

Wageningen UR Livestock Research

Partner in livestock innovations



Rapport 392

Maatregelen ter vermindering van
fijnstofemissie uit de pluimveehouderij:
validatie van een oliefilmsysteem 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 gedeponneerd bij de
Arrondissementsrechtbank Zwolle.

Abstract

In this study, the fine dust emission reduction of
an oil spraying system was determined through
validation measurements on broiler farms.

Keywords

Fine dust, emission, oil spraying, poultry,
broilers

Referaat

ISSN 1570 - 8616

Auteurs

A. Winkel
J. Mosquera
J. van Harn
G.M. Nijeboer
N.W.M. Ogink
A.J.A. Aarnink

Titel

Maatregelen ter vermindering van
fijnstofemissie uit de pluimveehouderij: validatie
van een oliefilmsysteem op
vleeskuikenbedrijven
Rapport 392

Samenvatting

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

Trefwoorden

Fijnstof, emissie, oliefilm, pluimvee,
vleeskuikens

Rapport 392

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

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

A. Winkel
J. Mosquera
J. van Harn
G.M. Nijeboer
N.W.M. Ogink
A.J.A. Aarnink

Maart 2011

Voorwoord

In dit onderzoek is de effectiviteit van een stofreducerend oliefilmsysteem 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 kosteneffectieve methode is het aanbrengen van een film van koolzaadolie op het strooisel dat werkt als een plaklaagje waardoor stofdeeltjes in het strooisel gebonden worden.

In het kader van het genoemde plan van aanpak is een oliefilmsysteem ontwikkeld voor vleeskuikens. Dit systeem, bestaande uit vaste olie- en luchtdrukleidingen met nozzles, brengt volautomatisch dagelijks een oliefilm aan op het strooisel. Na een haalbaarheidsstudie en een optimalisatiestudie in een experimentele vleeskuikenstal is in het onderhavige onderzoek de effectiviteit van het oliefilmsysteem gevalideerd in een case-control studie op praktijkbedrijven.

Op twee bedrijfslocaties met elk twee identieke vleeskuikenstallen is één stal uitgerust met een oliefilmsysteem 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. Getoetst is verder of het oliefilmsysteem effect heeft op technische resultaten, welzijnsparameters van de kuikens en de strooiselkwaliteit.

Het doel van dit onderzoek was het onder praktijkomstandigheden en volgens officiële meetprotocollen vaststellen van de emissiereductie van het oliefilmsysteem. Op grond van dit onderzoek kunnen officiële 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 oliefilmstallen bepaald (gemiddelde $\pm$ standaarddeviatie tussen bedrijven), waarbij voor stof-, ammoniak-, methaan- en lachgasemissies is gerekend met 18% leegstand:

- PM10 emissie: $19,3 \pm 3,1$ g/dierplaats per jaar voor de controlestallen en $8,8 \pm 4,0$ g/dierplaats per jaar voor de oliefilmstallen
- PM2,5 emissie: $1,1 \pm 0,3$ g/dierplaats per jaar voor de controlestallen en $0,6 \pm 0,3$ g/dierplaats per jaar voor de oliefilmstallen
- Ammoniakemissie: $67,6 \pm 60,9$ g/dierplaats per jaar voor de controlestallen en $67,0 \pm 61,6$ g/dierplaats per jaar voor de oliefilmstallen
- Geuremissie (niet gecorrigeerd voor leegstand): $0,33 \pm 0,07$ OU_E/dierplaats per seconde voor de controlestallen en $0,31 \pm 0,09$ OU_E/dierplaats per seconde voor de oliefilmstallen
- Methaanemissie: $1,4 \pm 0,2$ g/dierplaats per jaar voor de controlestallen en $1,2 \pm 0,2$ g/dierplaats per jaar voor de oliefilmstallen
- Lachgasemissie: $0,4 \pm 0,3$ g/dierplaats per jaar voor de controlestallen en $0,4 \pm 0,3$ g/dierplaats per jaar voor de oliefilmstallen

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

- PM10 emissie: $54,4 \pm 14,5\%$
- PM2,5 emissie: $48,0 \pm 13,7\%$
- Ammoniakemissie: $0,9 \pm 7,8\%$
- Geuremissie: $5,7 \pm 10,8\%$
- Methaanemissie: $11,3 \pm 0,8\%$
- Lachgasemissie: $6,3 \pm 14,9\%$

Tot slot bevestigt dit onderzoek onder praktijkomstandigheden dat de technische resultaten, welzijnsparameters en strooiselkwaliteit niet worden beïnvloed door het oliefilmsysteem.

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. A cost effective method is the application of a film of rapeseed oil on the litter that prevents particulates in the litter to become airborne again.

Within the framework described in the plan of action, an oil spraying system for broilers was developed. The system consists of oil and air pressure pipes with spraying nozzles and spraying is done automatically. Using this system, a feasibility study and an optimization study were performed 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 oil spraying 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. Furthermore, it was evaluated whether the oil spraying system had any effect on animal performance, welfare parameters and litter quality.

The aim of this study was to determine the emission reduction of the oil spraying 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: 19.3 ± 3.1 g/animal place per year for control houses and 8.8 ± 4.0 g/animal place per year for oil spraying houses
- PM_{2.5} emission: 1.1 ± 0.3 g/animal place per year for control houses and 0.6 ± 0.3 g/animal place per year for oil spraying houses
- Ammonia emission: 67.6 ± 60.9 g/animal place per year for control houses and 67.0 ± 61.6 g/animal place per year for oil spraying houses
- Odour emission (not corrected for empty period): 0.33 ± 0.07 OU_E/animal place per second for control houses and 0.31 ± 0.09 OU_E/animal place per second for oil spraying houses
- Methane emission: 1.4 ± 0.2 g/animal place per year for control houses and 1.2 ± 0.2 g/animal place per year for oil spraying houses
- Nitrous oxide emission: 0.4 ± 0.3 g/animal place per year for control houses and 0.4 ± 0.3 g/animal place per year for oil spraying houses

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

- PM₁₀: $54.4 \pm 14.5\%$
- PM_{2.5}: $48.0 \pm 13.7\%$
- Ammonia: $0.9 \pm 7.8\%$
- Odour: $5.7 \pm 10.8\%$
- Methane: $11.3 \pm 0.8\%$
- Nitrous oxide: $6.3 \pm 14.9\%$

Finally, this study performed under field conditions confirms that the oil spraying system does not affect animal performance, welfare parameters and litter quality.

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	3
2.3.2	Ammoniakmetingen	5
2.3.3	Geurmetingen	5
2.3.4	Broeikasgasmetingen	6
2.3.5	Ventilatiedebiet	6
2.3.6	Metingen temperatuur en RV.....	6
2.4	Waarnemingen.....	6
2.4.1	Technische resultaten.....	6
2.4.2	Welzijnsparementers	7
2.4.3	Strooiselkwaliteit	8
2.5	Dataverwerking en statistische analyse.....	9
3	Resultaten.....	11
3.1	Meetomstandigheden.....	11
3.2	Ventilatiedebiet.....	12
3.3	PM10 emissie.....	12
3.4	PM2,5 emissie.....	13
3.5	Totaalstofemissie	13
3.6	Ammoniakemissie	14
3.7	Geuremissie	14
3.8	Methaanemissie	15
3.9	Lachgasemissie	15
3.10	Technische resultaten	16
3.11	Welzijnsparementers.....	16
3.12	Strooiselkwaliteit	17
4	Discussie	18
5	Conclusies	20
	Literatuur	21
	Bijlagen.....	23
	Bijlage 1 Bedrijfsbeschrijving locatie 1.....	23
	Bijlage 2 Bedrijfsbeschrijving locatie 2.....	26

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 kosteneffectieve methode is het aanbrengen van een film van koolzaadolie op het strooisel (Aarnink en Ellen, 2006; De Buissonijé en Aarnink, 2008). De oliefilm werkt als een plaklaagje waardoor stofdeeltjes in het strooisel gebonden worden.

In het kader van het genoemde plan van aanpak is in 2007 een oliefilmsysteem ontwikkeld voor vleeskuikens. Dit systeem, bestaande uit vaste olie- en luchtdrukleidingen met nozzles, brengt volautomatisch dagelijks een oliefilm aan op het strooisel.

In 2007 is het systeem geïnstalleerd en uitgetest in vleeskuikenstal P1 van pluimveeproefbedrijf Het Spelderholt te Lelystad (Aarnink e.a., 2008). In deze haalbaarheidsstudie werd het effect bepaald van zes oliedoseringen (6, 8, 12, 16, 18 en 24 ml per m² per dag) op de fijnstofemissies, blootstelling aan fijnstof in de stal, ammoniakemissie, productieresultaten, welzijnsparementen en strooiselkwaliteit. Ook het risico van brandgevaar is onderzocht. Uit dit onderzoek bleken de fijnstofemissies exponentieel toe te nemen in de loop van de productieronde. Verder bleek de emissiereductie van PM10 toe te nemen met de oliedosering (van 58 tot 85% bij doseringen van 8 tot 24 ml/m²). De emissiereductie van PM2,5 bedroeg ca. 80% en was vrij constant over de geteste oliedoseringen. Vergelijkbare reducties werden gevonden voor de persoonlijke blootstelling aan fijnstof. Wel nam het aantal voetzoollaesies en de welzijnsscore toe met de oliedosering en werden ongewenst kleine oliedruppeltjes (<10 µm) gevormd die bijdragen aan de emissie van PM10 deeltjes.

In 2008 is een optimalisatiestudie uitgevoerd (Winkel e.a., 2009a) waarin de effecten van oliedosis (8 of 15 ml/m²), aanbrengfrequentie (dagelijks of 'om de dag') en van technische optimalisaties van het oliefilmsysteem zijn onderzocht. De olie werd nu pas aangebracht vanaf dag 21 in de productieronde. De studie werd uitgevoerd gedurende twee productierondes. Het aanbrengen van 8 of 15 ml olie per m² strooisel gaf een emissiereductie van ca. 60% voor PM10 en 80% voor PM2,5. Uit dit onderzoek bleek het 'om de dag' aanbrengen van olie een 23% hogere emissie van PM10 te geven dan het dagelijks aanbrengen. Technische optimalisaties resulteerden in een substantiële reductie van te kleine oliedruppeltjes. Er werden geen effecten gevonden op geur- en ammoniakemissie, technische resultaten, welzijnsparementen en strooiselkwaliteit. Op grond van deze optimalisatiestudie werd aanbevolen de werking van het oliefilmsysteem te valideren op praktijkbedrijven bij een dagelijkse aanbrengfrequentie, vanaf dag 21 en bij een oliedosering van 15 ml/m².

In het onderhavige onderzoek is nu de effectiviteit van het oliefilmsysteem gevalideerd in een case-control studie op praktijkbedrijven. Op twee bedrijfslocaties met elk twee identieke vleeskuikenstallen is één stal uitgerust met een oliefilmsysteem 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. Getoetst is verder of het oliefilmsysteem effect heeft op technische resultaten, het exterieur van de kuikens en de strooiselkwaliteit.

