



Oriënterende metingen van de ammoniakemissie bij trager groeiende vleeskuikens

Jan van Harn, Hilko Ellen en Yvo Goselink

Openbaar
Rapport 1464



WAGENINGEN
UNIVERSITY & RESEARCH

Oriënterende metingen van de ammoniakemissie bij trager groeiende vleeskuikens

Jan van Harn, Hilko Ellen en Yvo Goselink

Dit onderzoek werd uitgevoerd door Wageningen Livestock Research en ondersteund door het Ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit en een consortium van verschillende partijen uit de trager groeiende vleeskuikensector binnen het kader van de Publiek Private Samenwerking (PPS) "Trager groeiende vleeskuikens: Op weg naar integraal duurzaam dierenwelzijn" (BO-47-001-052).

Wageningen Livestock Research
Wageningen, Maart 2024

Rapport 1464

Samenvatting NL

In dit rapport worden de resultaten beschreven van de eerste oriënterende ammoniakemissiemetingen op één praktijkbedrijf bij verschillende houderijconcepten met trager groeiende vleeskuikens. Het doel van deze studie was een eerste indruk te krijgen van de ammoniakemissie uit stallen met trager groeiende vleeskuikens en een lagere bezetting. Deze studie werd uitgevoerd in de periode januari 2022 – februari 2023 op één locatie met twee identieke stallen binnen het kader van de Publiek Private Samenwerking (PPS) "Trager groeiende vleeskuikens: Op weg naar integraal duurzaam dierenwelzijn" (BO-47-001-052). Dit project werd ondersteund door het Ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit en een consortium van verschillende partijen uit de trager groeiende vleeskuikensector. Uit deze oriënterende metingen blijkt dat op het onderzochte bedrijf de ammoniakemissie bij de verschillende houderijconcepten met trager groeiende vleeskuikens gemiddeld 95 ± 16 g NH₃ per dierplaats per jaar bedroeg. Omdat de metingen slechts op één locatie hebben plaatsgevonden en de kans reëel is dat het ventilatiedebiet, en dus ook de ammoniakemissie, wordt overschat, kan de gevonden ammoniakemissie in dit onderzoek niet gezien worden als een algemene indicatie voor de hoogte van de ammoniakemissie uit stallen met trager groeiende vleeskuikens en een lagere bezettingsdichtheid.

Summary UK

This report describes the results of indicative ammonia emission measurements on one location with different production systems with slower growing broilers. The aim of this study was to get a first impression of the ammonia emission from houses with slower growing broilers and a lower stocking density. This study was conducted in the period January 2022 – February 2023 at one location with two identical houses within the framework of the Public Private Partnership (PPP) "Slower growing broilers: Towards integrated sustainable animal welfare" (BO-47-001-052). This PPP-project was supported by the Ministry of Agriculture, Nature and Food Quality and a consortium of various private partners from the slow-growing broiler sector. This study showed that the ammonia emission on this farm with different production systems with slower growing broilers averaged 95 ± 16 g NH₃ per animal place per year. Since the measurements only took place at one location and because there is a real chance that the ventilation rate, and therefore also the ammonia emission, will be overestimated, the ammonia emission found in this study cannot be seen as a general indication of the level of ammonia emissions from houses with slower growing broilers and lower stocking density.

Dit rapport is gratis te downloaden op <https://doi.org/10.18174/644560> 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, 2024

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.

Inhoud

| | |
|--|-----------|
| Woord vooraf | 5 |
| Samenvatting | 7 |
| 1 Inleiding | 9 |
| 1.1 Aanleiding | 9 |
| 1.2 Doel | 10 |
| 1.3 Afbakening | 10 |
| 2 Materiaal en Methoden | 11 |
| 2.1 Stal- en bedrijfssituatie | 11 |
| 2.1.1 Huisvesting en bedrijfsvoering | 11 |
| 2.1.2 Onderzochte houderijconcepten | 12 |
| 2.1.3 Voer | 13 |
| 2.2 Metingen | 13 |
| 2.2.1 Ventilatie-debiet | 13 |
| 2.2.2 Ammoniak | 14 |
| 2.2.3 Temperatuur en luchtvochtigheid | 15 |
| 2.2.4 Productiegegevens | 15 |
| 3 Resultaten | 17 |
| 3.1 Algemeen | 17 |
| 3.2 Productieresultaten | 19 |
| 3.3 Ammoniakemissie | 21 |
| 4 Discussie | 23 |
| 5 Conclusie en aanbevelingen | 27 |
| Literatuur | 28 |
| Bijlage 1 Algemene info stallen | 30 |
| Bijlage 2 Impressie bedrijf | 31 |
| Bijlage 3 Nutritionele gehalten rantsoenen | 35 |
| Bijlage 4 Ammoniakconcentratie per ronde | 37 |
| Bijlage 5 Ventilatie-debiet per ronde | 40 |
| Bijlage 6 Ammoniakemissie per ronde | 43 |
| Bijlage 7 CO₂-concentratie per ronde | 46 |
| Bijlage 8 Temperatuur per ronde | 49 |
| Bijlage 9 Relatieve luchtvochtigheid per ronde | 52 |
| Bijlage 10 Verschillen in emissie tussen ammoniaksensoren | 55 |
| Bijlage 11 Berekende ventilatie-debieten en ammoniakemissies o.b.v. Aarnink et al. (2019) | 56 |

Woord vooraf

In de afgelopen tien jaar heeft de consumptie en productie van trager groeiende vleeskuikens in Nederland een enorme vlucht genomen. Eind 2017 was ca. 90% van al het verse kippenvlees in de Nederlandse supermarkten afkomstig van trager groeiende vleeskuikens. Dit komt overeen met ca. 30% van de totale Nederlandse productiecapaciteit. In 2023 zullen alle Nederlandse supermarkten omschakelen naar het Beter Leven 1-ster keurmerk van de Dierenbescherming waardoor meer dan 50% van de Nederlandse vleeskuikenhouders gebruik zal maken van trager groeiende vleeskuikens. Gemiddeld genomen levert de omschakeling naar trager groeiende vleeskuikens ten opzichte van reguliere snelgroeiende vleeskuikens een aantal voordelen op het gebied van dierenwelzijn (o.a. betere mobiliteit, minder voetzollaesies) en gezondheid (lagere uitval, lager antibioticagebruik). Welke effecten houderijconcepten met trager groeiende vleeskuikens en een lagere bezetting hebben op de emissies van ammoniak, fijnstof en geur is echter niet bekend. Om een beeld te krijgen van de ammoniakemissie bij houderijconcepten met trager groeiende vleeskuikens en een lagere bezetting zijn op één locatie met twee identieke stallen oriënterende metingen uitgevoerd.

Deze studie werd uitgevoerd binnen het kader van de Publiek Private Samenwerking (PPS) "Trager groeiende vleeskuikens: Op weg naar integraal duurzaam dierenwelzijn" (BO-47-001-052). Dit project is een samenwerking tussen het Ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit en een consortium van verschillende private partners uit de trager groeiende vleeskuikensector: Hubbard Nederland, Morren broederij, De Heus Voeders BV, HATO BV, 2-Sisters Storteboom, Meyn, MSD Animal Health, Petersime, AVINED, FAI, adVee en de Dierenbescherming.

Namens de auteurs wil ik in het bijzonder de vleeskuikenhouder bedanken voor zijn gastvrijheid en de mogelijkheid die hij ons heeft gegeven om de oriënterende ammoniakemissiemetingen op zijn bedrijf te mogen uitvoeren.

Dr. Ing. R.A. (Rick) van Emous
Projectleider



Samenvatting

Nederlandse supermarkten zullen in de loop van 2023 alleen nog versproducten van vleeskuikens gehouden volgens de criteria van het Beter Leven keurmerk 1 ster (BLk1-ster) van de Dierenbescherming aanbieden. BLk1-ster kenmerkt zich door het gebruik van een trager groeiend kuiken, een lagere bezetting (max. 25 kg/m²) en het gebruik van een overdekte uitloop. Naar verwachting zal in 2024 - 2025 circa 60-70% van de vleeskuikens in Nederland van een trager groeiend ras zijn. Welke effecten de omschakeling van reguliere kuikens naar houderijconcepten met trager groeiende vleeskuikens en een lagere bezetting heeft op de omgeving, meer specifiek op de emissies van ammoniak, fijnstof en geur is onbekend vanwege het ontbreken van metingen. Binnen de PPS "Trager groeiende vleeskuikens: Op weg naar integraal duurzaam dierenwelzijn" zijn oriënterende ammoniakemissiemetingen gedaan om een indruk te krijgen van de effecten van de omschakeling naar houderijconcepten met trager groeiende kuikens en een lagere bezetting op de ammoniakemissie. De metingen werden uitgevoerd op één locatie met twee identieke stallen in de periode van januari 2022 tot en met februari 2023 bij verschillende houderijconcepten met trager groeiende vleeskuikens. De ammoniakconcentratie werd continue gemeten met behulp van twee Dräger Polytron® 8000 sensoren per stal. Daarnaast werd continue de CO₂-concentratie gemeten per stal, zodat via de CO₂-massabalansmethode het ventilatiedebiet van de stal kon worden vastgesteld. Door het ventilatiedebiet te vermenigvuldigen met de ammoniakconcentratie werd de stalemissie verkregen.

Uit deze oriënterende studie bleek dat op het onderzochte bedrijf de ammoniakemissie bij verschillende houderijconcepten met trager groeiende vleeskuikens en een lagere bezetting gemiddeld 95 ± 16 gram per dierplaats per jaar bedroeg. Dit komt overeen met een emissie van 1.019 gram per vierkante meter strooiselmestoppervlakte per jaar. Er is een reële kans dat het ventilatiedebiet en daarmee de emissies bij trager groeiende vleeskuikens wordt overschat, omdat de rekenregels van de CO₂-massabalansmethode zijn gebaseerd op snelgroeiende vleeskuikens. Omdat er daarnaast maar op één locatie is gemeten en het bekend is dat er aanzienlijke variatie in de ammoniakemissie bestaat tussen bedrijven met eenzelfde stalinrichting, kan de gevonden ammoniakemissie in dit onderzoek niet gezien worden als een algemene indicatie voor de hoogte van de ammoniakemissie uit stallen met trager groeiende vleeskuikens en een lagere bezetting.

Omdat er maar gemeten is op één locatie en het niveau van het ventilatiedebiet gebaseerd is op rekenregels van snelgroeiende vleeskuikens wordt aanbevolen:

1. De CO₂-massabalansmethode te valideren bij trager groeiende vleeskuikens.
2. Op meerdere bedrijven ammoniakemissiemetingen conform het geldende meetprotocol uit te voeren bij verschillende emissiearme staltechnieken. Dit te doen bij zowel trager groeiende als reguliere vleeskuikens. De huidige emissiefactoren bepaald bij reguliere vleeskuikens geven mogelijk geen juiste weerspiegeling van de werkelijke ammoniakemissie vanwege alle veranderingen in de houderij sinds de metingen in 2008-2009.
3. Een regelmatige on-site kalibratie van de ammoniaksensoren uit te voeren om tijdig gebreken te signaleren.



1 Inleiding

1.1 Aanleiding

Nederlandse supermarkten bieden sinds 2016 in het versschap (nagenoeg) alleen nog zogenoemde Kip van Morgen producten aan. De Kip van Morgen producten zijn afkomstig van bedrijven die trager groeiende vleeskuikens houden bij een lagere bezetting (max. 30 kg/m²) ten opzichte van regulier (max. 42 kg/m²). In 2023 zullen Nederlandse supermarkten en een aantal foodservice-bedrijven enkel nog versproducten aanbieden van vleeskuikens gehouden volgens de criteria van het Beter Leven keurmerk 1 ster (BLk1-ster) van de Dierenbescherming. Het BLk1-ster kenmerkt zich onder andere door een lagere bezetting (max. 25 kg/m²), een iets langere levensduur (min. 56 dagen t.o.v. 49 - 53 dagen) dan de meeste Kip van Morgen concepten en de toevoeging van een overdekte uitloop (<https://beterleven.dierenbescherming.nl/over-de-dieren/alle-dieren/vleeskuikens/>). Dit commitment van de retail en een aantal foodservicebedrijven zal een forse verschuiving geven in het vleeskuikenlandschap van Nederland, aangezien dan een groot deel van de kuikens gehouden zal worden volgens de criteria van het BLk1-ster.

Welke effecten de omschakeling van reguliere kuikens naar houderijconcepten met trager groeiende vleeskuikens heeft op de omgeving, meer specifiek de emissies van ammoniak, fijnstof en geur is onbekend vanwege het ontbreken van metingen. Er zijn wel de nodige studies verricht waarin een (meestal kwalitatieve) inschatting wordt gegeven van deze gevolgen (Ellen et al., 2010, Ellen et al., 2012, Van Harn et al., 2012, Groenestein et al., 2014, Ellen et al., 2020 en Bos et al., 2023). De belangrijkste veranderingen bij het houden van trager groeiende vleeskuikens ten opzichte van regulier snel groeiende vleeskuikens die invloed op de ammoniakemissie hebben, zijn:

- de hogere slachtleeftijd;
- het gebruik van een trager groeiend ras met een lagere voer efficiëntie en een hogere activiteit;
- de lagere dierbezetting;
- de aanwezigheid van een overdekte uitloop – alleen bij Beter Leven 1-ster;
- het aanbieden van omgevingsverrijking (graan, strobalen);
- de voersamenstelling (lager eiwitgehalte);
- het lagere ventilatieniveau.

Ammoniak uit pluimveestallen ontstaat door bacteriële omzetting van urinezuur in de mest van de kippen. In de mest van een kip komt ammoniak op zich niet of nauwelijks voor. Onverteerde eiwitten en urinezuur vertegenwoordigen respectievelijk circa 30 en 70 procent van de totale hoeveelheid stikstof in de mest van kippen (Ellen et al., 2005). Na uitscheiding van de onverteerde eiwitten en urinezuur kunnen door microbiële omzettingen ureum, ammoniak, nitriet, nitraat, lachgas, stikstofmonoxide, stikstofgas en microbiële eiwit worden gevormd. De microbiële afbraak van eiwitten en urinezuur tot ureum en vervolgens ammoniak is hierbij één van de belangrijkste processen. Dit proces wordt onder andere beïnvloed door de volgende factoren:

- vochtgehalte mest;
- temperatuur;
- zuurgraad;
- zuurstofconcentratie.

In heel vochtige of juist heel droge strooiselmest wordt de ammoniakemissie sterk afgeremd door respectievelijk een beperking van zuurstof of vocht (Groot Koerkamp et al., 2000). Rulle mest zorgt ervoor dat er voldoende zuurstof beschikbaar is en eenmaal ontstane ammoniak makkelijk kan vervluchtigen. Bij een lagere omgevingstemperatuur zijn bacteriën minder actief, met als gevolg een geringere omzetting naar ammoniak. Van dit laatste ammoniak reducerende principe wordt gebruik gemaakt bij het Kombidek systeem (E 5.5 grondhuisvesting met vloerverwarming en vloerkoeling (BWL 2001.11.V3). Andere systemen/technieken die worden toegepast bij vleeskuikens zorgen voor een snellere droging van de geproduceerde mest (en daarmee lager vochtgehalte) door te zorgen voor een continue luchtstroom via interne circulatie.

Om een idee te krijgen van de ammoniakemissie van trager groeiende kuikens zijn in deze studie op één locatie met twee identieke stallen oriënterende ammoniakemissiemetingen uitgevoerd bij verschillende houderijconcepten met trager groeiende vleeskuikens.

1.2 Doel

Doel van dit onderzoek was een eerste indruk te krijgen van de ammoniakemissie uit stallen met trager groeiende vleeskuikens en een lagere bezetting.

1.3 Afbakening

De metingen werden verricht op één locatie. Op deze locatie werd de ammoniakemissie gemeten in twee identieke stallen. Beide stallen waren voorzien van een warmtewisselaar in combinatie met een luchtmengsysteem voor de droging van de strooisellaag (E 5.11; BWL 2010.13.V7). De metingen zijn niet uitgevoerd volgens het in Nederland geldende meetprotocol voor ammoniakemissiemetingen (Ogink et al., 2013; Ogink et al., 2017; Mosquera et al., 2014). De ammoniakconcentratie werd alleen in de uitgaande lucht gemeten m.b.v. een ammoniaksensor, de ammoniakconcentratie van de ingaande (buiten)lucht werd niet bepaald. Het ventilatiedebiet werd vastgesteld d.m.v. de CO₂-massabalansmethode (CIGR, 2002; Pedersen et al., 2008). Hierbij wordt op basis van de CO₂-productie van de dieren en het strooisel het ventilatiedebiet berekend. Door het ventilatiedebiet te vermenigvuldigen met de ammoniakconcentratie werd de stalemissie verkregen. Gedurende de meetperiode zijn verschillende houderijconcepten met trager groeiende vleeskuikens bemeaten.

2 Materiaal en Methoden

In paragraaf 2.1 en in Bijlage 1 wordt een beschrijving gegeven van de stallen en de gegevens van de bedrijfssituatie, in Bijlage 2 wordt een foto-impressie van het bedrijf c.q. stallen gegeven en in paragraaf 2.2. worden de metingen en de wijze van verwerking van de gegevens beschreven.

2.1 Stal- en bedrijfssituatie

2.1.1 Huisvesting en bedrijfsvoering

De emissiemetingen werden uitgevoerd op een vleeskuikenbedrijf met twee identieke vleeskuikenstallen. Beide stallen zijn in 1998 gebouwd en elke stal is 80 m lang en 20 m breed (netto staloppervlak: 1.600 m²). De stallen zijn volledig traditioneel ingericht (grondhuisvesting met strooisel) en werden mechanisch geventileerd via warmtewisselaars (geïnstalleerde capaciteit/stal: max. 13.700 m³/uur (1^e ronde) en max. 24.000 m³/uur (ronde 2 – 6)) en via ventilatoren in de kopgevel van de stal (lengteventilatie, geïnstalleerde capaciteit/stal: 270.000 m³/uur). In het begin van de productieronde werd er alleen geventileerd via de warmtewisselaars, later in de productieronde schakelde de lengteventilatie bij via inlaatventielen in beide zijgevels (2 x 32 = 64 stuks).

De stallen werden verwarmd met heteluchtkanonnen (capaciteit: 2 x 120 kWh) met rookgasafvoer. De stallen worden verlicht met behulp van LED TL buizen. Daarnaast beschikten beide stallen over een verduisterbare daglichtvoorziening in het dak. Als strooiselmateriaal werd turf gebruikt (ca. 0,8 kg/m²). Het voer werd verstrekt via Roxell Minimax voerpannen (5 voerlijnen per stal: ca. 90 kuikens per pan) en het water via Lubing drinknippels met opvangschoteltjes (6 drinklijnen per stal: ca. 15 kuikens/nippel). Per houderijconcept (zie paragraaf 2.1.2) verschilde het management rondom de watervoorziening, afhankelijk van gehouden concept werden 4 tot 6 drinklijnen ingezet. Zowel voer als water waren altijd onbeperkt beschikbaar voor de dieren.



Figuur 2.1 Eén van de twee meetstallen.

In beide stallen was een luchtmengsysteem in combinatie met een warmtewisselaar (E 5.11; BWL 2010.13.V7) als emissiearme techniek geïnstalleerd. In de eerste meetronde werd een Agro-Supply warmtewisselaar gebruikt (max. capaciteit 13.700 m³/uur per stal), omdat deze aan vervanging toe was werd deze na de eerste meetronde vervangen door vier Granovi warmtewisselaarunits per stal (totale capaciteit 24.000m³/uur).

De warmtewisselaar van Granovi bestaat uit zowel een fijnstoffilter als een kruisstroomwisselaar. De warmtewisselaar gebruikt de warme ventilatielucht die de stal verlaat om de binnenkomende koude lucht voor te warmen. Voordat de ventilatielucht de warmtewisselaar in gaat, wordt deze eerst door een grof- en vervolgens absoluut filter geleid. Dit geeft een lagere fijnstofuitstoot naar buiten toe. Via de vier geïnstalleerde warmtewisselaars kan in het begin van de groeiperiode ook een deel van de ventilatielucht worden gerecirculeerd. De hoeveelheid recirculatielucht wordt automatisch geregeld via de klimaatcomputer. In Figuur 2.1 is een foto van de stalinrichting van één van beide stallen weergegeven voor de installatie van de Granovi warmtewisselaars. In Tabel 2.1 worden de belangrijkste kenmerken van de stallen van dit bedrijf nog eens schematisch weergegeven. Gedurende de laatste twee ronden hadden de kuikens in beide stallen vanaf drie weken leeftijd onbeperkt toegang tot een overdekte uitloop voorzien van een betonnen vloer met hierop turf als strooiselmateriaal. De oppervlakte van de overdekte uitlopen verschilden tussen beide stallen (oppervlakte stal 1 en 2 respectievelijk 380 vs. 540 m²), de inrichting en het gevoerde management daarentegen niet.

