



Effect stalklimaat en drogestofgehalte mest op de ammoniakemissie uit vleeskuikenstallen

Jan van Harn, Andre Aarnink, Klaas Blanken en Nico Ogink



LIVESTOCK RESEARCH
WAGENINGEN **UR**

Effect stalklimaat en drogestofgehalte mest op de ammoniakemissie uit vleeskuikenstallen

Jan van Harn, Andre Aarnink, Klaas Blanken, Nico Ogink

Dit onderzoek is uitgevoerd door Wageningen UR Livestock Research, in opdracht van en gefinancierd door het Ministerie van Economische Zaken, in het kader van het Beleidsondersteunend onderzoek thema "Agro - Programma Stikstof" (projectnummer BO-20-004-022).

Wageningen UR Livestock Research
Wageningen, April 2015

Livestock Research Report 863

Jan van Harn, Andre Aarnink, Klaas Blanken, Nico Ogink, 2015. *Effect stalklimaat en drogestofgehalte mest op de ammoniakemissie uit vleeskuikenstallen*, Wageningen UR (University & Research centre) Livestock Research, Livestock Research Report 863.

NL

De vorming van ammoniak uit het strooisel in vleeskuikenstallen is afhankelijk van verschillende factoren zoals het klimaat (zowel in als buiten de stal), het drogestofgehalte van de uitgescheiden mest, en het drogestofgehalte, het ammoniumgehalte, de pH en de temperatuur van het strooisel. Het is echter niet bekend hoe deze processen onderling op elkaar ingrijpen en/of elkaar beïnvloeden. Om deze reden heeft Wageningen UR Livestock Research onderzoek uitgevoerd naar het effect van het stalklimaat en het drogestofgehalte van de uitgescheiden mest op de strooiselkarakteristieken (drogestofgehalte, stikstofgehalte, ammoniumgehalte, pH en temperatuur) en de ammoniakemissie uit vleeskuikenstallen. Dit onderzoek had tot doel meer inzicht te krijgen in de relaties tussen omgevingsklimaat, strooiselkarakteristieken en ammoniakemissie.

Uit dit onderzoek blijkt dat het mogelijk is via managementmaatregelen de ammoniakemissie uit vleeskuikenstallen te verminderen. Maatregelen die het drogestofgehalte van het strooisel verhogen en/of het ammoniumgehalte van het strooisel verlagen en/of de pH van het strooisel verlagen, zullen de ammoniakemissie reduceren.

ENG

The formation of ammonia from litter in broiler houses depends on various factors such as climate (both inside and outside the house), dry matter content of the droppings, and dry matter content, pH, ammonium content and temperature of the litter. However, it is not known how these processes interact with and / or influence each other. For this reason, Wageningen UR Livestock Research performed a study in which the effect of environmental conditions and dry matter content of the droppings on litter characteristics (pH, temperature, dry matter, nitrogen and ammonium content) and ammonia emission was investigated. The objective of this study was to gain knowledge in the relationships between environmental climate conditions, litter characteristics and ammonia emission from broiler houses.

This study shows that it is possible to reduce ammonia emissions from broiler houses through management measures. Especially measures that increase the dry matter content of the litter and / or decrease the ammonium content of the litter and / or decrease the pH of the litter will reduce the ammonia emission.

© 2015 Wageningen UR Livestock Research, Postbus 338, 6700 AH Wageningen, T 0317 48 39 53, E info.livestockresearch@wur.nl, www.wageningenUR.nl/livestockresearch. Livestock Research is onderdeel van Wageningen UR (University & Research centre).

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

Alle rechten voorbehouden. Niets uit deze uitgave mag worden vermenigvuldigd en/of openbaar gemaakt worden door middel van druk, fotokopie, microfilm of op welke wijze dan ook zonder voorafgaande toestemming van de uitgever of auteur.



De certificering volgens ISO 9001 door DNV onderstreept ons kwaliteitsniveau. Op als 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
	Summary	9
1	Inleiding	11
	1.1 Algemeen	11
	1.2 Doelstelling	12
2	Materiaal en methoden	13
	2.1 Algemeen	13
	2.2 Materiaal	13
	2.2.1 Accommodatie	13
	2.2.2 Diermateriaal	13
	2.2.3 Proefbehandelingen	14
	2.2.4 Verlichting	15
	2.2.5 Klimaat	15
	2.2.6 Entingen	16
	2.2.7 Strooisel	16
	2.3 Methoden	16
	2.3.1 Waarnemingen	16
	2.3.2 Statistische analyse	21
3	Resultaten	23
	3.1 Voeranalyses	23
	3.2 Strooiselkenmerken	24
	3.3 Ammoniakemissie	25
	3.4 Productieresultaten	27
	3.5 Hakdermatitis en voetzoollaesies	30
4	Discussie	31
5	Conclusies en aanbevelingen	34
	Literatuur	35
	Bijlage 1 Notitie buitenklimaatomstandigheden	36
	Bijlage 2 Samenstelling basismelen startvoer (0 - 10 dagen)	43
	Bijlage 3 Samenstelling basismelen groei-/eindvoer (11 - 35 dagen)	44
	Bijlage 4 Klimaatinstellingen	45
	Bijlage 5 Gerealiseerde temperaturen, relatieve luchtvochtigheden en ventilatiedebieten per klimaatcel	46
	Bijlage 6 Werkwijze boxmetingen project 4413801750 'Strooiselkwaliteit' – Klimaatstal DB-CVI	48

**Bijlage 7 Productieresultaten vleeskuikens ronde 1 en 2,
periode 0 – 10 dagen en 11 – 35 dagen**

50

Woord vooraf

In het kader van de Programmatische Aanpak Stikstof (PAS) wordt de inzet van voer- en managementmaatregelen en aanvullende technische maatregelen voorbereid. Het gaat hierbij om maatregelen die leiden tot minder ammoniakemissie uit de veehouderij via voer- en/of managementmaatregelen. Binnen dit kader is een project uitgevoerd waarbij de relatie tussen de strooiselkarakteristieken (drogestofgehalte, pH, temperatuur, stikstof- en ammoniumstikstofgehalte) en de ammoniakemissie is onderzocht. Er is niet veel bekend over de relatie tussen het drogestofgehalte van strooiselmest en de ammoniakemissie bij pluimvee. Groot Koerkamp et al. (2000) geeft aan dat de ammoniakvorming vanuit strooiselmest afneemt bij drogestofgehalten lager dan 60% of hoger dan 80% en dat daartussen de omstandigheden voor ammoniakvorming optimaal zijn. In de vleeskuikenhouderij zijn er echter emissiearme systemen waarbij het drogestofgehalte van de strooiselmest niet boven de 65% komt, terwijl deze toch een forse ammoniakreductie geven. De relatie tussen het drogestofgehalte van de strooiselmest en de ammoniakemissie is dus niet zo eenduidig en blijkbaar spelen er ook andere factoren een rol bij de ammoniakvorming. Het is daarom gewenst om meer inzicht te krijgen in de relatie tussen de strooiselkarakteristieken en de ammoniakemissie. In het voor u liggende rapport worden de resultaten beschreven van een onderzoek waarbij deze relatie werd onderzocht in een experiment met vleeskuikens.

Dit onderzoek is uitgevoerd en gefinancierd binnen het beleidsondersteunende onderzoek thema "Agro - Programma Stikstof" (projectnummer BO-20-004-022) van het Ministerie van Economische Zaken. De auteurs bedanken ir. Pieter Vereijken van PRI-Biometris voor de statistische ondersteuning.

Dr.ir. N.W.M. Ogink
Projectleider en coördinator Beleidsondersteunend Onderzoek
Wageningen UR Livestock Research

Samenvatting

Wageningen UR Livestock Research heeft onderzoek uitgevoerd naar het effect van het stalklimaat en het drogestofgehalte van de uitgescheiden mest op de strooiselkarakteristieken (pH, temperatuur, drogestof-, stikstof- en ammoniumgehalte) en de ammoniakemissie. Het doel van dit onderzoek was meer inzicht te krijgen in de relaties tussen omgevingsklimaat, strooiselkarakteristieken en ammoniakemissie.

Het onderzoek werd uitgevoerd in twee klimaatcellen van stal 160 van WUR-CVI met vleeskuikens. In deze cellen is het mogelijk de temperatuur (T), relatieve luchtvochtigheid (RV) en het ventilatiedebiet (D) nauwkeurig te regelen. Hierdoor was het mogelijk om effecten van het stalklimaat (T, RV en D) op de ammoniakemissie onder gecontroleerde omstandigheden te onderzoeken. Daarnaast werden, om verschillen in het drogestofgehalte van de uitgescheiden mest te creëren, voeders met een verschillend kaliumgehalte gebruikt (range: 8 – 11 g K/kg voer).

Dit onderzoek omvatte twee volledige productieronden van 35 dagen. In elke klimaatcel werden 8 grondhokken (oppervlak: 1,5 m²) met strooisel (witte houtkrullen: 2 kg/m²) geplaatst, d.i. 16 hokken in totaal. In elk hok werden 25 vleeskuikenhaantjes van een commerciële herkomst opgezet (17 kuikens/m²); in totaal is het onderzoek uitgevoerd met (16 hokken x 25 dieren/hok x 2 rondes) 800 vleeskuikens. Gedurende de gehele proefperiode (leeftijdstraject (0 – 35 dagen) kregen de kuikens proefvoer. Voer en water waren gedurende de gehele proefperiode onbeperkt beschikbaar. De eerste drie dagen werd de stal continu verlicht, daarna werd een dag/nacht schema gehanteerd van 18 uur licht en 6 uur donker per etmaal (18L:6D). In het onderstaande schema wordt de proefopzet van beide rondes weergegeven.

Ronde	Relatieve luchtvochtigheid op celniveau	Ventilatiedebiet op celniveau	Kaliumgehalte voer op hokniveau
1	50 en 75%	1 m ³ /uur per kg levend gewicht	vier niveaus: 8, 9, 10 en 11 g/kg
2	50 %	1 en 2 m ³ /uur per kg levend gewicht	vier niveaus: 8, 9, 10 en 11 g/kg

Op 20/21, 27/28 en 34/35 dagen leeftijd werd de ammoniakemissie bepaald via de zogenaamde dynamische box methode. Naast de ammoniakemissie werden de volgende strooiselkarakteristieken vastgesteld: pH, temperatuur, drogestof-, totaal stikstof- en ammoniumstikstofgehalte.

Uit dit onderzoek kwamen de volgende relaties tussen strooiselkarakteristieken (drogestof- en ammoniumgehalte en pH) en de ammoniakemissie naar voren:

- In de gemeten range (251 – 598 g/kg) gaf een verhoging van het ds-gehalte van het strooisel met 10 g/kg een afname van de ammoniakemissie van ca. 3%.
- Een verhoging van het ammonium-N gehalte met 1 g/kg (gemeten range: 1,56 – 5,73 g/kg) leidde tot een toename van de ammoniakemissie van ca. 15%.
- Een verhoging van de pH van het strooisel met 1 eenheid (gemeten range: 5,28 – 9,01 g/kg) gaf een toename van de ammoniakemissie met ca. 41%.

Hieruit kan geconcludeerd worden dat maatregelen die het drogestofgehalte van het strooisel verhogen en/of het ammoniumgehalte van het strooisel verlagen en/of de pH van het strooisel verlagen de ammoniakemissie zullen reduceren.

Summary

Wageningen UR Livestock Research conducted a broiler study in which the effect of environmental conditions and dry matter content of the droppings on litter characteristics (pH, temperature, dry matter, nitrogen and ammonium content) and ammonia emission was investigated. The objective of this study was to gain knowledge in the relationships between environmental climate conditions, litter characteristics and ammonia emission.

The study was carried out in two climate rooms of house 160 of the Central Veterinary Institute of Wageningen UR. In this house /rooms it is possible to control/regulate the temperature (T), relative humidity (RH) and ventilation rate (V). In this way the effects of environmental climate conditions (T, RH and V) on the ammonia emission could be investigated under controlled conditions. Furthermore, to create differences in the dry matter content of fresh droppings, diets with different potassium levels (range: 8-11 g of K / kg feed) were provided.

This study comprised two production rounds of 35 days each. Each climate room contained 8 floor pens (1.5 m²) bedded with white wood shavings (2 kg/m²). In each pen 25 male broilers (Ross 308) were placed (17 broilers /m²). In total, this study was performed with (16 pens x 25 broilers/ pen x 2 rounds =) 800 broilers. Feed and water were given ad libitum during the entire experiment (0 – 35 days of age). During the first three days the broilers received continuous light, thereafter a day / night schedule of 18 hours light and 6 hours dark per 24 hours was given (18L:6D). The table below shows the experimental design of both rounds.

Round	Relative humidity on climate chamber level	Ventilation rate on climate chamber level	Potassium on pen level
1	50 and 75%	1 m ³ /hour per kg live-weight	Four levels: 8, 9, 10 and 11 g/kg
2	50 %	1 and 2 m ³ /hour per kg live-weight	Four levels: 8, 9, 10 and 11 g/kg

On 20/21, 27/28 and 34/35 days of age ammonia emissions were measured by using the dynamic box method. The following litter characteristics were determined: pH, temperature, dry matter content, total nitrogen content and ammonium content.

From this study, the following relationships between litter characteristics (pH, dry matter and ammonium contents) and ammonia emission were found:

- In the measured DM range (251 to 598 g/kg) an increase of the DM-content of the litter with 10 g/kg, resulted in a reduction of the ammonia emission of approximately 3%.
- An increase of the ammonium nitrogen content with 1 g/kg (measured range: 1.56 to 5.73 g/kg) resulted in an increase in the ammonia emission of approximately 15%.
- An increase in the pH of the litter with 1 unit (measured range: 5.28 to 9.01 g / kg) resulted in an increase of the ammonia emission of approximately 41%.

Overall it can be concluded that measures which increase the dry matter content of the litter and / or reduce the litter ammonium nitrogen content and / or lower the litter pH will reduce ammonia emissions from litter floors.

1 Inleiding

1.1 Algemeen

De emissiearme systemen die op dit moment in de Regeling ammoniak en veehouderij (Rav) staan, brengen in het algemeen hoge kosten met zich mee wanneer bestaande stallen moeten worden verbouwd. In het kader van PAS¹ (Programmatische Aanpak Stikstof) wordt verkend of het mogelijk is om een nieuwe lijst (bijlage) te maken met voer- en managementmaatregelen welke de ammoniakemissie verminderen. Deze nieuwe lijst zou dan voer- en managementmaatregelen kunnen bevatten die aantoonbaar effectief, controleerbaar en handhaafbaar zijn. De effectiviteit dient te worden gewaarborgd via toepassing van het meetprotocol voor NH₃-emissiefactoren of een qua nauwkeurigheid vergelijkbaar meetprotocol. De ontwikkeling van dergelijke voer- en managementmaatregelen is ook voor de pluimveehouderij wenselijk.

In pluimvee excreta (mest) komt ammoniak op zich niet of nauwelijks voor. Eiwitten en urinezuur vertegenwoordigen respectievelijk circa 30 en 70 procent van de totale hoeveelheid stikstof in de excreta van pluimvee. De eiwitten bestaan voor een deel uit onverteerde eiwitten en voor een deel uit zogenaamd endogeen eiwit. Endogene eiwitten zijn eiwitten die in het maag- darmkanaal zijn benut voor verteringsprocessen en eiwitten uit afgestorven darmepitheelcellen. Urinezuur wordt gevormd uit de metabolische afbraak van overtollige aminozuren (de bouwstenen van eiwitten). Dit urinezuur wordt uitgescheiden via de urine. Uit de uitgescheiden eiwitten en urinezuur kunnen door microbiële omzettingen ureum, ammoniak, nitriet, nitraat, lachgas, stikstofmonoxide, stikstofgas en microbieel eiwit worden gevormd. De microbiële afbraak van vooral urinezuur tot ureum en vervolgens tot ammoniak is één van de belangrijkste processen. Dit proces wordt onder andere beïnvloed door de volgende factoren:

- Vochtgehalte mest
- Temperatuur
- Zuurgraad
- Zuurstofconcentratie

Bij pluimvee op strooisel bestaat er een belangrijke relatie tussen het drogestofgehalte (ds-gehalte) van het strooisel en de ammoniakemissie (Groot Koerkamp, 1998). Volgens Groot Koerkamp et al. (2000) neemt de ammoniakvorming in mest (of strooisel) bij pluimvee af als het ds-gehalte in de mest lager is dan 60% of hoger dan 80%. Daartussen zijn de omstandigheden voor de emissie van ammoniak optimaal. De emissie is maximaal bij een ds-gehalte van ca. 75%. Bij vleeskuikens ligt het ds-gehalte van strooiselmest in het algemeen in de range tussen de 51 en 75% (Den Boer, 2012). Bij geforceerde luchtstroming over het strooisel neemt de ammoniakemissie echter sterk af (o.a. mixluchtsysteem, luchtmengsysteem i.c.m. warmtewisselaar), terwijl het ds-gehalte van de strooiselmest niet boven de 65% uitkomt. Kortom de relatie tussen ds-gehalte van de strooiselmest en de ammoniakemissie is niet eenduidig en blijkbaar spelen ook andere factoren een rol bij de ammoniakvorming, bijvoorbeeld de vorming van een droge laag rond de keutel, terwijl het ds-gehalte niet veel verandert.

Voermaatregelen, zoals verandering van het eiwitgehalte of verandering van de hoeveelheid elektrolyten in het voer (o.a. kalium of natrium), hebben vaak een interactie met het ds-gehalte van de mest. Hierdoor is het onduidelijk of bepaalde effecten op de ammoniakemissie door het ds-gehalte van de mest, door het ammonium-gehalte of de pH van de mest worden veroorzaakt. Ook de ruilheid van het

¹ In de PAS (Programmatische Aanpak Stikstof) werkt een aantal overheden samen om bij Natura 2000-gebieden twee doelen tegelijk te bereiken. Aan de ene kant wordt de achteruitgang van de biodiversiteit in die gebieden, voor zo ver die het gevolg is van stikstofdepositie, tot staan gebracht en omgezet in herstel. Aan de andere kant wordt er weer ruimte gemaakt voor nieuwe economische activiteiten met stikstofuitstoot in de buurt van die gebieden.

strooisel en de mate van broei kunnen een rol spelen bij de vorming van ammoniak. Het is hierdoor onduidelijk hoe effectief voer- en managementmaatregelen onder wisselende omstandigheden werkelijk zijn en op welke wijze ammoniak reducerende effecten van strooiseldrogingssystemen en voer- en managementmaatregelen kunnen worden opgeteld.

Het is daarom gewenst om meer inzicht te krijgen in de relatie tussen het ds-gehalte van de strooiselmest en de ammoniakemissie. Het ds-gehalte van de strooiselmest wordt vooral via de mest en via het stalklimaat beïnvloed. In dit project zullen beide factoren worden onderzocht. In dit onderzoek beperken wij ons tot de vleeskuikens.

Voorafgaand aan dit onderzoek werd een deskstudie uitgevoerd waarbij op basis van beschikbare meetgegevens van eerdere onderzoeken op onze voormalige proefbedrijven in Beekbergen en Lelystad de relatie tussen verschillende buitenklimaatomstandigheden en de ammoniakemissie uit vleeskuikenstallen is onderzocht. De resultaten van deze deskstudie worden vermeld in bijlage 1. Deze deskstudie liet een duidelijke relatie zien tussen het verdampingspotentieel en de ammoniakemissie, echter het verdampingspotentieel² was sterk verstrengeld met het ventilatiedebiet. Beiden laten ongeveer even grote effecten zien op de ammoniakemissie. Uit de deskstudie is daarom niet een eenduidige conclusie te trekken dat er een oorzakelijk verband bestaat tussen het verdampingspotentieel en de ammoniakemissie. Dit effect kan immers ook veroorzaakt zijn door het ventilatiedebiet. Het is aannemelijk dat beiden een effect hebben op de ammoniakemissie. Een hoger verdampingspotentieel geeft een hogere verdamping uit het strooisel en daardoor een hoger ds-gehalte van het strooisel. Het ventilatiedebiet zorgt voor een hogere luchtsnelheid in de stal. De ammoniakemissie wordt rechtstreeks beïnvloed door de luchtsnelheid, maar ook indirect via het drogend effect bij een hogere luchtsnelheid. Mede op basis van de resultaten van deze deskstudie zijn de klimaatinstellingen gekozen voor dit onderzoek.

