

# Animal Sciences Group

Kennispartner voor de toekomst



process for progress

Rapport 204

Maatregelen ter vermindering van  
fijnstofemissie uit de pluimveehouderij:  
optimalisatie van een oliefilmsysteem bij  
vleeskuikens

Januari 2009



ANIMAL SCIENCES GROUP  
WAGENINGEN UR

Dit onderzoek is uitgevoerd in opdracht van het ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit in het kader van het 'Plan van aanpak bedrijfsoplossingen voor fijnstofreductie in de pluimveehouderij' (Ogink en Aarnink, 2008)

## Colofon

### Uitgever

Animal Sciences Group van Wageningen UR  
Postbus 65, 8200 AB Lelystad  
Telefoon 0320 - 238238  
Fax 0320 - 238050  
E-mail [Info.veehouderij.ASG@wur.nl](mailto:Info.veehouderij.ASG@wur.nl)  
Internet <http://www.asg.wur.nl>

### Redactie

Communication Services

### Aansprakelijkheid

Animal Sciences Group aanvaardt geen aansprakelijkheid voor eventuele schade voortvloeiend uit het gebruik van de resultaten van dit onderzoek of de toepassing van de adviezen.

### Liability

Animal Sciences Group does not accept any liability for damages, if any, arising from the use of the results of this study or the application of the recommendations.

Losse nummers zijn te verkrijgen via de website.



De certificering volgens ISO 9001 door DNV onderstrept 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

The effects of oil dose, spraying frequency and of technical optimizations of an oil spraying system on the reduction of fine dust were studied. Daily application of 8 to 15 ml of oil per m<sup>2</sup> of bedding up from day 21 of the production cycle resulted in a 60% and 80% reduction of PM10 and PM2.5 emission, based on particle mass. Technical optimizations substantially reduced oil droplets <10 µm.

## Keywords

Poultry, broilers, fine dust, emission, reduction, oil film, bedding

## Referaat

ISSN 1570 - 8616

## Auteurs

A. Winkel, M. Cambra-López, J. van Harn,  
T.G. van Hattum en A.J.A. Aarnink

## Titel

Maatregelen ter vermindering van fijnstofemissie uit de pluimveehouderij: optimalisatie van een oliefilmsysteem bij vleeskuikens  
Rapport 204

## Samenvatting

De effecten van oliedosis, aanbrengfrequentie en van technische optimalisaties van een oliefilmsysteem op de reductie van fijnstof zijn onderzocht. Het dagelijks aanbrengen van 8 tot 15 ml olie per m<sup>2</sup> strooisel gaf een emissiereductie van 60% voor PM10 en 80% voor PM2,5, gerekend naar de massa van de deeltjes. Technische optimalisaties resulteerden in een substantiële reductie van oliedruppeltjes kleiner dan 10 µm.

## Trefwoorden

Pluimvee, vleeskuiken, fijnstof, emissie, reductie, oliefilm, strooisel



Rapport 204

## Maatregelen ter vermindering van fijnstofemissie uit de pluimveehouderij: optimalisatie van een oliefilmsysteem bij vleeskuikens

Measures to reduce fine dust emission from poultry: optimization of an oil spraying system for broilers

A. Winkel  
M. Cambra-López  
J. van Harn  
T.G. van Hattum  
A.J.A. Aarnink

Januari 2009

## Samenvatting

Fijnstof (PM; Particulate Matter) bestaat uit deeltjes kleiner dan 10  $\mu\text{m}$  (PM10) of zelfs kleiner dan 2,5  $\mu\text{m}$  (PM2,5) en kan een gevaar vormen voor de volksgezondheid. Stallen, in het bijzonder pluimveestallen, zijn een belangrijke bron van fijnstof in de buitenlucht. De Animal Sciences Group van Wageningen UR werkt binnen een plan van aanpak aan maatregelen en technieken die de fijnstofemissie substantieel reduceren. Een van deze technieken is het ontwikkelen van een oliefilmsysteem. Dit systeem brengt een film van koolzaadolie aan over het strooisel waaraan stofdeeltjes blijven plakken, zodat ze niet (weer) in de lucht opgenomen worden. In 2007 werd een oliefilmsysteem ontwikkeld en in een haalbaarheidsstudie uitgetest. Het systeem functioneerde goed en gaf aanzienlijke reducties van emissies van PM10 en PM2,5. Duidelijk werd ook dat er nog een aantal optimalisaties nodig waren om het functioneren van het systeem te verbeteren.

### *Doel*

In deze studie werd het systeem verder geoptimaliseerd door: (a) het aanbrengen van de oliefilm vanaf dag 21 i.p.v. dag 12 van de productieronde, (b) het verdubbelen van het aantal nozzles per afdeling en (c) het optimaliseren van de olie- en luchtdruk van het systeem om de vorming en emissie van te kleine oliedruppeltjes (<10  $\mu\text{m}$ ) tijdens het aanbrengen te minimaliseren. Naast het optimaliseren van het oliefilmsysteem was het doel van dit vervolgonderzoek het bepalen van de effecten van verschillende doseringen en aanbrengfrequenties op fijnstofemissie, persoonlijke blootstelling aan fijnstof, emissie van geur en ammoniak, productieresultaten, welzijnparameters, strooiselkwaliteit en reinigbaarheid van de stal.

### *Onderzoeksvragen*

In deze studie werden de volgende onderzoeksvragen onderzocht:

- wat zijn de effecten van de hoeveelheid aangebrachte olie per dag (0, 8, 15 ml/m<sup>2</sup>) en frequentie van olie aanbrengen (elke dag, 'om de dag') op de emissie van PM10, PM2,5, geur en ammoniak, en op de persoonlijke blootstelling aan PM10, productieresultaten, dierwelzijnparameters, strooiselkwaliteit en reinigbaarheid van de stal?
- wat is het effect van de technische optimalisaties op het genereren van te kleine oliedruppeltjes (<PM10) tijdens aanbrengen?
- kan met het aanbrengen van een oliefilm vanaf dag 21 (in plaats van dag 12) een vergelijkbare emissiereductie van PM10 en PM2,5 worden bereikt?

### *Materiaal en methode*

Het experiment werd uitgevoerd in 6 afdelingen van de mechanisch geventileerde vleeskuikenstal P1 van praktijkcentrum Het Spelderholt, gedurende twee productierondes. Twee afdelingen dienden als controle, in vier afdelingen werden de behandelingen toegepast. In deze vier afdelingen werd de oliefilm om 8.00 uur 's ochtends aangebracht. De behandelingen werden willekeurig toegewezen aan de afdelingen. De afdelingen waren identiek en maten 8,3 x 16,0 m. Ook ventilatie, strooisel, voer- en drinkwaterverstrekking, vaccinaties, etcetera, waren identiek tussen de afdelingen. Per afdeling werden 2675 kuikens opgezet (20 per m<sup>2</sup>) welke na 35 dagen werden afgeleverd op een gewicht van 1,9-2,0 kg. Concentraties van PM10, PM2,5, ammoniak en geur werden gemeten in de ingaande lucht (buiten) en de uitgaande lucht (nabij de ventilatiekoker). Ammoniakconcentraties en ventilatiedebieten werden continu gemeten. Massaconcentraties van PM10 en PM2,5 werden gravimetrisch bepaald gedurende 24 uur op dag 16, 23, 30 en 33 in beide rondes. Daarnaast werd de massaconcentratie van PM10 met een optische techniek continu gemeten om het verloop gedurende de dag vast te kunnen stellen. Een gravimetrische meting van PM10 en PM2,5 werd verricht vanaf 15 minuten voor tot 1 uur en 45 minuten na het aanbrengen van olie op dag 25 en 31 in ronde 2, om de vorming van PM10 en PM2,5 oliedruppeltjes vast te stellen. Deeltjesconcentraties van fijnstof werden gemeten in 30 grootteklassen (0,25-32,0  $\mu\text{m}$ , aantal deeltjes per liter) op dag 5 en 26 gedurende 30 minuten per afdeling, in ronde twee. Driemaal tijdens ronde één (dag 25, 32, 33) en tweemaal tijdens ronde twee (dag 25, 33) werd de persoonlijke blootstelling aan PM10 gemeten. De volgende observaties en waarnemingen werden verricht: groei, voeropname, voerconversie, uitval, strooiselkwaliteit, borstbevuilding, borstirritaties, dijkcrassen, brandhakken, voetzoollaesies en drogestofgehalte van het strooisel. Emissiereducties en significanties werden bepaald met een longitudinaal regressiemodel.

### *Resultaten en conclusies*

De belangrijkste conclusies uit de resultaten van deze studie zijn de volgende:

- *Stofconcentraties, stofemissies en stofreducties.* Bij het aanbrengen van een oliefilm van 8 en 15 ml/m<sup>2</sup> werden significante reducties ( $P < 0,006$ ) in PM10 emissie gemeten van respectievelijk 59 en 64%; de reducties in PM2,5 emissie waren respectievelijk 81 en 74% ( $P < 0,001$ ). Het verschil in reductie tussen 8 en 15 ml olie per m<sup>2</sup> per dag was niet significant voor zowel PM10 als PM2,5. Bij 'om de dag' vernevelen werd één dag na het vernevelen een 44% hogere PM10 emissie gevonden ( $P = 0,05$ ) bij ten opzichte van elke dag vernevelen. Gemiddeld was de PM10 emissie bij 'om de dag' aanbrengen van de oliefilm 23% hoger dan bij elke dag aanbrengen van de oliefilm. Bij het aanbrengen van de oliefilm vanaf dag 21 worden vergelijkbare reducties behaald als bij het aanbrengen vanaf dag 12.
- *Stofconcentratie tijdens het aanbrengen van de oliefilm.* De technische optimalisaties van het oliefilmsysteem hebben de hoeveelheid kleine PM10 en PM2,5 oliedruppeltjes met 60 tot 75% gereduceerd in vergelijking met de hoeveelheden uit de vorige studie.
- *Verloop PM10 concentratie gedurende de dag.* Het verloop van de concentraties van PM10 en PM2,5 is sterk afhankelijk van het lichtschema met lage concentraties tijdens de donkerperiode en hoge concentraties tijdens de lichtperiode.
- *Persoonlijke stofbelasting.* Het oliefilmsysteem reduceert de persoonlijke blootstelling aan PM10 stof met 75 tot 95%. Het oliefilmsysteem verbetert daarmee de arbeidsomstandigheden van de veehouder wat een belangrijk voordeel is ten opzichte van systemen die alleen de uitgaande stallucht reinigen van stof.
- *Deeltjesconcentratie en deeltjesgrootte.* Ongeveer 95 procent van het aantal PM10 deeltjes (0,25 - 10 µm) bestaat uit PM2,5 deeltjes. Gerekend naar de massa van de deeltjes bestaat echter slechts 5 procent van het PM10 stof uit PM2,5 deeltjes. Het oliefilmsysteem lijkt de hoogste reducties (op basis van aantal stofdeeltjes) te geven bij deeltjes met een diameter tussen 1 en 5 µm, van 40 tot 80%.
- *Geur- en ammoniakemissie.* Het oliefilmsysteem heeft geen invloed op de emissie van geur en ammoniak.
- *Productieresultaten.* Het oliefilmsysteem heeft geen invloed op de technische resultaten.
- *Dierwelzijnsparameters.* Het aanbrengen van een oliefilm, zoals toegepast in deze studie, had geen effect op het aantal en de ernst van borstbevuilingen, borstirritaties, dijkkrassen, brandhakken en voetzoollaesies. Ten opzichte van de voorgaande studie lijken de negatieve effecten van het aanbrengen van een oliefilm op het aantal en de ernst van voetzoollaesies vrijwel geheel gereduceerd.
- *Strooiselkwaliteit.* Het aanbrengen van een oliefilm leidt tot minder rul strooisel en het strooisel lijkt visueel vochtiger, echter drogestofgehalten in het lab lieten geen verschillen zien.
- *Reinigbaarheid afdelingen.* Het schoonmaken van een stal waarin olie is aangebracht - volgens de in deze studie geteste doseringen en frequenties - kostte ongeveer een kwart meer tijd ten opzichte van een stal waarin geen olie is aangebracht. Dit is een verbetering ten opzichte van de voorgaande studie waarbij het schoonmaken van een stal waarin olie werd aangebracht tweemaal zoveel tijd kostte.

### *Aanbevelingen*

Op basis van de resultaten en conclusies van deze studie wordt aanbevolen om de werking van het oliefilmsysteem te valideren op pluimveebedrijven in de praktijk. Daarbij dient bij voorkeur dagelijks een oliefilm van 8 tot 15 ml per m<sup>2</sup> te worden aangebracht.

## Summary

Fine dust or particulate matter (PM) consists of particles smaller than 10  $\mu\text{m}$  (PM10) or even 2.5  $\mu\text{m}$  (PM2.5). Air pollution by PM is an important threat to human health. Animal houses, especially poultry houses, are a significant source of ambient dust. The Animal Sciences Group of Wageningen UR is working on a framework of projects that aim to develop measures and techniques that reduce emissions of fine dust from poultry houses. One of these techniques is an oil spraying system that applies a thin layer of rapeseed oil on the bedding, thus preventing dust to become airborne. In 2007 an oil spraying system was developed and tested. The system proved capable of reducing the emissions of PM10 and PM2.5 substantially. However, a number of optimizations were needed.

### *Aim*

In this study the following optimizations were made to the system: (a) oil was applied up from day 21 instead of day 12 of the production cycle to minimize the amount of oil applied without substantially affecting emission reductions, (b) the number of nozzles per room was doubled and (c) the air and oil pressure of the system was optimized to prevent generation and emission of small (<10  $\mu\text{m}$ ) oil droplets. This study aimed to determine the effects of oil dosage (0, 8, 15 ml/m<sup>2</sup>) and application frequency (daily, once every two days) using this optimized system, on the emissions of PM10, PM2.5, ammonia and odour and on personal dust exposure, animal welfare, production and cleaning of the rooms.

### *Research questions*

In this study, the following questions were answered:

- what are the effects of oil dosage (0, 8, 15 ml/m<sup>2</sup> per day) and spraying frequency (daily, 'once every two days') on the emissions of PM10, PM2.5, odour and ammonia, and on personal dust exposure, production, animal welfare, bedding quality and cleaning?
- what are the effects of technical optimizations on the generation of small (<PM10) oil droplets during application of the oil film?
- does the application of an oil film up from day 21 (instead of day 12) result in similar emission reductions of PM10 and PM2.5?

### *Material and methods*

The experiment was conducted in 6 rooms of mechanically ventilated broiler house P1 of the applied poultry research centre 'Het Spelderholt', during two production cycles. Two rooms served as controls, four as treatment rooms. In treatment rooms oil was applied at 8.00 AM up from day 21. Treatments were randomly assigned to the rooms. Rooms were identical and measured 8.3 x 16.0 m. All other aspects than the treatments applied, like ventilation, bedding, feeding, drinking, vaccination, etcetera, were identical between rooms. Per room 2675 broilers were placed (20 per m<sup>2</sup>) that were reared for 35 days up to a body weight of 1.9-2.0 kg. PM10, PM2.5, ammonia and odour concentrations were measured near the ventilation shaft of the exhaust air and of the incoming air. Ammonia concentrations and ventilation rate were measured continuously. PM10 and PM2.5 concentrations were measured gravimetrically during 24 hours on days 16, 23, 30 and 33. PM10 concentrations were also measured continuously to determine daily patterns. To determine PM10 oil droplet formation during fogging, gravimetric measurements of PM10 and PM2.5 were done from 15 min before until 1 hour and 45 min after oil film application on day 25 and 31 in round two. The number of particles per litre was determined in 30 size classes (0.25 – 32.0  $\mu\text{m}$ ) on day 5 and 26 during 30 min in the second round. Personal dust exposure was measured three times in round one (day 25, 32, 33) and two times in round two (day 32, 33). Furthermore, the following observations were made: daily gain, feed intake, feed conversion ratio, mortality, quality of bedding, breast fouling, breast irritations, upper leg scratches, burning heels, footpad lesions and dry matter content of the bedding. Emission reductions (based on mass) and significance of differences were determined using a longitudinal multiple regression model.