Tabel 2.1 *Belangrijkste kenmerken van de vleeskuikenstallen in dit onderzoek.*

| Kenmerk | |
|---|---|
| Bouwjaar | 1998 |
| Grondoppervlak stal, netto [m ²] | 1.600 |
| Vloerverwarming | Nee |
| Ruimteverwarming | Heteluchtkanon (2 per stal, geïnstalleerd 240 kW) |
| Geïnstalleerde ventilatiecapaciteit [m ³ /uur] | 270.000 |
| Aantal ventilatoren | 12 (6*10.000 en 6*35.000 m ³ /uur) |
| Luchtinlaat | Inlaatventielen in zijgevels |
| Verlichting | LED TL |
| Voervoorziening | Voerpannen |
| Drinkwatervoorziening | Drinknippels met opvangschoteltjes |

2.1.2 Onderzochte houderijconcepten

De ammoniakemissie werd gedurende zes opeenvolgende productieronden gemeten. Zie voor opzet- en afleverdata Tabel 2.2. In elke ronde werden trager groeiende vleeskuikens gebruikt, maar er waren wel verschillen in houderijconcepten. In de eerste ronde werden er NSK-kuikens geproduceerd, de twee daaropvolgende ronden werden er kuikens geproduceerd volgens het ECC-protocol en gedurende de laatste drie ronden volgens het Beter Leven keurmerk 1-ster van de Dierenbescherming. Deze houderijconcepten maken allen gebruik van trager groeiende vleeskuikens, maar de houderijcriteria en het gebruikte type trager groeiend vleeskuiken verschillen. In Tabel 2.3 zijn de houderijcriteria van deze drie houderijconcepten weergegeven.

Tabel 2.2 *Opzet-, afleverdatum en houderijconcept per meetronde.*

| Ronde | Opzetdatum | Afleverdatum | Houderijconcept | Gebruikt ras |
|-------|------------|--------------|-----------------|----------------------|
| 1 | 28/1/2022 | 22/3/2022 | NSK | JA 757 |
| 2 | 5/4/2022 | 23/5/2022 | ECC | Rustic Gold / Redbro |
| 3 | 31/5/2022 | 19/7/2022 | ECC | Rustic Gold / Redbro |
| 4 | 22/7/2022 | 16/9/2022 | BLk1-ster* | JA 757 |
| 5 | 17/10/2022 | 12/12/2022 | BLk1-ster | JA 757 |
| 6 | 20/12/2022 | 14/02/2023 | BLk1-ster | JA 757 |

* Zonder overdekte uitloop.

Tabel 2.3 Houderijcriteria van de onderzochte houderijconcepten

| | Nieuwe Standaard Kip (NSK) | European Chicken Commitment (ECC) | Beter Leven 1-Ster |
|-----------------------------|-----------------------------------|--|---|
| Type kuiken | Trager groeiend | Trager groeiend ¹ | Trager groeiend ³ |
| Min. Slachtleeftijd (dagen) | 49-55 | Geen eis | 56 |
| Max. gem. groei (gram/dag) | 45 | Geen eis | 45 |
| Gem. slachtgewicht (gram) | 2000-2500 | 2000-2500 | 2000-2500 |
| Maximale bezetting | Kuikens/m ² | -- | 12 |
| | Kg/m ² | 30 | 25 ⁴ |
| Overdekte uitloop | Nee | Nee | Ja |
| Vrije uitloop | Nee | Nee | Nee |
| Daglicht | Ja | Ja | Ja |
| Donkerperiode | 6 uur aaneengesloten | 6h/24h, waarvan 4h aaneengesloten | 8 uur aaneengesloten |
| Minimale lichtintensiteit | 20 Lux | 50 Lux | 20 Lux |
| Ruwvoerbalen | 1 baal per 1000 dieren | 2 balen per 1000 dieren | 1 baal per 1000 dieren |
| Extra verrijking | Graan strooien | Graan strooien, 2 meter zitstok per 1000 dieren | Graan strooien |
| Transportduur | Max. 4 uur | Geen eis | Max. 3 uur |
| Bedwelmen | Multifase CAS | Multifase CAS of elektrocutie/waterbadmethode ² | Multifase CAS, waterbadmethode wordt uitgefaseerd |

¹ Het ras kippen moet voldoen aan de criteria van het RSPCA Broiler Breed Welfare Assessment Protocol

² Mag alleen gehanteerd worden als het effectieve elektrische bedwelming betreft zonder dat het kuiken eerst levend op de kop wordt gehangen.

³ Het ras moet voldoen aan de criteria van het Beter Leven 1-ster keurmerk van de Dierenbescherming.

⁴ Inclusief overdekte uitloop

2.1.3 Voer

De kuikens ontvingen een vierfasen voerprogramma (kernvoer + tarwe). Het verstrekte voerprogramma was niet in alle rondes gelijk, maar binnen een productieronde werd in beide stallen hetzelfde voerprogramma verstrekt. Een en ander had te maken met het feit dat de houderijconcepten verschilden tussen de rondes. In Bijlage 3 wordt per ronde op basis van de labelwaarden de berekende gehalten van de verstrekte (kern)voerders en tarwe vermeld.

2.2 Metingen

2.2.1 Ventilatie-debiet

Het ventilatie-debiet (m³/uur) uit de stal werd met behulp van de CO₂-massabalansmethode bepaald. De CO₂-massabalansmethode maakt gebruik van de gemeten CO₂-concentraties van de uit- en ingaande stallucht (respectievelijk [CO₂]_{stal} en [CO₂]_{buiten}; ppm) en de CO₂-productie van de dieren (m³ CO₂/uur per dier) in de stal. Hierbij werd verondersteld dat bij de laatste twee rondes de overdekte uitloop via de stalventilatoren werd geventileerd. Aan de hand van CIGR-rekenregels (CIGR, 2002; Pedersen et al., 2008) wordt de CO₂-productie van de dieren en het strooisel bepaald op basis van de geïnterpoleerde gewichten van de dieren (kg) verkregen vanuit het gewicht van de kuikens bij afleveren en de curve behorend bij het ras. Hiervoor wordt eerst de warmteproductie van de vleeskuikens als volgt berekend:

$$\Phi_{tot} = 10,62 m^{0,75}$$

waarbij:

- Φ_{tot} = totale warmteproductie per dier in W;
- m = gewicht van het dier in kg

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

Dieren lichter dan 500 gram:

$$CO_2 - \text{productie} = \Phi_{tot} * 0,180$$

Dieren zwaarder dan 500 gram:

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

waarbij:

- CO₂-productie = productie van CO₂ in m³/uur per dier;
- Φ_{tot} = warmteproductie per dier in kW;
- 0,180/0,185 = waarden voor CO₂-productie per kW in m³/uur per dier (incl. CO₂-productie uit strooisel).

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

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

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 in de uitgaande lucht van de stal;
- [CO₂]_{buiten} = CO₂ concentratie van de ingaande (buiten)lucht (ppm).

Voor de vaststelling van de CO₂-concentratie in de in- en uitgaande stallucht werd een Vaisala CO₂-sensor (Vaisala; Vantaa, Finland; CARBOCAP® Carbon Dioxide Probe GMP252; type met meetbereik 0-5000 ppm) gebruikt. Elke 5 minuten werden vijf-minutengemiddelden opgeslagen in een datalogstelsysteem (Campbell Scientific Inc., Logan, VS). Op basis van de gemiddelde CO₂-productie en -concentraties per dag werd het gemiddelde ventilatiedebiet per dag (in m³/uur) berekend.

2.2.2 Ammoniak

De ammoniakconcentratie werd continu gemeten met behulp van twee Dräger Polytron® 8000 (Dräger Safety AG & Co. KGaA, Duitsland) sensoren per stal. Deze elektrochemische sensoren werden in de uitgaande lucht van warmtewisselaar en in de uitgaande lucht van de ventilatoren in de kopgevel gehangen. De data van deze metingen werden elke 5 minuten opgeslagen in een datalogstelsysteem (Campbell Scientific Inc., Logan, VS). De ammoniakconcentratie in de buitenlucht werd niet gemeten. Als achtergrondconcentratie voor ammoniak werd een vaste waarde van 0,01 ppm (= 0,0069 mg/m³; CBS, PBL, RIVM, WUR (2021)) aangehouden.

Over de gehele meetperiode (ronde) werd de ammoniakemissie van beide stallen bepaald op basis van het gemiddeld ventilatiedebiet en de gemiddelde concentratie (24-uursgemiddelde) in de uitgaande lucht (C_{uit} [g/m³]) en in de ingaande (achtergrond)lucht (C_{in} [g/m³]).

De emissies op jaarbasis werden uitgedrukt per 1) dierplaats (E_{dier}) en 2) per dierplaats gecorrigeerd met een leegstandsfactor van het desbetreffende concept (houderijwijze), te weten: 0,88 voor NSK, 0,87 voor ECC en 0,89 voor Beter Leven 1-ster corresponderend met een leegstandperiode van respectievelijk 12, 13 en 11% (E_{dierc}). In formule:

$$E_{dier} = V \times (C_{uit} - C_{in}) \times \frac{D_{aanw}}{D_{opz}} \times 24 \times 365$$

$$E_{dierc} = V \times (C_{uit} - C_{in}) \times \frac{D_{aanw}}{D_{opz}} \times 24 \times 365 \times L$$

waarbij:

- E_{dier} = emissie ammoniak in g per dierplaats per jaar
- E_{dierc} = emissie ammoniak in g per dierplaats per jaar gecorrigeerd voor leegstand
- V = ventilatiedebiet per aanwezig dier in m^3 per uur
- C_{uit} = concentratie ammoniak in uitgaande luchtstroom in g/m^3
- C_{in} = concentratie ammoniak in ingaande luchtstroom in g/m^3 (vaste waarde van $6,9 \cdot 10^{-6} g/m^3$)
- D_{aanw} = aantal aanwezige dieren
- D_{opz} = aantal geplaatste dieren
- 24 = uren per dag
- 365 = aantal dagen per jaar
- L = leegstandsfactor (0,88 voor NSK, 0,87 voor ECC en 0,89 voor Beter Leven 1-ster). Voor alle concepten is gerekend met een vaste leegstand van 7 dagen (KWIN-V, 2022).

Daarnaast werd de emissie per vierkante meter per jaar gecorrigeerd voor leegstand (zie hierboven) berekend.

$$E_{per_m2} = \frac{D_{opz} \times E_{dierc}}{Opp_{stal}}$$

Waarbij:

- E_{per_m2} = emissie ammoniak in g per vierkante meter per jaar
- D_{opz} = aantal geplaatste dieren
- E_{dierc} = emissie ammoniak in g per dierplaats per jaar gecorrigeerd voor leegstand
- Opp_{stal} = staloppervlakte in m^2

2.2.3 Temperatuur en luchtvochtigheid

Tijdens de metingen werden temperatuur ($^{\circ}C$) en relatieve luchtvochtigheid (%) van de ingaande (buitenlucht) en uitgaande stallucht continu gemeten met behulp van temperatuur- en vochtsensoren (Rotronic; ROTRONIC Instrument Corp., Huntington, VS), met een nauwkeurigheid van respectievelijk $\pm 1,0$ $^{\circ}C$ en $\pm 2\%$. De data van deze metingen werden elke 5 minuten opgeslagen in een datalogsysteem (Campbell Scientific Inc., Logan, VS).

2.2.4 Productiegegevens

Van elke ronde werden de productieresultaten vastgelegd. Hiertoe werden de volgende gegevens overgenomen van de hokkaart en/of opgevraagd bij de vleeskuikenhouder:

- aantal opgezette en aanwezige dieren; dagelijks werd de uitval en selectie genoteerd op de hokkaart.
- diergewicht – de dieren werden niet handmatig en/of automatisch gewogen, daarom zijn de normgewichten uit de productiegids of hokkaart van het merk kuiken gebruikt; Aan het eind van elke ronde is het totaal afgeleverde kilogrammen en het aantal afgeleverde kuikens aan de slachterij opgevraagd. Indien het aflevergewicht verschilde van de norm, dan werd het gewichtsverloop via lineaire interpolatie gecorrigeerd. Hiertoe werd eerst een correctiefactor vastgesteld door het aflevergewicht van de slachterij te delen door het normgewicht bij afleveren. Vervolgens werden de dagelijkse normgewichten in de voorliggende periode gecorrigeerd door deze te vermenigvuldigen met de vastgestelde correctiefactor.
- voerverbruik (= voer + tarwe) van de dieren.

Op basis van het totaal afgeleverd gewicht (in kg), aantallen afgeleverde kuikens, totaal voer- en tarweverbruik (in kg) en uitval (aantallen) konden de volgende (technische) kengetallen per stal worden berekend:

Gemiddeld aflevergewicht

Het gemiddeld aflevergewicht (g) werd als volgt berekend:

$$\frac{\text{Totaal afgeleverd gewicht aan slachterij [kg]}}{\text{Totaal aantal geleverde kuikens aan slachterij}} \times 1000$$

Voerconversie

De voerconversie is berekend als het quotiënt van de deling van de totale hoeveelheid verstrekt voer en tarwe door het totaal afgeleverd nettogewicht aan vleeskuikens.

$$\frac{\text{Totaal voer [kg]} + \text{Totaal tarwe [kg]}}{\text{Totaal afgeleverd gewicht aan slachterij [kg]}}$$

Uitval totaal

Het uitvalspercentage is als volgt berekend:

$$\frac{\text{Aantal uitval (hoklijst)}}{\text{Aantal opgezette kuikens}} \times 100\%$$

3 Resultaten

3.1 Algemeen

Zoals in 2.2.1 al aangegeven werden in de verschillende meetronden niet dezelfde houderijconcepten bemeten. Wel betrof het in alle meetronden houderijconcepten met trager groeiende vleeskuikens. In Tabel 3.1 wordt per ronde en stal informatie verstrekt met betrekking tot het houderijconcept, de herkomst van de kuikens, het kuikenmerk, aantal kuikens opgezet, bezetting en de opzet- en afleverdatum.

Vanaf de vierde ronde werden de kuikens volgens het Beter Leven keurmerk 1-ster van de Dierenbescherming gehouden. Eén van de houderijcriteria van Beter Leven 1-ster is dat de kuikens de beschikking moeten hebben over een overdekte uitloop. In de vierde ronde werd nog geen gebruik gemaakt van de overdekte uitloop, omdat deze nog in aanbouw was. In de vijfde en zesde ronde hadden de kuikens vanaf drie weken leeftijd 24 uur per dag toegang tot de overdekte uitloop.

Tabel 3.1 Houderijconcept, ras, broederij, leeftijd moederdieren (md), opzet aantal, opzet datum, afleverdatum, lengte productieperiode, bezetting bij opzet per ronde.

| | Ronde 1 | | Ronde 2 | | Ronde 3 | | Ronde 4 | | Ronde 5 | | Ronde 6 | |
|--|-----------|-----------|-------------|------------------------|------------------------|-------------|-------------------------------------|-----------|----------------------------------|------------|----------------------------------|------------|
| | NSK | | ECC | | ECC | | BLk1-ster, zonder overdekte uitloop | | BLk1-ster, met overdekte uitloop | | BLk1-ster, met overdekte uitloop | |
| | Stal 1 | Stal 2 | Stal 1 | Stal 2 | Stal 1 | Stal 2 | Stal 1 | Stal 2 | Stal 1 | Stal 2 | Stal 1 | Stal 2 |
| Ras | JA757 | JA757 | Rustic Gold | Redbro | Redbro | Rustic Gold | JA757 | JA757 | JA757 | JA757 | JA757 | JA757 |
| Broederij | Morren | Morren | Schotman | Van Hulst / Belgabroed | Van Hulst / Belgabroed | Schotman | Elshuis | Elshuis | Elshuis | Elshuis | Elshuis | Elshuis |
| Leeftijd md (weken) | 31 | 31 | 34 | 30 | 38 | 40 | 38 | 38 | 30 | 38 | 48 | 48 |
| Opzet aantal | 19.000 | 19.500 | 18.500 | 18.500 | 18.500 | 18.540 | 15.500 | 15.500 | 19.000 | 20.500 | 19.000 | 20.500 |
| Stalbezetting bij opzet (kuikens/m ²) ¹ | 11,9 | 12,2 | 11,6 | 11,6 | 11,6 | 11,6 | 9,7 | 9,7 | 11,9 (9,6) | 12,8 (9,6) | 11,9 (9,6) | 12,8 (9,6) |
| Opzetdatum | 28/1/2022 | 28/1/2022 | 5/4/2022 | 5/4/2022 | 31/5/2022 | 31/5/2022 | 22/7/2022 | 22/7/2022 | 17/10/2022 | 17/10/2022 | 20/12/2022 | 20/12/2022 |
| Afleverdatum | 22/3/2022 | 22/3/2022 | 23/5/2022 | 23/5/2022 | 19/7/2022 | 19/7/2022 | 16/9/2022 | 16/9/2022 | 12/12/2022 | 12/12/2022 | 14/2/2023 | 14/2/2023 |
| Productieperiode (dagen) | 53 | 53 | 48 | 48 | 49 | 49 | 56 | 56 | 56 | 56 | 56 | 56 |

¹Tussen haakjes staat de bezetting vermeld per m² beschikbaar vloeroppervlak (stal + overdekte uitloop)

3.2 Productieresultaten

In Tabel 3.2 wordt van elke ronde de behaalde productieresultaten per stal vermeld. Wanneer de behaalde productieresultaten worden vergeleken met de normen van de fokkerijorganisaties (Tabel 3.3), dan valt op dat het eindgewicht en de groei in alle rondes hoger was dan de norm, met uitzondering van de eindgewicht en groei in ronde 3 in stal 1 (Redbro) welke beiden iets onder de norm lagen (2.634 g en 53,7 g/d vs. 2.679 g en 54,7 g/d). De voerconversies lagen in de eerste en vierde meetronde aanmerkelijk lager in vergelijking met de norm, In de tweede en derde ronde (beiden ECC-concept) was de gerealiseerde voerconversie hoger dan de norm, ook na correctie voor verschil in eindgewicht (correctie 0,025 per 100 gram), met uitzondering van ronde 3 Rustic Gold, die na correctie voor het verschil in eindgewicht op een vergelijkbare voerconversie uitkwam als de norm.

Tabel 3.2 Behaalde productieresultaten per stal per ronde.

| | Ronde 1 | | Ronde 2 | | Ronde 3 | | Ronde 4 | | Ronde 5 | | Ronde 6 | |
|-----------------------------------|---------|--------|-------------|--------|---------|-------------|-------------------------------------|--------|----------------------------------|--------|----------------------------------|--------|
| | NSK | | ECC | | ECC | | BLk1-ster, zonder overdekte uitloop | | BLk1-ster, met overdekte uitloop | | BLk1-ster, met overdekte uitloop | |
| | Stal 1 | Stal 2 | Stal 1 | Stal 2 | Stal 1 | Stal 2 | Stal 1 | Stal 2 | Stal 1 | Stal 2 | Stal 1 | Stal 2 |
| Ras | JA757 | JA757 | Rustic Gold | Redbro | Redbro | Rustic Gold | JA757 | JA757 | JA757 | JA757 | JA757 | JA757 |
| Slachtleeftijd (dgn.) | 53 | 53 | 48 | 48 | 49 | 49 | 56 | 56 | 56 | 56 | 56 | 56 |
| Afgeleverde kg per m ² | 29,8 | 30,0 | 29,3 | 30,2 | 29,5 | 29,1 | 24,8 | 24,5 | 23,2 | 24,3 | 24,8 | 25,2 |
| Aflevergewicht (g) | 2521 | 2496 | 2600 | 2707 | 2634 | 2610 | 2634 | 2581 | 2481 | 2578 | 2675 | 2665 |
| Groei (g/d) | 47,6 | 47,1 | 54,2 | 56,4 | 53,7 | 53,3 | 47,0 | 46,1 | 44,3 | 46,0 | 47,8 | 47,6 |
| Voerconversie | 1,850 | 1,850 | 1,782 | 1,849 | 1,837 | 1,761 | 1,871 | 1,900 | 2,006 | 1,997 | 1,992 | 1,992 |
| VC 2600g | 1,870 | 1,876 | 1,782 | 1,822 | 1,829 | 1,758 | 1,863 | 1,905 | 2,036 | 2,002 | 1,973 | 1,975 |
| Voer (g) | 4664 | 4618 | 4633 | 5004 | 4838 | 4596 | 4928 | 4905 | 4977 | 5148 | 5328 | 5308 |
| Uitval (%) | 1,10 | 1,37 | 2,96 | 3,91 | 3,13 | 3,86 | 2,03 | 2,52 | 2,75 | 1,73 | 3,45 | 1,16 |

Tabel 3.3 Normen zoals opgeven door de fokkers van de verschillende gebruikte vleeskuikenrassen.

