



Ammoniakemissie van een mestbeluchtingssysteem voor vleeskuiken- ouderdieren met beluchtingsbuizen op de vloer van de mestput

Hilko Ellen, Yvo Goselink, Guus Nijeboer, Albert Winkel, Rick van Emous

Rapport 1334



WAGENINGEN
UNIVERSITY & RESEARCH

Ammoniakemissie van een mestbeluchtingssysteem voor vleeskuikenouderdieren met beluchtingsbuizen op de vloer van de mestput

Ammonia emission of a manure aeration system for broiler breeders with aeration pipes on the floor of the manure pit

Hilko Ellen, Yvo Goselink, Guus Nijeboer, Albert Winkel, Rick van Emous

Wageningen Livestock Research

Dit onderzoek is uitgevoerd door Wageningen Livestock Research binnen het kader van de Publiek Private Samenwerking (PPS) "Breeders In Balance" (BIB) (BO-63-001-008). Dit project is een samenwerking tussen het Ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit en een consortium van verschillende partijen.

Wageningen Livestock Research
Wageningen, september 2021

Rapport 1334

Ellen, H.H., Y. Goselink, G. Nijeboer, A. Winkel en R.A. van Emous, 2021. *Ammoniakemissie van een mestbeluchtingssysteem voor vleeskuikenouderdieren met beluchtingsbuizen op de vloer van de mestput* = *Ammonia emission of a manure aeration system for broiler breeders with aeration pipes at the floor of the manure pit*. Wageningen Livestock Research, Rapport 1334.

In het Besluit emissiearme huisvesting zijn maximale emissiewaarden gesteld voor nieuw te bouwen stallen voor ammoniak en fijnstof. De grenswaarde voor vleeskuikenouderdieren voor ammoniak is per 2020 op 0,250 kg per dierplaats per jaar gesteld. Er is echter een gebrek aan praktische systemen die hier aan voldoen en ook tegemoet komen aan alle andere zaken op het gebied van milieu, economische haalbaarheid/betaalbaarheid, dierenwelzijn, toepasbaarheid, etc. In dit rapport worden de resultaten gepresenteerd van ammoniakemissiemetingen aan een mestbeluchtingssysteem voor vleeskuikenouderdieren met beluchtingsbuizen op de vloer van de mestput. De metingen werden uitgevoerd op een praktijkbedrijf met vleeskuikenouderdieren. In één stal van dit bedrijf is een mestbeluchtingssysteem ingebouwd bestaande uit beluchtingspijpen op de vloer van de mestkelder onder de beun waarmee de mest van onderaf werd gedroogd. Door deze droging werd beoogd de microbiële omzetting van urinezuur en onverteerde eiwitten naar ammoniak te remmen. Een vrijwel identieke stal op het bedrijf werd als controlestal gebruikt. De emissies van ammoniak uit twee stallen voor vleeskuikenouderdieren komen op respectievelijk 0,408 kg/dierplaats per jaar voor een stal met en 0,404 kg/dierplaats per jaar voor een stal zonder een mestbeluchtingssysteem. Het toepassen van het aangepaste beluchtingssysteem had op basis van deze waarden geen reducerend effect op de ammoniakemissie in stallen voor vleeskuikenouderdieren.

Deze studie is uitgevoerd door Wageningen Livestock Research in opdracht van en gesubsidieerd door het Consortium Breeders In Balance en het Ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit.

In the Dutch decree on low-emission housing of livestock maximum emission values have been set as from 2020 for newly build barns. The maximum emission value for broiler breeders has been set at 0.250 kg per animal place per year. Housing systems that comply with this value, and comply with demands with regard to environmental impact, animal welfare, applicability, et cetera, are lacking. In this report, results are presented of ammonia emission measurements on a broiler breeder farm. In one barn of this farm, a manure aeration system was installed, consisting of aeration pipes on the floor of the manure pit under the elevated slats, for drying of the manure. This drying was intended to reduce the microbial conversion of uric acid and undigested proteins into ammonia. An almost identical barn on the farm was used as a control barn. The measurements show that the aeration system did not reduce emissions of ammonia. Suggestions are presented to make the system more effective. This study has been conducted by Wageningen Livestock Research and was commissioned by the Consortium Breeders In Balance and the Ministry of Agriculture, Nature and Food Quality.

Dit rapport is gratis te downloaden op <https://doi.org/10.18174/553812> of op www.wur.nl/livestock-research (onder Wageningen Livestock Research publicaties).



Dit werk valt onder een Creative Commons Naamsvermelding-Niet Commercieel 4.0 Internationaal-licentie.

© Wageningen Livestock Research, onderdeel van Stichting Wageningen Research, 2021

De gebruiker mag het werk kopiëren, verspreiden en doorgeven en afgeleide werken maken. Materiaal van derden waarvan in het werk gebruik is gemaakt en waarop intellectuele eigendomsrechten berusten, mogen niet zonder voorafgaande toestemming van derden gebruikt worden. De gebruiker dient bij het werk de door de maker of de licentiegever aangegeven naam te vermelden, maar niet zodanig dat de indruk gewekt wordt dat zij daarmee instemmen met het werk van de gebruiker of het gebruik van het werk. De gebruiker mag het werk niet voor commerciële doeleinden gebruiken.

Wageningen Livestock Research aanvaardt geen aansprakelijkheid voor eventuele schade voortvloeiend uit het gebruik van de resultaten van dit onderzoek of de toepassing van de adviezen.

Wageningen Livestock Research is NEN-EN-ISO 9001:2015 gecertificeerd.

Op al onze onderzoeksopdrachten zijn de Algemene Voorwaarden van de Animal Sciences Group van toepassing. Deze zijn gedeponeerd bij de Arrondissementsrechtbank Zwolle.

Openbaar Wageningen Livestock Research Rapport 1334

Inhoud

	Woord vooraf	5
	Samenvatting	7
1	Inleiding	9
	1.1 Aanleiding en achtergrond	9
	1.2 Doel	9
	1.3 Opzet rapport	9
2	Materiaal en methoden	11
	2.1 Beschrijving techniek en werkingsprincipe	11
	2.2 Beschrijving stal en bedrijfssituatie	13
	2.3 Meetstrategie	15
	2.4 Meetmethoden	16
	2.4.1 Ammoniak (NH ₃)	16
	2.4.2 Koolstofdioxide (CO ₂) t.b.v. het ventilatiedebiet	17
	2.4.3 Temperatuur en relatieve luchtvochtigheid	17
	2.4.4 Drogestofgehalte, totaal-N en ammonium-N roostermest	17
	2.4.5 Productiegegevens	18
	2.5 Dataverwerking en analyse	18
	2.5.1 Berekening ventilatiedebiet	18
	2.5.2 Berekening ammoniakemissie en reductiepercentage	19
	2.5.3 Statistische analyses	19
3	Resultaten	20
	3.1 Meetomstandigheden	20
	3.2 CO ₂ -concentratie en ventilatiedebiet	23
	3.3 Concentratie, emissie en reductie ammoniak	24
	3.4 Drogestofgehalte, totaal-N en ammonium-N roostermest	26
	3.5 Drogestofgehalte, totaal-N en ammonium-N boven- en onderlaag roostermest	28
4	Discussie	29
5	Conclusie	31
	Literatuur	32
	Bijlage 1 Beschrijving stallen en foto's	33
	Bijlage 2 Landbouwkundige voorwaarden	38
	Bijlage 3 Kalibratie meetapparatuur	39
	Bijlage 4 Detail resultaten drogestof, totaal-N en ammonium-N	40

Woord vooraf

Een van de onderdelen in de PPS Breeders In Balance (BIB) is gericht op het verminderen van de ammoniakemissie uit stallen voor vleeskuikenouderdieren. Daarvoor zijn brainstormsessies gehouden en is een pilotstudie uitgevoerd om te komen tot een ontwerp van een systeem zonder de nadelen van bestaande systemen. Het toegepaste en onderzochte systeem is afgeleid van een bestaand systeem (Perfo-vloer systeem) waarbij de mest onder het rooster via een aangepaste techniek belucht wordt. In dit rapport worden de resultaten gepresenteerd van de ammoniakemissiemetingen uitgevoerd bij een praktijkbedrijf met vleeskuikenouderdieren. Deze studie is uitgevoerd door Wageningen Livestock Research in opdracht van en gesubsidieerd door het Consortium Breeders In Balance en het Ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit.

De auteurs bedanken de pluimveehouder die meegewerkt heeft aan dit onderzoek. Verder bedanken de auteurs de partners (Ministerie van LNV, PLUIMNED (Stuurgroep opfok en vermeerdering LTO/NOP en NVP), ABZ Diervoeding, Aviagen-EPI BV, Cobb Europe BV, De Heus Voeders BV, De Hoop Mengvoeders BV, Hubbard Nederland, Jansen Poultry Equipment, Kuikenbroederij Van Hulst BV, MSD Animal Health Nederland, PoultryPlus BV en Veterinair Centrum Someren) binnen het meerjarige project 'Breeders In Balance' voor de prettige samenwerking in het onderzoek. Voor de uitgebreide review van het concept van het rapport willen we Jan van Harn bedanken.

De auteurs

Samenvatting

Aanleiding en doel

Het Besluit emissiearme huisvesting veehouderij is per augustus 2015 in werking getreden. In dit besluit zijn maximale emissiewaarden voor ammoniak en fijnstof vastgelegd voor nieuw te bouwen stallen. De grenswaarde voor ammoniak voor vleeskuikenouderdieren is per 2020 op 0,250 kg per dierplaats per jaar gesteld. Op dit moment is er een gebrek aan praktische systemen die tegemoet komen aan die grenswaarde en die geen afwenteling geven op andere onderdelen van een goed en duurzaam houderijsysteem voor ouderdieren. De meeste ammoniak reducerende systemen geven nadelen op energieverbruik, diergezondheid, praktische toepasbaarheid, mogelijkheid tot implementatie in bestaande stallen en arbeid. Om tot een ander ammoniak reducerend systeem voor vleeskuikenouderdieren te komen zijn brainstormsessies en een pilot studie uitgevoerd om een systeem te ontwikkelen zonder de nadelen van bestaande systemen. Het toegepaste en onderzochte systeem in dit rapport is afgeleid van het bestaande Perfo-vloer systeem, waarbij de mest van onder een rooster onder in de mestput belucht wordt.

Ammoniakreductiesysteem en proefstal

Deze studie is uitgevoerd op een bedrijf met vleeskuikenouderdieren met meerdere (vrijwel) identieke stallen. De metingen zijn uitgevoerd bij twee van de vier aanwezige stallen. In de proefstal werd het mestbeluchtingssysteem ingebouwd terwijl een naastgelegen stal als controlestal diende. In de proefstal werd op de vloer van de mestput onder de roosters een beluchtingssysteem aangebracht van pvc-buizen (diameter 150 mm) met aan beide zijden om de 20 cm 6 mm gaatjes. Via de buizen werd continu stallucht door de mest geblazen dat zich gedurende de productieperiode ophoopte. De hoeveelheid lucht kon worden gevarieerd maar bedroeg maximaal 1,7 m³/dier/uur. Door deze wijze van beluchten werd getracht de mest zo snel mogelijk in te drogen en de microbiële omzetting van urinezuur en onverteerde eiwitten naar ammoniak af te remmen. In de controlestal waren geen voorzieningen aangebracht om de emissie van ammoniak te reduceren. Beide stallen waren traditioneel ingerichte stallen van 16 x 65 meter (buitenwerkse maten). In het midden van de stallen bevonden zich legnesten van 1,4 m breed, aansluitend een gedeelte roostervloer van twee maal 3,6 m met daaronder een mestput en langs de zijgevels twee strooiselgedeeltes van 3,6 m breed. Per stal werden 7.350 vleeskuikenouderdieren (6.730 hennen en 620 hanen) gehouden. Beide stallen waren voorzien van mechanische lengteventilatie.

Meetstrategie en meetmethoden

In dit onderzoek is als meetstrategie de 'Case-Control' methode toegepast. De metingen voor het bepalen van het effect van de beluchting van de mest op de emissie van ammoniak werden tegelijkertijd in beide stallen uitgevoerd. Omdat de metingen werden uitgevoerd binnen één productieronde is gekozen om de metingen om de zeven weken te plannen. Hierbij is ook rekening gehouden met het feit dat een meting tijdens de eerste weken van de legfase van de dieren (van ca. 20 tot 25 weken leeftijd) veel verstoring kan geven met nadelige effect op de productieresultaten. Daarom waren in die periode geen metingen gepland waardoor er geen metingen in de maanden maart t/m mei waren.

Tijdens voornoemde meetdagen zijn de concentraties van ammoniak (NH₃) en koolstofdioxide (CO₂) gemeten, alsook de temperatuur en relatieve vochtigheid (RV). Voor zowel ammoniak als koolstofdioxide zijn metingen aan de buitenlucht (achtergrondconcentratie) uitgevoerd bij drie meetpunten aan weerszijden van en tussen beide stallen. Voor het bepalen van de concentraties in de uitgaande luchtstroom is een positie gekozen zo dicht mogelijk bij de ventilatoren die zorgden voor de afvoer van de stallucht. Het meetpunt bevond zich in de uitgaande luchtstroom boven het legnest op circa drie meter van de ventilatoren in de eindgevel.

Voor het meten van de ammoniakconcentratie in de uitgaande luchtstroom en de achtergrondconcentratie werd gebruik gemaakt van de zogenaamde 'nat-chemische methode'. Daarnaast werd de ammoniakconcentratie in de stallen ook continu gemeten met behulp van elektrochemische Draeger sensoren. Ten behoeve van het vaststellen van het ventilatiedebiet werd de concentratie van koolstofdioxide gemeten en via de CO₂-balansmethode werd het ventilatiedebiet

bepaald. Ter vastlegging van de meetomstandigheden werden temperatuur en relatieve luchtvochtigheid gemeten met een gecombineerde logger. Voor het vaststellen van het effect van de beluchting op de samenstelling van de mest in de mestkelder werden representatieve monsters verzameld voor de volgende analyses: drogestof, totaal-N en ammonium-N. Daarnaast werden diverse relevante productiegegevens (aantal dieren, diergewicht, eiproductie, eigewicht, voerverbruik en uitval) per stal verzameld.

Resultaten

In totaal werden in beide stallen zes metingen uitgevoerd die alle zes technisch geslaagd waren en konden worden gebruikt voor het bepalen van het reductiepercentage. Uit de statistische analyse bleek dat de staltemperatuur en het ventilatiedebiet niet significant verschilden tussen case- en controlestal wat duidt op een zuivere vergelijkingsbasis. De emissie van ammoniak was niet significant verschillend tussen beide stallen. De emissies bedroegen respectievelijk 0,408 kg/dierplaats per jaar voor de casestal en 0,404 kg/dierplaats per jaar voor de controlestal.

Conclusie

Het toepassen van het mestbeluchtingssysteem met beluchtingsbuizen op de vloer van de mestput had geen reducerend effect op de ammoniakemissie in stallen voor vleeskuikenouderdieren.

1 Inleiding

1.1 Aanleiding en achtergrond

Per augustus 2015 is het Besluit emissiearme huisvesting veehouderij (Beh) van kracht geworden. Hierin zijn maximale emissiewaarden gesteld voor nieuw te bouwen stallen voor ammoniak en fijnstof. Per 2020 is de maximale emissiewaarde voor vleeskuikenouderdieren voor ammoniak op 0,250 kg per dierplaats per jaar gesteld. Deze waarde is gebaseerd op een grondhuisvestingssysteem met Rav code E 4.4.1 (BWL 2004.13) waarbij continu lucht (2,5 m³/dier/uur) van minimaal 24°C over de mest onder de beun moet worden geblazen. De lucht wordt over de mest geblazen via horizontale en in de lengterichting van de stal hangende buizen die opgelierd kunnen worden als het mestniveau toeneemt en mag maximaal voor de helft stallucht zijn. Het beluchten van mest is een in de pluimveehouderij breed toegepast principe met diverse toepassingen. Het achterliggende werkingsmechanisme is het snel verdampen van water uit de mest: hierdoor wordt de activiteit van micro-organismen geremd welke urinezuur en onverteerde eiwitten omzetten in ammoniak. Het bij vleeskuikenouderdieren toegepaste systeem volgens E 4.4.1 heeft echter twee grote nadelen:

1. om de temperatuur van 24°C te realiseren zal er gedurende het jaar, ondanks de inzet van een warmtewisselaar, regelmatig aanvullende verwarming nodig zijn;
2. het debiet van 2,5 m³/dier/uur geeft een hoge luchtsnelheid onder de roosters met daardoor een grotere kans op tocht bij de dieren tijdens de nachtperiode als ze op de beun zitten. Hierdoor is er meer kans op het ontstaan van ziekte (o.a. coccidiose) bij de dieren.

