door het ontbreken van meetgegevens.

De geselecteerde systemen werden gerealiseerd in een stal, waarbij minimaal 1 'lege' afdeling tussen de grotere en de kleine afdelingen aanwezig was (figuur 3), vooral om onderlinge beïnvloeding te beperken. Daarnaast werden de verbouwingswerkzaamheden beperkt tot 1 stal. Alle referentie-afdelingen werden in een tweede, gelijke stal gerealiseerd.

De gemiddelde achtergrondconcentratie was voor beide meetpunten (stallen) verschillend; gemiddeld was dat 0,5 ppm voor de inlaten aan de zuid-zijde, terwijl dat gemiddeld 1,5 ppm was voor de inlaten aan de noord-zijde. Bij de emissieberekening is uitgegaan van een gemiddelde van 1,0 ppm, met daarbij de opmerking dat foto-akoestiek feitelijk alleen mag worden toegepast bij

concentraties hoger dan 2 ppm (zie Ogink *et al*., 2013). De referentie-afdelingen (6, 7, 10 en 11) waren gelegen in de noordelijke stal, terwijl de andere afdelingen in de zuidelijke stal waren gesitueerd. De hogere achtergrondconcentratie aan de noord-zijde is waarschijnlijk veroorzaakt door de overheersende zuid-westelijke windrichting. Bij een gemiddelde stalconcentratie van rond of boven 10 ppm is door deze keuze een potentiële fout gemaakt van maximaal 5% in absolute zin en maximaal 10% in relatieve zin. De ammoniakemissie wordt uitgerekend als het product van de ventilatie en het verschil in concentratie tussen de stallucht en de buitenlucht (achtergrond). Dit betekent dat de ammoniakemissie van de referentie-afdelingen in werkelijkheid (maximaal ca. 5%) lager zal zijn geweest en de emissie van de overige afdelingen (maximaal ca. 5%) hoger. Daarmee is in dit onderzoek de emissiereductie maximaal ca. 10% overschat.
In het vervolgproject zal in de dataverwerking rekening worden gehouden met de locatie van beide achtergrondsmeetpunten.

De monstername en dus de meting vond plaats per aanzuigslang. Dit betekent dat vanaf een meetpunt (ventilator, buitenlucht) gedurende 15 minuten lucht werd aangezogen en geanalyseerd, waarna werd overgeschakeld naar een volgende monsternamepunt; voor het vervolgproject zal dit zijn vervangen door continu aanzuigen van elk monsternamepunt via de meetpuntomschakelaar. Deze wordt voor dat doel omgebouwd van ‘gesloten eind’ tot ‘open eind’.

5 Conclusies en aanbevelingen

1e afmestperiode

De emissie van de beide referentie-afdelingen met ondiep, V-vormige kelder en regelmatige urineafvoer was gering hoger dan de emissie van de referentie-afdeling met diepe kelder.

Mede vanwege de technische optimalisaties en problemen bij afdelingen 1 (gestopt vanwege een te hoog waterverbruik), 2 t/m 4 (technische storingen mestband) en 5 + 8 (onvoldoende koelcapaciteit) werd in het algemeen geen emissiereductie (ten opzichte van het gemiddelde van de emissie van afdelingen 6 + 7 en ten opzichte van afdeling 11) gerealiseerd.

Goed doorlatende vloeren lijken iets (ca. 10-17%) beter te presteren dan beide andere vloeren.

Koelen van de putvloer reduceerde de emissie niet, maar resulteerde zelfs in een hogere emissie. Dit was waarschijnlijk het gevolg van een cementen afdeklaag bovenop de koelelementen. Het koelen van de toplaag van de mest resulteerde niet in een emissiereductie.

In alle afdelingen bleek een positieve samenhang tussen de emissie en de buitentemperatuur.

De resultaten van de metingen gedurende de 1e afmestperiode laten vooral de kwetsbaarheid zien van innovaties die direct in de praktijk zijn getest. Alle fabrikanten hebben op basis van de ervaringen tijdens deze afmestperiode een verbeterplan opgesteld voor de 2e afmestperiode en dit toegepast.

2e afmestperiode

Ondiepe, V-vormige kelders met regelmatige urineafvoer (vaste mest blijft achter) en hardhouten roosters (gemiddelde van afdeling 6 en 7) een emissiereductie van 34% opleverde ten opzichte van dezelfde uitvoeringsvariant met diepe kelders met langdurige mestopslag (afdeling 11).