### *Results and conclusions*

The main conclusions from the results of this study are:

- *Dust concentrations, emissions and reductions.* daily application of 8 and 15 ml/m<sup>2</sup>, using this optimized system up from day 21, reduced average PM10 emission by 59 and 64% respectively (P<0.006) and PM2.5 emission by 81 and 74% respectively (P<0.001). Reductions in emissions of both PM10 and PM2.5 did not differ significantly between oil dosages. The emission of PM10, determined on the day after application of oil, was 44% higher for rooms where oil was applied once every day (P=0.05) in comparison with rooms where oil was applied daily. On average, emissions were 23% higher when oil was applied 'once every two days'. Best strategy seems daily application of 8 ml/m<sup>2</sup>.

- *PM10 and PM2.5 droplet generation during application.* Technical optimizations resulted in a 60 to 75% reduction of <10 µm oil droplets during spraying;
- *Daily pattern in PM10 concentration.* The PM10 concentration is strongly dependent of the lighting scheme, with low concentrations during dark periods en high concentrations during lighting periods.
- *Personal dust exposure.* The application of an oil film reduces personal dust exposure by 75 to 95%, which is an important advantage in comparison with 'end of pipe techniques', like air scrubbers;
- *Particle concentrations and particle size.* Based on particle counts, approximately 95 percent of PM10 consisted of PM2.5 particles but based on mass this was only 5%. Highest reductions (based on particle counts; 40-80%) seemed to occur with particles between 1 and 5 µm.
- *Emission of odour and ammonia.* The application of an oil film does not influence emissions of ammonia and odour.
- *Production.* The application of an oil film does not influence production parameters.
- *Animal welfare.* Application of an oil film did not influence the prevalence and severity of breast fouling, breast irritations, upper leg scratches, burning heels and foot pad lesions, of which the latter is an important improvement in comparison with the previous study.
- *Bedding quality.* The application of an oil film results in slightly less loose bedding. When visually scored, the bedding looks more humid compared to control, but dry matter contents reveal that this is not the case.
- *Cleaning.* The cleaning of the treatment rooms took approximately a fourth of time extra in comparison with control rooms. This is an improvement in comparison with the previous study in which cleaning of the treatment rooms took about twice as much time as control rooms.

#### *Recommendations*

Based on this study it is recommended that the performance of this oil spraying system is validated in broiler houses in practice. Oil should be applied daily in a dose of 8 to 15 ml per m<sup>2</sup>.

# Inhoudsopgave

## Samenvatting

## Summary

<b>1</b>	<b>Inleiding</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>Materiaal en Methoden</b>	<b>2</b>
2.1	Materiaal	2
2.1.1	Accommodatie	2
2.1.2	Het oliefilmsysteem	2
2.1.3	Dieren	4
2.2	Methoden	4
2.2.1	Proefbehandelingen	4
2.2.2	Voer en water	5
2.2.3	Verlichting	5
2.2.4	Klimaat	5
2.2.5	Entingen	5
2.2.6	Strooisel	5
2.2.7	Reinigen van de stal	6
2.2.8	Metingen en waarnemingen	6
2.2.9	Dataverwerking en statistische analyse	10
<b>3</b>	<b>Resultaten</b>	<b>11</b>
3.1	Oliedosering	11
3.2	Stofconcentraties, stofemissies en stofreducties	12
3.3	Stofconcentratie tijdens het aanbrengen van de oliefilm	13
3.4	Verloop stofconcentratie gedurende de dag	13
3.5	Persoonlijke stofbelasting PM10	14
3.6	Deeltjesconcentratie en deeltjesgrootte	15
3.7	Geur- en ammoniakemissie	17
3.8	Productieresultaten	18
3.9	Dierwelzijnparameters	19
3.10	Strooiselkwaliteit	20
3.11	Reinigbaarheid afdelingen	20
<b>4</b>	<b>Discussie</b>	<b>21</b>
4.1	Stofconcentraties, stofemissies en stofreducties	21
4.2	Stofconcentratie tijdens het aanbrengen van de oliefilm	21
4.3	Verloop PM10 concentratie gedurende de dag	22
4.4	Persoonlijke stofbelasting PM10	22
4.5	Deeltjesconcentratie en deeltjesgrootte	22
4.6	Geur- en ammoniakemissie	23
4.7	Productieresultaten	23
4.8	Dierwelzijnparameters	23
4.9	Strooiselkwaliteit	24
4.10	Reinigbaarheid afdelingen	24



<b>5</b> .....	<b>Conclusies</b>	<b>25</b>
<b>6</b> .....	<b>Aanbevelingen</b>	<b>26</b>
<b>Literatuur</b> .....		<b>27</b>
<b>Bijlagen</b> .....		<b>29</b>
Bijlage 1.....	Definities van begrippen gebruikt in dit rapport	29
Bijlage 2.....	Visuele beoordeling strooiselkwaliteit en monstername strooisel voor bepaling ..... drogestofgehalte	30
Bijlage 3.....	Scoringsmethodiek voetzooloesies	32
Bijlage 4.....	Ventilatie-debiet in de verschillende afdelingen en rondes	34
Bijlage 5.....	Temperatuur en RV in de verschillende afdelingen en rondes	35
Bijlage 6.....	Verloop van de ammoniakconcentratie en -emissie in de verschillende afdelingen en rondes	36
Bijlage 7.....	Gemiddelden per behandeling voor ventilatie, NH <sub>3</sub> concentratie en –emissie, relatieve ..... luchtvochtigheid en temperatuur in ronde 1	37
Bijlage 8.....	Gemiddelden per behandeling voor ventilatie, NH <sub>3</sub> concentratie en –emissie, relatieve ..... luchtvochtigheid en temperatuur in ronde 2	38
Bijlage 9.....	Concentraties en emissies van PM10 en PM2,5 in de verschillende afdelingen en rondes	39
Bijlage 10.....	Emissie van geur in de verschillende afdelingen en rondes	41
Bijlage 11.....	De gemiddelde emissie van ammoniak in de verschillende afdelingen en rondes	42
Bijlage 12.....	Productieresultaten per behandeling in de eerste ronde	43
Bijlage 13.....	Productieresultaten per behandeling in de tweede ronde	44

## 1 Inleiding

Stof in de veehouderij is al jarenlang een belangrijk thema. Stof kan leiden tot ongezonde arbeidsomstandigheden voor de veehouder en kan de gezondheid van de dieren schaden. Wanneer fijnstof emitteert naar de buitenlucht vormt het een belangrijk risico voor de volksgezondheid (Buringh en Opperhuizen, RIVM, 2002). De Europese Unie heeft daarom normen gesteld voor de maximale concentraties voor stofdeeltjes kleiner dan 10  $\mu\text{m}$  (PM10) en voor stofdeeltjes kleiner dan 2,5  $\mu\text{m}$  (PM2,5). De jaargemiddelde PM10 concentratie mag niet hoger zijn dan 40  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . De norm voor de daggemiddelde PM10 concentratie is 50  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  met maximaal 35 toegestane overschrijdingen. In 2008 is een nieuwe Europese richtlijn van kracht geworden waarin de jaargemiddelde maximale norm voor PM2,5 is vastgesteld op 25  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ .

De landbouw draagt voor ongeveer 20% bij aan de totale emissie van fijnstof in Nederland (Chardon en Van der Hoek, 2002). Het merendeel van het fijne stof uit de landbouw komt uit varkens- en pluimveestallen (Takai et al., 1998). De belangrijkste bronnen van stof in pluimveestallen zijn: veertjes, gedroogde mest, voer, strooisel en micro-organismen (Aarnink et al., 1999). Veehouders, vooral pluimvee- en varkenshouders, worden in stallen blootgesteld aan stofconcentraties die tot 200 maal hoger liggen dan in de buitenlucht. Epidemiologisch onderzoek toont aan dat gezondheidsproblemen van de luchtwegen vaker voorkomen bij veehouders dan bij andere beroepsgroepen (bijv. Bongers et al., 1987; Zuskin et al., 1995; Radon et al., 2002). Ook de gezondheid van dieren wordt negatief beïnvloed door de hoge stofconcentraties (Collins en Algers, 1986; Al Homidan et al., 2003). Voorgaande overwegingen pleiten voor een aanpak van het stofprobleem die niet alleen leidt tot lagere stofemissies uit de stal, maar tevens tot een betere luchtkwaliteit in de stal.

In het kader van het 'Plan van aanpak bedrijfsoplossingen voor fijnstofreductie in de pluimveehouderij' (Ogink en Aarnink, 2008) ontwikkelt de Animal Sciences Group van Wageningen UR maatregelen en technieken waarmee de emissie van fijnstof uit de veehouderij kan worden gereduceerd. Een deelproject van dit plan is het ontwikkelen van een oliefilmsysteem voor pluimveestallen. Met dit systeem wordt een oliefilm aangebracht op vloeroppervlakken, waardoor aanwezig stof op deze oppervlakken niet (weer) in de lucht komt.

In het kader van het genoemde plan van aanpak is in 2007 in een haalbaarheidsstudie onderzocht of de fijnstofemissie bij vleeskuikens kan worden gereduceerd door het aanbrengen van een film van zuivere koolzaadolie op het strooisel (Aarnink et al., 2008). De studie richtte zich op het effect van verschillende oliedoseringen, in ml per  $\text{m}^2$  vloeroppervlak, op de fijnstofemissie, blootstelling aan fijnstof in de stal, ammoniakemissie, productieresultaten, welzijnsparementen en strooiselkwaliteit. Ook het kostenaspect en het mogelijke brandgevaar is onderzocht. Het aanbrengen van een oliefilm bleek een aanzienlijke reductie van de fijnstofemissie te geven, terwijl productieparameters niet beïnvloed werden. Wel nam het aantal voetzoollaesies en de welzijnsscore toe (hoe hoger de welzijnsscore, hoe lager het welzijn) met de oliedosering. Ook werden er ongewenst kleine oliedruppeltjes (<10  $\mu\text{m}$ ) gevormd tijdens het aanbrengen van de oliefilm die bijdragen aan de emissie van PM10 deeltjes. In de aanbevelingen wordt voorgesteld om optimalisaties toe te passen die deze negatieve effecten verminderen.

### *Doel*

In deze studie werd het systeem verder geoptimaliseerd door: (a) het aanbrengen van de oliefilm vanaf dag 21 i.p.v. dag 12 van de productieronde, (b) het verdubbelen van het aantal nozzles per afdeling en (c) het optimaliseren van de olie- en luchtdruk van het systeem om de vorming en emissie van te kleine oliedruppeltjes (<10  $\mu\text{m}$ ) tijdens het aanbrengen te minimaliseren. Naast het optimaliseren van het oliefilmsysteem was het doel van dit vervolgonderzoek het bepalen van de effecten van verschillende doseringen en aanbrengfrequenties op fijnstofemissie, blootstelling aan fijnstof, emissie van geur en ammoniak, productieresultaten, welzijnsparementen, strooiselkwaliteit en reinigbaarheid van de stal.

### *Onderzoeksvragen*

In deze studie werden de volgende onderzoeksvragen onderzocht:

- Wat zijn de effecten van de hoeveelheid aangebrachte olie per dag (0, 8, 15  $\text{ml}/\text{m}^2$ ) en frequentie van olie aanbrengen (elke dag, 'om de dag') op de emissie van PM10, PM2,5, geur en ammoniak, en op blootstelling aan fijnstof, productieresultaten, welzijnsparementen, strooiselkwaliteit en reinigbaarheid van de stal?
- Wat is het effect van de technische optimalisaties op het genereren van te kleine oliedruppeltjes (<PM10) tijdens aanbrengen?
- Kan met het aanbrengen van een oliefilm vanaf dag 21 (in plaats van dag 12) een vergelijkbare emissiereductie van PM10 en PM2,5 worden bereikt?

## 2 Materiaal en Methoden

### 2.1 Materiaal

#### 2.1.1 Accommodatie

Het onderzoek werd in zowel de eerste als de tweede ronde uitgevoerd in zes afdelingen van de mechanisch geventileerde donkerstal P1 van het Praktijkcentrum Het Spelderholt te Lelystad (figuur 1). Alle afdelingen waren identiek aan elkaar. Elke afdeling bestond uit een ruimte van 8,3 m breed en 16,0 m lang (133,6 m<sup>2</sup>). Elke afdeling was voorzien van vier voerlijnen met 7 voerpannen (Minimax, Roxell, Maldegem, België) en 8 drinklijnen met in totaal 180 nippels met opvangschoteltjes (Ziggity, Middlebury, USA) (zie figuur 1, rechts). De afdelingen werden verwarmd via een centraal verwarmingssysteem met radiatoren aan de zijgevel, onder de kleppen voor de inkomende lucht. In iedere afdeling hingen drie ventilatoren (Ø 60 cm, max. cap. 7000 m<sup>3</sup>/uur per ventilator; Fancom, Panningen) waarvan één ventilator continu draaide en de andere 2 bijgeschakeld konden worden. De luchtinlaat werd bewerkstelligd via 12 inlaatkantelkleppen (Tulderhof, Poppel, België), zes aan weerszijden van de stal. De ventilatie werd automatisch geregeld op basis van staltemperatuur. Voor de verlichting werd gebruik gemaakt van hoogfrequente TL lampen.



**Figuur 1** Stal P1 van praktijkcentrum Het Spelderholt te Lelystad. Links: de buitenzijde van stal P1. Rechts: het voer- en drinkstelsel en de inlaatkantelkleppen en radiatoren aan de zijwand

#### 2.1.2 Het oliefilmsysteem

##### Eerste ronde

Tijdens de eerste ronde is het oliefilmsysteem gebruikt zoals toegepast in de voorgaande studie (Aarnink et al., 2008). Dit systeem bestond uit twee parallel lopende olieleidingen en een luchtleiding, bevestigd in het midden, over de breedte ( $\pm 8$  m) van de afdeling op een hoogte van 2,5 m. Eén olieleiding bevatte vier nozzles van het type SU26B-SSBR (Spraying Systems, Ridderkerk), met een kegelvormig spraybeeld. De twee olieleidingen met nozzles vernevelde olie vanuit het midden richting de zijwanden van de afdeling (figuur 3). Het leidingwerk bestond uit PVC Kiwa Buis (Ø 32 mm), voor zowel olie als lucht, welke kon worden afgesloten met kunststof kranen. De leidingen werden op druk gebracht met een compressor (figuur 2, links; Airpress, euro series, V.R.B. Friesland BV, Leeuwarden) en een oliedrukvat (figuur 2, rechts; 24 liter, Model N24, Precharge 15 bar, MAP 8 bar, gemaakt van Mondeo IDROBAR M24 RVS). Koolzaadolie kon aan het systeem worden toegevoegd aan de bovenzijde van het druvat. Het druvat was geplaatst op een weegschaal met een plateau van 40 x 30 cm (Sartoris, type FB 64EDE571205413; max. cap. 64 kg, uitlezing: 1 g), zodat het olieverbruik kon worden vastgesteld. Voor de persluchtleidingen naar het oliedrukvat is gebruik gemaakt van koper leidingwerk met Kiwa DN 15 koperkranen. Verder is er gebruik gemaakt van een ½ Midireg 15S drukregelaar voor olie- en luchtdrukregeling. Sturing van het vernevelingssysteem vond plaats met een regelkast (Moeller easy 821-DC-TC met software Fancom F centraal) en membraankleppen op de leidingen voor olie en lucht (Danfoss BE 024AS, 24 Volt, 50 Hz, 10 Watt kleppen). Het binnenwerk van de membraankleppen was verschillend voor lucht en olie (oliebestendig). Tijdens het vernevelen werd een druk toegepast van 3,5 bar bij zowel de lucht- als olieleiding.