Om hun bedrijf verder te kunnen ontwikkelen bij voornoemde maximale emissiewaarde hebben diverse vermeerderders toch voor dit systeem gekozen. In de vermeerderingssector bestaat echter grote behoefte aan een ammoniakemissiearm grondhuisvestingssysteem dat voldoet aan het Beh, maar dat voornoemde nadelen niet kent.

Om in deze behoefte te voorzien zijn, binnen het meerjarige project 'Breeders in Balance', brainstormsessies gehouden en is een pilotstudie uitgevoerd. Op basis hiervan is een ontwerp gemaakt van een praktijkstal waarbij de mest onder de roosters wordt belucht via buizen onder in de mestput (vernieuwd Perfo-vloer systeem). Dit systeem is door Wageningen Livestock Research toegepast en beproefd op een praktijkbedrijf met vleeskuikenouderdieren. In dit rapport worden de resultaten gepresenteerd van metingen van de ammoniakemissie aan dit ontwerp volgens het in Nederland geldende meetprotocol (Ogink et al., 2017).

1.2 Doel

Het doel van dit onderzoek was het vaststellen van de ammoniakemissiereductie bij grondhuisvesting voor vleeskuikenouderdieren door het continu drogen van de mest onder de roosters met beluchtingsbuizen onder in de mestput. Daarbij is gekozen om dit onderzoek volgens een case-control strategie uit te voeren op één bedrijfslocatie waarbij het beluchtingsysteem werd ingebouwd in een casestal en de controlestal als referentie diende. Bij een positief resultaat (een lagere ammoniakemissie in de stal met het beluchtingssysteem) zouden de metingen ook op een door het protocol gevraagde tweede bedrijfslocatie worden uitgevoerd. Het systeem zou dan kunnen worden opgenomen in de Rav zodat het beschikbaar komt als ammoniakemissiearm systeem voor vermeerderders die willen renoveren of nieuwbouwen.

1.3 Opzet rapport

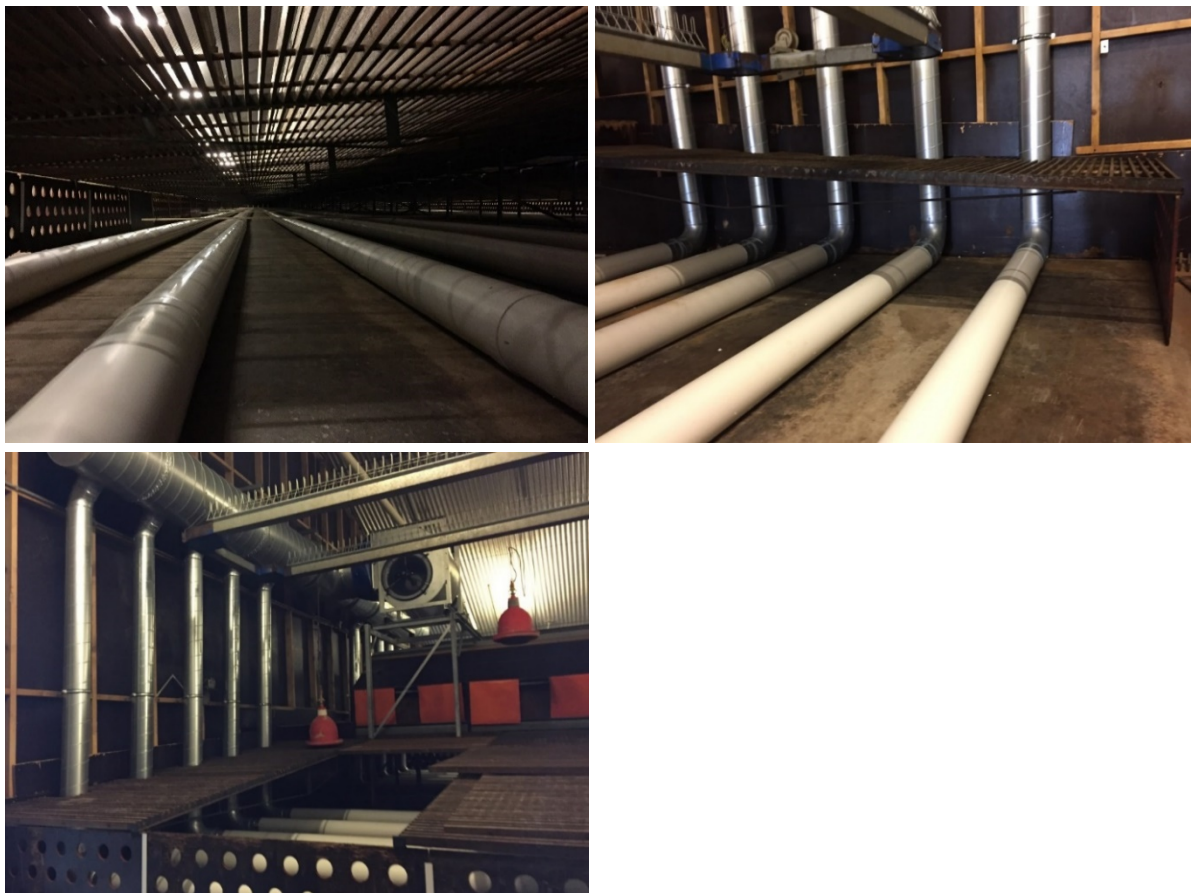
In dit meetrapport wordt in hoofdstuk 2 ingegaan op de toegepaste materialen en methoden. Daarbij wordt eerst de beluchtingstechniek waar dit onderzoek zich op richtte beschreven, samen met het werkingsprincipe. Daarna volgt een korte beschrijving van de stal waarin de techniek is toegepast. Tot slot worden de gebruikte meetmethoden en de meetstrategie beschreven en de verwerking van de

meetgegevens. In hoofdstuk 3 worden de resultaten van de metingen gepresenteerd, waarna in hoofdstuk 4 een discussie volgt over de aspecten die mogelijk van invloed zijn geweest op de resultaten van de metingen. De conclusie naar aanleiding van de discussie volgt daarna in hoofdstuk 5.

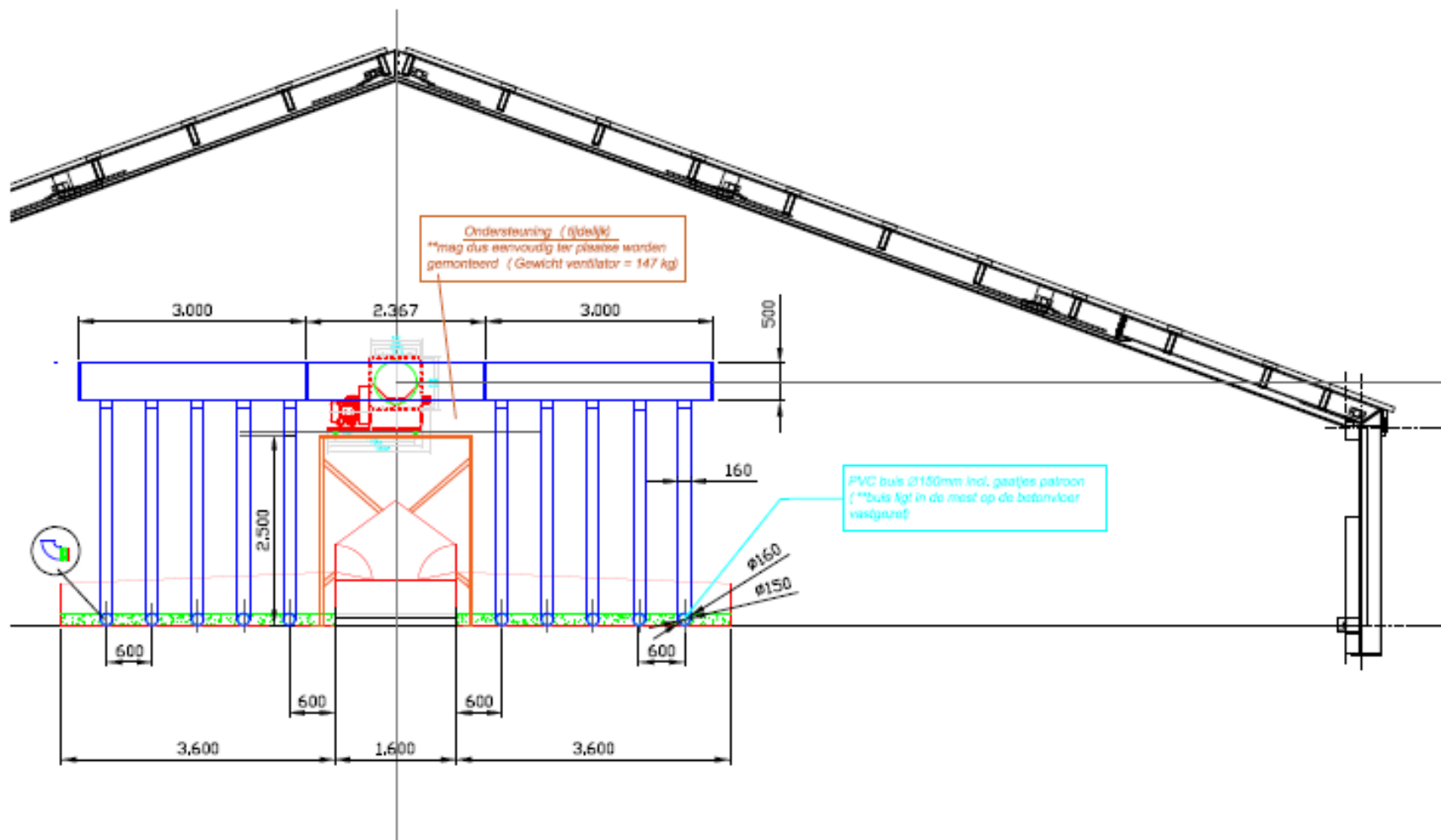
2 Materiaal en methoden

2.1 Beschrijving techniek en werkingsprincipe

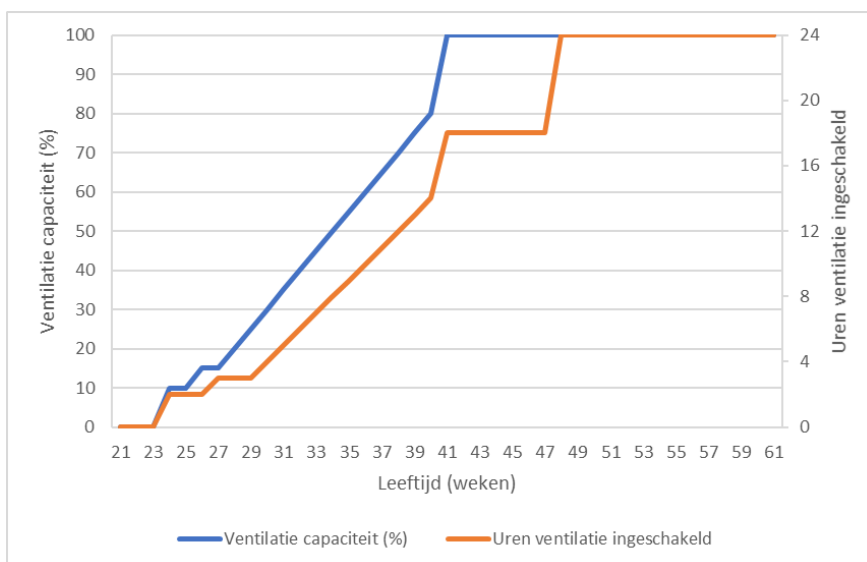
Dit onderzoek is uitgevoerd in twee vrijwel identieke stallen voor vleeskuikenouderdieren op dezelfde bedrijfslocatie. Op dit bedrijf werd het beluchtingsysteem ingebouwd in een casestal en terwijl een tweede identieke stal als referentie/controle diende. Beide stallen hadden een traditionele inrichting met strooiselvloer, verhoogde beun met roosters en legnesten (zie par. 2.2). In de casestal werd op de vloer van de mestput onder de roosters van de beun een beluchtingssysteem aangebracht van pvc-buizen (Ø 150 mm) in de lengterichting van de stal. De buizen hadden aan beiden zijden om de 20 cm gaatjes van 6 mm diameter (zie figuur 2.1). De hart-op-hart afstand tussen de buizen bedroeg 60 cm. In totaal lagen er vijf buizen onder elke zijde van de beun, tien in totaal. De buizen liepen van voorgevel naar achtergevel waarbij vanaf de voorgevel lucht door de buizen werd geblazen via een ventilator welke stallucht aanvoerde.



Figuur 2.1 Beluchtingssysteem onder in de mestput voor het drogen van de mest. Linksboven: de beluchtingsbuizen onder de beun. Rechtsboven: verticale aanvoerbuizen van lucht naar de horizontale beluchtingsbuizen. Linksonder: verticale aanvoerbuizen, de hoofdaanvoerbuis (Ø 500 mm) en de ventilator voor aanvoer van stallucht.



Figuur 2.2 Schematische tekening van het beluchtingssysteem.



Figuur 2.3 Instellingen (% van ventilatiecapaciteit op de Y₁-as en aantal uren per dag op de Y₂-as) van het beluchtingssysteem weergegeven over de leeftijd van de dieren.

Via de buizen werd continu lucht geblazen door de mest die zich gedurende de productieperiode ophoopte. De hoeveelheid lucht kon worden gevarieerd maar bedroeg totaal maximaal 12.500 m³/uur (1,7 m³/dier/uur) (figuur 2.3). Op basis van de beschrijving van het Perfo-vloer systeem werd de volledige ventilatiecapaciteit (% en uren) in het begin van de legperiode niet benut. Dit werd min of meer lineair opgebouwd van 0% en 0 uren per dag naar 100% op 40 weken leeftijd en 24 uur op 48 weken leeftijd.

Door deze wijze van beluchten werd getracht de mest zo snel mogelijk in te drogen. Het achterliggende werkingsmechanisme is het snel verdampen van water uit de mest: hierdoor wordt de activiteit van micro-organismen geremd welke urinezuur en onverteerde eiwitten omzetten in ammoniak. In de casestal waren geen voorzieningen aangebracht om de emissie van ammoniak te reduceren (dit kon binnen de vergunning van het bedrijf).

2.2 Beschrijving stal en bedrijfssituatie

Dit onderzoek is uitgevoerd in twee van de vier aanwezige stallen op een bedrijf met vleeskuikenouderdieren. De twee stallen waren vrijwel identiek. Het waren traditioneel ingerichte stallen met in het midden (dwarsdoorsnede) legnesten op een verhoogde roostervloer (beun) met daaronder een mestput en strooiselvloeren tussen beun en zijgevels. De ventilatie vond plaats via inlaatventielen in de zijgevels en ventilatoren in de eindgevel. Een gedetailleerde beschrijving van de stallen is opgenomen in Bijlage 1 bij dit rapport. In figuur 2.4 is een luchtfoto van het bedrijf weergegeven. De bovenste stal was de casestal, de stal daaronder de controlestal. In bijlage 1 is een foto opgenomen van het bedrijf in de wijdere omgeving. Figuur 2.5 geeft een beeld van de binnenzijde van de casestal.



