

Wageningen UR Livestock Research

Partner in livestock innovations



Rapport 462

Maatregelen ter vermindering van
fijnstofemissie uit de pluimveehouderij:
validatie van een ionisatiesysteem op
vleeskuikenbedrijven

Maart 2011



LIVESTOCK RESEARCH
WAGENINGEN UR

Dit onderzoek is uitgevoerd in opdracht van het Ministerie van Economische Zaken, Landbouw en Innovatie in het kader van het 'Plan van aanpak bedrijfsoplossingen voor fijnstofreductie in de pluimveehouderij' (Ogink en Aarnink, 2008).

Colofon

Uitgever

Wageningen UR Livestock Research
Postbus 65, 8200 AB Lelystad
Telefoon 0320 - 238238
Fax 0320 - 238050
E-mail info.livestockresearch@wur.nl
Internet <http://www.livestockresearch.wur.nl>

Redactie

Communication Services

Copyright

© Wageningen UR Livestock Research, onderdeel
van Stichting Dienst Landbouwkundig Onderzoek,
2011

Overname van de inhoud is toegestaan,
mits met duidelijke bronvermelding.

Aansprakelijkheid

Wageningen UR Livestock Research (formeel ASG
Veehouderij BV) aanvaardt geen aansprakelijkheid
voor eventuele schade voortvloeiend uit het gebruik
van de resultaten van dit onderzoek of de
toepassing van de adviezen.

Wageningen UR Livestock Research, formeel 'ASG
Veehouderij BV', vormt samen met het Centraal
Veterinair Instituut en het Departement
Dierwetenschappen van Wageningen Universiteit
de Animal Sciences Group van Wageningen UR.
Losse nummers zijn te verkrijgen via de website.



De certificering volgens ISO 9001 door DNV
onderstreept ons kwaliteitsniveau. Op al onze
onderzoeksopdrachten zijn de Algemene
Voorwaarden van de Animal Sciences Group
van toepassing. Deze zijn gedeponeerd bij de
Arrondissementsrechtbank Zwolle.

Abstract

In this study, the fine dust emission reduction of
a negative ionization system was determined
through validation measurements on broiler
farms.

Keywords

Fine dust, emission, ionization, poultry, broilers

Referaat

ISSN 1570 - 8616

Auteurs

A. Winkel
J. Mosquera
J.W.H. Huis in't Veld
N.W.M. Ogink
A.J.A. Aarnink

Titel

Maatregelen ter vermindering van
fijnstofemissie uit de pluimveehouderij: validatie
van een ionisatiesysteem op
vleeskuikenbedrijven
Rapport 462

Samenvatting

In dit onderzoek is de fijnstofemissiereductie
van een negatief ionisatiesysteem vastgesteld
door validatiemetingen op
vleeskuikenbedrijven.

Trefwoorden

Fijnstof, emissie, ionisatie, pluimvee,
vleeskuikens

Rapport 462

Maatregelen ter vermindering van fijnstofemissie uit de pluimveehouderij: validatie van een ionisatiesysteem op vleeskuikenbedrijven

Measures to reduce fine dust emission from poultry: validation of an ionization system on broiler farms

A. Winkel

J. Mosquera

J.W.H. Huis in't Veld

N.W.M. Ogink

A.J.A. Aarnink

Maart 2011

Voorwoord

In dit onderzoek is de effectiviteit van een stofreducerend ionisatiesysteem gevalideerd op twee vleeskuikenbedrijven in de praktijk. Dit onderzoek biedt op grond van praktijkmetingen aan deze vleeskuikenstallen emissiecijfers die kunnen worden gebruikt voor regelgeving en vergunningverlening.

Onze dank gaat uit naar de betrokken pluimveehouders voor hun deelname in het onderzoek en het beschikbaar stellen van hun stallen. Dank is ook verschuldigd aan de begeleidingscommissie voor het begeleiden van het onderzoek. De inzet van alle betrokken is zeer gewaardeerd.

Dr. ir. N.W.M. Ogink

Coördinator programma 'Maatregelen ter vermindering van fijnstofemissie uit de pluimveehouderij'
Wageningen UR Livestock Research

Samenvatting

Om aan Europese normen t.a.v. maximale concentraties van fijnstof in de buitenlucht te kunnen voldoen, dienen in Nederland maatregelen te worden doorgevoerd die de emissie uit belangrijke bronnen terugdringen. In dit kader is door het Ministerie van Economische Zaken, Landbouw en Innovatie (EL&I) verzocht om het uitwerken van een plan van aanpak voor het ontwikkelen van praktijkrijpe bedrijfsoplossingen voor het terugdringen van de fijnstofemissie uit de pluimveehouderij. Een van deze technieken is het toepassen van negatieve ionisatie van stallucht.

In het kader van het genoemde plan van aanpak is in eerder onderzoek in een experimentele vleeskuikenstal een commercieel beschikbaar negatief ionisatiesysteem uitgetest en geoptimaliseerd. In het onderhavige onderzoek is nu de effectiviteit van het negatieve ionisatiesysteem gevalideerd in een case-control studie op praktijkbedrijven. Op twee bedrijfslocaties met elk twee identieke vleeskuikenstallen is één stal uitgerust met een negatief ionisatiesysteem terwijl de andere stal binnen hetzelfde bedrijf als controle fungeerde. In totaal waren vier stallen betrokken in het onderzoek. Aan deze stallen zijn emissiemetingen gedaan van fijnstof, ammoniak, geur en broeikasgassen.

Het doel van dit onderzoek was het onder praktijkomstandigheden en volgens officiële meetprotocollen vaststellen van de emissiereductie van het negatieve ionisatiesysteem. Op grond van dit onderzoek kunnen emissiecijfers worden vastgesteld voor regelgeving en vergunningverlening.

Op basis van dit onderzoek op twee bedrijfslocaties met vleeskuikens zijn de volgende jaaremissies voor de controle- en de ionisatiestallen bepaald (gemiddelde $\pm$ standaarddeviatie tussen bedrijven), waarbij voor stof-, ammoniak-, methaan- en lachgasemissies is gerekend met 18% leegstand:

- PM10 emissie: $22,9 \pm 4,6$ g/dierplaats per jaar voor de controlestallen en $11,7 \pm 1,9$ g/dierplaats per jaar voor de ionisatiestallen
- PM2,5 emissie: $1,5 \pm 0,4$ g/dierplaats per jaar voor de controlestallen en $0,5 \pm 0,0$ g/dierplaats per jaar voor de ionisatiestallen
- Ammoniakemissie: $47,6 \pm 19,4$ g/dierplaats per jaar voor de controlestallen en $57,6 \pm 34,1$ g/dierplaats per jaar voor de ionisatiestallen
- Geuremissie (niet gecorrigeerd voor leegstand): $0,31 \pm 0,08$ OU_E/dierplaats per seconde voor de controlestallen en $0,27 \pm 0,10$ OU_E/dierplaats per seconde voor de ionisatiestallen
- Methaanemissie: $2,0 \pm 0,6$ g/dierplaats per jaar voor de controlestallen en $1,9 \pm 1,1$ g/dierplaats per jaar voor de ionisatiestallen
- Lachgasemissie: $2,5 \pm 0,8$ g/dierplaats per jaar voor de controlestallen en $2,1 \pm 0,4$ g/dierplaats per jaar voor de ionisatiestallen

Op basis van deze resultaten zijn de volgende emissiereducties (ionisatie- vs. controlestallen; gemiddelde $\pm$ standaarddeviatie tussen bedrijven) berekend:

- PM10: $48,8 \pm 2,3\%$
- PM2,5: $64,9 \pm 12,0\%$
- Ammoniak: $-21,0 \pm 24,3\%$
- Geur: $12,2 \pm 8,2\%$
- Methaan: $5,3 \pm 24,4\%$
- Lachgas: $15,9 \pm 13,2\%$

Summary

To be able to comply with European standards on maximum fine dust concentrations in the ambient air, measures need to be taken in The Netherlands to reduce emissions of fine dust from major emission sources. In view of this, the Ministry of Economic Affairs, Agriculture and Innovation has commissioned Wageningen UR Livestock Research to set up a plan of action for the development of practical and effective solutions for the reduction of dust emissions from poultry facilities. One of these solutions is the application of negative ionization of poultry house air.

Within the framework described in the plan of action, a negative ionization system for broilers was tested and optimized in previous research in an experimental broiler house. In the current study, the performance of the system was validated on practical broiler farms using a case-control experimental design. At two broiler farm locations, both consisting of two identical broiler houses, one house was equipped with the negative ionization system, whilst the other house within the same farm location served as a control. In total, four broiler houses were used in this study. Emission measurements were conducted at these farms for particulate matter, ammonia, odour and green house gasses.

The aim of this study was to determine the emission reduction of the negative ionization system according to official measurement protocols and under field conditions. Based on this study, official emission factors can be adopted in legislation and used for environmental permit granting.

Based on this study at two broiler farm locations with four broiler houses, the following yearly emissions have been determined (average $\pm$ standard deviation between locations), corrected for an empty period of 18% in case of dust, ammonia, methane and nitrous oxide emissions:

- PM10 emission: 22.9 ± 4.6 g/animal place per year for control houses and 11.7 ± 1.9 g/animal place per year for ionization houses
- PM2.5 emission: 1.5 ± 0.4 g/animal place per year for control houses and 0.5 ± 0.0 g/animal place per year for ionization houses
- Ammonia emission: 47.6 ± 19.4 g/animal place per year for control houses and 57.6 ± 34.1 g/animal place per year for ionization houses
- Odour emission (not corrected for empty period): 0.31 ± 0.08 OU_E/animal place per second for control houses and 0.27 ± 0.10 OU_E/animal place per second for ionization houses
- Methane emission: 2.0 ± 0.6 g/animal place per year for control houses and 1.9 ± 1.1 g/animal place per year for ionization houses
- Nitrous oxide emission: 2.5 ± 0.8 g/animal place per year for control houses and 2.1 ± 0.4 g/animal place per year for ionization houses

Based on these results, the following emission reductions (ionization versus control houses; average $\pm$ standard deviation between locations) were calculated:

- PM10: $48.8 \pm 2.3\%$
- PM2.5: $64.9 \pm 12.0\%$
- Ammonia: $-21.0 \pm 24.3\%$
- Odour: $12.2 \pm 8.2\%$
- Methane: $5.3 \pm 24.4\%$
- Nitrous oxide: $15.9 \pm 13.2\%$

Inhoudsopgave

Voorwoord

Samenvatting

Summary

1	Inleiding	1
2	Materiaal en Methoden	2
2.1	Hoofdpijnen van het onderzoek	2
2.2	Vleeskuikenstallen	2
2.3	Metingen	3
2.3.1	Stofmetingen	4
2.3.2	Ammoniakmetingen	5
2.3.3	Geurmetingen	6
2.3.4	Broeikasgasmetingen	6
2.3.5	Ventilatie-debiet	6
2.3.6	Metingen temperatuur en RV	7
2.4	Data-verwerking	7
3	Resultaten	8
3.1	Meetomstandigheden	8
3.2	Ventilatie-debiet	9
3.3	PM10 emissie	10
3.4	PM2,5 emissie	10
3.5	Totaalstofemissie	11
3.6	Ammoniakemissie	11
3.7	Geuremissie	12
3.8	Methaanemissie	12
3.9	Lachgasemissie	13
4	Discussie	14
5	Conclusies	16
	Literatuur	17
	Bijlagen	19
	Bijlage 1 Bedrijfsbeschrijving locatie 1	19
	Bijlage 2 Bedrijfsbeschrijving locatie 2	23

1 Inleiding

Om aan Europese normen t.a.v. maximale concentraties van fijnstof in de buitenlucht te kunnen voldoen, dienen in Nederland maatregelen te worden doorgevoerd die de emissie uit belangrijke bronnen terugdringen. De landbouw draagt voor ongeveer 20% bij aan de primaire emissie van fijnstof in Nederland (Chardon en Van der Hoek, 2002; CBS, PBL en Wageningen UR, 2009; RIVM, 2009). Het merendeel van het fijne stof uit de landbouw komt uit varkens- en pluimveestallen (Takai e.a., 1998). Met name pluimveestallen met strooiselvloeren dragen in belangrijke mate bij aan de emissie van fijnstof in Nederland. Wageningen UR Livestock Research werkt binnen een plan van aanpak aan maatregelen en technieken die de fijnstofemissie uit pluimveestallen substantieel reduceren (Ogink en Aarnink, 2008). Een van deze technieken is het toepassen van negatieve ionisatie van stallucht (Kasper e.a., 2008).