Het doel van dit onderzoek was het onder praktijkomstandigheden en volgens officiële meetprotocollen vaststellen van de emissiereductie van het oliefilmsysteem. 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 oliefilmsysteem voor vleeskuikenstallen gevalideerd in een case-control studie op praktijkbedrijven. Op twee bedrijfslocaties met elk twee identieke vleeskuikenstallen is één stal uitgerust met een oliefilmsysteem 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.

In afwijking van het meetprotocol zijn de metingen alleen uitgevoerd over de tweede helft van de productieronde (periode 2; week 3 t/m 6) omdat het oliefilmsysteem conform de systeembeschrijving¹⁾ pas vanaf productiedag 21 is ingezet. Jaaremissies op basis van een complete productieperiode zijn vervolgens verkregen door de emissies tijdens de eerste drie weken (periode 1; week 1 t/m 3) te berekenen uit de data van de tweede periode (paragraaf 2.5).

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.

Om te kunnen valideren of het aanbrengen van een oliefilm op het strooisel bij vleeskuikens ook in praktijkstallen geen negatieve bijeffecten met zich mee brengt, zijn in dit onderzoek de technische resultaten van de dieren verzameld en waarnemingen verricht aan het exterieur van de vleeskuikens en de kwaliteit van het strooisel.

2.2 Vleeskuikenstallen

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

¹ Ministerie van Infrastructuur en Milieu. Systeembeschrijving BWL 2009.17 voor E 7.1 oliefilmsysteem met drukleidingen; 50% emissiereductie fijn stof

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	14/04/2009	20/04/2009	27/04/2009	22/06/2009	03/08/2009	07/10/2009
	Dagnr.	25	31	38	39	28	41
	T-buiten	16,7	14,5	13,1	16,3	17,5	16,6
	RV-buiten	68,9	63,0	67,4	76,6	65,9	85,3
	T-stal	26,0	18,4	23,4	23,0	24,9	23,3
	RV-stal	59,1	48,4	60,7	61,9	58,6	91,2
Bedrijf 1 Oliefilmstal	Datum	14/04/2009	20/04/2009	27/04/2009	22/06/2009	03/08/2009	07/10/2009
	Dagnr.	25	31	38	39	28	41
	T-buiten	16,7	14,5	13,1	16,3	17,5	16,6
	RV-buiten	68,9	63,0	67,4	76,6	65,9	85,3
	T-stal	26,0	23,6	21,4	22,7	24,4	22,8
	RV-stal	59,1	59,2	63,7	67,7	60,3	92,9
Bedrijf 2 Controlestal	Datum	28/09/2009	30/11/2009	21/01/2010	18/03/2010	03/05/2010	11/10/2010
	Dagnr.	32	38	28	35	24	27
	T-buiten	16,3	5,1	4,1	15,0	11,0	10,4
	RV-buiten	82,2	86,1	81,4	46,9	95,6	72,1
	T-stal	22,4	*)	24,2	22,7	26,7	25,1
	RV-stal	69,7	47,3	97,6	52,9	67,0	62,4
Bedrijf 2 Oliefilmstal	Datum	28/09/2009	30/11/2009	21/01/2010	18/03/2010	03/05/2010	11/10/2010
	Dagnr.	32	38	28	35	24	27
	T-buiten	16,4	*)	4,2	14,4	8,1	9,8
	RV-buiten	81,6	*)	81,0	*)	92,1	71,3
	T-stal	23,2	21,5	25,8	24,1	27,8	26,4
	RV-stal	80,9	75,4	72,0	55,8	67,6	63,8

*) 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 µm (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 µm (PM2,5) van de uitgaande stallucht en enkelvoudige 24-uurs monsters van PM2,5 van de ingaande stallucht;
- minuutmonsters van deeltjes kleiner dan 10 µm (PM10) van de uitgaande stallucht;



Figuur 1 Monsterapparatuur voor PM10 en PM2,5. 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, PM2,5 cycloon en filterhouder. Rechtsonder (van links naar rechts): de constructie van de inlaat

Figuur 1 laat de monstername-apparatuur zien voor PM10 en PM2,5. De apparatuur voor gravimetrische meting is gebaseerd op de standaard referentie monsternamekoppen voor bepaling van PM10 en PM2,5 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 voorafschieder is vervangen door een cycloon voorafschieder. Dit vanwege het gevaar van overbelading van de impactieplaat, vooral bij bemonstering van PM2,5 (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 monsternamekop (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

monsternamperiode. 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 monsternamkoppen naar impactor monsternamkoppen. De volgende correcties zijn uitgevoerd:

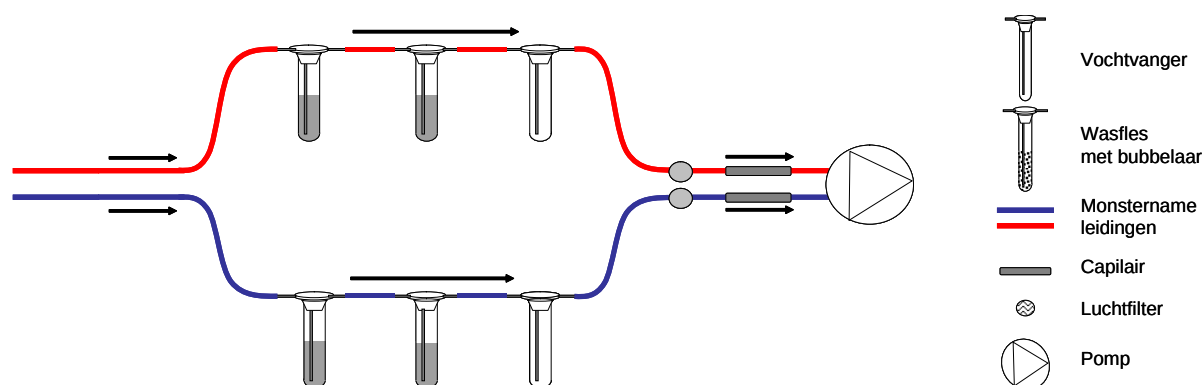
PM10: $< 222,6 \mu\text{g}/\text{m}^3$: $Y = 1,0877 X$
 $> 222,6 \mu\text{g}/\text{m}^3$: $Y = 0,8304 X + 57,492$

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.

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 monsternamleiding met een constante luchtstroom ($\sim 1,0 \text{ l/min}$) aangezogen met behulp van een pomp (Thomas Industries Inc., model 607CD32, Wabasha, Minnesota, VS) en een kritische capillair die een luchtstroom geeft van $\sim 1,0 \text{ l/min}$. 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 2). 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.



Figuur 2 Meetopstelling natchemisch methode voor ammoniakemissiemetingen

2.3.3 Geurmetingen

Geurmonsters werden genomen tussen 10:00 en 12:00 uur. De bemonstering werd uitgevoerd volgens de zogenaamde longmethode (Ogink en Mol, 2002). Een 40 liter Nalophan geurmonsterzak werd driemaal gespoeld met geurloze lucht en in een gesloten vat geplaatst. Door lucht uit het vat met behulp van een pomp (Thomas Industries Inc., model 607CD32, Wabasha, Minnesota, VS) via een teflon slang te zuigen ($0,4 \text{ l/min}$), ontstaat in het vat onderdruk en wordt door een stoffilter (type #1130, diameter: 50 mm, $1-2 \mu\text{m}$, Savillex® Corp., Minnetonka, VS) stallucht aangezogen in de zak.

Om condensvorming te voorkomen wordt verwarmingslint langs de monsternamaleiding aangebracht. Het monster werd direct na bemonstering naar het geurlaboratorium vervoerd om binnen 30 uur te worden geanalyseerd. De geuranalyses werden in 2009 uitgevoerd door het geurlaboratorium van Wageningen UR Livestock Research en in 2010 door het geurlaboratorium van Buro Blauw te Wageningen. Aan de geuranalyses wordt deelgenomen door een groep van vier tot zes panelleden in wisselende samenstelling. De gevoeligheid van de panelleden wordt voor de metingen getest met butanol. De geurconcentraties en –emissies worden vermeld in respectievelijk OU_E/m^3 en OU_E/s . De eenheid ' OU_E ' staat hierbij voor 'European Odour Units'. Deze aan de EN 13725 ontleende terminologie sluit aan bij de internationale literatuur op dit vakgebied. Gedurende twee van de zes meetdagen is tevens van de ingaande stallucht de geurconcentratie bepaald op dezelfde manier als de uitgaande stallucht.

2.3.4 Broeikasgasmetingen

De bepaling van de CH_4 -, N_2O - en CO_2 -concentraties in de uitgaande stallucht werd op dezelfde wijze gedaan als voor een geurmonster (zie de longmethode hierboven beschreven). De monsterzak werd continu in 24 uur gevuld met een vaste luchtstroom van 0,02 l/min. Op deze wijze werd een tijdsgemiddeld monster verkregen. Het gehalte aan broeikasgassen in het monster werd bepaald met een gaschromatograaf (Interscience/Carbo Erba Instruments, GC 8000 Top; kolom: Molsieve 5A (CH_4 , CO_2), Haysep Q (N_2O); detector: CH_4 : FID, N_2O : ECD, CO_2 : HWD).

2.3.5 Ventilatie-debiet

Het ventilatie-debiet is bepaald met behulp van de CO_2 -massabalansmethode. Bij deze methode wordt de gemiddelde CO_2 -concentratie van de uit- en ingaande stallucht (respectievelijk $[\text{CO}_2]_{\text{stal}}$ en $[\text{CO}_2]_{\text{buiten}}$; 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 ventilatie-debiet V (m^3/uur) wordt dan bepaald op basis van:

$$V = \frac{\text{CO}_2 - \text{productie}}{[\text{CO}_2]_{\text{stal}} - [\text{CO}_2]_{\text{buiten}}}$$

2.3.6 Metingen temperatuur en RV

Temperatuur ($^{\circ}\text{C}$) 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 $\pm 1,0^{\circ}\text{C}$ en $\pm 2\%$, en de data werden opgeslagen in een datalogstelsel (typen: CR10, CR10X, CR23 en CR23X, Campbell Scientific Inc., Logan, VS).