Figuur 2.4 Bovenaanzicht bedrijf met de casestal en controlestal.



Figuur 2.5 Overzicht van de binnenkant van de casestal met verhoogde roostervloer, legnesten en scharrelruimte langs de zijgevel. Tegen de voorgevel is het verdeelsysteem zichtbaar voor de beluchting van de mest in de mestput. Tevens zichtbaar zijn rode ronddrinkers en voergoten boven de roosters, TL-armaturen aan de plafonds en luchtinlaatventielen in de zijgevels.

2.3 Meetstrategie

Emissie reducerende technieken voor stallen worden getest volgens het meetprotocol zoals die is opgesteld in Nederland (Ogink et al., 2017) en in het internationale VERA collectief (VERA, 2018). Deze protocollen schrijven o.a. het volgende voor:

- een techniek moet op twee bedrijfslocaties worden bemeten om variatie in de prestatie van de techniek tussen bedrijven (t.g.v. ras, management, voeding, etc.) mee te nemen in het uiteindelijke reductiepercentage;
- de metingen dienen plaats te vinden in een proefstal versus een identieke referentiestal op hetzelfde bedrijf (een 'case-control' strategie) of ná versus vóór een end-of-pipe-techniek zoals een filter;
- per locatie moeten er zes 24-uursmetingen uitgevoerd worden (totaal 12). Daarvan moeten tenminste vier metingen per bedrijfslocatie en tenminste tien in totaal betrouwbare resultaten opleveren. Door metingen over 24 uur uit te voeren wordt alle variatie die er binnen een dag optreedt meegenomen in de resultaten. De metingen moeten worden gespreid over het kalenderjaar en de productieperiode van de dieren om ook variatie t.g.v. seizoenen en productiestadia van dieren mee te nemen in de resultaten;
- de emissie bestaat uit het product van ventilatiedebiet maal concentratie van een vervuilende stof verminderd met de in de achtergrond aanwezige concentratie. Het protocol schrijft zowel voor het meten van het ventilatiedebiet als voor het meten van concentraties een aantal wetenschappelijk valide meetmethoden voor. Voor pluimveestallen waar meerdere ventilatoren aanwezig zijn (wat het gebruik van meetwaaiers belemmert) wordt de CO₂-balansmethode als een valide methode beschouwd om het ventilatiedebiet te bepalen;
- de bemeten stallen dienen te voldoen aan landbouwkundige randvoorwaarden, zie bijlage 2. Hierin staat opgenomen welke variabelen tijdens het uitvoeren van de metingen dienen te worden geregistreerd en gerapporteerd om naderhand te kunnen verifiëren of de metingen hebben plaatsgevonden onder representatieve omstandigheden.

Als meetstrategie is de 'Case-Control' methode toegepast. Op de locatie waren twee vrijwel identieke stallen aanwezig. De metingen voor het bepalen van het effect van de beluchting van de mest op de emissie van ammoniak werden tegelijkertijd in beide stallen uitgevoerd.

Omdat de metingen werden uitgevoerd binnen één productieronde is ervoor gekozen om de metingen om de zeven weken te plannen. Hierbij is ook rekening gehouden met het feit dat een meting tijdens de eerste weken van de legfase van de dieren (van ca. 20 tot 25 weken leeftijd) veel verstoring kan geven met nadelige effect op de productieresultaten. Daarom zijn in die periode geen metingen gepland. Door deze planning van de metingen waren er geen metingen in de maanden maart t/m mei.

Tijdens voornoemde meetdagen zijn de concentraties van ammoniak en koolstofdioxide gemeten, alsook de temperatuur en relatieve luchtvochtigheid. Met behulp van gasdetectiebuisjes (Kitagawa) is op iedere meetdag indicatief de ammoniakconcentratie gemeten.

Voor zowel ammoniak als koolstofdioxide zijn ook metingen in de buitenlucht (achtergrondconcentratie) uitgevoerd: op drie meetpunten aan weerszijden van en tussen beide stallen.

Voor het bepalen van de concentraties in de uitgaande luchtstroom is een positie gekozen zo dicht mogelijk bij de ventilatoren die zorgen voor de afvoer van de stallucht. Figuur 2.6 geeft de situatie in de bemeten stal weer van de meetpositie ten opzichte van de ventilatoren. Het meetpunt bevond zich boven het legnest op circa drie meter van de ventilatoren in de eindgevel. Op de stalplattegrond in bijlage 1 is de meetlocatie blauw omcirkeld.



Figuur 2.6 Plaats van de meting van de concentraties in de stal (blauw omcirkeld).

2.4 Meetmethoden

Een omschrijving van het onderhoud en kalibraties van onderstaande instrumenten is te vinden in bijlage 3.

2.4.1 Ammoniak (NH_3)

Voor het meten van de ammoniakconcentratie in de uitgaande luchtstromen en de achtergrondconcentratie werd gebruik gemaakt van de zogenaamde 'nat-chemische methode'. Bij deze meetmethode wordt de lucht via een monsternameleiding met een constante luchtstroom aangezogen met behulp van een pomp (Thomas Industries Inc., model 607CD32, Wabasha, Minnesota, VS) en een kritische capillair van $\sim 1,0$ L/min (figuur 2.7). De aangezogen lucht werd door drie in serie geplaatste impingers (wasflessen) gezogen. De eerste twee impingers waren gevuld met 100 ml salpeterzuur waarin de ammoniak werd ingevangen als ammonium (NH_4^+). De tweede impinger werd gebruikt om eventuele doorslag van ammoniak door de eerste impinger op te vangen. Om doorslag naar de pomp te voorkomen werd de lucht na de twee impingers met zuur door een vochtvanger (impinger zonder vloeistof) geleid. De metingen werden per meetplek, zowel binnen als buiten de stal, in duplo (twee sets van drie impingers) uitgevoerd. De molariteit van de zure oplossing in de wasflessen is afhankelijk van het aanbod van ammoniak dat moet worden gebonden en bedroeg hier 0,5M. Na de bemonsteringstijd (24 uur) werd de concentratie van als ammonium ingevangen ammoniak spectrofotometrisch bepaald. Aan het begin en aan het einde van de monstername werd de exacte luchtstroom door de wasflessen bepaald met behulp van een flowmeter (Defender 510-m, Bios Int. Corp, VS). Op basis van de bemonsteringsduur, de flow rate, de ammoniumconcentratie en de hoeveelheid opvangvloeistof werd de ammoniakconcentratie in de bemonsterde lucht worden bepaald.

Naast de hiervoor genoemde metingen volgens de nat-chemische methode werd de ammoniakconcentratie op de meetpunten in de stallen ook gemeten met elektrochemische sensoren (Polytron type 8000, Dräger; Zoetermeer, Nederland) verbonden aan een dataopslagbox. Dit om het verloop van de concentratie (en samen met de concentratie van CO₂ voor het bepalen van het ventilatiedebiet, de emissie) continu te kunnen volgen.



Figuur 2.7 Meetopstelling nat-chemische methode voor ammoniakbemonstering. Links: impingers. Midden: Flowmeter. Rechts: pomp met kritisch capillairen.

2.4.2 Koolstofdioxide (CO₂) t.b.v. het ventilatiedebiet

Ten behoeve van het vaststellen van het ventilatiedebiet is de concentratie van koolstofdioxide (CO₂) gemeten. Via de CO₂-balansmethode is vervolgens het ventilatiedebiet bepaald. De CO₂-concentratie werd gemeten in lucht bemonsterd met de zogenaamde 'longmethode'. In deze methode (Ogink en Mol, 2002) wordt eerst een lege 40 liter Nalophan monsterzak in een gesloten vat geplaatst. Het inwendige van de zak is via een teflon slang verbonden met het monsternapunt. Door lucht uit het vat (d.w.z. de ruimte tussen vatwand en zak) te zuigen met behulp van een pomp (Thomas Industries Inc., model 607CD32, Wabasha, Minnesota, VS) en een kritisch capillair (continu 0,02 L/min gedurende 24 uur) ontstaat in het vat onderdruk en wordt de te bemonsteren lucht aangezogen vanaf het monsternapunt, via de teflon slang, tot in de zak. De concentratie van CO₂ in het monster werd bepaald met een gaschromatograaf (Interscience/Carbo Erba Instruments, GC 8000 Top; kolom: Molsieve 5A; detector: HWD). De bemonstering werd in duplo uitgevoerd op zowel de emissiemeetpunten in de stal als op de achtergrondpunten buiten.

Daarnaast is de CO₂-concentratie continu gemeten met een sensoren (Vaisala; Vantaa, Finland; CARBOCAP® Carbon Dioxide Probe GMP252). Er werden sensoren ingezet met een meetbereik 0-5000 ppm voor de emissiemeetpunten binnen en sensoren met een meetbereik 0-2000 ppm voor de achtergrondpunten buiten.

2.4.3 Temperatuur en relatieve luchtvochtigheid

Ter vastlegging van de meetomstandigheden werden temperatuur en relatieve luchtvochtigheid gemeten met een gecombineerde logger (Escort iLog; Askey dataloggers; Leiderdorp, Nederland). De meetpunten waren gelijk aan die van de andere metingen.

2.4.4 Drogestofgehalte, totaal-N en ammonium-N roostermest

Voor het vaststellen van het effect van de beluchting op het drogestof-, totaal-N en ammonium-N gehalte van de mest werden op het moment dat de emissiemetingen werden gedaan, ook monsters genomen van de mest onder de roosters. Dit werd in iedere stal gedaan op zes plaatsen, verdeeld over de roosters aan beide zijden van de legnesten (links en rechts drie monsters). Van de drie verschillende monsters links en rechts van het legnest werd een mengmonster gemaakt voor analyse. Tijdens de vijfde meting (15-01-2020) zijn separate mestmonsters genomen van de bovenste en onderste 20 cm van de mestlaag.

2.4.5 Productiegegevens

Op iedere tweede dag van een meetperiode van 24 uur werd de volgende informatie genoteerd om na te gaan of is voldaan aan de landbouwkundige voorwaarden van het meetprotocol (Ogink et al., 2017):

- aantal aanwezige dieren;
- gemiddeld hengewicht;
- eiproductie: legpercentage/aantal eieren en gemiddeld eigewicht;
- voerverbruik van de dieren (hennen en hanen);
- waterverbruik van de dieren;
- voersamenstelling (met name eiwit- en energiegehalte);
- uitval;
- evt. toediening van medicatie of additieven.

Voor vleeskuikenouderdieren zijn in bijlage B van genoemd meetprotocol geen specifieke landbouwkundige voorwaarden opgenomen. Daarom wordt aangesloten bij de in de praktijk gangbare normen zoals te vinden in de managementgids van de fokker (Aviagen-EPI, 2017) en KWIN-Veehouderij (KWIN, 2020).

Tevens werd de pluimveehouder gevraagd naar eventuele veranderingen of verschillen die hij dacht waar te nemen, bijvoorbeeld verschillen in klimaat of gedrag van de kippen.

2.5 Dataverwerking en analyse

2.5.1 Berekening ventilatiedebiet

Voor het berekenen van het ventilatiedebiet per afzonderlijke 24-uursmeting en stal is de CO₂-balansmethode gebruikt. Deze methode is gebaseerd op de rekenregels van de CIGR voor het bepalen van de CO₂-productie van de dieren (CIGR, 2002; Pedersen et al., 2008). Hiervoor wordt eerst de warmteproductie van de leghennen als volgt berekend:

$$\Phi_{tot} = 6.8 m^{0.75} + 25Y_2$$

waarbij:

- Φ_{tot} = totale warmteproductie per dier in W;
- m = gewicht van het dier in kg
- Y_2 = eiproductie in kg/dag.

De CO₂-productie werd vervolgens berekend met behulp van de volgende formule:

$$CO_2 - productie = \Phi_{tot} * 0,185$$

waarbij:

- CO₂-productie = productie van CO₂ in m³/uur per dier;
- 0,185 = waarde voor CO₂-productie in m³/uur per kW.

Het ventilatiedebiet werd vervolgens berekend op basis van de volgende formule:

$$Q = \frac{CO_2 - productie}{([CO_2]_{stal} - [CO_2]_{buiten}) * 10^{-6}}$$

waarbij:

- Q = ventilatiedebiet in m³/uur per dier
- CO₂-productie = productie van CO₂ in m³/uur per dier;
- [CO₂]_{stal} = CO₂ concentratie in parts per million (ppm) gemeten bij het emissiepunt van de stal;
- [CO₂]_{buiten} = CO₂ concentratie in parts per million (ppm) gemeten op 3 punten buiten de stal, zie bijlage 1.

2.5.2 Berekening ammoniakemissie en reductiepercentage

Per meting werden de emissies ($E_{\text{dierplaats}}$; kg/jaar per dierplaats en E_{dier} ; kg/jaar per dier) van ammoniak voor zowel de controle- als voor de casestal bepaald op basis van het gemiddeld ventilatiedebiet over de gehele meetperiode en de gemiddelde concentratie (24-uursgemiddelde) in de uitgaande lucht (C_{uit} [kg/m³]) en in de ingaande (achtergrond)lucht (C_{in} [kg/m³]).

De emissies op jaarbasis werden uitgedrukt per dierplaats en gecorrigeerd met een leegstandsfactor van 0,87 corresponderend met een leegstandsperiode voor ouderdieren van 13% (Ogink et al., 2017):

$$E_{\text{dierplaats}} = V \times (C_{\text{uit}} - C_{\text{in}}) \times \frac{D_i}{D_n} \times 24 \times 365 \times 0,87$$

In de case stal bleek de uitval van hennen en hanen aanzienlijk hoger te zijn dan in de controlestal. Om de emissies van casestal en controlestal zuiver te kunnen vergelijken, zijn daarom de emissies ook berekend per dier in plaats van dierplaats en daarbij niet gecorrigeerd voor een leegstandsperiode:

$$E_{\text{dier}} = V \times (C_{\text{uit}} - C_{\text{in}}) \times 24 \times 365$$

waarbij:

- $E_{\text{dierplaats}}$ = emissie ammoniak in kg per dierplaats per jaar
- E_{dier} = emissie ammoniak in kg per dier per jaar
- V = ventilatiedebiet per aanwezig dier in m³ per dier per uur
- C_{uit} = concentratie ammoniak in uitgaande luchtstroom in kg/m³
- C_{in} = concentratie ammoniak in ingaande luchtstroom in kg/m³
- D_i = aantal aanwezige dieren
- D_n = aantal geplaatste dieren
- 24 = uren per dag
- 365 = aantal dagen per jaar
- 0,87 = leegstandsfactor

De proportionele emissie reductie (P) werd berekend als het proportionele verschil tussen de overall gemiddelde emissie (E_{dier}) van de case stal en de overall gemiddelde emissie (E_{dier}) van de controlestal.

2.5.3 Statistische analyses

Verschillen tussen de case- en controlestal voor de variabelen die direct of indirect gerelateerd zijn aan het emissieproces, zijn getoetst op significantie door middel van gepaarde t -toetsen. Het gaat daarbij om de variabelen:

- temperatuur in de stal (alleen voor meting 3 t/m 6);
- relatieve luchtvochtigheid in de stal (alleen voor meting 3 t/m 6);
- CO₂-concentratie in de stal;
- ventilatiedebiet;
- NH₃-concentratie in de stal
- NH₃-emissie per stal, zowel E_{dier} als $E_{\text{dierplaats}}$;
- drogestofgehalte;
- totaal-N gehalte (in de verse mest en drogestof);
- ammonium-N gehalte (in de verse mest en drogestof).

De eerste vier variabelen zijn tweezijdig getoetst, de laatste vijf variabelen ééNZijdig.

Voor de analyses werden de paartjes van waarnemingen als statistisch onafhankelijk beschouwd. Verschillen werden als statistisch significant beschouwd bij een P -waarde $<0,05$ en als trendmatig bij een P -waarde tussen 0,05 en 0,10. Alle analyses werden uitgevoerd met behulp van het statische programma Genstat (2018).