Bij het principe van negatieve ionisatie wordt een hoge elektrische spanning in de stal aangebracht. Rond de spanningsbron ontstaat een elektrisch veld waarlangs elektronen worden uitgestoten. Het elektrisch veld transporteert en accelereert de elektronen waardoor deze voldoende kinetische energie krijgen om de neutrale gasmoleculen waarmee ze botsen te ioniseren. De negatieve ionen staan hun elektrische lading vervolgens af aan de in de lucht aanwezige stofdeeltjes. De negatief geladen stofdeeltjes zullen gaan plakken aan tegengesteld (positief) geladen of geaarde oppervlakken en objecten en worden zo uit de lucht verwijderd.

In 2008 is een commercieel beschikbaar negatief ionisatiesysteem geïnstalleerd, uitgetest en geoptimaliseerd in vleeskuikenstal P1 van pluimveeproefbedrijf Het Spelderholt te Lelystad (Cambra-López e.a., 2009a; Cambra-López e.a., 2009b). Het systeem werd toegepast gedurende alle dagen van de productieronde. Het systeem reduceerde de emissies van PM10 en PM2,5 met respectievelijk 36 en 10%, gemiddeld over de gehele productieperiode. Emissies van bacteriën en schimmels, ammoniak en geur werden niet beïnvloed door het systeem. Ook de technische resultaten, welzijnsparementen en strooiselkwaliteit werden niet beïnvloed door het ionisatiesysteem. Op grond van deze studie werd aanbevolen de werking van het ionisatiesysteem te valideren op praktijkbedrijven.

In het onderhavige onderzoek is nu de effectiviteit van het negatieve ionisatiesysteem gevalideerd in een case-control studie op praktijkbedrijven. Op twee bedrijfslocaties met elk twee identieke vleeskuikenstallen is één stal uitgerust met een negatief ionisatiesysteem terwijl de andere stal binnen hetzelfde bedrijf als controle fungeerde. In totaal waren vier stallen betrokken in het onderzoek. Aan deze stallen zijn emissiemetingen gedaan van fijnstof, ammoniak, geur en broeikasgassen.

Het doel van dit onderzoek was het onder praktijkomstandigheden en volgens officiële meetprotocollen vaststellen van de emissiereductie van het negatieve ionisatiesysteem. Op grond van dit onderzoek kunnen emissiecijfers worden vastgesteld voor regelgeving en vergunningverlening.

2 Materiaal en Methoden

2.1 Hoofdpijnen van het onderzoek

In dit onderzoek is de emissiereductie van een negatief ionisatiesysteem voor vleeskuikenstallen gevalideerd in een case-control studie op praktijkbedrijven. Op twee bedrijfslocaties met elk twee identieke vleeskuikenstallen is één stal uitgerust met het ionisatiesysteem terwijl de andere stal binnen hetzelfde bedrijf als controle fungeerde. In totaal waren vier stallen betrokken in het onderzoek.

Aan deze stallen zijn PM10 en PM2,5 metingen uitgevoerd volgens het protocol zoals beschreven in het rapport van Hofschreuder e.a. (2008). Dit meetprotocol schrijft per locatie, verspreid over het jaar, zes meetdagen van 24 uur voor. Daarmee houdt het meetprotocol rekening met periodieke variaties in fijnstofemissie, bijvoorbeeld variaties binnen een dag als gevolg van verschillen in dieractiviteit en variaties tussen dagen als gevolg van verschillen tussen seizoenen en variaties als gevolg van groei van dieren.

Naast PM10 en PM2,5 zijn metingen gedaan van ammoniak, geur, methaan en lachgas volgens meetprotocollen beschreven door respectievelijk Ogink e.a. (2008), Ogink (2008), Groenestein e.a. (2007) en Mosquera en Groenestein (2008). Deze rapportages bevatten een toelichting op en onderbouwing van de wijze waarop de meetprotocollen zijn ontworpen, evenals de beschrijving van het protocol.

2.2 Vleeskuikenstallen

De belangrijkste kenmerken van de vier vleeskuikenstallen in dit onderzoek worden weergegeven in Bijlage 1 (controle- en ionisatiestal bedrijfslocatie 1) en Bijlage 2 (controle- en ionisatiestal bedrijfslocatie 2). In deze bijlagen zijn tevens foto-impressies van de stallen en metingen opgenomen.

2.3 Metingen

In Tabel 1 worden de omstandigheden weergegeven waaronder de metingen zijn verricht.

Tabel 1 Data waarop metingen zijn uitgevoerd met de leeftijd van de dieren (Dagnr.: dagen na opzet) en de gemiddelde 24-uurs klimaatgegevens: gemiddelde buitentemperatuur (T-buiten; [°C]) en gemiddelde relatieve luchtvochtigheid buiten (RV-buiten; [%]) volgens het dichtstbijzijnde weerstation, gemiddelde staltemperatuur (T-stal; [°C]) en gemiddelde relatieve luchtvochtigheid in de stal (RV-stal; [%])

Bedrijf		Meting					
		1	2	3	4	5	6
Bedrijf 1 Controlestal	Datum	01/04/2009	14/04/2009	25/05/2009	29/06/2009	30/09/2009	21/10/2009
	Dagnr.	16	29	28	21	30	9
	T-buiten	10,2	15,0	19,7	21,9	14,8	8,8
	RV-buiten	79,4	78,2	72,2	76,3	99,8	73,8
	T-stal	27,8	23,3	24,8	27,5	22,2	28,8
	RV-stal	74,9	77,5	60,8	65,0	78,1	60,8
Bedrijf 1 Ionisatiestal	Datum	01/04/2009	14/04/2009	25/05/2009	29/06/2009	30/09/2009	21/10/2009
	Dagnr.	16	29	28	21	30	9
	T-buiten	10,2	15,0	19,7	21,9	14,6	9,6
	RV-buiten	79,4	78,2	72,2	76,3	98,4	70,4
	T-stal	26,7	23,7	24,4	26,8	21,5	28,5
	RV-stal	61,6	62,9	61,6	66,7	74,3	64,0
Bedrijf 2 Controlestal	Datum	02/09/2009	11/11/2009	24/02/2010	14/04/2010	22/06/2010	19/07/2010
	Dagnr.	27	41	20	15	33	11
	T-buiten	17,6	6,2	9,3	10,3	18,0	*)
	RV-buiten	71,1	86,4	98,2	56,5	58,0	*)
	T-stal	26,5	19,0	26,6	27,5	25,4	*)
	RV-stal	*)	76,1	*)	62,2	56,9	*)
Bedrijf 2 Ionisatiestal	Datum	02/09/2009	11/11/2009	24/02/2010	14/04/2010	22/06/2010	19/07/2010
	Dagnr.	27	41	20	15	33	11
	T-buiten	18,0	6,0	9,3	10,8	17,0	24,0
	RV-buiten	70,4	84,8	85,8	57,9	61,5	53,8
	T-stal	26,1	18,4	25,7	27,2	*)	*)
	RV-stal	62,9	75,6	65,7	59,1	*)	*)

*) Ontbrekende of onbruikbare data (technische storingen, etc.)

2.3.1 Stofmetingen

De volgende stofmonsters zijn genomen tijdens meetdagen van 24 uur:

- duplo 24-uurs monsters van deeltjes kleiner dan $10\ \mu\text{m}$ (PM₁₀) van de uitgaande stallucht en enkelvoudige 24-uurs monsters van PM₁₀ van de ingaande stallucht;
- duplo 24-uurs monsters van deeltjes kleiner dan $2,5\ \mu\text{m}$ (PM_{2,5}) van de uitgaande stallucht en enkelvoudige 24-uurs monsters van PM_{2,5} van de ingaande stallucht;
- minuutmonsters van deeltjes kleiner dan $10\ \mu\text{m}$ (PM₁₀) van de uitgaande stallucht;
- enkelvoudige 24-uurs monsters van totaalstof van de uitgaande stallucht.



Figuur 1 Monsterapparatuur voor PM₁₀ en PM_{2,5}. Linksboven: de 'constant flow' monsternamepomp. Rechtsboven: de DustTrak model 8520 voor optische en continue metingen van het verloop in PM₁₀ concentratie. Linksonder (van links naar rechts): inlaat, PM₁₀ cycloon, PM_{2,5} cycloon en filterhouder. Rechtsonder (van links naar rechts): de constructie van de inlaat

Figuur 1 laat de monstername-apparatuur zien voor PM₁₀ en PM_{2,5}. De apparatuur voor gravimetrische meting is gebaseerd op de standaard referentie monsternamekoppen voor bepaling van PM₁₀ en PM_{2,5} concentraties in de buitenlucht (NEN-EN 12341, 1998; NEN-EN 14907, 2005). Het verschil tussen de gebruikte apparatuur en deze standaard apparatuur voor de buitenlucht is dat de impactor voorafscheider is vervangen door een cycloon voorafscheider. Dit vanwege het gevaar van overbelading van de impactieplaat, vooral bij bemonstering van PM_{2,5} (Zhao e.a., 2009).

PM10 en PM2,5 werd verzameld op een filter, nadat de grotere stofdeeltjes waren afgescheiden met behulp van een PM10 of PM2,5 cycloon (URG corp., Chapel Hill, VS). Het stof werd verzameld op glasvezelfilters met een diameter van 47 mm (type MN GF-3, Macherey-Nagel GmbH & Co., Düren, Duitsland). De filters werden voor en na de stofmonstername gewogen onder standaard condities: temperatuur $20\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$ en $50\% \pm 5\%$ relatieve luchtvochtigheid. Deze voorwaarden staan beschreven in NEN-EN 14907 (2005). Het verschil in gewicht voor en na de metingen werd gebruikt om de hoeveelheid verzameld stof te bepalen. Lucht werd door inlaat, cycloon en filter gezogen met monsternamepompen van het type Charlie HV (roterend, $6\text{ m}^3/\text{uur}$, Ravebo Supply BV, Brielle). Deze 'constant flow' pompen regelen het debiet automatisch op basis van de gemeten temperatuur bij de monsternametekop (inlaat). Het debiet van deze pompen blijft ook constant bij toename van de drukval over het filter. Hierdoor werd een stabiele luchtstroom verkregen binnen 2% van de nominale waarde. De pompen werden geprogrammeerd op een flow van $1,0\text{ m}^3/\text{uur}$ en op een start- en eindtijd van de monsternameperiode. De werkelijke hoeveelheid lucht die bij de monsternamepunten werd aangezogen werd met een gasmeter gemeten (gecorrigeerd naar de temperatuur bij de monsternamepunten).