1.2 Doelstelling

De doelstelling van dit onderzoek was tweeledig:

1. Het bestuderen van de effecten van het binnen- en buitenklimaat op de strooiselkwaliteit en ammoniakemissie.
2. Het bestuderen van de effecten van het ds-gehalte van de uitgescheiden mest en het effect van omgevingsklimaat op de strooiselkarakteristieken (ds-gehalte, rulheid, pH, strooiseltemperatuur, totaal stikstof- en ammoniumstikstofgehalte) en de ammoniakemissie.

Het uiteindelijke doel was meer inzicht te krijgen in de relatie omgevingsklimaat, strooiselkarakteristieken en ammoniakemissie om zo een beter inzicht te krijgen in de effecten van een ammoniak reducerende maatregel.

² Het totale verdampingspotentieel is gelijk aan het verschil tussen het maximale watergehalte van de uitgaande stallucht (verzadigde uitgaande lucht bij de gemeten temperatuur van de uitgaande lucht) en het watergehalte van de inkomende lucht (berekend op basis van T en RV van de buitenlucht) vermenigvuldigd met het ventilatiedebiet.

2 Materiaal en methoden

2.1 Algemeen

Om verschillen te kunnen creëren in temperatuur (T) en relatieve luchtvochtigheid (RV), zodat het effect van het buitenklimaat op de strooiselkenmerken kan worden gesimuleerd, werd dit onderzoek uitgevoerd in twee klimaatcellen. Daarnaast werden, om verschillen in het ds-gehalte van de uitgescheiden mest te creëren, voeders met een verschillend kaliumgehalte gebruikt. Het is bekend dat het kaliumgehalte van het voer effect heeft op de mestconsistentie. In een review artikel van Enting et al. (2009) wordt vermeld dat een toename van het kaliumgehalte met 1 g/kg een toename van het vochtgehalte van de mest geeft met 12,0 g/kg.

Het was de bedoeling om het onderzoek uit te voeren als een 2 x 4 factoriele proef met twee relatieve luchtvochtigheidsinstellingen (50 en 75%) en vier kaliumgehalten van het voer (8, 9, 10 en 11 g K/kg). Het onderzoek zou twee volledige productieronden omvatten, elk met 16 proefeenheden. De strooiselkwaliteit was in de eerste ronde dermate slecht dat het welzijn van het kuikens in het geding kwam. De strooiselkwaliteit was vooral slecht in de klimaatcel met de hoge RV (75%), vooral in combinatie met de hogere kaliumgehalten in het voer. Daarnaast was er als gevolg van het gebruikte drinkstelsel relatief veel vermorsing van drinkwater, wat ook bijdroeg aan deze slechte strooiselkwaliteit. Daarom is in de tweede ronde de proefopzet zodanig aangepast dat in beide klimaatcellen een luchtvochtigheidsinstelling van 50% werd aangehouden, maar wel met een onderscheid in ventilatiedebiet. Daarnaast is in de tweede ronde het drinkstelsel aangepast, om de kans op vermorsing te minimaliseren.

2.2 Materiaal

2.2.1 Accommodatie

Het onderzoek werd uitgevoerd in twee cellen van de klimaatstal 160 van WUR-CVI, Runderweg, Lelystad en omvatte twee volledige productieronden van 35 dagen. In elke cel (35 m²) stonden acht grondhokken (oppervlakte: 1,5 m²) met strooisel (witte houtkrullen: 2 kg/m²) opgesteld (zie Figuur 1). In deze klimaatcellen kan zowel de temperatuur als de relatieve luchtvochtigheid nauwkeurig worden gecontroleerd. De geconditioneerde lucht komt binnen via een gaatjesplafond en wordt afgevoerd via een ventilator in de achtergevel van de cel/ruimte. De cellen werden verlicht met 8 dimbare led lampen (Glow led bulb 7W 2700K Dimmable) per cel.

2.2.2 Diermateriaal

Het onderzoek werd uitgevoerd met in totaal 800 Ross 308 haankuikens (400 haankuikens per ronde) en omvatte het leeftijdstraject van 0 - 35 dagen. De kuikens in de eerste ronde waren afkomstig van moederdieren van 54 weken oud en in de tweede ronde van moederdieren van 44 weken oud. De eendagskuikens werden geleverd door Probroed & Sloot te Meppel.

Type:	Ross 308 vleeskuikens (gallus gallus)
Geslacht:	mannelijk (haantjes)
Leeftijd ouderdieren:	Ronde 1: 54 weken; Ronde 2: 44 weken
Aantal:	800 (400 / ronde)
Leverancier:	Probroed & Sloot, Meppel, Nederland

De kuikens werden op de broederij gesekst en at random verdeeld over de hokken.



Figuur 1 De kuikens werden gehuisvest in 16 grondhokken (oppervlak 1,5 m²), welke stonden opgesteld in twee klimaatcellen.

2.2.3 Proefbehandelingen

Ronde 1

In de eerste ronde werden de volgende behandelingsfactoren onderzocht:

1. Kaliumgehalte voer (4 instellingen: 8, 9, 10 en 11 g/kg)
2. Relatieve luchtvochtigheid stallucht (2 instellingen: 50 en 75%)

De ventilatie stond in beide klimaatcellen ingesteld op 1 m³/kg per uur.

Tabel 1

Schematische opzet van het onderzoek (ronde 1)

Behandeling	Ventilatie-debiet (m ³ /kg/uur)	Relatieve luchtvochtigheid (%)	Kaliumgehalte in voer (g/kg)	# herhalingen	Dieren per behandeling
1	1	50	8	4	50
2	1	50	9	4	50
3	1	50	10	4	50
4	1	50	11	4	50
5	1	75	8	4	50
6	1	75	9	4	50
7	1	75	10	4	50
8	1	75	11	4	50

Ronde 2

In de tweede ronde werden de volgende behandelingsfactoren onderzocht:

1. Kaliumgehalte voer (4 instellingen: 8, 9, 10 en 11 g/kg)
2. Ventilatie debiet (2 instellingen: 1 en 2 m³/kg per uur)

De relatieve luchtvochtigheid (RV) was in beide klimaatcellen ingesteld op 50%.

Tabel 2

Schematische opzet van het onderzoek (ronde 2)

Behandeling	Ventilatie-debiet (m ³ /kg/uur)	Relatieve luchtvochtigheid (%)	Kaliumgehalte in voer (g/kg)	# Herhalingen	Dieren per behandeling
1	1	50	8	4	50
2	1	50	9	4	50
3	1	50	10	4	50
4	1	50	11	4	50
5	2	50	8	4	50
6	2	50	9	4	50
7	2	50	10	4	50
8	2	50	11	4	50

Er werd tweefasen voeding toegepast. Gedurende de eerste 10 dagen ontvingen de kuikens een startvoer, van dag 11 tot en met 35 dagen een groei-/afmestvoer. De voeders waren dusdanig geoptimaliseerd dat deze qua energiewaarde en nutriëntengehalten (m.u.v. het kaliumgehalte) goed vergelijkbaar waren. Per voerfase werden twee basismelen gemaakt, één met een laag kaliumgehalte (berekend: 8 g K/kg – basis laag K) en één met een hoog kaliumgehalte (berekend; 11 g K/kg – basis hoog K). De samenstelling van de basismelen is weergegeven in bijlage 2 (startvoeders) en 3 (groei-/eindvoeders). Het voer met een berekend K-gehalte van 8 g/kg bestond volledig uit basis laag K, die met het hoge K-gehalte van 11 g/kg volledig uit basis hoog K. Het voer met 9 g K/kg werd gecreëerd door menging van 2/3 deel basis laag K en 1/3 deel basis hoog K. Het voer met berekend 10 g K/kg werd verkregen door 1/3 deel basis laag K te mengen met 2/3 deel basis hoog K.

Het voer werd geproduceerd en geleverd door Research Diet Services BV te Wijk bij Duurstede. Alle voeders werden gepelleteerd (startvoeders: 2,5 mm en groeivoeders: 3 mm).

Binnen een klimaatcel werden de voerbehandelingen at random verloot over de grondhokken. Elke voerbehandeling werd vier keer herhaald; in elke klimaatcel twee keer. Elke behandeling (combinatie van kaliumgehalte voer en RV stallucht (ronde 1) of ventilatiedebiet (ronde 2)) werd dus 2 keer herhaald. Voer en water werden gedurende de gehele proefperiode (0 – 35 dagen) onbeperkt aangeboden aan de kuikens.

2.2.4 Verlichting

De vleeskuikens kregen de eerste 2 dagen continu licht (24L:0D). Daarna werd een dag/nachtschema gehanteerd van 18L:6D. De lichtperiode liep van 07.00u – 01.00u en de donkerperiode van 01.00u – 07.00u. De lichtsterkte bedroeg de gehele proefperiode 20 lux.

2.2.5 Klimaat

Ronde 1

De temperatuur bij opzet van de kuikens bedroeg 34 °C. De temperatuur werd geleidelijk afgebouwd naar 20 °C op 28 dagen leeftijd. Deze temperatuur werd tot het einde van de proef aangehouden. In de ene klimaatcel werd een relatieve luchtvochtigheid (RV) aangehouden van 50%, in de andere een RV van 75%. De ventilatie was ingesteld op 1 m³ per kilogram lichaamsgewicht per uur.

Ronde 2

In de tweede ronde werd eenzelfde temperatuurschema als in de eerste ronde gehanteerd. In tegenstelling tot in de eerste ronde werd in de tweede ronde in beide klimaatcellen dezelfde RV aangehouden (50%) en werd er een verschil in minimum ventilatiedebiet aangehouden (resp. 1 en 2 m³/uur per kg lichaamsgewicht).

In bijlage 4 worden de ingestelde temperatuur, relatieve luchtvochtigheden en ventilatiedebiet per dag en per ronde weergegeven. In bijlage 5 worden de gerealiseerde temperaturen, relatieve luchtvochtigheden en ventilatiedebieten vermeld.

2.2.6 Entingen

De kuikens zijn op de broederij gevaccineerd tegen Infectieuze Bronchitis (IB primer), waarna ze op 14 en 21 dagen werden gevaccineerd tegen respectievelijk Newcastle Disease (Clone 30) en Gumboro (D78).

2.2.7 Strooisel

Als strooiselmateriaal werden witte houtkrullen gebruikt (2 kg/grondkooi).

2.3 Methoden

2.3.1 Waarnemingen

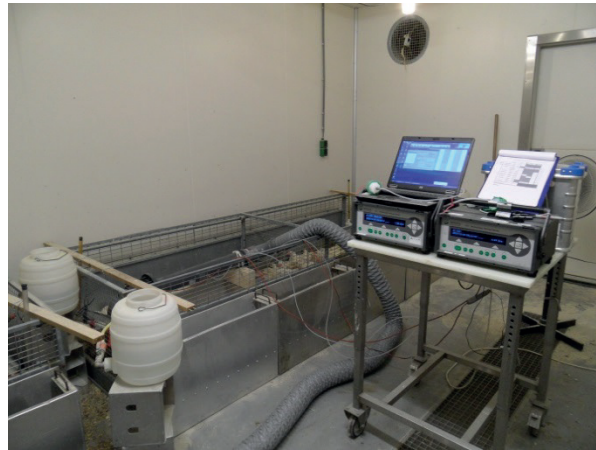
Voer

In de experimentele start- en groeivoeders werden de volgende analyses uitgevoerd: droge stof, ruw eiwit, ruw vet, ruwe celstof, as, calcium, fosfor en kalium. De analyses zijn uitgevoerd door NutriControl, Postbus 107, 5460 AC Veghel.

Ammoniakmetingen

In beide ronden werd op dag 21, 27, 28, 34 en 35 via de zogenaamde dynamische boxmethode de ammoniakemissie per hokbepaald (Figuur 2). Bij dynamische boxmetingen wordt een doos over het emitterend strooiseloppervlak geplaatst. Bij de toepassing in deze cellen werd lucht vanuit de centrale gang van de klimaatstal over het emitterend oppervlak van de meetbox geleid. De ammoniakconcentraties van de ingaande lucht en uitgaande lucht van de box werden gemeten m.b.v. multigas monitoren (Innova's van het type 1312). Daarnaast werd ter controle (halverwege elke meting) de ammoniakconcentratie tevens gemeten met Kitagawa gasdetectiebuisjes (type No. 105SD 0.2 – 20 ppm).

Daarnaast werd het ventilatiedebiet gemeten. Het product van het ventilatiedebiet en de concentratie bij de uitlaat geeft de emissie weer vanaf de bemeeten oppervlakte. De dynamische box meetmethode is primair ontwikkeld om emissieverschillen vast te stellen en niet om absolute stalemissies te bepalen zoals bedoeld in de Regeling ammoniak en veehouderij (RAV).



Figuur 2 Ammoniakemissie meting via de dynamische box meetmethode.

Ervan uit gaande dat gedurende de meting het ventilatiedebiet en de ammoniakvervluchtiging vanaf het gemeten oppervlak constant blijven, zal na enige tijd een evenwichtsconcentratie in de meetbox worden bereikt (stabilisatietijd). In de praktijk gebeurt dit na enkele minuten. Een verdere beschrijving van de meetmethode m.b.v. de dynamische meetbox (fluxkamer) is te vinden in Mosquera et al. (2010). Voor dit onderzoek is een speciale kleinere meetbox ontwikkeld welke geschikt is voor het meten van gassen in kleine hokken. De maten van de box zijn 60 x 40 x 15 cm (l x b x h). Het oppervlak van de box is 0,24 m² en de inhoud is 0,036 m³. De netto ammoniakemissie werd als volgt bepaald:

$$Q = \frac{(D * (C_{uit} - C_{in}))}{A}$$

Waarbij:

Q = ammoniakemissie in mg.uur⁻¹.m⁻²

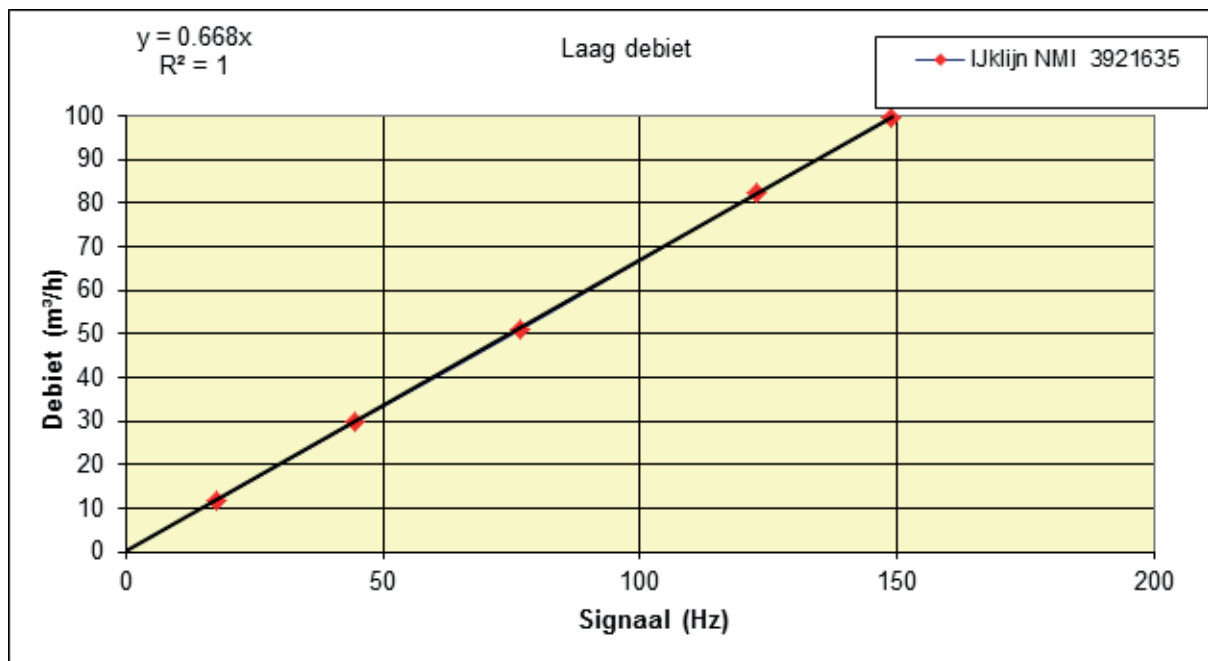
D = ventilatiedebiet in m³.uur⁻¹

C_{in} = ammoniakconcentratie ingaande lucht in mg.m⁻³

C_{uit} = ammoniakconcentratie uitgaande lucht in mg.m⁻³

A = meetoppervlak (= oppervlakte box) in m²

Aan de ventilator in de uitgaande luchtstroom was een meetwaaier gekoppeld voor regeling van de ventilator en vastlegging van het debiet. De meetwaaier gaf een puls-sigitaal. Met een bekende factor is het aantal pulsen om te rekenen naar een aantal omwentelingen per minuut. Het puls-sigitaal werd iedere 2 minuten vastgelegd in een datalogger van het type Koenders CR10. Met de ijklijn van de ventilator (Figuur 3) en het vastgelegde puls-sigitaal (P, in Hz) is het debiet (D) in m³/uur berekend: D = 0,668 * P. In de eerste meetronde bedroeg het ventilatiedebiet (luchtstroom over het meetoppervlak) in de meetbox ca. 20 m³/uur. In de tweede meetronde werd gemeten bij twee debieten: ca. 20 en 40 m³/uur. Bij deze debieten wordt de lucht met een gemiddelde snelheid van respectievelijk ca. 0,2 en 0,4 m/s over het strooisel geleid. Op de eerste meetdag in een bepaalde week werden hokken 1 - 4 en hokken 13 - 16 bemeaten bij de lage luchtsnelheid en de hokken 5 - 8 en hokken 9 - 12 bemeaten bij de hoge luchtsnelheid. Op de tweede meetdag van de week was dit precies andersom.



Figuur 3 IJKlijn gebruikte ventilator meetbox

Zoals eerder aangegeven werd de ammoniakconcentratie van de in- en uitgaande lucht gemeten met twee Innova's van het type 1312. Dit zijn multigas monitoren met een foto-akoestisch meetprincipe. Deze meetmethode is gebaseerd op het effect van infrarood licht op gassen. Als een gas wordt blootgesteld aan infrarood licht met een golflengte die dat gas absorbeert zal een deel van het licht worden geabsorbeerd. Als gevolg hiervan krijgt een aantal moleculen een hoger energieniveau wat leidt tot een stijging van temperatuur en druk. Valt het infrarood licht weg dan zullen de moleculen weer terugvallen naar hun oorspronkelijke energieniveau en de temperatuur en druk zullen weer dalen.

Wanneer een gas pulserend wordt belicht ontstaat een steeds wisselende druk die resulteert in een geluidsgolf die met behulp van microfoons kan worden gedetecteerd. De concentratie van het gas in een monster wordt dan door de sterkte van het signaal bepaald.

Elke monitor nam elke twee minuten een luchtmonster ter analyse. Ammoniakconcentraties zijn vastgelegd in ppm_{volume} (parts per million op volumebasis) en later omgerekend naar mg/m³ en wel als volgt: $NH_3\text{-concentratie (in mg/m}^3\text{)} = NH_3\text{-concentratie (in ppm)} * 17/24$

Hierin is 17 de molaire massa van ammoniak (g/mol) en 24 het molaire volume van lucht (dm³/mol) bij 20°C en 1 bar. Het molaire volume van lucht is enigszins temperatuur afhankelijk, maar dit is in deze vergelijkende proef niet van wezenlijk belang.

In bijlage 6 wordt de gehanteerde werkwijze tijdens de boxmetingen vermeld.

Bepaling strooiselkarakteristieken

Op de meetlocaties werd direct na de meting de strooiseltemperatuur gemeten, de rulheid van het strooisel visueel beoordeeld (zie tabel 3) en op vijf plaatsen een strooiselmonster genomen. Deze vijf monsters werden gepoold tot één monster (ca. 200 g strooiselmest) per hok, waarna op het laboratorium de pH werd bepaald en de navolgende analyses werden verricht: droge stof, as, totaal stikstof en ammonium stikstof. Deze analyses werden verricht door het milieulaboratorium van Agrotechnologie & Voedingswetenschappen (WUR). Daarnaast werd in deze monsters de compactheid (= een kwantitatieve maat voor de rulheid) van de strooiselmest bepaald. Deze analyses werden eveneens uitgevoerd door het milieulaboratorium van Agrotechnologie & Voedingswetenschappen (WUR).