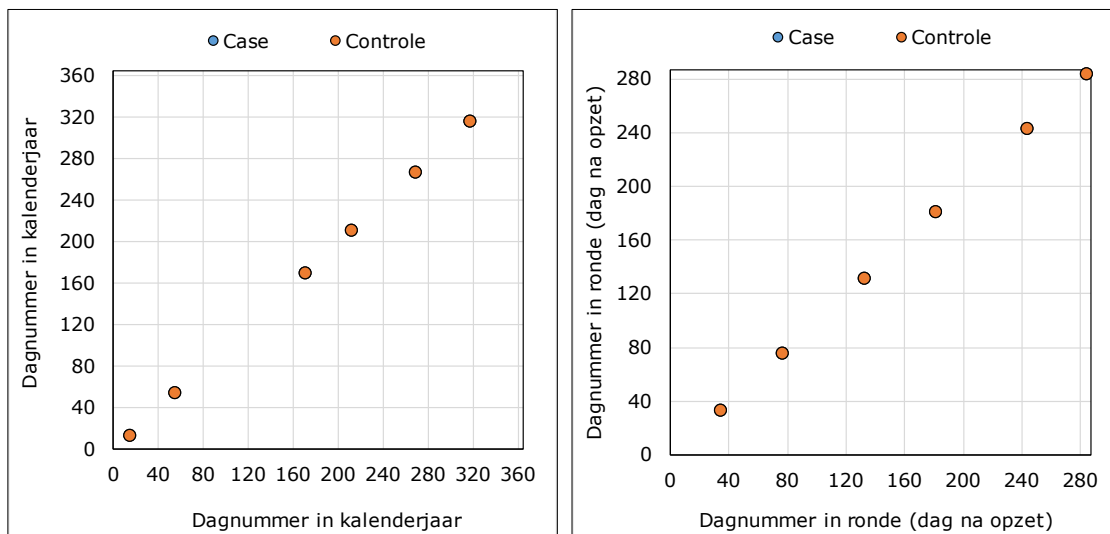
3 Resultaten

3.1 Meetomstandigheden

In figuur 3.1 zijn de meetdagen verdeeld over het jaar (links) en productieperiode (rechts) weergegeven.

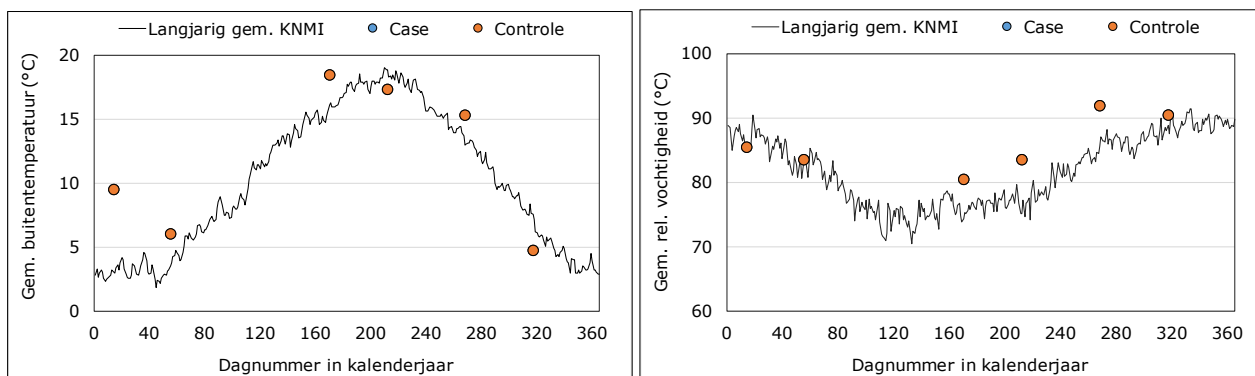
Uit de figuur blijkt dat de meetdagen redelijk goed verdeeld waren over het jaar (links) en daarmee de seizoenen. Doordat ouderdieren gedurende een productieperiode van circa 40 weken worden gehouden ontbreekt er een meting rond de 120 dagen (medio april). Er zijn in totaal zes metingen uitgevoerd in de periode van half mei 2019 tot en met eind feb 2020 (zie tabel 1) die technisch succesvol zijn verlopen en daarom alle in deze rapportage meegenomen worden in de resultaten. Het gemiddelde dagnummer van de dagen waarop is gemeten was 173 wat dicht bij het nagestreefde dagnummer van 183 ligt.

De metingen op de locatie waren goed verdeeld over de productieperiode (figuur 3.1 rechts). De eerste meting is uitgevoerd op 34 dagen na plaatsing (25 weken leeftijd), omdat vanaf die leeftijd de legperiode in een steady state komt qua voergift en mestproductie. Voor 25 weken leeftijd wordt de voergift voor de hennen twee- of driemaal per week verhoogd van circa 110 gram naar de maximale voergift van 165 gram per dier per dag. Vanaf 25 weken wordt de dagelijkse voergift gehandhaafd of licht verlaagd (maximaal 2-3 gram) waardoor de dagelijkse mestproductie op een gelijkmatig niveau is gedurende de resterende 35 weken.



Figuur 3.1 Verdeling van de metingen over het jaar (links) en productieperiode (rechts). De case case metingen liggen exact onder de control meting, aangezien er op dezelfde dag is gemeten.

In figuur 3.2 is de verdeling van de metingen over het jaar in vergelijking met de buitentemperatuur (links) en relatieve luchtvochtigheid (rechts) volgens de gemiddelde waarden gemeten over 1991 t/m 2020 van het KNMI-station Hoogeveen weergegeven. Bij vijf van de zes meetdagen was de gemeten buitentemperatuur hoger dan het langjarige gemiddelde, terwijl de zesde iets lager was. Bij drie van de zes meetdagen was de RV tijdens de metingen hoger dan het langjarige gemiddelde, terwijl er twee vergelijkbaar waren en één lager.



Figuur 3.2 Verdeling van de metingen over het jaar in vergelijking met de buitentemperatuur (links) en relatieve luchtvochtigheid (rechts) volgens de gemiddelde waarden gemeten over 1991 t/m 2020 van het KNMI-station Hoogeveen (weergegeven als lijn).

In tabel 1 zijn o.a. de data waarop de metingen zijn uitgevoerd met de relevante technische resultaten en klimaatomstandigheden (buiten en binnen in de stallen) weergegeven. De meeste technische resultaten van de dieren (eigewicht, uitkomst broedeieren, voeropname hennen en hanen en diergewicht hennen en hanen) vielen binnen de normen van het ras die gesteld zijn door de fokkerijgroepering en door KWIN (2020) worden aangereikt. Door zeer hoge buitentemperaturen (meer dan 35°C) ontstond echter hittestress waardoor in beide stallen veel dieren uitvielen (respectievelijk 15,9 en 11,7% voor de case- en controlestal). De norm voor uitval van ouderdieren is 9% met range van 5 tot en met 15% tussen 22 en 61 weken leeftijd (KWIN, 2020). Hierdoor was de eiproductie, vooral in de case stal en in mindere mate de controlestal, te laag.

De gemiddelde buitentemperatuur bedroeg 11,9°C voor de meetdagen terwijl het langjarig gemiddelde van de KNMI met 10,2°C wat lager is. De gemiddelde buitentemperatuur tijdens de metingen lag daarmee bijna 2°C hoger dan het langjarig gemiddelde. Dit komt vooral door de waarden tijdens de eerste en derde meetdag waar de temperatuur duidelijk hoger was. De gemiddelde relatieve luchtvochtigheid was 86%, wat iets hoger is dan de 82% van het langjarig gemiddelde van de KNMI.

De gemiddelde temperatuur in de stal bedroeg respectievelijk 22,8 en 23,6°C voor de case- en controlestal wat statistisch een trendmatig verschil bleek te zijn ($P=0,075$). De gemiddelde relatieve luchtvochtigheid in de case- en controlestal bedroeg respectievelijk 68,2 en 62,2%, wat een statistisch significant verschil was ($P=0,017$). Tijdens meting 1 en 2 is vanwege technische problemen de temperatuur en relatieve luchtvochtigheid alleen gemeten in de casestal, de weergegeven waardes gaan daarom alleen over meting 3 t/m 6. De behandeling kan ervoor hebben gezorgd dat het in de casestal kouder is geweest en de luchtvochtigheid hoger was door het drogen van de mest.

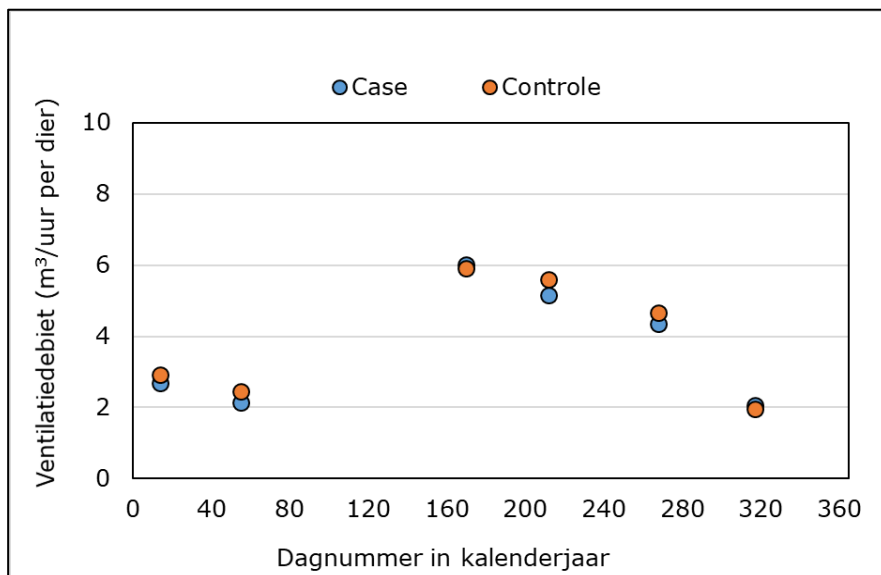
Tabel 1 Data waarop de metingen zijn uitgevoerd met dagnummer in het jaar en dagnummer in productieperiode, relevante technische resultaten en de klimaatomstandigheden (buitenklimaat en in de stal).

Variabele [eenheid]	METING 1		METING 2		METING 3		METING 4		METING 5		METING 6	
	Case	Controle	Case	Controle	Case	Controle	Case	Controle	Case	Controle	Case	Controle
Algemeen												
Datum start meting [dd-mm-yyyy]	19/06/2019		31/07/2019		25/09/2019		13/11/2019		14/01/2020		24/02/2020	
Tijd start meting [hh:mm]	11:00		08:45		11:25		08:50		09:10		09:00	
Datum einde meting [dd-mm-yyyy]	20/06/2019		01/08/2019		26/09/2019		14/11/2019		15/01/2020		25/02/2020	
Tijd einde meting [hh:mm]	11:00		08:45		11:25		08:50		09:10		09:00	
Dagnummer in jaar [#]	170		212		268		317		14		55	
Productiekengetallen												
Opzetdatum dieren [dd-mm-yyyy]	16/05/2019		16/05/2019		16/05/2019		16/05/2019		16/05/2019		16/05/2019	
Ras	Ross308		Ross308		Ross308		Ross308		Ross308		Ross308	
Dagnummer in productieronde	34		76		132		181		243		284	
Aantal hennen geplaatst	6722	6837	6722	6837	6722	6837	6722	6837	6722	6837	6722	6837
Aantal hennen aanwezig	6622	6812	6261	6530	6038	6422	5901	6338	5750	6157	5658	6043
Eiproductie p.a.h. (%)	38,8	50,4	77,4	87,4	76,1	85,1	68,9	77,3	62,0	69,5	56,9	62,5
Eigewicht (g)	52,2	52,2	59,0	59,0	63,7	63,7	66,1	66,1	69,1	69,1	70,5	70,5
Uitkomst broedeieren (%)	65,0	65,0	87,0	87,0	89,0	89,0	86,8	86,8	80,0	80,0	71,0	71,0
Uitval hennen cumulatief [%]	1,5	0,4	6,9	4,5	10,2	6,1	12,2	7,3	14,5	9,9	15,8	11,6
Aantal hannen geplaatst	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590
Aantal hanen aanwezig	540	547	481	516	439	487	390	464	356	446	349	438
Uitval hanen cumulatief [%]	8,5	7,3	18,5	12,5	25,6	17,5	33,9	21,4	39,7	24,4	40,8	25,76
Diergewicht hennen [g]	3093	3093	3528	3528	3680	3680	3813	3813	3984	3984	4117	4117
Diergewicht hanen [g]	3750	3750	4070	4070	4310	4310	4524	4524	4830	4830	5068	5068
Voeropname hennen [g/dier per dag]	155	155	166	166	164	164	164	164	164	164	164	164
Voeropname hanen [g/dier per dag]	111	111	122	122	133	133	141	141	149	149	152	152
Buitenluchtcondities												
Gem. temperatuur (KNMI) [°C]	18,5		17,3		15,3		4,8		9,5		6,1	
Gem. relatieve luchtvochtigheid (KNMI) [%]	80,5		83,5		92,0		90,5		85,5		83,5	
Windrichting (KNMI)	ZW, WZW		ZZW, ZW		Z, ZZW		OZO, ONO		ZZW, ZZW		ZW, WZW	
Stallucht en ventilatie												
Gem. luchttemperatuur [°C]*	24,3	24,3	23,8	23,8	23,0	23,4	22,7	23,3	22,4	24,2	22,8	23,5
Gem. relatieve luchtvochtigheid [%]*	69,4	69,4	68,0	68,0	71,9	69,2	67,4	61,8	67,9	59,6	65,5	58,1
Gem. CO ₂ -concentratie [ppm]	974	984	1138	1087	1296	1246	2244	2333	1850	1756	2253	2053
Ventilatie-debiet [m ³ /h per dier]	6,01	5,90	5,16	5,60	4,35	4,67	2,05	1,97	2,70	2,91	2,15	2,44
Ammoniakconcentraties en -emissies												
Gem. concentratie NH ₃ [ppm]	14,72	12,61	11,30	11,70	20,14	18,32	44,76	43,63	45,94	39,15	37,00	31,00
Gem. achtergrondconcentratie NH ₃ [ppm]		0,41		0,14		0,14		0,22		0,24		0,23
Gem. emissie NH ₃ [kg/dierplaats per jaar] (E _{dierplaats})	0,447	0,379	0,282	0,326	0,409	0,419	0,418	0,416	0,546	0,534	0,345	0,348
Gem. emissie NH ₃ [kg/dier per jaar] (E _{dier})	0,525	0,439	0,352	0,395	0,531	0,517	0,558	0,522	0,752	0,691	0,483	0,458
Emissiereductie NH₃ rel. [%]		-19,4		11,0		-2,6		-7,0		-8,8		-5,3

*T en RV zijn tijdens meting 1 en 2 alleen gemeten in stal 4

3.2 CO₂-concentratie en ventilatiedebiet

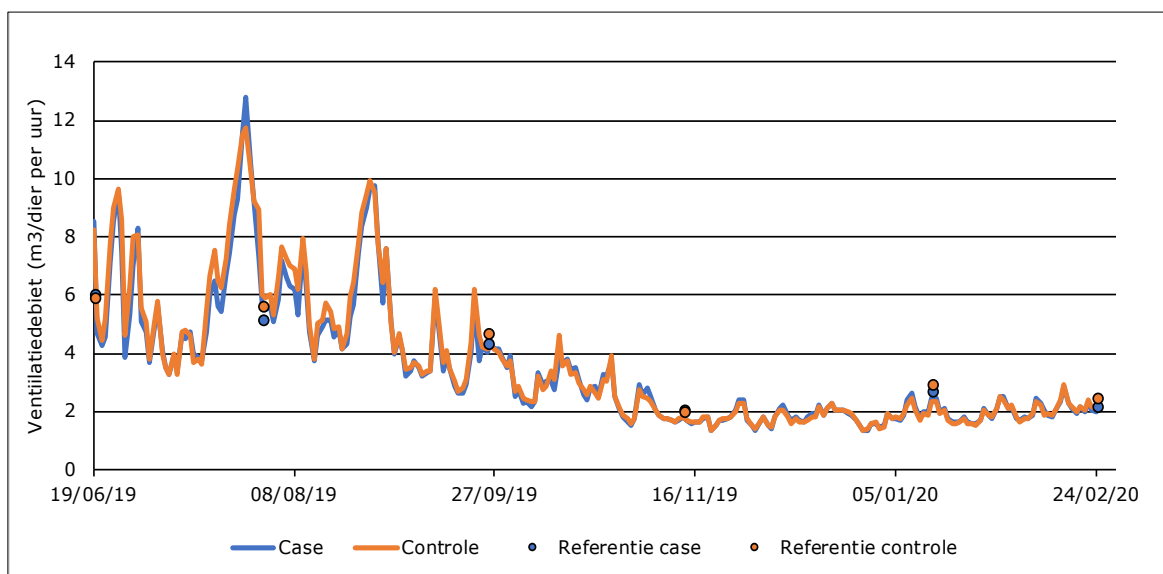
Tabel 1 toont de gemeten CO₂-concentraties voor de case- en controlestal tijdens de zes meetdagen. De gemiddelde CO₂-concentratie over alle zes meetdagen bedroeg in de case- en controlestal respectievelijk 1.626 en 1.577 ppm. Uit de statistische analyse bleek dit verschil niet statistisch significant ($P=0,27$). Op basis van de in tabel 1 weergegeven CO₂-concentraties in de stal zijn de ventilatiedebieten berekend. In figuur 3.3 zijn deze weergegeven ten opzichte van het dagnummer in het kalenderjaar. Het ventilatiedebiet vertoont een normaal verloop: hoog in de zomerperiode (meting 1, 2 en 3) en laag in de winterperiode (meting 4, 5 en 6).