Voor een uitvoerige beschrijving van het stofmeetprotocol, de achtergronden en de stofmeetapparatuur wordt verwezen naar Hofschreuder e.a. (2008). In voornoemd rapport staan tevens correctielijnen vermeld voor omrekening van de concentraties gevonden met cycloon monsternametekoppen naar impactor monsternametekoppen. De volgende correcties zijn uitgevoerd:

PM10: $< 222,6\text{ }\mu\text{g}/\text{m}^3$: $Y = 1,0877 X$
 $> 222,6\text{ }\mu\text{g}/\text{m}^3$: $Y = 0,8304 X + 57,492$

PM2,5: geen correctie

Op de meetdagen werd tevens elke seconde de PM10 concentratie (mg/m^3) gemeten in de uitgaande stallucht met behulp van de DustTrak (Figuur 1, DustTrak TM Aerosol Monitor, model 8520, TSI Incorporated, Shoreview, USA). Minuutgemiddelde PM10 concentraties werden gelogd. Deze metingen werden verricht om het verloop van de stofconcentratie gedurende de dag te bepalen.

Totaalstof werd bepaald volgens de methode zoals beschreven door Groot Koerkamp e.a. (1996). Deze methode werd toegepast in het EU-project Aerial Pollutants waaruit de eerste cijfers voor stofemissie uit de veehouderij zijn bepaald. Bij deze methode werd totaalstof (zoals gedefinieerd in de Europese Standaard EN 481) bemonsterd volgens de gravimetrische meetmethode: met IOM monsternametekoppen (SKC Inc., Pennsylvania, VS) bij een debiet van $2,0\text{ l}/\text{min}$. De filters werden voor en na bemonstering gewogen om de hoeveelheid verzameld stof te bepalen. Figuur 2 laat de IOM monsternametekop zien voor totaalstof.



Figuur 2 Monsterapparatuur voor totaalstof. Links op de foto de monsternametekop met aanzuigleiding naar de pomp; rechts op de foto de filterhouder met bescherming voor transport.

2.3.2 Ammoniakmetingen

De ammoniakconcentratie werd volgens de natchemische meetmethode voor NH_3 (Wintjes, 1993) gemeten. Bij deze meetmethode wordt de lucht via een monsternameleiding met een constante luchtstroom ($\sim 1,0\text{ l}/\text{min}$) aangezogen met behulp van een pomp (Thomas Industries Inc., model 607CD32, Wabasha, Minnesota, VS) en een kritische capillair die een luchtstroom geeft van $\sim 1,0\text{ l}/\text{min}$. Alle lucht wordt door een impinger (geplaatst in een wasfles met 100 ml salpeterzuur) geleid, waarbij de NH_3 wordt opgevangen. Om rekening te houden met eventuele doorslag wordt een tweede

fles in serie geplaatst. Om doorslag naar de pomp te voorkomen wordt de lucht na de impingers met zuur door een vochtvanger (impinger zonder vloeistof) geleid. De metingen werden per meetplek in duplo uitgevoerd (Figuur 3). De molariteit van de zure oplossing in de wasflessen is afhankelijk van het aanbod van NH_3 dat moet worden gebonden; voor deze stallen was deze 0,05 M. Na de bemonsteringstijd (24 uur) wordt de concentratie gebonden NH_3 spectrofotometrisch bepaald. Voor en na de meting werd de exacte luchtstroom bepaald met behulp van een flowmeter (Defender 510-m, Bios Int. Corp, USA). Door de bemonsteringsduur, de bemonsteringsflow, het NH_4^+ gehalte en de hoeveelheid opvangvloeistof te verrekenen kan de NH_3 -concentratie in de bemonsterde lucht worden bepaald. Zowel de ingaande als uitgaande stallucht werd in duplo bemonsterd.

$[CO_2]_{buiten}$; ppm) gedurende 24 uur gemeten en de CO_2 -productie van de dieren (m^3 /uur per dier) in de stal berekend aan de hand van CIGR rekenregels (CIGR, 2002; Pedersen e.a., 2008). Door de CO_2 -productie per dier te vermenigvuldigen met het aantal aanwezige dieren (n) in de stal kan de totale CO_2 -productie worden berekend. Het ventilatiedebiet V (m^3 /uur) wordt dan bepaald op basis van:

$$V = \frac{CO_2 - productie}{[CO_2]_{stal} - [CO_2]_{buiten}}$$

2.3.6 Metingen temperatuur en RV

Temperatuur ($^{\circ}C$) en relatieve luchtvochtigheid (%) van de ingaande en uitgaande stallucht werden continu gemeten met behulp van temperatuur- en vochtsensoren (Rotronic; ROTRONIC Instrument Corp., Huntington, VS), met een nauwkeurigheid van respectievelijk $\pm 1,0^{\circ}C$ en $\pm 2\%$, en de data werden opgeslagen in een datalogstelsysteem (typen: CR10, CR10X, CR23 en CR23X, Campbell Scientific Inc., Logan, VS).

2.4 Dataverwerking

Voor alle bedrijven ($j=1, 2$) werden per stal (k =controle, ionisatie) en per meetdag ($i=1, 2, \dots, 6$) de emissies van fijnstof, ammoniak, methaan en lachgas (E_{ijk} bepaald op basis van het gemiddeld ventilatiedebiet (V_{ijk}) en de gemiddelde concentraties van de uitgaande lucht ($C_{uit_{ijk}}$) en de ingaande lucht ($C_{in_{ijk}}$):

$$E_{ijk} = V_{ijk} \times (C_{uit_{ijk}} - C_{in_{ijk}})$$

Voor alle bedrijven ($j=1, 2$) werden per stal (k =controle, ionisatie) en per meetdag ($i=1, 2, \dots, 6$) de emissie van geur (E_{ijk}) bepaald op basis van het gemiddeld ventilatiedebiet (V_{ijk}) en de gemiddelde concentraties van de uitgaande lucht ($C_{uit_{ijk}}$):

$$E_{ijk} = V_{ijk} \times C_{uit_{ijk}}$$

Deze gemiddelde dagemissies werden, behalve voor geur, vervolgens vermenigvuldigd met 365 dagen om de jaaremmissies (niet gecorrigeerd voor leegstand) te berekenen. Voor geur werd de emissie uitgedrukt in OU_E/s , en uitgedrukt als natuurlijke logaritme.

In afwijking van het meetprotocol is de gemiddelde emissie niet berekend als overall gemiddelde. Op basis van de dag in de productiecycclus waarop de emissies werden gemeten, werden de emissies ingedeeld in drie perioden van twee weken ($p=1, 2, 3$) binnen een productiecycclus van zes weken. Per behandeling (k) en periode (p) werd daarna een gemiddelde emissie berekend (E_{kp}). De emissie per behandeling (E_k) op jaarbasis per dierplaats werd vervolgens bepaald als de gemiddelde emissie over deze drie verschillende periodegemiddelden in de productiecycclus:

$$E_k = \overline{E_{kp}}$$

Deze berekening vanuit drie periodegemiddeldes is toegepast omdat het aantal waarnemingen in de tweede helft van de ronde groter was dan in de eerste helft. Voor geur werd de mediane emissie bepaald door het gemiddelde op log-schaal terug te transformeren naar normale schaal.

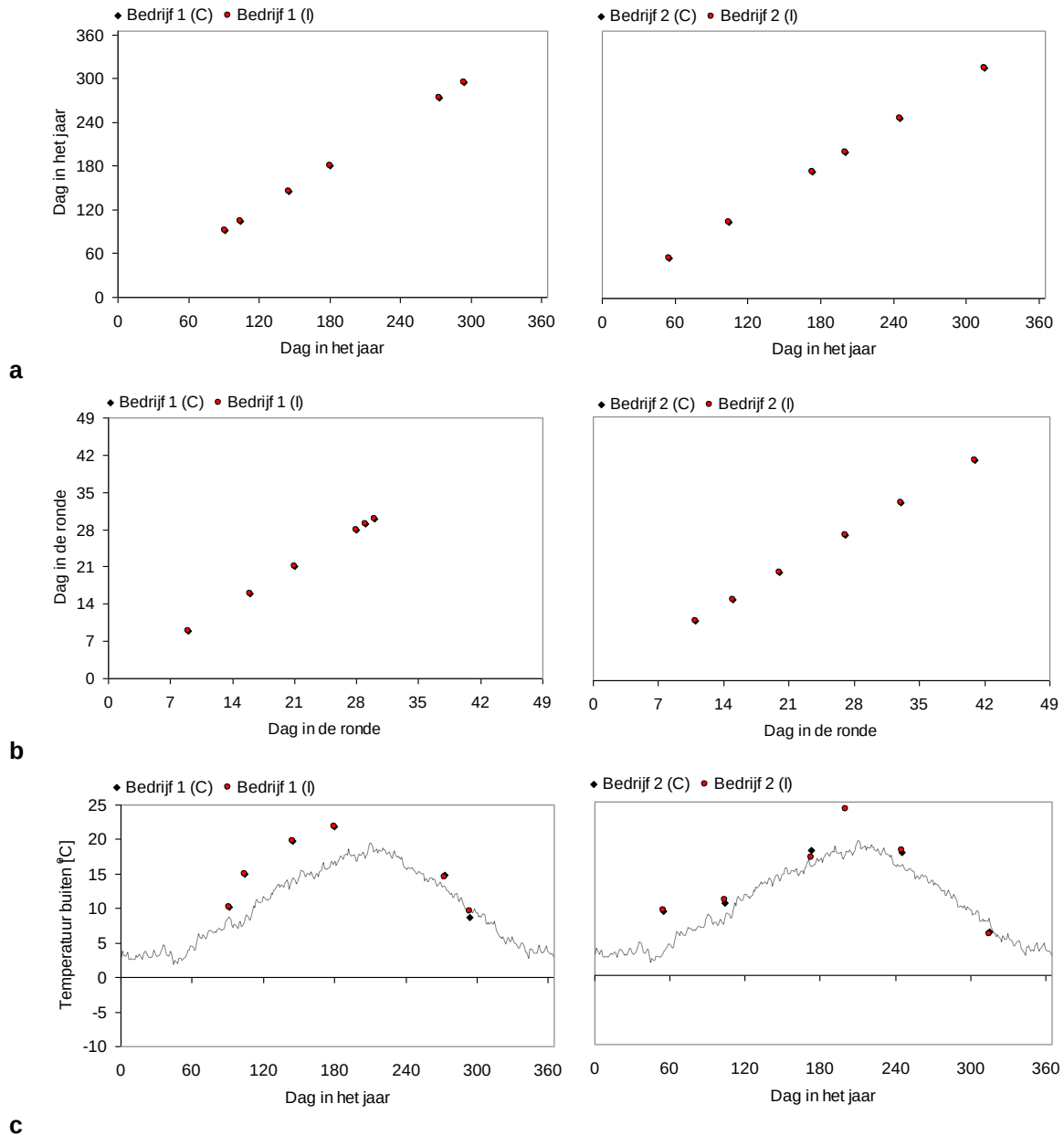
Tenslotte werd de emissiereductie (E_r) bepaald als het relatieve verschil tussen de jaaremmissie van de controle- ($E_{controle}$) en ionisatiestallen ($E_{ionisatie}$):

$$E_r = 100 * \left(1 - \frac{E_{ionisatie}}{E_{controle}} \right)$$

3 Resultaten

3.1 Meetomstandigheden

De gebruikte meetprotocollen schrijven voor dat, op alle bemeten bedrijven, zes maal gemeten moet worden. De metingen moeten verdeeld over een jaar verricht worden. Daarnaast moeten de zes metingen gebalanceerd over de groeiperiode worden gedaan, waarbij de helft van de metingen in het eerste deel en de andere helft in het tweede deel van de groeiperiode dient te vallen. Minimaal 80% van deze metingen (vijf metingen per locatie) moet betrouwbare resultaten opleveren. Figuur 4 laat zien hoe de metingen in dit onderzoek in werkelijkheid verdeeld waren.