Een geperforeerde mestband in combinatie met een rubberen welzijnsvloer gaf een vergelijkbare reductie ten opzichte van ondiepe, V-vormige kelders met hardhouten roosters. Dit betekent dat, uitgaande van de afwezigheid van een emissiereductie door rubberen welzijnsvloeren ten opzichte van hardhouten roosters, de huidige uitvoering van de geperforeerde mestband geen emissiereductie gaf ten opzichte van een ondiepe, V-vormige kelder met regelmatige urineafvoer

Een goed doorlatende (kunststof) vloer reduceerde de emissie met 15-20% gaf ten opzichte van houten roosters (en bolle rubberen vloeren).

Koeling (15 graden C) van de putvloer in een ondiepe V-vormige kelder resulteerde in ca. 20 % reductie. Voor het koeldeksysteem in een diepe mestkelder was dit ca. 35%.

De tweede afmestperiode verliep zonder noemenswaardige technische problemen, behalve voor het systeem met opvang van mest en urine in ammoniak-arme vloeistof. De resultaten van deze periode bieden dus een basis voor inschatting van het effect van de diverse systemen voor de zomerperiode. Aanvullende metingen tijdens (tenminste) een winterperiode zullen het totaal-effect van deze systemen moeten uitwijzen.

In samenhang

Ten opzichte van een referentie met diepe kelders was de jaarrond-emissie van de referentie met ondiepe, V-vormige kelders ca. 16% lager. Vooral in de zomerperiode presteerde dat laatst genoemde systeem aanzienlijk beter dan het referentiesysteem, terwijl beide in de winterperiode nagenoeg een gelijke emissie hadden.

Het effect van rubberen welzijnsvloeren ten opzichte van hardhouten roosters op de ammoniakemissie kon voor wit-/blankvleeskalveren door de metingen in de praktijkstal niet worden gekwantificeerd. Voor goed doorlatende (kunststof / kunststof-gecoat) vloeren kan, uitgaande van een gelijke mate van presteren van het betreffende keldersysteem, voor wit-/blankvlees een emissiereductie van 15-20% worden afgeleid. Dit geeft aan dat het vloerontwerp wel degelijk een bijdrage kan leveren aan de emissiereductie, maar dat dit in hoge mate afhangt van het desbetreffende ontwerp en de diersoort. Welzijnsaspecten zijn hierbij van belang en mogen niet uit het oog worden verloren.

De keldermaatregelen gebaseerd op opvang in ammoniak-arme vloeistof en vernevelen van water, in combinatie met gecoate putvloer en -wanden, functioneerden slechts beperkte delen van de afmestrondes en gaven dan een aanzienlijke emissiereductie te zien van periodiek meer dan 50%. Dit ging echter te koste van een hoog waterverbruik en de daarmee samenhangende toename van het mestvolume en de mestafzetkosten.

Toepassing van de geperforeerde mestband is veelbelovend vanuit het gegeven dat bij een goede primaire scheiding van faeces en urine een basis aanwezig is voor verdere opwerking en valorisatie van beide meststromen. Het toegepaste ontwerp bleek echter nu nog technisch kwetsbaar, waardoor de ammoniakemissie-reductie van de afdelingen niet uit de verf kwam.

Koeling van de ondiepe, V-vormige putvloer bleek in de zomerperiode ca. 20% emissiereductie te geven ten opzichte van een traditioneel uitgevoerde ondiepe put. Het effect in de winterperiode was nagenoeg afwezig. De koelcapaciteit was met name in de zomer onvoldoende vanwege de verdeling van deze capaciteit tussen 2 afdelingen, zodat de emissiereductie zal zijn onderschat.

Op basis van dit onderzoek zijn geen systemen naar voren gekomen die reeds de emissiereductie-doelstelling van 50% (of meer) realiseren. Wel zijn de nodige elementen aangereikt die dat doel in de nabije toekomst haalbaar maken. Deze bestaan uit zowel vloer- als kelderoplossingen. Een verdere (emissie-)technische optimalisatie is echter nog nodig.

Literatuur

C.M. Groenestein, S. Bokma en N.W.M. Ogink, 2014. Actualisering ammoniakemissiefactoren vleeskalveren tot circa 8 maanden; Advies voor aanpassing in de Regeling ammoniak en veehouderij. Lelystad, Wageningen UR (University & Research centre) Livestock Research, Livestock Research Rapport 778, 25 blz.

C.M. Groenestein, A.J.A. Aarnink, H. Ellen, S. Bokma en P. Bikker, 2017. PAS-referenties huisvesting landbouwhuisdieren; Wageningen Livestock Research, Rapport 1083.