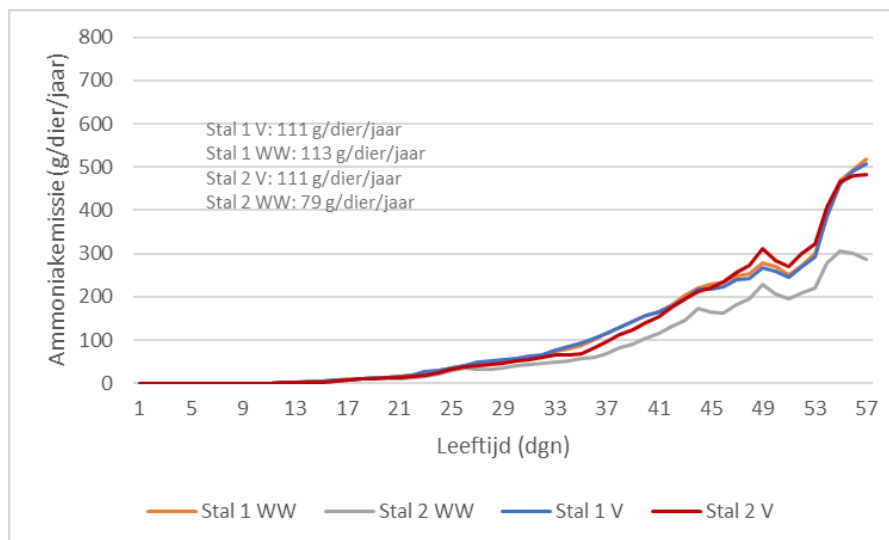
| | Ronde 1 | Ronde 2 | | Ronde 3 | | Ronde 4 - 6 |
|--------------------|--------------------|--------------------------|---------------------|---------------------|--------------------------|--------------------|
| | NSK | ECC | | ECC | | BLk1-ster |
| | JA757 ¹ | Rustic Gold ² | Redbro ³ | Redbro ³ | Rustic Gold ² | JA757 ⁴ |
| Leeftijd (dgn.) | 53 | 48 | 48 | 49 | 49 | 56 |
| Aflevergewicht (g) | 2432 | 2480 | 2614 | 2679 | 2546 | 2455 |
| Groei (g/d) | 45,9 | 51,7 | 54,5 | 54,7 | 52,0 | 43,8 |
| Voerconversie | 1,910 | 1,734 | 1,780 | 1,790 | 1,750 | 1,980 |
| VC 2600g | 1,952 | 1,764 | 1,777 | 1,770 | 1,764 | 2,016 |

¹ Hubbard, 2021a; ² Aviagen, 2022; ³ Hubbard, 2021b; ⁴ Hubbard, 2021c

3.3 Ammoniakemissie

In Tabel 3.4 zijn de gerealiseerde gemiddelden voor ventilatiedebiet, ammoniakconcentratie, ammoniakemissie (gecorrigeerd voor leegstand) per dierplaats per jaar en per vierkante meter per jaar, temperatuur en relatieve luchtvochtigheid per stal per ronde weergegeven. In Bijlage 4 tot en met 9 wordt achtereenvolgens grafisch het verloop van de ammoniakconcentratie, het ventilatiedebiet, de ammoniakemissie, de koolstofdioxideconcentratie, de temperatuur en de relatieve luchtvochtigheid weergegeven. Met betrekking tot de relatieve luchtvochtigheid dient vermeld te worden dat er vanaf de derde ronde twijfels bestaan over de gemeten relatieve luchtvochtigheden in stal 2 (Bijlage 9).

In elke stal waren twee elektrochemische sensoren geplaatst: één in de uitgaande lucht van de warmtewisselaar en één in de uitgaande lucht van de ventilatie. Deze sensoren zijn voor aanvang en na afloop van de studie gekalibreerd. De ammoniakconcentraties zijn gecorrigeerd o.b.v. deze kalibraties. Bij de kalibratie na afloop van de studie bleek dat de sensor die de ammoniakconcentratie in de uitgaande lucht bij warmtewisselaar in stal 2 mat sterk afweek. Wanneer we naar de gemeten ammoniakconcentraties van de twee sensoren in stal 1 kijken, dan zien we dat er vrijwel geen verschillen zijn in de ammoniakconcentratie in de uitgaande lucht bij de warmtewisselaar en die van de uitgaande lucht bij de ventilatoren in de achtergevel van de stal (Figuur 3.1 en Bijlage 10). Dit ondanks het feit dat de ventilatoren in de achtergevel van de stal niet continu draaien, omdat de minimum ventilatie in het begin van de productieperiode alleen via de warmtewisselaar plaatsvond. Gezien de grote afwijking van de ammoniaksensor in stal 2 welke in de uitgaande lucht hing bij de warmtewisselaar met de sensor die in de uitgaande luchtstroom hing bij de ventilatoren en de geringe verschillen in ammoniakconcentratie tussen de twee sensoren in stal 1, hebben we besloten om de ammoniakconcentratie en dus ook de -emissie van beide stallen te baseren op de gemeten concentratie van de sensor in de uitgaande lucht bij de ventilatoren.



Figuur 3.1 Verloop van de ammoniakemissie per stalsensorlocatie gemiddeld over 6 ronden (V= Ventilatie; WW= warmtewisselaar).

Tussen de ronden was er variatie in de gevonden ammoniakemissies, waarbij met name het verschil in ammoniakemissie tussen ronde 5 en 6 opvalt (gemiddeld 110,4 vs. 73,9 g NH₃/dpi/jaar). In deze beide ronden werden Beter Leven keurmerk 1-ster kuikens gehouden die vanaf 3 weken de beschikking hadden over een overdekte uitloop. Vanwege de vogelgriep was het tijdens deze studie niet mogelijk het bedrijf te bezoeken, waardoor er weinig aanvullende informatie beschikbaar is waar deze emissieverschillen aan gerelateerd kunnen worden. Gemiddeld over 6 ronden komt de ammoniakemissie (gecorrigeerd voor 12% leegstand/jaar) uit op 96,2 ± 16,8 en 94,7 ± 16,1 gram per dierplaats per jaar voor respectievelijk stal 1 en stal 2. Dit komt overeen met een ammoniakemissie van 1.026 ± 217 en 1.011 ± 194 g/m²/jaar voor respectievelijk stal 1 en 2. Gemiddeld over beide stallen bedroeg de ammoniakemissie (gecorrigeerd voor 12% leegstand/jaar) 95,5 ± 15,7 gram per dierplaats per jaar, wat overeen komt met 1.019 ± 196 g/m²/jaar. Voor de berekening van de emissie per m² is bij de laatste twee ronden de oppervlakte van de overdekte uitloop meegenomen.

Tabel 3.4 Gemiddeld ventilatiedebiet, ammoniakconcentratie, ammoniakemissie gecorrigeerd voor leegstand, temperatuur en RV per stal per ronde en de gemiddelde buitentemperatuur en buiten RV per ronde.

| | Ronde 1 | | Ronde 2 | | Ronde 3 | | Ronde 4 | | Ronde 5 | | Ronde 6 | |
|---|---------|--------|---------|--------|---------|---------------------|---------|---------------------|-------------------|---------------------|------------------|---------------------|
| | Stal 1 | Stal 2 | Stal 1 | Stal 2 | Stal 1 | Stal 2 | Stal 1 | Stal 2 | Stal 1 | Stal 2 | Stal 1 | Stal 2 |
| Lengte productieperiode (dgn.) | 53 | 53 | 48 | 48 | 49 | 49 | 56 | 56 | 56 | 56 | 56 | 56 |
| Leegstand (dgn.) | 7 | 7 | 7 | 7 | 7 | 7 | 7 | 7 | 7 | 7 | 7 | 7 |
| Aantal ronden/jaar ¹ | 6,1 | 6,1 | 6,6 | 6,6 | 6,5 | 6,5 | 5,8 | 5,8 | 5,8 | 5,8 | 5,8 | 5,8 |
| Leegstand (%) ² | 11,7 | 11,7 | 12,7 | 12,7 | 12,5 | 12,5 | 11,1 | 11,1 | 11,1 | 11,1 | 11,1 | 11,1 |
| Ventilatiedebiet (m ³ /dier/uur) | 1,1 | 1,1 | 1,8 | 2,0 | 2,3 | 2,2 | 2,6 | 2,5 | 0,8 | 0,9 | 1,0 | 1,1 |
| Ammoniakconcentratie (ppm) | 7,8 | 6,6 | 6,1 | 4,3 | 6,0 | 6,3 | 3,5 | 3,4 | 17,9 | 16,5 | 8,9 | 8,7 |
| Ammoniakemissie (g/dpl/jaar), gecorrigeerd voor leegstand | 82,2 | 74,2 | 107,5 | 95,2 | 108,1 | 113,5 | 101,2 | 95,2 | 109,3 | 111,5 | 68,8 | 78,9 |
| Ammoniakemissie (g/m ² /jaar), gecorrigeerd voor leegstand | 976 | 928 | 1243 | 1100 | 1250 | 1315 | 980 | 922 | 1049 ³ | 1068 ³ | 660 ³ | 756 ³ |
| Staltemperatuur (°C) | 24,6 | 24,8 | 26,6 | 26,5 | 27,7 | 28,1 | 28,1 | 28,3 | 26,8 | 27,1 | 25,4 | 24,9 |
| Buitentemperatuur (°C) | 7,6 | 7,6 | 13,0 | 13,0 | 18,4 | 18,4 | 20,5 | 20,5 | 10,7 | 10,7 | 7,4 | 7,4 |
| Relatieve luchtvochtigheid stal (%) | 55,3 | 57,8 | 53,3 | 54,5 | 52,8 | (58,9) ⁴ | 54,3 | (68,0) ⁴ | 58,9 | (78,0) ⁴ | 53,7 | (74,4) ⁴ |
| Buiten RV (%) | 71,0 | 71,0 | 63,8 | 63,8 | 62,2 | 62,2 | 61,4 | 61,4 | 75,6 | 75,6 | 74,1 | 74,1 |

¹ Aantal ronden/jaar = 365 dagen / (productieperiode + leegstand)

² Leegstand (%) = [(Aantal ronden/jaar * leegstand (dgn.)) / 365 dagen] * 100

³ Incl. oppervlakte overdekte uitloop

⁴ Vanaf de derde ronde twijfel over de juistheid van de geregistreerde relatieve luchtvochtigheden in stal 2 (zie bijlage 9). Om deze reden worden deze tussen () weergegeven.

4 Discussie

In de afgelopen vijf jaar heeft de consumptie en productie van trager groeiende vleeskuikens in Nederland een enorme vlucht genomen. Eind 2017 was ca. 90% van al het verse kippenvlees in de Nederlandse supermarkten afkomstig van trager groeiende vleeskuikens. Dit komt overeen met ca. 30% van de totale Nederlandse productiecapaciteit. In 2023 zullen alle Nederlandse supermarkten omschakelen naar het Beter Leven 1-ster keurmerk van de Dierenbescherming waardoor meer dan 50% van de totale Nederlandse vleeskuikenhouders gebruik zal maken van trager groeiende vleeskuikens. Er is weinig informatie beschikbaar omtrent de ammoniakemissie bij houderijconcepten met trager groeiende vleeskuikens. Het gebruik van een ander type kuiken, de langere groeiperiode, een ander voer, de lagere bezetting, het al of niet de beschikking hebben over een (overdekte) uitloop, het bijstrooien van graan, e.d. maken het dat emissies kunnen afwijken van de gangbare/reguliere houderij met snelgroeiende kuikens.

In dit onderzoek zijn op één locatie met twee identieke stallen gedurende zes ronden oriënterende ammoniakmetingen uitgevoerd om een beeld te krijgen van de ammoniakemissie uit stallen met trager groeiende vleeskuikens. Ten aanzien van de metingen en de verkregen resultaten zijn een aantal aspecten te benoemen die hierna worden toegelicht en bediscussieerd.

Locatie en staleffect

De metingen zijn uitgevoerd op één locatie met twee identieke stallen. Het is echter bekend dat er variatie is in ammoniakemissies tussen bedrijven. Winkel en collega's (2009) vonden bij protocollaire emissiemetingen aan traditionele vleeskuikenstallen (E 5.100) een variatiecoëfficiënt (= s.d./gemiddelde * 100%) van 34% tussen de vier bemeten vleeskuikenbedrijven, waarbij het bedrijf met hoogste ammoniakemissie een uitstoot had van 96 gram per dierplaats per jaar en die met laagste een uitstoot van 48 gram per dierplaats per jaar. Van Onzenoort en Van 't Erve (2009) vonden bij protocollaire emissiemetingen aan Wesselmann heaters (E 5.10) een variatiecoëfficiënt van 40 procent, waarbij de hoogste bedrijfsemmissie 47 gram ammoniak per dierplaats per jaar en de laagste emissie 16 gram ammoniak per dierplaats per jaar bedroeg. In verband met de variatie tussen bedrijven wordt bij protocollaire metingen dan ook minimaal twee (in geval van case-control) of vier locaties bemeten (Ogink et al., 2013; Ogink et al., 2017; Mosquera et al., 2014). Naast variatie in ammoniakemissie tussen bedrijven/locaties, is er ook variatie tussen stallen op een locatie. De gevonden variatie in de ammoniakemissie (Tabel 4.1) tussen beide stallen en tussen ronden kwamen goed overeen met eerdere metingen van Van Middelkoop en Van Harn (1995). Zij vonden bij continue ammoniakemissiemetingen op één locatie tussen afdelingen/stallen tussen ronden een variatie van 12 – 26 procent, hetgeen in lijn ligt met de in deze studie gevonden variatie tussen ronden van 17 procent. De verschillen in ammoniakemissie per dierplaats en per vierkante meter tussen de verschillende ronden mogen niet worden toegeschreven aan het houderijconcept aangezien er niet jaarrond gemeten is aan een bepaald houderijconcept. Het is immers bekend dat het seizoen invloed heeft op het stalklimaat en daarmee op de strooiselcondities en ammoniakemissies (Brink et al., 2022). Dit is ook de reden dat meetprotocollen voor het testen van bijvoorbeeld emissiereducerende technieken / maatregelen voorschrijven een jaarrond te meten om rekening te houden met het effect van het seizoen op de ammoniakemissies (Ogink et al., 2013; Ogink et al., 2017; Mosquera et al., 2014).

Tabel 4.1 Verschillen tussen beide stallen in ventilatiedebiet, ammoniakconcentratie, ammoniakemissie per dierplaats/jaar en ammoniakemissie per vierkante meter per jaar.

| | Stal 1 | Stal 2 |
|---|-------------|-------------|
| Ventilatiedebiet (m ³ /dier per uur) | 1,6 ± 0,7 | 1,7 ± 0,7 |
| Ammoniakconcentratie (ppm) | 8,4 ± 5,0 | 7,6 ± 4,8 |
| Ammoniakemissie (g/dierplaats/jaar) ¹ | 96,2 ± 16,8 | 94,7 ± 16,1 |
| Ammoniakemissie (g/m ² /jaar) ^{1,2} | 1.026 ± 217 | 1.011 ± 194 |

¹ Gecorrigeerd voor 12% leegstand per jaar

² Voor de twee laatste ronden inclusief oppervlakte overdekte uitloop.

Beide stallen op deze locatie waren uitgerust met een luchtmengsysteem in combinatie met een warmtewisselaar (E 5.11; BWL 2010.13.V7). Uit deze oriënterende metingen op één locatie met twee identieke stallen bleek dat de ammoniakemissie bij trager groeiende vleeskuikens gemiddeld $95,5 \pm 15,7$ gram per dierplaats per jaar (g/dpl/jr) bedroeg, hetgeen overeenkomt met 1.019 gram per vierkante meter per jaar.

Onzekerheid CO₂-massabalansmethode ter bepaling ventilatiedebiet

In deze studie werd het ventilatiedebiet bepaald m.b.v. de CO₂-massabalans methode. De CO₂-massabalans methode gaat uit van rekenregels die een standaard CO₂-productie per dier berekenen. De CO₂-productie per dier is echter afhankelijk van de activiteit van het dier; hoe actiever het dier is, hoe meer CO₂ het zal produceren. Het is bekend dat trager groeiende vleeskuikens actiever zijn dan reguliere kuikens. Aan de andere kant is de groeisnelheid van trager groeiende vleeskuikens lager, wat een lagere CO₂-productie geeft. De activiteit en dus ook de CO₂-productie van de dieren is sterk afhankelijk van het gehanteerde lichtregime (Calvet et al., 2009). De CIGR-rekenregels gaan uit van een situatie met continu licht. Continu licht is echter niet meer toegestaan in de Europese Unie (Richtlijn 2007/43/EG) en is volgens de voorschriften ook niet toegestaan bij de verschillende houderijconcepten met trager groeiende vleeskuikens (Tabel 2.3). In het algemeen wordt aangenomen dat de CO₂-massabalans methode het ventilatiedebiet voor mechanisch geventileerde vleeskuikenstallen goed kan bepalen, vooral als de methode gebruikt wordt om een gemiddeld ventilatiedebiet over 24 uur te bepalen (Mosquera et al., 2010; Calvet et al., 2011). Op deze manier worden de periodes van activiteit en inactiviteit namelijk uitgemiddeld en zal het dag/nachtpatroon minder van invloed zijn. Er is tijdens deze studie dus ook voor gekozen om de CO₂-massabalans methode toe te passen over een periode van 24 uur.

De CO₂-massabalansmethode gaat er van uit dat alle geproduceerde CO₂ in de stal afkomstig is van de dieren. Naast de dieren zelf kunnen echter nog twee andere bronnen van CO₂ aanwezig zijn in de stal, namelijk de verwarmingsbron en het strooisel. Beide stallen werden verwarmd met behulp van heteluchtkanonnen met rookgasafvoer, wat betekent dat er in de stal geen extra CO₂-productie van de verwarmingsbron is. De CO₂-productie vanuit het strooisel is afhankelijk van de leeftijd van de dieren, het gevoerde management, type strooiselmateriaal, dikte strooisellaag, vochtgehalte, bezetting, e.d. Echter, CO₂-productiecijfers vanuit het strooisel ontbreken. Van Ouwekerk en Pedersen (1994) stellen voor een generieke correctiefactor van 4% te hanteren over de gehele ronde. Calvet et al. (2011) vonden dat aan het eind van de ronde, na het wegladen van de kuikens, circa 20% van de totale CO₂ productie vanuit het strooisel komt. Echter, het is aannemelijk dat de microbiële activiteit aan het begin van de ronde lager is, wat leidt tot lagere CO₂-productie vanuit het strooisel in vergelijking tot het einde van de ronde. In deze studie zijn om de CO₂-productie uit de warmteproductie te berekenen de omrekeningsfactoren van Pedersen et al. (2008) gebruikt en hierbij wordt rekening gehouden met een (geringe) CO₂-bijdrage uit de strooiselmest (ca. 8%).

Uit een recentelijk uitgevoerde QuickScan (Korevaar en Winkel, 2022) naar de toepassing van sensortechnologie voor monitoring van luchtkwaliteit en emissies in de veehouderij wordt aangegeven dat de orde-grootte onzekerheid van de CO₂-massabalansmethode bij gesloten stallen 10% is.

De rekenregels voor de CO₂-massabalansmethode zijn gestoeld op oudere cijfers (< 2002) bij destijds gangbare (snelgroeiende) dieren. Het is dus niet ondenkbaar dat deze rekenregels vandaag de dag niet meer representatief zijn. Het hedendaagse gangbare/reguliere kuiken is (genetisch) immers wezenlijk anders dan het kuiken van destijds. Zo is de groeisnelheid en voerefficiëntie wezenlijk verbeterd. Ook is het de vraag of deze rekenregels toegepast mogen worden bij trager groeiende vleeskuikens, want ook dit kuiken is wezenlijk anders dan het destijds gangbare (snelgroeiend) kuiken. Om het ventilatiedebiet dus goed te kunnen bepalen is het noodzakelijk dat de CO₂-massabalansmethode wordt gevalideerd bij zowel het huidige gangbare/reguliere als trager groeiende kuiken.