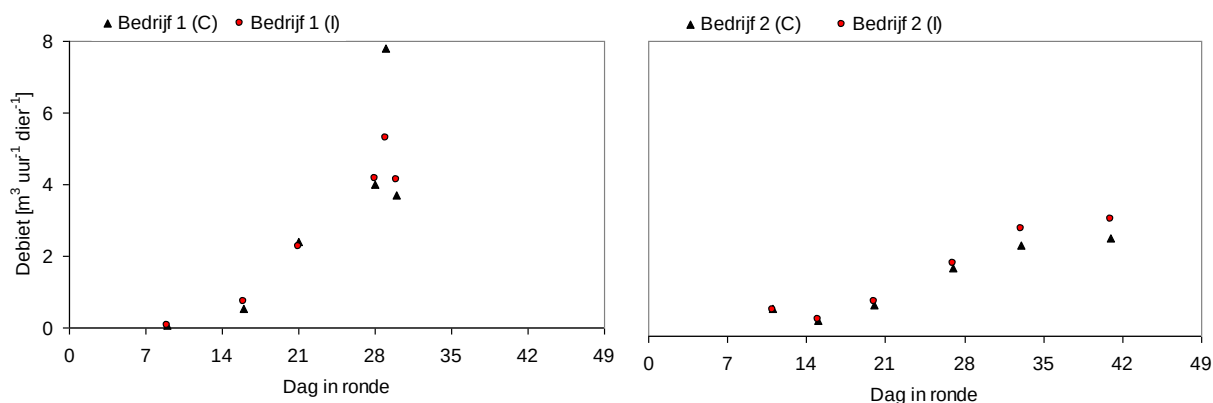


Figuur 4 Verdeling van de metingen over het jaar (a), de productieperiode (b), en de buitentemperatuur (c) vergeleken met de gemiddelde waarden gemeten over de jaren 1984-2009 voor de regio Eindhoven (www.knmi.nl; als stippellijn weergegeven). Links: bedrijf 1; Rechts: bedrijf 2; C: controlestal; I: ionisatiestal

De gemiddelde meetdag in de productieronde bedroeg 22 dagen voor bedrijf 1 en 25 dagen voor bedrijf 2. De metingen zijn goed verspreid over het jaar genomen met een gemiddeld dagnummer in het jaar van 181 voor bedrijf 1, en van 182 voor bedrijf 2. De gemiddelde buitentemperatuur op de dagen waarop is gemeten is voor zowel bedrijf 1 (15,0 °C) als voor bedrijf 2 (12,3 °C) hoger dan het langjarige gemiddelde in Nederland (10,1 °C).

3.2 Ventilatie-debiet

In Figuur 5 wordt het ventilatie-debiet op de verschillende meetdagen voor de twee bedrijven (1 controlestal en 1 ionisatieststal per bedrijf) weergegeven.

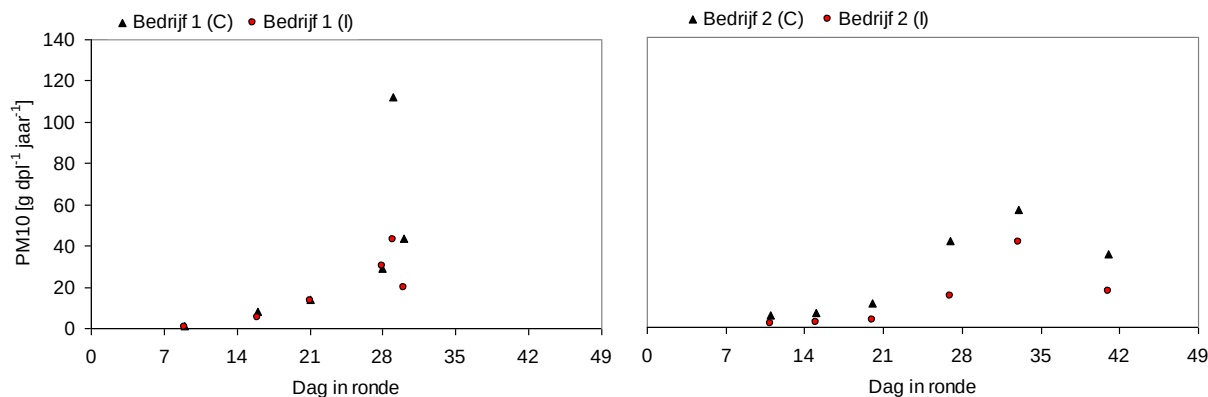


Figuur 5 Gemiddelde ventilatie-debiet op de verschillende meetdagen voor bedrijf 1 (links) en bedrijf 2 (rechts); C: controlestal; I: ionisatieststal

Uit deze figuur blijkt dat het ventilatie-debiet laag was aan het begin van de productieronden en toenam naarmate de vleeskuikens ouder werden, eindigend met een hoog ventilatie-debiet aan het einde van de ronde. De ventilatie-debieten per meting waren zeer vergelijkbaar tussen de ionisatie- en controlestal, behalve voor meting 2 op bedrijf 1 (dag 29 in ronde). Het gemiddelde debiet op bedrijf 1 bedroeg 3,1 m^3/uur per dier voor de controlestal en 2,8 m^3/uur per dier voor de ionisatieststal. Het gemiddelde debiet op bedrijf 2 was 1,5 m^3/uur per dier voor de controlestal en 1,7 m^3/uur per dier voor de ionisatieststal.

3.3 PM10 emissie

In Figuur 6 wordt de PM10 emissie op de verschillende meetdagen voor de twee bedrijven (1 controlestal en 1 ionisatiestal per bedrijf) weergegeven.

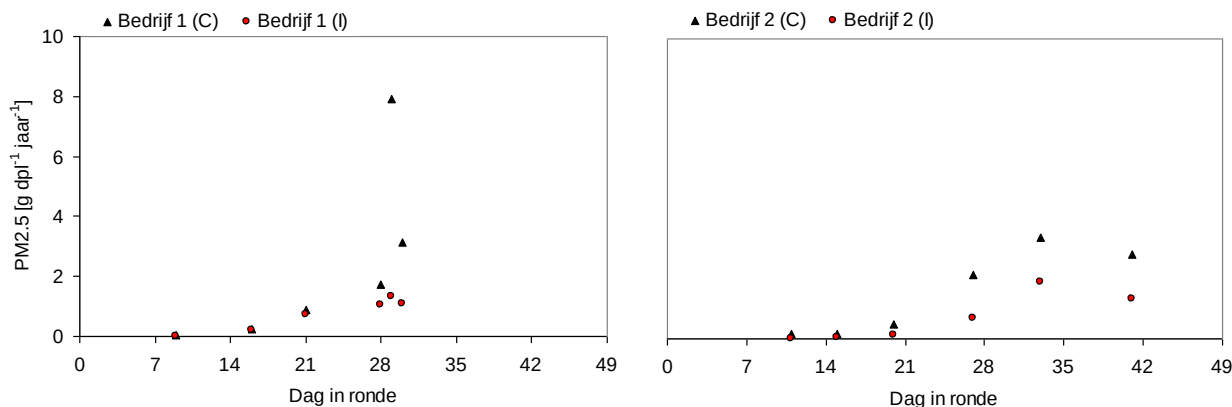


Figuur 6 Gemiddelde PM10 emissies op de verschillende meetdagen voor bedrijf 1 (links) en bedrijf 2 (rechts); C: controlestal; I: ionisatiestal

Uit deze figuur blijkt dat de PM10 emissies laag waren aan het begin van de productieronden en toenamen naarmate de vleeskuikens ouder werden. Op basis van de resultaten weergegeven in Figuur 6 en de berekeningsmethodiek beschreven in paragraaf 2.3 werd een jaaremissie berekend voor PM10 per opgezet dier (niet gecorrigeerd voor leegstand; $\pm$ standaarddeviatie tussen bedrijven) van $28,0 \pm 5,6$ g/jaar voor de controlestallen, en van $14,3 \pm 2,3$ g/jaar per opgezet dier voor de ionisatiestallen. De gemiddelde emissiereductie voor PM10 ($\pm$ standaarddeviatie tussen bedrijven) bedroeg $48,8 \pm 2,3\%$.

3.4 PM2,5 emissie

In Figuur 7 wordt de PM2,5 emissie op de verschillende meetdagen voor de twee bedrijven (1 controlestal en 1 ionisatiestal per bedrijf) weergegeven.



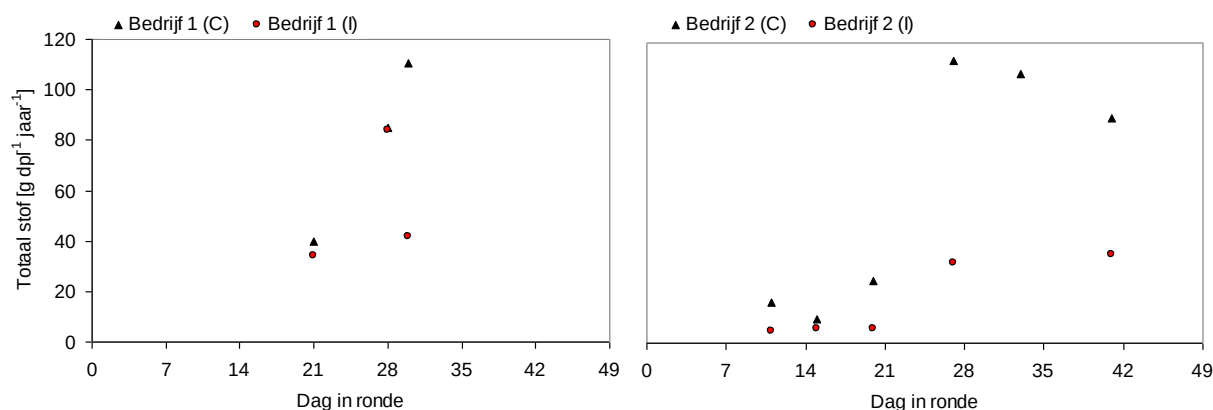
Figuur 7 Gemiddelde PM2,5 emissies op de verschillende meetdagen voor bedrijf 1 (links) en bedrijf 2 (rechts); C: controlestal; I: ionisatiestal

Uit deze figuur blijkt dat de PM2,5 emissies laag waren aan het begin van de productieronden en toenamen naarmate de vleeskuikens ouder werden. Op basis van de resultaten weergegeven in Figuur 7 en de berekeningsmethodiek beschreven in paragraaf 2.3 werd een jaaremissie berekend voor PM2,5 per opgezet dier (niet gecorrigeerd voor leegstand; $\pm$ standaarddeviatie tussen bedrijven) van $1,8 \pm 0,5$ g/jaar per opgezet dier voor de controlestallen, en van $0,6 \pm 0,0$ g/jaar voor de

ionisatiestallen. De gemiddelde emissiereductie voor PM_{2,5} ($\pm$ standaarddeviatie tussen bedrijven) bedroeg $64,9 \pm 12,0\%$.

3.5 Totaalstofemissie

In Figuur 8 wordt de totaalstofemissie op de verschillende meetdagen voor de twee bedrijven (1 controlestal en 1 ionisatiestal per bedrijf) weergegeven.