J. Mosquera, T. van Hattum, G.M. Nijeboer, J.M.G. Hol, H.J. van Dooren en S. Bokma, 2019. Ammonia and odour emission from a veal calves housing system with V-shaped manure belt and 'Groene Vlag' slatted floor. Wageningen Livestock Research, Report 1171.

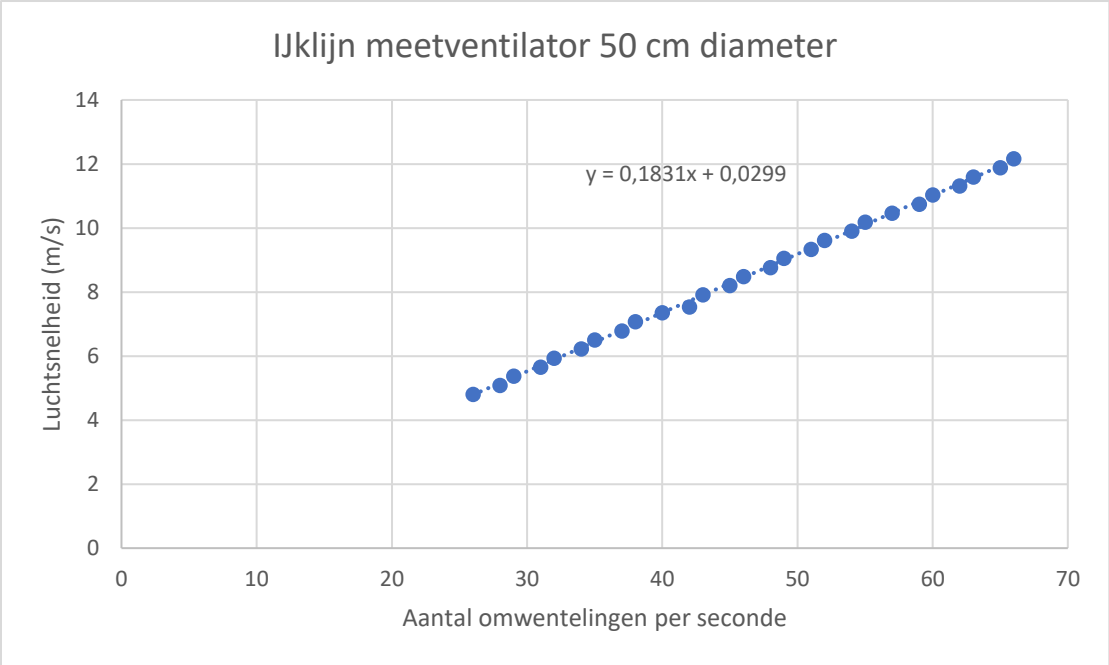
N.W.M. Ogink, J. Mosquera en J.M.G. Hol, 2013. Protocol voor meting van ammoniakemissie uit huisvestingssystemen in de veehouderij 2013. Wageningen UR (University & Research centre) Livestock Research Rapport 726.

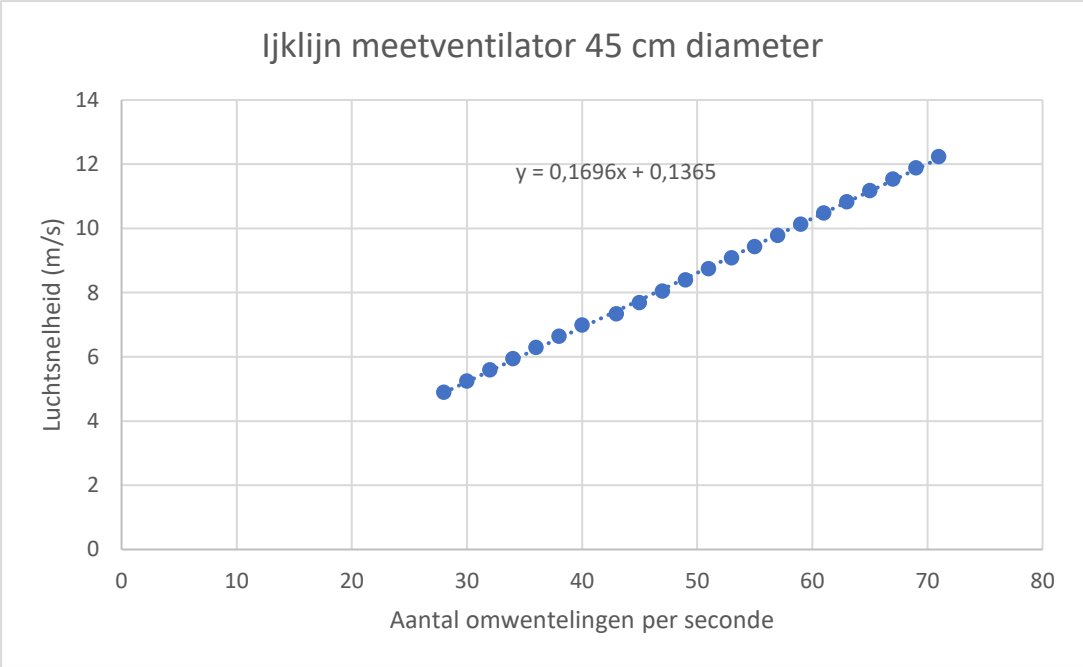
N.W.M. Ogink, J. Mosquera, J. en J.M.G. Hol, 2017. Protocol voor meting van ammoniakemissie uit huisvestingssystemen in de veehouderij 2013a. Wageningen Livestock Research, Rapport 1032.