Aarnink et al. (2019) hebben een modelmatige inschatting gemaakt van de CO₂-productie van trager groeiende vleeskuikens en deze vergeleken met de CO₂-productie van snel groeiende vleeskuikens. Deze modelberekeningen lieten zien dat trager groeiende vleeskuikens op een bepaalde dag na opzet 25 à 30% minder warmte en CO₂ produceren dan hun snel groeiende soortgenoten. Aarnink en zijn collega's concludeerden hieruit dat voor trager groeiende vleeskuikens de CIGR formule (lineaire relatie met metabool gewicht) een overschatting geeft van de warmteproductie in de gehele range van de groeiperiode. Zij ontwikkelden een simpele kwadratische relatie met metabool gewicht om de CO₂-productie van trager groeiende vleeskuikens te kunnen berekenen: $y = -0,31x^2 + 2,05x - 0,048$; $R^2 = 0,999$. Wanneer we de kwadratische relatie van Aarnink et al. toepassen voor de berekening van het ventilatiedebiet, dan neemt het gemiddelde ventilatiedebiet met circa 20% en de ammoniakemissie ongeveer 25% af.

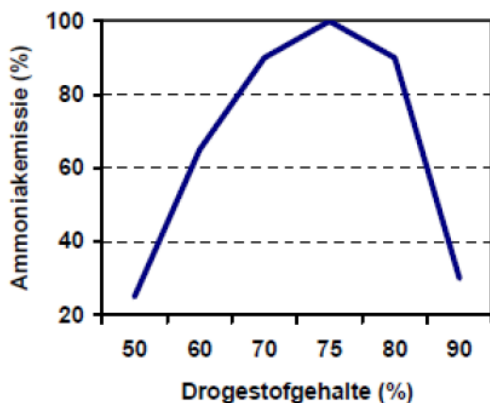
In bijlage 11 worden het gemiddeld ventilatiedebiet en de ammoniakemissie gecorrigeerd voor leegstand per ronde weergegeven o.b.v. Aarnink et al. (2019).

Ammoniaksensor

De in dit onderzoek gebruikte ammoniaksensor, de Polytron 8100 van de firma Dräger, is ontwikkeld voor industriële toepassingen. Deze sensor is echter zowel in het lab als in de stal onderzocht (Melse et al., 2016; Mosquera et al., 2017) op zijn geschiktheid voor gebruik in stallen. Uit deze onderzoeken blijkt dat deze sensor goed presteert en geen systematische afwijkingen vertoont in het meetbereik boven de 1 ppm en toepasbaar is als indicatieve methode beneden de 1 ppm.

Verschillen in emissie tussen ronden

Tussen ronden waren er verschillen in de gevonden ammoniakemissies, met name tussen ronde 5 en 6. Vanwege de vogelgriep was het tijdens deze studie niet mogelijk het bedrijf te bezoeken, hierdoor is het lastig een verklaring voor de verschillen in ammoniakemissie te geven. Deze verschillen kunnen worden veroorzaakt door bijvoorbeeld het seizoen, (buiten)klimaat, ventilatie, voer, (darm)gezondheid, ras of het houderijconcept. Al deze factoren hebben invloed op de strooiselkwaliteit, zoals de vochtigheid en de rulheid, maar ook op de samenstelling van het strooisel. Het is bekend dat de ammoniakemissie bij een drogestofpercentage van ca. 70-75% maximaal is (zie Figuur 1, Groot Koerkamp et al., 2000) en het is ook bekend dat ammoniak makkelijker kan emitteren uit ruller strooisel (Brink, 2022). Ook is het bekend dat de pH en de temperatuur van het strooisel invloed hebben op de ammoniakvorming vanuit het strooisel (Groot Koerkamp, 1994; Brink, 2022).



Figuur 4.1 Schematisch verloop NH_3 -emissie uit strooisel als functie van het drogestofgehalte (Groot Koerkamp et al., 2000).

Overdekte uitloop bij Beter Leven keurmerk 1 ster (BLk1-ster)

Een van de criteria bij Beter Leven keurmerk 1 Ster (BLk1-ster) is dat de kuikens vanaf een leeftijd van 3 weken gedurende minimaal 8 uur per dag toegang moeten hebben tot een overdekte uitloop van minimaal 20% van het totale beschikbare grondoppervlak en dat deze uitloop voorzien dient te zijn van strooiselmateriaal. Daarnaast wordt aangegeven dat de overdekte uitlopen vanaf uiterlijk 10:00 uur 's morgens beschikbaar moeten zijn voor de kuikens en dat de uitloop mag worden meegeteld voor het bruikbaar grondoppervlak bij de berekening van de bezettingsdichtheid.

Omdat de kuikens vanaf 3 weken leeftijd gedurende tenminste 8 uur per dag toegang moeten hebben tot de overdekte uitloop, zal er in de uitloop ook mest worden geproduceerd en zal er dus ook ammoniak emitteren. Hoeveel ammoniak emitteert vanuit de overdekte uitloop is niet bekend, simpelweg omdat hieraan nooit metingen zijn verricht.

In deze oriënterende studie werden bij de laatste drie ronden de ammoniakemissiemetingen uitgevoerd bij het Beter Leven keurmerk 1-ster concept. Bij de laatste twee ronden hadden de kuikens de beschikking over een overdekte uitloop, bij de eerste was dit niet het geval. Gelet op de verschillen in de gevonden ammoniakemissie tussen de beide ronden met de overdekte uitloop (110,4 en 73,8 g NH_3 /dierplaats per jaar) en het bekend is dat de ammoniakemissie tussen ronden / seizoenen kan fluctueren (Brink et al., 2022), kan er geen uitspraak gedaan worden over de effecten van de overdekte uitloop op de hoogte van de ammoniakemissie.

Effectiviteit emissiearm stalsysteem

Het ammoniak reducerend effect van de meeste emissie reducerende systemen in de vleeskuikenhouderij berust op het snel indrogen van de verse mest/keutel. Het is de vraag of de effectiviteit van emissie reducerende systemen bij houderijconcepten met trager groeiende vleeskuikens vergelijkbaar is met die bij regulier. Houderijconcepten met trager groeiende vleeskuikens worden immers gehouden bij een lagere bezettingsdichtheid, hebben een lagere voerefficiëntie, een andere voersamenstelling (lager eiwit) en een langere productieperiode 47 – 56 i.p.v. 40 – 42 dagen. Dit laatste betekent een geringere leegstand, dus meer emissiedagen per jaar. Daarnaast is het strooisel bij houderijconcepten met trager groeiende vleeskuikens droger en ruller. Dit alles heeft een effect op de ammoniakemissie uit vleeskuikenstallen, maar mogelijk ook op de effectiviteit van de verschillende emissiearme stalsystemen.

Ook bij reguliere vleeskuikens is het de vraag is of emissiearme systemen in de huidige stallen nog net zo effectief zijn als in het verleden is gemeten. Door de verplichte monitoring op voetzollaesies is de mest van reguliere vleeskuikens droger geworden. Daarnaast is het (snelgroeiend) kuiken efficiënter geworden en is de voersamenstelling beter afgestemd op de behoefte van het dier, wat tot minder stikstofexcretie leidt.

Turfstrooisel

In deze studie werden de metingen uitgevoerd bij stallen die waren ingestrooid met turf. Turf wordt beschouwd als een mogelijk strooiselmateriaal om de ammoniakemissie bij pluimvee te verminderen, voornamelijk vanwege de van nature lage pH, het hoge kationen uitwisselingsvermogen en het vermogen om effectief water te absorberen (Witter en Kirchmann, 1989; Jeppsson, 1999; Grimes et al., 2002; Shepherd et al., 2017). Echter, Brink et al. (2022) vond in een vergelijkende studie met verschillende strooiselmaterialen aan het eind van de productieperiode bij turfstrooisel juist een hogere ammoniakconcentratie in vergelijking met houtkrullen. Brink et al. schrijven dit toe aan het feit dat turfstrooisel gedurende de gehele productieperiode, maar met name aan het eind van de productieperiode, ruller (en droger) is, waardoor er gemakkelijker uitwisseling met zuurstof plaatsvindt en er een meer aerobe omgeving ontstaat wat juist de vorming van ammoniak zou kunnen bevorderen en de pH van het strooisel zou kunnen verhogen.

Een hogere pH stimuleert de productie en vervluchtiging van ammoniak uit het strooisel, aangezien een groter deel van de ammoniakale stikstof (TAN) aanwezig zal zijn in de niet-geïoniseerde vorm (NH_3). In de studie van Brink et al. (2022) had turfstrooisel aan het einde van de proef een lager urinezuurgehalte, een hogere pH en een hoger TAN-gehalte in vergelijking met andere geteste strooiselmaterialen, wat erop wees dat er meer urinezuur is omgezet in NH_3 en dat er uiteindelijk meer NH_3 uit het strooisel is vrijgekomen. Hetgeen ook eenvoudiger is doordat het strooisel ruller was en er dus gemakkelijker gasuitwisseling kan plaatsvinden. Brink et al. (2022) vonden daarnaast een numeriek hogere strooiseltemperatuur bij het turfstrooisel, hetgeen kan duiden op meer microbiële activiteit en verhoogde omzetting van urinezuur naar ammoniak. Op basis van de bevindingen van Brink et al. (2022) is het niet ondenkbaar dat de ammoniakemissie uit een vleeskuikenstal ingestrooid met turf hoger is in vergelijking met bijvoorbeeld houtkrullen. Ook in deze studie zien we dat met name aan het eind van de productieperiode de ammoniakconcentratie en de -emissie sterk toeneemt. Helaas hebben we in deze studie geen waarnemingen aan het strooisel gedaan, maar feit is wel dat het strooisel tot het eind van de productie ronde rul (en droog) was, hetgeen mogelijk conform Brink zou kunnen resulteren in een verhoogde ammoniakemissie. De pH van turfstrooisel zal in de loop van de productieronde toenemen doordat de mest van de kuikens basisch/alkalisch is. Hierdoor zal de ammoniak buffercapaciteit van het turfstrooisel later in de productieronde teniet worden gedaan en doordat daarnaast het strooisel aan het eind van de productieronde ruller is kan de ammoniak blijven ontwijken. Aan de andere kant vond Shepherd et al. (2017) in een vergelijkende studie waarbij de ammoniakconcentratie bij verse houtkrullen, gebruikte houtkrullen en turf werd vergeleken, juist een lagere ammoniak concentratie. Hoewel in de studie van Shepherd et al. (2017) de verschillen in ammoniakconcentraties niet significant waren, was op dag 42 de ammoniakconcentratie bij turf 50% en 85% lager dan respectievelijk bij gebruikt strooisel en verse houtkrullen.

5 Conclusie en aanbevelingen

Uit deze oriënterende studie bleek dat op het onderzochte bedrijf de ammoniakemissie bij verschillende houderijconcepten met trager groeiende vleeskuikens en een lagere bezetting gemiddeld 95 ± 16 gram per dierplaats per jaar bedroeg. Dit komt overeen met een emissie van 1.019 gram per vierkante meter strooiselmestoppervlakte per jaar. Er is een reële kans dat het ventilatiedebiet en daarmee de gevonden emissies bij trager groeiende vleeskuikens wordt overschat, omdat de rekenregels van de CO₂-massabalansmethode zijn gebaseerd op snelgroeiende vleeskuikens. Omdat er daarnaast maar op één locatie is gemeten en het bekend is dat er aanzienlijke variatie in de ammoniakemissie bestaat tussen bedrijven met eenzelfde stalinrichting, kan de gevonden ammoniakemissie in dit onderzoek niet gezien worden als een algemene indicatie voor de hoogte van de ammoniakemissie uit stallen met trager groeiende vleeskuikens en een lagere bezetting.

Omdat er maar gemeten is op één locatie en het niveau van het ventilatiedebiet gebaseerd is op rekenregels van snelgroeiende vleeskuikens wordt aanbevolen:

1. De CO₂-massabalansmethode te valideren bij trager groeiende vleeskuikens.
2. Op meerdere bedrijven ammoniakemissiemetingen conform het geldende meetprotocol uit te voeren bij verschillende emissiearme staltechnieken. Dit te doen bij zowel trager groeiende als reguliere vleeskuikens. De huidige emissiefactoren bepaald bij reguliere vleeskuikens geven mogelijk geen juiste weerspiegeling van de werkelijke ammoniakemissie vanwege alle veranderingen in de houderij sinds de metingen in 2008-2009.
3. Een regelmatige on-site kalibratie van de ammoniaksensoren uit te voeren om tijdig gebreken te signaleren.

Literatuur

- Aarnink, A.J.A., J. van Harn, A.P. Bos, 2019. Warmte- en CO₂-productie van trager groeiende vleeskuikens. Wageningen Livestock Research, Rapport 1186.
- Aviagen, 2022. Introducing the Rustic Gold.
- Bos, A.P., S. Jebbink en J. van Harn, 2023. Gevolgen van de omslag naar Beter Leven keurmerk 1 ster vleeskuikens in de Nederlandse retail. Wageningen Livestock Research, Rapport 1407.
- Brink, M., 2022. Source-oriented strategies to mitigate ammonia emission from broiler production. Doctoral thesis. Ghent University, Belgium.
- Brink, M., G.P. Janssens, P. Demeyer, Ö. Bağci en E. Delezie, 2022. Ammonia concentrations, litter quality, performance and some welfare parameters of broilers kept on different bedding materials. *British Poultry Science*, 63(6), 768–778.
- Calvet, S., H. Van den Weghe, R. Kosch, en F. Estellés, 2009. The influence of the lighting program on broiler activity and dust production. *Poult. Sci.* 88:2504–2511.
- Calvet, S., F. Estellés, M. Cambra-López, A.G. Torres en H.F.A. van den Weghe, 2011. The influence of broiler activity, growth rate, and litter on carbon dioxide balances for the determination of ventilation flow rates in broiler production. *Poultry Science*, 90, p. 2449-2458. Doi:10.3382/ps.2011-01580.
- CBS, PBL, RIVM, WUR (2021). Ammoniak in lucht, 2005-2020 (indicator 0461, versie 12, 29 november 2021). www.clo.nl. Centraal Bureau voor de Statistiek (CBS), Den Haag; PBL Planbureau voor de Leefomgeving, Den Haag; RIVM Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu, Bilthoven; en Wageningen University and Research, Wageningen.
- CIGR. 2002. 4th Report of Working Group on Climatization of animal houses. Heat and moisture production at animal and house levels (eds. Pedersen, S.; K. Sällvik).
- Council Directive 2007/43/EC of 28 June 2007 laying down minimum rules for the protection of chickens kept for meat production (EU Richtlijn 2007/43 - Minimumvoorschriften voor de bescherming van vleeskuikens).
- Ellen, H.H., J. van Harn en T. Veldkamp, 2005. Inventarisatie mogelijkheden reductie ammoniakemissie uit vleeskuikenstallen. *PraktijkRapport Pluimvee* 16.
- Ellen, H., J. van Harn en N. Ogink, 2010. Effect scharrelvleeskuikens op emissies. Notitie voor Ministerie van Economische Zaken, Landbouw en Innovatie. Lelystad: Wageningen UR Livestock Research.
- Ellen, H., F. Leenstra, R. van Emous, K. Groenestein, J. van Harn, P. van Horne, I.C. de Jong, M. Kense, D. Mevius, D. en J.A. Wagenaar, 2012. Vleeskuikenproductiesystemen in Nederland. Vergelijkende studie. Lelystad: Wageningen Livestock Research, rapport 619.
- Ellen, H., N.W.M. Ogink en J. Huis in 't Veld, 2020. Resultaten geur- en fijnstofmetingen vleeskuikens Beter Leven 1 Ster; Indicatieve metingen tijdens een enkele ronde. Wageningen: Wageningen Livestock Research.
- Grimes, J.L., J. Smith en C.M. Williams, 2002. Some alternative litter materials used for growing broilers and turkeys. *World's Poultry Science Journal*, 58, 515-526.
- Groenestein, C.M., J.M.G. Hol en H. Ellen, 2014. Beter Leven en ammoniak. Wageningen: Wageningen Livestock Research.
- Groot Koerkamp, P.W.G., 1994. Review on emissions of ammonia from housing systems for laying hens in relation to sources, processes, building design and manure handling. *Journal of Agricultural Engineering Research*, 59, 73-87.
- Groot Koerkamp, P.W.G., J.H. van Middelkoop en E. Evers, 2000. Ammoniakemissie vleeskuikenstallen toegenomen. *Pluimveehouderij*, 30 (21), 10-11.
- Hubbard, 2021a. Kip van Morgen / ECC concept – Normen Hubbard JA757 (2021-04).
- Hubbard, 2021b. ECC concept – Normen Hubbard Redbro (2021-04).
- Hubbard, 2021c. Scharrelkip concept – Normen Hubbard JA757 (2021-04).
- Jeppsson, K.H., 1999. Volatilization of ammonia in deep-litter systems with different bedding materials for young cattle. *Journal of Agricultural Engineering Research*, 73, 49-57.
- Korevaar, M. en A. Winkel, 2022. Quick scan sensortechnologie voor monitoring luchtkwaliteit en emissies in de veehouderij. Wageningen Livestock Research, Openbaar Rapport 1386.
- KWIN-V, 2022. KWIN Veehouderij 2022-2023 Kwantitatieve Informatie Veehouderij.

-
- Melse, R.W., J.P.M. Ploegaert en N.W.M. Ogink, 2016. Laboratory tests of Draeger Polytron 8000 with FL – 6813260 sensor for NH₃ measurement. Rapport 972. Wageningen, the Netherlands: Wageningen UR Livestock Research. <http://dx.doi.org/10.18174/388326>.
- Mosquera, J., N. Edouard, F. Guiziou, R.W. Melse, A.L. Riis, S. Sommer en E. Brusselman, 2014. Decision document on the revision of the VERA protocol on air cleaning technologies. Wageningen University and Research Centre, Lelystad, The Netherlands: Animal Sciences Group, Wageningen UR, 1-59.
- Mosquera, J., J.P.M. Ploegaert, G.M. Nijeboer, J.M.G. Hol en R.W. Melse, 2017. Onderzoek naar de nauwkeurigheid van een nieuw type sensor voor ammoniakconcentraties in stallucht. Rapport 1042. Wageningen, the Netherlands: Wageningen Livestock Research. <http://dx.doi.org/10.18174/420967>.
- Ogink, N.W.M., J. Mosquera en J.M.G. Hol, 2013. Protocol voor meting van ammoniakemissie uit huisvestingssystemen in de veehouderij 2013. Wageningen UR Livestock Research, Rapport 726.
- Ogink, N.W.M., J. Mosquera en J.M.G. Hol, 2017. Protocol voor meting van ammoniakemissie uit huisvestingssystemen in de veehouderij 2013a. Wageningen Livestock Research, Rapport 1032.
- Pedersen, S., V. Blanes-Vidal, M.J.W. Heetkamp en A.J.A. Aarnink, 2008. Carbon dioxide production in animal houses: A literature review. *Agricultural Engineering International: CIGR Ejournal*. Manuscript BC 08 008, Vol. X. December 2008.
- Shepherd, E.M., B.D. Fairchild, en C.W. Ritz, 2017. Alternative bedding materials and litter depth impact litter moisture and footpad dermatitis. *Journal of Applied Poultry Research*, 26(4), 518–528. <https://doi.org/10.3382/japr/pfx024>
- Stadig, L., 2019. Vleeskuikconcepten in Nederland - Een vergelijking op gebied van dierenwelzijn. Rapport Dierenbescherming.
- Van Harn, J., H. Ellen, T. Veldkamp en A. Aarnink, 2012. Effects of housing and management on ammonia emissions from laying hen, broiler, turkey and duck houses. Wageningen: Wageningen UR Livestock Research.
- Van Middelkoop, J.H. en J. van Harn, 1995. Vergelijkend onderzoek drinkwatersystemen vleeskuikens. Eindrapportage FOMA. Praktijkonderzoek Pluimveehouderij PP-uitgave no. 23.
- Van Onzenoort, R. en V. van 't Erve, 2009. Onderzoek ammoniakemissies Wesselmanheaters. Buro Blauw, Rapportnummer: BL2009.3756.01, Versie 3.
- Van Ouwkerk, E.N.J. en S. Pedersen, 1994. Application of the carbon dioxide mass balance method to evaluate ventilation rates in livestock buildings. Page 16 in Proc. 12th World Congress on Agricultural Engineering, Milan, Italy.
- Winkel, A., J. Mosquera, R.K. Kwikkkel, F.A. Gerrits, N.W.M. Ogink en A.J.A. Aarnink, 2009. Fijnstofemissie uit stallen: vleeskuikens. Wageningen UR Livestock Research Rapport 275.
- Witter, E. en H. Kirchmann, 1989. Peat, zeolite and basalt as adsorbents of ammoniacal nitrogen during manure decomposition. *Plant and Soil*, 115, 43-52.