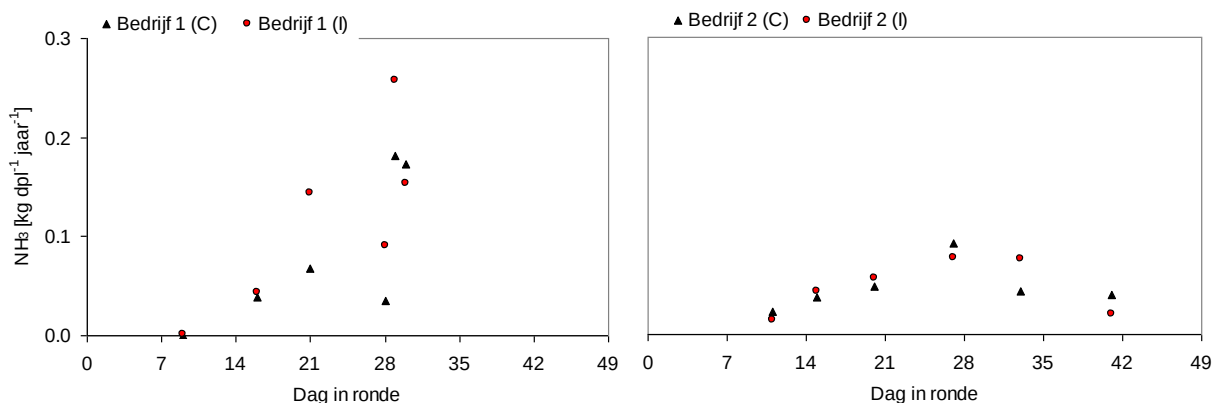


Figuur 8 Gemiddelde totaalstofemissies op de verschillende meetdagen voor bedrijf 1 (links) en bedrijf 2 (rechts); C: controlestal; I: ionisatiestal

Uit deze figuur blijkt dat de totaalstofemissies laag waren aan het begin van de productieronden en toenamen naarmate de vleeskuikens ouder werden. Op basis van de resultaten weergegeven in Figuur 8 en de berekeningsmethodiek beschreven in paragraaf 2.3 werd een jaaremissie berekend voor totaal stof per opgezet dier (niet gecorrigeerd voor leegstand; $\pm$ standaarddeviatie tussen bedrijven) van $70,6 \pm 22,4$ g/jaar voor de controlestallen, en van $34,4 \pm 22,8$ g/jaar voor de ionisatiestallen. De gemiddelde emissiereductie voor totaalstof ($\pm$ standaarddeviatie tussen bedrijven) bedroeg $51,2 \pm 17,7\%$.

3.6 Ammoniakemissie

In Figuur 9 wordt de ammoniakemissie op de verschillende meetdagen voor de twee bedrijven (1 controlestal en 1 ionisatiestal per bedrijf) weergegeven.



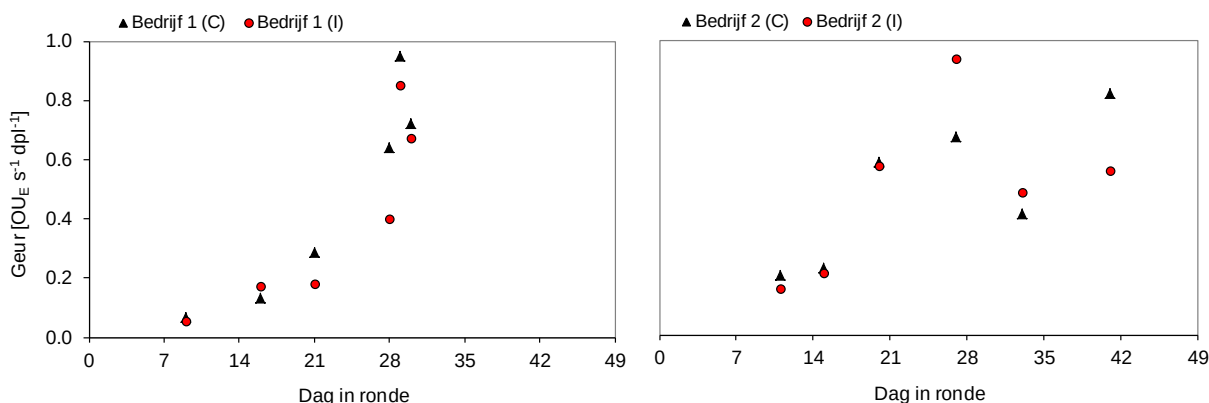
Figuur 9 Gemiddelde ammoniakemissies op de verschillende meetdagen voor bedrijf 1 (links) en bedrijf 2 (rechts); C: controlestal; I: ionisatiestal

Uit deze figuur blijkt dat de ammoniakemissies laag waren aan het begin van de productieronden en toenamen naarmate de vleeskuikens ouder werden. Op basis van de resultaten weergegeven in Figuur 9 en de berekeningsmethodiek beschreven in paragraaf 2.3 werd een jaaremissie berekend

voor ammoniak per opgezet dier (niet gecorrigeerd voor leegstand; $\pm$ standaarddeviatie tussen bedrijven) van $58,1 \pm 23,6$ g/jaar voor de controlestallen, en van $70,3 \pm 41,5$ g/jaar voor de ionisatiestallen. De gemiddelde emissiereductie voor ammoniak ($\pm$ standaarddeviatie tussen bedrijven) bedroeg $-21,0 \pm 24,3\%$.

3.7 Geuremissie

In Figuur 10 wordt de geuremissie op de verschillende meetdagen voor de twee bedrijven (1 controlestal en 1 ionisatiestal per bedrijf) weergegeven.

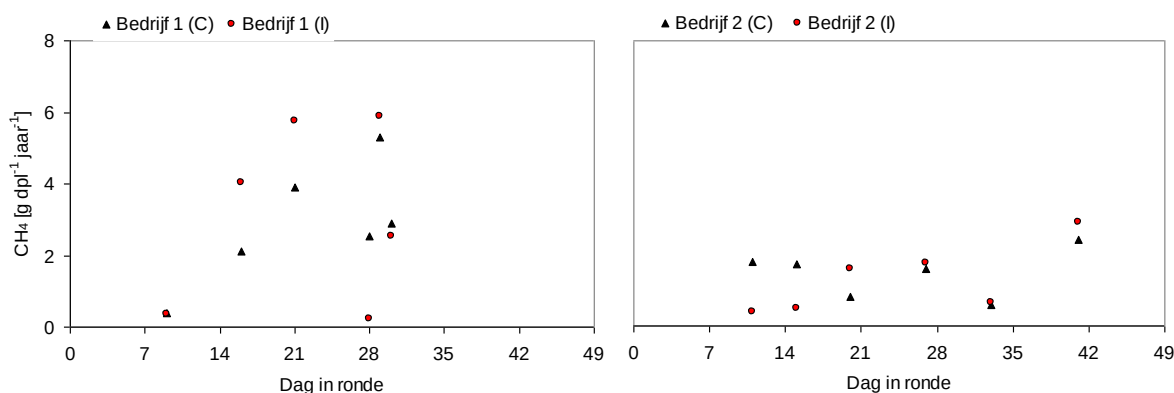


Figuur 10 Gemiddelde geuremissies op de verschillende meetdagen voor bedrijf 1 (links) en bedrijf 2 (rechts); C: controlestal; I: ionisatiestal

Uit deze figuur blijkt dat de geuremissies laag waren aan het begin van de productieronden en toenamen naarmate de vleeskuikens ouder werden. Op basis van de resultaten weergegeven in Figuur 10 en de berekeningsmethodiek beschreven in paragraaf 2.3 werd een (mediane) jaaremissie berekend voor geur per opgezet dier (niet gecorrigeerd voor leegstand; $\pm$ standaarddeviatie tussen bedrijven) van $0,31 \pm 0,08$ OU_E/s voor de controlestallen, en van $0,27 \pm 0,10$ OU_E/s voor de ionisatiestallen. De gemiddelde emissiereductie voor geur ($\pm$ standaarddeviatie tussen bedrijven) bedroeg $12,2 \pm 8,2\%$.

3.8 Methaanemissie

In Figuur 11 wordt de methaanemissie op de verschillende meetdagen voor de twee bedrijven (1 controlestal en 1 ionisatiestal per bedrijf) weergegeven.

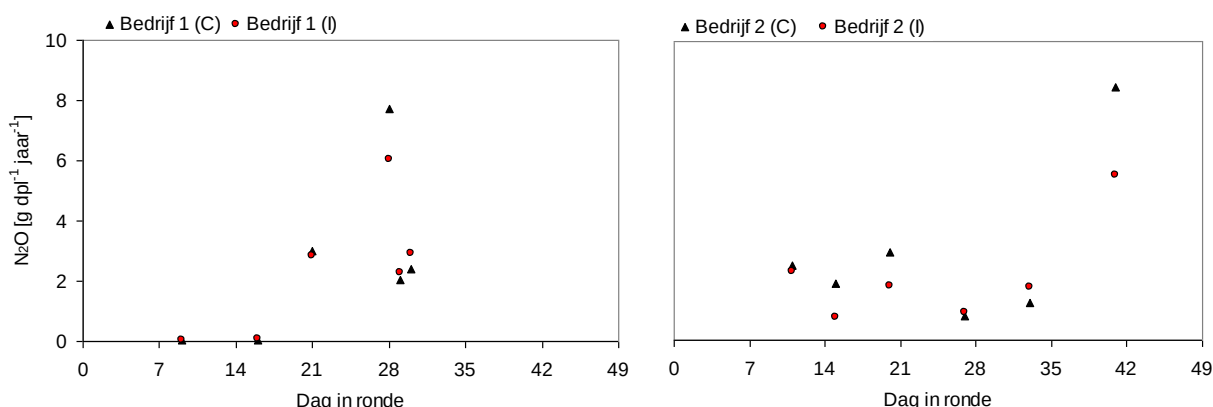


Figuur 11 Gemiddelde methaanemissies op de verschillende meetdagen voor bedrijf 1 (links) en bedrijf 2 (rechts); C: controlestal; I: ionisatiestal

Uit deze figuur blijkt dat de methaanemissies over het algemeen laag waren aan het begin van de productieronden en toenamen naarmate de vleeskuikens ouder werden. De spreiding binnen en tussen beide bedrijven was groot. Op basis van de resultaten weergegeven in Figuur 11 en de berekeningsmethodiek beschreven in paragraaf 2.3 werd een jaaremissie berekend voor methaan per opgezet dier (niet gecorrigeerd voor leegstand; $\pm$ standaarddeviatie tussen bedrijven) van $2,0 \pm 0,6$ g/jaar voor de controlestallen, en van $1,9 \pm 1,1$ g/jaar voor de ionisatiestallen. De gemiddelde emissiereductie voor methaan ($\pm$ standaarddeviatie tussen bedrijven) bedroef $5,3 \pm 24,4\%$.

3.9 Lachgasemissie

In Figuur 12 wordt de lachgasemissie op de verschillende meetdagen voor de twee bedrijven (1 controlestal en 1 ionisatiestal per bedrijf) weergegeven.



Figuur 12 Gemiddelde lachgasemissies op de verschillende meetdagen voor bedrijf 1 (links) en bedrijf 2 (rechts); C: controlestal; I: ionisatiestal

Uit deze figuur blijkt dat de lachgasemissies over het algemeen laag waren aan het begin van de productieronden en toenamen naarmate de vleeskuikens ouder werden. De spreiding binnen en tussen beide bedrijven was groot. Op basis van de resultaten weergegeven in Figuur 12 en de berekeningsmethodiek beschreven in paragraaf 2.3 werd een jaaremissie berekend voor lachgas per opgezet dier (niet gecorrigeerd voor leegstand; $\pm$ standaarddeviatie tussen bedrijven) van $2,5 \pm 0,8$ g/jaar voor de controlestallen, en van $2,1 \pm 0,4$ g/jaar voor de ionisatiestallen. De gemiddelde emissiereductie voor lachgas ($\pm$ standaarddeviatie tussen bedrijven) bedroeg $15,9 \pm 13,2\%$.