Figuur 3.3 Ventilatie-debiet over het kalenderjaar.

Het gemiddelde ventilatiedebiet (\pm standaardafwijking) bedroeg $3,7 (\pm 1,7)$ m³/uur per dier voor de casestal versus $3,9 (\pm 1,7)$ m³/uur per dier voor de controlestal. Uit de statistische analyse bleek het verschil niet statistisch significant ($P=0,11$).

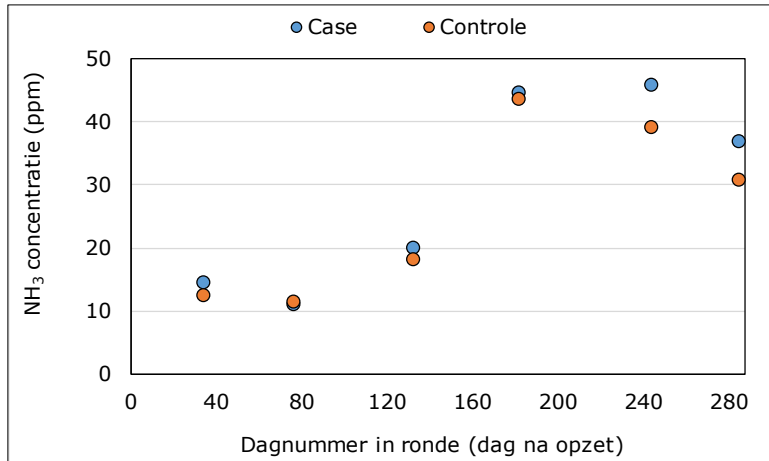
De continue metingen van het ventilatiedebiet over de productieperiode zijn weergegeven in figuur 3.4. Uit de figuur blijkt dat de continue metingen aan het ventilatiedebiet goed vergelijkbaar zijn met de referentiemetingen. Duidelijk is hier ook het effect van seizoen te zien waarbij het ventilatiedebiet in de zomermaanden (juni, juli en augustus) hoger ligt dan tijdens de winterperiode.



Figuur 3.4 Continue (+referentie) metingen ventilatiedebiet over de productieperiode.

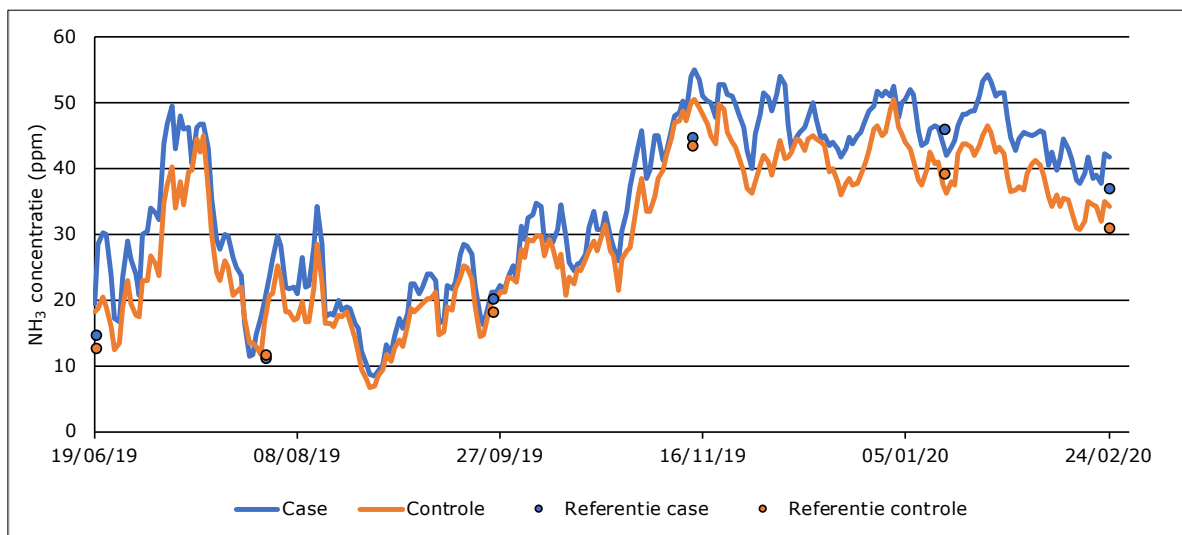
3.3 Concentratie, emissie en reductie ammoniak

De ammoniakconcentraties over de productieperiode zijn weergegeven in figuur 3.5. Uit de figuur blijkt dat tijdens de eerste vier meetdagen de ammoniakconcentratie niet wezenlijk verschillend was tussen de case en de controlestal. De NH_3 concentratie van de casestal lag echter tijdens de vijfde en zesde meting boven het niveau van de controlestal. De gemiddelde (\pm standaardafwijking) NH_3 concentratie in de casestal bedroeg 29,0 (\pm 14,3) ppm versus 26,1 (\pm 13,3) ppm voor de controlestal wat geen statistisch verschil is ($P=0,97$).



Figuur 3.5 Ammoniakconcentraties over de productieperiode.

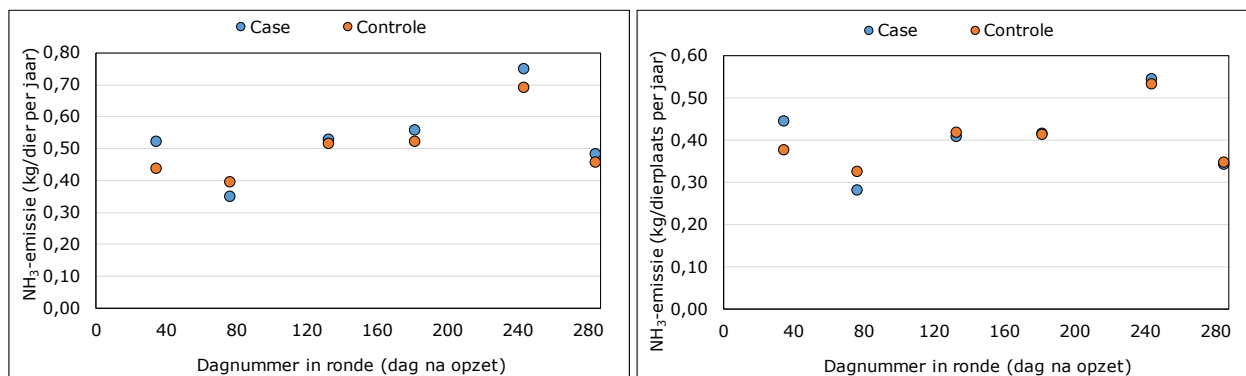
De continue metingen van de ammoniakconcentratie over de productieperiode zijn weergegeven in figuur 3.6. Uit de figuur blijkt dat de resultaten van de continue metingen goed vergelijkbaar zijn met de referentiemetingen. Alleen het niveau van de eerste en de vierde meting liggen wat hoger voor de continue- t.o.v. de referentiemetingen. De verschillen in de vijfde en zesde meting aan de ammoniakconcentratie tussen de case- en controlestal komen ook duidelijk naar voren in de continue metingen.



Figuur 3.6 Continue (+referentie) metingen ammoniakconcentratie over de productieperiode.

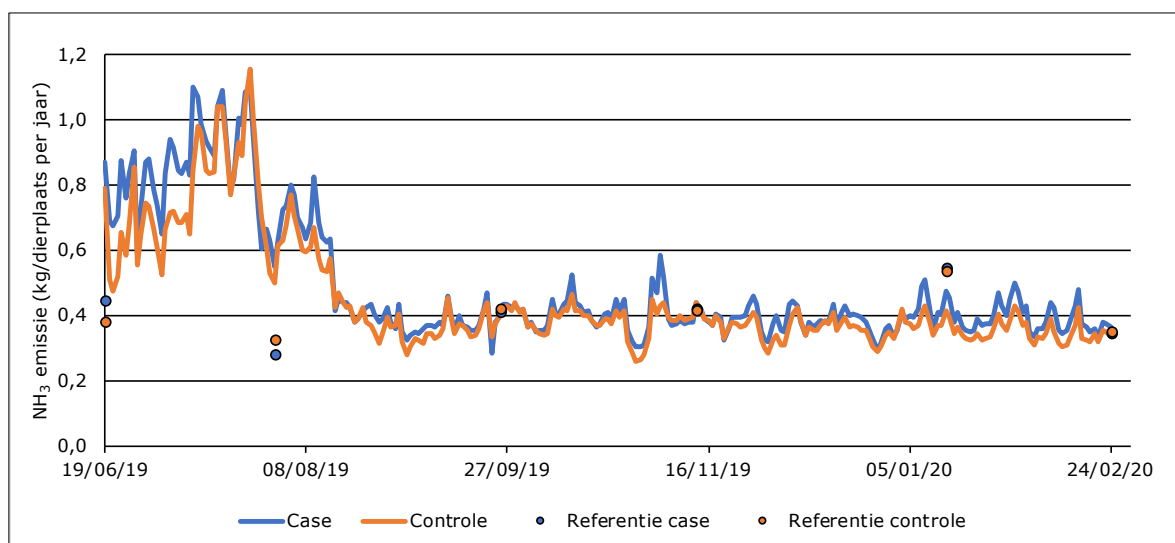
De ammoniakemissies van beide stallen over de productieperiode bepaald met de referentiemethoden zijn weergegeven in figuur 3.7. Hier wordt zowel de emissie weergegeven in kg/dierplaats per jaar met een leegstandscorrectie ($E_{\text{dierplaats}}$) als de emissie uitgedrukt in kg/dier per jaar zonder leegstandscorrectie (E_{dier}). Deze laatste waarde is ook gebruikt om het reductiepercentage te berekenen. Beide grafieken laten een wisselend beeld zien; bij enkele metingen was de emissie hoger in de controlestal, maar ook was de emissie in de casestal tijdens enkele metingen hoger.

De gemiddelde ammoniakemissie per dierplaats ($E_{\text{dierplaats}}$; \pm standaardafwijking) uit de stal bedroeg 0,408 (\pm 0,090) kg/dierplaats per jaar voor de casestal versus 0,404 (\pm 0,074) kg/dierplaats per jaar voor de controlestal. Uit de analyse bleek dit niet statistisch significant verschillend te zijn ($P=0,61$). De gemiddelde ammoniakemissie per dier (E_{dier} ; \pm standaardafwijking) uit de stal bedroeg 0,533 (\pm 0,130) kg/dier per jaar voor de casestal versus 0,504 (\pm 0,104) kg/dier per jaar voor de controlestal. Uit de analyse bleek dit niet statistisch significant verschillend te zijn ($P=0,92$).



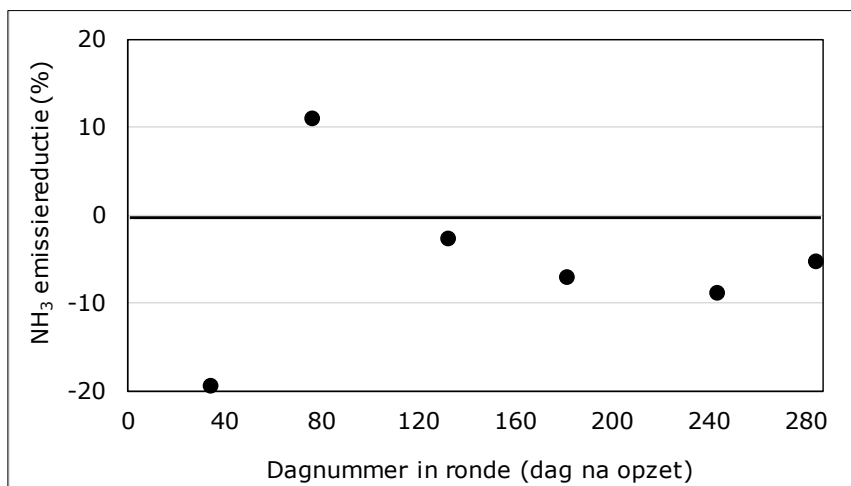
Figuur 3.7 Ammoniakemissies over de productieperiode in kg/dierplaats per jaar met correctie voor leegstand (links) en emissies over de productieperiode in kg/dier per jaar zonder correctie voor leegstand (rechts).

De ammoniakemissies over de productieperiode op basis van continu gemeten concentraties van ammoniak en koolstofdioxide zijn weergegeven in figuur 3.8. Deze data komen bij drie meetdagen (derde, vierde en zesde) goed overeen met de referentiemetingen. Tijdens de eerste en tweede meting was de referentiemeting wat lager dan de continue metingen terwijl deze bij de vijfde meting juist wat hoger was. De gemiddelde ammoniakemissie ($E_{\text{dierplaats}}$) uit de stal, berekend over alle data verkregen met de continue waarden, bedroeg 0,489 kg/dierplaats per jaar voor de casestal versus 0,449 kg/dierplaats per jaar voor de controlestal.



Figuur 3.8 Ammoniakemissies berekend op basis van continue metingen met sensoren en op basis van officiële nat-chemische metingen over de productieperiode.

In figuur 3.9 zijn de reductiepercentages weergegeven als functie van dagnummer in ronde. Deze reducties zijn berekend met de emissie uitgedrukt in kg/dier per jaar zonder leegstandscorrectie (E_{dier}). Uit de figuur blijkt dat tijdens vijf van de zes meetdagen de ammoniakemissie uit de casestal hoger was dan uit de controlestal. Alleen tijdens de tweede meting was de emissie uit de casestal lager dan uit de controlestal. Het algemene beeld uit figuur 3.9 is dat beide stallen vergelijkbare emissies lieten zien met een bandbreedte in reductiepercentage door de beluchting van de mest van tussen circa -20 en 10%. Het overall gemiddelde reductiepercentage bedroeg -5,8%. Op basis van de statistische toetsing van de paarsgewijze emissies uit de stallen middels de gepaarde t -toets is dit reductiepercentage niet significant verschillend van 0%.