**Figuur 2** Links: de compressor met luchtdroger  
Rechts: het oliedrukvat



**Figuur 3** Links: de originele twee olieleidingen met vier nozzles elk, boven het midden van de afdeling  
Rechts: het leidingwerk van lucht- en olieleidingen met kranen



**Figuur 4** Links: een bijgeplaatste olieleiding aan de zijwand  
Rechts: een bijgeplaatste olieleiding aan de zijwand tijdens het aanbrengen van de olie

*Tweede ronde; aanpassingen m.b.t. aantal nozzles, verneveltijd, oliedruk, luchtdruk en spraybeeld*  
Om meer inzicht te krijgen in het spraybeeld van de gebruikte nozzle SU26B-SSBR bij verschillende olie- en luchtdrukken is aanvullend laboratoriumonderzoek uitgevoerd door Spraying Systems Co, Wheaton, USA. Gekeken is naar de druppelgrootte, de druppelsnelheid en de verdeling van de oliedruppeltjes in de ruimte bij olie- en luchtdrukken in de range 1,5 tot 3,5 bar. Uit de rapportage blijkt dat bij een olie- en luchtdruk van 3,0 bar de diameter van de druppeltjes groter is dan bij een druk van 3,5 bar. Verder is bij het testen van het

olievernevelingsstelsel gebleken dat bij een olie- en luchtdruk van 2,8 bar en lager de olie in zes straaltes in plaats van in zes kegelvormige niveaus uit de zes gaatjes van de nozzle wordt geworpen. Op grond hiervan is besloten om in de tweede ronde de druk te verlagen van 3,5 naar 3,0 bar voor zowel olie als lucht om het aandeel ongewenst kleine druppeltjes (<10 µm) te minimaliseren. Daartoe is het oliefilmsysteem voor de tweede ronde uitgebreid van twee olieleidingen met samen 8 nozzles naar vier olieleidingen met samen 16 nozzles per afdeling. Twee olieleidingen met vier nozzles elk zijn bijgeplaatst aan de zijwanden, welke van de zijwanden naar het midden van de afdeling vernevelen (figuur 4). Daardoor kon ook bij een lagere oliedruk en luchtdruk, een lagere druppelsnelheid en een kleiner verspreidingsgebied per nozzle een goede verspreiding van de olie over het strooisel worden verkregen.

Bij het oliefilmsysteem zoals dat in 2007 is uitgetest moest er bij acht nozzles 10 seconden worden verneveld voor een dosering van 5 ml per m<sup>2</sup> strooisel, oftewel een dosering van 0,5 ml per acht nozzles per seconde. Uit het gemeten olieconsumptie en de toegepaste verneveltijden tijdens de drie rondes van de voorgaande studie (Aarnink et al., 2008) is echter gebleken dat er per 10 seconde geen 5 maar 4 ml per m<sup>2</sup> is aangebracht, oftewel 0,4 ml per acht nozzles per seconde. Op basis van het bovenstaande zijn de behandelingen voor deze studie vastgesteld (paragraaf 2.2.1). Omdat het aantal nozzles per afdeling is verdubbeld van 8 naar 16, is de daadwerkelijk ingestelde verneveltijd voor ronde twee gehalveerd.

### 2.1.3 Dieren

Het onderzoek werd uitgevoerd met in totaal 26.750 Ross 308 vleeskuikens; 13.375 kuikens in zowel ronde 1 als ronde 2. De eindkuikens werden geleverd door Probreed en Sloot te Groenlo. De kuikens werden gemengd opgezet. Per afdeling werden 2.675 kuikens opgezet bij een bezetting van 20 kuikens per m<sup>2</sup>. Dit was lager dan in de praktijk, omdat in de praktijk vaak wordt uitgeladen. Dit betekent dat een deel van de kuikens eerder wordt afgeleverd. Het uitladen was echter om proeftechnische redenen niet realiseerbaar; om deze reden is gekozen voor eenzelfde eindbezetting (in kg per m<sup>2</sup>) als in de praktijk. De kuikens werden afgeleverd op een leeftijd van 35 dagen (streefgewicht: 1900-2000 gram).

## 2.2 Methoden

### 2.2.1 Proefbehandelingen

In dit onderzoek werden verschillende behandelingen uitgetest, waarbij de dosering (de verneveltijd) en de vernevelingsfrequentie (dagelijks vs. 'om de dag') werden onderzocht. De volgende proefactoren werden onderzocht:

**Tabel 1** De proefbehandelingen

Behandeling	Verneveltijd en frequentie		Geschatte dosering
	per 8 nozzles (ronde 1)	per 16 nozzles (ronde 2)	
1	controle; geen olieverneveling	controle; geen olieverneveling	0 ml/m <sup>2</sup>
2	20 s, dagelijks	10 s, dagelijks	8 ml/m <sup>2</sup>
3	40 s, 'om de dag'	20 s, 'om de dag'	16 ml/m <sup>2</sup>
4	40 s, dagelijks	20 s, dagelijks	16 ml/m <sup>2</sup>
5	80 s, 'om de dag'	40 s, 'om de dag'	32 ml/m <sup>2</sup>

**Tabel 2** Verdeling proefbehandelingen over de afdelingen in ronde 1 en 2

Opzet – afleveren		Afdeling					
		1	4	5	6	7	8
1	15-05 – 19-06	Contr.	Contr.	80 s/2d	20 s/d	40 s/d	40 s/2d
2	21-08 – 25-09	Contr.	Contr.	40 s/2d (20)*	80 s/2d (40)*	20 s/d (10)*	40 s/d (20)*

\* In ronde 2 zijn er 16 nozzles toegepast, de daadwerkelijk ingestelde verneveltijden, tussen haakjes, waren daarom half zo lang

In het voorgaande onderzoek in 2007 werd in ronde drie i.p.v. vanaf 12 dagen pas op een leeftijd van 21 dagen begonnen met het aanbrengen van olie. Het starten op 21 dagen gaf vanaf dat moment een vergelijkbare reductie als het starten op een leeftijd van 12 dagen (Aarnink et al., 2008). Aangezien de grootste hoeveelheid



stof in de laatste twee weken van de ronde emitteert is besloten om in deze studie in alle afdelingen op dag 21 te starten. Dit zou mogelijk negatieve effecten op de productie, strooisel- of voetzoolkwaliteit kunnen verminderen. In tabel 2 is de verdeling van de proefbehandelingen over de afdelingen weergegeven. Van vleeskuikenstal P1 dienden twee afdelingen dienden als controle, in vier afdelingen werden de oliebehandelingen toegepast.

### 2.2.2 Voer en water

Voer en water werden gedurende de gehele proefperiode onbeperkt aangeboden. Er werd een 3-fasenvoeding (fase 1: 0-10, fase 2: 11-28 en fase 3: 29-35 dagen) toegepast (naam voeder: Super reeks, geproduceerd en geleverd door ForFarmers te Lochem). De eerste 10 dagen kregen de kuikens kruimelvoer, daarna pellets.

### 2.2.3 Verlichting

De vleeskuikens kregen de eerste 2 dagen continu licht (24L:0D). Daarna werd in alle afdelingen een intermitterend lichtschema gehanteerd van 8 uur licht en 4 uur donker (2x(8L:4D)); (07:45 – 15:45 (licht); 15:45 – 19:45 (donker); 19:45 – 03:45 (licht); 03:45 – 07:45 (donker)). De lichtsterkte bedroeg in alle afdelingen 20 lux.

### 2.2.4 Klimaat

De temperatuur bij opzet bedroeg 33 °C, waarna deze geleidelijk werd verlaagd naar 19 °C (tabel 3). Twee dagen voor plaatsing van de kuikens werd begonnen met het opwarmen van de stal. De minimum ventilatie werd ingesteld op 1 m<sup>3</sup> per kg levend gewicht. De afdelingen van stal P1 van Het Spelderholt zijn uitgerust met 3 nokventilatoren per afdeling (Ø 60 cm), die een gezamenlijke capaciteit hebben van ongeveer 21.000 m<sup>3</sup>/uur. Bij minimum ventilatie draaide er slechts één ventilator. Wanneer deze meer dan het maximum moest draaien, vielen de andere ventilatoren bij. Op dat moment gaan alle ventilatoren op hetzelfde niveau draaien.

**Tabel 3** Instelling van het temperatuurverloop

Knikpunt	Leeftijd (dagen)	Streef temperatuur (°C)
1	1	33
2	7	28
3	14	25
4	21	22
5	35	20
6	42	19

### 2.2.5 Entingen

De kuikens werden gevaccineerd volgens het Spelderholt vaccinatieschema, d.d. 1-6-2004 (tabel 4).

**Tabel 4** Vaccinatieschema (Spelderholt schema vanaf 01-06-2004)

Leeftijd	Ziekte	Entstof	Toediening
1 <sup>e</sup> dag	I.B.	Pouvac IB primer D274/H120 (1 dosis) Of: Nobilis IB MA5 (1 dosis)	In de broederij
14 dagen	N.D.	Clone 30 <sup>1</sup> (1 dosis)	Spray
21 dagen <sup>2</sup>	Gumboro	D78 (1 dosis)	Drinkwater (20 liter/1000 doses)

<sup>1</sup> Eventueel alternatief voor de Clone 30: Avinew van Merial

<sup>2</sup> Leeftijd van enting is afhankelijk van de Gumboro-titer van ede eendagskuikens

### 2.2.6 Strooisel

Het strooisel werd één dag voor plaatsing van de kuikens ingestrooid. Als strooisel werden witte houtkrullen gebruikt (1 kg/m<sup>2</sup>).

### 2.2.7 Reinigen van de stal

Na de eerste ronde zijn de afdelingen gereinigd op 24 juni 2008 door twee medewerkers van een schoonmaakbedrijf. Na de tweede ronde zijn de afdelingen gereinigd op 30 september 2008 door twee medewerkers van een ander schoonmaakbedrijf. Er werd gebruik gemaakt van een hogedrukspuit met een werkdruk van 150 bar met 100 L water per minuut of 180 bar met 35 L water per minuut, uitgerust met een vlakstraalnozzle en een vreesnozzle. Op beide dagen is het reinigingsmiddel Prorein toegepast (Freriks BV, Heerde, Nederland, 26 kg op 400 L water, inweektijd: 30 minuten).

### 2.2.8 Metingen en waarnemingen

#### Stofmetingen (verzamelmonster 24 uur)

Stofdeeltjes kleiner dan 10  $\mu\text{m}$  (PM10) en deeltjes kleiner dan 2,5  $\mu\text{m}$  (PM2,5) zijn verzameld in de ingaande lucht (achtergrond) en in de uitgaande stallucht op dag 16, 23, 30 en 33 (gedurende 24 uur, van 12:00 tot 12:00 uur) in beide rondes en in alle afdelingen. De meting werd verricht met PM10 en PM2,5 cycloon voorafscheimers (URG corp., Chapel Hill, VS; figuur 5, boven) en zogenaamde 'constant flow' monsternamepompen (type Charlie HV, roterend 6 m<sup>3</sup>/uur, Ravebo Supply BV, Brielle, Nederland; figuur 5, onder).

De monsternamepomp zuigt stallucht of inlaatlucht door de cycloon voorafscheimer. De PM10 cycloon scheidt de PM10 stofdeeltjes van de grotere stofdeeltjes en verzameld deze op een glasvezelfilter (type MN GF-3, 47 mm, Macherey-Nagel GmbH & Co., Düren, Duitsland) in de cycloon. De PM2,5 cycloon doet hetzelfde voor PM2,5 deeltjes. Tussen de cycloon en de pomp werd gebruik gemaakt van een vochtvanger om de pomp te beschermen tegen condenswater.



**Figuur 5** Monsterapparatuur voor PM10 en PM2,5. Linksonder (van links naar rechts): de inlaat, de PM10 cycloon, de PM2,5 cycloon en de filterhouder. Rechtsboven: de constructie van de inlaat van de cycloon. Linksonder: de 'constant flow' pomp. Rechtsboven: de pomp met aangesloten vochtvanger

De 'constant flow' pompen regelen het debiet (het volume door de cycloon te zuigen lucht) automatisch in op basis van de gemeten temperatuur bij de monsternametekop (inlaat) van de cycloon. Het debiet van deze pompen blijft ook constant bij toename van de drukval over het glasvezelfilter (bij een sterke belading van het filter met fijnstof). Hierdoor wordt een stabiele luchtstroom verkregen binnen 2% van de nominale waarde. De pompen werden geprogrammeerd op een flow van 1,0 m<sup>3</sup>/uur en op een starttijd van 12:00 uur met een eindtijd van 12:00 de volgende dag. De werkelijke hoeveelheid lucht werd met een gasmeter gemeten en omgerekend naar standaard condities (1 atmosfeer, 0 °C).

De glasvezelfilters werden voor en na de metingen gewogen onder standaard condities: 20 °C ± 1 °C en 50% ± 5% relatieve luchtvochtigheid. Deze voorwaarden staan beschreven in NEN-EN 14907 (2005). Op basis van het verschil in gewicht van het filter voor en na de meting werd de hoeveelheid (massa) verzameld PM10 en PM2,5 stof bepaald.

Fijnstofdeeltjes uit de stallucht werden verzameld bij de ventilator die continue draaide (de middelste ventilator) op 0,5 m afstand vanaf de ventilatorkoker in het horizontale vlak en op 0,10 m onder de instroomring in het verticale vlak. Buiten de stal, bij de inlaat, werden cyclonen voor PM10 en PM2,5 geplaatst om de concentraties van de ingaande lucht (achtergrond) te meten. De fijnstofdeeltjes werden niet verzameld rond het aanbrengen van olie. Normaliter werd om 08:00 olie aangebracht, behalve op de meetdagen, waarop (de tweede dag van meting) om 14:00 uur werd verneveld.

#### *Stofmetingen tijdens het olie aanbrengen*

Ook tijdens het aanbrengen van olie is gedurende twee uren de meting zoals hiervoor beschreven uitgevoerd. Dit vond plaats tijdens ronde 2 op dag 25 (07.45 tot 09.45 uur) en 31 (13.45 tot 15.45 uur). Deze metingen waren bedoeld om inzicht te krijgen in de hoeveelheid PM10 en PM2,5 oliedruppeltjes die werden gevormd.

#### *Stofmetingen (DustTrak, verloop in 24 uur)*

Een continue meting van de PM10 concentratie (mg/m<sup>3</sup>) in de uitgaande stallucht werd verricht met een optische techniek (figuur 6, links; één apparaat per afdeling; DustTrak TM Aerosol Monitor, model 8520, TSI Incorporated, Shoreview, USA). Deze metingen waren bedoeld om het verloop van de PM10 concentratie gedurende de dag te bepalen. PM10 concentraties werden elke seconde gemeten en minuutgemiddelden werden gelogd in het geheugen van de DustTrak. De meting werd tegelijk met de gravimetrische metingen uitgevoerd (dag 16, 23, 30 en 33, gedurende 24 uur, van 12:00 tot 12:00, in beide rondes).



**Figuur 6** Links: de DustTrak model 8520. Rechts: het meten van de persoonlijke stofbelasting

#### *Meting persoonlijke stofbelasting*

Driemaal in de eerste ronde (dag 25, 32 en 33) en tweemaal in de tweede ronde (dag 25 en 32) werd de persoonlijke belasting van de medewerker aan PM10 stof gemeten. Een DustTrak werd opgehangen aan de schouder van een medewerker (hoogte ca. 1,5 m; figuur 6, rechts). De medewerker liep gedurende 7 minuten door elke afdeling voor een controle van de dieren. PM10 concentraties werden elke seconde gemeten en minuutgemiddelden werden gelogd in het geheugen van de DustTrak. De minuutgemiddelden zijn uitgelezen en gebruikt voor analyse.