Tabel 3

Beoordelingscriteria rulheid strooisel

Rulheid	
Waardering	Omschrijving
1	Volledig dichtgeslagen strooisel, één grote plaat/koek
2	80-90 % van het strooiseloppervlak is dichtgeslagen
3	70-80 % van het strooiseloppervlak is dichtgeslagen
4	60-70 % van het strooiseloppervlak is dichtgeslagen
5	50-60 % van het strooiseloppervlak is dichtgeslagen
6	40 % van het strooiseloppervlak is dichtgeslagen
7	30 % van het strooiseloppervlak is dichtgeslagen
8	10 % van het strooiseloppervlak is dichtgeslagen
9	Volledig rul strooisel, beginnende plaatjes vorming
10	Volledig rul strooisel, nog geen 'plaatjes' vorming

Gebruikte analysemethode(n):

WI 4.25-107	Monstervoorbehandeling door drogen na toevoeging van wijnsteenzuur. Stapelbare mest met een geschat drogestofgehalte van tenminste 30%
WI 4.25-109	Monstervoorbehandeling door malen. Dierlijke mest met een geschat drogestofgehalte van tenminste 85%
WI 4.25-103	Bepaling van het gehalte aan opgelost ammoniumstikstof in dierlijke mest. Destillatie methode
WI 4.25-104	Destructie van dierlijke mest t.b.v. NPK-analyses
WI 4.25-105	De bepaling van (totaal) stikstof in destruatens verkregen volgens WI 4.25-104. Destillatie methode
WI 4.25-106	De bepaling van opgelost fosfaat in destruatens verkregen volgens WI 4.25-104. Fotometrische methode
WI 4.25-111	Bepaling van het gehalte aan droge stof in dierlijke mest. Gravimetrische methode
WI 4.25-112	Bepaling van het gehalte aan organische stof in dierlijke mest. Gravimetrische methode
WI 4.25-113	Bepaling van de pH. De pH is gemeten na verdunning van 1+4 van het monster met demiwater

Strooiseldichtheid (d100)

Een druk- /trekbank van Overload Dynamics D900 werd gebruikt om de compactiemetingen van strooiselmest uit te voeren. Alvorens te beginnen met de compactiemetingen werden de strooiselmestmonsters per hok eerst gehomogeniseerd en losgemaakt, waarna een bekende hoeveelheid strooiselmest in een meetvat (leeg volume: 272 ml; Diameter 47,39 mm) werd gedaan. Er werd zoveel mest in het meetvat gedaan dat deze tot aan de rand gevuld toe gevuld was, hierbij werd de strooiselmest licht aangedrukt (< 20 kg). Het meetvat werd hierna onder de plunjer (d= 45.5 mm) van de druk-/trekbank geplaatst, waarna het mestmonster werd samengeperst. Voor dit onderzoek is de dichtheid van de strooiselmest bij een druk van 100 kg (=d100) bepaald. De dichtheid wordt uitgedrukt in kg/l.

Voetzoollaesies en hakdermatitis

Op 35 dagen leeftijd werd door een ervaren beoordelaar bij alle nog aanwezige dieren in een hok visueel de incidentie en ernst van hakdermatitis (schaal 0, 1, 2, 3 en 4) en voetzoollaesies (schaal 0, 1 en 2) vastgesteld. In tabel 4 is een omschrijving van de scores voor hakdermatitis en voetzoollaesies gegeven. Op basis van de individuele scores per hok werd zowel voor hakdermatitis als voetzoollaesies een score berekend. De score voor hakdermatitis (HDS) is berekend als:

$$HDS = \frac{((\text{aantal dieren score } 0 \text{ of } 1 * 0) + (\text{aantal dieren score } 2 * 0,5) + (\text{aantal dieren score } 3 * 1) + (\text{aantal dieren score } 4 * 2))}{N \text{ totaal}} * 100$$

waarbij 'N totaal' het totaal aantal beoordeelde dieren is.

De HDS kan dus variëren van 0 (alle dieren hebben een score 0 of 1) tot 200 (alle dieren hebben een score 4).

De score voor voetzoollaesies (VZL-score) werd als volgt berekend:

$$\text{VZL-score} = \frac{((\text{aantaldierenscore } 0 * 0) + (\text{aantaldierenscore } 1 * 0,5) + (\text{aantaldierenscore } 2 * 2))}{N_{\text{totaal}}} * 100$$

waarbij 'N totaal' het totaal aantal beoordeelde dieren is.

De VZL-score kan dus variëren van 0 (alle dieren hebben een score 0) tot 200 (alle dieren hebben een score 2).

Tabel 4

Beoordelingssystematiek voor de visuele beoordeling van de ernst van hakdermatitis en voetzoollaesies.

Parameter	Scoringsklassen + omschrijving
Hakdermatitis	0 – 4, waarbij 0= geen hakirritatie, 1= lichte/geringe roodverkleuring hak; 2= ernstige roodverkleuring / geringe aantasting opperhuid hak, geen wond zichtbaar en 3= aantasting opperhuid hak, zwartverkleuring, klein oppervlak, 4=ernstige aantasting opperhuid hak, zwartverkleuring, groot oppervlak, wond (Welfare Quality, 2009).
Voetzoollaesies	0 – 2, waarbij 0= geen/lichte voetzoolirritatie; 1 =matige/milde voetzoolirritatie (hyperkeratose en verkleuring van het weefsel, maar nog geen ontstekingen en nog geen aantasting van de opperhuid) en 2= ernstige voetzoolirritatie(aantasting van de opperhuid, onderhuidse ontstekingen). Beoordelingsmethodiek conform Zweedse methode (Berg, 1998).

Productieresultaten

- Op 0, 10 en 35 dagen werden kuikens per grondhok gewogen ter bepaling van het gewicht.
- Op 10 en 35 dagen werd het voer- en waterverbruik per grondhok bepaald.
- Leeftijd en gewicht van uitval en selectie werd dagelijks genoteerd.

Op basis van de bovenstaande waarnemingen konden de productieresultaten (groei, voeropname, voerconversie, waterverbruik, water/voer verhouding en uitval) over de verschillende perioden (0 – 10 dagen, 11 – 35 dagen en 0 – 35 dagen) worden berekend. Tevens werd over de volledige productieperiode (0 – 35 dagen) het productiegetal berekend. Het productiegetal is een maatstaf voor behaalde technische resultaat. Voor de berekening van het productiegetal is gebruikt gemaakt van de volgende technische parameters:

- Dagelijkse groei
- Voerconversie
- Uitval

De formule voor het productiegetal is zo opgesteld dat (financieel) gunstige resultaten van deze parameters (groei, voerconversie en uitval) de waarde van het productiegetal doen stijgen. D.w.z. een hogere daggroei en/of een lagere voerconversie en/of een lagere uitval resulteren in een hoger productiegetal. Het productiegetal is als volgt berekend:

$$\text{Productiegetal} = ((100 - \text{uitvalspercentage}) \times \text{daggroei in grammen}) / (\text{voerconversie} \times 10)$$

Klimaat

De afdelingstemperaturen en RV werden continu geregistreerd via de centrale computer. Daarnaast werd de temperatuur en relatieve luchtvochtigheid van de ingaande en uitgaande lucht geregistreerd m.b.v. een ATAL ATV-11A datarecorder (T: -30 °C – 70 °C; RV: 0 – 100%).

2.3.2 Statistische analyse

Met de statistische analyses proberen we de volgende onderzoeksvragen te beantwoorden:

1. Wat is het effect van de proeffactoren (klimaatinstellingen cellen, kaliumgehalte voer) op de strooiselkenmerken, ammoniakemissie en technische resultaten?
2. Met welke regressievergelijking kan de ammoniakemissie uit het strooisel met behulp van een set verklarende x-variabelen (meetbox-debiet, ammoniumgehalte, pH en ds-gehalte van strooisel) worden verklaard?

De resultaten zijn eerst beschrijvend geanalyseerd en vervolgens statistisch getoetst. Om vraag 1 te beantwoorden is voor de strooiselkenmerken en de technische resultaten in ronde 1 een split-plotmodel met hoofdeffecten van RV en kalium in voer en de interactie tussen RV en kalium gebruikt.

Het statistische model zag er als volgt uit:

$$Y = \text{constant} + RV + \varepsilon_{\text{cel}} + \text{Kalium} + RV * \text{Kalium} + \varepsilon_{\text{error}} \quad (1)$$

Waarin: Y is de te verklaren strooiselkenmerk of productieve variabele (ds-gehalte, groei, voerconversie etc.);

RV is de relatieve luchtvochtigheid (50% of 75%);

Kalium is kaliumgehalte van het voer (8, 9, 10 of 11 g K/kg);

ε_{cel} is de variatie tussen cellen;

$\varepsilon_{\text{error}}$ is de restvariatie.

Voor de analyse van de ammoniakemissie in ronde 1 is het volgende statistische model gebruikt:

$$\ln(Y) = \text{constant} + RV + \varepsilon_{\text{cel}} + \text{Kalium} + RV * \text{Kalium} + \varepsilon_{\text{hok.cel}} + \text{Week} + RV * \text{Week} + \text{Kalium} * \text{Week} + RV * \text{Kalium} * \text{Week} + \varepsilon_{\text{week.hok.cel}} + \varepsilon_{\text{error}} \quad (2)$$

Waarin: Y is de ammoniakemissie; aangezien de ammoniakemissie niet normaal verdeeld was, is deze op log-schaal geanalyseerd (in mg/(m² uur));

RV is de relatieve luchtvochtigheid (50% of 75%);

Kalium is kaliumgehalte van het voer (8, 9, 10 of 11 g K/kg);

Week is weeknummer van meten (week 3, 4 of 5);

ε_{cel} is de variatie tussen cellen;

$\varepsilon_{\text{hok.cel}}$ is de variatie tussen hokken binnen cellen;

$\varepsilon_{\text{week.hok.cel}}$ is de variatie tussen weken binnen hokken, binnen cellen;

$\varepsilon_{\text{error}}$ is de restvariatie.

Voorgaand model is uitgebreid door tevens het lineaire effect van het kaliumgehalte toe te voegen, zowel voor het hoofdeffect als voor de interactie-effecten.

Voor ronde 2 is vraag 1 beantwoord met een vergelijkbaar model alleen is daarbij de factor RV vervangen door de factor ventilatiedebiet (1 of 2 m³/uur per kg lichaamsgewicht). Daarnaast werd voor de ammoniakemissie in ronde 2 een extra factor toegevoegd, namelijk het box-debiet (20 en 40 m³/uur). Hiermee werd een verschil aangebracht in de luchtsnelheid over het emitterend oppervlak.

De additionele random effecten voor cel, hok binnen cel en week binnen hok en de residuele effecten worden verondersteld onderling onafhankelijk normaal verdeeld te zijn met gemiddelde 0 en varianties σ_{cel}^2 , $\sigma_{\text{hok.cel}}^2$, $\sigma_{\text{week.hok.cel}}^2$ en σ_{error}^2 respectievelijk. Schattingen voor effecten van de vaste termen in het model, de variantie componenten voor de random effecten en effecten en voorspellingen voor de gemiddelden voor de vaste termen uit deze modellen zijn verkregen met de REML procedure in Genstat. Verder zijn F en P-waarden van de F-toetsen van de vaste termen in de modellen berekend. Per ronde konden de RV of cel-debiet effecten slechts worden geschat, doch niet worden getoetst omdat er geen herhalingen (cellen) voor deze factoren zijn.

Vraag 2 is beantwoord met behulp van multiple regressie. Dit model zag er als volgt uit:

$$\ln(Y) = \text{constant} + \beta_1 (\text{ds-gehalte}) + \beta_2 (\text{ammonium-N}) + \beta_3 (\text{pH}) + \beta_4 (\text{meetbox_debiet}) + \varepsilon_{\text{error}} \quad (3)$$

Waarin: Y is de ammoniakemissie; aangezien de ammoniakemissie niet normaal verdeeld was, is deze op log-schaal geanalyseerd (mg/(m² uur));

Ds-gehalte is het drogestofgehalte van het strooisel (g/kg);

Ammonium-N is het ammoniumstikstofgehalte van het strooisel (g/kg);

pH is de zuurgraad van het strooisel;

Meetbox_debiet is het ventilatiedebiet in de meetbox over het emitterend oppervlak (m³/uur).

Alle analyses zijn uitgevoerd met het statistische pakket Genstat™ Release 16.

3 Resultaten

3.1 Voeranalyses

Tabel 5

Resultaten chemische analyses startvoerders (verstrekkingperiode: 0 -10 dagen)

Analyse	Eenheid	Berekend	8 g/kg	9 g/kg	10 g/kg	11 g/kg
Droge stof	g/kg	884	881	884	884	884
Ruw as (550°C)	g/kg	59	62	62	63	65
Ruw eiwit	g/kg	220	218	216	224	223
Ruw vet	g/kg	61	61	61	61	61
Ruwe celstof	g/kg	27	26	26	26	26
Calcium	g/kg	8,8	9,8	9,7	10,5	10,1
Fosfor	g/kg	6,5	7,0	7,0	6,9	7,0
Natrium	g/kg	1,5	2,0	2,0	2,3	2,1
Chloor	g/kg	2,0	2,4	2,6	2,3	2,4
Kalium	g/kg		8,8	10,0	10,8	12,0

Uit tabel 5 valt af te leiden dat de beoogde contrasten in het kaliumgehalte van startvoerders wel aanwezig waren, maar dat de absolute waarden hoger waren dan berekend. Het kaliumgehalte varieerde van 8,8 gram tot 12 gram per kilogram, terwijl 8 – 11 g/kg K beoogd was. Uit tabel 5 blijkt verder dat de vier startvoerders goed vergelijkbaar met elkaar zijn. Wel is het calcium- en het natriumgehalte hoger dan berekend.

De kaliumgehalten van de groei-/eindvoerders liggen dicht bij de berekende gehalten, maar ook deze waren iets hoger dan berekend (Tabel 6). Ook bij de groei-/eindvoerders waren de calcium- en natriumgehalten iets hoger dan berekend, desalniettemin waren de groei-/eindvoerders goed vergelijkbaar met elkaar.

De verschillen tussen de berekende en geanalyseerde kaliumgehalten worden hoogst waarschijnlijk veroorzaakt door een hoger kaliumgehalte van de gebruikte sojaschroot t.o.v. het CVB tabellenboek. Geen van de gebruikte grondstoffen waren vooraf geanalyseerd.

In het vervolg van dit rapport zal voor de verschillende kaliumbehandelingen steeds de beoogde kaliumgehalten worden aangegeven.

Tabel 6

Resultaten chemische analyses groei-/eindvoerders (verstrekkingperiode: 11 -35 dagen)

Analyse	Eenheid	Berekend	8 g/kg	9 g/kg	10 g/kg	11 g/kg
Droge stof	g/kg	881	878	880	881	881
Ruw as (550°C)	g/kg	51	58	67	60	59
Ruw eiwit	g/kg	204	208	206	209	204
Ruw vet	g/kg	86	90	87	88	87
Ruwe celstof	g/kg	27	27	27	27	28
Calcium	g/kg	7,0	7,4	7,7	7,7	7,9
Fosfor	g/kg	5,5	5,6	5,3	5,5	5,4
Natrium	g/kg	1,3	1,7	1,7	1,7	1,7
Chloor	g/kg	1,8	2,1	2,1	2,3	2,3
Kalium	g/kg		8,7	9,2	10,5	11,4

3.2 Strooiselkenmerken

In tabel 7 en 8 worden de strooiselkenmerken tijdens ronde 1 en 2 weergegeven. Hieruit blijkt dat het drogestofgehalte (ds-gehalte) van het strooisel in het algemeen afneemt bij een toename van het kaliumgehalte van het voer. Het ds-gehalte was in ronde 1 lager bij een RV van 75% vergeleken met een RV van 50%. In ronde 2 werd geen effect van het ventilatiedebiet op het ds-gehalte van het strooisel gevonden. Het ammoniumgehalte van het strooisel nam in ronde 1 af bij hogere kaliumgehalten in het voer; in ronde 2 werd dit effect echter niet gevonden. De pH van het strooisel werd niet beïnvloed door het kaliumgehalte en er lijkt ook geen effect van de RV of van het ventilatiedebiet te zijn op de pH van het strooisel. Opvallend is wel het grote verschil in pH tussen ronde 1 en ronde 2. De rulheid van het strooisel is sterk gerelateerd aan het ds-gehalte van het strooisel (correlatiecoëfficiënt = 0,69) en werd op een vergelijkbare wijze beïnvloed door het kaliumgehalte: afname van de rulheid van het strooisel bij toenemend kaliumgehalte. De D100, dit is de dichtheid van het strooisel bij een druk van 100 kg, werd bij een RV van 50% significant verhoogd bij de hogere kaliumgehalten, zowel in ronde 1 als ronde 2. Bij een RV van 75% (ronde 1) was er geen significante (maar wel een numerieke) toename van de D100 bij de hogere kaliumgehalten. De strooiseltemperatuur nam significant af bij hogere kaliumgehalten in het voer. De strooiseltemperatuur is gerelateerd aan het ds-gehalte van het strooisel (Figuur 4): de strooiseltemperatuur neemt af bij een afname van het ds-gehalte van het strooisel.

Tabel 7
Strooiselkenmerken in ronde 1.

Kenmerk	RV (%)	8 g/kg	9 g/kg	10 g/kg	11 g/kg
Drogestofgehalte, g/kg	50	418 ^a	463 ^a	324 ^b	326 ^b
	75	353 ^a	308 ^{ab}	314 ^{ab}	274 ^b
Ammonium-N, g/kg	50	3,81 ^a	4,05 ^a	2,72 ^b	2,31 ^b
	75	3,71 ^a	3,02 ^{ab}	2,79 ^b	2,48 ^b
pH	50	8,22 ^a	8,66 ^a	8,34 ^a	8,30 ^a
	75	8,08 ^a	8,26 ^a	8,38 ^a	8,41 ^a
Rulheid	50	4,70 ^a	6,70 ^b	1,20 ^c	1,20 ^c
	75	2,62 ^a	1,13 ^b	1,13 ^b	1,13 ^b
D100	50	0,64 ^a	0,62 ^a	0,82 ^b	0,81 ^b
	75	0,78 ^a	0,84 ^a	0,84 ^a	0,91 ^a

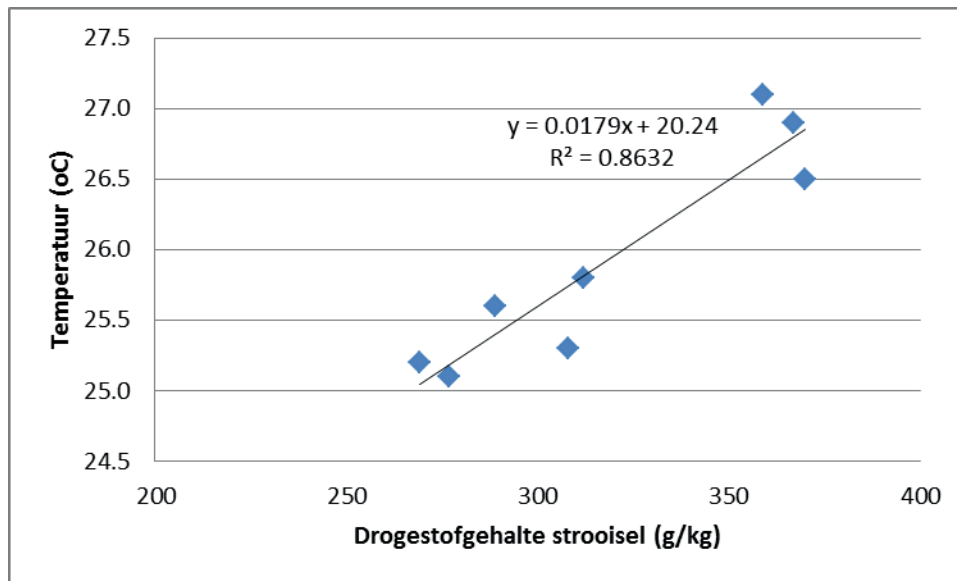
^{a,b,c} getallen in een rij die geen gelijke letter hebben in het superscript zijn significant verschillend (P<0,05)

Tabel 8
Strooiselkenmerken in ronde 2.