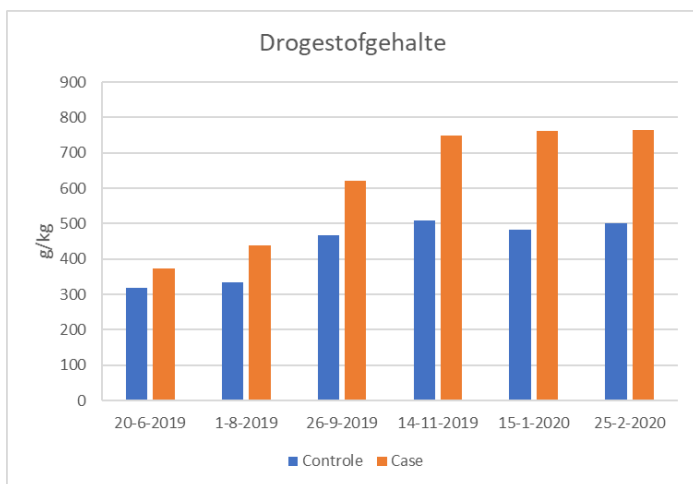
Figuur 3.9 Het reductiepercentage voor NH₃ als functie van dagnummer in ronde.

3.4 Drogestofgehalte, totaal-N en ammonium-N roostermest

Doordat er geen statistisch significante verschillen waren in de analyse resultaten (drogestof, totaal-N en ammonium-N) van de roostermest links en rechts van het legnest worden hier de gemiddelden over beide plekken weergegeven. De resultaten van de analyses per deelmonster zijn in bijlage 4 weergegeven.

Hierna wordt de term 'verse mest' gebruikt. Hiermee bedoelen we de mest zoals die is bemonsterd volgens de in paragraaf 2.4.4 beschreven werkwijze. De term wordt gebruikt om onderscheid te maken in gehalten in deze bemonsterde mest en in de drogestof van deze monsters. Dit omdat een vergelijking van de resultaten op basis van de gehalten in het drogestofgehalte beter is.

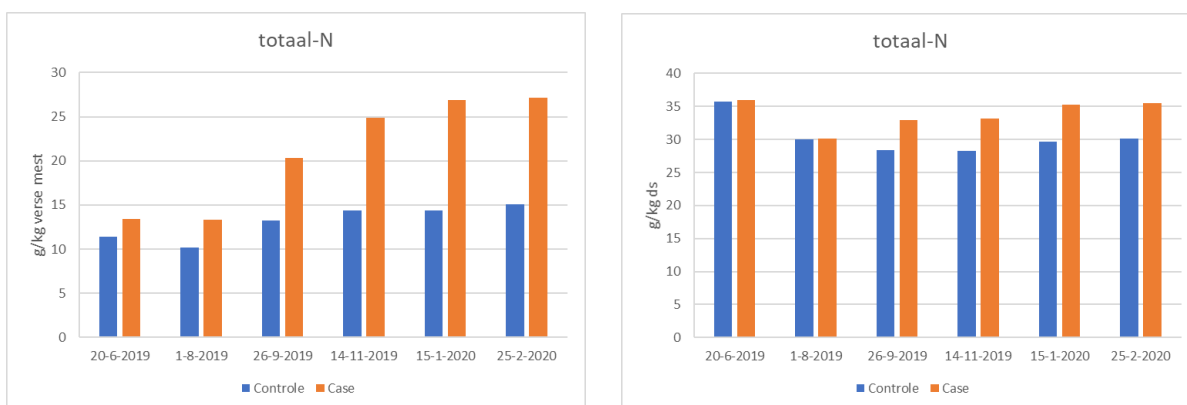
De resultaten van de bepaling van het drogestofgehalte zijn weergegeven in figuur 3.10. Het drogestofgehalte van de roostermest van de controlestal nam in de tijd toe van circa 320 g/kg tijdens de eerste meting naar 500 g/kg bij de vierde meting waarna deze stabiliseerde. Bij de eerste meting bij de casestal was het drogestofgehalte van de roostermest met bijna 375 g/kg hoger dan de controlestal en bleef bij alle andere metingen hoger. Het drogestofgehalte van de mest van de casestal nam toe naar circa 750 g/kg tijdens de vierde meting en stabiliseerde. Het gemiddeld drogestofgehalte (\pm standaardafwijking) over alle zes metingen bedroeg 618 g/kg ($\pm 17,4$ g/kg) voor de casestal versus 435 g/kg ($\pm 8,6$ g/kg) voor de controlestal. Uit de statistische analyse bleek dit verschil significant ($P < 0,001$).



Figuur 3.10 Het drogestofgehalte (g/kg mest) van de roostermest per meetdag.

De resultaten van het gehalte aan totaal-N in de verse mest (linker grafiek) en in de drogestof (rechter grafiek) zijn weergegeven in figuur 3.11. Het totaal-N gehalte (in de verse mest) van de roostermest van de controlestal nam in de tijd toe van circa 11 g/kg tijdens de eerste meting naar circa 14,5 g/kg bij de vierde meting waarna deze stabiliseerde. Bij de eerste meting bij de casestal was het totaal-N gehalte (in de verse mest) van de roostermest met circa 13,5 g/kg hoger dan de controlestal, waarna deze toenam naar circa 25 g/kg tijdens de vierde meting en nog iets doorsteeg naar 27 g/kg. Tijdens de eerste twee metingen was het gemiddelde gehalte totaal-N in de verse mest voor de case t.o.v. de controlestal 24% hoger (13,4 vs. 10,8 g/kg). Het totaal-N gehalte (in de verse mest) tijdens de laatste vier metingen was voor de case t.o.v. de controlestal zelfs 74% hoger (24,84 vs. 14,3 g/kg). Over alle metingen was het gemiddelde totaal-N gehalte (verse mest) voor de controle en casestal respectievelijk 13,1 en 21,0 g/kg (60% hoger voor de case vs. de controlestal). Uit de statistische analyse bleek dit verschil significant ($P < 0,001$).

Het totaal-N gehalte in de drogestof (figuur 3.11, rechter grafiek) liet geen duidelijk beeld zien over de verschillende metingen in de tijd en schommelde rond het gemiddelde. Het totaal-N gehalte in de drogestof verschilde minder tussen de case- en controlestal dan in de verse mest. Over alle metingen was het gemiddeld totaal-N gehalte (in de drogestof) voor de controle en casestal respectievelijk 30,4 en 33,8 g/kg. Uit de statistische analyse bleek dit verschil significant ($P = 0,007$).

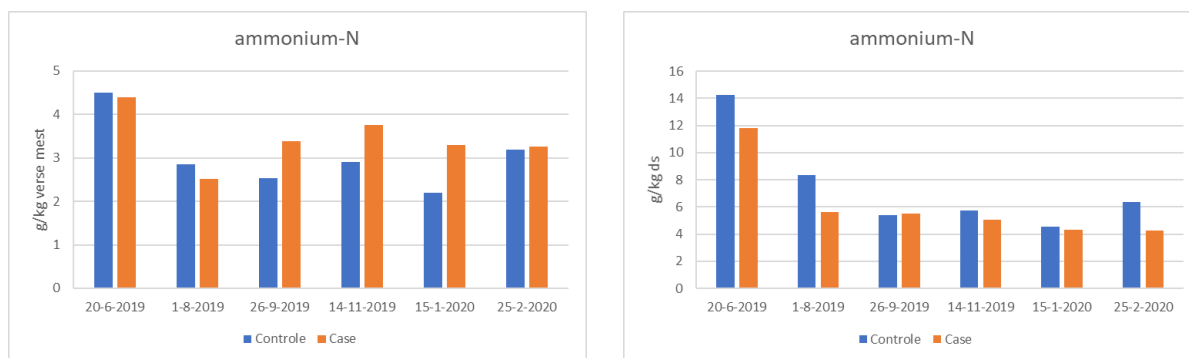


Figuur 3.11 Het totaal-N gehalte (links: g/kg verse mest; rechts: g/kg ds) van de roostermest per meetdag.

In Figuur 3.12 zijn de resultaten van het gehalte aan ammonium-N in de verse mest (linker grafiek) en in de drogestof (rechter grafiek) weergegeven. Over alle metingen was het gemiddeld ammonium-N gehalte in de verse mest (links) voor de controle en casestal respectievelijk 3,03 en 3,43 g/kg. Uit de statistische analyse bleek dit verschil niet significant ($P = 0,172$).

In het algemeen was het ammonium-N gehalte in de drogestof voor de roostermest (rechter grafiek) bij beide stallen tijdens de eerste meting hoog en nam daarna snel af tot een stabiel gehalte rond de 5

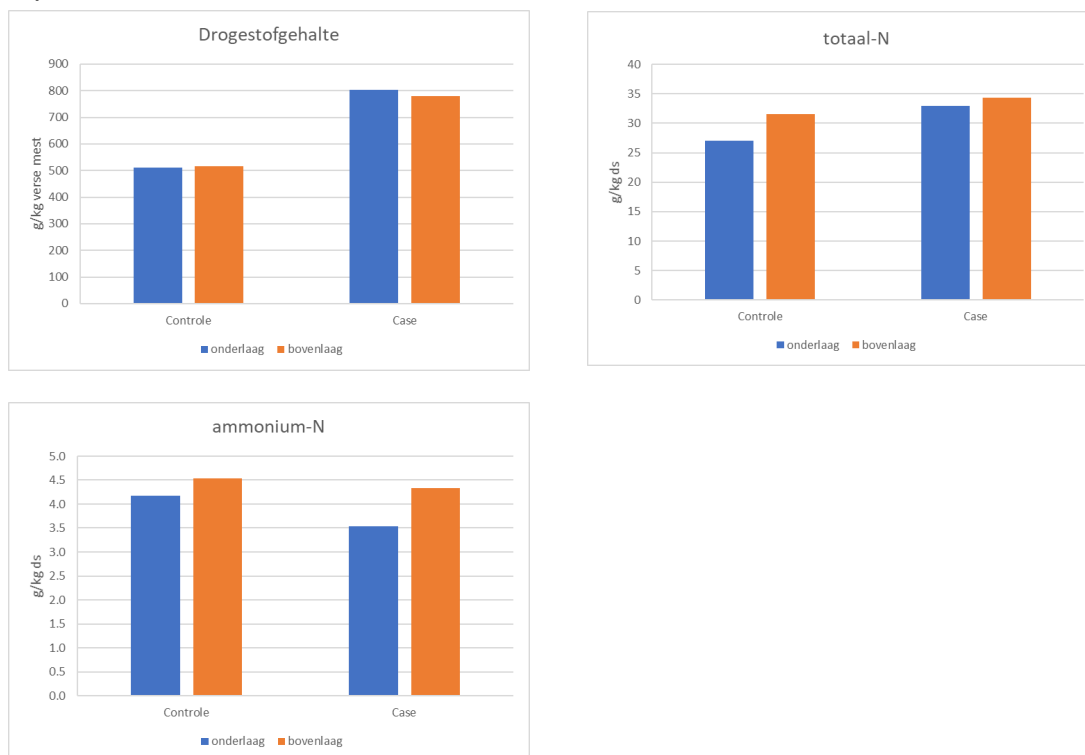
g/kg. Het gemiddeld ammonium-N gehalte in de drogestof was voor de controle en casestal respectievelijk 7,44 en 6,09 g/kg. Uit de statistische analyse bleek dit verschil niet significant ($P=0,050$), wel een tendens of trend.



Figuur 3.12 Het ammonium-N gehalte (links: g/kg verse mest; rechts: g/kg ds) van de roostermest per meetdag.

3.5 Drogestofgehalte, totaal-N en ammonium-N boven- en onderlaag roostermest

Om na te gaan of er een verschil optreedt in de diverse lagen van de mest in de gehalten door het drogen van onderaf, zijn tijdens meting 5 naast de monsters over de totale mestlaag ook monsters genomen van de bovenst en onderste 10-20 cm van de totale mestlaag. De analyse resultaten van de monsters van de boven- en onderlaag zijn weergegeven in figuur 3.13. Het drogestofgehalte van de boven- en onderlaag was in beide stallen nagenoeg hetzelfde. Daarentegen waren zowel het totaal-N als het ammonium-N gehalte in de drogestof in de bovenlaag hoger t.o.v. de onderlaag bij beide stallen. Totaal-N was in de bovenlaag t.o.v. de onderlaag in de controlestal 17% hoger (31,6 vs. 27,0 g/kg ds) en 4% hoger (34,4 vs. 32,9 g/kg ds) in de casestal. Ammonium-N was in de bovenlaag t.o.v. de onderlaag in de controlestal 9% hoger (4,54 vs. 4,33 g/kg ds) en 23% hoger (4,33 vs. 3,53 g/kg ds) in de casestal.



Figuur 3.13 Het drogestof (g/kg verse mest: links boven), totaal-N (g/kg ds: rechts boven) en ammonium-N gehalte (g/kg ds: links onder).

4 Discussie

In het algemeen zijn de metingen succesvol verlopen waardoor alle zes resultaten als valide worden gezien. Opvallend was dat bij één van de zes metingen (tweede) de casestal een lagere ammoniakemissie liet zien dan de controlestal. De oorzaak van deze waarde is niet goed duidelijk maar heeft mogelijk iets te maken met de extreme weersomstandigheden en bijkomende uitval, enige dagen voor de betreffende meting (31 juli - 1 augustus 2019). Tussen 23 en 27 juli was de gemiddelde buitentemperatuur namelijk 37°C wat mogelijk een verstoring op de ventilatie regeling en daarbij emissie tot gevolg had.

De conclusie is dat het toepassen van het nieuwe beluchtingssysteem onder het rooster bij ouderdieren geen reducerend effect heeft gehad op de ammoniakemissie (Tabel 2). De data uit de officiële nat-chemische metingen lieten een statistisch niet significante ammoniakreductie zien van - 5,8%.

In de tabel zijn ook de waarden opgenomen voor de categorie 'Overige huisvesting' (E 4.100) in bijlage 1 van de Rav en de resultaten van eerdere metingen aan traditionele stallen voor vleeskuikenouderdieren (Mosquera et al., 2011). Hieruit blijkt dat de resultaten van de metingen in dit onderzoek dicht bij de resultaten van de metingen van 2011 liggen dan bij de huidige emissiefactor voor dit huisvestingssysteem.

Tabel 2 Ammoniakemissie (kg/dierplaats per jaar) volgens de nat-chemische en continue metingen in vergelijking met de emissiefactor voor traditionele huisvesting en van voorgaande metingen.

	Casestal	Controlestal
Nat-chemische metingen	0,408	0,404
Continue metingen	0,489	0,449
Voorgaande metingen		
Huidige emissiefactor E 4.100		0,580
Mosquera et al. (2011)		0,456

Het ontbreken van een reducerend effect op de ammoniakemissie is mogelijk veroorzaakt doordat in het begin van de legperiode (tussen 20 en 30 weken leeftijd) de beluchtingscapaciteit te laag was. De hoeveelheid lucht die over/door de mest kon worden geblazen (via gaatjes aan beide zijanten van de buizen) was maximaal 1,8 m³/dier/uur. Er is gestart zonder beluchting, waarna de hoeveelheid (en uren beluchting) langzaam zijn opgevoerd tot de maximale beluchting op 40 en het maximale aantal uren (24) op 48 weken leeftijd werd bereikt. Het idee was om de vers geproduceerde mest zo snel mogelijk te laten indrogen en daardoor de kans op groei van ammoniakvormende bacteriën te verlagen. Mogelijk dat de eerste vers geproduceerde mest niet voldoende gedroogd werd en die gedurende de rest van de legperiode een bron van ammoniakvorming bleef.