2.4 Waarnemingen

2.4.1 Technische resultaten

Op de vleeskuikenbedrijven werden de volgende gegevens geregistreerd:

- aantal opgezette kuikens
- aantal afgeleverde kuikens (uitladers + wegladers)
- totaal afgeleverd netto gewicht (uitladers + wegladers)
- totale hoeveelheid verstrekt voer en tarwe
- de productieduur (het aantal dagen tussen opzet en afleveren)

Op grond van deze gegevens konden onderstaande technische resultaten worden berekend

$$\text{De gemiddelde productieduur (P, dagen)} = \frac{(U \times L_{\text{uitlad}}) + (W \times L_{\text{weglad}})}{U + W}$$

met: U : aantal uitgeladen vleeskuikens
 L_{uitlad} : leeftijd vleeskuikens op dag van uitladen (dagen)
 W : aantal weggeladen vleeskuikens aan het einde van de ronde
 L_{weglad} : leeftijd vleeskuikens op dag van wegladen (dagen)

$$\text{De gemiddelde dagelijkse groei (DG, gram/dier per dag)} = \frac{AG}{P}$$

met: AG : het gemiddelde gewicht per afgeleverd vleeskuiken (gram)
 P : de gemiddelde productieduur (dagen)

$$\text{De voerconversie (VC)} = \frac{TV}{TG}$$

met: TV : de totale hoeveelheid voer verstrekt tijdens productieronde (kg)
 TG : het totale netto afgeleverd gewicht aan vleeskuikens (kg)

Oftewel: de kilogrammen voer benodigd voor de productie van 1 kg vleeskuiken

$$\text{De voerconversie 1500 gram (VC}_{1500\text{ g}}) = VC - \left(\frac{AG - 1500}{25} \times 0,01 \right)$$

De VC 1500 gram is een in de praktijk veel gebruikt kengetal. Dit is de voerconversie teruggerekend naar een gewicht van 1500 gram. De toegepaste correctie is 0,01 per 25 gram gewichtsverschil.

$$\text{De gemiddelde uitval (U, \%)} = \frac{K - (U + W)}{K} \times 100$$

met: K : aantal vleeskuikens opgezet
 U : aantal uitgeladen vleeskuikens
 W : aantal weggeladen vleeskuikens aan het einde van de ronde

Productiegetal

Het productiegetal is een maatstaf voor de technische resultaten van het bedrijf. Voor de berekening van het productiegetal is gebruikt gemaakt van de volgende technische parameters:

- dagelijkse groei, uitgedrukt als het resultaat van de deling van het gemiddelde gewicht per afgeleverd kuiken door de productieduur;
- 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.

$$\text{Het productiegetal (PG) is als volgt berekend: } = \frac{(100 - U) \times DG}{VC \times 10}$$

met: U : uitval (%)
 DG : gemiddelde dagelijkse groei (gram/dier per dag)
 VC : voederconversie

2.4.2 Welzijnsparameters

Op de laatste dag van drie productierondes werd de incidentie van hakdermatitis (brandhakken) en voetzoollaesies vastgesteld. Hiertoef werden per stal 100 dieren (twee steekproeven, één voorin en één achterin de stal, van 50 dieren (25 hanen en 25 hennen)) visueel beoordeeld op het voorkomen en de ernst van hakdermatitis (brandhakken) en voetzoollaesies. Bij de beoordeling voor hakdermatitis worden scores gegeven van 0 tot 3. Bij voetzoollaesies worden scores gegeven van 0

tot 2, conform de Zweedse methode (Berg, 1998). In Tabel 2 is een omschrijving van de scores voor hakdermatitis en voetzoollaesies gegeven.

Tabel 2 Scoringsklassen voor hakdermatitis en voetzoollaesies (Berg, 1998)

Parameter	Scoringsklassen	
Hakdermatitis (brandhakken)	0	Geen hakirritatie
	1	Lichte/geringe roodverkleuring hak
	2	Ernstige roodverkleuring / geringe aantasting opperhuid hak, geen wond zichtbaar
	3	Ernstige aantasting opperhuid hak, wond zichtbaar
Voetzoollaesies	0	Geen of lichte voetzoolirritatie
	1	Matige of milde voetzoolirritatie (hyperkeratose en verkleuring van het weefsel, maar nog geen ontstekingen en nog geen aantasting van de opperhuid)
	2	Ernstige voetzoolirritatie (aantasting van de opperhuid, onderhuidse ontstekingen)

Op basis van de beoordeling van de voetzoollaesies werd de welzijnsscore (WS) als volgt berekend:

$$WS = \frac{(n_0 \times 0) + (n_1 \times 0,5) + (n_2 \times 2)}{N} \times 100$$

met: n_0 : aantal dieren met beoordeling 0
 n_1 : aantal dieren met beoordeling 1
 n_2 : aantal dieren met beoordeling 2
 N : totaal aantal beoordeelde vleeskuikens

Voor deze welzijnsscore geldt: hoe hoger de score, hoe lager het welzijn (hoe hoger het ongerief).

2.4.3 Strooiselkwaliteit

Op de laatste dag van drie productierondes werden per stal twee strooiselmonsters genomen ter bepaling van het drogestofgehalte. Het nemen van de strooiselmonsters gebeurde volgens een vast protocol. Strooiselmonsters werden per stal genomen op 1/3 van de lengte van de stal (gerekend vanuit de voorgevel; bemonsteringsplaats 1) en op 2/3 van de lengte van de stal (bemonsteringsplaats 2). Per bemonsteringsplaats werd strooisel bemonsterd op drie subplaatsen:

- links van de rechter drinklijn (midden tussen voer- en drinklijn in);
- vlak naast (één van) de middelste drinklijn(en);
- direct links naast de linker voerlijn.

Strooiselmonsters werden genomen van de betonnen ondervloer tot het strooiseloppervlak. Per bemonsteringsplaats werden de drie submonsters samengevoegd tot één mengmonster en in een plastic zakje gedaan. Op deze wijze worden per stal twee mengmonsters verkregen. De mengmonsters werden vervolgens gedurende 24 uur gedroogd in een droogstoof bij 104 °C, waarbij het volledige monster werd gebruikt.

Op de posities waar de strooiselmonsters werden genomen werd tevens de strooiselkwaliteit visueel beoordeeld. Hierbij werd zowel de rulheid (Tabel 3) als vochtigheid (Tabel 4) van het strooisel visueel beoordeeld.

Tabel 3 Scoringsklassen voor de visuele beoordeling van de rulheid van het strooisel

Score	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

Tabel 4 Scoringsklassen voor de visuele beoordeling van de vochtigheid van het strooisel

Score	Omschrijving
1	Nat strooisel, laars zakt vrijwel overal weg in strooisel en water treedt naar buiten (wordt zelden waargenomen)
2	Nat strooisel, onder drinklijn zakt laars weg in strooisel en water treedt naar buiten
3	Nat strooisel, onder drinklijn zakt laars weg in strooisel, maar er treedt geen water naar buiten
4	Nat strooisel, donker van kleur. Van het strooisel kan een bal gemaakt worden. Flinke rug onder drinklijn
5	Nat strooisel, donker van kleur, rug onder drinklijn, rest van het strooisel begint dicht te 'slaan'
6	Relatief droog strooisel, strooisel vrij donker van kleur, kleine 'rugvorming' onder drinklijn. Strooisel tussen drinklijn en voer lijn nog rul
7	Relatief droog strooisel, onder drinklijn vrij donker van kleur, de rest licht/donker van kleur, beginnende 'rugvorming' onder drinklijn
8	Relatief droog strooisel, licht donker van kleur, nog geen 'rugvorming' onder drinklijn
9	Droog strooisel, licht van kleur
10	Zeer droog strooisel (wordt alleen waargenomen bij opzet)

2.5 Dataverwerking en statistische analyse

Berekening dag- en jaaremissies

Voor alle bedrijven ($j=1, 2$) werden per stal (k =controle, oliefilm) 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, oliefilm) 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 jaaremissies (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 zijn de metingen alleen uitgevoerd in de periode waarin het oliefilmsysteem in werking was (vanaf dag 21 in de productieronde). Daarom is de gemiddelde emissie per behandeling (controle, oliefilm) niet berekend als overall gemiddelde over de waarnemingen uit dit onderzoek. Op basis van de dag in de productiecyclus waarop de emissies werden gemeten, zijn de emissies ingedeeld in twee perioden van drie weken ($p=1, 2$) binnen een productiecyclus van zes weken. Per behandeling (k) en periode werd daarna een gemiddelde emissie berekend (E_{kp}). De emissie voor periode 2 (wk 3 t/m 6) werd berekend met behulp van de 12 waarnemingen verricht in deze periode. De emissie voor periode 1 (wk 1 t/m 3) is niet gemeten, maar geschat met behulp van de data van in totaal zes vleeskuikenstallen uit de onderzoeken van Winkel e.a. (2009b) en Winkel e.a. (2010). Op basis van deze data is berekend wat de relatieve bijdrage is van de eerste drie weken in de productieronde op de totale emissie van PM10, PM2,5, NH₃, CH₄, N₂O en geur in de productieronde (Tabel 5). Deze verhoudingsgetallen per emissiecomponent zijn daarna gebruikt om per locatie de emissie van week 1 t/m 3 te schatten op basis van de data van de controlestal uit week 4 t/m 6. Per bedrijfslocatie waren de geschatte emissies voor week 1 t/m 3 daarmee gelijk voor controle- en oliefilmstal.

Tabel 5 Per component, de relatieve bijdrage (%) van week 1 t/m 3 en week 4 t/m 6 aan de totale emissie in de productieronde

Periode	PM10	PM2,5	NH ₃	CH ₄	N ₂ O	Geur
Week 1 t/m 3	10	6	23	39	6	25
Week 4 t/m 6	90	94	77	61	94	75
Totaal (wk 1 t/m 6)	100	100	100	100	100	100

De emissie per behandeling (E_k) op jaarbasis per dierplaats werd vervolgens bepaald als de gemiddelde emissie over deze twee verschillende perioden van drie weken in de productiecyclus:

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

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 jaaremissie van de controle- ($E_{controle}$) en de oliefilmbehandeling ($E_{oliefilm}$):

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

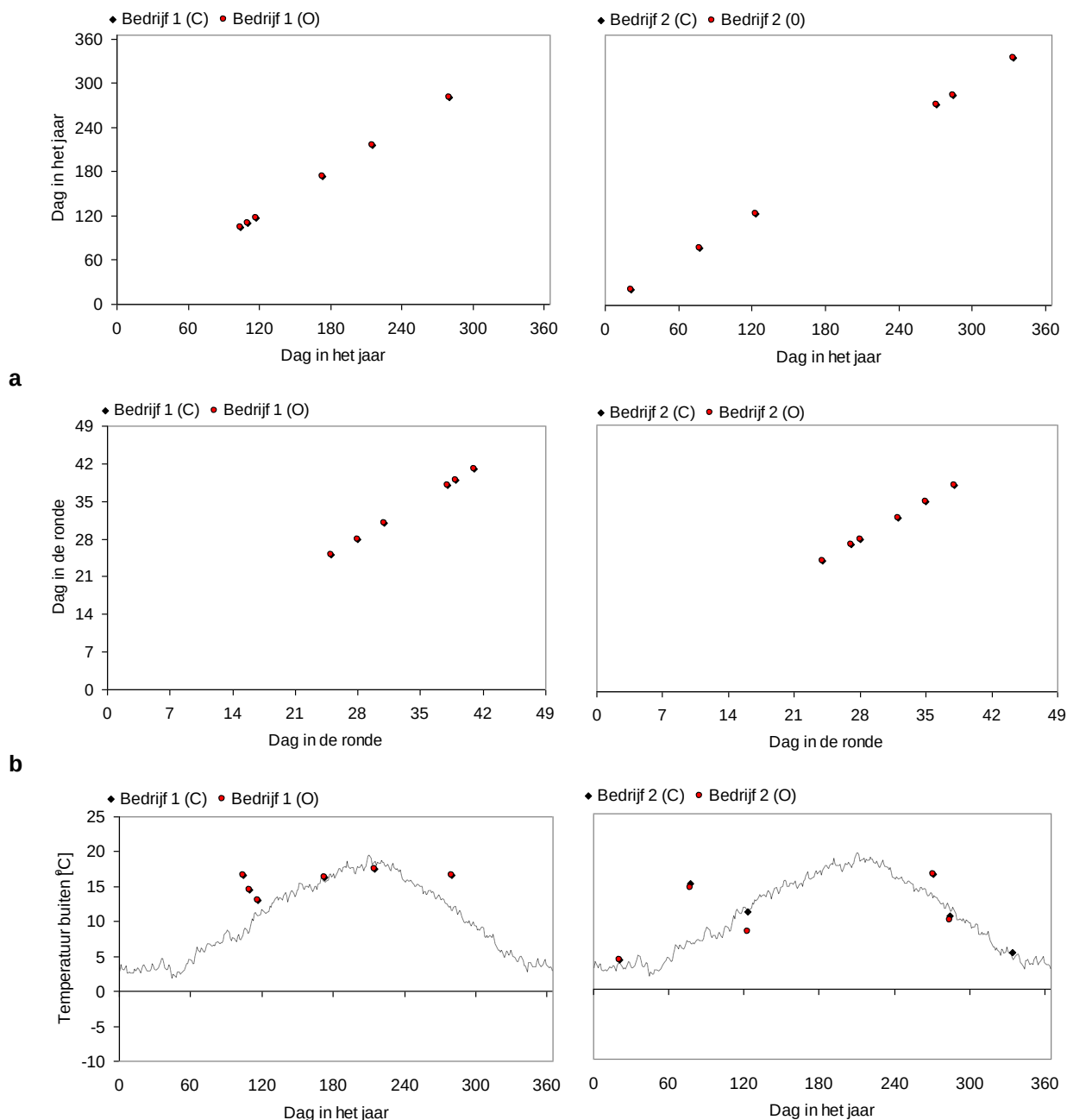
Statistische toetsing technische resultaten, welzijnsparameters en strooiselkwaliteit