4 Discussie

In het hoofdstuk resultaten zijn de verschillende emissies op jaarbasis berekend en vermeld zonder correctie voor leegstand. Volgens de meetprotocollen dienen bij de berekening van de emissiefactoren voor vleeskuikens in het geval van stof en ammoniak een gemiddelde correctie voor leegstand van 0,82 (18% leegstand) te worden toegepast. In Tabel 5 worden de in dit onderzoek gemeten en voor leegstand gecorrigeerde, gemiddelde emissiecijfers weergegeven voor de controle- en ionisatiestallen, alsook de procentuele emissiereducties van de stallen uitgerust met het ionisatiesysteem. Ter vergelijking zijn in de kolom 'vergelijkende emissiewaarden' cijfers opgenomen uit het Overzicht emissiefactoren fijn stof voor de veehouderij (PM10), Regeling ammoniak en veehouderij (Rav; ammoniak) en Regeling geur en veehouderij (Rgv; geur) of waarden die in recent emissieonderzoek aan vleeskuikenstallen zijn gepubliceerd (Winkel e.a., 2009).

Tabel 5 Emissies van PM10, PM2,5, ammoniak, geur, methaan en lachgas voor de controle- en ionisatiestallen, uitgedrukt per dierplaats; onderscheiden naar meetwaarden met en zonder leegstandcorrectie voor zover vereist volgens meetprotocol; en waarden uit het Overzicht emissiefactoren fijn stof voor de veehouderij¹⁾, Rav²⁾ en ³⁾, Rgv⁴⁾ of recent onderzoek⁵⁾

Emissiecomponent, behandeling en procentuele reductie	Emissiewaarden (niet gecorrigeerd voor leegstand)	Emissiewaarden (gecorrigeerd voor leegstand) ⁵⁾	Vergelijkende emissiewaarden
<i>PM10</i>			
controlestallen (g/dierplaats per jaar)	28,0 ± 5,6	22,9 ± 4,6	22 ^{1),5),6)}
ionisatiestallen (g/dierplaats per jaar)	14,3 ± 2,3	11,7 ± 1,9	
reductie (%)	48,8 ± 2,3	48,8 ± 2,3	
<i>PM2,5</i>			
controlestallen (g/dierplaats per jaar)	1,8 ± 0,5	1,5 ± 0,4	1,6 ^{5),6)}
ionisatiestallen (g/dierplaats per jaar)	0,6 ± 0,0	0,5 ± 0,0	
reductie (%)	64,9 ± 12,0	64,9 ± 12,0	
<i>Ammoniak; per behandeling</i>			
controlestallen (g/dierplaats per jaar)	58,1 ± 23,6	47,6 ± 19,4	—
ionisatiestallen (g/dierplaats per jaar)	70,3 ± 41,5	57,6 ± 34,1	
reductie (%)	-21,0 ± 24,3	-21,0 ± 24,3	
<i>Ammoniak; per bedrijf</i>			
controlestal 1 (g/dierplaats per jaar)	74,8 ± 76,3	61,3 ± 62,5	45 ^{2),6)}
ionisatiestal 1 (g/dierplaats per jaar)	99,7 ± 91,2	81,7 ± 74,8	
reductie (%)	-33,3 ± 80,4	-33,3 ± 66,0	
controlestal 2 (g/dierplaats per jaar)	41,4 ± 23,3	33,9 ± 19,1	37 ^{3),6)}
ionisatiestal 2 (g/dierplaats per jaar)	40,9 ± 26,8	33,5 ± 22,0	
reductie (%)	1,1 ± 45,1	1,1 ± 37,0	
<i>Geur</i>			
controlestallen (OU _E /dierplaats per s)	0,31 ± 0,08		0,24 ⁴⁾
ionisatiestallen (OU _E /dierplaats per s)	0,27 ± 0,10		0,39 ⁵⁾
reductie (%)	12,2 ± 8,2		
<i>Methaan</i>			
controlestallen (g/dierplaats per jaar)	2,0 ± 0,6	1,6 ± 0,5	3,6 ⁵⁾
ionisatiestallen (g/dierplaats per jaar)	1,9 ± 1,1	1,6 ± 0,9	
reductie (%)	5,3 ± 24,4	5,3 ± 24,4	
<i>Lachgas</i>			
controlestallen (g/dierplaats per jaar)	2,5 ± 0,8	2,1 ± 0,7	8,9 ⁵⁾
ionisatiestallen (g/dierplaats per jaar)	2,1 ± 0,4	1,7 ± 0,3	
reductie (%)	15,9 ± 13,2	15,9 ± 13,2	

¹⁾ Overzicht emissiefactoren fijn stof voor de veehouderij (PM10), Ministerie van Infrastructuur en Milieu

²⁾ Rav: Regeling ammoniak en veehouderij. De stallen van bedrijf 1 zijn uitgerust met 'E 5.5 Grondhuisvesting met vloerverwarming en vloerkoeling' voor ammoniakreductie (BWL 2001.11): 45 g/dierplaats per jaar

³⁾ Rav: Regeling ammoniak en veehouderij. De stallen van bedrijf 2 zijn uitgerust met 'E 5.6 Mixluchtventilatie' voor ammoniakreductie (BWL 2005.10.V2): 37 g/dierplaats per jaar

⁴⁾ Rgv: Regeling geur en veehouderij

⁵⁾ Winkel e.a., 2009

⁶⁾ Gecorrigeerd voor leegstand van 18%

Uit Tabel 5 kan opgemaakt worden dat de jaargemiddelde PM10- en PM2,5-emissies uit de twee controlestallen in dit onderzoek zeer vergelijkbaar zijn met de emissies gerapporteerd op basis van recent onderzoek aan vier vleeskuikenstallen (Winkel e.a., 2009) en de emissiefactoren die op grond daarvan zijn vastgesteld in het Overzicht emissiefactoren fijn stof voor de veehouderij (PM10).

De jaargemiddelde emissiereducties van PM10 (48,8%) en PM2,5 (64,9) in dit validatieonderzoek zijn hoger dan in het 'proof of principle' onderzoek in vleeskuikenstal P1 van pluimveeproefbedrijf Het Spelderholt te Lelystad (Cambra-López e.a., 2009a; Cambra-López e.a., 2009b; 36% voor PM10 en 10% voor PM2,5). In het huidige onderzoek zijn de ionisatiestallen uitgerust met 9 coronadraden op ca. 15 tot 30 cm onder het plafond, zodat over een groot deel van het plafondoppervlak (ca. 1587 m² voor bedrijf 1 en ca. 1350 m² voor bedrijf 2) stofhechting plaatsvond. Hiertoe werden de dakplaten soms nog extra geaard. Tijdens het 'proof of principle' onderzoek hingen de coronadraden op ca. 2,5 m hoogte door de stalruimte. Stofhechting vond toen plaats aan vier geaarde aluminium platen en aan de wanden en inrichting van de stal. Vermoedelijk is de toepassing in het huidige onderzoek effectiever.

De ammoniakemissies uit de vier stallen dienen op bedrijfsniveau te worden vergeleken met vergelijkende emissiewaarden omdat de vleeskuikenstallen van bedrijf 1 zijn uitgerust met 'Grondhuisvesting met vloerverwarming en vloerkoeling' (BWL 2001.11; emissiefactor: 45 g/dierplaats per jaar), terwijl de vleeskuikenstallen van bedrijf 2 zijn uitgerust met 'Mixluchtventilatie' (BWL 2005.10.V2; emissiefactor: 37 g/dierplaats per jaar). De reductiesystemen voor ammoniak waren gedurende het gehele onderzoek in werking in alle vier stallen. De metingen aan bedrijf 2 laten een ammoniakemissie zien die nog enigszins lager is dan de emissiefactor voor dit stalsysteem. Op dit bedrijf zijn de ammoniakemissies van controle- en ionisatiestal zeer vergelijkbaar (Figuur 9). Op bedrijf 1 werd een relatief hoge ammoniakemissie gevonden, waarbij de ammoniakemissie uit de ionisatiestal gemiddeld 33% hoger was dan uit de controlestal. Een verklaring voor deze twee verschijnselen is niet gevonden. Bij drie van de zes metingen op bedrijf 1 waren de ammoniakemissies vergelijkbaar tussen de stallen. Bij drie andere metingen (dag 21, 28 en 29 in ronde; tijdens drie opeenvolgende productierondes) was de ammoniakemissie uit de ionisatiestal aanzienlijk hoger dan uit de controlestal. Een slechtere strooiselkwaliteit in de ionisatiestal kan hieraan ten grondslag hebben gelegen. Een oorzakelijk verband tussen ionisatiesysteem en ammoniakemissie is - gelet op de resultaten van bedrijf 2 en eerder uitgevoerd haalbaarheidsonderzoek (Cambra-López e.a., 2009a/2009b) - onwaarschijnlijk.

De gemiddelde geuremissies voor de stallen in dit onderzoek komen goed overeen met de huidige emissiefactor voor geur (Regeling geur en veehouderij) en met de resultaten uit recent emissieonderzoek (Winkel e.a., 2009). De gemiddelde emissies van methaan en met name lachgas in dit onderzoek zijn lager dan de gemiddelde emissies uit recent emissieonderzoek (Winkel e.a., 2009), de emissies liggen echter wel in een realistische range van waarden zoals die in Winkel e.a. (2009) zijn gevonden.

De metingen zijn goed verspreid over het jaar genomen met een gemiddeld dagnummer in het jaar van 181 voor bedrijf 1, en van 182 voor bedrijf 2. De gemiddelde buitentemperatuur op de dagen waarop is gemeten is voor zowel bedrijf 1 (15,0 °C) als voor bedrijf 2 (12,3 °C) hoger dan het langjarige gemiddelde in Nederland (10,1 °C).