Tijdens de ontwikkeling van het onderhavige beluchtingssysteem is gebruik gemaakt van de kennis die in het verleden met het zogenaamde Perfo-vloer systeem voor ouderdieren is opgedaan. Het huidige systeem is ontwikkeld als een meer praktisch systeem waarbij het de bedoeling was om de nadelen (schoonmaken, niet toepasbaar in bestaande stal en arbeid) van dat systeem te vermijden en de voordelen (60% ammoniak reductie: 0,230 t.o.v. 0,580 kg NH₃/dierplaats per jaar) te behouden. In het kort komt het Perfo-vloer systeem er op neer dat minimaal 10 cm boven de keldervloer een geperforeerde schijnvloer (kunststof, metaal of houten vloer) ligt waar lucht door geblazen wordt. Door de continue luchtstroom door de schijnvloer wordt de mest die op de roosters aan weerszijden van de legnesten wordt gedeponeerd en op de schijnvloer valt, gedroogd.

De verschillen en daarmee de mogelijke oorzaken van het reducerende effect tussen het onderzochte systeem en Perfo-vloer systeem staan weergegeven in tabel 3. Uit de tabel blijkt dat:

- het systeem 20% minder roosteroppervlakte had (50 t.o.v. 70% bij het Perfo-vloer systeem) waardoor er relatief minder mest gedroogd werd;
- de eerste verse mest (tussen de buizen) mogelijk minder is belucht en gedroogd omdat die niet goed bereikt werd. Hierdoor ontstond mogelijk geen droge bufferende laag aan mest op de vloer van de mestput om de erna geproduceerde mest alvast in te drogen;
- de aanvoer van de lucht vond plaats via buizen op hartafstand 60 cm, wat minder goed is verdeeld dan een schijnvloer met 20% luchtopeningen over het gehele oppervlak. Mogelijk werd een gedeelte van de mest hierdoor marginaal of niet bereikt;
- door het ontbreken van een laagje strooisel op de vloer kon de eerste vers geproduceerde mest mogelijk niet direct vocht afgeven waardoor er mogelijk geen buffer van droge mest werd gevormd;
- de beluchtingscapaciteit van het systeem bedroeg 21% t.o.v. het Perfo-vloer systeem waardoor de effectiviteit van het systeem mogelijk te laag was. Dit verklaart mogelijk de langzame opbouw van het drogestofgehalte van de mest. Bij de vierde meting (circa 40% van de productieperiode) is een drogestofgehalte van 75% gemeten.

Tabel 3 *Vergelijking tussen het systeem uit deze studie en het Perfo-vloer systeem.*

	Onderzochte systeem	Perfo-vloer systeem	Effect onderzocht t.o.v. Perfo-vloer systeem
Roosteroppervlak (%)	50%	70%	Minder rooster dus minder mest die direct gedroogd wordt
Beluchtingsruimte	Buizen 10 cm boven vloer	10 cm beluchtingsruimte onder schijnvloer	Eerste mest die tussen de buizen valt wordt niet gedroogd
Aanvoer lucht	Buizen (150 mm) op 60 cm hartafstand met aan beide zijden om de 20 cm 6 mm gaatjes	20% van de schijnvloer is luchtdoorlatend	Relatief minder mest wordt bereikt
Instrooien met strooisel	Geen strooisellaag op vloer mestput	Minimale laag van 4 cm.	De eerste verse mest werd niet gedroogd door het strooisel
Beluchttingscapaciteit (m ³ /uur)	Maximaal 12.500 bij 1000 Pascal (statisch) = 1,7-1,8 m ³ /dier/uur	Maximaal 7,0 m ³ /dier/uur bij 90 Pascal	Lagere capaciteit geeft minder doordringend vermogen
Drogestofgehalte mest (%)	<75%	Minimaal 75%	75% ds werd bij de vierde meting gehaald (ca. 40% van de productieperiode)

Opvallend was wel dat het drogestofgehalte gedurende de gehele productieperiode van de casestal flink hoger (gemiddeld 18,3 procentpunt: 61,8 vs. 43,5%) was dan van de controlestal. Het systeem heeft dus wel degelijk geleid tot de beoogde droging van de mest. Kennelijk heeft deze waterverdamping onvoldoende geleid tot een reducerend effect op de ammoniakemissie. Uit eerder onderzoek in vleeskuikenstallen door Groot Koerkamp et al. (2000) is bekend dat de ammoniakvorming vanuit strooiselmest afneemt bij drogestofgehalten lager dan 60% of hoger dan 80% en dat daartussen de omstandigheden voor ammoniakvorming optimaal zijn. Bij zowel de case als de controlestal kwam het drogestofgehalte van de mest nooit boven de 75% wat impliceert dat de omstandigheden voor groei van ammoniakvormende bacteriën mogelijk (semi) ideaal waren gedurende de gehele meetperiode.

De referentie en continue metingen gaven een redelijk vergelijkbare berekende ammoniakemissie. De berekende ammoniakemissie via de continue metingen was respectievelijk 16,5% hoger (0,489 vs. 0,408 kg/dierplaats per jaar) voor de casestal en 10,1% hoger (0,449 vs. 0,404 kg/dierplaats per jaar) voor de controlestal t.o.v. referentiemetingen.

5 Conclusie

De emissies van ammoniak uit twee stallen voor vleeskuikenouderdieren komen op respectievelijk 0,408 kg/dierplaats per jaar voor een stal met en 0,404 kg/dierplaats per jaar voor een stal zonder een mestbeluchtingssysteem. Het toepassen van het aangepaste beluchtingssysteem had op basis van deze waarden geen reducerend effect op de ammoniakemissie.

Literatuur

- Aviagen-EPI. 2017. Managementgids Ross 308 ouderdieren. Roermond, Nederland.
- CIGR. 2002. 4th Report of Working Group on Climatization of animal houses. Heat and moisture production at animal and house levels (eds. Pedersen, S. and K. Sällvik). International Commission of Agricultural Engineering (CIGR), Section II.
- Genstat. 2018. Genstat 19th Reference Manual: Release 1. Clarendon Press, Oxford, UK.
- Groot Koerkamp, P.W.G., J.H. van Middelkoop, E. Evers. 2000. Ammoniakemissie vleeskuikenstallen toegenomen. *Pluimveehouderij* (30)21:10-11.
- KWIN, 2020. Kwantitatieve Informatie Veehouderij 2019-2020. Wageningen Livestock Research, Wageningen, Nederland.
- Ogink, N.W.M., Mosquera, J., Hol, J.M.G., 2017. Protocol voor meting van ammoniakemissie uit huisvestingssystemen in de veehouderij 2013a. Wageningen Livestock Research, Rapport 1032.
- Pedersen, S., Blanes-Vidal, V., Joergensen, H., Chwalibog, A., Haeussermann, A., Heetkamp, M.J.W., Aarnink, A.J.A. 2008. Carbon dioxide production in animal houses: a literature review. *Agricultural Engineering International: CIGR Ejournal*, Vol. X, December 2008. Manuscript BC 08 008.
- Rijksoverheid. 2018. Emissiefactoren fijn stof voor veehouderij. Excelfile online gepubliceerd 15-03-2018. Online beschikbaar op: <https://www.rijksoverheid.nl/documenten/publicaties/2018/03/15/emissiefactoren-fijn-stof-voor-veehouderij-2018>.
- Rijksoverheid. 2019. Bijlage 1, bedoeld in artikel 2, eerste lid, van de Regeling ammoniak en veehouderij. Versie 26 april 2019. Online beschikbaar op: <https://wetten.overheid.nl/BWBR0013629/2019-04-26#Bijlage1>.
- RIVM. 2019. Stations. Online beschikbaar op: <https://www.luchtmeetnet.nl/stations/alle-provincies/alle-gemeentes/alle-stoffen>
- Mosquera, J., R.A. van Emous, A. Winkel, E. Lovink, N.W.M. Ogink, A.J.A. Aarnink. 2011. Fijnstofemissie uit stallen: (groot)ouderdieren van vleeskuikens. November 2009 (herziene versie januari 2011). Rapport 276 (herzien versie). Wageningen UR Livestock Research. Wageningen, Nederland.

Bijlage 1 Beschrijving stallen en foto's

Beschrijving controlestal

Kenmerk	Beschrijving
<i>Stal</i>	
Bouwjaar	1978 gebouwd voor vleeskuikenouderdieren, in 2009 wegrolnesten, drinktorens en verwarming aangebracht, in 2017 dimbare hoog frequent TL verlichting
Rav code en omschrijving	E 4.100; (Groot)ouderdieren van vleeskuikens: overige huisvestingssystemen
Emissiefactoren	Ammoniak: 0,580 kg/dierplaats per jaar
Afmetingen ($l \times b \times h_{\text{goot}}/h_{\text{nok}}$)	65 x 16 x 2,2 / 5,8 m
Oriëntatie van de stal	OZO (voorgevel) – WNW (achtergevel met ventilatoren)
<i>Dieren</i>	
Aantal dieren bij opzet	Totaal: 7.350 (6.730 hennen en 620 hanen)
Bezettingsgraad bij opzet	Ca. 7,7 dieren (hennen en hanen) per m ² vloeroppervlak
Merk kuiken	Ross 308
<i>Klimaatregeling</i>	
Ventilatiesysteem	Mechanisch, lengteventilatie
Beschrijving luchtinlaat	23 inlaatventielen (merk: Tulderhof) per zijwand; 46 in totaal. Afmetingen: 27 x 50 cm
Beschrijving luchtuitlaat	2 grote v-snaarventilatoren, Ø 140 cm (elk max. ca. 36.000 m ³ /uur) en 2 kleinere v-snaarventilatoren, Ø 78 cm (ca. 18.000 m ³ /uur) in de achtergevel van de stal Totale ventilatiecapaciteit: ca. 108.000 m ³ /uur (ca. 14,7 m ³ /uur per kip)
Ventilatieregeling	Op basis van streef staltemperatuur (20°C).
Verwarmingssysteem	Geen
<i>Bedrijfsvoering</i>	
Beschrijving houderijsysteem	Traditionele grondhuisvesting bestaande uit strooiselvloer (beide zijanten), beun (midden stal), legnesten (midden stal) en lengteventilatie
Vloerbedekking	50% beun en 50% strooisel
Beschrijving voersysteem	4 voerlijnen (3 op beun en 1 op strooisel) aan beide zijden van de legnesten; voergoten met sleepketting
Voertijden	Hennen: 07:00 en 09:00 uur, hanen: 07:00 uur
Voer	Vleeskuikenouderdierenvoer (meel) in twee fasen en geen speciaal hanenvoer: Foktoom 1 (20-40 wk): 2850 kcal OE / 15% Re / 4,5% Rv Foktoom 2 (40-60 wk): 2850 kcal OE / 14% Re / 6,0% Rv
Beschrijving drinkwatersysteem	2 drinklijnen (links en rechts van legnest); rondrinkers
Drinktijden	07:00-13:00 en 16:00-17:00
Strooiselmanagement	De stal werd ingestrooid met houtkrullen
Beschrijving verlichting	2 Rijen horizontale HF TL-verlichting, totaal 25 armaturen
Lichtregime	13L:11D (licht aan: 06:00 tot 19:00)
Schoonmaakregime	Na elke ronde vindt reiniging plaats in 5 stappen: 1) verwijderen mest met een verreiker, 2) inweken vloer en plafond, 3) inzepen voer-/waterlijnen, 4) schoonspuiten, 5) ontsmetting
<i>Productiecyclus</i>	
Leeftijd en gewicht opzet	20 weken / hennen: 2.350 gram en hanen 3.000 gram
Leeftijd en gewicht ruimen	61 weken / hennen: 4.100 gram en hanen 5.500 gram
Leegstand tussen koppels	Ca. 4 weken

Beschrijving casestudie

Kenmerk	Beschrijving
Stal	
Bouwjaar	2006 gebouwd voor vleeskuikenouderdieren, in 2006 wegrolnesten, drinktorens en verwarming aangebracht, in 2017 dimbare hoog frequent TL verlichting
Rav code en omschrijving	E 4.100; (Groot)ouderdieren van vleeskuikens: overige huisvestingssystemen
Emissiefactoren	Ammoniak: 0,580 kg/dierplaats per jaar
Afmetingen (l × b × h _{goot} /h _{nok})	65 x 16 x 2,4 / 5,8 m
Oriëntatie van de stal	OZO (voorgevel) – WNW (achtergevel met ventilatoren)
Dieren	
Aantal dieren bij opzet	Totaal: 7.350 (6.730 hennen en 620 hanen)
Bezettingsgraad bij opzet	Ca. 7,7 dieren (hennen en hanen) per m ² vloeroppervlak
Merk kuiken	Ross 308
Klimaatregeling	
Ventilatiesysteem	Mechanisch, lengteventilatie
Beschrijving luchtinlaat	30 inlaatventielen (merk: Tulderhof) per zijwand; 60 in totaal. Afmetingen: 27 x 50 cm.
Beschrijving luchtuitlaat	2 grote v-snaarventilatoren, Ø 140 cm (elk max. ca. 36.000 m ³ /uur) en 2 kleinere v-snaarventilatoren, Ø 78 cm (ca. 18.000 m ³ /uur) in de achtergevel van de stal Totale ventilatiecapaciteit: ca. 108.000 m ³ /uur (ca. 14,7 m ³ /uur per kip)
Ventilatieregeling	Op basis van streef staltemperatuur (20°C).
Verwarmingssysteem	Geen
Bedrijfsvoering	
Beschrijving houderijsysteem	Traditionele grondhuisvesting bestaande uit strooiselvloer (beide zijanten), beun (midden stal), legnesten (midden stal) en lengteventilatie
Vloerbedekking	50% beun en 50% strooisel
Beschrijving voersysteem	4 voerlijnen (2 op beun en 2 op strooisel) aan beide zijden van de stal; voergoten met sleepketting
Voertijden	Hennen: 07:00 en 09:00 uur, hanen: 07:00 uur
Voer	Vleeskuikenouderdierenvoer (meel) in twee fasen en geen speciaal hanenvoer: Foktoom 1 (20-40 wk): 2850 kcal OE / 15% Re / 4,5% Rv Foktoom 2 (40-60 wk): 2850 kcal OE / 14% Re / 6,0% Rv
Beschrijving drinkwatersysteem	2 drinklijnen (links en rechts van legnest); ronddrinkers
Drinktijden	07:00-13:00 en 16:00-17:00
Strooiselmanagement	De stal werd ingestrooid met houtkrullen
Beschrijving verlichting	2 Rijen horizontale HF TL-verlichting, totaal 25 armaturen
Lichtregime	13L:11D (licht aan: 06:00 tot 19:00)
Schoonmaakregime	Na elke ronde vindt reiniging plaats in 5 stappen: 1) verwijderen mest met een verreiker, 2) inweken vloer en plafond, 3) inzepen voer-/waterlijnen, 4) schoonspuiten, 5) ontsmetting
Productiecyclus	
Leeftijd en gewicht opzet	20 weken / hennen: 2.350 gram en hanen 3.000 gram
Leeftijd en gewicht ruimen	61 weken / hennen: 4.100 gram en hanen 5.500 gram
Leegstand tussen koppels	Ca. 4 weken

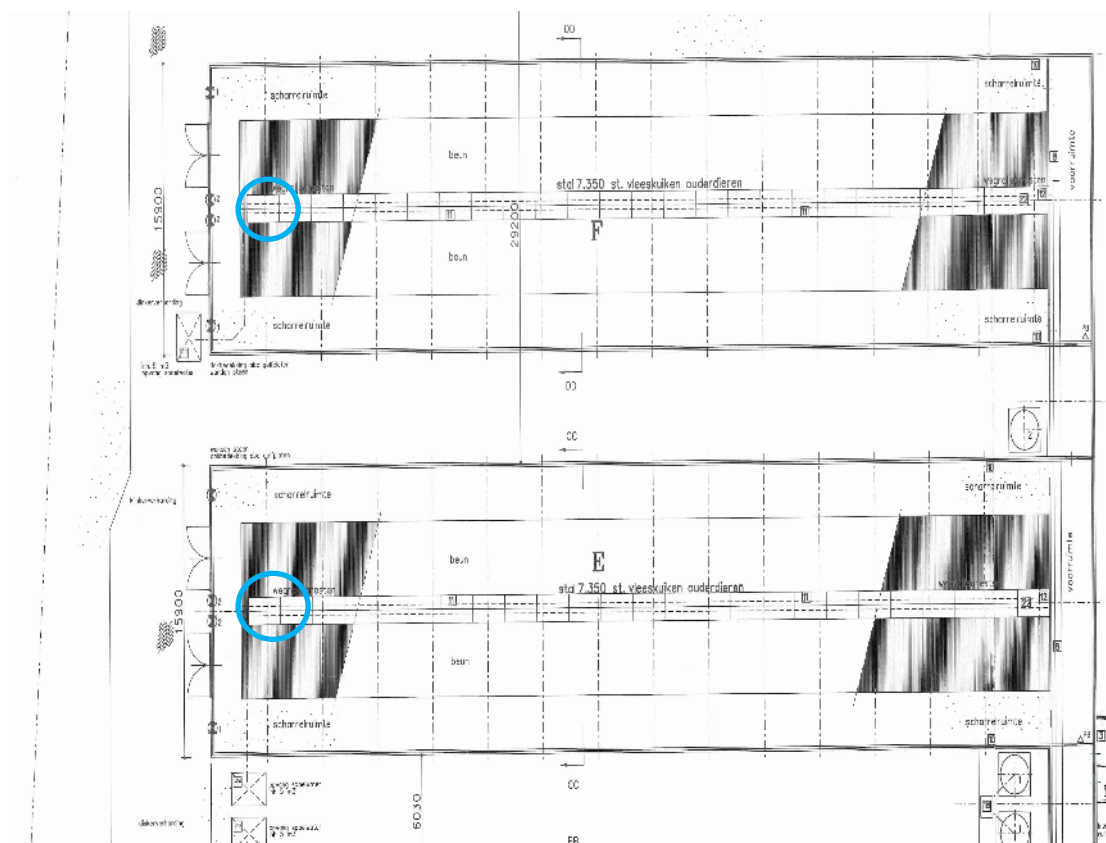


Luchtfoto bedrijf met omgeving (bedrijf aangegeven met blauwe cirkel).