### Meting aantal en diameter stofdeeltjes

Het aantal stofdeeltjes in verschillende diameterranges in de stallucht is gemeten tijdens de tweede ronde op dag 5 en 26, gedurende 30 minuten per afdeling. Hiervoor zijn twee meetapparaten gebruikt (figuur 7) : de Portable Aerosol Spectrometer (afgekort: PAS, Model 1.109, Grimm Aerosol Technik GmbH & Co., Ainring, Duitsland) en de Condensation Particle Counter (afgekort: CPC, Serie 5.400, Model 5.403, met een CPC AIR Supply System, Grimm Aerosol Technik GmbH & Co., Ainring, Duitsland). De PAS meet het aantal deeltjes per liter (dm<sup>3</sup>) alsook de stofdeeltjesgrootte in 30 grootteklassen tussen 0,25 en 32,0 µm bij een bemonsteringsnelheid van 1,2 L/min. De CPC meet het aantal nanodeeltjes per cm<sup>3</sup> met een diameter tussen 5 en 1100 nm (0,005-1,100 µm) zonder onderscheid te maken in grootteklassen. De PAS en CPC werden ingezet in afdelingen 2 en 3, waar negatieve ionisatie werd toegepast. De metingen zijn als verkenning tevens uitgevoerd in afdelingen 5 t/m 8, de afdelingen waar de oliefilm werd aangebracht. De concentraties werden elke zes seconden bepaald en minuutgemiddelden werden opgeslagen. De minuutgemiddelden zijn uitgelezen en gebruikt voor analyse.



**Figuur 7** Links: de Portable Aerosol Spectrometer (PAS). Rechts: de Condensation Particle Counter (CPC), geplaatst op het CPC Air Supply System. Daarbovenop staat de Portable Aerosol Spectrometer

### Ammoniakmetingen

Ammoniakconcentraties werden semicontinu gemeten in de uitgaande stallucht met de NO<sub>x</sub>-monitor (model ML8840, Monitor Labs, Englewood, VS). Deze methode is uitgebreid beschreven in Van Ouwerkerk (1993) en Mosquera et al. (2002). De lucht werd bemonsterd in de koker met de ventilator die continu draaide. De lucht werd aangezogen via verwarmde teflonleidingen naar een convertor die de ammoniak (NH<sub>3</sub>) bij 775 °C omzet naar stikstofoxide (NO). Deze lucht met gevormd NO werd vervolgens via verwarmde en geïsoleerde teflonleidingen naar de monitor geleid waar de concentratie werd bepaald op basis van de chemiluminescentiereactie tussen ozon (O<sub>3</sub>) en stikstofmonoxide (NO). Bij deze reactie komt stikstofdioxide (NO<sub>2</sub>), zuurstof (O<sub>2</sub>) en licht vrij. De stroom lichtdeeltjes is evenredig met de NO-concentratie van de aangezogen lucht:



Op dezelfde wijze werd één achtergrondconcentratie gemeten van de inkomende lucht. De monitor werd wekelijks gekalibreerd.

### Geurconcentraties

In beide rondes zijn geurmonsters genomen op dag 24 en 31. Per afdeling werden twee geurmonsters genomen volgens het 'longprincipe'. Een 40 liter Nalophan geurmonsterzak werd driemaal gespoeld met geurloze lucht en in een geurvast geplaatst. Tijdens de monsternamen werd de lucht uit het geurvast gezogen met een vacuümpomp (0,5 liter per minuut) waardoor de geurmonsterzak zich over een tijdsbestek van twee uren langzaam vulde met stallucht. De bemonsterde hoeveelheid lucht was daarmee gelijk aan de hoeveelheid lucht die uit het geurvast werd gezogen. Geurmonsterzakken werden vervoerd en opgeslagen volgens CEN norm 13725 (2003). Geurconcentraties werden binnen 24 uur na monsternamen olfactometrisch bepaald, ook volgens CEN norm 13725 (2003).

*Debietmetingen*

Het debiet van de uitgaande stallucht werd bepaald via de uitgelezen pulsen van de meetventilatoren in de ventilatorkokers. In elke afdeling werd het debiet van alle drie ventilatoren gemeten. De meetventilatoren werden geijkt door een in de windtunnel geijkte meetventilator onder de ventilatiekokers te hangen en van de pulsen gemeten met beide ventilatoren bij verschillende instellingen een regressielijn te maken.

*Berekening van emissies*

Emissies werden berekend door het ventilatiedebiet te vermenigvuldigen met de concentratie van de uitgaande lucht gecorrigeerd voor die van de ingaande lucht volgens onderstaande formule:

$$Emissie = (C_{\text{uitlaat}} - C_{\text{inlaat}}) \times Q \quad (1)$$

Met:  $C_{\text{uitlaat}}$  = concentratie in de uitgaande stallucht,  $C_{\text{inlaat}}$  = concentratie in de ingaande lucht en  $Q$  = het ventilatiedebiet ( $\text{m}^3 \text{h}^{-1}$ ).

*Relatieve luchtvochtigheid en staltemperatuur*

De relatieve luchtvochtigheid en de temperatuur van de ingaande en uitgaande stallucht werden continu gemeten met behulp van gecombineerde sensoren (Rotronic; ROTRONIC Instrument Corp., VS) en data werden opgeslagen in het datalogsysteem.

Tijdens elke ronde werden de volgende waarnemingen in elke afdeling verricht:

*Productie*

De kuikens werden bij aankomst en bij aflevering gewogen ter vaststelling van respectievelijk het begin- en eindgewicht. De wegingen bij aankomst en aflevering waren groepswegingen waarbij alle kuikens werden gewogen. Daarnaast werd op dag 21 en één dag voor het afleveren (dag 34) het gewicht bepaald d.m.v. een steekproefweging van ca. 100 kuikens per afdeling. Het gewichtsverloop van de kuikens werd tevens vastgelegd via een automatisch dierweegsysteem in de afdelingen. Het voerverbruik werd op dag 21 en bij afleveren exact bepaald. De voerconversie werd berekend als de totale opname van voer gedeeld door de totale groei, waarbij werd gecorrigeerd voor de voeropname van de uitgevallen dieren. De uitval en het gewicht van de uitval werd dagelijks genoteerd.

Op basis van de productieresultaten is per afdeling een productiegetal berekend. Het productiegetal is een maatstaf voor de technische resultaten van een bedrijf. Voor de berekening van het productiegetal is gebruikt gemaakt van drie technische parameters: de dagelijkse groei, uitgedrukt als het resultaat van de deling van het gemiddelde gewicht per afgeleverd kuiken door de productieduur, de voerconversie en het uitvalspercentage. De formule voor het productiegetal is zo opgesteld dat door (financieel) gunstige resultaten van deze parameters (groei, voerconversie en uitval) de waarde van het productiegetal stijgt. Dat wil zeggen: een hogere daggroei en/of een lagere voerconversie en/of een lagere uitval resulteren in een hoger productiegetal. Het productiegetal is als volgt berekend:

$$\text{Productiegetal} = ((100 - \text{Uitvalspercentage}) \times \text{Daggroei in grammen}) / (\text{Voerconversie} \times 10) \quad (2)$$

*Beoordeling uitwendige kuikenkwaliteit*

Vlak voor het afleveren van de kuikens werd de kuikenkwaliteit vastgesteld. Hierbij werd een steekproef van 100 dieren (50 hanen en 50 hennen) per afdeling visueel beoordeeld op het voorkomen en de ernst van borstbevuiling, borstirritatie, dijkassen, brandhakken en voetzollaesies. Op basis van de beoordeling van de voetzollaesies werd de welzijnsscore als volgt berekend (hoe hoger de score, hoe lager het welzijn):

$$\frac{((n \text{ dieren met score } 0 \times 0) + (n \text{ dieren met score } 1 \times 0,5) + (n \text{ dieren met score } 2 \times 2))}{(\text{totaal aantal dieren } N \times 100)} \quad (3)$$

*Vaststellen drogestofgehalte strooisel*

Driemaal per ronde (dag 14, 28 en 35) werd van het strooisel een mengmonster (ca. 500 g) genomen ter bepaling van het drogestofgehalte zoals beschreven in bijlage twee. Om het drogestofgehalte te bepalen werden de monsters gedurende 24 uur gedroogd in een droogstoof bij  $105^\circ\text{C}$ .

*Visuele beoordeling van de strooiselkwaliteit*

Driemaal per ronde (dag 14, 28 en 35) werd de strooiselkwaliteit visueel beoordeeld zoals beschreven in bijlage twee.

*Olieverbruik*

Dagelijks werd het voorraadvat (oliedrukvat geplaatst op een weegschaal) voor de olie bijgevuld. Voor en na het vernevelen werd het voorraadvat gewogen en de hoeveelheid vernevelde olie werd genoteerd.

*Overige waarnemingen*

Ervaringsfeiten van het systeem: technisch functioneren en de duur van het schoonmaken van de stal.

*2.2.9 Dataverwerking en statistische analyse*

Reducties van de fijnstofemissie van de behandelingen ten opzichte van de controle zijn met GENSTAT (Genstat Committee, 2003) getoetst met een longitudinaal regressiemodel vanwege de herhaalde waarnemingen (in de tijd) aan iedere afdeling. De 5 behandelingen zijn in het model opgesplitst naar gemiddelde hoeveelheid aangebrachte olie per dag (0, 8, 15 ml/m<sup>2</sup>) en frequentie van olie aanbrengen (elke dag, 'om de dag'). Verder is het effect op de reducties bepaald van de startdag van meten na het aanbrengen van de oliefilm (alleen relevant voor de frequentie van 'om de dag' olie aanbrengen). Interactie-effecten tussen oliedosering en frequentie van aanbrengen, en de interacties van deze factoren met ronde en dagnummer bleken niet significant en werden daarom uit het definitieve model gelaten.

Definitieve model voor analyse van effecten op de PM10 en PM2,5 emissies:

$$\text{LOG}(\underline{Y}_{ijklmn}) = \alpha_i + \beta_j + a \cdot \gamma_k + \theta_l + \underline{\varepsilon}_m + \underline{\varepsilon}_{mn} + \underline{\varepsilon}_{ijklmn}$$

Waarin:

$\text{LOG}(\underline{Y}_{ijklm})$	de natuurlijke logaritme van de PM10 of PM2,5 emissie in g per dag;
$\alpha_i$	effect van gemiddelde hoeveelheid aangebrachte olie per dag; i = 0, 8, 15 ml/m <sup>2</sup> per dag;
$\beta_j$	effect van frequentie van aanbrengen van de oliefilm; j = 1x per dag of 1x per 2 dagen;
a	regressiecoëfficiënt;
$\gamma_k$	relatieve tijdstip tussen start metingen en laatste moment van aanbrengen van de oliefilm; k = zelfde dag, dag later;
$\theta_l$	effect van dagnummer na opzet kuikens; l = 23, 30, 33;
$\underline{\varepsilon}_m \sim N(0, \sigma_m^2), \underline{\varepsilon}_{mn} \sim N(0, \sigma_{mn}^2)$	random ronde-effecten en afdelingseffecten binnen rondes;
$\underline{\varepsilon}_{ijklmn} \sim N(0; \sum \tau_j, \phi_l^t)$	random dageffecten gecorreleerd binnen afdeling (autoregressie), grootte variatie verschillend per meetweek.

Met dit model zijn tevens de ammoniak- en geuremissies getoetst op significante verschillen tussen behandelingen en controle. Hierbij zijn de behandelingen niet uitgesplitst naar niveau en frequentie. Productieresultaten zijn getoetst met Variantieanalyse (ANOVA) op significante verschillen tussen behandelingen en controle waarbij de ronde als blok werd gehanteerd. Welzijnsparementen 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

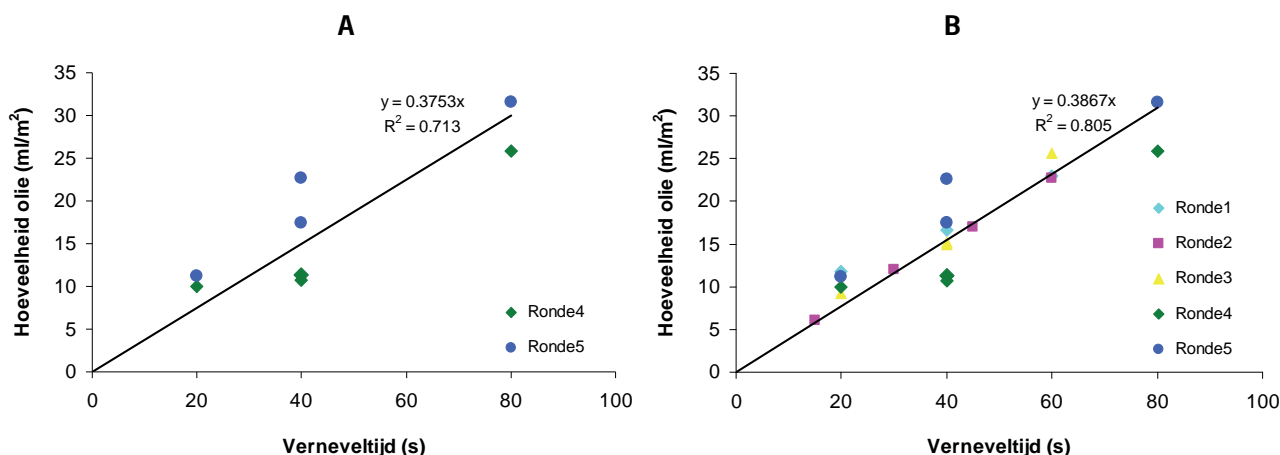
#### 3.1 Olie dosering

##### Werkelijk aangebrachte hoeveelheden koolzaadolie

In figuur 8A is het werkelijke olieconsumptie tijdens rondes één en twee van deze studie (dat zijn rondes 4 en 5 met dit systeem) uitgezet tegen de ingestelde verneveltijd. De verneveltijd wordt voor de twee rondes van de huidige studie weergegeven per 8 nozzles om te kunnen vergelijken met de drie rondes van de vorige studie (figuur 8B). Voor rondes 4 en 5 (rondes 1 en 2 van deze studie) bestaat er een rechtlijnig verband tussen de vernevelde hoeveelheid olie per m<sup>2</sup> en de ingestelde verneveltijd (figuur 8A). Dit verband is vergelijkbaar met het gevonden verband in rondes 1 t/m 3 van de voorgaande studie in 2007 (figuur 8B). Op basis van de toegepaste verneveltijden (tabel 5) en de regressielijn over alle 5 rondes met dit systeem (figuur 8B) zijn de werkelijk aangebrachte hoeveelheden olie in ml per m<sup>2</sup> berekend (tabel 6).

Tijdens de drie rondes in 2007 (Aarnink et al., 2008) is vastgesteld dat er 0,40 ml per m<sup>2</sup> per seconde werd verneveld. Uit de analyse over alle 5 rondes blijkt dat er per seconde per acht nozzles 0,39 ml per m<sup>2</sup> werd aangebracht. Dit is 23 ml per m<sup>2</sup> per minuut bij acht nozzles.

De werkelijk aangebrachte hoeveelheden olie in de vier behandelingsgroepen (8 ml/m<sup>2</sup> per dag, 15 ml/m<sup>2</sup> per 2 dagen, 15 ml/m<sup>2</sup> dagelijks en 31 ml/m<sup>2</sup> 'om de dag') worden hierna weergegeven in de legenda's van de figuren.