Kenmerk	Debiet (m ³ /uur)	8 g/kg	9 g/kg	10 g/kg	11 g/kg
Drogestofgehalte, g/kg ¹⁾	1	370 ^a	312 ^b	289 ^{bc}	269 ^c
	2	367 ^a	359 ^a	308 ^b	277 ^c
Ammonium-N, g/kg ¹⁾	1	3,16 ^a	2,64 ^a	2,78 ^a	3,12 ^a
	2	3,43 ^a	3,97 ^a	3,15 ^a	3,44 ^a
pH ¹⁾	1	6,53 ^a	5,42 ^a	5,92 ^a	6,31 ^a
	2	6,21 ^a	6,75 ^a	6,27 ^a	5,94 ^a
Rulheid	1	7,00 ^a	3,08 ^b	2,83 ^b	2,50 ^b
	2	5,00 ^{ab}	5,92 ^b	4,25 ^{ab}	2,58 ^c
D100 ¹⁾	1	0,86 ^a	0,95 ^b	1,00 ^b	0,99 ^b
	2	0,90 ^a	0,86 ^a	0,98 ^b	1,01 ^b
Temperatuur, °C	1	26,5 ^a	25,8 ^{ab}	25,6 ^b	25,2 ^b
	2	26,9 ^a	27,1 ^a	25,3 ^b	25,1 ^b

^{a,b,c} getallen in een rij die geen gelijke letter hebben in het superscript zijn significant verschillend (P<0,05)

¹⁾Deze getallen zijn gebaseerd op de meetweken 4 en 5; in week 3 missen de meetgegevens.



Figuur 4 Relatie drogestofgehalte strooisel en strooiseltemperatuur

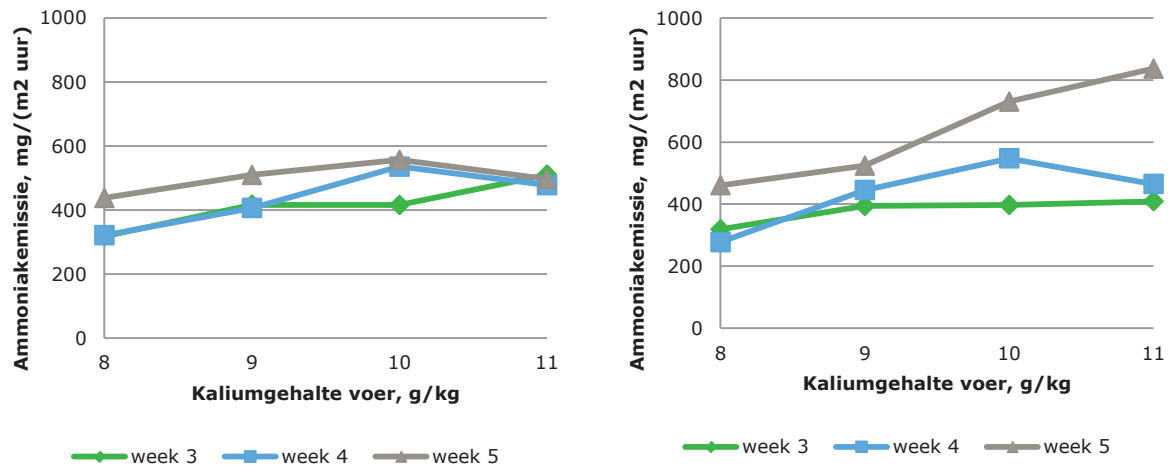
3.3 Ammoniakemissie

In figuren 5 en 6 wordt het effect van het kaliumgehalte van het voer op de ammoniakemissie gegeven in respectievelijk ronde 1 en 2 in de beide klimaatcellen. In ronde 1 nam de ammoniakemissie in het algemeen toe bij een toenemend kaliumgehalte van het voer. Alleen tussen de hoogste kaliumniveaus (10 en 11 g/kg) was de toename gering of niet aanwezig, behalve in week 5 bij een RV van 75%. Daar nam de emissie ook toe bij een toename van het kaliumgehalte van 10 tot 11 g/kg. Tijdens ronde 2 werd in week 3 en 4 vrijwel geen toename waargenomen bij een toenemend kaliumgehalte van het voer. Deze toename was wel zichtbaar voor week 5, vooral tussen 10 en 11 g/kg kalium in het voer.

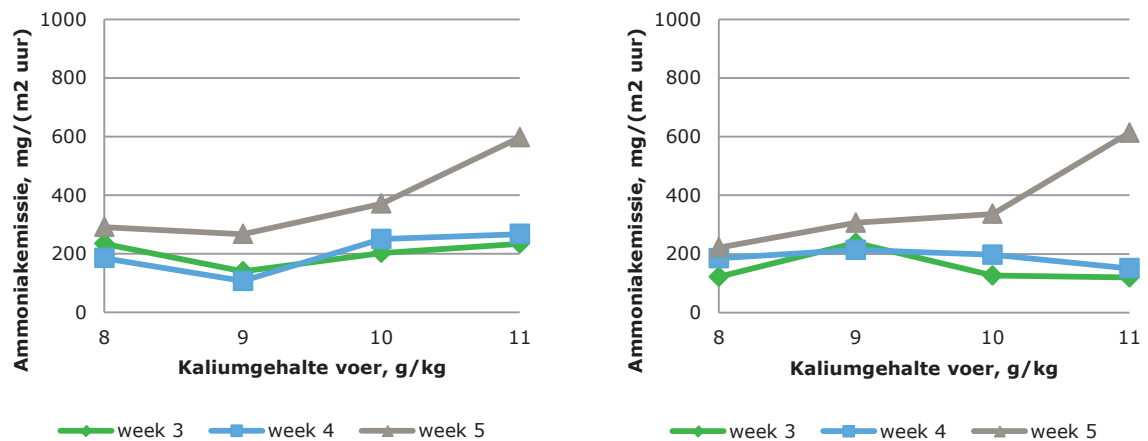
De statistische analyse met model 2 (par. 2.3.2) liet voor ronde 1 alleen een significant effect zien van weeknummer ($P < 0,01$). Wanneer kaliumgehalte als lineair effect werd opgenomen in plaats van als factor dan was deze wel significant ($P < 0,05$). Vervolgens is een analyse uitgevoerd waarbij alle niet-significante interactietermen uit het model zijn gelaten. Het model zag er dan als volgt uit:

$$\ln(\text{emissie}) = \text{constant} + RV + \beta(\text{kalium} - 9.5) + \varepsilon_{\text{hok.cel}} + \text{week} + \varepsilon_{\text{error}} \quad (4)$$

Hierin is '9,5' het gemiddelde van de kaliumniveaus. Deze analyse resulteerde in de schatting $\beta = 0,143$ ($se = 0,049$) voor de coëfficiënt van het lineaire effect van kaliumgehalte voor ronde 1. Dit betekent dat de ammoniakemissie met ca. 14% toe- of afnam bij een verandering in het kaliumgehalte van 1 g/kg. Het verschil in ammoniakemissie tussen 50% en 75% RV was gering, ca. 4% hoger bij een RV van 75%. De ammoniakemissie was vooral in de laatste week hoger, ca. 30% dan in week 3 ($P < 0,05$), terwijl in week 4 de ammoniakemissie ca. 5% hoger was dan in week 3 (n.s.).



Figuur 5 Ammoniakemissie vanaf het strooisel in relatie tot het kaliumgehalte van het voer bij 50% (links) en 75% (rechts) relatieve luchtvochtigheid (RV).



Figuur 6 Ammoniakemissie vanaf het strooisel in relatie tot het kaliumgehalte van het voer bij een ventilatiedebiet in de klimaatcel van 1 (links) en 2 m³/ur (rechts) per kg lichaamsgewicht.

Voor ronde 2 waren er alleen significante effecten van weeknummer en ventilatiedebiet van de meetbox ($P < 0,001$). Wanneer kaliumgehalte als lineair effect werd opgenomen dan was deze wel significant ($P < 0,05$). Vervolgens is een analyse uitgevoerd waarbij alle niet-significante interactietermen uit het model zijn gelaten. Het model zag er dan als volgt uit:

$$\ln(\text{emissie}) = \text{constant} + \text{debiet}_{\text{cel}} + \beta(\text{kalium} - 9.5) + \varepsilon_{\text{hok.cel}} + \text{week} + \text{kalium.week} + \text{debiet}_{\text{box}} + \varepsilon_{\text{error}} \quad (5)$$

Bij deze analyse werd een significante interactie gevonden voor het lineaire effect van kalium en weeknummer. De schattingen voor de hellingen van het lineaire verloop van $\ln(\text{ammoniakemissie})$ met kaliumgehalte voor week 3, 4 en 5 bedroegen respectievelijk -0,031, 0,001 en 0,300 (s.e.d.=0,112). De regressiecoëfficiënten voor week 3 en 4 waren niet significant verschillend van 0. Dit was wel het geval voor de regressiecoëfficiënt in week 5 ($P < 0,05$). In week 5 nam de ammoniakemissie met ca. 30% toe bij een verhoging van het kaliumgehalte van het voer met 1 g/kg. Het ventilatiedebiet van de cel (1 of 2 m³/ur per kg lichaamsgewicht) had geen effect op de ammoniakemissie. De ammoniakemissie was in week 5 ca. 60% hoger dan in week 3 en 4. Tussen weken 3 en 4 werd geen verschil in emissie aangetoond. Het ventilatiedebiet van de meetbox had een significant effect op de ammoniakemissie

($P < 0,001$). De ammoniakemissie was ca. 29% hoger bij een debiet over de box van ca. 40 m³/uur ten opzichte van een debiet van ca. 20 m³/uur.

Wanneer figuren 5 en 6 met elkaar worden vergeleken valt het op dat de ammoniakemissie in ronde 1 beduidend hoger was dan in ronde 2. De gemiddelde ammoniakemissie in ronde 1 en 2 was respectievelijk 463 en 250 mg/(m² uur).

De multiple-regressie analyse (model 3, par. 2.3.2) liet significante effecten zien van het drogestof- en het ammoniumstikstofgehalte van het strooisel en de pH van het strooisel op de natuurlijke logaritme van de ammoniakemissie. Er werd een indicatie gevonden voor een effect van het ventilatiedebiet in de meetbox. In tabel 9 worden de schattingen van de constante en de regressiecoëfficiënten gegeven.

Tabel 9

Schattingen van de constante en de regressiecoëfficiënten (β 's) in het multiple regressiemodel.

Parameter	β	s.e.	P
Constante	2,96	0,474	<,001
Droge stof	-0,00303	0,000771	<,001
Ammonium N	0,152	0,0507	0,004
pH	0,411	0,0458	<,001
Debiet meetbox	0,0133	0,00694	0,059

Met dit multiple regressiemodel kon 53% van de variatie in $\ln(\text{ammoniakemissie})$ worden verklaard. Uit de analyse blijkt dat de ammoniakemissie met ca. 3% afnam bij elke 10 g/kg verhoging van het ds-gehalte van het strooisel (gemeten range: 251 – 598 g/kg). Voor het ammonium-N gehalte van het strooisel nam de ammoniakemissie met ca. 15% toe bij elke 1 g/kg verhoging van het ammonium-N gehalte (gemeten range: 1,56 – 5,73 g/kg). Het effect van de pH was zeer sterk significant en de ammoniakemissie nam met ca. 41% toe bij een verhoging van de pH met 1 eenheid (gemeten range: 5,28 – 9,01 g/kg). Bij een verhoging van het ventilatiedebiet in de meetbox met 1 m³/uur nam de ammoniakemissie toe met ca. 1,3% (gemeten range: 13,1 – 47,2 m³/uur). Hierbij moet vermeld worden dat het ds-gehalte, het ammoniumgehalte en de pH van het strooisel enigszins gecorreleerd zijn aan elkaar, waardoor de afzonderlijke effecten niet heel nauwkeurig te bepalen zijn. De correlatiecoëfficiënten van ds-gehalte met ammoniumgehalte en pH waren respectievelijk 0,30 en 0,39 en de correlatiecoëfficiënt van ammoniumgehalte met pH was 0,54. Wanneer het ds-gehalte als enige variabele in het model opgenomen zou worden dan was de regressiecoëfficiënt niet meer verschillend van nul. Dit was wel het geval voor ammonium-N gehalte en pH van het strooisel. Het effect van de pH van het strooisel was sterk verstrengeld met het ronde-effect. Daarom is het niet met zekerheid te zeggen of het geschatte pH effect alleen een pH effect is of dat het ook het gevolg is van andere verschillen tussen beide ronden.

3.4 Productieresultaten

In deze paragraaf worden de productieresultaten over de gehele proefperiode (0 – 35 dagen) beschreven van zowel de eerste als tweede ronde. In bijlage 7 staan de behaalde productieresultaten vermeld van de afzonderlijke voerfasen (startfase: 0 – 10 dagen en groei-/afmestfase: 11 – 35 dagen) van beide ronden. Alle resultaten zijn getoetst op significante effecten van het kaliumgehalte van het voer. Het effect van RV in ronde 1 en het effect van ventilatiedebiet in ronde 2 kon niet worden getoetst, aangezien de niveaus van deze factoren slechts één maal zijn getest (geen herhalingen).

Tabel 10

Productieresultaten in de periode 0 – 35 dagen in ronde 1.

Kenmerk	RV	8 g/kg	9 g/kg	10 g/kg	11 g/kg
Begingewicht (g)	50	48,4 ^a	47,4 ^a	47,3 ^a	48,0 ^a
	75	47,4 ^a	48,5 ^a	47,7 ^a	47,3 ^a
Eindgewicht (g)	50	2196 ^a	2293 ^a	1793 ^b	1803 ^b
	75	1939 ^a	1724 ^b	1731 ^b	1621 ^b
Groei (g)	50	2147 ^a	2245 ^a	1745 ^b	1755 ^b
	75	1892 ^a	1675 ^b	1683 ^b	1573 ^b
Groei (g/d per dier)	50	61,4 ^a	64,1 ^a	49,9 ^b	50,1 ^b
	75	54,0 ^a	47,9 ^b	48,1 ^b	45,0 ^b
Uitval (%)	50	2,0 ^a	8,1 ^a	0,0 ^a	6,2 ^a
	75	4,0 ^a	8,1 ^a	4,0 ^a	6,2 ^a
Voerconversie	50	1,492 ^a	1,449 ^a	1,632 ^b	1,632 ^b
	75	1,583 ^a	1,625 ^a	1,647 ^a	1,608 ^a
Voer (g)	50	3200 ^a	3252 ^a	2848 ^b	2863 ^b
	75	2995 ^a	2721 ^b	2768 ^b	2529 ^c
Water (ml)	50	6518 ^a	6522 ^a	6602 ^a	6926 ^a
	75	5734 ^a	5607 ^a	5761 ^a	5772 ^a
Water/Voer	50	2,04 ^a	2,01 ^a	2,32 ^b	2,42 ^b
	75	1,91 ^a	2,06 ^{ab}	2,08 ^{ab}	2,28 ^b
Productiegetal	50	403 ^a	407 ^a	306 ^b	288 ^b
	75	328 ^a	271 ^b	281 ^b	262 ^b

^{a,b,c} getallen in een rij die geen gelijke letter hebben in het superscript zijn significant verschillend (P<0,05)

Tabel 11

Productieresultaten in de periode 0 – 35 dagen in ronde 2.

Kenmerk	Debiet (m ³ /uur)	8 g/kg	9 g/kg	10 g/kg	11 g/kg
Begingewicht (g)	1	43,1 ^a	43,7 ^a	43,1 ^a	43,7 ^a
	2	42,6 ^a	44,4 ^a	43,2 ^a	43,4 ^a
Eindgewicht (g)	1	2416 ^a	2222 ^a	2293 ^a	2161 ^a
	2	2326 ^a	2500 ^a	2186 ^{ab}	1902 ^b
Groei (g)	1	2373 ^a	2178 ^a	2250 ^a	2117 ^a
	2	2284 ^a	2456 ^a	2143 ^{ab}	1859 ^b
Groei (g/d per dier)	1	67,8 ^a	62,2 ^a	64,3 ^a	60,5 ^a
	2	65,2 ^a	70,2 ^a	61,2 ^{ab}	53,1 ^b
Uitval (%)	1	6,0 ^a	0,0 ^a	8,4 ^a	6,1 ^a
	2	4,0 ^a	6,2 ^a	10,0 ^a	4,1 ^a
Voerconversie	1	1,492 ^a	1,536 ^a	1,524 ^a	1,570 ^a
	2	1,515 ^a	1,435 ^a	1,576 ^a	1,622 ^a
Voer (g)	1	3535 ^a	3347 ^a	3419 ^a	3321 ^a
	2	3458 ^a	3526 ^a	3363 ^a	3013 ^b
Water (ml)	1	6327 ^a	6358 ^a	6617 ^a	6663 ^a
	2	6279 ^a	6722 ^a	6542 ^a	6221 ^a
Water/Voer	1	1,79 ^a	1,90 ^{ab}	1,94 ^{ab}	2,01 ^b
	2	1,82 ^a	1,91 ^a	1,95 ^{ab}	2,07 ^b
Productiegetal	1	428 ^a	405 ^{ab}	385 ^{ab}	362 ^b
	2	414 ^a	458 ^a	349 ^b	314 ^b

^{a,b,c} getallen in een rij die geen gelijke letter hebben in het superscript zijn significant verschillend (P<0,05)

Uit tabel 10, waarin de productieresultaten van ronde 1 zijn weergegeven, blijkt dat het begingewicht van de verschillende behandelingsgroepen vergelijkbaar was. Het eindgewicht en de groei waren significant lager in de groepen met de hogere kaliumgehalten. Bij 50% RV trad de daling in groei op bij een kaliumgehalte van 10 g/kg en hoger, terwijl deze daling in groei bij 75% RV al optrad bij een kaliumgehalte van 9 g/kg. De eindgewichten en groei waren bij een RV van 50% duidelijk hoger dan die bij een RV van 75%. Gemiddeld lag het eindgewicht bij 50% RV 13,2% hoger dan bij 75% RV. Het kaliumgehalte in het voer had geen effect op het uitvalspercentage. Ook de RV lijkt geen invloed te hebben op het uitvalspercentage. De voerconversie laat hetzelfde beeld zien bij 50% RV; de voerconversie verslechterde bij een kaliumgehalte van 10 g/kg en hoger. Bij 75% RV was er geen effect van het kaliumgehalte op de voerconversie, wel was de gemiddelde voerconversie bij 75% RV 4,2% slechter dan die bij 50% RV. De voeropname laat dezelfde tendens zien als de groei, lagere voeropnames bij hogere kaliumgehalten. Bij 50% RV trad een daling van de voeropname op bij een kaliumgehalte van 10 g/kg en hoger. Bij een RV van 75% was de voeropname bij een kaliumgehalte van 8 g/kg al beduidend lager dan bij 50% RV met hetzelfde kaliumgehalte van het voer. De voeropname werd echter nog lager bij hogere kaliumgehalten van het voer. Het waterverbruik werd niet significant beïnvloed door het kaliumgehalte van het voer. Wel lijkt er een duidelijk effect te zijn van de RV op het waterverbruik. Gemiddeld was het waterverbruik bij een RV van 75% 14% lager dan bij een RV van 50%. De water/voer verhouding nam significant toe bij een hoger kaliumgehalte van het voer. De water/voer verhouding was gemiddeld hoger bij 50% RV ten opzichte van 75% RV (2,20 vs. 2,08 L/kg). Het productiegetal, een maat voor het behaalde technische resultaat, werd significant beïnvloed door het kaliumgehalte. Bij 50% RV nam het productiegetal af bij een kaliumgehalte van het voer van 10 g/kg en hoger. Bij 75% RV was het productiegetal al verlaagd bij een kaliumgehalte van 8 g/kg; bij de gehalten 9 – 11 g/kg was het productiegetal nog verder verlaagd. De RV van de stallucht lijkt invloed te hebben op het productiegetal; bij 75% RV bedroeg het gemiddelde productiegetal 286, terwijl deze bij 50% RV 351 bedroeg.