Bijlage 1 Algemene info stallen

| | |
|---------------------------|---|
| Bouwjaar | 1998 |
| Afmetingen stal | |
| | <i>Lengte</i> 80 m |
| | <i>Breedte</i> 20 m |
| | <i>Netto</i> 1.600 m ² |
| Oppervlak stal | |
| Overdekte uitloop stal 1 | <i>Oppervlak</i> 380 m ² (vanaf ronde 5) |
| Overdekte uitloop stal 2 | <i>Oppervlak</i> 540 m ² (vanaf ronde 5) |
| Ventilatiesysteem | Warmtewisselaar in combinatie met lengteventilatie - ventilatoren voor in stal |
| Geïnstalleerde capaciteit | 270.000 m ³ /uur |
| | 6 x 10.000 m ³ + 6 x 35.000 m ³ . |
| Wijze luchtinlaat | Warmtewisselaar in combinatie met luchtinlaatventielen aan zijkant/-gevel, op rij en op ca. 2 m afstand van elkaar |
| | <i>Aantal ventielen</i> 32 ventielen per kant – 64 in totaal |
| Verwarming | 2 x Heteluchtkanon (Ermaf GP120, capaciteit: 120 kWh) met rookgasafvoer |
| Warmtewisselaar | 1 ^e ronde: Agro-Supply warmtewisselaar stond opgesteld tussen beide stallen, luchtafzuiging op ca. 30 m. Deze is na 1 ^e ronde vervangen door 4 x Granovi warmtewisselaar units, totale capaciteit 24.000m ³ per stal. Warmtewisselaar staat gehele ronde aan |
| Verlichting | LED TL |
| | <i>Lichtschem?</i> Geen vast lichtschema, lichtschema is afhankelijk van koppel. Vleeskuikenhouder probeert te voldoen aan gestelde criteria, dit is echter niet altijd mogelijk (bijv. bij te snelle groei of bij te grote onrust. |
| | <i>Daglichtvoorziening</i> Ja, in dak (verduisterbaar) |
| Voervoorziening | Pannen (Minimax Roxell) - 5 voerlijnen met elk 100 pannen elk (500 pannen totaal). Bij BLk1-ster worden slechts 3 voerlijnen gebruikt (=300 pannen), |
| | <i>Verstrekingswijze?</i> Ad lib |
| Drinkwatervoorziening | Drip cups (drinknippel met dubbelarmig lekbakje; Lubing) - 6 lijnen met 450 nippels elk (2700 nippels totaal). Gedurende de eerste 5 weken worden er 4 drinklijnen gebruikt, daarna 6. Bij BLk1-ster worden 4 van de 6 drinklijnen gebruikt. |
| | <i>Verstrekingswijze?</i> Ad lib |
| Strooiselmateriaal | Turf (1.350 kg/ 1.600 m ² = 0,84 kg/m ²) |

Bijlage 2 Impressie bedrijf



Vooraanzicht stallen. Op voorgrond stal 1, achter stal 2.





Granovi warmtewisselaar en locatie sensoren



Overzicht stal



Overdekte uitloop stal 1

Bijlage 3 Nutritionele gehalten rantsoenen

Tabel B3.1 Berekende nutritionele gehalten verstrekte rantsoenen eerste meetronde.

| | Startvoer | Groei I | Groei II | Afmest |
|---------------------|------------------|----------------|-----------------|----------------|
| | Volledig voer | Kern+15%T | Kern+25%T | Kern+35%T |
| Verstrekingsperiode | 0 – 10 dgn. | 10 – 22 dgn. | 22 – 30 dgn. | 30 dgn. – afl. |
| Ruw eiwit (g/kg) | 203 | 193 | 185 | 184 |
| Lysine (g/kg) | 12,6 | 11,6 | 11,0 | 10,4 |
| Methionine (g/kg) | 5,6 | 5,5 | 5,2 | 4,8 |
| Ruw vet (g/kg) | 52 | 47 | 50 | 50 |
| Ruw as (g/kg) | 54 | 46 | 41 | 38 |
| Ruwe celstof (g/kg) | 40 | 32 | 29 | 30 |
| Calcium (g/kg) | 8,0 | 6,0 | 5,3 | 4,0 |
| Fosfor (g/kg) | 5,5 | 4,4 | 3,8 | 3,4 |
| Natrium (g/kg) | 1,7 | 1,7 | 1,7 | 1,7 |

Tabel B3.2 Berekende nutritionele gehalten verstrekte rantsoenen tweede meetronde.

| | Startvoer | Groei I | Groei II | Afmest |
|---------------------|------------------|----------------|-----------------|---------------|
| | Volledig voer | (Kern + 15%T) | (Kern + 25%T) | (Kern + 35%T) |
| Verstrekingsperiode | 0 – 10 dgn. | 10 – 25 dgn. | 25 – 34 dgn. | 34 – 41 dgn. |
| Ruw eiwit (g/kg) | 204 | 192 | 181 | 182 |
| Lysine (g/kg) | 13,0 | 11,8 | 10,9 | 10,6 |
| Methionine (g/kg) | 5,9 | 5,6 | 5,2 | 5,0 |
| Ruw vet (g/kg) | 55 | 51 | 50 | 50 |
| Ruw as (g/kg) | 51 | 44 | 41 | 37 |
| Ruwe celstof (g/kg) | 43 | 39 | 40 | 32 |
| Calcium (g/kg) | 7,0 | 5,7 | 5,2 | 4,3 |
| Fosfor (g/kg) | 5,2 | 4,2 | 3,8 | 3,3 |
| Natrium (g/kg) | 1,3 | 1,5 | 1,5 | 1,5 |

Tabel B3.3 Berekende nutritionele gehalten verstrekte rantsoenen derde meetronde.

| | Startvoer | Groei I | Groei II | Afmest |
|---------------------|------------------|----------------|-----------------|----------------|
| | Volledig voer | (Kern + 15%T) | (Kern + 25%T) | (Kern + 35%T) |
| Verstrekingsperiode | 0 – 10 dgn. | 10 – 24 dgn. | 24 – 34 dgn. | 34 dgn. – afl. |
| Ruw eiwit (g/kg) | 205 | 199 | 181 | 185 |
| Lysine (g/kg) | 12,4 | 11,9 | 10,9 | 10,9 |
| Methionine (g/kg) | 5,4 | 5,6 | 5,3 | 5,1 |
| Ruw vet (g/kg) | 50 | 52 | 74 | 50 |
| Ruw as (g/kg) | 52 | 46 | 48 | 38 |
| Ruwe celstof (g/kg) | 43 | 41 | 40 | 31 |
| Calcium (g/kg) | 7,7 | 5,7 | 5,2 | 4,3 |
| Fosfor (g/kg) | 5,5 | 4,4 | 3,8 | 3,3 |
| Natrium (g/kg) | 1,5 | 1,5 | 1,5 | 1,5 |

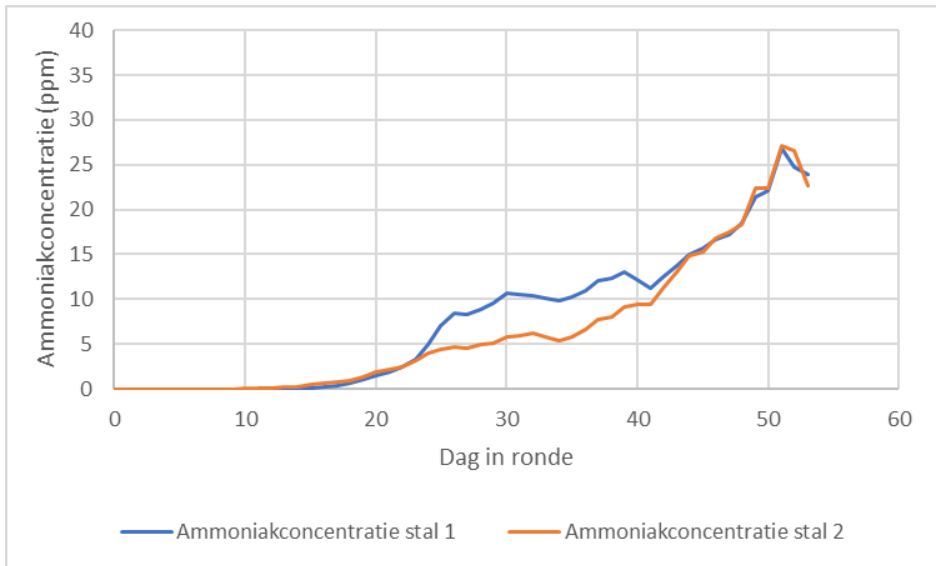
Tabel B3.4 Berekende nutritionele gehalten verstrekte rantsoenen vierde meetronde.

| | Startvoer | Groei I | Groei II | Afmest |
|---------------------|------------------|----------------|-----------------|---------------|
| | Volledig voer | (Kern + 15%T) | (Kern + 25%T) | (Kern + 35%T) |
| Verstrekingsperiode | 0 – 10 dgn. | 10 – 21 dgn. | 21 – 35 dgn. | 35 – afl. |
| Ruw eiwit (g/kg) | 199 | 188 | 185 | 178 |
| Lysine (g/kg) | 12,0 | 10,9 | 10,7 | 10,0 |
| Methionine (g/kg) | 5,1 | 4,9 | 4,9 | 4,4 |
| Ruw vet (g/kg) | 50 | 47 | 47 | 46 |
| Ruw as (g/kg) | 51 | 45 | 42 | 38 |
| Ruwe celstof (g/kg) | 39 | 36 | 36 | 30 |
| Calcium (g/kg) | 7,4 | 5,7 | 5,2 | 4,2 |
| Fosfor (g/kg) | 5,2 | 4,3 | 3,8 | 3,4 |
| Natrium (g/kg) | 1,7 | 1,7 | 1,7 | 1,7 |

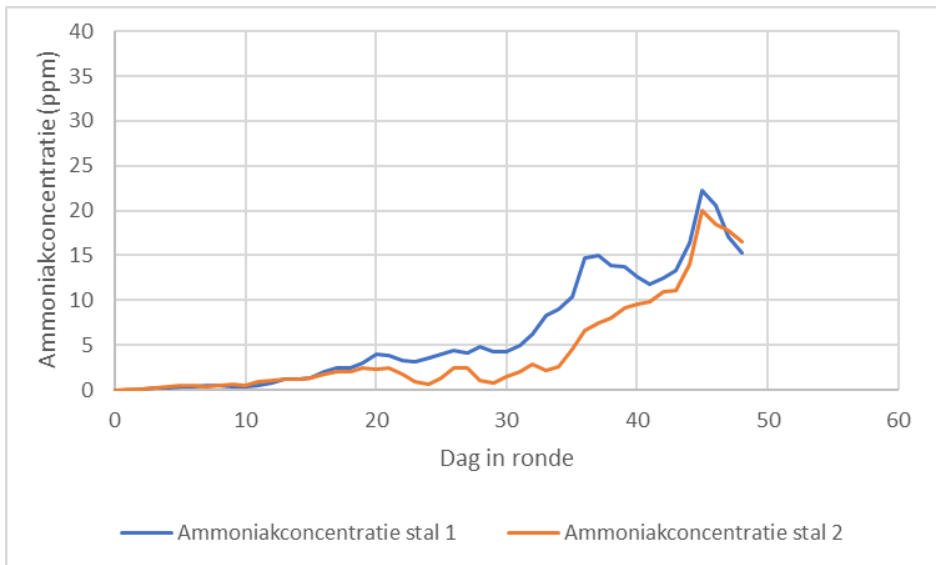
Tabel B3.5 Berekende nutritionele gehalten verstrekte rantsoenen vijfde en zesde meetronde.

| | Startvoer | Groei I | Groei II | Groei II | Afmest |
|---------------------|------------------|----------------|-----------------|-----------------|----------------|
| | Volledig voer | (Kern + 10%T) | (Kern + 20%T) | (Kern + 20%T) | (Kern + 30%T) |
| Verstrekingsperiode | 0 – 10 dgn. | 10 – 21 dgn. | 21 – 28 dgn. | 28 – 35 dgn. | 35 dgn. – afl. |
| Ruw eiwit (g/kg) | 197 | 187 | 185 | 180 | 168 |
| Lysine (g/kg) | 12,0 | 10,8 | 10,7 | 10,6 | 9,5 |
| Methionine (g/kg) | 5,2 | 4,9 | 4,9 | 5,0 | 4,4 |
| Ruw vet (g/kg) | 49 | 48 | 47 | 52 | 47 |
| Ruw as (g/kg) | 51 | 45 | 41 | 41 | 35 |
| Ruwe celstof (g/kg) | 39 | 39 | 36 | 36 | 30 |
| Calcium (g/kg) | 6,9 | 5,7 | 5,1 | 4,9 | 3,7 |
| Fosfor (g/kg) | 5,3 | 4,2 | 3,8 | 3,7 | 3,1 |
| Natrium (g/kg) | 1,6 | 1,7 | 1,7 | 1,6 | 1,5 |

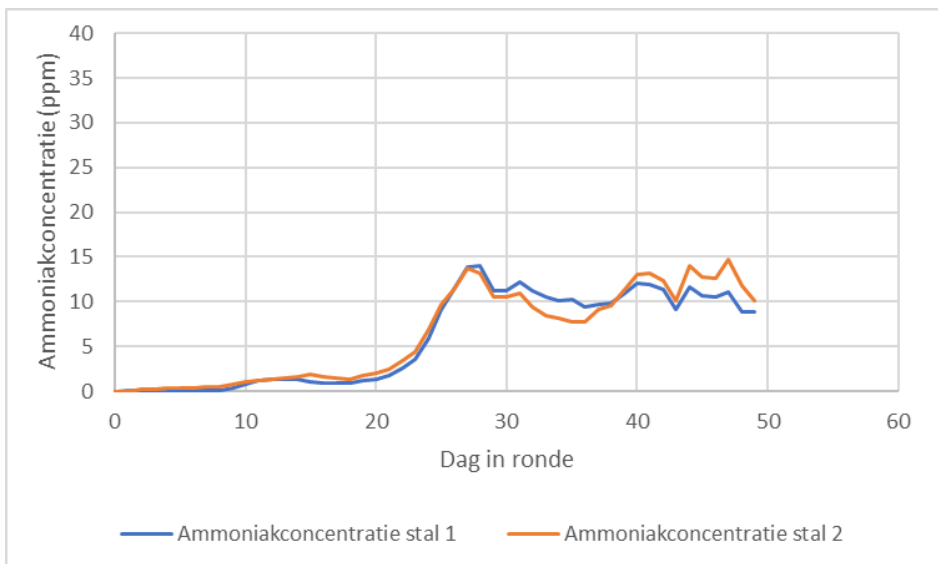
Bijlage 4 Ammoniakconcentratie per ronde



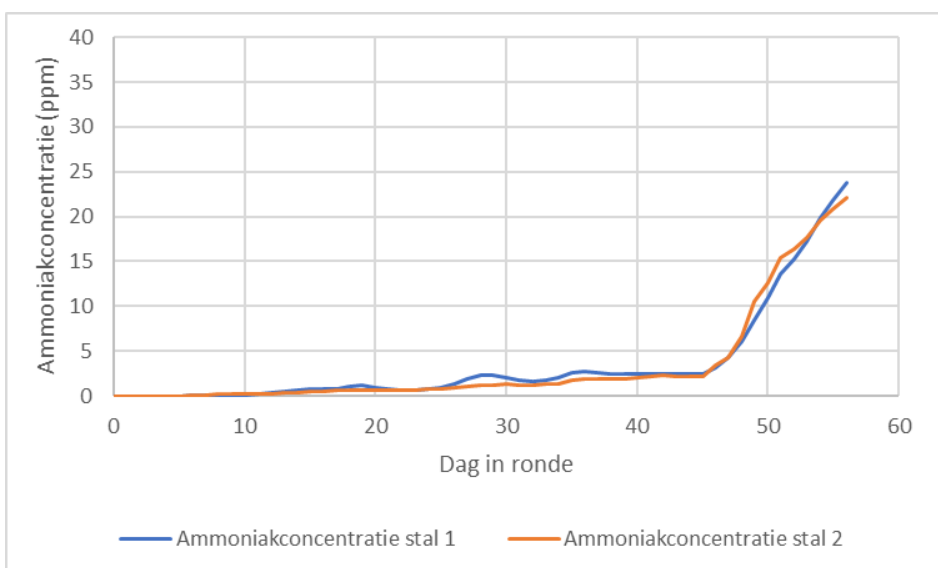
Figuur B4.1 Verloop ammoniakconcentratie van stal 1 en 2 (ronde 1).



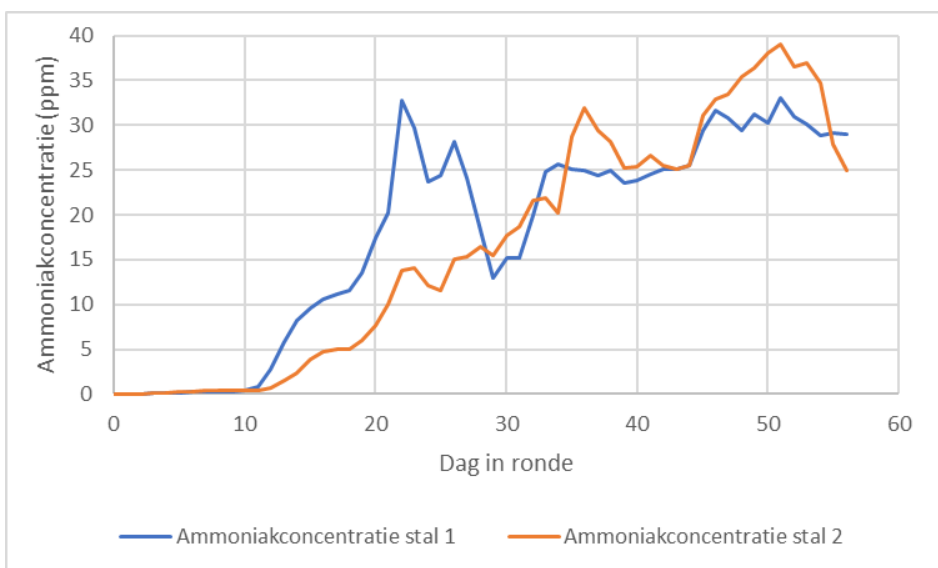
Figuur B4.2 Verloop ammoniakconcentratie van stal 1 en 2 (ronde 2).



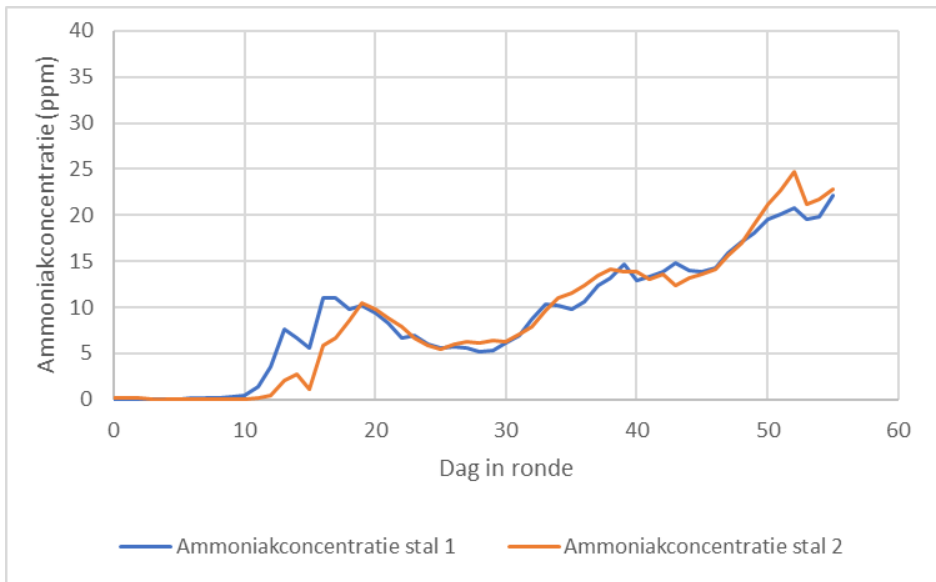
Figuur B4.3 Verloop ammoniakconcentratie van stal 1 en 2 (ronde 3).



Figuur B4.4 Verloop ammoniakconcentratie van stal 1 en 2 (ronde 4).