**Figuur 8** **A:** het gemeten olieconsumptie in ml/m<sup>2</sup> tijdens ronde 4 (ronde 1 van deze studie) en ronde 5 (ronde 2 van deze studie) bij verschillende verneveltijden per 8 nozzles  
**B:** het gemeten olieconsumptie in ml/m<sup>2</sup> tijdens ronde 1 t/m 3 (Aarnink et al., 2008) en het olieconsumptie van deze studie (ronde 4 en 5) bij verschillende verneveltijden

**Tabel 5** Toegepaste verneveltijden in seconden per acht nozzles

Ronde	Afdeling					
	1	4	5	6	7	8
1	Contr.	Contr.	80 s/2d	20 s/d	40 s/d	40 s/2d
2	Contr.	Contr.	40 s/2d (20)*	80 s/2d (40)*	20 s/d (10)*	40 s/d (10)*

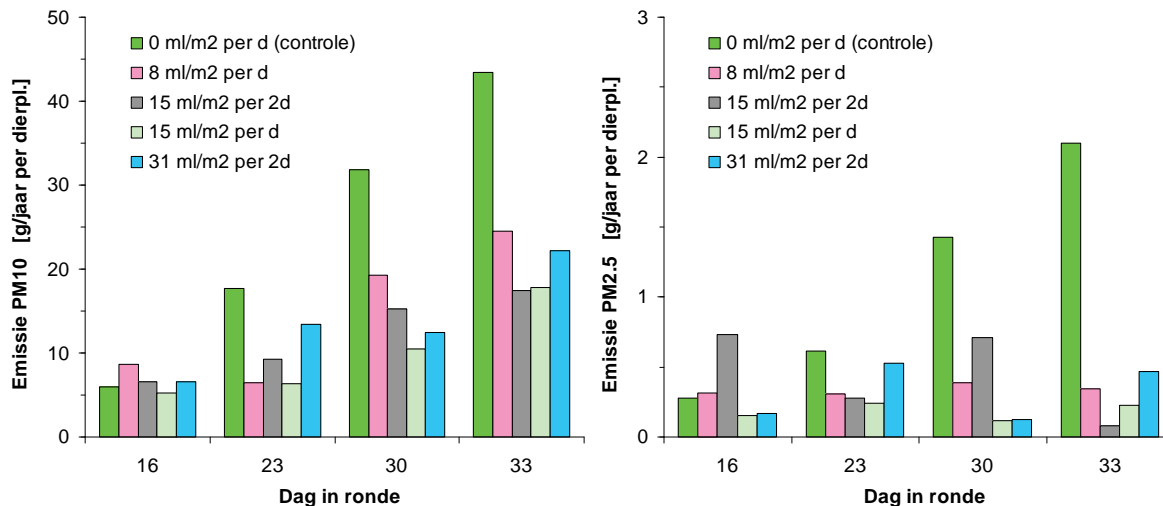
\* In ronde 2 zijn er 16 nozzles toegepast, de daadwerkelijk ingestelde verneveltijden, tussen haakjes, waren daarom half zo lang

**Tabel 6** Toegediende hoeveelheden olie in ml per m<sup>2</sup> strooiseloppervlak, berekend op basis van de ingestelde verneveltijden en de regressielijn van figuur 8B

Ronde	Afdeling					
	1	4	5	6	7	8
1	Contr.	Contr.	31 ml/m <sup>2</sup> per 2d	8 ml/m <sup>2</sup> per d	15 ml/m <sup>2</sup> per d	15 ml/m <sup>2</sup> per 2d
2	Contr.	Contr.	15 ml/m <sup>2</sup> per 2d	31 ml/m <sup>2</sup> per 2d	8 ml/m <sup>2</sup> per d	15 ml/m <sup>2</sup> per d

### 3.2 Stofconcentraties, stofemissies en stofreducties

De massaconcentraties, debieten en emissies van PM10 en PM2,5, gemeten op dag 16, 23, 30 en 33 worden weergegeven in bijlagen 4 en 9. Op grond van deze data zijn de reducties van PM10 en PM2,5 berekend en getoetst met een longitudinaal model zoals beschreven in par. 2.2.8.



**Figuur 9** De emissies van PM10 (links) en PM2,5 (rechts) van de vier oliebehandelingen ten opzichte van de controle, gemiddeld over beide rondes, op dag 16, 23, 30 en 33. Het aanbrengen van de oliefilm startte op dag 21.

#### *Emissiereductie PM10*

Uit de statistische analyse blijkt dat de emissie van PM10 significant gereduceerd werd door het aanbrengen van gemiddeld 8 of 15 ml olie per m<sup>2</sup> per dag ( $P=0,006$ ). Gemiddeld waren de reducties 59% en 64% bij het aanbrengen van respectievelijk 8 en 15 ml olie per m<sup>2</sup>, gemiddeld per dag. Het verschil in reductie tussen 8 en 15 ml olie per m<sup>2</sup> per dag was niet significant.

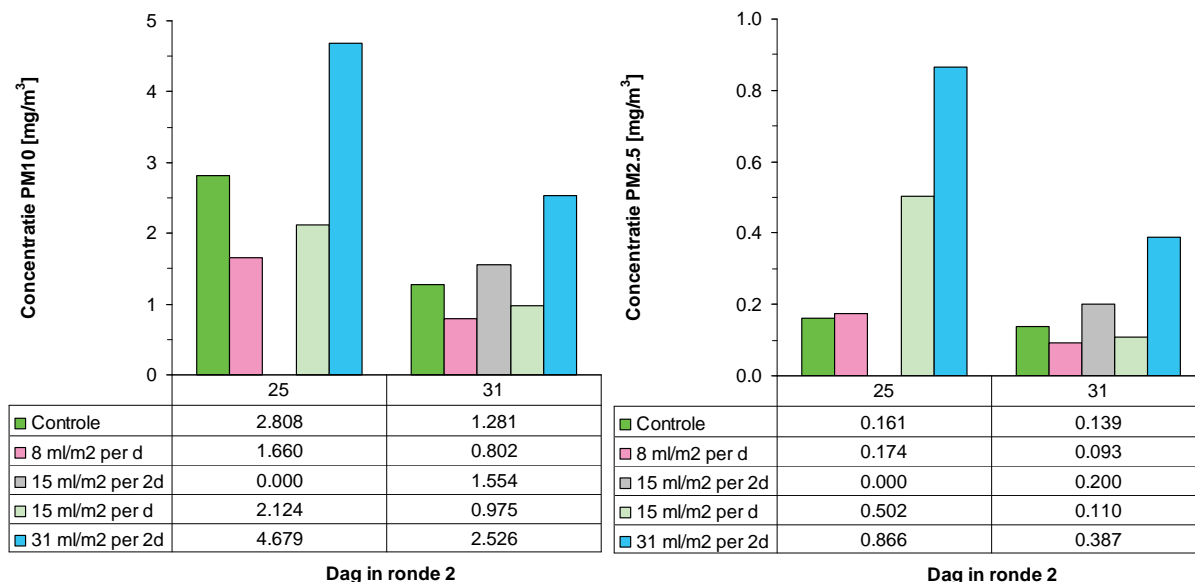
Het effect van de frequentie van aanbrengen van de olie blijkt afhankelijk te zijn van het tijdstip van de meting ten opzichte van het moment van vernevelen bij de behandeling 'om de dag' aanbrengen van oliefilm'. Bij metingen op dezelfde dag werd geen verschil gevonden in PM10 emissie tussen dagelijks en 'om de dag' aanbrengen van de oliefilm. Bij de metingen één dag na het vernevelen werd een 44% hogere PM10 emissie gevonden ( $P=0,05$ ) bij 'om de dag' vernevelen ten opzichte van elke dag vernevelen. Gemiddeld was de PM10 emissie bij 'om de dag' aanbrengen van de oliefilm 23% hoger dan bij elke dag aanbrengen van de oliefilm.

#### *Emissiereductie PM2,5*

De reducties in emissie van PM2,5 (figuur 9, rechts) zijn hoger dan de reducties van PM10 en de verschillen in reductie tussen de behandelingen zijn kleiner. Uit de statistische analyse blijkt dat de emissie van PM2,5 significant gereduceerd werd door het aanbrengen van gemiddeld 8 of 15 ml olie per m<sup>2</sup> per dag ( $P<0,001$ ). Gemiddeld waren de reducties 81% en 74% bij het aanbrengen van respectievelijk 8 en 15 ml olie per m<sup>2</sup> gemiddeld per dag. Het verschil in reductie tussen 8 en 15 ml olie per m<sup>2</sup> per dag was niet significant. Er werd geen effect gevonden van de frequentie van vernevelen op de emissie van PM2,5 ( $P=0,70$ ).

### 3.3 Stofconcentratie tijdens het aanbrengen van de oliefilm

Het oliefilmsysteem zoals toegepast in de voorgaande studie (Aarnink et al., 2008) produceerde kleine oliedeeltjes met als gevolg een ongewenste piek in PM10 en PM2,5 concentraties rond het vernevelen. Het oliefilmsysteem is daarop aangepast zoals omschreven in hoofdstuk 2. De vraag is nu of deze aanpassingen effect hebben gehad.

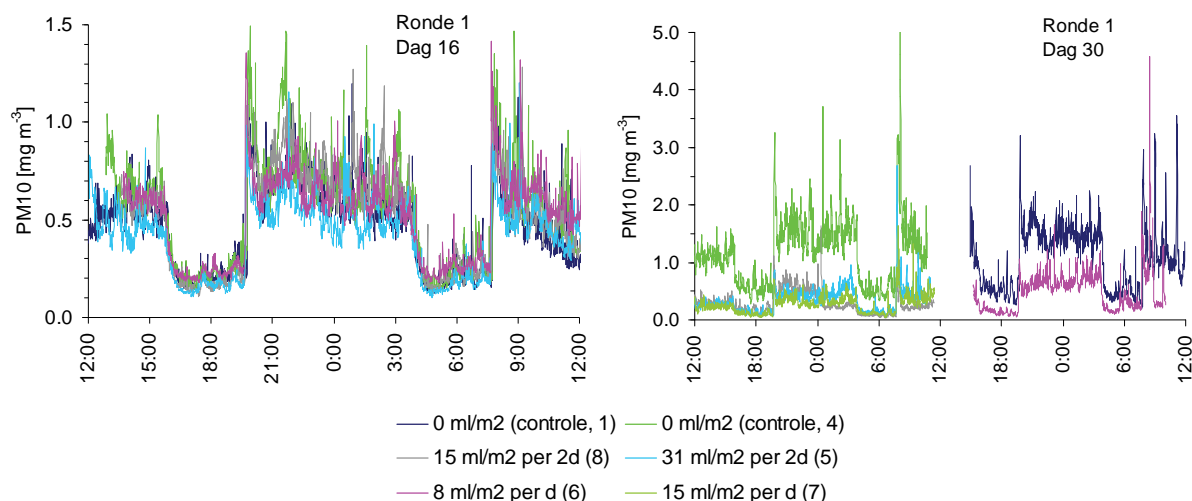


**Figuur 10** Effect van het aanbrengen van een oliefilm op de concentraties aan PM10 (links) en PM2,5 (rechts) tijdens ronde 2, op dag 25 en 31. De concentratie van afdeling 5 (20 ml/m<sup>2</sup> per d) voor dag 25 ontbreekt

In figuur 10 worden de concentraties van PM10 en PM2,5 weergegeven van de gravimetrische metingen van 15 minuten voor tot 1 uur en 45 minuten na het olievernemen, op dag 25 en 31. Het blijkt dat vooral bij het aanbrengen van 31 ml/m<sup>2</sup> 'om de dag' de PM10 en de PM2,5 concentraties hoger zijn dan in de controle, namelijk een factor 1,7 en 2,0 voor PM10 en 5,4 en 2,8 voor PM2,5 (dag 25, 31). De overige doseringen scoren gunstig met een lagere, vergelijkbare of enigszins hogere PM10 en PM2,5 concentratie ten opzichte van de controle.

### 3.4 Verloop stofconcentratie gedurende de dag

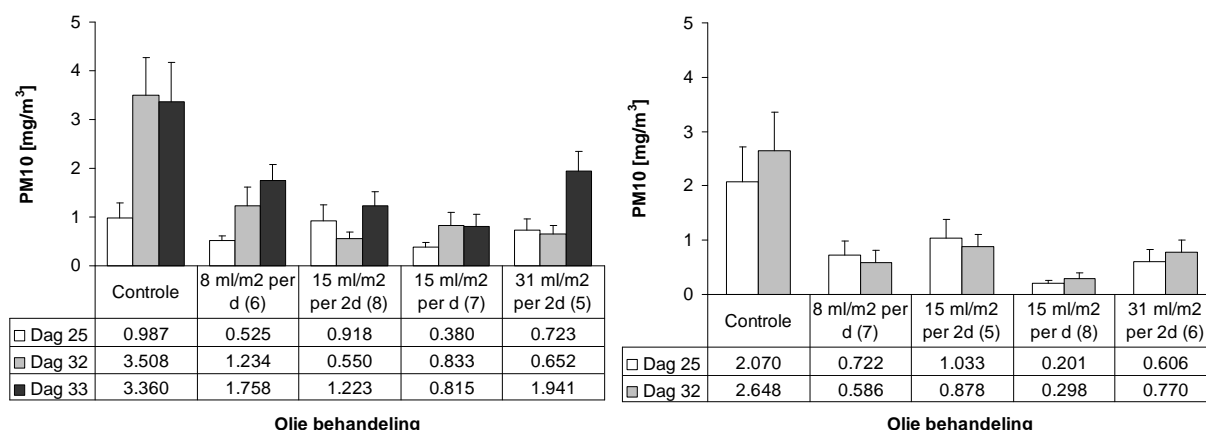
In figuur 11 wordt het typische verloop van de PM10 concentratie gedurende de dag weergegeven gedurende dag 16 (links) en dag 30 (rechts) in ronde 1. Duidelijk zijn de licht- en donkerperioden in de stal te zien aan de lage stofconcentraties gedurende de donkerperioden en de hoge stofconcentraties gedurende de lichtperioden. Op dag 16 werd nog geen olie aangebracht, op dag 30 wel. In de rechterfiguur (dag 30) is duidelijk te zien dat de PM10 niveaus van de afdelingen waarin olie werd aangebracht lager zijn dan die van de controleafdelingen 1 (helder groen) en 4 (donkerblauw).



**Figuur 11** Verloop van de PM10 concentraties gedurende de dag op dag 16 (links) en 30 (rechts) in ronde 1. De metingen op dag 16 (links) zijn alle verricht op dezelfde dag. De metingen op dag 30 (rechts) zijn in verband met de inzetbaarheid van DustTrak apparaten uitgevoerd over twee dagen

### 3.5 Persoonlijke stofbelasting PM10

In figuur 12 wordt het effect weergegeven van het met verschillende dosering en frequentie aanbrengen van een oliefilm op de stofbelasting van de stalmedewerker. De grafieken laten een toename zien van de stofconcentraties op dag 32 (en 33) ten opzichte van dag 25 in beide rondes.