In tabel 11 worden de productieresultaten weergegeven van ronde 2. In deze ronde was de RV in beide klimaatcellen gelijk (ca. 50%), maar was er een verschil in ventilatiedebiet tussen beide cellen (namelijk 1,0 en 2,0 m³ lucht per kg levend gewicht van de vleeskuikens). Uit deze tabel blijkt dat de begingewichten vergelijkbaar waren voor de verschillende behandelingen. De eindgewichten lijken af te nemen bij een toenemend kaliumgehalte van het voer, echter alleen bij het hoogste kaliumniveau en bij 2,0 m³/uur ventilatie was dit verschil significant. Hetzelfde geldt voor de totale en de dagelijkse groei. Er was geen verschil in uitvalspercentage tussen de verschillende behandelingen. De voerconversie lijkt te verslechteren bij hogere kaliumgehalten. Het effect van kaliumgehalte was echter niet significant. De voeropname lijkt te dalen met een toenemend kaliumgehalte van het voer. Echter alleen het hoogste kaliumniveau bij 2,0 m³/uur ventilatie liet een significant verlaagde voeropname zien. Het totale waterverbruik werd niet beïnvloed door het kaliumgehalte. De water/voerverhouding daarentegen nam toe bij een toenemend kaliumgehalte. Het productiegetal was lager bij de hogere kaliumgehalten van het voer: bij het laagste ventilatiedebiet verschilde het productiegetal significant tussen het hoogste en laagste kaliumgehalte, terwijl bij het hoogste ventilatiedebiet het productiegetal bij de twee hoogste kaliumgehalten significant verschilde van de twee laagste.

Uit de resultaten per voerfase (0 – 10 dagen en 11 – 35 dagen) in bijlage 3 blijkt dat de verschillen in productieresultaten tussen de verschillende behandelingen (kaliumgehalte en RV in ronde 1 en kaliumgehalte en ventilatiedebiet ronde 2) nog niet tot uiting kwamen tijdens de eerste 10 dagen van de groeiperiode. Tijdens deze eerste fase van de groeiperiode werden geen verschillen gevonden in groei en voer- en waterverbruik.

3.5 Hakdermatitis en voetzoollaesies

In tabel 12 worden de gemiddelde scores gegeven voor hakdermatitis en voetzoollaesies. In zijn algemeenheid kan gesteld worden dat de incidentie voor zowel hakdermatitis als voetzoollaesies in dit onderzoek hoog waren. Uit tabel 12 blijkt dat in ronde 1 bij 50% RV zowel hakdermatitis als voetzoollaesies significant toenamen bij kaliumgehalten van 10 g/kg en hoger. Bij 75% RV waren beide scores al vrijwel maximaal bij een kaliumgehalte van 8 g/kg, er waren dan ook geen significante verschillen in scores tussen de kaliumgehalten bij 75% RV. In ronde 2 nam hakdermatitis toe vanaf 9 g/kg kalium in het voer bij 1 m³/uur ventilatie en vanaf 10 g/kg bij 2 m³/uur ventilatie. Bij voetzoollaesies zien we dezelfde tendens, hoewel de verschillen niet significant waren.

Tabel 12

Scores¹⁾ voor hakdermatitis en voetzoollaesies tijdens ronde 1 en 2 bij verschillende instellingen voor RV en verschillende kaliumgehalten van het voer.

Kenmerk	RV (%)	Debiet (m ³ /uur)	8 g/kg	9 g/kg	10 g/kg	11 g/kg
Hakdermatitis, ronde 1	50	1	85 ^a	86 ^a	173 ^b	176 ^b
	75	1	189 ^a	193 ^a	194 ^a	188 ^a
Hakdermatitis, ronde 2	50	1	98 ^a	178 ^{bc}	145 ^b	196 ^c
	50	2	95 ^a	116 ^{ab}	147 ^b	194 ^b
Voetzoollaesies, ronde 1	50	1	144 ^a	139 ^a	200 ^b	200 ^b
	75	1	194 ^a	200 ^a	197 ^a	197 ^a
Voetzoollaesies, ronde 2	50	1	129 ^a	197 ^a	189 ^a	197 ^a
	50	2	156 ^a	156 ^a	200 ^a	200 ^a

¹⁾ Hoe de scores zijn berekend wordt weergegeven in par. 2.3.1

^{a,b,c} getallen in een rij die geen gelijke letter hebben in het superscript zijn significant verschillend (P<0,05)

4 Discussie

In dit onderzoek naar het effect van kaliumgehalte van het voer en klimaatinstellingen (RV en ventilatiedebiet) blijkt dat het ds-gehalte van het strooisel over de hele linie gezien zeer laag was, lager dan normaal gesproken in de praktijk wordt gevonden. Hiervoor zijn een aantal oorzaken aan te wijzen:

- Het kaliumgehalte van het voer ligt in de praktijk dicht bij de laagste waarde die in dit onderzoek is toegepast. Hogere kaliumgehalten geven een lager ds-gehalte van de mest en van het strooisel, zoals blijkt uit dit onderzoek.
- Er werd steeds op het minimum niveau geventileerd.
- De vloer waarop het strooisel lag was gecoat, waardoor het water niet kon doordringen in de vloer, zoals wel het geval is bij de betonvloeren in de praktijk.

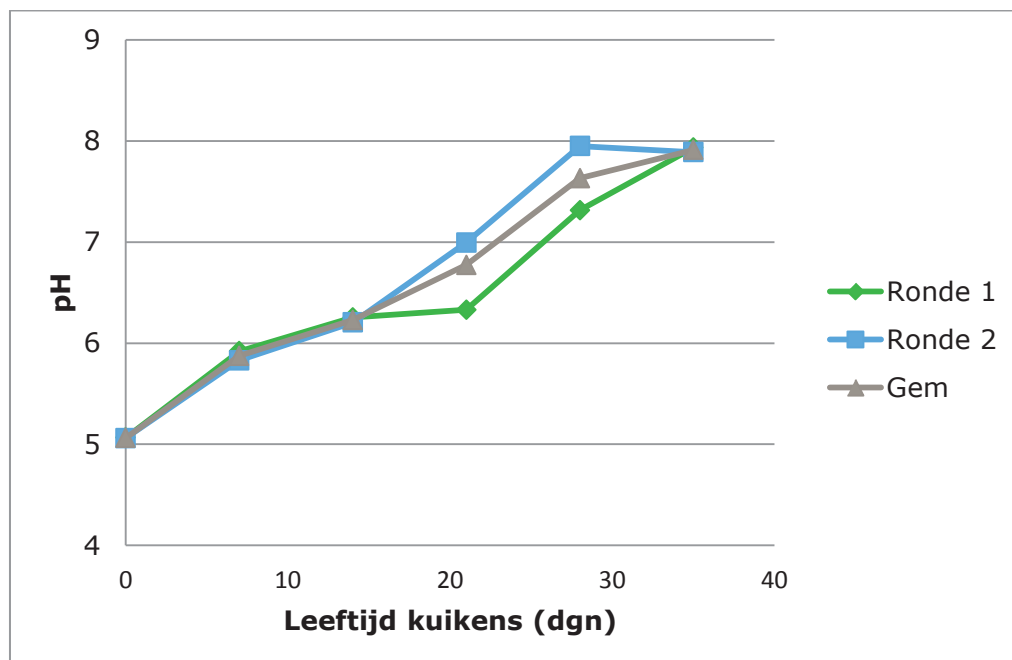
Het lage ds-gehalte van het strooisel en daarmee de zeer slechte strooiselkwaliteit is de reden geweest dat het oorspronkelijke proefplan na de eerste ronde is gewijzigd. In de tweede ronde is de behandeling met de hoge RV geschrapt en vervangen door een behandeling met een verhoogd ventilatiedebiet in de klimaatcel. Daarnaast is in de tweede ronde gebruik gemaakt van een ander drinkstelsel. Bij dit drinkstelsel was het mogelijk d.m.v. een drukregelaar de waterdruk op de drinklijn te regelen. Hierdoor kon de waterafgifte van de nippels beter worden geregeld. Het gebruikte drinkstelsel in de eerste ronde had geen drukregelaar. Hierdoor was het niet mogelijk de waterdruk en dus de waterafgifte van de drinknippels te regelen. Dit leidde, zeker bij jonge kuikens, tot vermorsing van drinkwater en nat strooisel.

Dit onderzoek heeft echter wel verschillende inzichten opgeleverd. Een belangrijk inzicht is dat de ammoniakemissie negatief gecorreleerd is met het ds-gehalte van het strooisel, d.w.z. dat de ammoniakemissie met het droger worden van strooisel afneemt. In de interne notitie van Aarnink en Van Harn (2014) werd een positieve relatie gevonden tussen het verdampingspotentieel en de ammoniakemissie. Het verdampingspotentieel bepaald in belangrijke mate het ds-gehalte van het strooisel. In voornoemd onderzoek werd een positieve relatie gevonden tussen het ds-gehalte van het strooisel en de ammoniakemissie, hoewel dit effect niet significant was. Dit valt te verklaren door het feit dat het verdampingspotentieel zeer sterk gerelateerd is aan het ventilatiedebiet. Een hoger ventilatiedebiet zorgt voor een hogere luchtsnelheid over het emitterend oppervlak en daarmee voor een hogere ammoniakemissie. Dit effect is blijkbaar groter dan het negatieve effect van ds-gehalte. In dit onderzoek was het ventilatiedebiet hetzelfde voor de verschillende kaliumbehandelingen, daarom kon het effect van ds-gehalte van het strooisel onafhankelijk worden bepaald van het effect van ventilatiedebiet. Door twee verschillende ventilatiedebieten toe te passen in de meetbox kon het effect van een hoger ventilatiedebiet worden geschat zonder verstrengeling met het drogeffect op het strooisel.

Vornoemd inzicht biedt nieuwe perspectieven voor ammoniakreductie. Dit kan worden bewerkstelligd door het ds-gehalte van het strooisel te verhogen via voermaatregelen. Dit onderzoek laat zien dat het kaliumgehalte een sterk effect heeft op het ds-gehalte en daarmee op de kwaliteit van het strooisel, waaronder de ruiheid van het strooisel. Het effect van kaliumgehalte op het ds-gehalte van de uitgescheiden mest werd eerder aangetoond door Smith et al. (2000). De strooiselkwaliteit heeft niet alleen invloed op de ammoniakemissie, maar tevens op de productieresultaten van de vleeskuikens. In dit onderzoek is aangetoond dat het kaliumgehalte van het voer een significant negatief effect had op de groei en de voerconversie van de vleeskuikens. Bij een hoger kaliumgehalte nam de water/voer verhouding significant toe. Dit betekent automatisch dat de wateruitscheiding via de excreta moet zijn verhoogd bij hogere kaliumgehalten, wat uiteindelijk de oorzaak was van de slechtere strooiselkwaliteit.

Het ammoniumgehalte en de pH van het strooisel blijken de ammoniakemissie ook belangrijk te beïnvloeden. Deze parameters kunnen ook via de voersamenstelling worden beïnvloed (Harn et al., 2012). Het ammoniumgehalte kan worden verlaagd door het eiwitgehalte te verlagen onder toevoeging van limiterende essentiële aminozuren. De pH van de mest kan worden verlaagd door de elektrolytenbalans (Na+K-Cl) te verlagen of door verzurende zouten toe te voegen aan het voer zoals benzoëzuur, calciumsulfaat of calciumchloride.

Het is opmerkelijk dat de pH van het strooisel nogal verschilde tussen de beide ronden. In de eerste ronde was de pH gemiddeld 8,3, terwijl de pH in de tweede ronde gemiddeld 6,2 was. Het is niet bekend waardoor dit grote verschil in pH werd veroorzaakt. Het enige verschil tussen beide ronden was het kuiken, zowel herkomst als de leeftijd van het moederdier van het kuiken waren verschillend, maar het is niet aannemelijk dat dit het grote pH verschil tussen beide ronden verklaart. Eerder onderzoek van Wageningen UR Livestock Research liet een verloop van de pH zien van 5 (schoon strooisel bij opzet van de kuikens) naar circa 8 (op 35 dagen leeftijd) – zie figuur 7. In de periode van 21 tot 35 dagen bedroeg in deze eerdere studie de gemiddelde pH 7,4. Deze pH ligt precies tussen de gevonden pH's van de eerste en tweede ronde.



Figuur 7 Verloop pH eerdere studie Wageningen UR Livestock Research (Pers. mededeling, van Harn)

In zijn algemeenheid kan gesteld worden dat de incidentie voor zowel hakdermatitis als voetzoollaesies in dit onderzoek erg hoog waren. Onderzoek van De Jong e.a. (2011) toonde aan dat 38,4 procent van de regulier gehouden vleeskuikens in Nederland ernstige voetzoollaesies vertoonden. Sinds 1 januari 2013 is, in het kader van het Vleeskuikenbesluit, Nederland gestart met een monitoringsprogramma voor voetzoollaesies: de gemiddelde voetzoollaesiescore over de eerste 11 maanden van 2013 bedroeg 70. In dit onderzoek was de gemiddelde voetzoollaesiesscore 181 (ronde 1: 184; ronde 2: 178). De hoge voetzoollaesiesscore is toe te schrijven aan de slechte strooiselkwaliteit. Het is immers bekend dat een slechte strooiselkwaliteit (nat en plakkerig strooisel) de belangrijkste oorzaak is van het ontstaan van voetzoollaesies (Shepherd e.a., 2010).

Enting (2009) geeft aan dat een verhoogd kaliumgehalte in het voer leidt tot een verhoogde water/voer verhouding en een vermindering van de strooiselkwaliteit. Dit komt overeen met de in dit onderzoek gevonden resultaten. De slechte strooiselkwaliteit, vooral bij de kuikens die voeders ontvingen met de

hogere kaliumgehalten, was hoogstwaarschijnlijk ook de oorzaak van de slechtere productieresultaten (lager productiegetal, m.n. de lagere groei en slechtere voerconversie) bij deze groepen. Van Harn en de Jong (2013) vonden in hun studie, waarbij het strooisel stelselmatig nat werd gemaakt ook duidelijk verminderde productieresultaten (lagere groei, lager voer- en waterverbruik, slechtere voerconversie en lager productiegetal). Naast sterk verminderde productieresultaten vonden zij ook meer huidaandoeningen (meer borstirritaties, meer hakdermatitis en meer voetzoollaesies) en een verminderde locomotie bij de kuikens op het natte strooisel. Van Harn en de Jong wijten de verminderde productieresultaten aan de verminderde locomotie als gevolg van de ernst van voetzoollaesies. Bij ernstige voetzoollaesies wordt lopen pijnlijk. Het kuiken zal daarom minder vaak naar het voer en water lopen, met als gevolg verminderde productieresultaten.

Het is belangrijk om te onderzoeken of voorgaande inzichten ook gelden voor hogere ds-gehalten van het strooisel; ds-gehalten die meer vergelijkbaar zijn met de gehalten die worden gevonden in praktijkstallen. Daarnaast is het van belang om het inzicht in de afzonderlijke effecten van ds-gehalte van het strooisel en het ventilatiedebiet op stalniveau op de ammoniakemissie te vergroten. In praktijkstallen zijn deze twee altijd verstrengeld met elkaar. Door een slimme proefopzet, vergelijkbaar met de tweede ronde van dit onderzoek, kunnen deze twee effecten uit elkaar worden getrokken. Tenslotte zal het inzicht in de factoren die de pH van het strooisel beïnvloeden moeten worden vergroot. Uit dit onderzoek is een groot effect van de pH van het strooisel op de ammoniakemissie naar voren gekomen zonder dat we hebben kunnen achterhalen waardoor het grote verschil in pH tussen de eerste en tweede ronde is veroorzaakt.

5 Conclusies en aanbevelingen

Uit dit onderzoek kunnen de volgende conclusies worden getrokken:

- Een hoger kaliumgehalte van het voer geeft een hogere water/voer verhouding. Hierdoor neemt het drogestofgehalte en de rulheid van het strooisel af. Hiermee wordt tevens de ammoniakemissie verhoogd, neemt de ernst van hakdermatitis en voetzoollaesies toe en verslechteren de productieresultaten.
- Het ammoniumgehalte en de pH van het strooisel zijn ook belangrijke parameters die de ammoniakemissie uit het strooisel bepalen. De luchtsnelheid over het emitterend oppervlak lijkt ook van belang te zijn voor de ammoniakemissie. Bij verhoging van voorgaande drie parameters neemt de ammoniakemissie toe.

De volgende aanbevelingen worden gedaan:

- De metingen in dit onderzoek zijn uitgevoerd bij drogestofgehalten van het strooisel die lager waren dan gebruikelijk in vleeskuikenpraktijkstallen. Om deze reden is het belangrijk om te onderzoeken of de gevonden relaties en inzichten ook gelden voor hogere drogestofgehalten van het strooisel, dus bij drogestofgehalten die meer vergelijkbaar zijn met de gehalten die worden gevonden in praktijkstallen voor vleeskuikens.
- Het inzicht in de afzonderlijke effecten van drogestofgehalte van het strooisel en het ventilatiedebiet op stalniveau op de ammoniakemissie zal verder moeten worden onderzocht. In praktijkstallen zijn deze twee factoren altijd verstrengeld met elkaar. Door een slimme proefopzet, vergelijkbaar met de tweede ronde van dit onderzoek, kunnen deze twee effecten uit elkaar worden getrokken.
- Onderzocht moet worden welke factoren de pH van het strooisel beïnvloeden. Wanneer hier inzicht in wordt verkregen, kan dit leiden tot nieuwe opties voor ammoniakreductie.

Literatuur

- Aarnink, A.J.A. en J. van Harn (2012). Effect van buitenklimaatomstandigheden op de ammoniakemissie uit vleeskuikenstallen. Interne notitie.
- Boer, D. J. den, J. A. Reijneveld, J. J. Schröder en J. C. van Middelkoop (2012). Mestsamenstelling in Adviesbasis Bemesting Grasland en Voedergewassen. Commissie Bemesting Grasland en Voedergewassen Rapport 1.
- Enting, H. J. de Los Mozos, A.Gutiérrezdel Álamo and P.Pérezde Ayala (2009).Influence of minerals on litter moisture. In: Proceedings & Abstracts 17th European Symposium on Poultry Nutrition 23-27 August 2009, Edinburgh – Scotland.
- Genstat Release 16.1, VSN International, 5 The Waterhouse, Waterhouse Street, Hemel Hempstead, Hertfordshire HP1 1ES, UK.
- Groot Koerkamp, P. W. G. (1998). Ammonia emission from aviary housing systems for laying hens. PhD Thesis, Agricultural University, Wageningen, The Netherlands, 161 pp.
- Groot Koerkamp, P.W.G., Middelkoop, J.H. van en Evers, E. (2000). Ammoniakemissie vleeskuikenstallen toegenomen. Pluimveehouderij, jaargang 30, nr 21, pag. 10-11
- Harn, J. van, H.H. Ellen, T. Veldkamp, en A.J.A. Aarnink (2012). Effect van huisvestings- en managementmaatregelen op ammoniakemissie bij leghennen, vleeskuikens, kalkoenen en eenden. Rapport 560, Wageningen UR Livestock Research, Rapport 560, Lelystad.
- Harn, J. v., H. H. Ellen, T. Veldkamp, and A. J. A. Aarnink. 2012. Effect van huisvestings- en managementmaatregelen op ammoniakemissie bij leghennen, vleeskuikens, kalkoenen en eenden. Rapport 560, Wageningen UR Livestock Research, Rapport 560, Lelystad.
- Harn, J. van en I.C. de Jong (2013). Goed voor de portemonnee. Pluimveehouderij 43 (6). - p. 32 - 33.
- Jong, I.C. de, J. van Harn, H. Gunnink, V.A. Hindle en A. Lourens (2011). Ernst en voorkomen van voetzoollaesies bij reguliere vleeskuikens in Nederland (= Incidence and severity of foot pad lesions in regular Dutch broiler chickens). Wageningen UR Livestock Research Rapport 513) - 28 p.
- Jong, I.C. de, J. van Harn, H. Gunnink, V.A. Hindle en A. Lourens, A. (2012). Footpad dermatitis in Dutch broiler flocks: Prevalence and factors of influence. Poultry Science 91 . - p. 1569 – 1574
- Jong, I.C. de, H. Gunnink, and J. van Harn (2014). Wet litter not only induces footpad dermatitis but also reduces overall welfare, technical performance, and carcass yield in broiler chickens. Journal of Applied Poultry Research (in press).
- Mosquera, J., G.J. Kasper, K. Blanken, F. Dousma en A.J.A. Aarnink (2010). Ontwikkeling snelle meetmethode ter bepaling van ammoniakemissie reductie van vloergebonden maatregelen (=Development of a fast measurement method for the determination of ammonia emission reduction from floor related measures). Rapport 291
- Shepherd, E. M. en B. D. Fairchild (2010). Footpad dermatitis in poultry. Poult. Sci. 89:2043–2051.
- Smith, A., S. P. Rose, R. G. Wells, and V. Pirgozliev. 2000. Effect of excess dietary sodium, potassium, calcium and phosphorus on excreta moisture of laying hens. British poultry science 41: 598-607.
- Welfare Quality®, 2009. Welfare Quality® assessment protocol for poultry (broilers, laying hens). Welfare Quality® Consortium, Lelystad, The Netherlands.