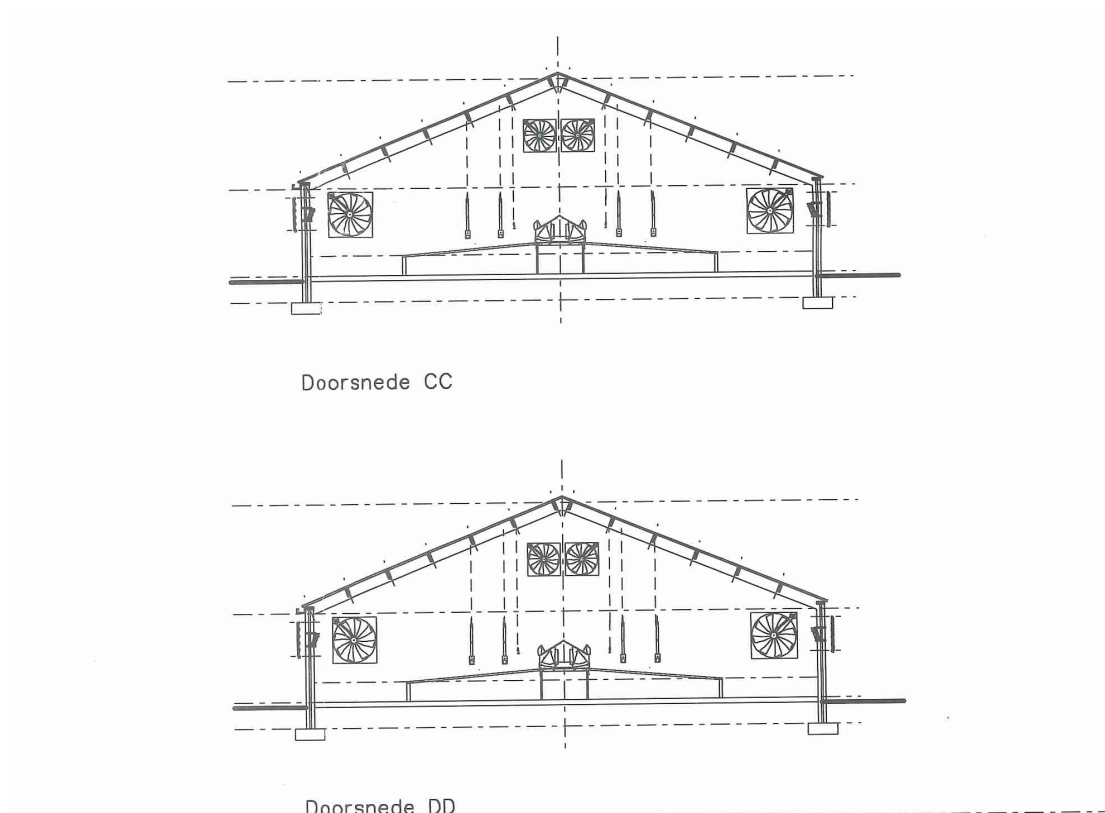
Luchtfoto bedrijf met locaties voor meten achtergrondconcentraties (rode stippen). De loods naast de bovenste stal is bedoeld voor de stalling van werktuigen en opslag van materialen.

TEKENING STALLEN



Plattegrond: E = controlestal, F = Proefstal

In de blauwe cirkels de locatie van het meetpunt in de stal



Doorsnedes: CC = controlestal, DD = proefstal



Vooraanzicht stallen met van links naar rechts: stal 1, 2, 3 (controlestal) en 4 (casestal).



Achteraanzicht casestal.



Achteraanzicht controlestal.

Bijlage 2 Landbouwkundige voorwaarden

Onderdeel	Landbouwkundige voorwaarde (ouderdieren ¹):	Voldoet																		
Huisvesting	Tijdens de meetperiode wordt voldaan aan de geldende dierwelzijnsnormen.	Ja																		
	Vóór de meetperiode moet de stal minstens één ronde gebruikt zijn voor de huisvesting van ouderdieren.	Ja																		
Strooisel	Materiaal: zand / houtkrullen / gehakseld tarwestro Laagdikte: minimaal 1 cm	Ja																		
Klimaat	De ouderdieren worden gehouden onder zodanige omstandigheden dat de CO ₂ -concentratie in de lucht van de afdeling onder de 2.500 ppm blijft.	Ja																		
Voeding	<table><tr><td>Voer</td><td>Periode</td><td>OE (MJ)</td><td>RE (g/kg)</td><td>vLYS (g/kg)</td><td>v M+C (g/kg)</td></tr><tr><td>Foktoom 1</td><td>20-40 wk</td><td>11,9</td><td>150</td><td>0,57</td><td>0,56</td></tr><tr><td>Foktoom 2</td><td>40-60 wk</td><td>11,9</td><td>140</td><td>0,53</td><td>0,54</td></tr></table>	Voer	Periode	OE (MJ)	RE (g/kg)	vLYS (g/kg)	v M+C (g/kg)	Foktoom 1	20-40 wk	11,9	150	0,57	0,56	Foktoom 2	40-60 wk	11,9	140	0,53	0,54	Ja. gehalten zijn praktijkconform.
	Voer	Periode	OE (MJ)	RE (g/kg)	vLYS (g/kg)	v M+C (g/kg)														
	Foktoom 1	20-40 wk	11,9	150	0,57	0,56														
Foktoom 2	40-60 wk	11,9	140	0,53	0,54															
	Verklaring van geen gebruik van diervoedertoevoegingsmiddelen die mogelijk als hoofd- of nevenwerking een verlagend effect hebben op de pH van de urine en/of de ureumuitscheiding via de urine.	Ja																		
Water	Verstrekkingsduur: beperkt tijdens de lichtperiode (circa 7 uur). Water/voerverhouding: 1,70 – 1,80 Er mogen geen wateradditieven worden gebruikt welke een pH verlagend effect hebben, zoals bv. organische zuren.	Ja Deels Ja																		
Productie	De eiproductie moet op jaarbasis minimaal 180-190 eieren/kip zijn.	Ja																		
Gezondheid en hygiëne	De ouderdieren krijgen standaard veterinaire zorg. Het uitvalspercentage mag niet hoger zijn dan 10% in de volledige productieperiode.	Ja Nee. Door hittestress hoger dan 10%.																		
Aantal dieren	De groepsgrootte bedraagt minimaal 750.	Ja																		
Registratie	Gedurende vier weken voorafgaand aan de meting: - totaal aantal kg verstrekt voer in de afdeling/stal - totaal aantal kg verstrekt strooisel in de afdeling/stal - totale hoeveelheid waterverbruik in de meetafdeling/stal - aanwezige + ingaande en uitgaande dieren (ook tijdens de meting) Tijdens de meting: - productie: aantal eieren, eigewicht, diergewicht en uitval - voeropname - tijdstippen van verwijderen van mest/strooisel uit de afdeling/stal - registratie van voersamenstelling - CO ₂ -concentratie - strooisellaagdikte - drogestofgehalte strooiselmest (per meetdag een representatief mengmonster per stal) - de wijze waarop voldaan wordt aan tijdens de meetperiode geldende dierwelzijnsnormen	Deels, via foto's van de productielijsten en voerbonnen.																		

¹Er zijn geen landbouwkundige voorwaarden voor ouderdieren beschikbaar, daarom wordt uitgegaan van gegevens uit de managementgids van de fokker (Aviagen-EPI, 2017) en KWIN 2020.

Bijlage 3 Kalibratie meetapparatuur

CO₂-analyse

Vaisala CO₂-sensor met Carbon Dioxide Probe GMP252.

De instrumenten hebben recente certificaten van de leverancier. Voordat de instrumenten in het onderzoek werden ingezet zijn ze geijkt in het eigen luchtlaboratorium. Middels het aanbieden van een verdunningsreeks CO₂-kalibratiegas is de ijklijn van ieder instrument vastgesteld.

Temperatuur en relatieve luchtvochtigheid

Escort RH iLogger EI-HS-D-32-L.

De logger staat ingesteld op een meetfrequentie van 2 minuten. Na iedere meting wordt het instrument goed schoongemaakt. Vervolgens komt het in een houder te liggen samen met enkele andere sensoren. Hierdoor kan een mogelijke afwijking worden vastgesteld. Deze loggers zijn niet recentelijk geijkt. Ze worden daarom slechts gebruikt ter indicatie van de meetomstandigheden.

Temperatuurbereik: -40°C tot +70°C

Luchtvochtigheidsbereik: 0-100%RH

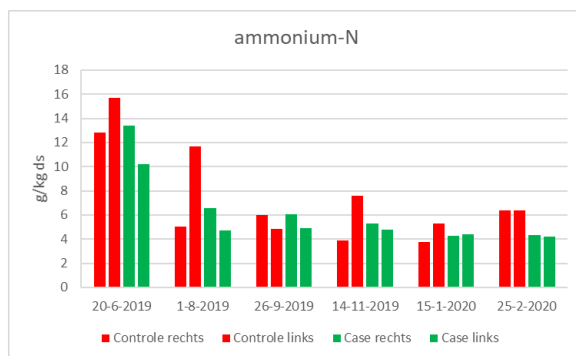
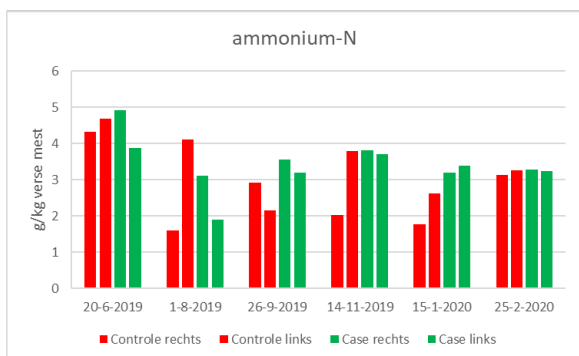
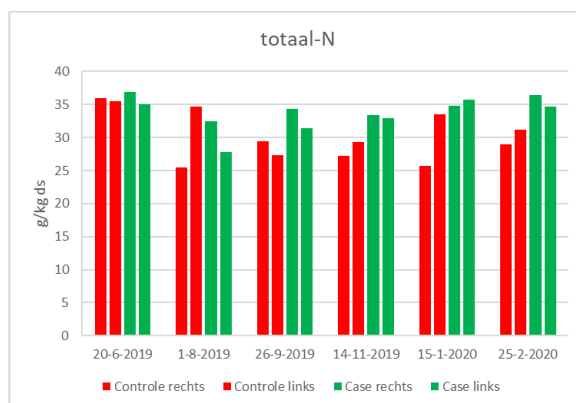
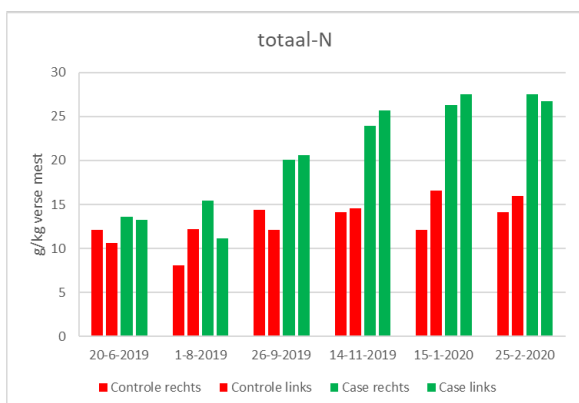
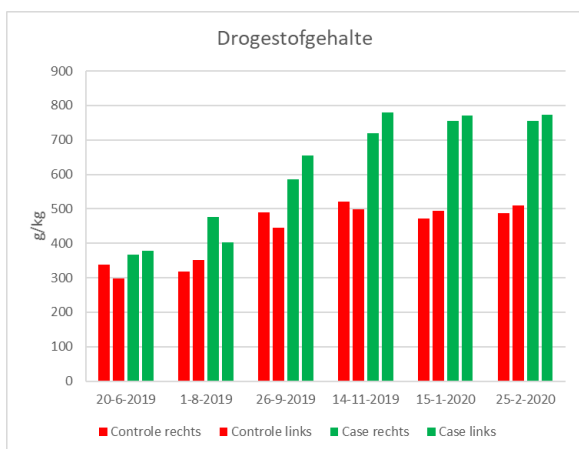
Nauwkeurigheid:

± 0.35°C (van -40°C tot 0°C)

± 0.25°C (van 0°C tot +70°C)

Luchtvochtigheid ± 3%

Bijlage 4 Detail resultaten drogestof, totaal-N en ammonium-N



To explore
the potential
of nature to
improve the
quality of life



Wageningen Livestock Research
Postbus 338
6700 AH Wageningen
T 0317 48 39 53
E info.livestockresearch@wur.nl
www.wur.nl/livestock-research

Wageningen Livestock Research ontwikkelt kennis voor een zorgvuldige en renderende veehouderij, vertaalt deze naar praktijkgerichte oplossingen en innovaties, en zorgt voor doorstroming van deze kennis. Onze wetenschappelijke kennis op het gebied van veehouderijsystemen en van voeding, genetica, welzijn en milieu-impact van landbouwhuisdieren integreren we, samen met onze klanten, tot veehouderijconcepten voor de 21e eeuw.

De missie van Wageningen University & Research is 'To explore the potential of nature to improve the quality of life'. Binnen Wageningen University & Research bundelen 9 gespecialiseerde onderzoeksinstituten van Stichting Wageningen Research en Wageningen University hun krachten om bij te dragen aan de oplossing van belangrijke vragen in het domein van gezonde voeding en leefomgeving. Met ongeveer 30 vestigingen, 6.500 medewerkers en 10.000 studenten behoort Wageningen University & Research wereldwijd tot de aansprekende kennisinstellingen binnen haar domein. De integrale benadering van de vraagstukken en de samenwerking tussen verschillende disciplines vormen het hart van de unieke Wageningen aanpak.