5 Conclusies

Op basis van dit onderzoek op twee bedrijfslocaties met vleeskuikens zijn de volgende jaaremissies voor de controle- en de ionisatiestallen bepaald (gemiddelde $\pm$ standaarddeviatie tussen bedrijven), waarbij voor stof-, ammoniak-, methaan- en lachgasemissies is gerekend met 18% leegstand:

- PM10 emissie: $22,9 \pm 4,6$ g/dierplaats per jaar voor de controlestallen en $11,7 \pm 1,9$ g/dierplaats per jaar voor de ionisatiestallen
- PM2,5 emissie: $1,5 \pm 0,4$ g/dierplaats per jaar voor de controlestallen en $0,5 \pm 0,0$ g/dierplaats per jaar voor de ionisatiestallen
- Ammoniakemissie: $47,6 \pm 19,4$ g/dierplaats per jaar voor de controlestallen en $57,6 \pm 34,1$ g/dierplaats per jaar voor de ionisatiestallen
- Geuremissie (niet gecorrigeerd voor leegstand): $0,31 \pm 0,08$ OU_E/dierplaats per seconde voor de controlestallen en $0,27 \pm 0,10$ OU_E/dierplaats per seconde voor de ionisatiestallen
- Methaanemissie: $2,0 \pm 0,6$ g/dierplaats per jaar voor de controlestallen en $1,9 \pm 1,1$ g/dierplaats per jaar voor de ionisatiestallen
- Lachgasemissie: $2,5 \pm 0,8$ g/dierplaats per jaar voor de controlestallen en $2,1 \pm 0,4$ g/dierplaats per jaar voor de ionisatiestallen

Op basis van deze resultaten zijn de volgende emissiereducties (ionisatie- vs. Controlestallen; gemiddelde $\pm$ standaarddeviatie tussen bedrijven) berekend:

- PM10: $48,8 \pm 2,3\%$
- PM2,5: $64,9 \pm 12,0\%$
- Ammoniak: $-21,0 \pm 24,3\%$
- Geur: $12,2 \pm 8,2\%$
- Methaan: $5,3 \pm 24,4\%$
- Lachgas: $15,9 \pm 13,2\%$

Literatuur

- CEN standard 13725. 2003. Air quality - Determination of odour concentration by dynamic olfactometry, European Committee for Standardization, Brussels, Belgium.
- Cambra-López, M., A. Winkel, J. van Harn, A.J.A. Aarnink. 2009a. Measures to reduce fine dust emission from poultry houses: reduction from broiler houses by ionization. Report 215, Animal Sciences Group, Wageningen UR.
- Cambra-López, M., A. Winkel, J. van Harn, N.W.M. Ogink, A.J.A. Aarnink. 2009b. Ionization for reducing particulate matter emissions from poultry houses. Transactions of the ASABE 52(5): 1-15.
- CBS, PBL, Wageningen UR. 2009. Emissies van fijn stof en VOS (NEC) en koolmonoxide 1990-2009. <http://www.compendiumvoordeleefomgeving.nl>. CBS, Den Haag, PBL, Den Haag/Bilthoven en Wageningen UR, Wageningen. Website bezocht op 23 maart 2011.
- Chardon, W.J., K.W. Van der Hoek. 2002. Berekeningsmethode voor de emissie van fijn stof vanuit de landbouw. Alterra-rapport 682 / RIVM-rapport 773004014. 36 pp.
- CIGR. 2002. 4th Report of Working Group on Climatization of animal houses. Heat and moisture production at animal and house levels (eds. Pedersen, S.; K. Sällvik).
- Groenestein, C.M., J. Mosquera, N.W.M. Ogink en J.M.G. Hol. 2007 Meetprotocol voor het bepalen van een emissiefactor voor methaan uit stalsystemen. Intern rapport, Animal Sciences Group, Wageningen UR.
- Groot Koerkamp, P. W. G., G. H. Uenk, and H. Drost. 1996. De uitstoot van respirabelstof door de Nederlandse veehouderij. Rapport 96-10, Instituut voor Milieu- en Agritechniek.
- Hofschreuder, P., Y. Zhao, A.J.A. Aarnink, N.W.M. Ogink. 2008. Measurement protocol for emissions of fine dust from animal housings. Considerations, draft protocol and validation. Report 134, Animal Sciences Group, Wageningen UR.
- Kasper, G.J., F.E. de Buissonjé, A.J.A. Aarnink. 2008. Ionisatie voor reductie fijnstofemissie uit pluimveestallen. Fase 1: inventarisatie. Rapport 155, Animal Sciences Group, Wageningen UR, Lelystad.
- Mosquera, J. en C.M. Groenestein. 2008. Bouwstenen voor een meetprotocol voor het bepalen van een emissiefactor voor lachgas uit stalsystemen. Intern rapport, Animal Sciences Group, Wageningen UR.
- NEN-EN 12341. 1998. Luchtkwaliteit - Bepaling van de PM10-fractie van zwevend stof - Referentiemethode en veldonderzoek om de referentiegetrouwheid aan te tonen van meetmethoden, Nederlands Normalisatie-instituut, Delft.
- NEN-EN 14907. 2005. Luchtkwaliteit - Algemene gravimetrische referentiemethode voor de bepaling van de PM2,5-massafractie van zwevende stof in de buitenlucht, Nederlands Normalisatie-instituut, Delft.
- Ogink, N.W.M., G. Mol. 2002. Uitwerking van een protocol voor het meten van de geuremissie uit stallocaties en stalsystemen in de veehouderij. IMAG nota P 2002-57, 31 pp.
- Ogink, N.W.M. 2008. Protocol voor het meten van de geuremissie uit stalsystemen in de veehouderij. Intern rapport, Animal Sciences Group, Wageningen UR.
- Ogink, N.W.M., J.M.G. Hol, J. Mosquera, H.M. Vermeer. 2008. Bouwstenen voor een nieuw meetprotocol ammoniak emissiemetingen voor huisvestingssystemen in de veehouderij. Intern rapport, Animal Sciences Group, Wageningen UR.
- Ogink, N.W.M., A.J.A. Aarnink. 2008. Plan van aanpak bedrijfsoplossingen voor fijnstofreductie in de pluimveehouderij. Rapport 113, Animal Sciences Group, Wageningen UR.
- Pedersen, S., V. Blanes-Vidal, M.J.W. Heetkamp, A.J.A. Aarnink. 2008. Carbon dioxide production in animal houses: A literature review. Agricultural Engineering International: CIGR Ejournal. Manuscript BC 08 008, Vol. X. December, 2008.
- RIVM. 2009. Jaarlijkse emissie van PM10, totaal en per bron, voor 2009. Data samengesteld op website: <http://www.emissieregistratie.nl> van het Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu (RIVM) te Bilthoven. Website bezocht op 23 maart 2011.
- Takai, H., S. Pedersen, J.O. Johnsen, J.H.M. Metz, P.W.G. Groot Koerkamp, G.H. Uenk, V.R. Phillips, M.R. Holden, R.W. Sneath, J.L. Short, R.P. White, J. Hartung, J. Seedorf, M. Schroeder, K.H. Linkert, C.M. Wathes. 1998. Concentrations and emissions of airborne dust in livestock buildings in northern europe. J. agric. Engng Res. 70: 59-77.
- Winkel, A., J. Mosquera, R.K. Kwikkel, F.A. Gerrits, N.W.M. Ogink, A.J.A. Aarnink. 2009. Fijnstofemissie uit stallen: vleeskuikens. Herziene versie, januari 2011. Rapport 275, Wageningen UR Livestock Research.

- Wintjens, Y. 1993. Gaswasfles. In: Meetmethoden NH₃-emissie uit stallen. Onderzoek inzake de mest- en ammoniakproblematiek in de veehouderij 16 (eds E.N.J. van Ouwerkerk). DLO, Wageningen. pp. 38-40.
- Zhao, Y., A.J.A. Aarnink, P. Hofschreuder, and P.W.G. Groot Koerkamp. 2009. Validation of cyclone as a pre-separator for airborne dust sampling in animal houses. *Journal of Aerosol Science*, Vol. 40, Issue 10, October 2009, pp. 868-878.

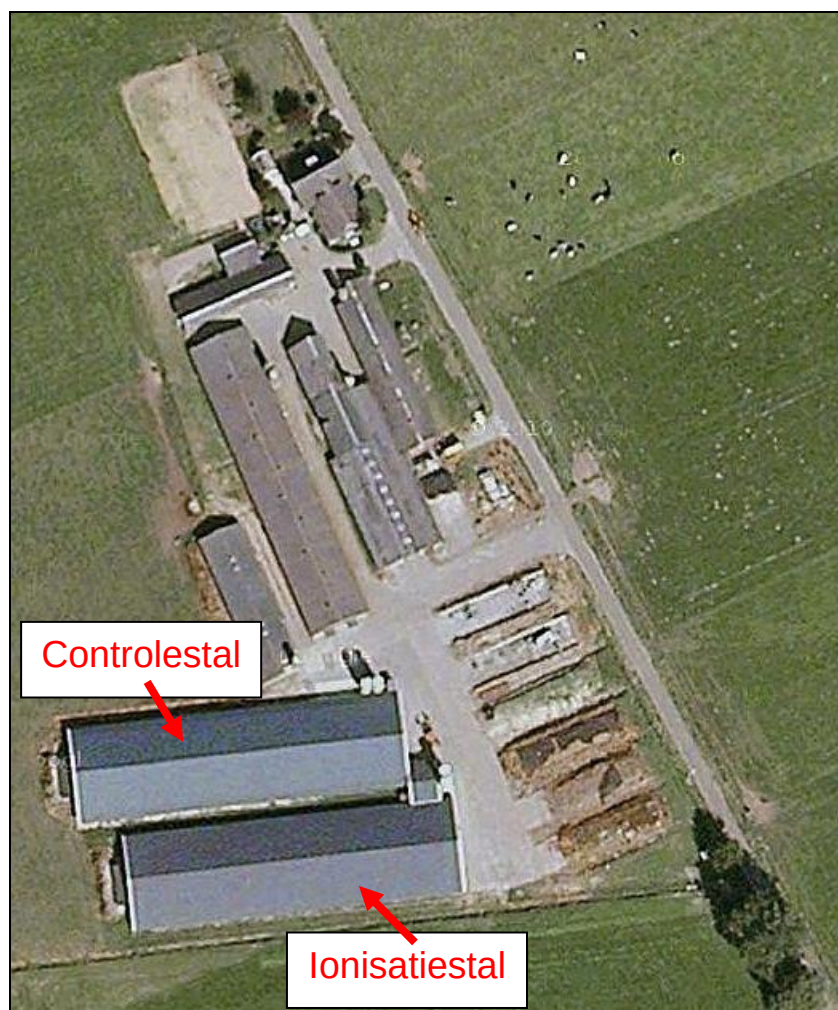
Bijlagen

Bijlage 1 Bedrijfsbeschrijving locatie 1

A. Belangrijkste kenmerken stallen locatie 1

Kenmerk	Beschrijving
Omschrijving stal/afdeling	Traditionele vleeskuikenstal met grondhuisvesting en lengteventilatie met vloerverwarming/vloerkoeling voor ammoniakreductie
Rav code en emissiefactoren 2008	E 5.5 Grondhuisvesting met vloerverwarming en vloerkoeling Emissie NH ₃ : 45 g/dierplaats per jaar Emissie Geur: 0,24 OU _E /dierplaats per seconde Emissie PM10: 22 g/dierplaats per jaar
Bouwjaar	2003 (ionisatiestal) en 2005 (controlestal)
Afmetingen (l x b x h ^{goot} /h ^{nok})	75 x 20 x 2,30 / 5,75 m
Staloppervlak en stalinhoud	Staloppervlak: ca. 1462 m ² , stalinhoud: ca. 5950 m ³
Aantal vleeskuikens bij opzet	Ca. 33.000
Bezetting bij opzet	Ca. 22,6 kuikens per vierkante meter
Dieren	Ross 308 Vleeskuikens
Luchtinlaat	Inlaatventielen in zijgevels
Luchtuitlaat	Lengteventilatie mechanisch, 8 ventilatoren in achtergevel
Max. ventilatiecapaciteit	5 grote ventilatoren (Ø 140 cm, ca. 38.000 m ³ /uur elk) 3 kleine ventilatoren (Ø 100 cm, ca. 20.000 m ³ /uur elk) Totaal geïnstalleerde maximale ventilatiecapaciteit: ca. 250.000 m ³ /uur (ca. 7,6 m ³ /uur per opgezet kuiken)
Ventilatieregeling	Op basis van staltemperatuur
Temperatuurinstellingen	Dag 0: ca. 33 °C Dag 7: ca. 28 °C Dag 14: ca. 21-22 °C Dag 42: ca. 20 °C
Verwarming	Vloerverwarming + 2 heteluchtkanonnen
Speciale klimaatvoorzieningen	Vloerverwarming en vloerkoeling voor ammoniakreductie (systeembeschrijving BWL 2001.11)
Voersysteem, voer en voertijden	4 Voerlijnen met voerpannen. Gevoerd wordt: kernvoer (start-, groei- en afmestfase) met 15 tot 20% tarwe (groei/afmest). Voertijden: onbeperkt
Drinksysteem	8 Drinklijnen met drinknippels, zonder morsbakjes Watertijden: tot twee weken leeftijd onbeperkt, vanaf twee weken leeftijd 3 uur op / 3 uur af
Strooisel	Houtkrullen (ca. 1 kg/m ²)
Lichtregime	24L:0D; tot 2 weken leeftijd volle verlichting, daarna wordt de verlichting stapsgewijs gedimd naar het einde van de productieronde. Lampen zijn dimbaar in stappen van 120, 70, 50 en 0 W of regelbaar tussen 100 tot 0 W
Productie	Productiecyclus: 6 weken. Op 35 of 36 dagen worden alle kuikens weggeladen op een gewicht van ±2000 gram. Vervolgens 5 of 6 dagen leegstand
Ionisatiesysteem in ionisatiestal	- 9 Hoogspanningsvoedingen in de hal van beide stallen - 9 Coronadraden over gehele lengte van de stal - Een afzonderlijke hoogspanningsvoeding per coronadraad - Totale lengte aan coronadraden: ca. 650 m - Materiaal plafond: golfplaten met 15 cm glaswolisolatie, aan de binnenzijde gecoat met aluminium - Totaal plafondoppervlak: ca. 1587 m ² - Afstand coronadraad tot plafond: 15 tot 30 cm - Voltage: ca. 30 kV, amperage: ca. 1,5–2 mA

B. Luchtfoto bedrijfssituatie



C. Foto's bedrijfssituatie



Buitenzijde ionisatiest (l.) en controlestal (r.)