Bijlage 1 Notitie buitenklimaatomstandigheden

Effect van buitenklimaatomstandigheden op de ammoniakemissie uit vleeskuikenstallen

André Aarnink en Jan van Harn; 11 februari 2015.

Inleiding

Bij pluimvee op strooisel bestaat er een belangrijke relatie tussen het drogestofgehalte (ds-gehalte) van het strooisel en de ammoniakemissie (Groot Koerkamp, 1998). Volgens Groot Koerkamp et al. (2000) neemt de ammoniakvorming in mest (of strooisel) bij pluimvee af als het ds-gehalte in de mest lager is dan 60% of hoger dan 80%. Daartussen zijn de omstandigheden voor de emissie van ammoniak optimaal. De emissie is volgens deze auteurs maximaal bij een ds-gehalte van ca. 75%. Bij vleeskuikens ligt het ds-gehalte van de mest in het algemeen in de range tussen de 55 en 75%. Het ds-gehalte van het strooisel wordt beïnvloed door het ds-gehalte van de uitgescheiden mest en door de mate van droging van het strooisel (inclusief mest). Voor vergelijkbare stallen hangt de mate van droging vooral af van de buitenomstandigheden. De temperatuur en de RV van de buitenlucht zijn hierbij van belang. De hypothese is dat het ds-gehalte van het strooisel vooral wordt beïnvloedt door de verdampingscapaciteit van de lucht. De verdampingscapaciteit is gelijk aan het verschil tussen het maximale watergehalte van de uitgaande stallucht (verzadigde uitgaande lucht bij de gemeten temperatuur van de uitgaande lucht) en het watergehalte van de inkomende lucht (berekend op basis van T en RV van de buitenlucht). Het voorgaande wordt per m³ lucht berekend. Door dit verschil te vermenigvuldigen met het ventilatiedebiet wordt de totale verdampingscapaciteit verkregen.

Op het proefbedrijf Het Spelderholt in Beekbergen en het proefbedrijf Het Nieuwe Spelderholt in Lelystad zijn gedurende heel veel vleeskuikenronden de ammoniakemissies gemeten. Daarnaast zijn ook de klimaatomstandigheden in de stal vastgelegd. Deze gegevens zijn in dit onderzoek gebruikt om de relatie tussen buitenklimaatomstandigheden en de ammoniakemissie te bepalen.

De doelstelling van dit onderzoek is om op basis van beschikbare meetgegevens te bepalen wat de relatie is tussen verschillende buitenklimaatomstandigheden en de ammoniakemissie in vleeskuikenstallen.

Materiaal en methode

Data zijn geanalyseerd van in totaal 10 verschillende opzetdata van vleeskuikens, 5 in Beekbergen en 5 in Lelystad. Voor elke opzetdatum zijn metingen verkregen van meerdere afdelingen. De locaties met opzetdata, de uitgevoerde proef, de gemiddelden over de hele groeiperiode van temperatuur en RV van de buitenlucht en van de stallucht zijn weergegeven in Tabel 1. Tevens is in Tabel 1 het berekend verdampingspotentieel weergegeven. Dit verdampingspotentieel is als volgt berekend:

$$VP = (M_{H_2O_OUT_MAX} - M_{H_2O_IN}) * \text{Debiet} / \text{aantal_kuikens}$$

Waarin:

- VP is het verdampingspotentieel (g/d per vleeskuiken);
- $M_{H_2O_OUT_MAX}$ is het maximale watergehalte van de uitgaande stallucht (verzadigde lucht bij de gemeten uitgaande staltemperatuur) (g/m³ lucht);
- $M_{H_2O_IN}$ is het watergehalte van de ingaande stallucht (g/m³ lucht);
- Debiet is het ventilatiedebiet (m³/dag).

Aangezien er variatie was in de lengte van de vleeskuikenronden (5 – 6 weken), zijn alle ronden afgekapt tot een duur van 5 weken. In de tabel staat onder 'opmerking' aangegeven of bepaalde afdelingen (= behandelingen) niet meegenomen zijn in de analyse. Behandelingen zijn uitgesloten van de analyse als ze te afwijkend waren ten opzichte van de standaard situatie (b.v. afwijkende drinkvoorziening, afwijkend lichtschema) waaraan de meeste afdelingen voldoen in de analyse.

In de analyse zijn de relaties bepaald tussen achtereenvolgens buitentemperatuur, buiten-RV, ventilatiedebiet en verdampingspotentieel op de ammoniakemissie. In eerste instantie zijn locatie (Beekbergen, Lelystad) en afdeling (4 t/m 8 in Beekbergen en 1 t/m 8 in Lelystad) ook meegenomen in de analyse. Deze bleken geen significant effect te hebben op de ammoniakemissie en zijn daarom uit het uiteindelijke model gelaten. Lineaire, asymptotische en kwadratische relaties zijn onderzocht.

Tabel 1. Gegevens van locatie, opzetdata, de naam van de uitgevoerde proef, gemiddelden over de hele groeiperiode van temperatuur en RV van de buitenlucht en van de stallucht, en het berekend verdampingspotentieel.

Locatie	Opzetdatum	Naam proef	N ¹⁾	T _{buiten} (°C) ²⁾	RV _{buiten} (%) ²⁾	T _{stal} (°C)	RV _{stal} (%)	Debiet (m ³ /h) ³⁾	VP (g/d) ³⁾	Referentie	Opmerking
Beekbergen	17-06-1992	Drinkers	3							(Van Harn & Van Middelkoop, 1994; Van Middelkoop & Van Harn, 1995)	Rondrinker en Swish cup niet meegenomen
Beekbergen	11-08-1994	Bezetting	4	15,4	85,0	26,2	63,7	1,50	422	(Van Harn, 1995a; Van Harn, 1995b)	
Beekbergen	25-10-1994	Bezetting	4	10,3	92,1	25,7	59,1	1,46	469	idem	
Beekbergen	31-01-1995	Bezetting	4	6,2	85,5	23,9	61,6	1,57	507	idem	
Beekbergen	27-04-1995	Bezetting	4	12,4	73,6	24,7	63,4	2,07	619	idem	
Lelystad	29-02-2008	Lichtschema	6	17,9	73,9	26,2	68,8	2,54	647	(Van Harn et al., 2008)	Lichtschema C niet meegenomen
Lelystad	16-05-2008	Ionisatie/ olie	2	5,8	82,7	24,6	49,0	0,96	312	Cambra-López et al. (2009)	Alleen de controle-afdelingen zijn meegenomen
Lelystad	04-07-2008	Strooisel	6	15,1	75,8	25,7	59,4	1,87	489	Aarnink et al. (2011)	Snijmaïs niet meegenomen
Lelystad	22-08-2008	Ionisatie/ olie	2	17,9	80,4	26,3	64,5	2,61	590	Van Harn et al. (2012)	Alleen de controle-afdelingen zijn meegenomen
Lelystad	10-10-2008	Strooisel	6	15,0	83,4	25,2	64,3	1,65	414	Cambra-López et al. (2009)	Snijmaïs niet meegenomen
Lelystad				9,2	90,0	25,0	60,3	0,98	285	Aarnink et al. (2011)	Snijmaïs niet meegenomen

1) Aantal afdelingen meegenomen in analyse

2) De buiten T en RV zijn verkregen van KNMI gegevens van weerstation Lelystad

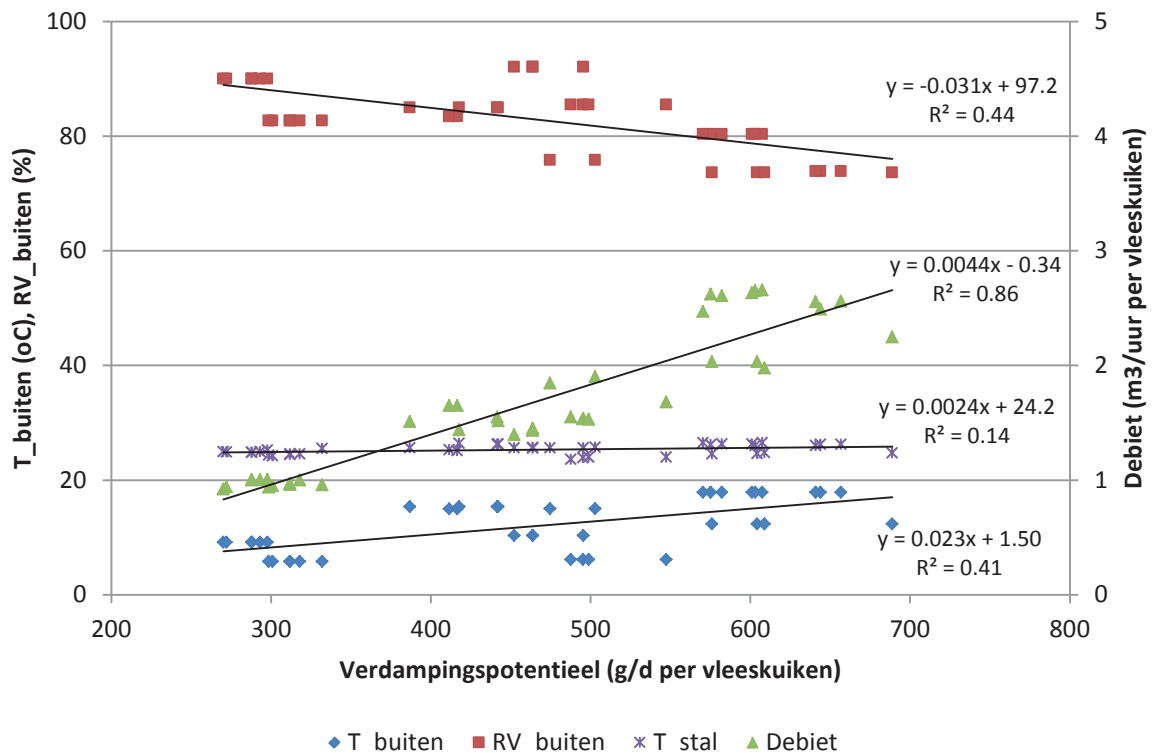
3) Per vleeskuiken

Resultaten

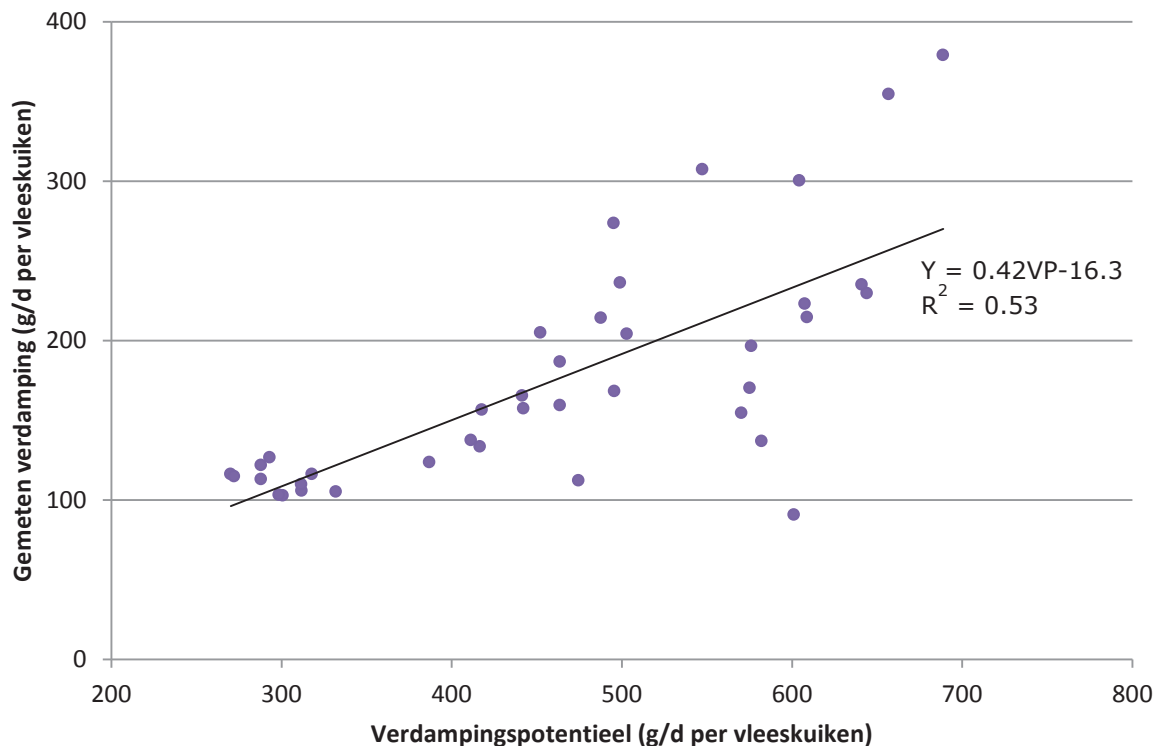
Voordat de analyses worden gedaan is het van belang inzicht te krijgen in de relaties tussen de verschillende te onderzoeken variabelen, die mogelijk effect hebben op de ammoniakemissie. Deze relaties zijn weergegeven in Figuur 1. Uit deze figuur blijkt dat het verdampingspotentieel sterk gekoppeld is aan het ventilatiedebiet ($R^2 = 0,86$) en in mindere mate met buitentemperatuur ($R^2 = 0,41$) en buiten-RV ($R^2 = 0,44$), en vrijwel niet met de staltemperatuur ($R^2 = 0,14$). Bij een multiple lineaire regressie waarbij alle voorgaande variabelen waren opgenomen in het model, bleken alleen het ventilatiedebiet ($P < 0,001$) en de buitentemperatuur ($P < 0,05$) van significante invloed te zijn op het verdampingspotentieel. In Figuur 2 wordt de relatie weergegeven tussen het verdampingspotentieel en de werkelijk gemeten verdamping in de stal. Uit deze figuur blijkt dat 53% van de gemeten variatie in verdamping in de stal verklaard kon worden uit het verdampingspotentieel. Door debiet kon 26% en door de staltemperatuur kon slechts 1% van de gemeten variatie in verdamping in de stal worden verklaard.

In Figuur 3 wordt de relatie weergegeven tussen het verdampingspotentieel en de ammoniakemissie. Met de lineaire regressielijn kon 45,9%, met de asymptotische lijn 59,2% en met de kwadratische lijn 62,9% van de variatie in ammoniakemissie worden verklaard. De relatie tussen ventilatiedebiet en ammoniakemissie wordt weergegeven in Figuur 4. Met de lineaire regressielijn kon 24,9%, met de asymptotische lijn 59,5% en met de kwadratische lijn 60,9% van de variatie worden verklaard.

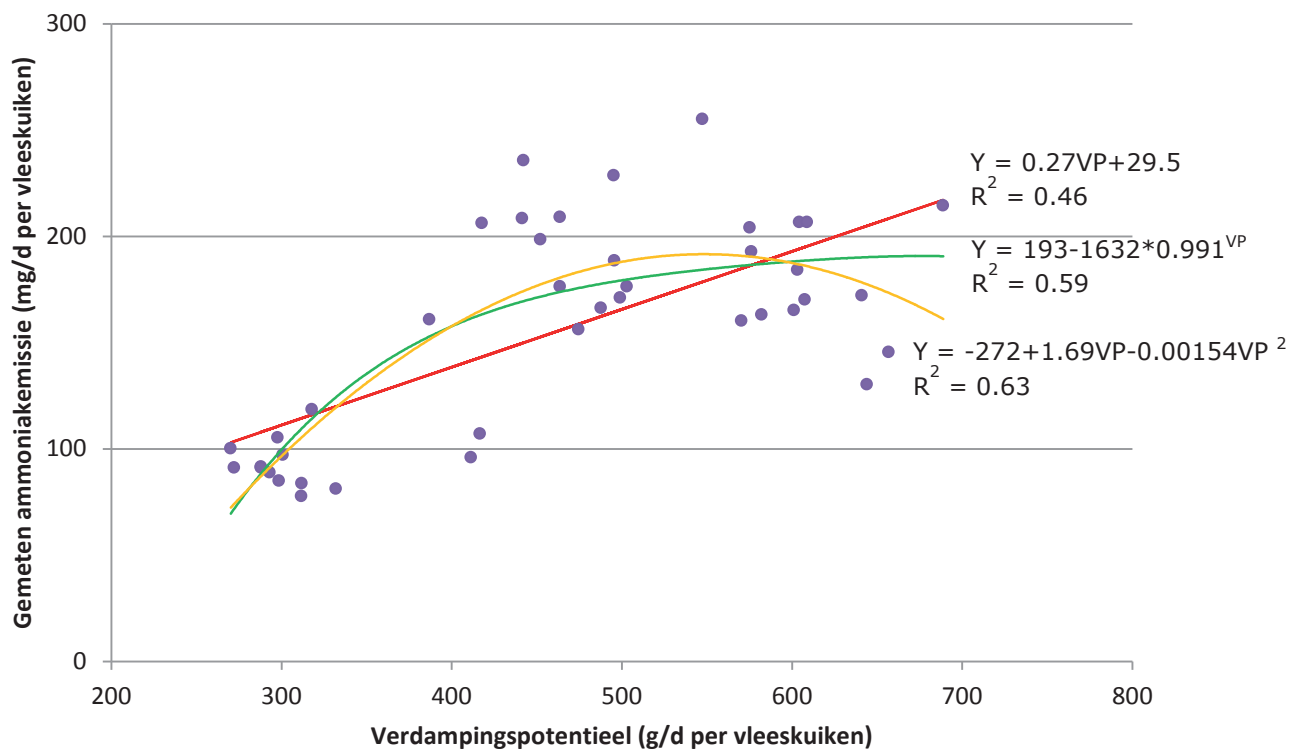
In figuren 5 en 6 worden voorgaande relaties alleen weergegeven voor de resultaten die zijn verkregen in Lelystad. Uit deze figuren blijkt dat een lineaire regressie deze relaties goed beschrijft. In Figuur 7 wordt de relatie weergegeven tussen het gemeten drogestofgehalte van het strooisel na 34 dagen en de ammoniakemissie, voor de resultaten die zijn verkregen in Lelystad. Uit deze figuur blijkt dat het gemeten ds-gehalte van het strooisel zeer slecht gerelateerd is aan de ammoniakemissie.