De resultaten met betrekking tot de technische resultaten, welzijnsparameters en strooiselkwaliteit zijn getoetst met behulp van variatieanalyse (ANOVA) op significante verschillen tussen behandelingen (controle versus oliefilm) waarbij het bedrijf en daarbinnen ronde als blok werd gehanteerd. Welzijnsparameters zijn getoetst met de IR Class toets op significante verschillen tussen behandelingen en controle vanwege de niet-normale verdeling van frequenties over de klassen.

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 3 laat zien hoe de metingen in dit onderzoek in werkelijkheid verdeeld waren.

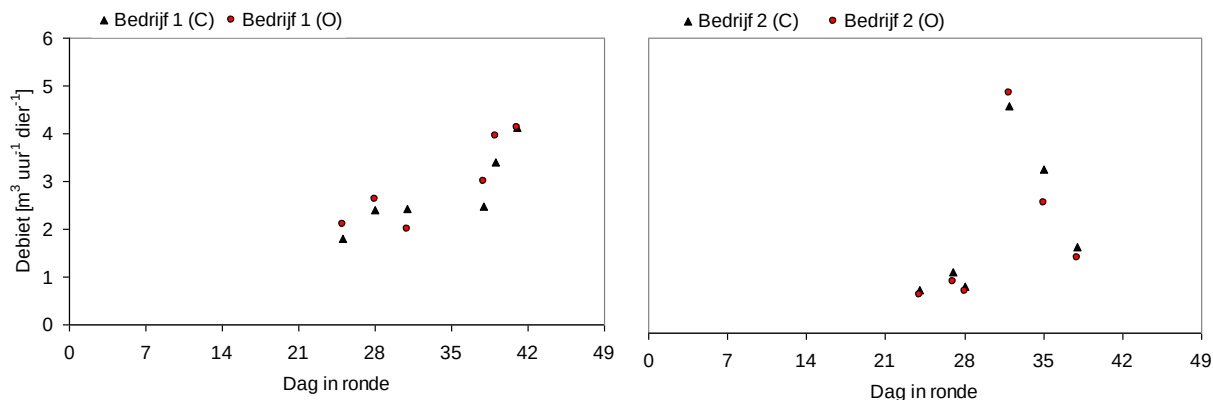


c
Figuur 3 Verdeling van de metingen over het jaar (a), de productieperiode (b), en de buitentemperatuur (c) vergeleken met de gemiddelde waarden gemeten over de jaren 1984-2009 voor de regio Eindhoven (www.knmi.nl; als stippellijn weergegeven). Links: bedrijf 1; Rechts: bedrijf 2; C: controlestal; O: oliefilmstal

Er is alleen gemeten in de perioden waarin het oliefilmsysteem in gebruik was (vanaf dag 21 in de productieronde). De gemiddelde meetdag in de productieronde (34 dagen voor bedrijf 1 en 31 dagen voor bedrijf 2) valt daardoor niet midden in de productieronde (rond 21 dagen).

3.2 Ventilatie-debiet

In Figuur 4 wordt het ventilatie-debiet op de verschillende meetdagen voor de twee bedrijven (1 controlestal en 1 oliefilmstal per bedrijf) weergegeven.

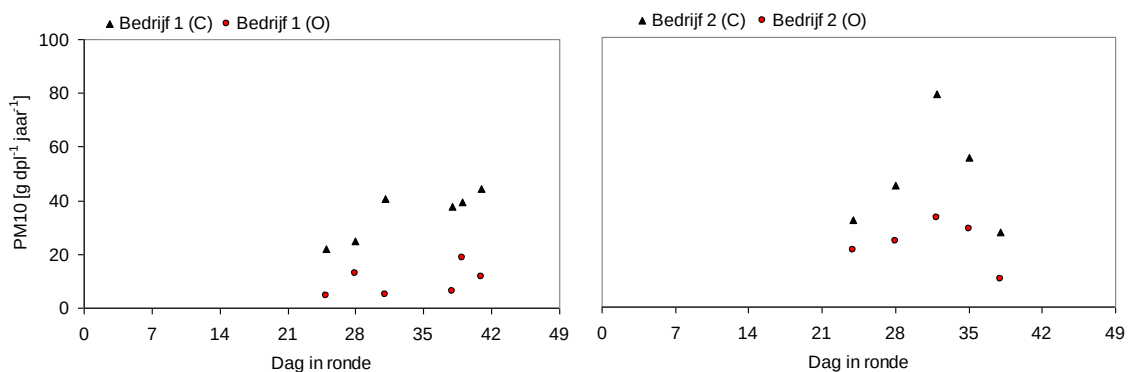


Figuur 4 Gemiddelde ventilatie-debiet op de verschillende meetdagen voor bedrijf 1 (links) en bedrijf 2 (rechts); C: controlestal; O: oliefilmstal

Uit deze figuur blijkt dat het ventilatie-debiet toenam naarmate de vleeskuikens ouder werden. Het hoogste ventilatie-debiet werd op bedrijf 1 aan het einde van de ronde gemeten. Op bedrijf 2 nam in de laatste week van de productieronde het ventilatie-debiet af. Dit komt doordat het ventilatie-debiet niet alleen afhankelijk is van het stadium in de productieronde, maar ook van de buitentemperatuur (seizoenseffect). De ventilatie-debiets per meting waren telkens vergelijkbaar tussen de oliefilm- en controlestal. Het gemiddelde debiet op bedrijf 1 bedroeg $2,8 \text{ m}^3/\text{uur}$ per dier voor de controlestal en $3,0 \text{ m}^3/\text{uur}$ per dier voor de oliefilmstal. Het gemiddelde debiet op bedrijf 2 bedroeg $2,1 \text{ m}^3/\text{uur}$ per dier voor de controlestal en $2,0 \text{ m}^3/\text{uur}$ per dier voor de oliefilmstal.

3.3 PM10 emissie

In Figuur 5 wordt de PM10 emissie op de verschillende meetdagen voor de twee bedrijven (1 controlestal en 1 oliefilmstal per bedrijf) weergegeven.

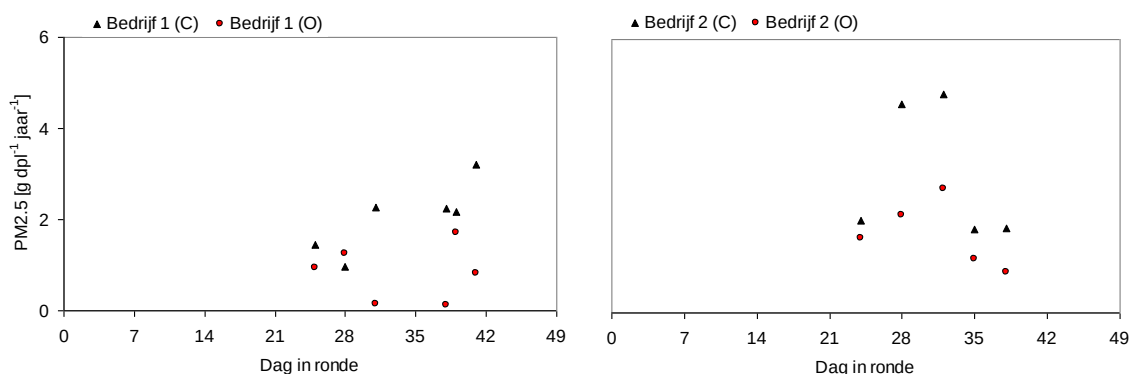


Figuur 5 Gemiddelde PM10 emissies op de verschillende meetdagen voor bedrijf 1 (links) en bedrijf 2 (rechts); C: controlestal; O: oliefilmstal

Uit deze figuur blijkt dat de PM10 emissies op bedrijf 1 toenamen naarmate de vleeskuikens ouder werden. Op bedrijf 2 nam in de laatste week van de productieronde de emissie af. Dit komt door de lagere ventilatie-debietten in die periode (zie paragraaf 3.2). Op basis van de resultaten weergegeven in Figuur 5 en de berekeningsmethodiek beschreven in paragraaf 2.5 werd een jaaremissie berekend voor PM10 per opgezet dier (niet gecorrigeerd voor leegstand; $\pm$ standaarddeviatie tussen bedrijven) van $23,6 \pm 3,8$ g/jaar voor de controlestallen en van $10,8 \pm 4,8$ g/jaar voor de oliefilmstallen. De gemiddelde emissiereductie voor PM10 ($\pm$ standaarddeviatie tussen bedrijven) bedroeg $54,4 \pm 14,5\%$.

3.4 PM2,5 emissie

In Figuur 6 wordt de PM2,5 emissie op de verschillende meetdagen voor de twee bedrijven (1 controlestal en 1 oliefilmstal per bedrijf) weergegeven.