Lichtkappen ionisatiestal (r.) en controlestal (l.)



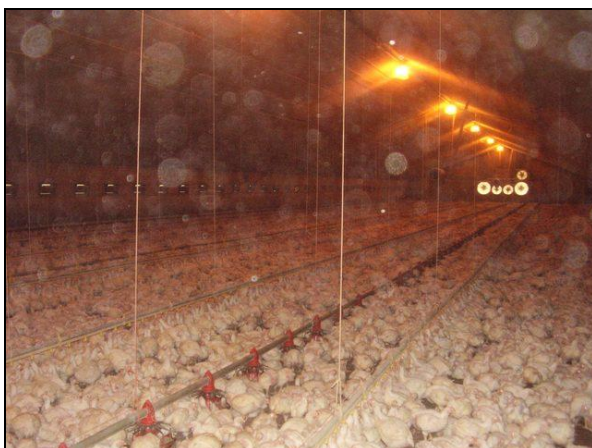
Ventilatoren onder lichtkap



Luchtinlaat onder winddrukkappen



Detailfoto luchtinlaat binnen



Overzichtsfoto's binnenzijde stallen

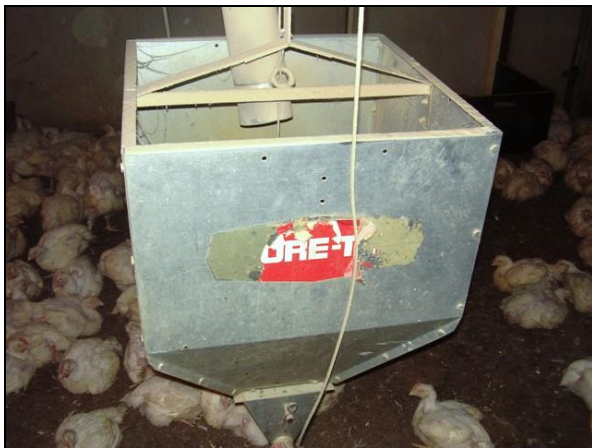




Plafond controlestal (dag 32 in ronde)



Plafond ionisatieststal (dag 32 in ronde)



Voerhopper in controlestal (dag 32 in ronde)



Voerhopper in ionisatieststal (dag 32 in ronde)



Meting ingaande lucht

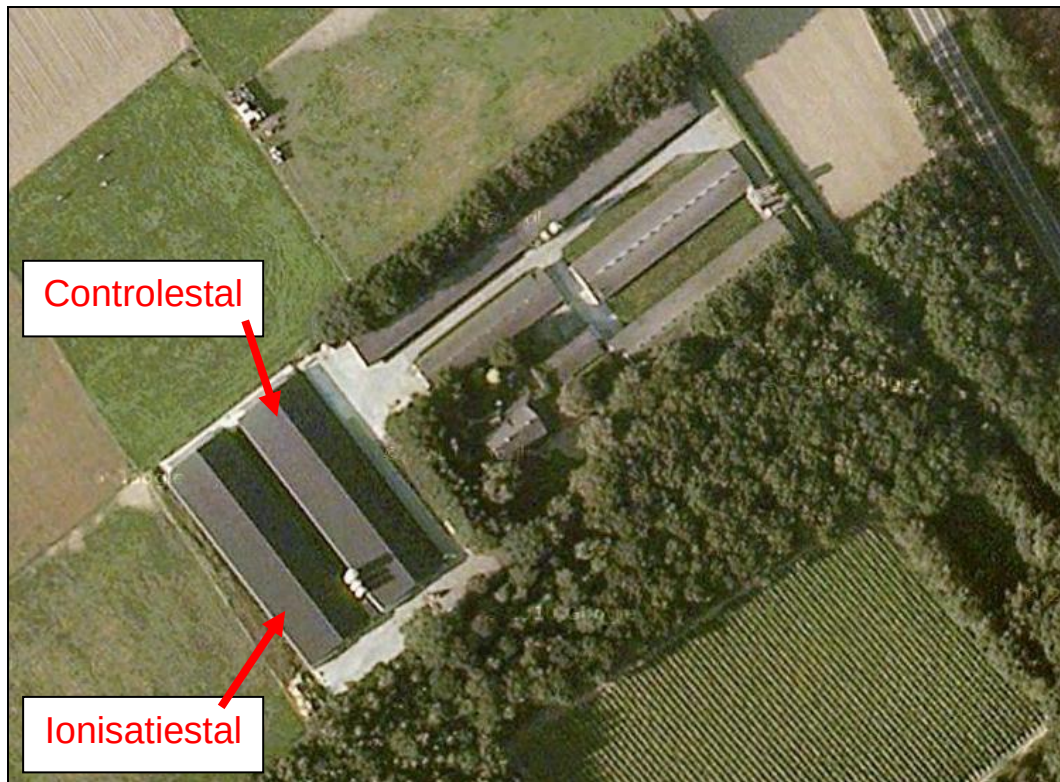


Meting uitgaande lucht

Bijlage 2 Bedrijfsbeschrijving locatie 2**A. Belangrijkste kenmerken stallen locatie 2**

Kenmerk	Beschrijving
Omschrijving stal/afdeling	Traditionele vleeskuikenstal met grondhuisvesting en lengteventilatie + mixluchtventilatie
Rav code en emissiefactoren 2008	E 5.6 Vleeskuikenstal met mixluchtventilatie Emissie NH ₃ : 37 g/dierplaats per jaar Emissie Geur: 0,24 OUE/dierplaats per seconde Emissie PM10: 22 g/dierplaats per jaar
Bouwjaar	2002
Afmetingen (l x b x h ^{goot} /h ^{nok})	65 x 20 x 2,20 / 5 m (buitenwerks)
Staloppervlak en stalinhoud	Staloppervlak: ca. 1266 m ² , stalinhoud: ca. 4606 m ³
Aantal vleeskuikens bij opzet	Ca. 30.000
Bezetting bij opzet	Ca. 23,7 kuikens per vierkante meter
Dieren	Ross 308 vleeskuikens
Luchtinlaat	- 13 inlaatventielen per zijwand; 26 in totaal (1 per spantvak) - Pad Cooling in voorgevel
Luchtuitlaat	Lengteventilatie en/of tunnelventilatie mechanisch, met 10 ventilatoren in de achtergevel
Max. ventilatiecapaciteit	6 grote ventilatoren (Ø 140 cm, ca. 40.000 m ³ /uur elk) 4 kleine ventilatoren (Ø 80 cm, ca. 16.000 m ³ /uur elk) Totaal geïnstalleerde maximale ventilatiecapaciteit: ca. 304.000 m ³ /uur (ca. 10,1 m ³ /uur per opgezet kuiken)
Ventilatieregeling	Op basis van staltemperatuur
Temperatuurinstellingen	Dag 0: ca. 32 °C Dag 7: ca. 28 °C Dag 14: ca. 21-22 °C Dag 42: ca. 20 °C
Verwarming	Vloerverwarming + 2 heteluchtkanonnen
Speciale klimaatvoorzieningen	Mixluchtventilatie (systeembeschrijving BWL 2005.10.V2), bestaande uit twee rijen van 6 kokers, 12 in totaal
Voersysteem, voer en voertijden	4 Voerlijnen met voerpannen. Gevoerd wordt: kernvoer (start-, groei- en afmestfase) met ca. 5% (start ronde) tot ca. 40% (einde ronde) tarwe. Voertijden: tijdens lichtperiode
Drinksysteem	5 Drinklijnen met drinknippels, uitgevoerd met morsbakjes Watertijden: tijdens lichtperiode
Strooisel	Houtkrullen (ca. 1 kg/m ²)
Lichtregime	4L:2D, 4L:2D, 4L:2D, 4L:2D Licht aan van 02:00–06:00, 08:00–12:00, 14:00–16:00 en 18:00–12:00
Productie	Productiecyclus: 7 weken. Op 33 dagen wordt 20% van de kuikens uitgeladen op een gewicht van ±1700 gram. Op 42 dagen worden de resterende kuikens afgeleverd op een gewicht van ±2400 gram. Vervolgens 1 week leegstand
Ionisatiesysteem in ionisatiestel	- 9 Hoogspanningsvoedingen in de hal van beide stallen - 9 Coronadraden over gehele lengte van de stal; 4 onder elk dakvlak + 1 onder de nok - Een afzonderlijke hoogspanningsvoeding per coronadraad - Totale lengte aan coronadraden: ca. 567 m - Materiaal plafond: lange tempexplaten (van goot naar nok uit één stuk) gecoat met aluminium - Totaal plafondoppervlak: ca. 1350 m ² - Afstand coronadraad tot plafond: 15 tot 30 cm - Voltage: ca. 30 kV, amperage: ca. 2 mA

B. Luchtfoto bedrijfssituatie



C. Foto's bedrijfssituatie



Voorgevels stallen



Achtergevels met lichtkappen en ventilatoren



Overzichtsfoto binnenzijde stal tijdens leegstand



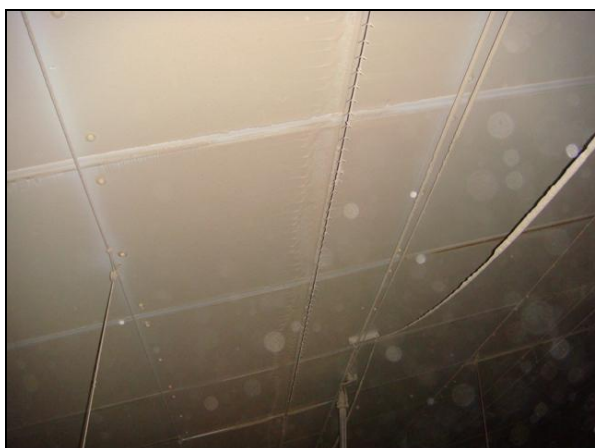
Ventilatoren in achtergevel



Ventilatoren onder lichtkap



Detailfoto luchtinlaat binnenzijde



Stofaccumulatie aan plafond ionisatiestal



Meting ingaande lucht onder winddrukcap



Wageningen UR Livestock Research

Edelhertweg 15, 8219 PH Lelystad T 0320 238238 F 0320 238050

E info.livestockresearch@wur.nl | www.livestockresearch.wur.nl