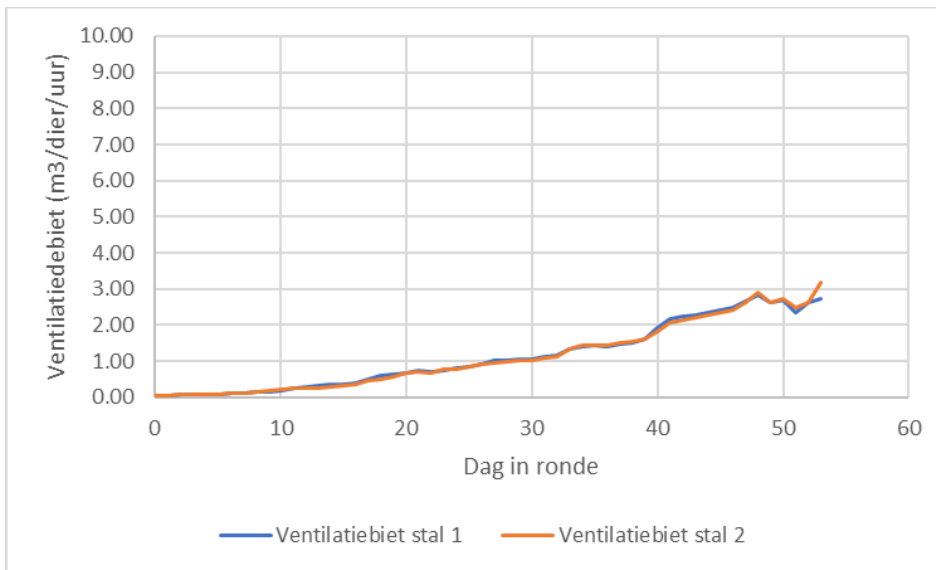


Figuur B4.5 Verloop ammoniakconcentratie van stal 1 en 2 (ronde 5).

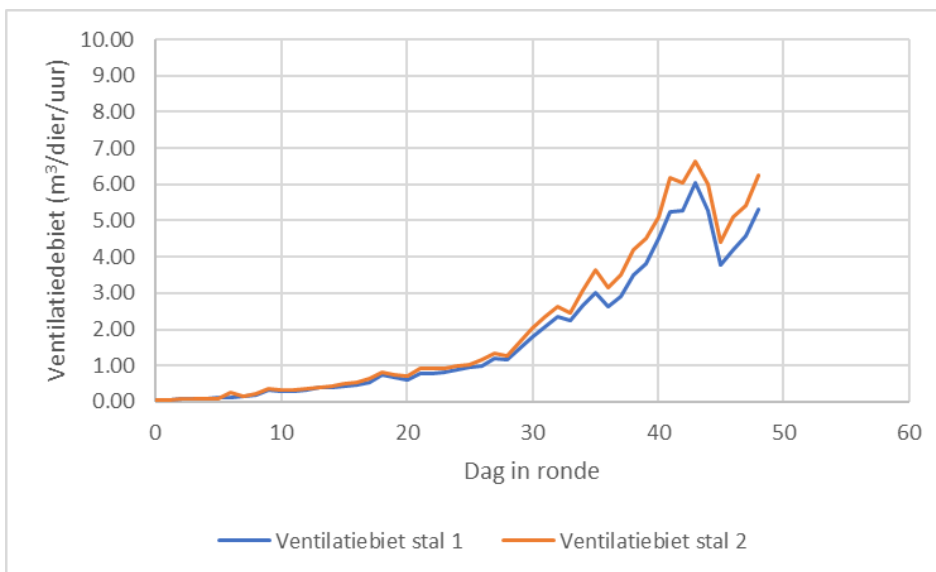


Figuur B4.6 Verloop ammoniakconcentratie van stal 1 en 2 (ronde 6).

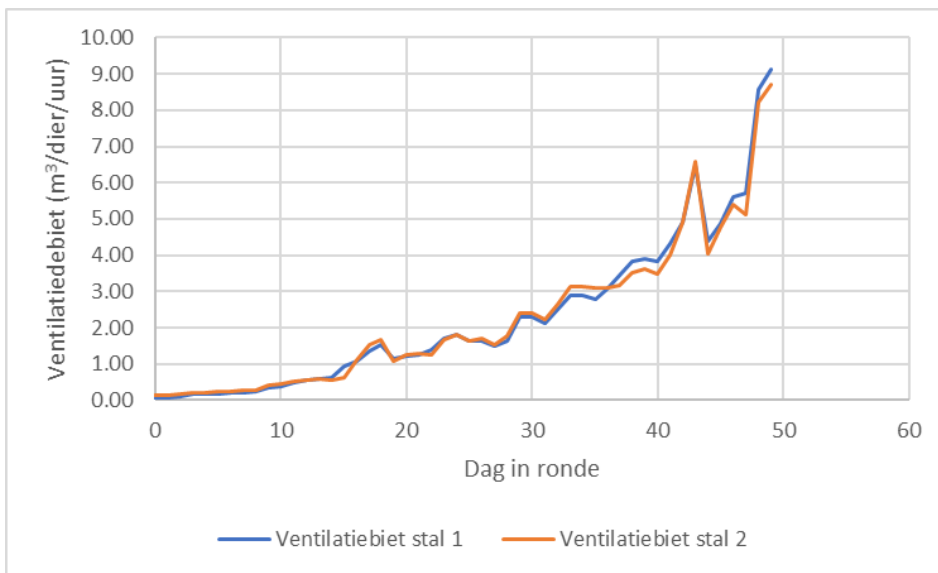
Bijlage 5 Ventilatie-debiet per ronde



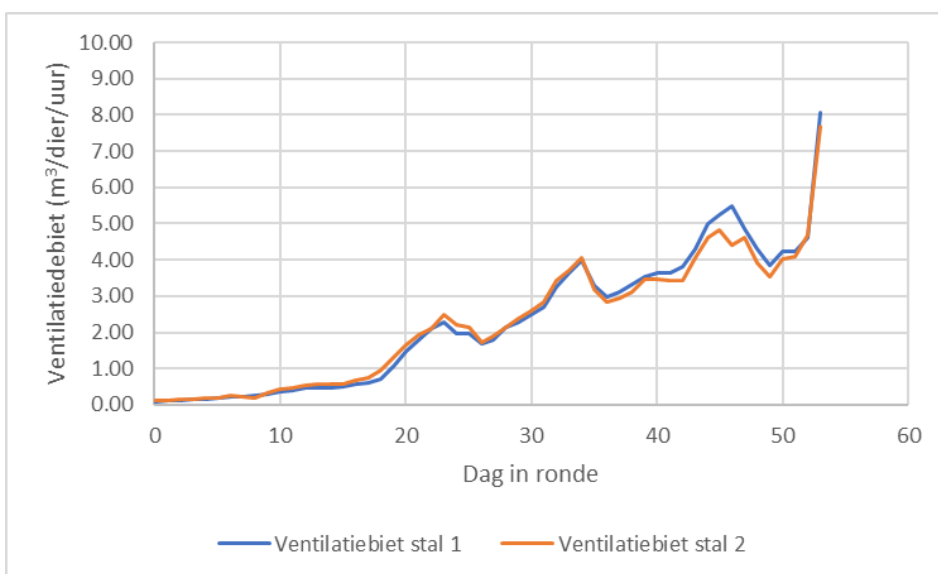
Figuur B5.1 Verloop ventilatie-debiet van stal 1 en 2 (ronde 1).



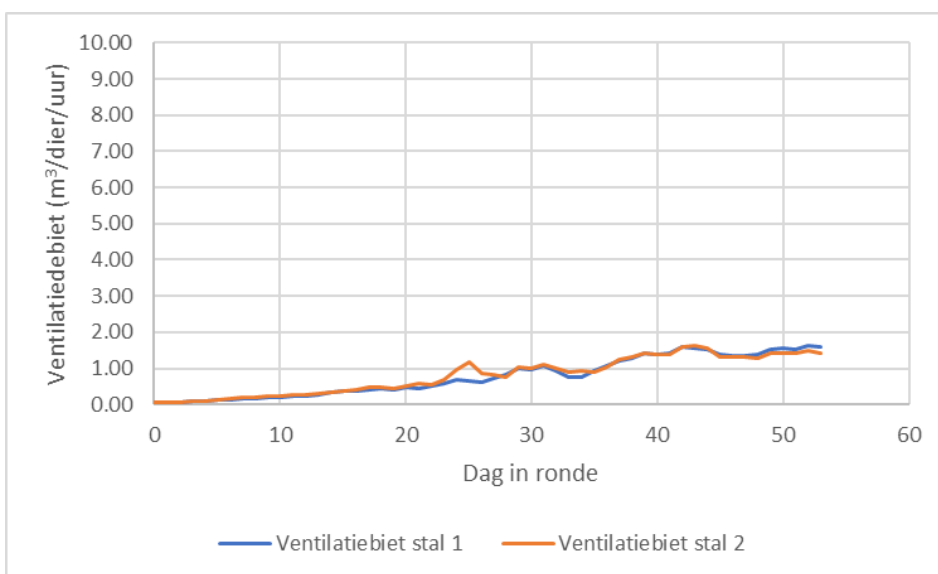
Figuur B5.2 Verloop ventilatie-debiet van stal 1 en 2 (ronde 2).



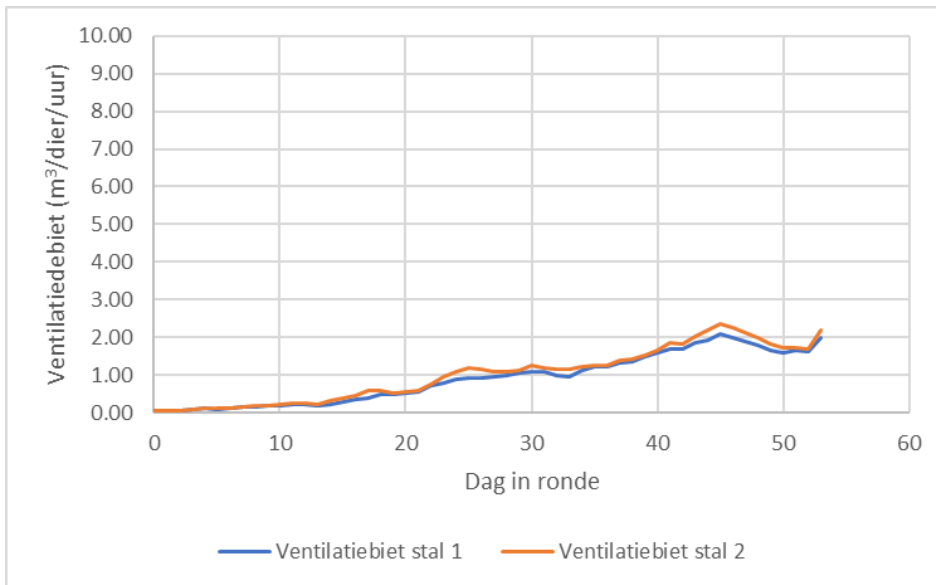
Figuur B5.3 Verloop ventilatiebiet van stal 1 en 2 (ronde 3).



Figuur B5.4 Verloop ventilatiebiet van stal 1 en 2 (ronde 4).

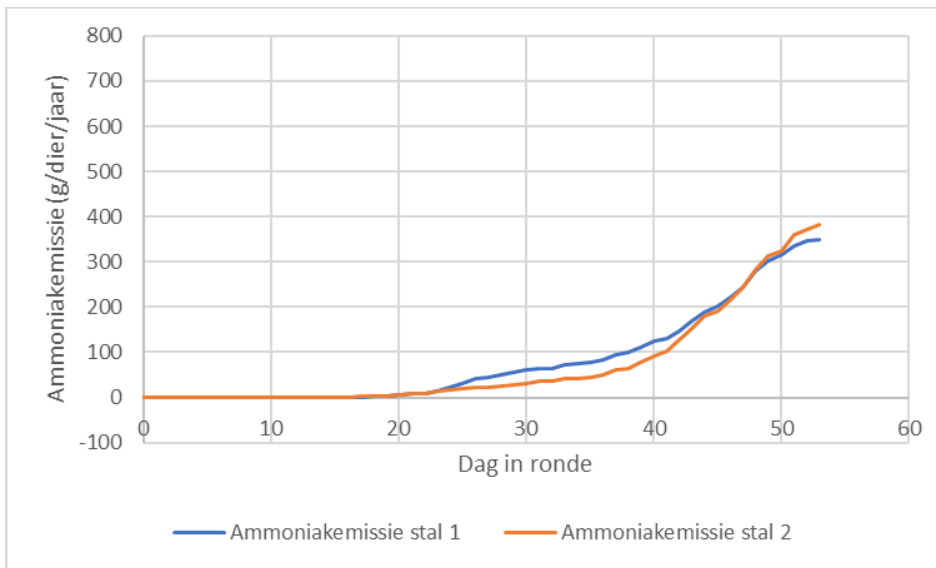


Figuur B5.5 Verloop ventilatiebiet van stal 1 en 2 (ronde 5).

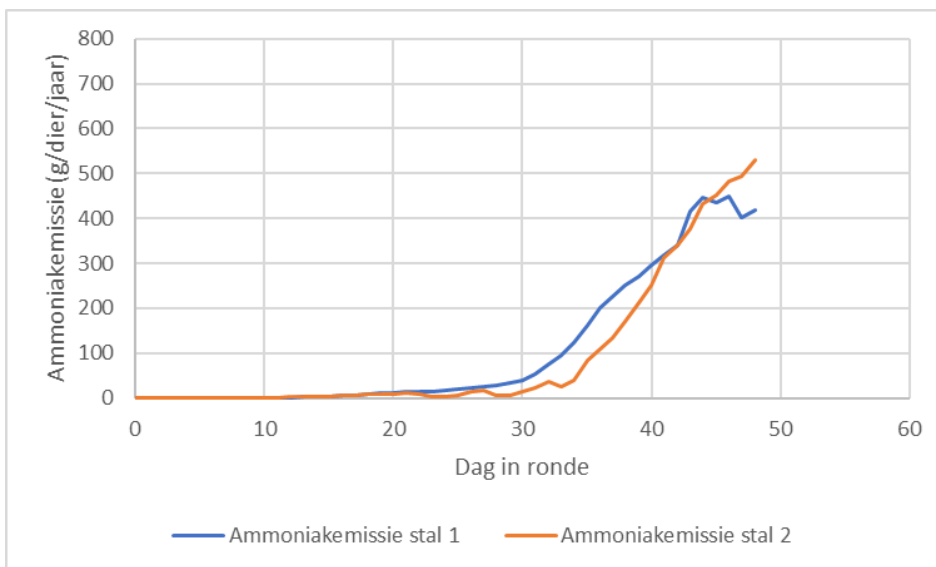


Figuur B5.6 Verloop ventilatiebiet van stal 1 en 2 (ronde 6).

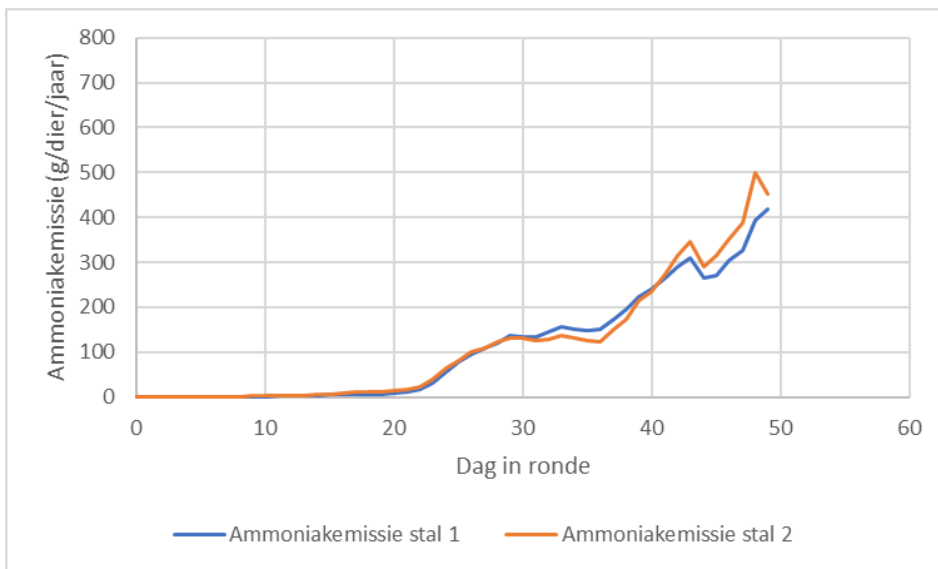
Bijlage 6 Ammoniakemissie per ronde



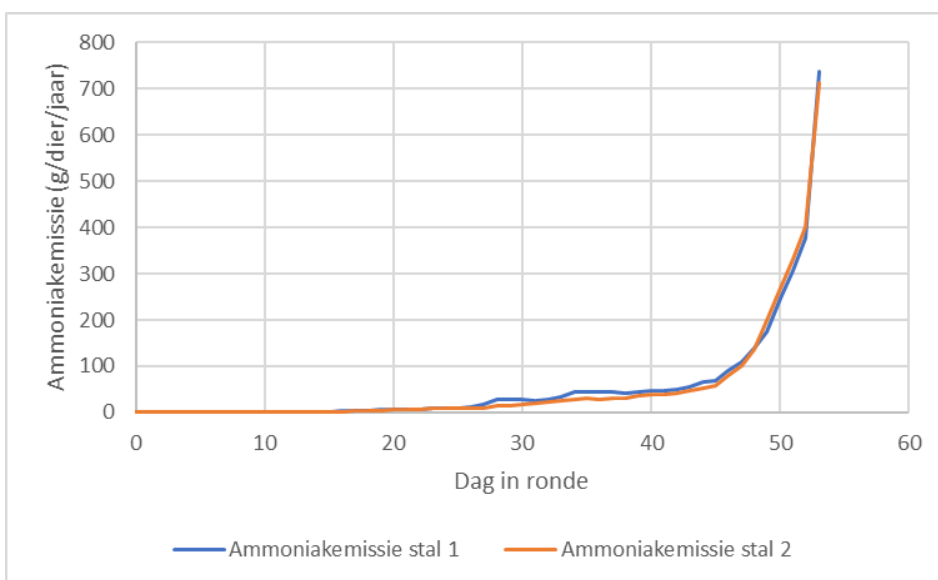
Figuur B6.1 Verloop ammoniakemissie eerste meetronde (28/01/2022 tot en met 22/03/2022).



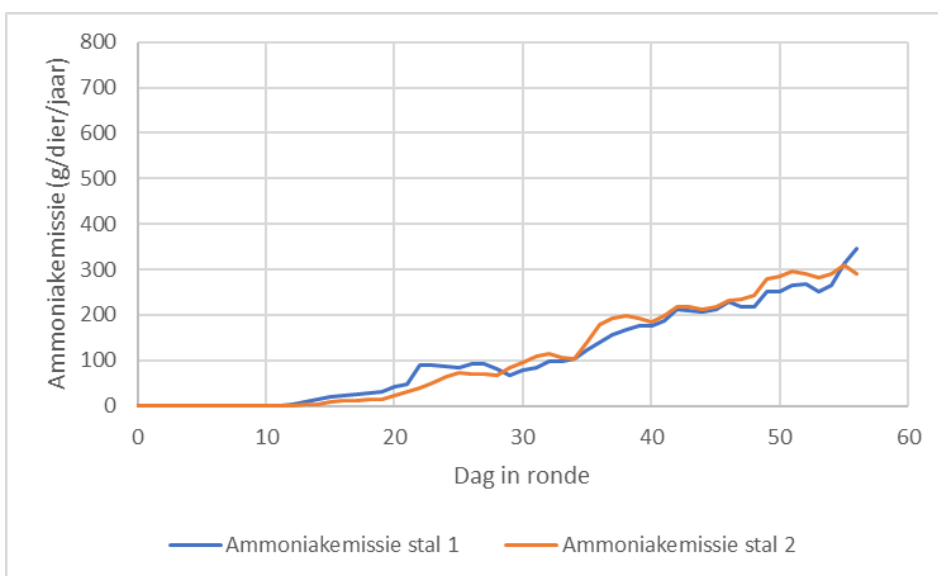
Figuur B6.2 Verloop ammoniakemissie tweede meetronde (05/04/2022 tot en met 23/05/2022).