Figuur 6 Gemiddelde PM2,5 emissies op de verschillende meetdagen voor bedrijf 1 (links) en bedrijf 2 (rechts); C: controlestal; O: oliefilmstal

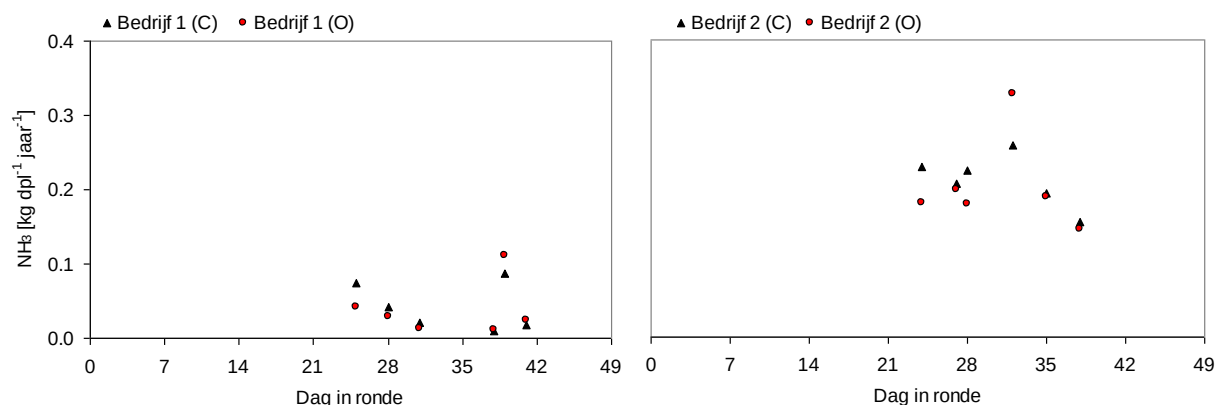
Uit deze figuur blijkt dat de PM2,5 emissies op bedrijf 1 toenamen naarmate de vleeskuikens ouder werden. Op bedrijf 2 nam in de laatste week van de productieronde de emissie af. Dit komt door de lagere ventilatie-debietten in die periode (zie paragraaf 3.2). Op basis van de resultaten weergegeven in Figuur 6 en de berekeningsmethodiek beschreven in paragraaf 2.5 werd een jaaremissie berekend voor PM2,5 per opgezet dier (niet gecorrigeerd voor leegstand; $\pm$ standaarddeviatie tussen bedrijven) van $1,3 \pm 0,3$ g/jaar voor de controlestallen en van $0,7 \pm 0,3$ g/jaar voor de oliefilmstallen. De gemiddelde emissiereductie voor PM2,5 ($\pm$ standaarddeviatie tussen bedrijven) bedroeg $48,0 \pm 13,7\%$.

3.5 Totaalstofemissie

In dit onderzoek is geen totaalstof gemeten.

3.6 Ammoniakemissie

In Figuur 7 wordt de ammoniakemissie op de verschillende meetdagen voor de twee bedrijven (1 controlestal en 1 oliefilmstal per bedrijf) weergegeven.

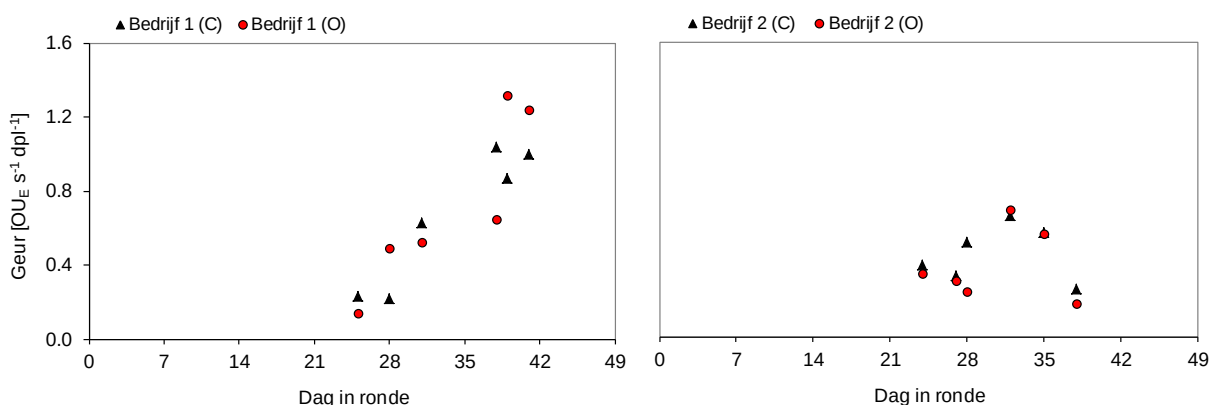


Figuur 7 Gemiddelde ammoniakemissies op de verschillende meetdagen voor bedrijf 1 (links) en bedrijf 2 (rechts); C: controlestal; O: oliefilmstal

Uit deze figuur blijkt dat de ammoniakemissies hoger waren op bedrijf 2 t.o.v. de emissies op bedrijf 1. Op bedrijf 2 nam in de laatste week van de productieronde de emissie af. Dit komt door lagere ventilatiedebieten in die periode (zie paragraaf 3.2). Op basis van de resultaten weergegeven in Figuur 7 en de berekeningsmethodiek beschreven in paragraaf 2.5 werd een jaaremissie berekend voor ammoniak per opgezet dier (niet gecorrigeerd voor leegstand; $\pm$ standaarddeviatie tussen bedrijven) van $82,5 \pm 74,3$ g/jaar voor de controlestallen, en van $81,8 \pm 75,1$ g/jaar voor de oliefilmstallen. De gemiddelde emissiereductie voor ammoniak ($\pm$ standaarddeviatie tussen bedrijven) bedroeg $0,9 \pm 7,8\%$.

3.7 Geuremissie

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



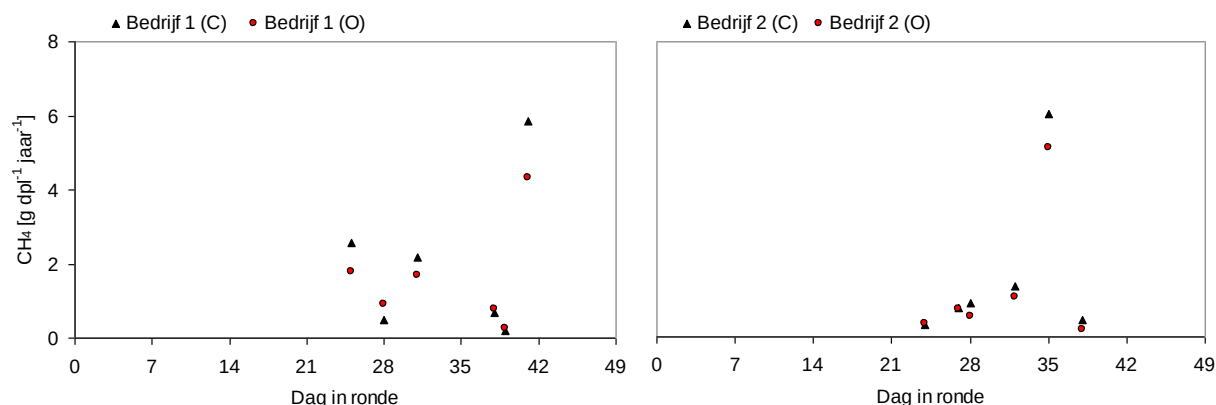
Figuur 8 Gemiddelde geuremissies op de verschillende meetdagen voor bedrijf 1 (links) en bedrijf 2 (rechts); C: controlestal; O: oliefilmstal

Uit deze figuur blijkt dat de geuremissies op bedrijf 1 toenamen naarmate de vleeskuikens ouder werden. Op bedrijf 2 nam in de laatste week van de productieronde de emissie af. Dit komt door lagere ventilatiedebieten in die periode (zie paragraaf 3.2). Op basis van de resultaten weergegeven

in Figuur 8 en de berekeningsmethodiek beschreven in paragraaf 2.5 werd een (mediane) jaaremissie berekend voor geur per opgezet dier (niet gecorrigeerd voor leegstand; $\pm$ standaarddeviatie tussen bedrijven) van $0,33 \pm 0,07$ OU_E/s voor de controlestallen, en van $0,31 \pm 0,09$ OU_E/s voor de oliefilmstallen. De gemiddelde emissiereductie voor geur ($\pm$ standaarddeviatie tussen bedrijven) bedroeg $5,7 \pm 10,8\%$.

3.8 Methaanemissie

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

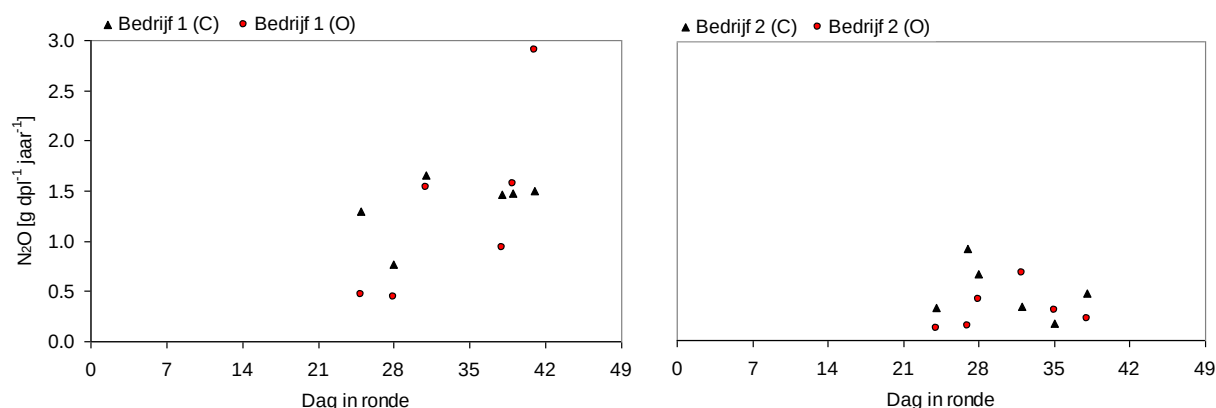


Figuur 9 Gemiddelde methaanemissies op de verschillende meetdagen voor bedrijf 1 (links) en bedrijf 2 (rechts); C: controlestal; O: oliefilmstal

Uit deze figuur blijkt dat de methaanemissies toenamen naarmate de vleeskuikens ouder werden. De spreiding binnen en tussen beide bedrijven was groot. Op bedrijf 2 nam in de laatste week van de productieronde de emissie af. Dit komt door de lagere ventilatiedebieten in die periode (zie paragraaf 3.2). Op basis van de resultaten weergegeven in Figuur 9 en de berekeningsmethodiek beschreven in paragraaf 2.5 werd een jaaremissie berekend voor methaan per opgezet dier (niet gecorrigeerd voor leegstand; $\pm$ standaarddeviatie tussen bedrijven) van $1,6 \pm 0,2$ g/jaar voor de controlestallen, en van $1,5 \pm 0,2$ g/jaar voor de oliefilmstallen. De gemiddelde emissiereductie voor methaan ($\pm$ standaarddeviatie tussen bedrijven) bedroeg $11,3 \pm 0,8\%$.

3.9 Lachgasemissie

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



Figuur 10 Gemiddelde lachgasemissies op de verschillende meetdagen voor bedrijf 1 (links) en bedrijf 2 (rechts); C: controlestal; O: oliefilmstal

Uit deze figuur blijkt de lachgasemissies op bedrijf 1 toenamen naarmate de vleeskuikens ouder werden, terwijl op bedrijf 2 de emissies redelijk constant waren. De spreiding binnen en tussen beide bedrijven was groot. Op basis van de resultaten weergegeven in Figuur 11 en de berekeningsmethodiek beschreven in paragraaf 2.5 werd een jaaremissie berekend voor lachgas per opgezet dier (niet gecorrigeerd voor leegstand; $\pm$ standaarddeviatie tussen bedrijven) van $0,5 \pm 0,4$ g/jaar voor de controlestallen, en van $0,5 \pm 0,4$ g/jaar voor de oliefilmstallen. De gemiddelde emissiereductie voor lachgas ($\pm$ standaarddeviatie tussen bedrijven) bedroeg $6,3 \pm 14,9\%$.