**Figuur 12** Effect van het met verschillende dosering en frequentie aanbrengen van een oliefilm op de persoonlijke stofbelasting aan PM10 (mg/m<sup>3</sup>), gemeten op dag 25, 32 en 33, met bijbehorende st. dev. Links: ronde 1, rechts: ronde 2

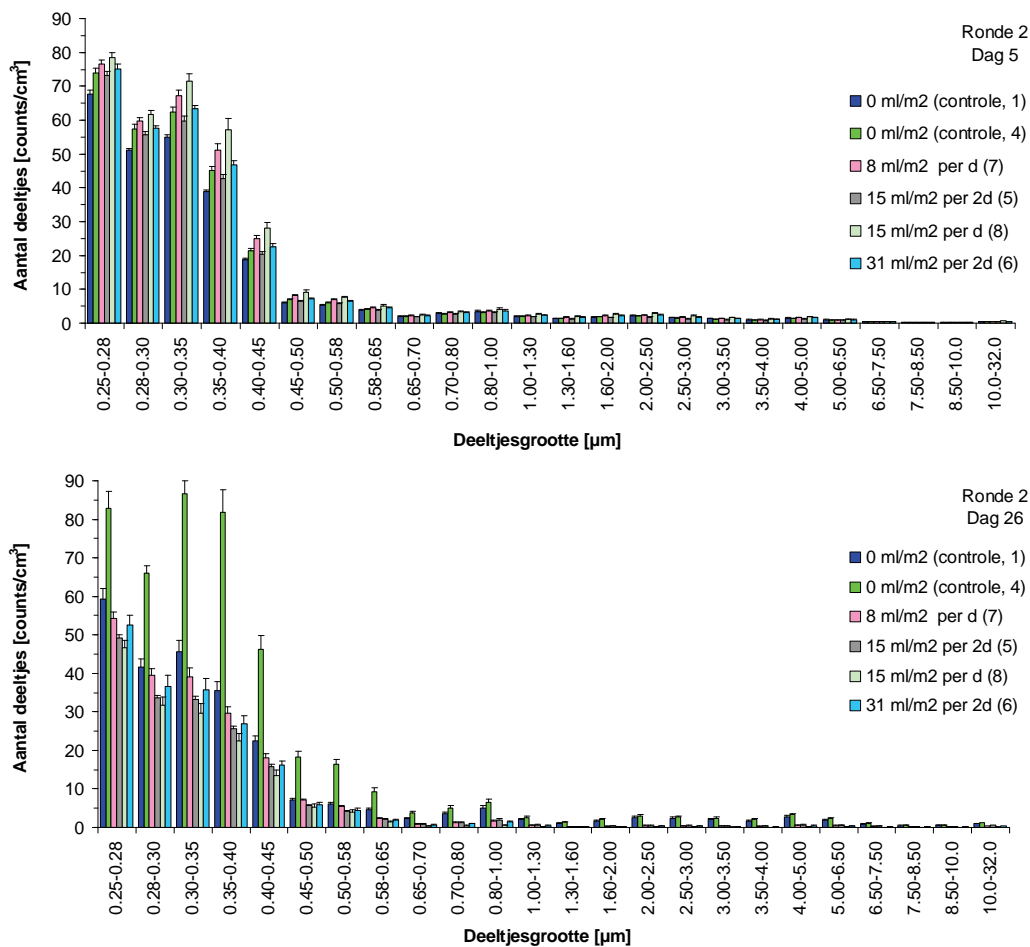
Tijdens ronde 1 (Fig. 12, links) is er op meetdag 32 olie aangebracht in alle vier afdelingen. De reducties in PM10 concentratie ten opzichte van de controle zijn: 65% (8 ml/m<sup>2</sup> per dag), 84% (15 ml/m<sup>2</sup> 'om de dag'), 76% (15 ml/m<sup>2</sup> per dag) en 81% (31 ml/m<sup>2</sup> 'om de dag'). Tijdens ronde 2 (fig. 12, rechts) is er op meetdag 25 olie aangebracht in alle vier afdelingen. De reducties in PM10 concentratie ten opzichte van de controle zijn: 65% (8 ml/m<sup>2</sup> per dag), 50% (15 ml/m<sup>2</sup> 'om de dag'), 90% (15 ml/m<sup>2</sup> per dag) en 70% (31 ml/m<sup>2</sup> 'om de dag'). Op deze twee meetdagen lijkt geen duidelijk verband te bestaan tussen de 's ochtends aangebrachte dosis olie en dezelfde dag gemeten reductie van PM10.

Op meetdagen 25 en 32 (ronde 1) en 32 (ronde 2) is er 's ochtends wel olie aangebracht in de afdelingen waar dit dagelijks plaatsvindt (8 ml/m<sup>2</sup> per dag en 15 ml/m<sup>2</sup> per dag), maar niet in de afdelingen waar dit 'om de dag' plaatsvindt (15 ml/m<sup>2</sup> 'om de dag' en 31 ml/m<sup>2</sup> 'om de dag'). Met name in ronde 2 is te zien dat de reducties op dag 32 hoger zijn in de afdelingen waar 's ochtends olie werd aangebracht (78% en 89%) in vergelijking met de afdelingen waar die ochtend geen olie was aangebracht (67% en 71%).

### 3.6 Deeltjesconcentratie en deeltjesgrootte

In grafiek 13 worden de resultaten weergegeven in aantal deeltjes per grootteklasse en per oliebehandeling. De totale stofconcentratie van deeltjes tussen 0,25 en 32 µm in de stallucht varieerde van 157 tot 348 stofdeeltjes per kubieke centimeter.

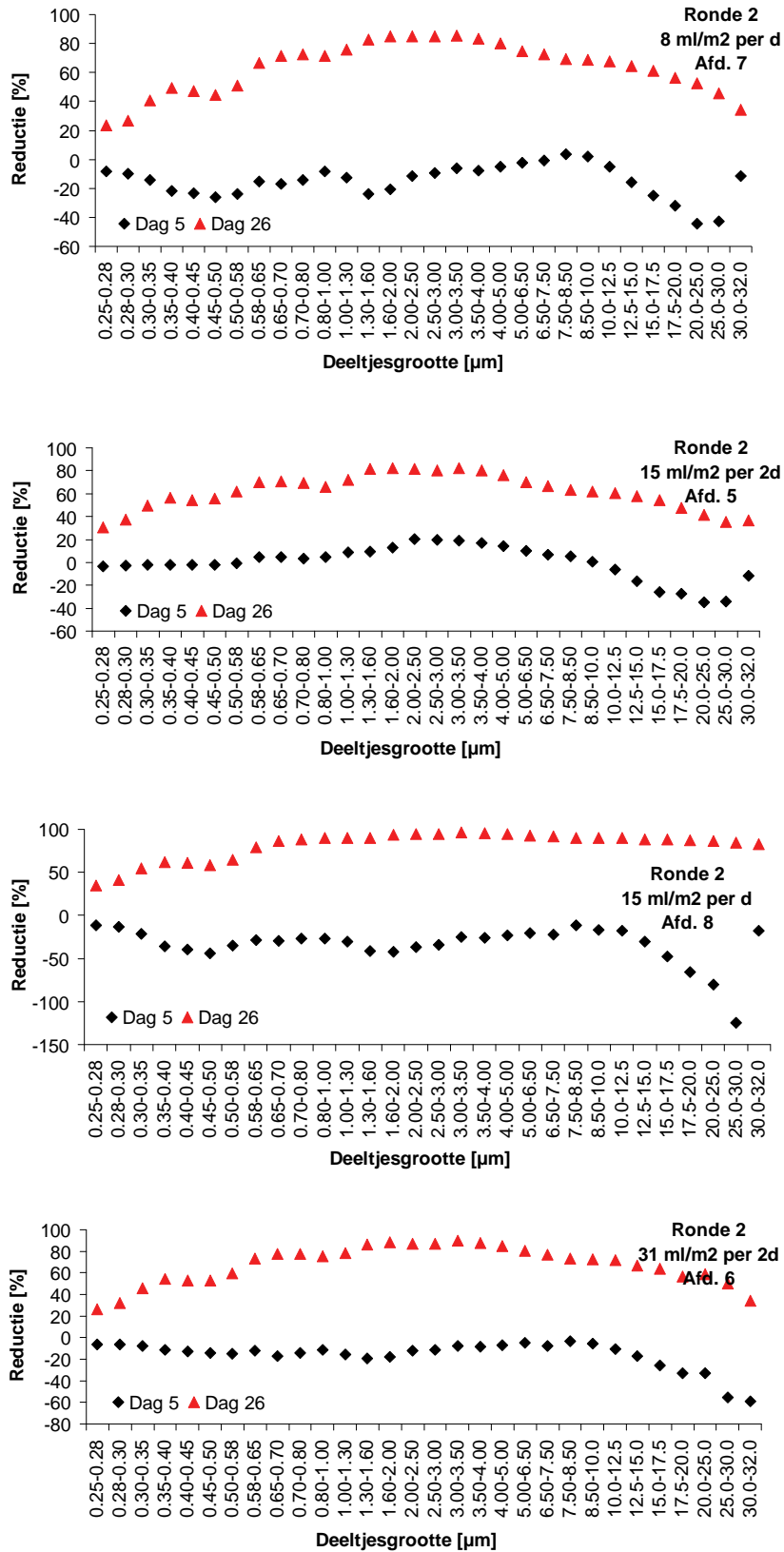
Op dag 5 zijn de stofconcentraties in de olieafdelingen vergelijkbaar met die in controleafdelingen 1 en 4. Dit is logisch omdat pas op dag 21 is begonnen met vernevelen. Op dag 26 is een aanzienlijke reductie te zien van de oliebehandelingen ten opzichte van controleafdeling 4. De stofconcentratie in controleafdeling 1 is weliswaar hoger dan die van de olieafdelingen, maar aanzienlijk lager dan die van controleafdeling 4.



**Figuur 13** Effect van het met verschillende dosering en frequentie aanbrengen van een oliefilm op het aantal stofdeeltjes per stofdeeltjesgrootte, op dag 5 en dag 26 van ronde 2

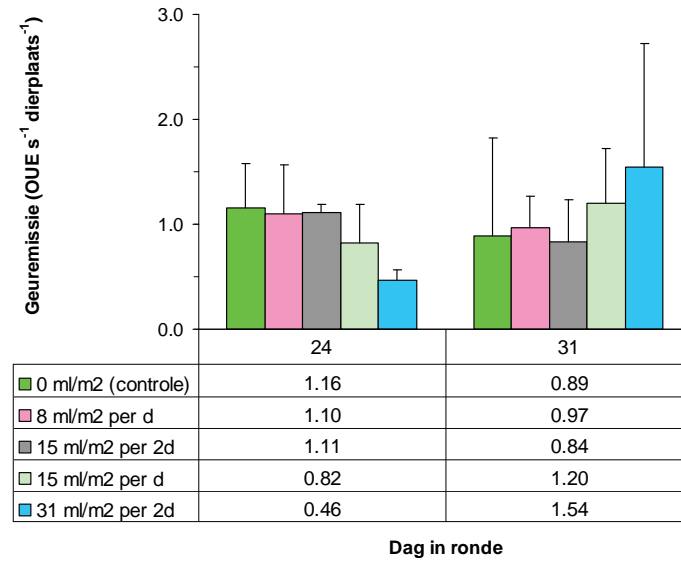
In figuur 14 wordt de reductie van fijnstof weergegeven van de oliebehandelingen ten opzichte van de controleafdelingen op dag 5 en 26 van ronde 2. De reducties zijn per deeltjesgrootteklasse afzonderlijk berekend. Op dag 5 is nog geen reductie aanwezig omdat pas vanaf dag 21 is gestart met het aanbrengen van de olie. Op dag 26 is ook met deze meetmethode een reductie te zien die per deeltjesgrootteklasse varieerde tussen 40 en 80%. De hoogste reducties worden bereikt bij deeltjes met een diameter tussen ongeveer 1 en 5 µm. Bij het berekenen van deze reducties is het gemiddelde van beide controleafdelingen als uitgangspunt genomen.





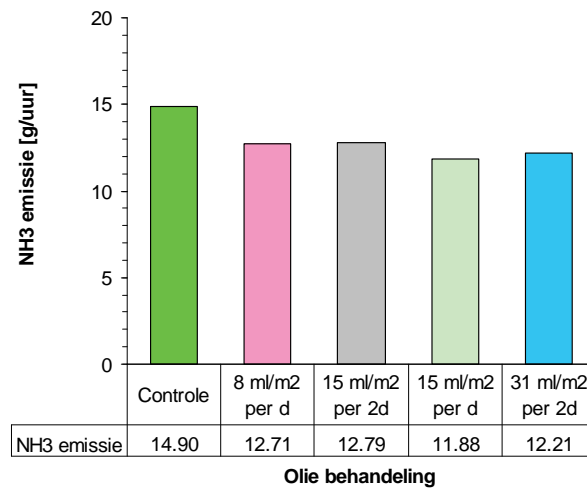
**Figuur 14** Effect van het met verschillende dosering en frequentie aanbrengen van een olielam op de reductie van fijnstofdeeltjes per deeltjesgrootte voor ronde 2, op dag 26 (op dag 5 werd nog geen olie aangebracht)

### 3.7 Geur- en ammoniakemissie



**Figuur 15** Effect van het met verschillende dosering en frequentie aanbrengen van een oliefilm op de gemiddelde emissie van geur, met bijbehorende standaarddeviaties

In figuur 15 wordt de gemiddelde geuremissie weergegeven van de controle en oliebehandelingen van rondes 1 en 2 samen. Uit de statistische analyse blijkt dat de oliebehandelingen geen effect hebben op de geuremissie.



**Figuur 16** Effect van het met verschillende dosering en frequentie aanbrengen van een oliefilm op de gemiddelde emissie van ammoniak in gram per uur over rondes 1 en ronde 2 samen

In figuur 16 worden de gemiddelde ammoniakemissies weergegeven van de controleafdelingen en oliebehandelingen van rondes 1 en 2 samen. Uit de statistische analyse blijkt dat er geen significant verschil bestaat in ammoniakemissie tussen behandelingen en controle.

### 3.8 Productieresultaten

Een belangrijke eis van dit fijnstofemissie reductiesysteem is dat de productieresultaten en het welzijn van de vleeskuikens niet negatief worden beïnvloed. In tabel 7 worden de gemiddelde productieresultaten van 0 - 21 dagen over de eerste en tweede ronde weergegeven. Uit de statistische analyse blijkt dat er geen verschillen waren in de productieresultaten op 21 dagen leeftijd, het moment waarop gestart werd met het aanbrengen van de oliefilm.

**Tabel 7** Technische resultaten van 0 – 21 dagen (ronde 1 en 2 samen)

	Controle (0 ml/m <sup>2</sup> )	8 ml/m <sup>2</sup> per dag	15 ml/m <sup>2</sup> per 2 dagen	15 ml/m <sup>2</sup> per dag	31 ml/m <sup>2</sup> per 2 dagen	LSD (P<0,05)
Begingewicht (g)	44	44	44	44	44	-
Gewicht (g)	939	923	927	903	910	48
Groei (g)	895	879	884	860	866	48
Groei (g/d/d)	42.6	41.9	42.1	41.0	41.3	2.2
Uitval (%)	2.1	1.8	1.8	1.8	2.0	0.6
Voerconversie	1.376	1.369	1.375	1.381	1.391	0.037
Voer (g)	1231	1204	1215	1187	1205	46
Voer (g/d/d)	58.6	57.3	57.9	56.6	57.4	2.2
Water (ml/d/d)	103.0	102.0	101.7	100.5	102.4	2.9
Water/voer	1.76	1.78	1.76	1.78	1.79	0.02
VC prakt	1.32	1.32	1.32	1.33	1.34	0.03

Uit de gemiddelde productieresultaten van 0 – 35 dagen blijkt dat het aanbrengen van een oliefilm geen effect had op de productieresultaten. De productieparameters groei, voerconversie en uitval werden geen van allen significant beïnvloed door het aanbrengen van een oliefilm. Ook de hoeveelheid olie per oppervlakte eenheid (dosis) en de frequentie van aanbrengen van de oliefilm hadden geen invloed op de productieresultaten.