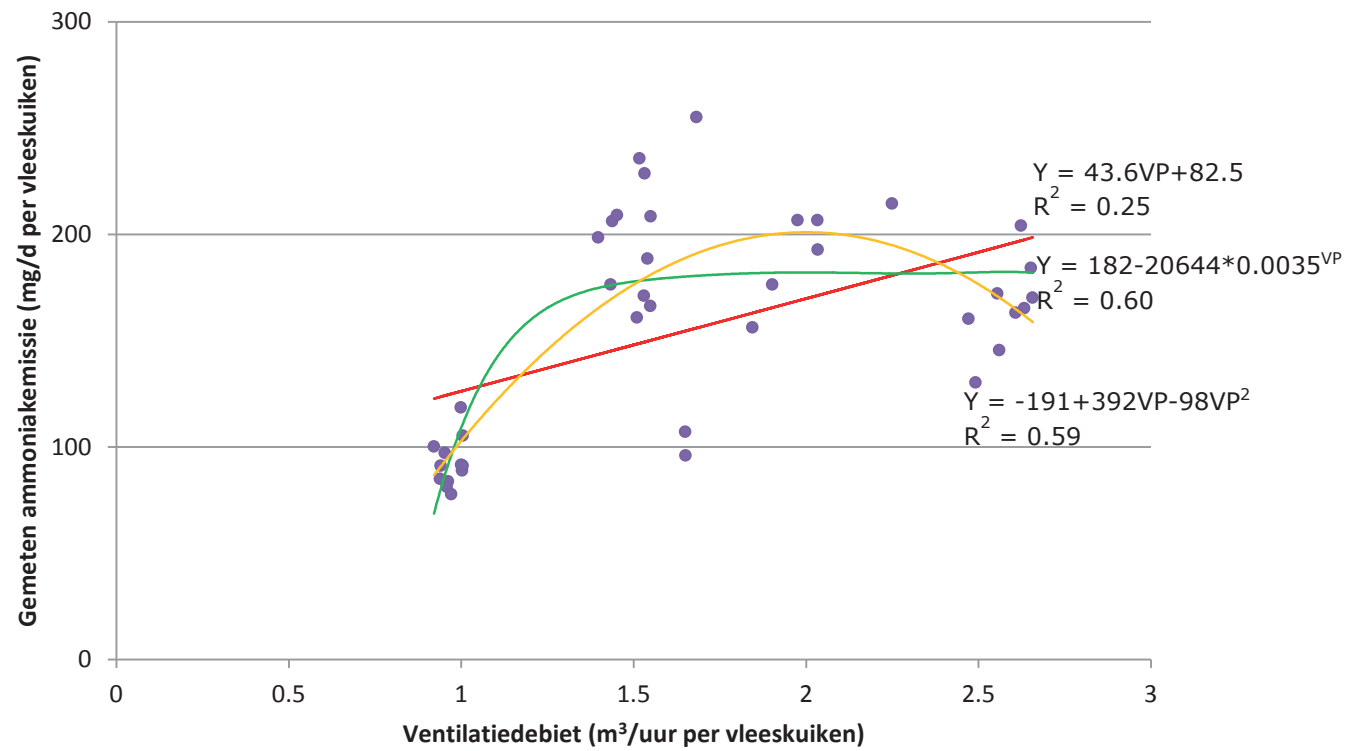
Figuur 1. Relaties tussen verdampingspotentieel enerzijds en de buitentemperatuur, de buiten-RV en het ventilatiedebiet anderzijds.



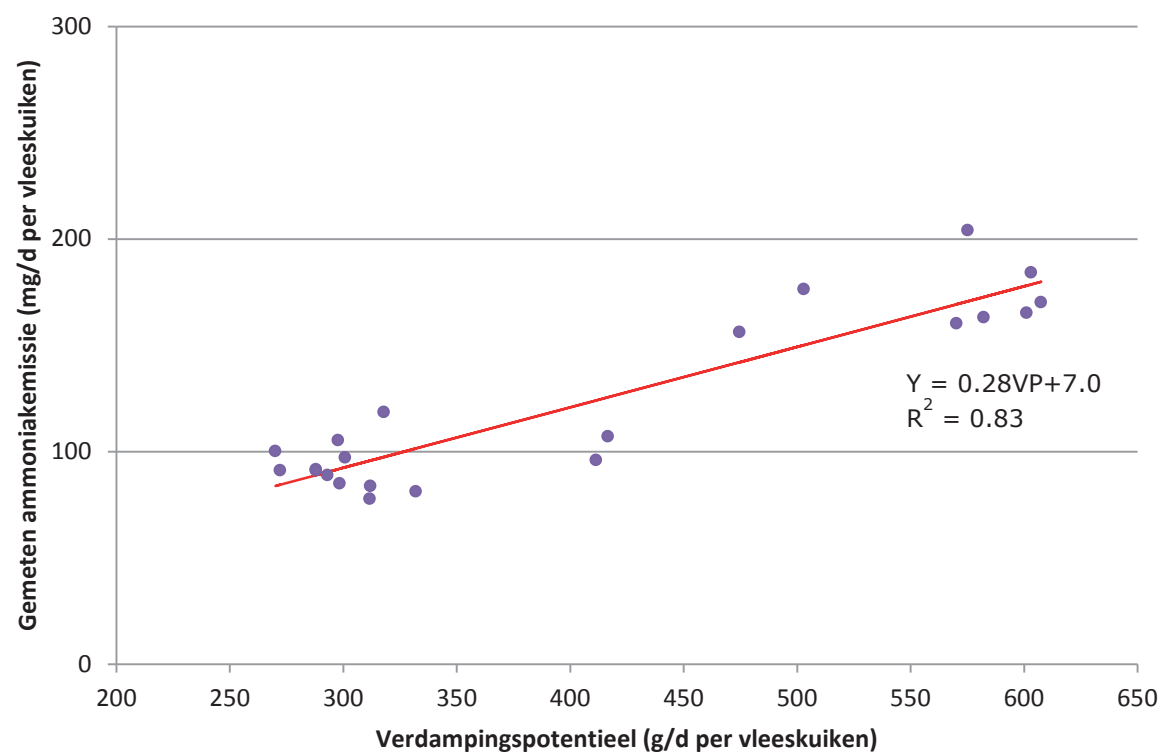
Figuur 2. Relatie tussen de werkelijk gemeten verdamping in de vleeskuikenafdelingen en de potentiële verdamping.



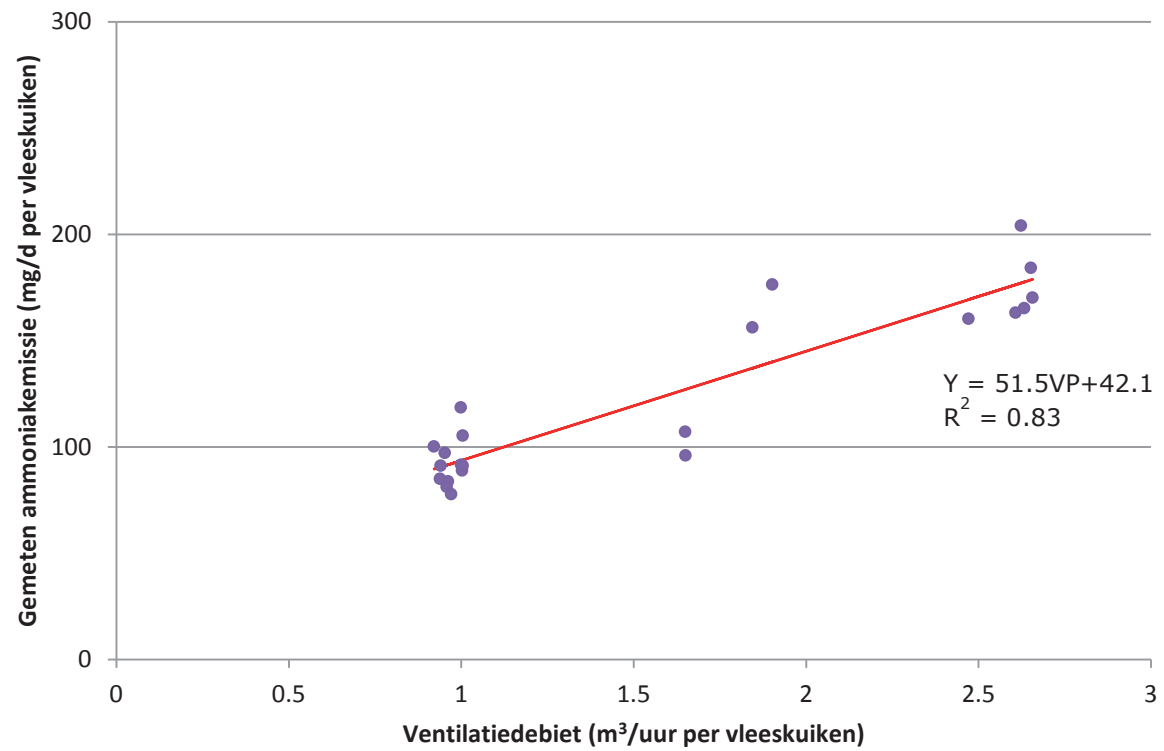
Figuur 3. Relatie tussen het verdampingspotentieel en de ammoniakemissie met een lineaire, asymptotische en kwadratische regressielijn.



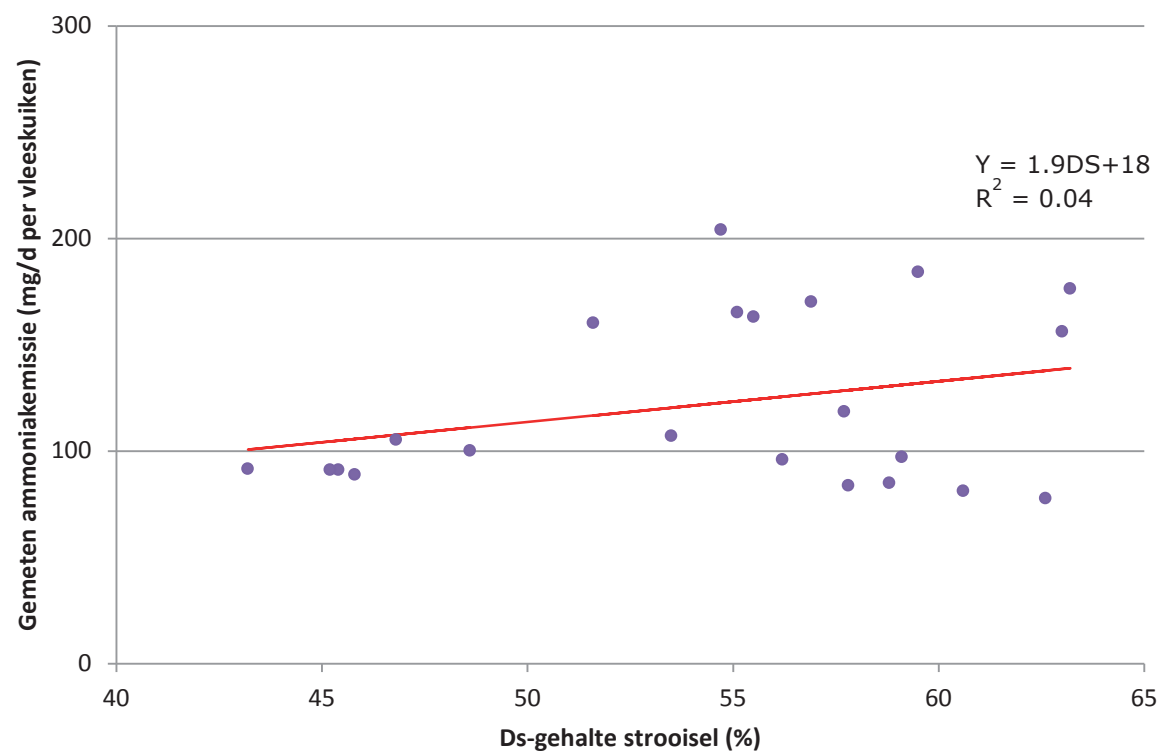
Figuur 4. Relatie tussen het ventilatie-debiet en de ammoniakemissie met een lineaire, asymptotische en kwadratische regressielijn.



Figuur 5. Relatie tussen het verdampingspotentieel en de ammoniakemissie met een lineaire, regressielijn van de resultaten die verkregen zijn in Lelystad.



Figuur 6. Relatie tussen het ventilatiedebiet en de ammoniakemissie met een lineaire regressielijn van de resultaten die verkregen zijn in Lelystad.



Figuur 7. Relatie tussen ds-gehalte van strooisel na 34 dagen en de ammoniakemissie voor de resultaten die verkregen zijn in Lelystad.

Discussie

De resultaten laten duidelijke relaties zien tussen het verdampingspotentieel en de ammoniakemissie. Het verdampingspotentieel is echter sterk verstrengd met het ventilatiedebiet. Beiden laten ongeveer even grote effecten zien op de ammoniakemissie. Uit dit onderzoek is daarom niet een eenduidige conclusie te trekken dat er een oorzakelijk verband bestaat tussen het verdampingspotentieel en de ammoniakemissie. Dit effect kan immers ook veroorzaakt zijn door het ventilatiedebiet. Het is aannemelijk dat beiden een effect hebben op de ammoniakemissie. Een hoger verdampingspotentieel geeft een hogere verdamping uit het strooisel en daardoor een hoger ds-gehalte van het strooisel. Het ventilatiedebiet zorgt voor een hogere luchtsnelheid in de stal. De ammoniakemissie wordt rechtstreeks beïnvloed door de luchtsnelheid, maar ook indirect via het drogend effect bij een hogere luchtsnelheid. Aanbevolen wordt om in een experimentele opzet te proberen de effecten van ventilatiedebiet en verdampingspotentieel uit elkaar te trekken, bijvoorbeeld door de ene constant te houden en de andere te variëren.

Uit de resultaten van Het Nieuwe Spelderholt in Lelystad lijkt het verband tussen verdampingspotentieel en de ammoniakemissie lineair te zijn. Wanneer gelijktijdig ook de resultaten van Het Spelderholt in Beekbergen worden geanalyseerd dan lijkt het effect bij een hogere verdampingspotentieel duidelijk af te nemen en zelfs negatief te worden, ofwel een hyperbolisch verband, met een maximale ammoniakemissie van 200 mg/d per vleeskuiken bij een verdampingspotentieel van ca. 550 g/d per vleeskuiken. Het gemiddeld ventilatiedebiet bij de maximale ammoniakemissie is ca. 2,0 m³/uur per vleeskuiken. Alle voorgaande getallen zijn gemiddelden van de eerste 34 dagen van de groeiperiode.

Opvallend is dat we geen goede relatie vonden tussen het ds-gehalte van het strooisel en de ammoniakemissie. Dit zou te maken kunnen hebben met het feit dat bij droging er een korst rondom de keutels wordt gevormd. Door deze korst wordt de ammoniakemissie geremd, maar wordt het ds-gehalte van het strooisel nauwelijks beïnvloed.

Conclusie

Op basis van dit verkennend onderzoek kan geconcludeerd worden dat er duidelijke relaties bestaan tussen verdampingspotentieel en de ammoniakemissie uit vleeskuikenstallen. Vergelijkbare relaties worden gevonden tussen ventilatiedebiet en ammoniakemissie. Welke verbanden oorzakelijk zijn is op basis van deze studie niet te concluderen, aangezien het verdampingspotentieel sterk verstrengd is met het ventilatiedebiet. Aanbevolen wordt om in een experimentele set-up deze effecten uit elkaar te trekken.

Referenties

- Aarnink, A.J.A., van Harn, J., van Hattum, T.G., Zhao, Y., Ogink, N.W.M. 2011. Dust Reduction in Broiler Houses by Spraying Rapeseed Oil. *Transactions of the ASABE*, **54**(4), 1479-1489.
- Cambra-López, M., Winkel, A., Van Harn, J., Ogink, N.W.M., Aarnink, A.J.A. 2009. Ionization for reducing particulate matter emissions from poultry houses. *Transaction of the ASABE*, **52**(5), 1757-1771
- Van Harn, J. 1995a. Betere technische resultaten bij een lagere bezetting. Praktijkonderzoek voor de Pluimveehouderij 6 (1995)1. - ISSN 0924-9087 - p. 13 - 16. Rapport 218.
- Van Harn, J. 1995b. Kan een lagere bezetting bij vleeskuikens uit? Praktijkonderzoek voor de Pluimveehouderij 6 (1995)1. - ISSN 0924-9087 - p. 13 - 16. Rapport 218.
- van Harn, J., Aarnink, A.J.A., Mosquera, J., van Riel, J.W., Ogink, N.W.M. 2012. Effect of bedding material on dust and ammonia emission from broiler houses. *Transactions of the ASABE*, **55**(1), 219-226.
- Van Harn, J., Mosquera Losada, J., Aarnink, A.J.A. 2008. Maatregelen ter vermindering van fijnstofemissie uit de pluimveehouderij; invloed lichtschema op fijnstof- en ammoniakemissie uit vleeskuikenstallen.
- Van Harn, J., Van Middelkoop, J.H. 1994. Invloed drinkwatersystemen op ammoniakemissie bij vleeskuikens. Praktijkonderzoek Pluimveehouderij, Rapport 94/4. Rapport 218.
- Van Middelkoop, J.H., Van Harn, J. 1995. Vergelijkend onderzoek drinkwatersystemen vleeskuikens. Praktijkonderzoek Pluimveehouderij (PP uitgave no. 23) - p. 47. Rapport 218.

Bijlage 2 Samenstelling basismelen startvoer (0 - 10 dagen)

Grondstof (g/kg)		S1 (laag K)	S4 (hoog K)
Mais		333,3	333,3
Tarwe + xylanase		250,0	250,0
Sojaschroot RC < 50		283,0	283,0
Maisglutenmeel		30,0	30,0
Raapschroot RE<380		20,0	20,0
Plantaardige olie		37,5	37,5
Krijt (fijn gemalen)		14,0	19,0
Monocalciumfosfaat		13,0	2,5
Zout		1,9	1,9
Natriumbicarbonaat		2,5	2,5
L-Lysine		2,4	2,4
DL-Methionine		1,9	1,9
L-Threonine		0,5	0,5
Vleeskuikenpremix 5 g/kg		5,0	5,0
Bindmiddel		5,0	--
KH ₂ PO ₄		--	10,5
KHCO ³		--	--
		1000,0	1000,0
Nutriëntengehalten			
DS	g/kg	880	885
RAS	g/kg	59	59
RE	g/kg	220	220
RVET	g/kg	61	61
RC	g/kg	27	27
ZET (Ewers)	g/kg	379	379
Ca	g/kg	8,8	8,8
P	g/kg	6,5	6,5
oP	g/kg	4,0	4,0
Ca/oP		2,2	2,2
Mg	g/kg	1,6	1,5
K	g/kg	8,0	11,0
Na	g/kg	1,5	1,5
Cl	g/kg	2,0	2,0
Base excess	meq/kg	213	290
OEslk	MJ/kg	11,9	11,9
vLYSp	g/kg	11,0	11,0
vMETp	g/kg	5,0	5,0
vM+Cp	g/kg	8,0	8,0
vTHRp	g/kg	7,2	7,2
vTRPp	g/kg	2,2	2,2
vILEp	g/kg	8,0	8,0
vVALp	g/kg	8,7	8,7
vLEUp	g/kg	16,9	16,9
vARGp	g/kg	12,1	12,1
Linolzuur	g/kg	30,6	30,6

Bijlage 3 Samenstelling basismelen groei-/eindvoer (11 - 35 dagen)

Grondstof (g/kg)		S1 (laag K)	S4 (hoog K)
Mais		243,8	244,3
Tarwe + xylanase		350,0	350,0
Sojaschroot RC < 50		280,0	280,0
Maisglutenmeel		--	--
Raapschroot RE<380		20,0	20,0
Plantaardige olie		66,5	66,5
Krijt (fijn gemalen)		11,5	15,5
Monocalciumfosfaat		8,5	--
Zout		1,7	1,7
Natriumbicarbonaat		2,1	2,1
L-Lysine		2,0	2,0
DL-Methionine		2,2	2,2
L-Threonine		0,7	0,7
Vleeskuikenpremix 5 g/kg		5,0	5,0
Bindmiddel		6,0	--
KH ₂ PO ₄		--	8,5
KHCO ₃		--	1,5
		1000,0	1000,0
Nutriëntengehalten			
DS	g/kg	881	886
RAS	g/kg	51	52
RE	g/kg	204	204
RVET	g/kg	86	86
RC	g/kg	27	27
ZET (Ewers)	g/kg	377	378
Ca	g/kg	7,0	7,0
P	g/kg	5,5	5,5
oP	g/kg	3,1	3,1
Ca/oP		2,3	2,3
Mg	g/kg	1,5	1,4
K	g/kg	8,0	11,0
Na	g/kg	1,3	1,3
Cl	g/kg	1,8	1,8
Base excess	meq/kg	211	287
OEslk	MJ/kg	12,6	12,6
vLYSp	g/kg	10,5	10,5
vMETp	g/kg	4,9	4,9
vM+Cp	g/kg	7,7	7,7
vTHRp	g/kg	6,8	6,8
vTRPp	g/kg	2,1	2,1
vILEp	g/kg	7,4	7,4
vVALp	g/kg	8,1	8,1
vLEUp	g/kg	13,9	13,9
vARGp	g/kg	11,7	11,7
Linolzuur	g/kg	44,3	44,3