3.10 Technische resultaten

In Tabel 6 worden de gemiddelde behaalde technische resultaten van controle- en oliefilmstal op beide bedrijven weergegeven. Uit de statistische analyse blijkt dat het aanbrengen van een oliefilm geen effect had op de technische resultaten.

Tabel 6 Technische resultaten voor de controle- en oliefilmstal in bedrijf 1 en bedrijf 2; gemiddelden over drie productierondes

Kenmerk	Bedrijf 1		Bedrijf 2	
	Controlestal	Oliefilmstal	Controlestal	Oliefilmstal
Aantal mestdagen	43,3	43,4	42,4	42,4
Gewicht (g) ¹⁾	2251	2271	2302	2305
Groei (g/dier per dag)	52,0	52,4	54,3	54,4
Uitval (%)	3,7	4,7	4,5	4,2
Voerconversie	1,75	1,83	1,81	1,81
VC 1500g	1,45	1,52	1,49	1,48
Productiegetal	287	273	287	289

¹⁾ Gemiddeld gewicht (uitladers + wegladers)

Uit Tabel 6 blijkt dat op bedrijf 1 de technische resultaten van de oliefilmstal (uitval, voerconversie, productiegetal) enigszins ongunstiger waren in vergelijking met de controlestal. Bij bedrijf 2 waren de technische resultaten van de controlestal en de oliefilmstal vergelijkbaar. Dat bij bedrijf 1 de technische resultaten iets minder waren is echter niet toe te schrijven aan de oliefilmtoepassing. Ervaringen uit het verleden leerden dat over het algemeen de technische resultaten in de oliefilmstal wat minder zijn in vergelijking met de controlestal. Daarnaast waren er in de tweede ronde verteringsproblemen in de oliefilmstal van bedrijf 1 welke hebben geleid tot een verhoogde uitval en een verslechtering van de voerconversie in deze stal. In de controlestal waren er geen verteringsproblemen.

3.11 Welzijnsparementen

In Tabel 7 worden de resultaten van de exterieurbeoordeling van controle- en oliefilmstal op beide bedrijven weergegeven. Uit de statistische analyse blijkt dat het aanbrengen van een oliefilm geen effect had op het voorkomen en ernst van hakdermatitis en voetzoollaesies. De welzijnsscore was niet verschillend.

Er waren wel grote verschillen tussen beide bedrijven in voorkomen en ernst van hakdermatitis en voetzoollaesies. Op bedrijf 2 was de incidentie en ernst van deze aandoeningen beduidend lager dan op bedrijf 1. Op bedrijf 2 had (gemiddeld over alle waarnemingen) 87% van de dieren geen of geringe hakdermatitis, terwijl dit percentage op bedrijf 1 op 66% lag. Voor voetzoollaesies was dit verschil nog groter: 91% t.o.v. 19%. Deze verschillen zijn inherent aan de verschillen in strooiselkwaliteit, welke op bedrijf 2 bijzonder goed was. Het optreden van hakdermatitis en voetzoollaesies is sterk gerelateerd aan de strooiselkwaliteit.

Tabel 7 Voorkomen (%) en ernst van hakdermatitis en voetzoollaesies voor de controle- en oliefilmstal in bedrijf 1 en bedrijf 2; gemiddelden over drie productierondes

Kenmerk	Bedrijf 1		Bedrijf 2	
	Controlestal	Oliefilmstal	Controlestal	Oliefilmstal
Brandhakken				
Geen	24	9	8	12
Gering	41	58	80	74
Matig	21	27	12	14
Ernstig	14	6	0	0
Voetzoollaesies ¹⁾				
Klasse 0	20	18	93	89
Klasse 1	26	24	7	11
Klasse 2	54	58	0	0
Welzijnsscore ²⁾	128	138	4	5

¹⁾ Beoordeeld volgens Zweedse/Deense methode (Berg, 1998)

²⁾ Welzijnsscore: < 50 gradatie 0 (prima), 50 – 100 gradatie 1 (voor verbetering vatbaar), > 100 gradatie 2 (slecht – direct maatregelen nemen)

3.12 Strooiselkwaliteit

In Tabel 8 worden de visuele rulheid, visuele droogheid en drogestofgehalten van het strooisel van controle- en oliefilmstal op beide bedrijven weergegeven.

Tabel 8 Visuele rulheid, visuele droogheid en drogestofgehalten van het strooisel voor de controle- en oliefilmstal in bedrijf 1 en bedrijf 2; gemiddelden over drie productierondes

Productieperiode	Bedrijf 1		Bedrijf 2	
	Controlestal	Oliefilmstal	Controlestal	Oliefilmstal
Visuele rulheid ¹⁾	3,5	2,7	6,2	6,7
Visuele droogheid ²⁾	4,2	3,3	6,5	6,9
Drogestofgehalte (%)	50,8	53,4	58,0	61,2

¹⁾ Score 1–10, waarbij score 1 volledig dichtgeslagen strooisel en score 10 volledig rul strooisel

²⁾ Score 1–10, waarbij score 1 zeer nat strooisel en score 10 zeer droog strooisel

Het aanbrengen van een oliefilm op het strooisel had geen nadelig effect op het de strooiselkwaliteit. Sterker nog, het drogestofgehalte van het strooisel van de oliefilmstallen was zelfs enigszins hoger, en dat verschil was statistisch significant. Dat het strooisel uit de oliefilmstallen droger was wordt niet duidelijk bevestigd door de scores van de visuele strooiselbeoordeling. De oorzaak hiervan is hoogst waarschijnlijk gelegen in een bedrijfseffect. Tussen de beide bedrijven waren duidelijke verschillen in de strooiselkwaliteit (Tabel 8). Bij bedrijf 2 was het strooisel aanzienlijk droger en ruller. Het drogestofgehalte van de strooiselmest was bij bedrijf 2 gemiddeld over de drie productierondes bijna 60%, tegenover 52% bij bedrijf 1. Opmerkelijk is dat de vochtigheid van het strooisel in de oliefilmstal van bedrijf 1 als slechter wordt beoordeeld dan de controlestal, terwijl het geanalyseerde drogestofgehalte wel hoger is. Bij bedrijf 2 lag de visuele beoordeling van de vochtigheid van het strooisel in lijn met het geanalyseerde drogestofgehalte. Mogelijk dat door het aanbrengen van een oliefilm op strooisel dat dichtgeslagen is (dus niet rul is), dit voor wat betreft de visuele score voor vochtigheid een vertekend beeld geeft, waardoor het strooisel niet als droger wordt beoordeeld.

4 Discussie

In het hoofdstuk resultaten zijn de verschillende emissies op jaarbasis berekend 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 9 worden de in dit onderzoek gemeten en voor leegstand gecorrigeerde, gemiddelde emissiecijfers weergegeven voor de controle- en oliefilmstallen, alsook de procentuele emissiereducties van de stallen uitgerust met het oliefilmsysteem. 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., 2009b).

Tabel 9 Emissies van PM10, PM2,5, ammoniak, geur, methaan en lachgas voor de controle- en oliefilmstallen, 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 veehouderij ¹⁾, Rav ²⁾, Rgv ³⁾ of recent emissieonderzoek ⁴⁾

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)	23,6 ± 3,8	19,3 ± 3,1	22 ^{1),4),5)}
oliefilmstallen (g/dierplaats per jaar)	10,8 ± 4,8	8,8 ± 4,0	
reductie (%)	54,4 ± 14,5	54,4 ± 14,5	
<i>PM2,5</i>			
controlestallen (g/dierplaats per jaar)	1,3 ± 0,3	1,1 ± 0,3	1,6 ^{4),5)}
oliefilmstallen (g/dierplaats per jaar)	0,7 ± 0,3	0,6 ± 0,3	
reductie (%)	48,0 ± 13,7	48,0 ± 13,7	
<i>Ammoniak</i>			
controlestallen (g/dierplaats per jaar)	82,5 ± 74,3	67,6 ± 60,9	80 ^{2),5)}
oliefilmstallen (g/dierplaats per jaar)	81,8 ± 75,1	67,0 ± 61,6	72 ^{4),5)}
reductie (%)	0,9 ± 7,8	0,9 ± 7,8	
<i>Geur</i>			
controlestallen (OU _E /dierplaats per s)	0,33 ± 0,07	-	0,24 ³⁾
oliefilmstallen (OU _E /dierplaats per s)	0,31 ± 0,09		0,39 ⁴⁾
reductie (%)	5,7 ± 10,8		
<i>Methaan</i>			
controlestallen (g/dierplaats per jaar)	1,6 ± 0,2	1,4 ± 0,2	3,6 ⁴⁾
oliefilmstallen (g/dierplaats per jaar)	1,5 ± 0,2	1,2 ± 0,2	
reductie (%)	11,3 ± 0,8	11,3 ± 0,8	
<i>Lachgas</i>			
controlestallen (g/dierplaats per jaar)	0,5 ± 0,4	0,4 ± 0,3	8,9 ⁴⁾
oliefilmstallen (g/dierplaats per jaar)	0,5 ± 0,4	0,4 ± 0,3	
reductie (%)	6,3 ± 14,9	6,3 ± 14,9	

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

²⁾ Rav: Regeling ammoniak en veehouderij

³⁾ Rgv: Regeling geur en veehouderij

⁴⁾ Winkel e.a., 2009b

⁵⁾ Gecorrigeerd voor leegstand van 18%

Uit Tabel 9 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., 2009b) en de emissiefactoren die op grond daarvan zijn vastgesteld in het Overzicht emissiefactoren fijn stof voor de veehouderij (PM10).

De emissiereductie van PM10 uitsluitend berekend over de periode van olie aanbrengen (het relatieve verschil tussen de overall gemiddelde emissie van controlestallen en de overall gemiddelde emissie van oliefilmstallen op basis van de waarnemingen in week 3 t/m 6) bedroeg 61%. Dit is vergelijkbaar met de resultaten van de optimalisatiestudie in vleeskuikenstal P1 van pluimveeproefbedrijf Het

Spelderholt te Lelystad (Winkel e.a., 2009a). In deze optimalisatiestudie werd eveneens vanaf dag 21 in ronde dagelijks een oliefilm aangebracht in een dosering van 15 ml/m² en werd gemeten in de tweede helft van de productieronde. In deze optimalisatiestudie bedroeg de gemiddelde PM10 emissiereductie over deze meetdagen 64%.

De emissiereductie van PM2,5 uitsluitend berekend over de periode van olie aanbrengen (het relatieve verschil tussen de overall gemiddelde emissie van controlestallen en de overall gemiddelde emissie van oliefilmstallen op basis van de waarnemingen in week 3 t/m 6) bedroeg 51%. Dit is aanzienlijk lager dan in het optimalisatieonderzoek (74%; Winkel e.a., 2009a). Verder is de variatie in PM2,5 emissiereducties per meting (zie Figuur 6) groter dan tijdens het optimalisatieonderzoek. Hiervoor kan geen duidelijke verklaring gevonden worden.