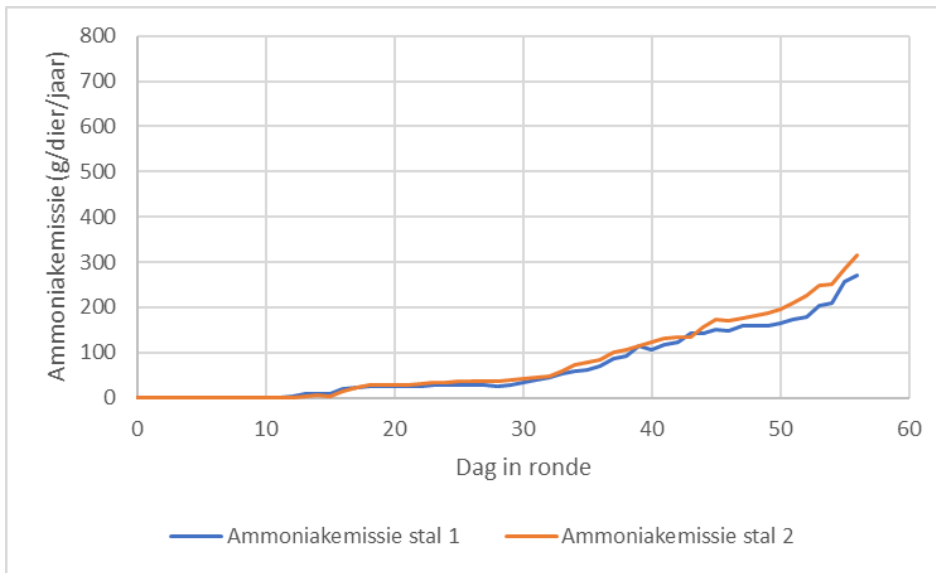
Figuur B6.3 Verloop ammoniakemissie derde meetronde (31/05/2022 tot en met 19/07/2022).



Figuur B6.4 Verloop ammoniakemissie vierde meetronde (22/07/2022 tot en met 16/09/2022).

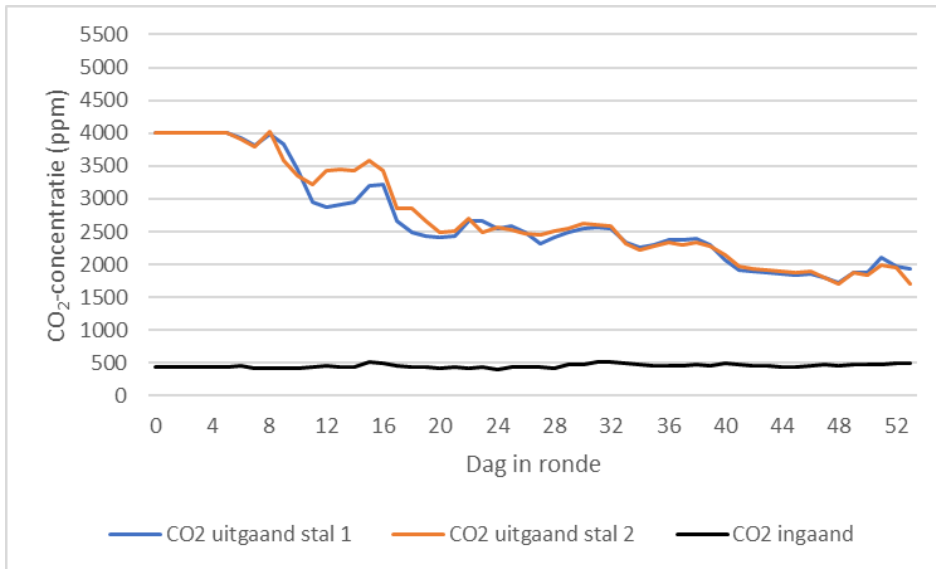


Figuur B6.5 Verloop ammoniakemissie vijfde meetronde (17/10/2022 tot en met 12/12/2022).

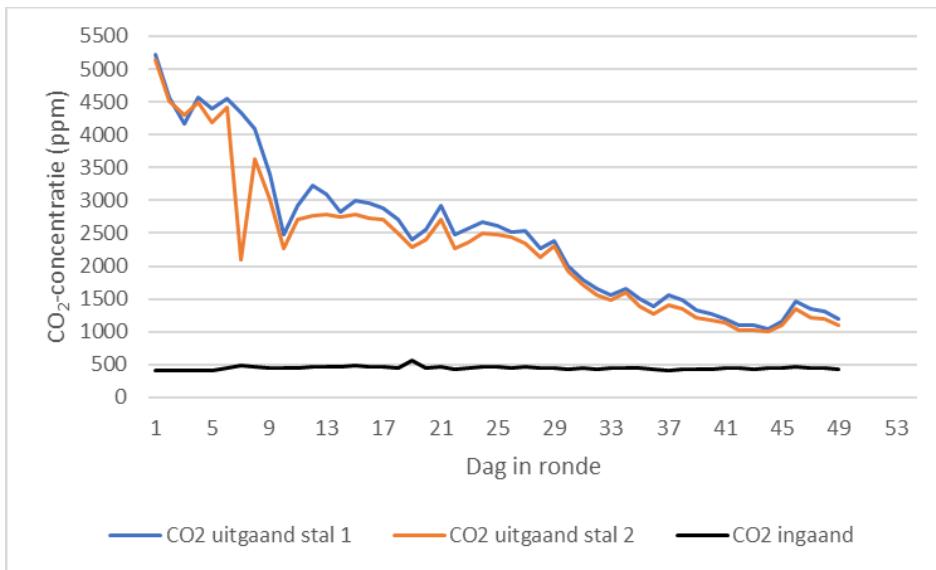


Figuur B6.6 Verloop ammoniakemissie zesde meetronde (20/12/2022 tot en met 14/02/2023).

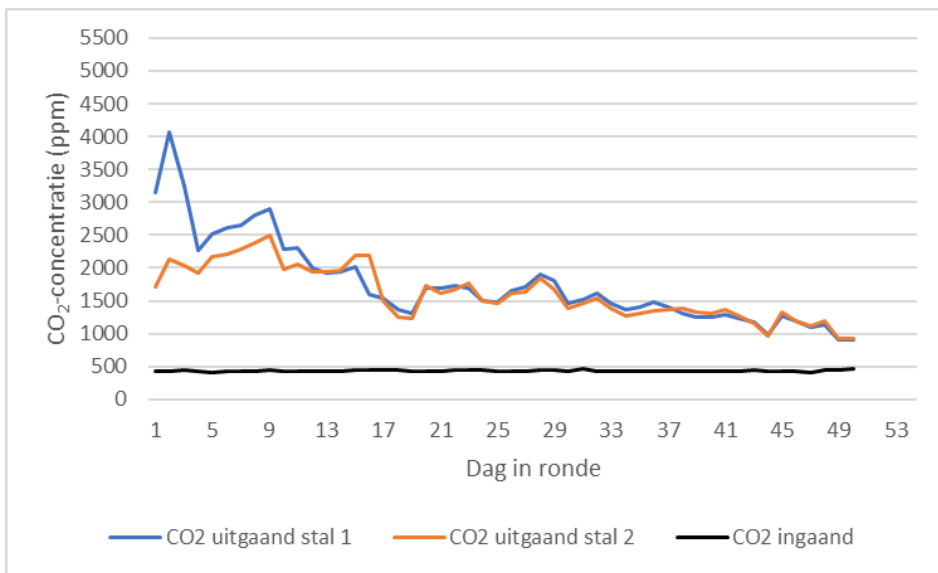
Bijlage 7 CO₂-concentratie per ronde



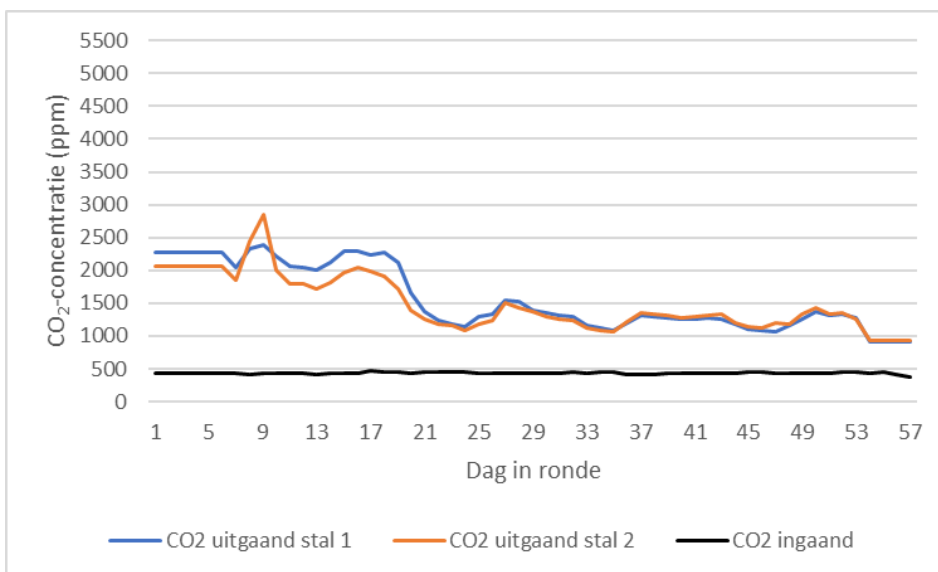
Figuur B7.1 Verloop CO₂-concentratie van stal 1 en 2 (ronde 1).



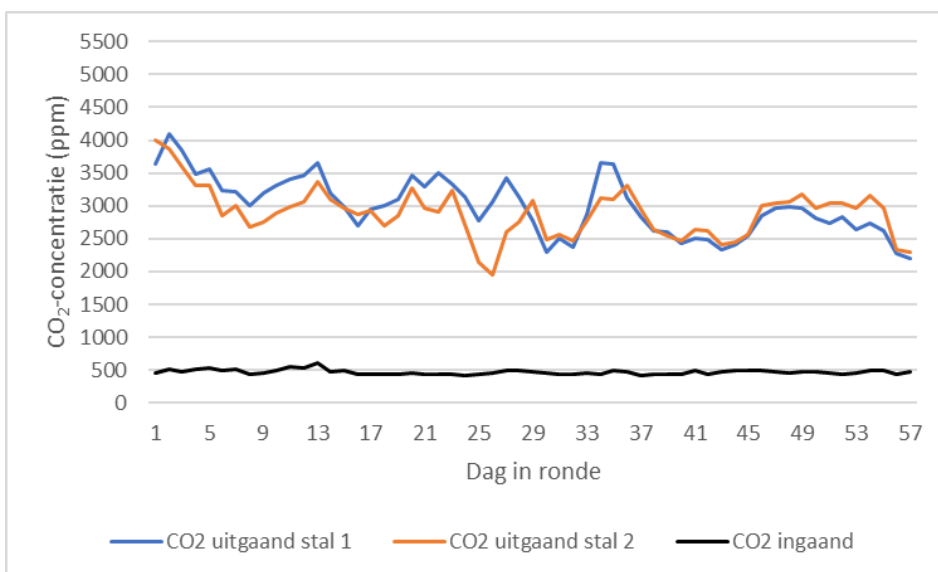
Figuur B7.2 Verloop CO₂-concentratie van stal 1 en 2 (ronde 2).



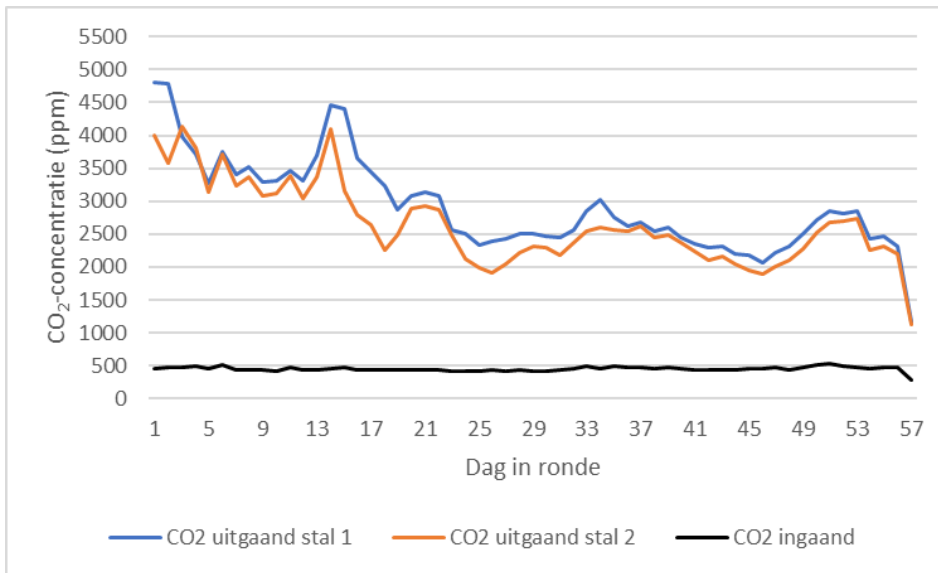
Figuur B7.3 Verloop CO₂-concentratie van stal 1 en 2 (ronde 3).



Figuur B7.4 Verloop CO₂-concentratie van stal 1 en 2 (ronde 4).

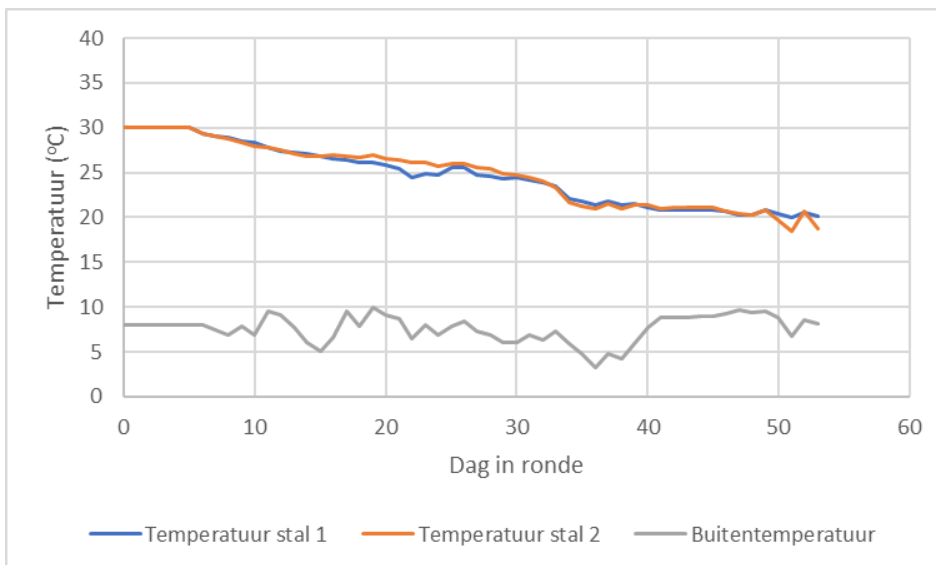


Figuur B7.5 Verloop CO₂-concentratie van stal 1 en 2 (ronde 5).

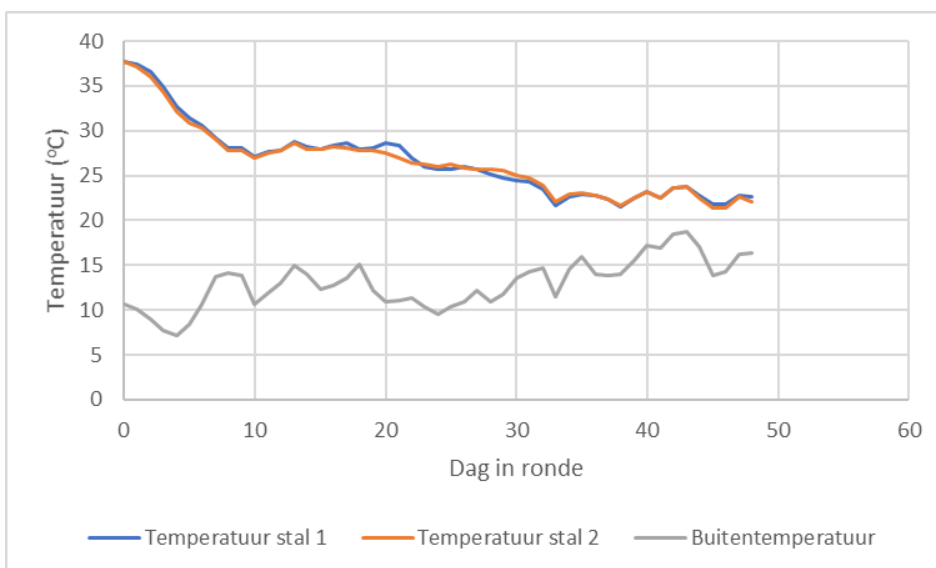


Figuur B7.6 Verloop CO₂-concentratie van stal 1 en 2 (ronde 6).

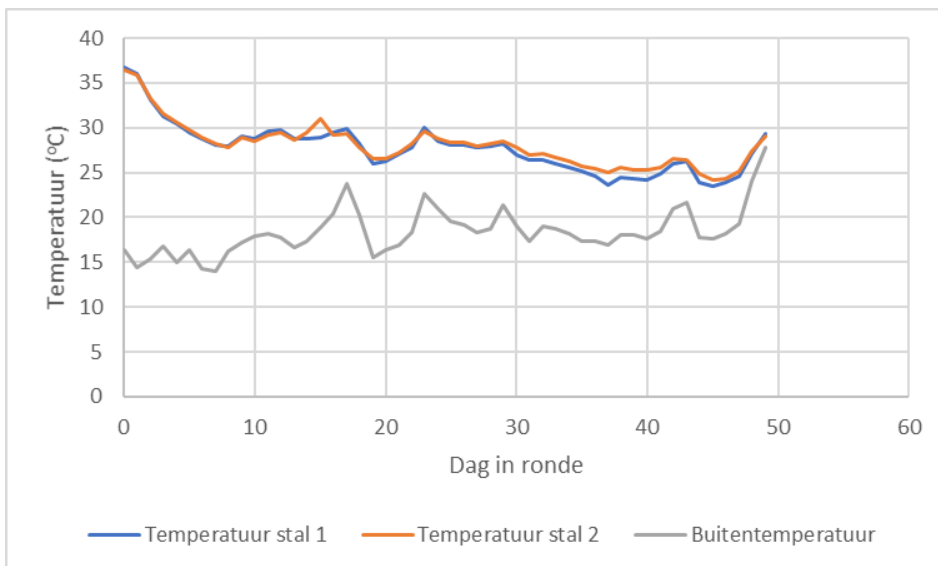
Bijlage 8 Temperatuur per ronde



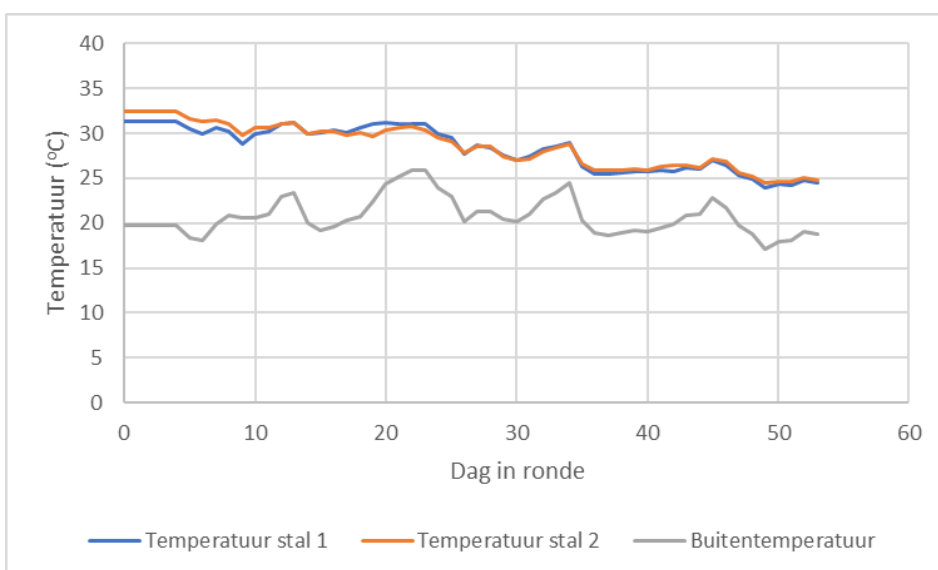
Figuur B8.1 Verloop binnen- en buitentemperatuur (ronde 1).



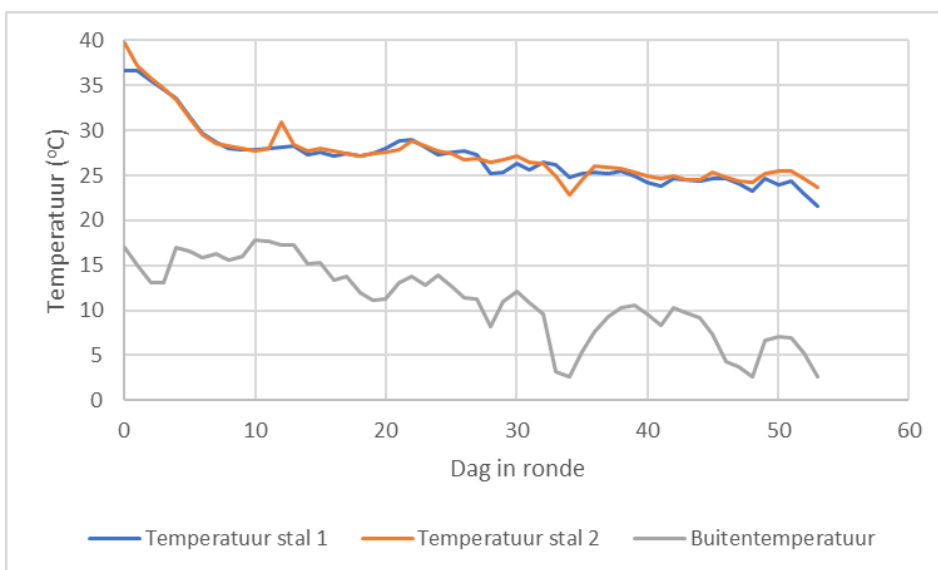
Figuur B8.2 Verloop binnen- en buitentemperatuur (ronde 2).