VERA, 2018, Test protocol for Livestock Housing and Management Systems Version 3:2018-09.

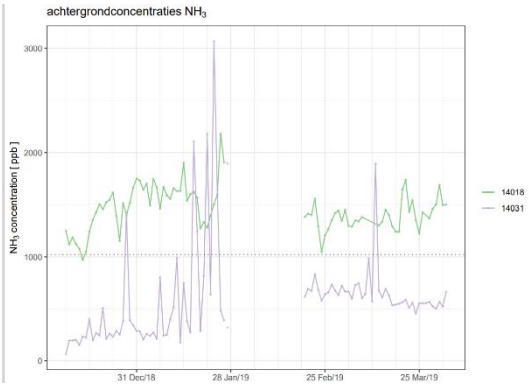
Bijlage 1. Gegevens meetventilatoren

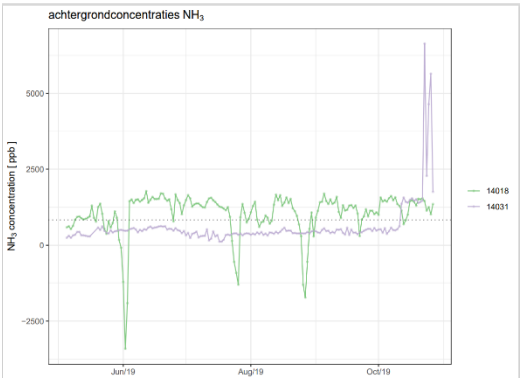
Diam. [mm]	300		350		400		450		500		560		630	
Cap. [m³/h]	[m/s]	[Hz]	[m/s]	[Hz]	[m/s]	[Hz]	[m/s]	[Hz]	[m/s]	[Hz]	[m/s]	[Hz]	[m/s]	[Hz]
1.200	4,71	28,0												
1.300	5,11	30,0												
1.400	5,50	32,0												
1.500	5,89	35,0												
1.600	6,29	37,0	4,62	26										
1.700	6,68	39,0	4,91	28										
1.800	7,07	41,0	5,20	30										
1.900	7,47	44,0	5,49	31										
2.000	7,86	46,0	5,78	33										
2.200	8,64	51,0	6,35	36	4,86	26								
2.400	9,43	55,0	6,93	40	5,30	29								
2.600	10,22	60,0	7,51	43	5,75	31								
2.800	11,00	64,0	8,09	46	6,19	34	4,89	28						
3.000	11,79	69,0	8,66	50	6,63	36	5,24	30						
3.200	12,57	74,0	9,24	53	7,07	38	5,59	32						
3.400			9,82	56	7,51	41	5,94	34	4,81	26				
3.600			10,40	60	7,96	43	6,29	36	5,09	28				
3.800			10,97	63	8,40	46	6,64	38	5,38	29				
4.000			11,55	66	8,84	48	6,99	40	5,66	31				
4.200			12,13	70	9,28	51	7,34	43	5,94	32				
4.400					9,72	53	7,69	45	6,23	34	4,96	26		
4.600					10,17	55	8,04	47	6,51	35	5,19	27		
4.800					10,61	58	8,39	49	6,79	37	5,41	29		
5.000					11,05	60	8,74	51	7,08	38	5,64	30		
5.200					11,49	63	9,08	53	7,36	40	5,86	31		
5.400					11,93	65	9,43	55	7,64	42	6,09	32		
5.600					12,38	67	9,78	57	7,92	43	6,32	33	4,99	27
5.800							10,13	59	8,21	45	6,54	35	5,17	28
6.000							10,48	61	8,49	46	6,77	36	5,35	29
6.200							10,83	63	8,77	48	6,99	37	5,53	30
6.400							11,18	65	9,06	49	7,22	38	5,70	31
6.600							11,53	67	9,34	51	7,44	39	5,88	32
6.800							11,88	69	9,62	52	7,67	41	6,06	33
7.000							12,23	71	9,91	54	7,89	42	6,24	34
7.200									10,19	55	8,12	43	6,42	35
7.400									10,47	57	8,35	44	6,59	36
7.600									10,75	59	8,57	45	6,77	37
7.800									11,04	60	8,80	47	6,95	38
8.000									11,32	62	9,02	48	7,13	39
8.200									11,60	63	9,25	49	7,31	40
8.400									11,89	65	9,47	50	7,49	41
8.600									12,17	66	9,70	51	7,66	42
8.800											9,92	53	7,84	43
9.000											10,15	54	8,02	44
9.200											10,38	55	8,20	45
9.400											10,60	56	8,38	46
9.600											10,83	57	8,56	47
9.800											11,05	58	8,73	48
10.000											11,28	60	8,91	49
10.400											11,73	62	9,27	50
10.800											12,18	64	9,62	52
11.200													9,98	54
11.600													10,34	56
12.000													10,69	58
12.400													11,05	60
12.800													11,41	62
13.200													11,76	64
13.600													12,12	66