Voor de gevonden emissies van ammoniak, geur, methaan en lachgas kan gesteld worden dat ze in een realistische range liggen van vergelijkende emissiewaarden en dat het aanbrengen van een oliefilm deze emissies niet beïnvloedt.

De emissiemetingen zijn goed verspreid over het jaar genomen met een gemiddeld dagnummer in het jaar van 167 voor bedrijf 1, en van 185 voor bedrijf 2. De gemiddelde buitentemperatuur op de dagen waarop is gemeten is voor bedrijf 1 (15,8 °C) hoger en voor bedrijf 2 (10,3 °C) vergelijkbaar met het langjarige gemiddelde in Nederland (10,1 °C).

Uit paragraaf 3.10 t/m 3.12 blijkt dat de technische resultaten, welzijn en strooiselkwaliteit niet werden beïnvloed door het aanbrengen van een oliefilm zoals toegepast in dit onderzoek. Daarmee bevestigt dit validatieonderzoek de resultaten uit het optimalisatieonderzoek onder dezelfde condities (Winkel e.a., 2009a).

5 Conclusies

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

- PM10 emissie: $19,3 \pm 3,1$ g/dierplaats per jaar voor de controlestallen en $8,8 \pm 4,0$ g/dierplaats per jaar voor de oliefilmstallen
- PM2,5 emissie: $1,1 \pm 0,3$ g/dierplaats per jaar voor de controlestallen en $0,6 \pm 0,3$ g/dierplaats per jaar voor de oliefilmstallen
- Ammoniakemissie: $67,6 \pm 60,9$ g/dierplaats per jaar voor de controlestallen en $67,0 \pm 61,6$ g/dierplaats per jaar voor de oliefilmstallen
- Geuremissie (niet gecorrigeerd voor leegstand): $0,33 \pm 0,07$ OU_E/dierplaats per seconde voor de controlestallen en $0,31 \pm 0,09$ OU_E/dierplaats per seconde voor de oliefilmstallen
- Methaanemissie: $1,4 \pm 0,2$ g/dierplaats per jaar voor de controlestallen en $1,2 \pm 0,2$ g/dierplaats per jaar voor de oliefilmstallen
- Lachgasemissie: $0,4 \pm 0,3$ g/dierplaats per jaar voor de controlestallen en $0,4 \pm 0,3$ g/dierplaats per jaar voor de oliefilmstallen

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

- PM10 emissie: $54,4 \pm 14,5\%$
- PM2,5 emissie: $48,0 \pm 13,7\%$
- Ammoniakemissie: $0,9 \pm 7,8\%$
- Geuremissie: $5,7 \pm 10,8\%$
- Methaanemissie: $11,3 \pm 0,8\%$
- Lachgasemissie: $6,3 \pm 14,9\%$

Op basis van dit onderzoek kan tot slot worden geconcludeerd dat de technische resultaten, welzijnsparameters en strooiselkwaliteit niet worden beïnvloed door het aanbrengen van een oliefilm.

Literatuur

- Aarnink, A.J.A., H. Ellen. 2006. Processen en factoren bij fijn stofemissie in de veehouderij. Rapport 11, Animal Sciences Group, Wageningen UR.
- Aarnink, A.J.A., J. van Harn, T.G. van Hattum, Y. Zhao, J.W. Snoek, I. Vermeij en J. Mosquera. 2008. Reductie stofemissie bij vleeskuikens door aanbrengen oliefilm. Rapport 154, Animal Sciences Group, Wageningen UR.
- Berg, C. 1998. Foot-pad dermatitis in broilers and turkeys. Doctoral thesis. Dept. of Animal Environment and Health, Swedish University of Agricultural Sciences (SLU). Acta Universitatis Agriculturae Sueciae, Sweden.
- Buissonjé, F.E., A.J.A. Aarnink. 2008. Opties voor reductie van stofemissies in pluimveestallen. Rapport 128, Animal Sciences Group, Wageningen UR.
- 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.
- CEN standard 13725. 2003. Air quality - Determination of odour concentration by dynamic olfactometry, European Committee for Standardization, Brussels, Belgium.
- 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.
- 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.
- 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., M. Cambra-López, J. Van Harn, T.G. van Hattum, A.J.A. Aarnink. 2009a. Maatregelen ter vermindering van fijnstofemissie uit de pluimveehouderij: optimalisatie van een oliefilmsysteem bij vleeskuikens. Rapport 204, Animal Sciences Group, Wageningen UR.

- Winkel, A., J. Mosquera, R.K. Kwikkel, F.A. Gerrits, N.W.M. Ogink, A.J.A. Aarnink. 2009b. Fijnstofemissie uit stallen: vleeskuikens. Herziene versie, januari 2011. Rapport 275, Wageningen UR Livestock Research.
- Winkel, A., J. Mosquera, J.H.W. Huis in't Veld, N.W.M. Ogink, A.J.A. Aarnink. 2010. Maatregelen ter vermindering van fijnstofemissie uit de pluimveehouderij: validatie van een ionisatiesysteem op vleeskuikenbedrijven. Rapport 391, Wageningen UR Livestock Research. In druk.
- 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

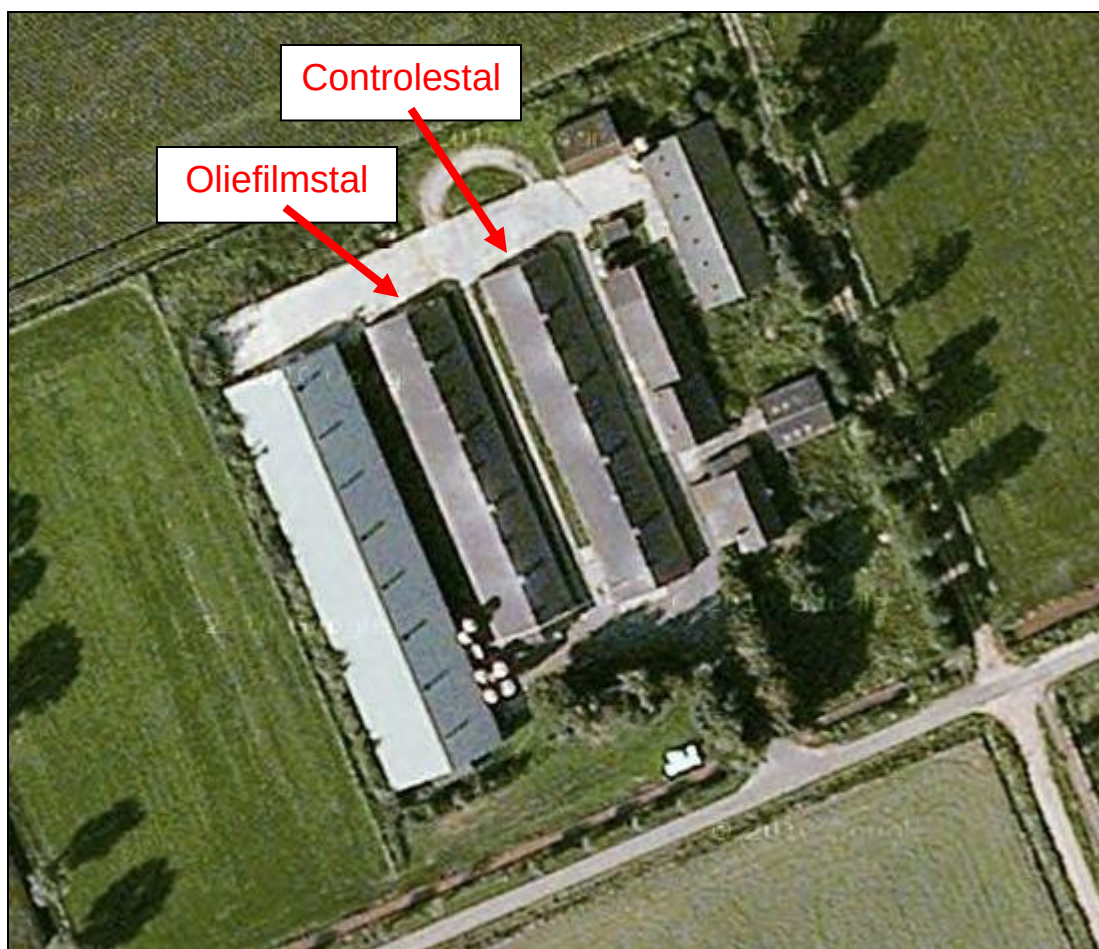
A. Belangrijkste kenmerken stallen locatie 1

Kenmerk	Beschrijving
Omschrijving stal/afdeling	Traditionele vleeskuikenstal met grondhuisvesting met voer- en waterlijnen en nokventilatie
Rav code en emissiefactoren 2008	E 5.100 Overige huisvestingssystemen Emissie NH ₃ : 80 g/dierplaats per jaar Emissie Geur: 0,24 OU _E /dierplaats per seconde Emissie PM10: 22 g/dierplaats per jaar
Bouwjaar	1979
Afmetingen (l x b x h ^{goot} /h ^{nok})	65 x 14 x 2,20 / 4 m (binnenwerks)
Staloppervlak en stalinhoud	Staloppervlak: ca. 910 m ² , stalinhoud: ca. 2821 m ³
Aantal vleeskuikens bij opzet	21.500
Bezetting bij opzet	Ca. 23,6 kuikens per vierkante meter
Dieren	Ross 308 vleeskuikens
Luchtinlaat	35 (l.) + 35 (r.) inlaatventielen (2 per spantvak)
Luchtuitlaat	Nokventilatie mechanisch
Max. ventilatiecapaciteit	9 nokventilatoren met handklep (Ø 63 cm, ca. 12.000 m ³ /uur) 2 ventilatoren in achtergevel (Ø 125 cm, ca. 40.000 m ³ /uur) Totaal geïnstalleerde maximale ventilatiecapaciteit: ca. 188.000 m ³ /uur (ca. 8,7 m ³ /uur per opgezet kuiken)
Ventilatieregeling	Op basis van staltemperatuur
Temperatuurstellingen	Dag 0: ca. 34 °C Dag 7: ca. 28 °C Verder aflopend tot ca. 21 °C op dag 42–46
Verwarming	2 heteluchtkanonnen (70 kcal elk)
Speciale klimaatvoorzieningen	Waterleiding met sproeiers, buiten aan zijgevel, onder winddruk; voor verneveling/koeling ingaande lucht
Voersysteem, voersoorten, hoeveelheden en voertijden	3 Voerlijnen met voerpannen. Gevoerd wordt: kernvoer (start-, groei- en afmestfase, met ca. 5% (dag 5) tot ca. 40% (dag 42–46) tarwe. Voertijden: tijdens lichtperiode
Drinksysteem	6 Drinklijnen met drinknippels, zonder morsbakjes. Watertijden: tijdens lichtperiode
Strooisel	Houtkrullen (ca. 1 kg/m ²)
Lichtregime	3D:1L, 3D:1L, 3D:1L, 3D:1L, 3D:1L, 3D:1L
Productie	Productiecyclus: 7-7,5 weken. Op 35 dagen wordt 15% van de kuikens uitgeladen op een gewicht van ±1750 gram. Op 42-46 dagen worden de resterende kuikens afgeleverd op een gewicht van 2450 gram. Vervolgens 7 dagen leegstand
Oliefilmsysteem in oliefilmstal	1 leiding over lengte van de stal, recht onder de nok, in hoogte verstelbaar (oplierbaar) - er wordt verneveld wordt vanaf het midden van de stal naar de zijgevels toe; de nozzles zijn 'om en om' naar links of rechts aangebracht - aantal nozzles op de leiding: 10 naar links, 10 naar rechts, totaal: 20 nozzles - toegepaste dosering: ca. 12 ml per m² per dag - toegepaste drukken: 3 bar oliedruk, 3 bar luchtdruk - verneveltijd per dag: 45 seconden - frequentie van oliefilm aanbrengen: dagelijks vanaf dag 21 in ronde, om 10:00–12:00 uur - regeling aanbrengen oliefilm: kan met tijd klok, maar doorgaans is de verneveling handmatig gestart, o.a. om tegelijk de reactie van de kuikens te kunnen sturen door het dimmen van de verlichtingssterkte