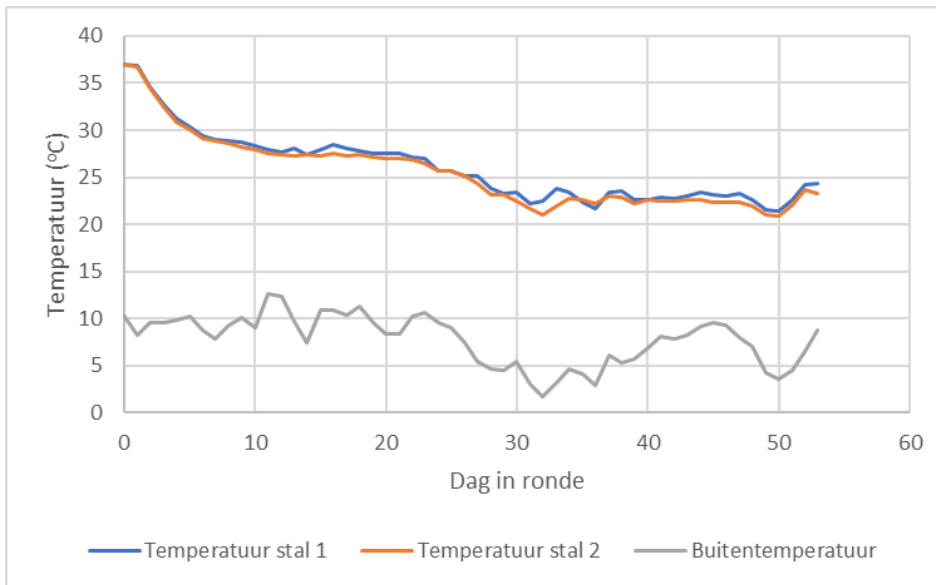
Figuur B8.3 Verloop binnen- en buitentemperatuur (ronde 3).



Figuur B8.4 Verloop binnen- en buitentemperatuur (ronde 4).

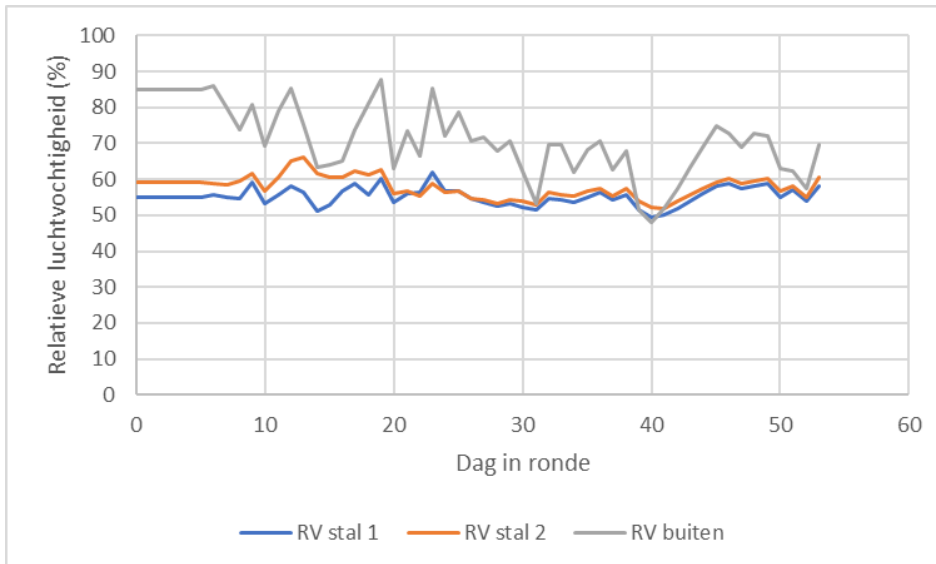


Figuur B8.5 Verloop binnen- en buitentemperatuur (ronde 5).

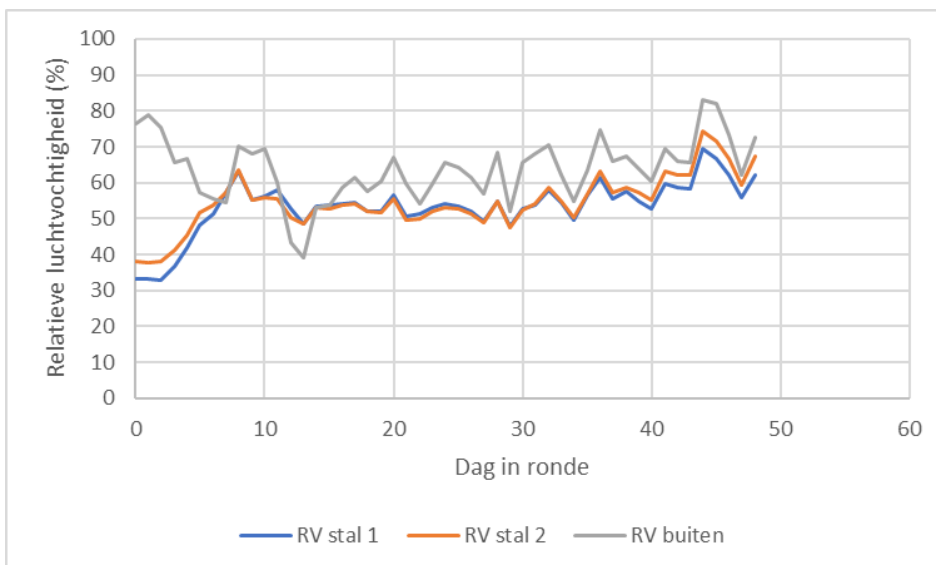


Figuur B8.6 Verloop binnen- en buitentemperatuur (ronde 6).

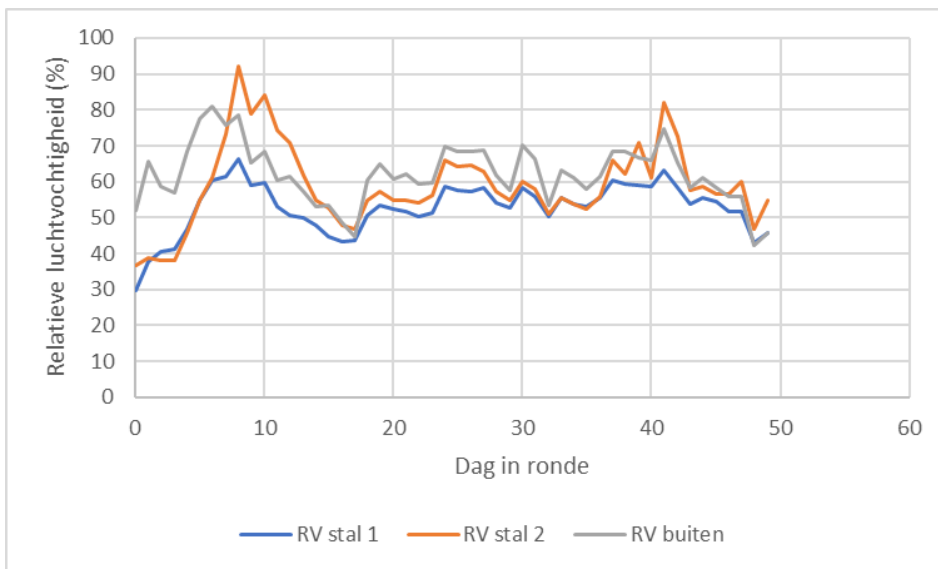
Bijlage 9 Relatieve luchtvochtigheid per ronde



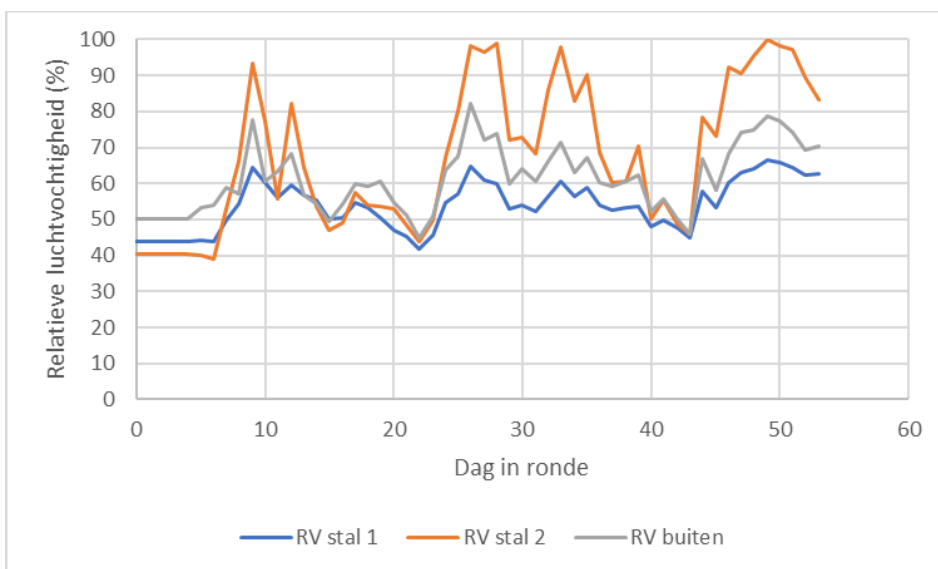
Figuur B9.1 Verloop relatieve luchtvochtigheid binnen- en buiten (ronde 1).



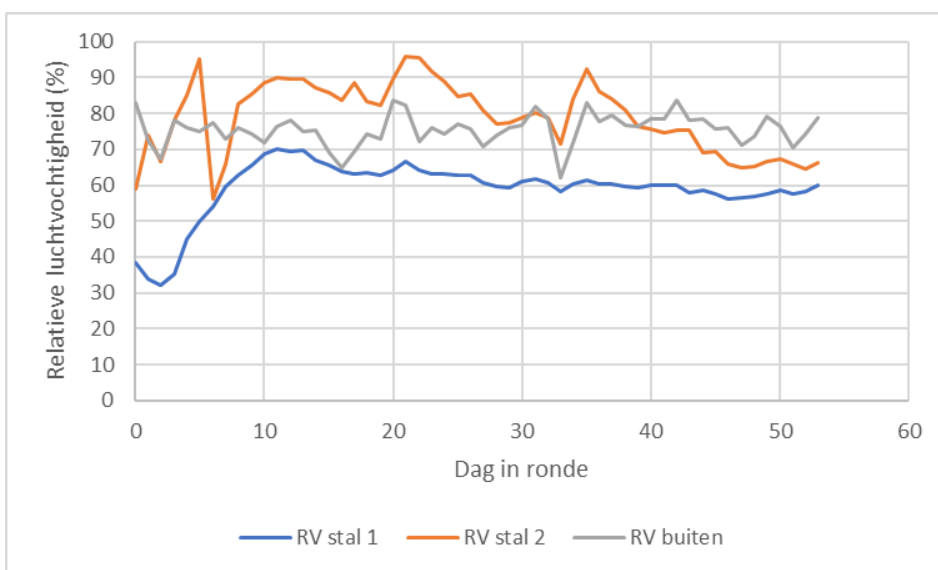
Figuur B9.2 Verloop relatieve luchtvochtigheid binnen- en buiten (ronde 2).



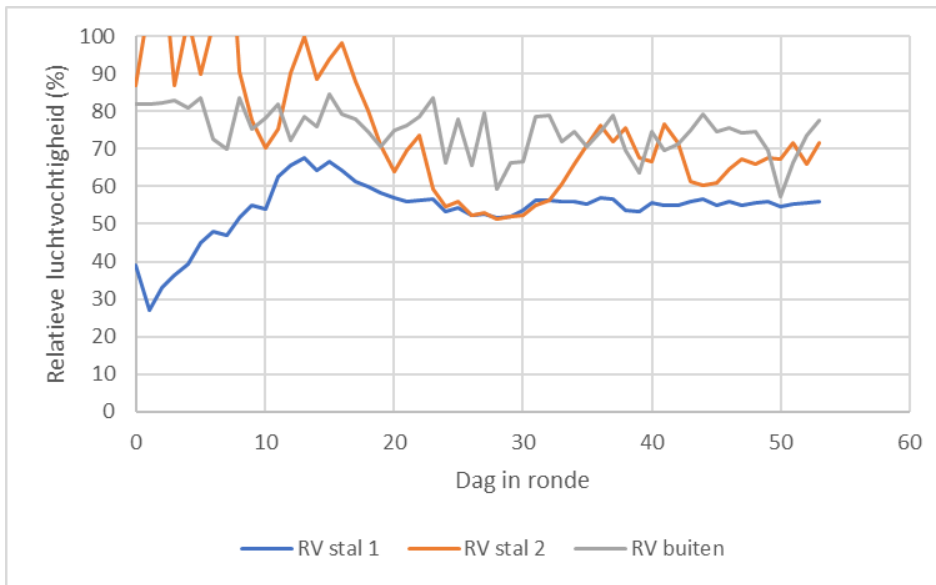
Figuur B9.3 Verloop relatieve luchtvochtigheid binnen- en buiten (ronde 3).



Figuur B9.4 Verloop relatieve luchtvochtigheid binnen- en buiten (ronde 4).



Figuur B9.5 Verloop relatieve luchtvochtigheid binnen- en buiten (ronde 5).

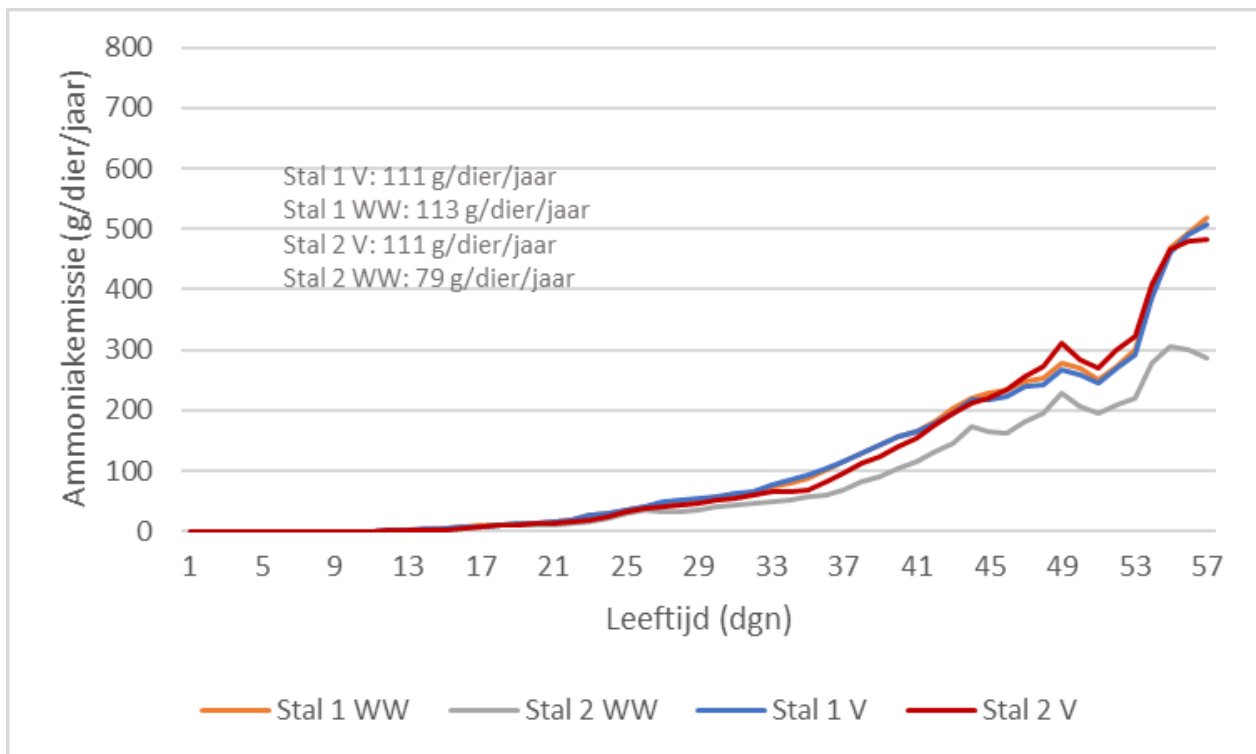


Figuur B9.6 Verloop relatieve luchtvochtigheid binnen- en buiten (ronde 6).

Bijlage 10 Verschillen in emissie tussen ammoniaksensoren

Tabel B10.1 Gemeten ammoniakemissies (in g/dpl/jaar) per sensorlocatie per stal per ronde.

| Ronde | Warmtewisselaar | | Ventilatie | | Rel. verschil | |
|-------|-----------------|--------|------------|--------|---------------|--------|
| | Stal 1 | Stal 2 | Stal 1 | Stal 2 | Stal 1 | Stal 2 |
| 1 | 78,6 | 63,6 | 82,2 | 74,2 | 96% | 86% |
| 2 | 109,2 | 70,7 | 107,5 | 95,2 | 102% | 74% |
| 3 | 111,7 | 83,1 | 108,1 | 113,5 | 103% | 73% |
| 4 | 94,9 | 76,9 | 101,2 | 95,2 | 94% | 81% |
| 5 | 114,7 | 55,8 | 109,3 | 111,5 | 105% | 50% |
| 6 | 75,6 | 62,3 | 68,8 | 78,9 | 110% | 79% |



Figuur B10.1 Verloop van de ammoniakemissie per stalsensorlocatie gemiddeld over 6 rondes (V= Ventilatie; WW= warmtewisselaar).

Bijlage 11 Berekende ventilatiedebieten en ammoniakemissies o.b.v. Aarnink et al. (2019)

| | Ronde 1 (NSK) | | Ronde 2 (ECC) | | Ronde 3 (ECC) | | Ronde 4 (BLk1-ster, zonder uitloop) | | Ronde 5 (BLk1-ster, met uitloop) | | Ronde 6 (BLk1-ster, met uitloop) | |
|--|------------------|--------|------------------|--------|------------------|--------|--|--------|--|--------|--|--------|
| | Stal 1 | Stal 2 | Stal 1 | Stal 2 | Stal 1 | Stal 2 | Stal 1 | Stal 2 | Stal 1 | Stal 2 | Stal 1 | Stal 2 |
| Lengte productieperiode (dgn.) | 53 | 53 | 48 | 48 | 49 | 49 | 56 | 56 | 56 | 56 | 56 | 56 |
| Leegstand (dgn.) | 7 | 7 | 7 | 7 | 7 | 7 | 7 | 7 | 7 | 7 | 7 | 7 |
| Aantal ronden/jaar ¹ | 6,1 | 6,1 | 6,6 | 6,6 | 6,5 | 6,5 | 5,8 | 5,8 | 5,8 | 5,8 | 5,8 | 5,8 |
| Leegstand (%) ² | 11,7 | 11,7 | 12,7 | 12,7 | 12,5 | 12,5 | 11,1 | 11,1 | 11,1 | 11,1 | 11,1 | 11,1 |
| Ventilatiedebiet (m ³ /dier/uur) | 0,9 | 0,9 | 1,4 | 1,6 | 1,8 | 1,8 | 2,0 | 2,0 | 0,7 | 0,7 | 0,8 | 0,9 |
| Ammoniakconcentratie (ppm) | 7,8 | 6,6 | 6,1 | 4,3 | 6,0 | 6,3 | 3,5 | 3,4 | 17,9 | 16,5 | 8,9 | 8,7 |
| Ammoniakemissie (g/dpl/jaar), gecorrigeerd voor leegstand | 62,7 | 56,2 | 81,2 | 70,0 | 82,8 | 87,0 | 75,2 | 70,0 | 86,0 | 86,5 | 50,1 | 57,1 |
| Ammoniakemissie (g/m ² /jaar), gecorrigeerd voor leegstand | 745 | 685 | 939 | 809 | 958 | 1.008 | 729 | 678 | 826 | 895 | 481 | 591 |

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.