Bijlage 4 Klimaatinstellingen

Dagnummer	Eerste ronde				Tweede ronde				
	Stal T (°C)	Debiet (m ³ /uur)	CEL 30 RV (%)	CEL 32 RV (%)	Stal T (°C)	RV (%)	CEL 32 Debiet (m ³ /uur)	CEL 30 Debiet (m ³ /uur)	Stal T (°C)
1	34.0	300	40,0	40,0	34,0	40,0	300	600	34,0
2	33.3	300	40,7	42,5	33,3	40,7	300	600	33,3
3	32.7	300	41,4	45,0	32,7	41,4	300	600	32,7
4	32.0	300	42,1	47,5	32,0	42,1	300	600	32,0
5	31.3	300	42,9	50,0	31,3	42,9	300	600	31,3
6	30.7	300	43,6	52,5	30,7	43,6	300	600	30,7
7	30.0	300	44,3	55,0	30,0	44,3	300	600	30,0
8	29.8	300	45,0	57,5	29,8	45,0	300	600	29,8
9	29.6	300	45,7	60,0	29,6	45,7	300	600	29,6
10	29.4	300	46,4	62,5	29,4	46,4	300	600	29,4
11	29.2	300	47,1	65,0	29,2	47,1	300	600	29,2
12	29.0	300	47,9	67,5	29,0	47,9	300	600	29,0
13	28.8	300	48,6	70,0	28,8	48,6	300	600	28,8
14	28.6	300	49,3	72,5	28,6	49,3	300	600	28,6
15	28.4	300	50,0	75,0	28,4	50,0	300	600	28,4
16	28.2	300	50,0	75,0	28,2	50,0	300	600	28,2
17	28.0	300	50,0	75,0	28,0	50,0	300	600	28,0
18	27.3	300	50,0	75,0	27,3	50,0	300	600	27,3
19	26.5	300	50,0	75,0	26,5	50,0	300	600	26,5
20	25.8	300	50,0	75,0	25,8	50,0	300	600	25,8
21	25.0	300	50,0	75,0	25,0	50,0	300	600	25,0
22	24.6	314	50,0	75,0	24,6	50,0	314	628	24,6
23	24.1	329	50,0	75,0	24,1	50,0	329	658	24,1
24	23.7	343	50,0	75,0	23,7	50,0	343	686	23,7
25	23.3	357	50,0	75,0	23,3	50,0	357	714	23,3
26	22.9	371	50,0	75,0	22,9	50,0	371	742	22,9
27	22.4	386	50,0	75,0	22,4	50,0	386	772	22,4
28	22.0	400	50,0	75,0	22,0	50,0	400	800	22,0
29	21.7	414	50,0	75,0	21,7	50,0	414	828	21,7
30	21.4	429	50,0	75,0	21,4	50,0	429	858	21,4
31	21.1	443	50,0	75,0	21,1	50,0	443	886	21,1
32	20.9	457	50,0	75,0	20,9	50,0	457	914	20,9
33	20.6	471	50,0	75,0	20,6	50,0	471	942	20,6
34	20.3	486	50,0	75,0	20,3	50,0	486	972	20,3
35	20.0	500	50,0	75,0	20,0	50,0	500	1000	20,0

Bijlage 5 Gerealiseerde temperaturen, relatieve luchtvochtigheden en ventilatiedebieten per klimaatcel

Eerste ronde

Datum	Dagno.	CEL 30			CEL 32		
		RV (%)	T (°C)	Debiet (m ³ /uur)	RV (%)	T (°C)	Debiet (m ³ /uur)
23-11-2012	0	38,4	34,2	360	40,8	34,4	410
24-11-2012	1	39,7	33,4	379	42,2	33,4	330
25-11-2012	2	40,2	32,8	401	44,3	32,8	337
26-11-2012	3	40,4	32,0	397	47,3	32,0	339
27-11-2012	4	41,2	31,3	414	49,5	31,3	332
28-11-2012	5	42,4	30,7	418	52,2	30,8	334
29-11-2012	6	42,2	30,0	398	54,4	30,0	337
30-11-2012	7	43,0	29,8	383	57,3	29,8	295
1-12-2012	8	44,3	29,6	383	60,0	29,6	302
2-12-2012	9	44,7	29,4	372	62,3	29,4	297
3-12-2012	10	45,1	29,2	372	64,4	29,2	301
4-12-2012	11	46,5	29,0	351	67,0	28,8	302
5-12-2012	12	47,0	28,8	321	69,4	28,8	300
6-12-2012	13	47,4	28,6	340	72,4	28,6	299
7-12-2012	14	48,7	28,4	319	75,4	28,1	746
8-12-2012	15	48,4	28,2	369	75,0	28,2	305
9-12-2012	16	49,1	28,0	370	74,9	27,9	331
10-12-2012	17	48,5	27,3	373	75,0	27,3	338
11-12-2012	18	48,6	26,6	422	75,1	26,4	335
12-12-2012	19	49,0	25,9	406	75,1	25,8	341
13-12-2012	20	49,0	25,1	404	75,0	25,1	329
14-12-2012	21	48,8	24,6	367	75,2	24,6	314
15-12-2012	22	49,8	24,1	389	75,2	24,1	361
16-12-2012	23	49,7	23,7	412	75,2	23,7	374
17-12-2012	24	50,0	23,3	386	75,0	23,3	383
18-12-2012	25	50,0	22,9	406	74,9	22,8	406
19-12-2012	26	51,1	22,4	379	74,9	22,3	409
20-12-2012	27	49,5	22,0	428	75,0	22,0	426
21-12-2012	28	49,8	21,6	419	75,2	21,7	443
22-12-2012	29	53,1	21,4	456	75,0	21,3	428
23-12-2012	30	55,4	21,0	447	74,9	21,1	443
24-12-2012	31	55,6	20,8	461	74,8	20,9	452
25-12-2012	32	55,0	20,5	496	74,8	20,5	471
26-12-2012	33	54,8	20,2	486	74,9	20,2	480
27-12-2012	34	54,4	19,8	531	75,0	19,9	503

Vervolg Bijlage 5 Gerealiseerde temperaturen, relatieve luchtvochtigheden en ventilatie-debieten per klimaatcel

Tweede ronde

Datum	Dagno.	CEL 32			CEL 30		
		RV (%)	T (°C)	Debiet (m ³ /uur)	RV (%)	T (°C)	Debiet (m ³ /uur)
15-1-2013	0	40,1	34,4	360	36,4	34,5	884
16-1-2013	1	39,7	33,4	408	35,6	33,3	617
17-1-2013	2	38,4	32,8	408	38,0	32,8	622
18-1-2013	3	38,5	32,1	386	38,7	32,0	617
19-1-2013	4	41,2	31,3	365	40,3	31,3	621
20-1-2013	5	42,5	30,7	340	39,9	30,7	601
21-1-2013	6	42,6	30,1	322	42,2	30,0	620
22-1-2013	7	43,7	29,8	338	42,5	29,9	621
23-1-2013	8	44,7	29,6	334	44,3	29,6	617
24-1-2013	9	45,5	29,4	347	46,2	29,5	601
25-1-2013	10	46,3	29,2	348	45,1	29,1	599
26-1-2013	11	47,2	29,0	352	47,9	29,0	619
27-1-2013	12	47,7	28,8	352	48,6	28,8	599
28-1-2013	13	48,7	28,6	358	49,3	28,6	597
29-1-2013	14	48,9	28,4	360	49,3	28,5	602
30-1-2013	15	49,1	28,2	355	47,3	28,2	601
31-1-2013	16	49,4	28,0	364	50,0	28,0	601
1-2-2013	17	49,3	27,3	389	50,0	27,3	616
2-2-2013	18	49,3	26,6	381	50,0	26,6	617
3-2-2013	19	49,1	25,8	409	50,1	25,9	622
4-2-2013	20	48,9	24,9	396	50,1	25,1	622
5-2-2013	21	48,8	24,6	382	49,1	24,6	636
6-2-2013	22	49,0	24,2	385	50,0	24,1	667
7-2-2013	23	49,3	23,7	379	50,0	23,7	701
8-2-2013	24	49,0	23,3	365	50,1	23,3	725
9-2-2013	25	49,5	23,0	421	50,2	22,9	756
10-2-2013	26	49,4	22,5	416	50,1	22,4	787
11-2-2013	27	49,3	22,0	397	50,1	22,1	798
12-2-2013	28	48,8	21,7	441	50,1	21,7	823
13-2-2013	29	48,8	21,2	429	49,9	21,4	868
14-2-2013	30	48,7	21,3	470	50,1	21,1	885
15-2-2013	31	49,5	20,8	462	49,9	20,9	917
16-2-2013	32	50,5	20,3	496	50,1	20,6	949
17-2-2013	33	49,8	20,2	487	49,8	20,3	970
18-2-2013	34	49,9	19,9	500	50,1	20,0	995
19-2-2013	35	49,9	19,8	500	49,6	20,0	1004

Bijlage 6 Werkwijze boxmetingen project 4413801750 'Strooiselkwaliteit' – Klimaatstal DB-CVI

- 1a Innova's alvast laten opwarmen (op elektriciteit aanzetten);
Graag beide Innova's voorafgaand aan de metingen gedurende 15 minuten inkomende lucht laten samplen.
- 1b **Slang** voor ingaande lucht van de meetbox uitrollen en bevestigen aan aansluitpunt wand.
Voorkom knikken in de flexibele slang.
Plaats het **frame** waarop meetbox moet komen in het hok en druk mesrand tot op betonvloer. Let er op dat het te bemeten oppervlak hierbij zo minimaal mogelijk wordt beroerd.
Werkwijze:
Aan begin van meetdag: plaats het eerste frame in het eerst te bemeten hok en plaats het tweede frame in het tweede hok. Na beëindiging meting eerste hok, verplaatst het frame naar het derde te bemeten hok, etcetera
- 2 Plaats meetbox zodanig in hok dat de opening ingaande lucht naar voor-/kleedruimte is gericht. Let erop dat tijdens de metingen de deur naar de kleedruimte gesloten is. Indien deur open is kan klimaat niet goed worden geregeld.
- 3 Sluit de tubes van **Innova's aan** op de ingaande en uitgaande buis van de meetbox.
Gebruik altijd dezelfde Innova voor ingaande en uitgaande lucht. Noteer welke Innova's dit zijn!
- 4 **Ventilator** van de meetbox inschakelen;
NOTEER op FORMULIER: de actuele tijd van Innova ingaande lucht (tx); de actuele tijd van de Innova uitgaande lucht;
STOPWATCH STARTEN (tx=0). (Of noteer tijd één van beide Innova's)
- 5 Controleer ventilator + meetventilator meetbox (afvinken op formulier). Streef naar een debiet van 20 m³/uur. Luchtsnelheid over strooisel zo minimaal mogelijk houden (0,2 m/s)
Opmerking: In de tweede ronde is er gewerkt met twee boxdebieten: 20 en 40 m³/uur
- 6 Controleer na 4 minuten (tx+4) met de **flow**(pulsenteller, beeldscherm).
- 7a Bepaal na 8 minuten (tx+8) met **Kitagawa** de NH₃ concentratie van ingaande lucht via gaatje in slang meetbox. CONCENTRATIE en tijdstip NOTEREN OP FORMULIER. In geval van een lage ammoniakconcentratie (<1 ppm), meerdere keren pompen, met een max. van vijf. NH₃-concentratie = afgelezen concentratie / aantal keren pompen.
- 7b Bepaal na 10 minuten (tx+10) met **Kitagawa** de NH₃ concentratie van ingaande lucht via gaatje in slang meetbox. CONCENTRATIE en tijdstip NOTEREN OP FORMULIER
- 8 Controleer na 13 minuten (tx+13) nogmaals de **flow**(visueel op beeldscherm).
- 9 Na 15 (tx+15) minuten Innova meting beëindigen. Noteer de STOPWATCH TIJD (of tijd monitor) noteren op formulier op het moment van uitzetten.
- 10 De **NH₃ sampling tubes loskoppelen** van de ingaande en uitgaande buis van de box.

NOTEER op FORMULIER: de actuele tijd van Innova ingaande lucht; de actuele tijd van de Innova uitgaande lucht; EINDTIJD STOPWATCH

- 11 Daarna (altijd als laatste) pas de **ventilator van de meetbox uit**
- 12 **Verplaats de meetbox naar het volgend hok.** Let er hierbij op dat de meetveldjes bij het verplaatsten zo minimaal mogelijk worden beroerd.
- 13 **Bemonstering strooisel** in de rechthoek waar de meetbox net verwijderd. Neem hierbij een op twee plaatsen (diagonaal) een monster tot op betonvloer. Monsters in plastic zakje doen (Coding: Datum + hoknummer)
Let op: Strooiselmonster behoeven alleen op de eerste meetdag van een week te worden verzameld. Gebruik voor de monsternamen een mestboor (conservenblik) met een diameter van ca. 10 cm.

Werkvolgorde:

Meetdag 1 (donderdag)

Meet eerst hok 1 - 4 (afdeling 30), vervolgens hok 9 - 12 (afdeling 32), vervolgens hok 5 - 8 (afdeling 30) en tenslotte hok 13 - 16 (afdeling 32).

Meetdag 2 (vrijdag)

Meet eerst hok 9 - 12 (afdeling 32), vervolgens hok 1 - 4 (afdeling 30), vervolgens hok 13 - 16 (afdeling 32) en tenslotte hok 5 - 8 (afdeling 30).

De NH₃-concentratie van de ingaande lucht zal tevens nat-chemisch worden vastgesteld. Hiertoe zal gedurende de gehele meetdag (08:00u - 16:00u) de inkomende lucht gesampled worden.

Bijlage 7 Productieresultaten vleeskuikens ronde 1 en 2, periode 0 – 10 dagen en 11 – 35 dagen

Tabel B7.1: Productieresultaten in de periode 0 – 10 dagen (startfase) in ronde 1.

Kenmerk	RV	8 g/kg	9 g/kg	10 g/kg	11 g/kg
Gewicht dag 10 (g)	50	301 ^a	285 ^a	289 ^a	295 ^a
	75	295 ^a	280 ^a	300 ^a	289 ^a
Groei (g)	50	253 ^a	238 ^a	242 ^a	246 ^a
	75	248 ^a	231 ^a	252 ^a	242 ^a
Groei (g/d per dier)	50	25,3 ^a	23,8 ^a	24,2 ^a	24,6 ^a
	75	24,8 ^a	23,1 ^a	25,2 ^a	24,2 ^a
Uitval (%)	50	0,0 ^a	2,0 ^a	0,0 ^a	4,0 ^a
	75	2,0 ^a	2,0 ^a	2,0 ^a	2,0 ^a
Voerconversie	50	1,113 ^a	1,087 ^a	1,109 ^a	1,113 ^a
	75	1,085 ^a	1,071 ^a	1,078 ^a	1,086 ^a
Voer (g)	50	281 ^a	258 ^a	268 ^a	274 ^a
	75	269 ^a	248 ^a	272 ^a	262 ^a
Water (ml)	50	753 ^a	634 ^a	740 ^a	729 ^a
	75	652 ^a	642 ^a	709 ^a	828 ^a
Water/Voer	50	2,67 ^a	2,44 ^a	2,77 ^a	2,66 ^a
	75	2,40 ^a	2,60 ^a	2,61 ^a	3,16 ^a

^{a,b,c} getallen in een rij die geen gelijke letter hebben in het superscript zijn significant verschillend (P<0,05)

Tabel B7.2: Productieresultaten in de periode 11 – 35 dagen (groei/afmestfase) in ronde 1.

Kenmerk	RV	8 g/kg	9 g/kg	10 g/kg	11 g/kg
Groei (g)	50	1895 ^a	2007 ^a	1504 ^b	1509 ^b
	75	1644 ^a	1444 ^b	1431 ^b	1332 ^b
Groei (g/d per dier)	50	75,8 ^a	80,3 ^a	60,1 ^b	60,3 ^b
	75	65,8 ^a	57,8 ^b	57,3 ^b	53,3 ^b
Uitval (%)	50	2,0 ^a	6,1 ^a	0,0 ^a	2,2 ^a
	75	2,0 ^a	6,1 ^a	2,0 ^a	4,2 ^a
Voerconversie	50	1,544 ^a	1,492 ^a	1,716 ^b	1,718 ^b
	75	1,658 ^a	1,715 ^a	1,748 ^a	1,702 ^a
Voer (g)	50	2919 ^a	2994 ^a	2580 ^b	2589 ^b
	75	2726 ^a	2473 ^b	2497 ^b	2267 ^c
Water (ml)	50	5766 ^a	5889 ^a	5862 ^a	6198 ^a
	75	5082 ^a	4965 ^a	5052 ^a	4945 ^a
Water/Voer	50	1,98 ^a	1,97 ^a	2,27 ^b	2,40 ^b
	75	1,86 ^a	2,01 ^{ab}	2,03 ^{ab}	2,18 ^b

^{a,b,c} getallen in een rij die geen gelijke letter hebben in het superscript zijn significant verschillend (P<0,05)

Tabel B7.3: Productieresultaten in de periode 0 – 10 dagen (startfase) in ronde 2.

Kenmerk	Debiet (m ³ /uur)	8 g/kg	9 g/kg	10 g/kg	11 g/kg
Gewicht dag 10 (g)	1	296 ^a	289 ^a	291 ^a	299 ^a
	2	285 ^a	300 ^a	296 ^a	287 ^a
Groei (g)	1	253 ^a	246 ^a	248 ^a	256 ^a
	2	242 ^a	256 ^a	253 ^a	244 ^a
Groei (g/d per dier)	1	25,3 ^a	24,6 ^a	24,8 ^a	25,6 ^a
	2	24,2 ^a	25,5 ^a	25,2 ^a	24,3 ^a
Uitval (%)	1	0,0 ^a	0,0 ^a	4,0 ^a	2,0 ^a
	2	2,0 ^a	2,0 ^a	0,0 ^a	2,0 ^a
Voerconversie	1	1,090 ^a	1,082 ^a	1,081 ^a	1,075 ^a
	2	1,089 ^a	1,075 ^a	1,083 ^a	1,091 ^a
Voer (g)	1	275 ^a	266 ^a	268 ^a	275 ^a
	2	264 ^a	275 ^a	274 ^a	266 ^a
Water (ml)	1	681 ^a	700 ^a	665 ^a	714 ^a
	2	678 ^a	681 ^a	709 ^a	698 ^a
Water/Voer	1	2,48 ^a	2,63 ^a	2,49 ^a	2,60 ^a
	2	2,59 ^a	2,48 ^a	2,59 ^a	2,63 ^a

^{a,b,c} getallen in een rij die geen gelijke letter hebben in het superscript zijn significant verschillend (P<0,05)

Tabel B7.4: Productieresultaten in de periode 11 – 35 dagen (groei-/afmestfase) in ronde 2.

Kenmerk	Debiet (m ³ /uur)	8 g/kg	9 g/kg	10 g/kg	11 g/kg
Groei (g)	1	2120 ^a	1932 ^a	2003 ^a	1861 ^a
	2	2042 ^a	2200 ^a	1890 ^{ab}	1616 ^b
Groei (g/d per dier)	1	84,8 ^a	77,3 ^a	80,1 ^a	74,5 ^a
	2	81,7 ^a	88,0 ^a	75,6 ^{ab}	64,6 ^b
Uitval (%)	1	6,0 ^a	0,0 ^a	4,3 ^a	4,1 ^a
	2	2,0 ^a	4,2 ^a	10,0 ^a	2,1 ^a
Voerconversie	1	1,540 ^a	1,594 ^a	1,579 ^a	1,638 ^a
	2	1,565 ^a	1,477 ^a	1,644 ^a	1,702 ^a
Voer (g)	1	3259 ^a	3081 ^a	3151 ^a	3046 ^a
	2	3195 ^a	3252 ^a	3090 ^a	2747 ^b
Water (ml)	1	5646 ^a	5657 ^a	5953 ^a	5949 ^a
	2	5601 ^a	6041 ^a	5833 ^a	5523 ^a
Water/Voer	1	1,73 ^a	1,84 ^{ab}	1,89 ^b	1,95 ^b
	2	1,75 ^a	1,86 ^{ab}	1,89 ^{bc}	2,01 ^c

^{a,b,c} getallen in een rij die geen gelijke letter hebben in het superscript zijn significant verschillend (P<0,05)



Wageningen UR Livestock Research
Postbus 338
6700 AH Wageningen
T 0317 480 10 77
E info.livestockresearch@wur.nl
www.wageningenUR.nl/livestockresearch

Livestock Research Rapport 863

Wageningen UR 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 UR (University & Research centre) is 'To explore the potential of nature to improve the quality of life'. Binnen Wageningen UR bundelen 9 gespecialiseerde onderzoeksinstituten van stichting DLO 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, 6.000 medewerkers en 9.000 studenten behoort Wageningen UR 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.