**Tabel 8** Technische resultaten van 0 – 35 dagen (ronde 1 en 2 samen)

	Controle (0 ml/m <sup>2</sup> )	8 ml/m <sup>2</sup> per dag	15 ml/m <sup>2</sup> per 2 dagen	15 ml/m <sup>2</sup> per dag	31 ml/m <sup>2</sup> per 2 dagen	LSD (P<0,05)
Begingewicht (g)	44	44	44	44	44	-
Gewicht (g)	2037	2026	2022	2016	2021	55
Groei (g)	1993	1982	1978	1972	1978	55
Groei (g/d/d)	57.0	56.7	56.6	56.4	56.5	1.6
Uitval (%)	2.8	2.6	2.8	2.8	2.8	0.7
Voerconversie	1.633	1.632	1.650	1.629	1.633	0.028
Voer (g)	3255	3235	3263	3213	3229	97
Voer (g/d/d)	93.0	92.5	93.2	91.8	92.3	2.8
Water (ml/d/d)	161.4	160.3	161.7	159.9	161.6	5.3
Water/voer	1.74	1.74	1.74	1.74	1.75	0.04
VC prakt	1.61	1.61	1.63	1.61	1.61	0.03
Productiegetal	339	338	333	336	336	12

### 3.9 Dierwelzijnsparameters

In tabel 9 worden de resultaten van de exterieurbeoordeling op 33 dagen leeftijd gemiddeld over beide ronden weergegeven. Uit de statistische analyse blijkt dat er geen verschillen zijn tussen de behandelingen t.a.v. borstbevuiling, borstirritatie, dijkkrassen en voetzollaesies. Ook de welzijnsscore is niet significant verschillend tussen de behandelingen.

**Tabel 9** Resultaten van de exterieurbeoordeling op 33 dagen (ronde 1 en 2 samen)

	Controle (0 ml/m <sup>2</sup> )	8 ml/m <sup>2</sup> per dag	15 ml/m <sup>2</sup> per 2 dagen	15 ml/m <sup>2</sup> per dag	31 ml/m <sup>2</sup> per 2 dagen	F-prob (P<0,05)
<i>Borstbevuiling</i>						
Geen	1%	1%	2%	0%	5%	0,96
Gering	60%	57%	58%	58%	59%	
Matig	38%	38%	39%	40%	35%	
Ernstig	1%	4%	2%	3%	1%	
<i>Borstirritaties</i>						
Geen	57%	62%	53%	61%	57%	0,91
Gering	37%	34%	43%	38%	40%	
Matig	4%	5%	4%	2%	3%	
Ernstig	0%	0%	0%	0%	0%	
<i>Dijkkrassen</i>						
Geen	63%	61%	62%	66%	68%	0,96
Gering	31%	29%	32%	29%	25%	
Matig	6%	8%	6%	6%	5%	
Ernstig	1%	2%	1%	0%	2%	
<i>Brandhakken</i>						
Geen	33%	49%	37%	45%	48%	0,41
Gering	54%	38%	54%	51%	45%	
Matig	14%	14%	9%	5%	8%	
Ernstig	0%	0%	0%	0%	0%	
<i>Voetzollaesies*</i>						
Klasse 0	12%	9%	13%	5%	9%	0,94
Klasse 1	59%	67%	60%	60%	58%	
Klasse 2	29%	25%	28%	36%	34%	
<i>WelzijnsScore**</i>						
Stal	88	82	85	101	96	
Slachterij	103	104	105	115	109	

\* Beoordeeld volgens criteria (Zweedse/Deense methode) in de ophanden zijnde EU Welzijnsrichtlijn Vleeskuikens (3 –klassen: 0 – 2)

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

Stal: beoordeling van voetzolen van 100 dieren

Slachterij: beoordeling van 'schone' voetzolen van 100 dieren

### 3.10 Strooiselkwaliteit

In tabel 10 worden de resultaten van de visuele strooiselbeoordeling weergegeven. Het blijkt dat de visuele strooiselkwaliteit bij de beide proefgroepen waarbij de grootste hoeveelheid olie werd aangebracht (15 ml/m<sup>2</sup> dagelijks en 31 ml/m<sup>2</sup> 'om de dag') het slechtst is. Zowel de mate van rulheid als vochtigheid scoorden bij deze twee behandelingsgroepen lager dan de andere twee behandelingen en de controle.

**Tabel 10** Resultaten visuele strooiselbeoordeling

	Controle (0 ml/m <sup>2</sup> )	8 ml/m <sup>2</sup> per dag	15 ml/m <sup>2</sup> per 2 dagen	15 ml/m <sup>2</sup> per dag	31 ml/m <sup>2</sup> per 2 dagen
<i>Dag 14</i>					
Rulheid	7,7	7,3	7,5	7,2	7,3
Vocht	6,6	6,3	6,7	6,3	6,5
<i>Dag 28</i>					
Rulheid	3,8	3,8	3,8	3,2	3,3
Vocht	4,6	4,7	4,5	4,1	4,3
<i>Dag 35</i>					
Rulheid	4,6	4,4	4,2	3,9	4,1
Vocht	4,8	4,8	4,5	4,3	4,5

Rulheid: score 1 – 10, waarbij score 1 volledig dichtgeslagen strooisel en score 10 volledig rul strooisel.

Vocht: score 1 – 10, waarbij score 1 zeer nat strooisel en score 10 zeer droog strooisel.

**Tabel 11** Drogestofgehalten strooisel

	Controle (0 ml/m <sup>2</sup> )	8 ml/m <sup>2</sup> per dag	15 ml/m <sup>2</sup> per 2 dagen	15 ml/m <sup>2</sup> per dag	31 ml/m <sup>2</sup> per 2 dagen
Dag 14	66,9	70,7	66,2	67,8	68,0
Dag 28	62,8	63,2	61,0	57,0	59,6
Dag 35	59,0	64,1	61,3	61,5	62,4
<i>Gemiddeld</i>	<i>62,9</i>	<i>66,0</i>	<i>62,8</i>	<i>62,1</i>	<i>63,3</i>

Het aanbrengen van een oliefilm heeft geen negatief (verhogend) effect gehad op het drogestofgehalte van het strooisel (tabel 11). Gemiddeld was het drogestofgehalte het hoogst bij 8 ml olie per m<sup>2</sup> per dag en het laagst bij 15 ml olie per m<sup>2</sup> per dag. Opmerkelijk is dat het drogestofgehalte van het strooisel bij het dagelijks aanbrengen van 8 ml olie hoger is dan het 'om de dag' aanbrengen van 15 ml olie per vierkante meter, terwijl dezelfde hoeveelheid olie per oppervlakte-eenheid wordt aangebracht. Het dagelijks aanbrengen van 8 ml olie per m<sup>2</sup> lijkt voor de strooiselkwaliteit dus beter dan 15 ml ineens per twee dagen. Dit geldt niet voor 2 x 15 versus 1 x 31.

### 3.11 Reinigbaarheid afdelingen

Het inweken van de afdelingen nam 10 minuten per afdeling in beslag na de eerste ronde en ongeveer 7,5 minuut per afdeling na de tweede ronde. De totale schoonmaaktijd bedroeg ongeveer anderhalf uur voor de olieafdelingen tegen een uur en een kwartier voor de controleafdelingen. De olieafdelingen waren na de eerste ronde moeilijker te reinigen dan de controleafdelingen, maar werden met wat meer moeite toch goed schoon. Voor de ventilatoren was in de olieafdelingen meer tijd nodig dan in de controleafdelingen. Na de tweede ronde waren de olieafdelingen goed te reinigen. De schoonmaker merkte geen verschil tussen olie- en controleafdelingen (persoonlijke mededeling). Wel bevatten de ventilatorkokers na beide rondes nog olieresten aan de binnenzijde. Deze waren echter niet te verwijderen door van onderen te spuiten.

## 4 Discussie

### 4.1 Stofconcentraties, stofemissies en stofreducties

Met oliefilmsysteem zoals toegepast in deze studie werden reducties van de PM10 emissie behaald van 59% en 64% bij het aanbrengen van respectievelijk 8 en 15 ml olie per m<sup>2</sup> strooisel, gemiddeld per dag. Reducties van de PM2,5 emissie waren 81% en 74% bij het aanbrengen van respectievelijk 8 en 15 ml olie per m<sup>2</sup>, gemiddeld per dag. In de voorgaande studie (Aarnink et al., 2008) werd bij het aanbrengen van 8 en 15 ml olie per m<sup>2</sup> gemiddeld per dag, een reductie van de PM10 emissie behaald van respectievelijk 55% en 72%. Voor PM2,5 was dit respectievelijk 69% en 73%. De in deze studie behaalde emissiereducties van PM10 en PM2,5 zijn dus vergelijkbaar met die van Aarnink et al. (2008). Dit betekent dat de emissiereductie niet wordt beïnvloed door het starten met aanbrengen van de olie op dag 21 i.p.v. dag 12.

Uit deze studie blijkt verder dat de PM10 emissie bij het 'om de dag' aanbrengen van olie de dag na het aanbrengen 44% hoger is ten opzichte van elke dag vernevelen. Gemiddeld was de PM10 emissie bij 'om de dag' aanbrengen van de oliefilm 23% hoger dan bij elke dag aanbrengen van de oliefilm. De oliefilm is de dag na het aanbrengen waarschijnlijk zozeer vermengd met het strooisel dat het vermogen om PM10 stof vast te plakken terugloopt. Dit geldt echter niet voor het PM2,5 stof.

De emissies waren niet significant verschillend tussen het aanbrengen van 8 of 15 ml/m<sup>2</sup> per dag. Blijkbaar geeft een dosering van 8 ml/m<sup>2</sup> per dag al een oliefilm die zowel PM10 als PM2,5 deeltjes voldoende kan vastplakken. De vrijwel constante emissie van PM2,5 bij verschillende oliedoseringen was ook reeds gevonden in de voorgaande studie.

### 4.2 Stofconcentratie tijdens het aanbrengen van de oliefilm

Het oliefilmsysteem zoals toegepast in de voorgaande studie (Aarnink et al., 2008) produceerde kleine oliedeeltjes met als gevolg een ongewenste piek in PM10 en PM2,5 concentraties rond het vernevelen. De in deze studie gevonden concentraties lijken op het eerste gezicht aanzienlijk lager dan die gevonden door Aarnink et al. (2008). Echter; in de voorgaande studie werd gedurende 1 uur gemeten; van 15 minuten voor het vernevelen tot 45 minuten na het olievernemen, terwijl er in deze studie gedurende 2 uren stof werd verzameld. De concentraties worden berekend door het gewicht van de verzamelde deeltjes op het glasvezelfilter te delen door de m<sup>3</sup> lucht die door het filter is geleid. Daarmee zijn de concentraties in deze studie 'verdund'. Daarnaast moet er rekening worden gehouden met de verschillen in ventilatiegebieden in de afdelingen.

Een nauwkeuriger schatting van de hoeveelheid PM10 en PM2,5 oliedeeltjes is daarom als volgt berekend voor zowel Aarnink et al. (2008) als de huidige studie (tabellen 12 en 13):

$$\begin{aligned}
 & \text{Aangebrachte hoeveelheid PM10 of PM2,5 Oliedeeltjes in ml per m}^2 \text{ strooiseloppervlak} \\
 & = \\
 & \quad ( [\text{debiet olieafdeling in m}^3] \times [\text{PM concentratie olieafdeling in mg/m}^3] \\
 & \quad - \\
 & \quad [1 - \text{reductiefactor olieafdeling}] \times ( [\text{debiet controleafdeling in m}^3] \times [\text{PM concentratie controleafdeling in mg/m}^3] ) \\
 & \quad / \\
 & \quad ( [\text{omrekenfactor mg naar ml van 1000}] \times [\text{dichtheid olie van 0,91 kg/L}] ) \\
 & \quad / \\
 & \quad [\text{totale oppervlak van 133.6 m}^2]
 \end{aligned}$$

Hoewel de meetdagen en de aangebrachte hoeveelheden olie op de meetdag niet helemaal overeenkomen, is met tabellen 12 en 13 een goede algemene vergelijking mogelijk. Bij 8 ml/m<sup>2</sup> per dag is het berekende percentage PM10 druppeltjes op dag 31 0,78% (deze studie) tegen 2,24% op dag 33 in de voorgaande studie. Voor PM2,5 is dit 0,15% (deze studie) versus 0,39% in de voorgaande studie. Bij 15 ml/m<sup>2</sup> per dag is het berekende percentage PM10 druppeltjes op dag 31 1,03% (deze studie) tegen 2,54% op dag 33 in de voorgaande studie. Voor PM2,5 is dit 0,12% (deze studie) tegen 0,48% in de voorgaande studie. Op grond van deze resultaten lijkt de hoeveelheid PM10 en PM2,5 druppeltjes met ongeveer 60 tot 75% gereduceerd. Hiermee is een belangrijke verbetering aangebracht aan het oliefilmsysteem.

**Tabel 12** Hoeveelheid en percentage PM10 en PM2,5 oliedruppeltjes van de totaal aangebrachte hoeveelheid olie in de studie van Aarnink et al. (2008), op dag 17 en 33 van ronde twee

2007	8 ml/m <sup>2</sup> (/d)		16 ml/m <sup>2</sup> (/d)		24 ml/m <sup>2</sup> (/d)	
	ml/m <sup>2</sup>	%	ml/m <sup>2</sup>	%	ml/m <sup>2</sup>	%
<b>PM10</b>						
dag 17	0,092	1,15	0,262	1,64	0,351	1,46
dag 33	0,179	2,24	0,406	2,54	0,528	2,20
<b>PM2,5</b>						
dag 17	0,023	0,28	0,064	0,40	0,078	0,33
dag 33	0,031	0,39	0,076	0,48	0,115	0,48

**Tabel 13** Hoeveelheid en percentage PM10 en PM2,5 oliedruppeltjes van de totaal aangebrachte hoeveelheid olie in deze studie, op dag 25 en 31 van ronde twee

2008	8 ml/m <sup>2</sup> (/d)		15 ml/m <sup>2</sup> (/2d)		15 ml/m <sup>2</sup> (/d)		31 ml/m <sup>2</sup> (/2d)	
	ml/m <sup>2</sup>	%	ml/m <sup>2</sup>	%	ml/m <sup>2</sup>	%	ml/m <sup>2</sup>	%
<b>PM10</b>								
dag 25	0,051	0,63	*	*	0,103	0,69	0,205	0,66
dag 31	0,062	0,78	0,216	1,44	0,155	1,03	0,453	1,46
<b>PM2,5</b>								
dag 25	0,012	0,15	*	*	0,030	0,20	0,054	0,17
dag 31	0,012	0,15	0,037	0,25	0,018	0,12	0,079	0,25

\* geen meting

### 4.3 Verloop PM10 concentratie gedurende de dag

In deze studie werden hoge PM10 concentraties gevonden tijdens de lichtperiode en aanzienlijk lagere concentraties tijdens de donkerperiode. Dit effect van licht en donker is ook gevonden in de voorgaande studie (Aarnink et al., 2008) en is toe te schrijven aan de activiteit van de dieren.

### 4.4 Persoonlijke stofbelasting PM10

De hoogste concentraties van PM10 en PM2,5 in deze studie, gemeten met de gravimetrische methode, bedroegen respectievelijk 2,607 en 0,139 mg/m<sup>3</sup> (controleafdeling 4, ronde 1, dag 33). Dit zijn 24-uurs gemiddelden over twee donkerperiodes en twee lichtperiodes. Tijdens de lichtperiode, wanneer de werkzaamheden in de stal plaatsvinden, is de stofconcentratie aanzienlijk hoger dan tijdens de duisterperiode. De metingen van de persoonlijke stofbelasting met de DustTrak laten zien dat de PM10 concentratie gedurende een inspectieronde van 7 minuten gemiddeld 3,767 mg/m<sup>3</sup> kan bedragen (controleafdelingen 1, ronde 1, dag 33). Pieken in de PM10 concentratie van enkele seconden tijdens het lopen en bukken in de stal, bij een hoge activiteit van de kuikens, kunnen zelfs oplopen tot waarden tussen 5 en 10 mg/m<sup>3</sup>. Kortom, deze studie bevestigt dat pluimveehouders in stallen bloot staan aan PM10 concentraties die tot 200 maal hoger liggen dan die van de buitenlucht (0,050 mg/m<sup>3</sup> voor PM10). Wanneer men echter door de olieafdelingen loopt waait er minder stof op en gaat het ademen merkbaar prettiger dan in de controleafdelingen (persoonlijke waarneming auteur). In zijn algemeenheid kan worden geconcludeerd dat het aanbrengen van olielagen op het strooisel zoals toegepast in deze studie de persoonlijke stofbelasting met 50 tot 90% reduceert. Voor een maximale reductie (75-90%) lijkt het dagelijks aanbrengen van olie de beste strategie.