IJklijn meetventilator 50 cm diameter
y = 0,1831x + 0,0299
Luchtsnelheid (m/s)
Aantal omwentelingen per seconde
0
2
4
6
8
10
12
14
0
10
20
30
40
50
60
70


Ijklijn meetventilator 45 cm diameter
y = 0,1696x + 0,1365
Luchtsnelheid (m/s)
Aantal omwentelingen per seconde
0
2
4
6
8
10
12
14
0
10
20
30
40
50
60
70
80

Bijlage 2. Achtergrondconcentraties





Bijlage 3. Landbouwkundige randvoorwaarden

Landbouwkundige randvoorwaarden			
Code: A4	Categorie: Vleeskalveren tot 8 maanden	*Subcategorieën:* Blankvlees- en rosévleesproductie	*Datum:* September 2013
Huisvesting	Zie eisen Kalverbesluit. Ten behoeve van de emissiemetingen moeten de kalveren gedurende de gehele mestronde tenminste over 1,8 m^2 leefoppervlak per dier beschikken. Op de meetlocatie dient huisvesting volgens het 'all in all out' systeem plaats te vinden. De afdelingen dienen voorafgaande aan de metingen tenminste 3 maanden in gebruik te zijn.		
Klimaat	De vleeskalveren worden gehouden onder zodanige omstandigheden dat de CO_2-concentratie in de lucht van de stal op dierniveau onder de 3.000 ppm blijft. Bij mechanisch geventileerde afdelingen dient tenminste een ventilatiecapaciteit per dierplaats geïnstalleerd te zijn van 150 m^3/h voor blankvlees- en 200 m^3/h voor rosékalveren.		
Voeding	Het rantsoen dient te voldoen aan de eisen die gesteld zijn in het Kalverbesluit voor blankvlees- en rosévleesproductie.		
Productie	Blankvleesproductie: groeitraject 45 – circa 225 kg, groeiperiode circa 180 dagen (KWIN 2013). Rosévleesproductie: groeitraject 100 – circa 300 kg, groeiperiode circa 145 dagen tot een maximum leeftijd van 8 maanden (KWIN, 2013). De uitval gedurende een mestronde bedraagt niet meer dan 5 (blankvlees) of 3 (rosé) %.		
Gezondheid en hygiëne	De vleeskalveren krijgen standaard veterinaire zorg. Gegevens van behandelde dieren dienen volgens het geldende protocol in de sector te worden vastgelegd		
Aantal dieren	Het aantal vleeskalverplaatsen in de afdeling waarin wordt gemeten dient minimaal 40 te zijn. Maximaal 5 % onderbezetting bij een meting is toegestaan.		
Registratie	*Tijdens de meting:* - aantal op dat moment aanwezige dieren in de afdeling - CO_2-concentratie *Gedurende de meetperiode*: - tijdstippen van verwijderen van (drijf)mest uit de mestput. -Technische resultaten van de kalveren op afdelingsniveau; start- en eindgewichten, groei en uitval - de wijze waarop voldaan wordt aan tijdens de meetperiode geldende dierwelzijnsnormen		