Procedure schoonmaken stal

1. uitrijden strooisel/mest
2. plafond natspuiten: bevochtigen inventaris
3. schoonspuiten inventaris (m.n. drinklijnen) met hoge druk stoomcleaner met freeskop. Er worden geen reinigingsmiddelen toegepast. Meertijd: 30–60 minuten

B. Luchtfoto bedrijfssituatie



C. Foto's bedrijfssituatie



Voorzijde oliefilmstal



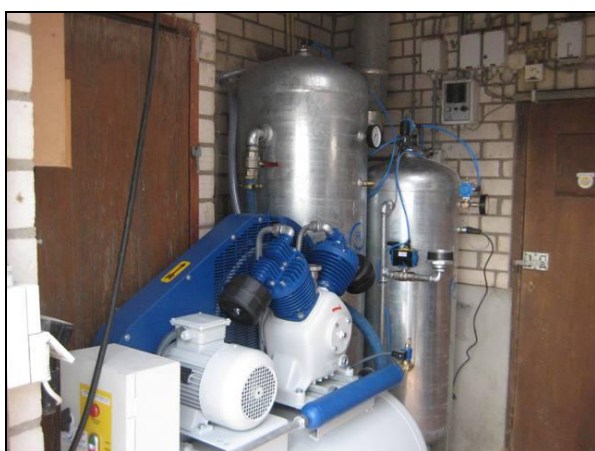
Oliefilmstal (l.) en controlestal (r.)



Overzichtsfoto stal met voer- en drinklijnen



Zijgevel met inlaatventielen



Compressor, olie- en luchtdrukkeketels in halletje



Aanbrengen oliefilm



Leidingen met nozzles in midden van stal



Detailfoto luchtleiding, olieleiding en nozzles

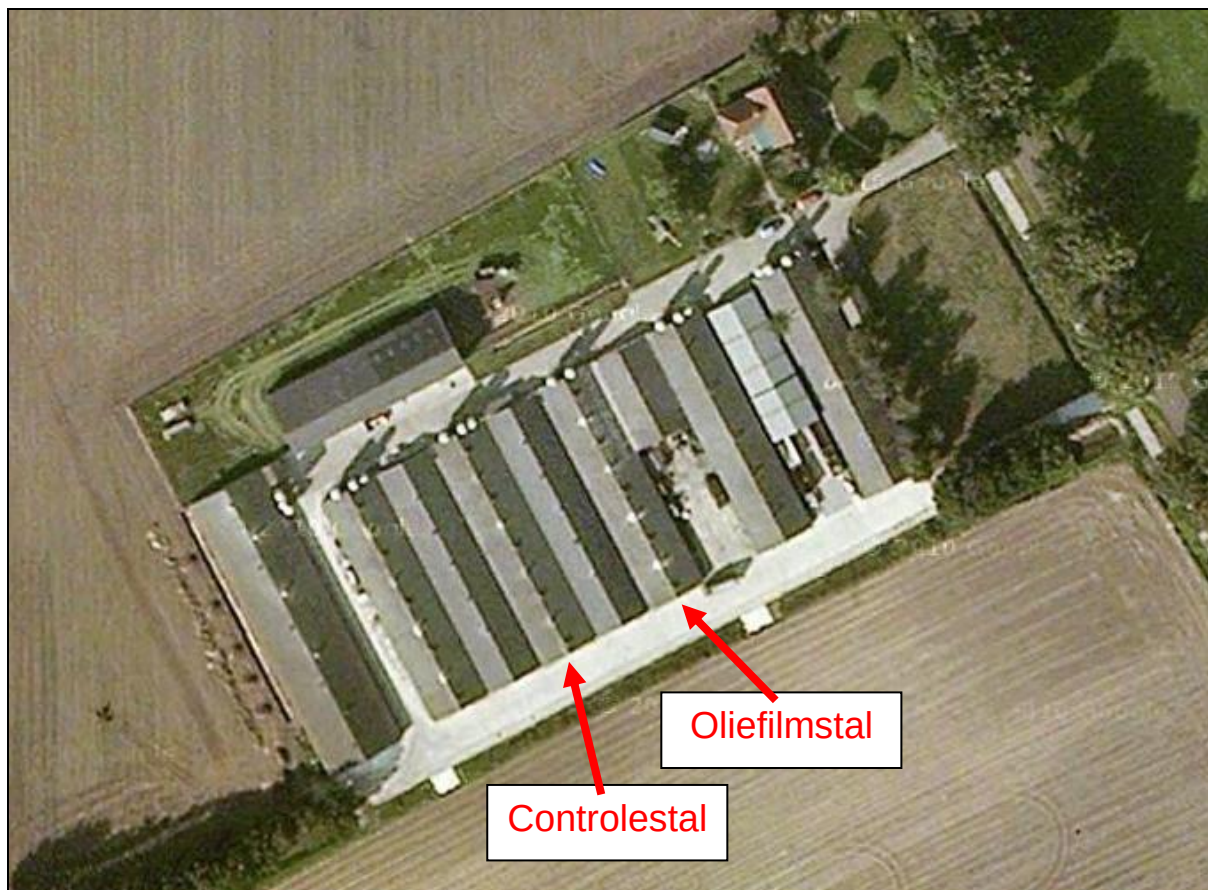
Bijlage 2 Bedrijfsbeschrijving locatie 2

A. Belangrijkste kenmerken stallen locatie 2

Kenmerk	Beschrijving
Omschrijving stal/afdeling	Traditionele vleeskuikenstal met grondhuisvesting met voer- en waterlijnen en nokventilatie
Rav code en emissiefactoren	E 5.100 Overige huisvestingssystemen Emissie NH ₃ : 80 g/dierplaats per jaar Emissie Geur: 0,24 OUE/dierplaats per seconde Emissie PM10: 22 g/dierplaats per jaar
Bouwjaar	1965
Afmetingen (l x b x h ^{goot} /h ^{nok})	52 x 12,60 x 2,20 / 4 m (buitenwerks)
Staloppervlak en stalinhoud	Staloppervlak: ca. 630 m ² , stalinhoud: ca. 1975 m ³
Aantal vleeskuikens bij opzet	14.000
Bezetting bij opzet	Ca. 22,2 kuikens per vierkante meter
Dieren	Cobb 500 vleeskuikens
Luchtinlaat	28 (l.) + 26 (r.) inlaatventielen (2 per spantvak)
Luchtuitlaat	Nokventilatie mechanisch
Max. ventilatiecapaciteit	4 nokventilatoren met vlinderklep (Ø 63 cm, ca. 12.000 m ³ /uur) 5 nokventilatoren met afsluitklep (Ø 63 cm, ca. 8.000 m ³ /uur); deze vijf zijn voor extra ventilatie tijdens zomerperiode Totaal geïnstalleerde maximale ventilatiecapaciteit: ca. 88.000 m ³ /uur (ca. 6,3 m ³ /uur per opgezet kuiken)
Ventilatieregeling	Op basis van staltemperatuur
Temperatuurinstellingen	Dag 0: ca. 33 °C Dag 7: ca. 28 °C Daarna: afname met ca. 1-2 °C per week Dag 42: ca. 20 °C
Verwarming	1 heteluchtkanon van 4.000 m ³ /uur (4.000 calorieën) 1 heteluchtkanon van 8.000 m ³ /uur (8.000 calorieën)
Speciale klimaatvoorzieningen	Watervernevelingsinstallatie bedoeld voor koeling
Voersysteem, voersoorten, hoeveelheden en voertijden	2 Voerlijnen met voerpannen. Gevoerd wordt: kernvoer (start-, groei- en afmestfase) met ca. 5% (start ronde) tot ca. 40% (einde ronde) tarwe Voertijden: 01:00, 07:00, 13:00 en 19:00 (met aanschakelen verlichting)
Drinksysteem	4 Drinklijnen met drinknippels, zonder morsbakjes. Watertijden: tijdens lichtperiodes
Strooisel	Houtkrullen (ca. 1 kg/m ²)
Lichtregime	5L:1D, 5L:1D, 5L:1D, 5L:1D Licht aan van 01:00–06:00, 07:00–12:00, 13:00–18:00 en 19:00–24:00
Productie	Productiecyclus: 7 weken. Op 34 dagen wordt 20–25% van de kuikens uitgeladen op een gewicht van ±1750 gram. Op 42–44 dagen worden de resterende kuikens afgeleverd op een gewicht van 2400–2450 g. Vervolgens 5–7 dagen leegstand
Oliefilmsysteem in oliefilmstal	○ 2 leidingen over lengte van de stal, aan de zijgevel, boven de inlaatventielen, op een hoogte van ca. 2 m. ○ er wordt verneveld wordt vanaf de zijgevels naar het midden van de stal toe ○ nozzles per leiding: 12, totaal: 24 (1 nozzle per spantvak) ○ toegepaste dosering: ca. 12 ml per m² per dag ○ drukken: ca. 3,2 bar oliedruk, ca. 2,8 bar luchtdruk ○ verneveltijd per dag: 24 seconden ○ frequentie van oliefilm aanbrengen: dagelijks vanaf dag 21 in ronde, tussen 8:00 en 10:00 uur ○ regeling aanbrengen oliefilm: d.m.v. tijd klok en tijdrelais. Tijdens de proef is de oliefilm aangebracht door de tijd klok

Procedure schoonmaken stal	handmatig aan te schakelen 1. uitrijden strooisel/mest met verrijker 2. voorbevochtiging inventaris: water vernevelen (m.b.v. watervernevelinstallatie) met opgelierde voer- en drinklijnen 3. schoonspuiten inventaris met hoge druk stoomcleaner (Kärcher) met freeskop (tijdsduur: 1,5 uur, normaliter: 20 minuten, meertijd: 70 minuten). Er worden geen reinigingsmiddelen toegepast
----------------------------	--

B. Luchtfoto bedrijfssituatie



C. Foto's bedrijfssituatie



Vooraanzicht vleeskuikenstallen



Overzichtsfoto binnenzijde stal



Zijgevel met inlaatventielen, luchtleiding (bovenste) en olieleiding (onderste) met nozzle



Oliedrukvat (l.) en luchtdrukketel (r.)



Compressor voor olie- en luchtdruk



Wageningen UR Livestock Research

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

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