### 4.5 Deeltjesconcentratie en deeltjesgrootte

De totale stofconcentratie van deeltjes tussen 0,25 en 32 µm in de stallucht varieerde van 157 tot 348 stofdeeltjes per cm<sup>3</sup>. Het overgrote deel van deze deeltjes (89% op dag 5, over alle 6 afdelingen en 84% op dag 26, over controleafdelingen 1 en 4) had een diameter tussen 0,25 en 0,50 µm. Gerekend naar het *aantal* deeltjes, bestond 95 tot 98% van de deeltjes tussen 0,25 en 10 µm uit PM2,5 stof. Gerekend naar de *massa* van de deeltjes gaat het echter om 5 á 6% (5,4% in ronde 1, 6,5% in ronde 2). In de studie van Aarnink et al. (2008) was dit ook ca. 5%.

Op grond van een meting op dag 26 lijken de reducties (in aantallen deeltjes) door de oliebehandelingen het hoogst bij deeltjes met een diameter tussen ongeveer 1 en 5  $\mu\text{m}$ , namelijk ongeveer 40 tot 80%. Dat de oliefilm kleinere deeltjes beter lijkt vast te kunnen plakken is in overeenstemming met de hogere reducties voor PM<sub>2,5</sub> ten opzichte van PM<sub>10</sub> in zowel deze als de voorgaande studie.

#### 4.6 Geur- en ammoniakemissie

Uit deze studie blijkt dat de oliebehandelingen geen effect hebben op de emissies van geur en ammoniak. Dit bevestigt de resultaten van Aarnink et al. (2008).

In bijlagen 4 t/m 7 zijn enkele grafieken en tabellen opgenomen die de emissies van ammoniak in beide rondes verduidelijken. Daaruit komt naar voren dat de ammoniakemissies in zowel ronde 1 als 2 vergelijkbaar waren tussen de behandelingen. Echter; in ronde 2 lag de ammoniakemissie op ongeveer de helft van het niveau van ronde 1. Uit bijlage 6 (grafiek NH<sub>3</sub> emissie in g/uur, ronde 2) blijkt dat de NH<sub>3</sub> emissie vanaf dag 22 stabiliseerde en vanaf dag 25 t/m 35 zelfs daalde, terwijl in ronde 1 de NH<sub>3</sub> emissie bleef stijgen tot dag 35. Uit bijlage 3 (grafiek Debiet in m<sup>3</sup>/uur per dier, ronde 2) blijkt dat het debiet in beide rondes vergelijkbaar is geweest. Uit bijlage 6 (grafiek NH<sub>3</sub> concentratie in mg/m<sup>3</sup>) blijkt dat de daling in NH<sub>3</sub> emissie in ronde 2 werd veroorzaakt door een daling van de NH<sub>3</sub> concentratie vanaf dag 21.

Volgens Groot Koerkamp et al. (1995) neemt de ammoniakemissie uit strooisel toe wanneer het drogestofpercentage afneemt en af naarmate het drogestofpercentage toeneemt. De lagere ammoniakconcentratie in het tweede deel van ronde 2 kan echter niet worden verklaard uit een hoger drogestofgehalte van het strooisel t.o.v. ronde 1. Het drogestofgehalte was tijdens ronde 2 gemiddeld juist lager (=vochtiger) dan in ronde 1 (59% DS en 41% water tegen 66% DS en 33% water). De visuele beoordeling van de vochtigheid en rulheid was in ronde 2 gemiddeld wel minder rul (score 4,0 tegen 6,0) en (visueel) minder droog (score 4,1 tegen 6,1) dan in ronde 1. Wellicht heeft het minder rulle en meer dichtgeslagen strooisel de ammoniakemissie gereduceerd. De ammoniakconcentraties zijn weliswaar verschillend tussen de twee rondes, maar niet tussen de oliebehandelingen (over de rondes heen).

#### 4.7 Productieresultaten

Uit deze studie blijkt dat de oliebehandelingen geen effect hebben op de technische resultaten. Dit bevestigt de resultaten van Aarnink et al. (2008).

#### 4.8 Dierwelzijnsparameters

In de voorgaande studie namen borstbevuildingen en voetzoollaesies gemiddeld toe, maar borstirritaties gemiddeld af, met een toename van de oliedosering (0, 6, 8, 12, 16, 18 en 24 ml per m<sup>2</sup> strooisel per dag). Het percentage kuikens met brandhakken en met geen, geringe of matige dijkassen was niet verschillend tussen oliebehandelingen en controle. Het percentage ernstige dijkassen leek licht te stijgen (0,77% per 8 ml) met de oliedosering. In de huidige studie is per saldo per dag maximaal 15 ml/m<sup>2</sup> aangebracht, dat is minder dan de 18 en 24 ml/m<sup>2</sup> behandelingen in de voorgaande studie. Daarnaast is in deze studie olie aangebracht vanaf dag 21 in plaats van dag 12. De oliefilm was in deze studie gedurende 14 dagen aanwezig, tegen 23 in de voorgaande studie. Dit zou negatieve en positieve effecten kunnen nivelleren.

In de huidige studie werden geen significante effecten gevonden t.a.v. borstbevuildingen, borstirritaties, dijkassen en brandhakken. Ook in het optreden van voetzoollaesies zijn in deze studie geen significante verschillen meer gevonden. In de voorgaande studie echter, was het percentage dieren zonder voetzoollaesies bij de controle ongeveer tweemaal hoger dan bij de oliebehandelingen (ronde 1: 32% tegen 17%, ronde 2: 34% tegen 15% en ronde 3: 45% tegen 33%) en het percentage dieren met ernstige voetzoollaesies driemaal zo laag bij de controle (ronde 1: 0% tegen 17%, ronde 2: 2% tegen 9% en ronde 3: 2% tegen 4%) in vergelijking met de oliebehandelingen. Kortom, de verschillen in welzijnsparameters zijn, net als bij de ammoniakemissie, verschillend tussen de rondes, maar tussen de behandelingen over de rondes zijn de verschillen klein. Het lijkt er op dat het verminderen van de aangebrachte hoeveelheid olie de negatieve effecten op de welzijnsparameters bijna geheel heeft gereduceerd.



#### 4.9 Strooiselkwaliteit

Uit deze studie blijkt dat zowel de mate van rulheid als visuele vochtigheid bij de twee proefgroepen waarbij de grootste hoeveelheid olie werd aangebracht (15 ml/m<sup>2</sup> dagelijks en 31 ml/m<sup>2</sup> 'om de dag') het laagst scoorde. Waarschijnlijk maakt de vermenging met olie het strooisel enigszins minder rul. De werkelijke drogestofgehalten van deze groepen zijn echter vrijwel identiek aan die van de controle. Ook de hoge beoordeling van de visuele vochtigheid van het strooisel bij de controlegroep wordt niet bevestigd door een hoger drogestofgehalte van deze groep. Wellicht leidt het aan de oppervlakte aanbrengen van een oliefilm tot een slechter visueel beeld van de vochtigheid dan deze in werkelijkheid is.

#### 4.10 Reinigbaarheid afdelingen

Een belangrijk mogelijk nadeel van het aanbrengen van een oliefilm om de fijnstofemissie te reduceren zijn de eventuele extra arbeidskosten voor het reinigen van de stal na afloop van de productieronde. In de voorgaande studie kostte het schoonmaken van een olieafdeling ongeveer twee keer zoveel tijd als het schoonmaken van een controleafdeling (90 versus 45 minuten). Er werd in de voorgaande studie tijdens de behandelingen 6, 8, 12, 16, 18 en 24 ml/m<sup>2</sup>/dag in 23 dagen tijd in totaal ongeveer 19, 26, 38, 51, 58 en 77 liter koolzaadolie aangebracht in afdelingen van 133,6 m<sup>2</sup>. In de huidige studie kostte het schoonmaken van de olieafdelingen aanmerkelijk minder tijd. In de huidige studie werd tijdens de vier behandelingen in 14 dagen tijd respectievelijk 16, 14, 30 en 29 liter koolzaadolie aangebracht. In deze studie is er dus in absolute zin, aanzienlijk minder olie aangebracht dan tijdens het experiment van Aarnink et al. (2008). Gezien de aanpassingen aan het oliefilmsysteem is de olie waarschijnlijk ook gelijkmatiger aangebracht in de ruimte. Door later te starten, de olie gelijkmatiger te vernevelen en zo laag mogelijke doseringen te gebruiken lijkt de schoonmaaktijd van de olieafdelingen dus te reduceren tot een vergelijkbaar niveau als van de afdelingen waarin geen olie wordt aangebracht.

## 5 Conclusies

Uit dit onderzoek kan het volgende worden geconcludeerd.

- *Stofconcentraties, stofemissies en stofreducties.* Bij het aanbrengen van een oliefilm van 8 en 15 ml/m<sup>2</sup> werden significante reducties ( $P < 0,006$ ) in PM10 emissie gemeten van respectievelijk 59 en 64%; de reducties in PM2,5 emissie waren respectievelijk 81 en 74% ( $P < 0,001$ ). Het verschil in reductie tussen 8 en 15 ml olie per m<sup>2</sup> per dag was niet significant voor zowel PM10 als PM2,5. Bij 'om de dag' vernevelen werd één dag na het vernevelen een 44% hogere PM10 emissie gevonden ( $P = 0,05$ ) bij ten opzichte van elke dag vernevelen. Gemiddeld was de PM10 emissie bij 'om de dag' aanbrengen van de oliefilm 23% hoger dan bij elke dag aanbrengen van de oliefilm. Bij het aanbrengen van de oliefilm vanaf dag 21 worden vergelijkbare reducties behaald als bij het aanbrengen vanaf dag 12.
- *Stofconcentratie tijdens het aanbrengen van de oliefilm.* De technische optimalisaties van het oliefilmsysteem hebben de hoeveelheid kleine PM10 en PM2,5 oliedruppeltjes met 60 tot 75% gereduceerd in vergelijking met de hoeveelheden uit de vorige studie.
- *Verloop PM10 concentratie gedurende de dag.* Het verloop van de concentraties van PM10 en PM2,5 is sterk afhankelijk van het lichtschema met lage concentraties tijdens de donkerperiode en hoge concentraties tijdens de lichtperiode.
- *Persoonlijke stofbelasting.* Het oliefilmsysteem reduceert de persoonlijke blootstelling aan PM10 stof met 75 tot 95%. Het oliefilmsysteem verbetert daarmee de arbeidsomstandigheden van de veehouder wat een belangrijk voordeel is ten opzichte van systemen die alleen de uitgaande stallucht reinigen van stof.
- *Deeltjesconcentratie en deeltjesgrootte.* Ongeveer 95 procent van het aantal PM10 deeltjes (0,25 - 10 µm) bestaat uit PM2,5 deeltjes. Gerekend naar de massa van de deeltjes bestaat echter slechts 5 procent van het PM10 stof uit PM2,5 deeltjes. Het oliefilmsysteem lijkt de hoogste reducties (op basis van aantal stofdeeltjes) te geven bij deeltjes met een diameter tussen 1 en 5 µm, van 40 tot 80%.
- *Geur- en ammoniakemissie.* Het oliefilmsysteem heeft geen invloed op de emissie van geur en ammoniak.
- *Productieresultaten.* Het oliefilmsysteem heeft geen invloed op de technische resultaten.
- *Dierwelzijnsparameters.* Het aanbrengen van een oliefilm, zoals toegepast in deze studie, had geen effect op het aantal en de ernst van borstbevuilingen, borstirritaties, dijkcrassen, brandhakken en voetzoollaesies. Ten opzichte van de voorgaande studie lijken de negatieve effecten van het aanbrengen van een oliefilm op het aantal en de ernst van voetzoollaesies vrijwel geheel gereduceerd.
- *Strooiselkwaliteit.* Het aanbrengen van een oliefilm leidt tot minder rul strooisel en het strooisel lijkt visueel vochtiger, echter drogestofgehalten in het lab lieten geen verschillen zien.
- *Reinigbaarheid afdelingen.* Het schoonmaken van een stal waarin olie is aangebracht - volgens de in deze studie geteste doseringen en frequenties - kostte ongeveer een kwart meer tijd ten opzichte van een stal waarin geen olie is aangebracht. Dit is een verbetering ten opzichte van de voorgaande studie waarbij het schoonmaken van een stal waarin olie werd aangebracht tweemaal zoveel tijd kostte.

## 6 Aanbevelingen

Op basis van dit onderzoek worden de volgende aanbevelingen gedaan.

- Het systeem zoals uitgetest in deze studie zal in praktijkstallen moeten worden geïnstalleerd om de resultaten van deze pilotstudies onder praktijkomstandigheden te valideren.
- Geadviseerd wordt om dagelijks een oliefilm aan te brengen in een dosering tussen 8 en 15 ml/m<sup>2</sup>.

## Literatuur

- Aarnink, A. J. A., P. F. M. M. Roelofs, H. Ellen, H. Gunnink. 1999. Dust sources in animal houses. In: Proceedings Int. Symp. on Dust Control in Animal Production Facilities, 30 May - 2 June, Aarhus, Denmark. p 34-40.
- Aarnink, A.J.A., K.W. van der Hoek. 2004. Opties voor reductie van fijnstof emissie uit de veehouderij. Rapport 289 van Agrotechnology & Food Innovations van Wageningen UR en het Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu. 32 p.
- Aarnink, A.J.A., J. van Harn, T.G. van Hattum, Y. Zhao, J.W. Snoek, I. Vermeij and J. Mosquera. 2008. Reductie stofemissie bij vleeskuikens door aanbrengen oliefilm. Rapport 154, Animal Sciences Group, Wageningen University and Research Centre. 42 p.
- Al Homidan, A., J.F. Robertson, A.M. Petchey. 2003. Review of the effect of ammonia and dust concentrations on broiler performance. *Worlds Poultry Science Journal* 59(3), 340-349.
- Berg, C. 1998. Footpad dermatitis in broilers and turkeys - prevalence, risk factors and prevention. Doctoral thesis, Swedish University of Agricultural Sciences, Uppsala. ISBN 9157654425.
- Bongers, P., D. Houthuijs, B. Remijn, R. Brouwer, K. Biersteker. 1987. Lung function and respiratory symptoms in pig farmers. *British Journal of Industrial Medicine* 44: 819-823.
- Buringh, E., A. Opperhuizen (editors). 2002. On health risks of ambient PM in the Netherlands. National Institute for Public Health and the Environment (RIVM). Report 650010032. 380 p.
- Collins, M. and B. Algers. (1986). Effects of stable dust on farm animals - a review. *Veterinary Research Communications* 10(6), 415-428.
- Chardon, W. J., K. W. Van der Hoek. 2002. Berekeningsmethode voor de emissie van fijnstof vanuit de landbouw. Alterra en het Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu. Alterra rapport 682, RIVM rapport 773004014. 35 p.
- Ellen, H., A. Aarnink. 2006. Denen verlagen stofemissie in stal met vernevelde olie. V-focus, april 2006. p. 44-45.
- Genstat Committee. 2003. Genstat users guide, 7th edition. VSN International Ltd, Hemel Hempstead, UK.
- Groot Koerkamp, P. W. G., A. Keen, T.G.C.M. Van Niekerk, S. Smit. 1995. The effect of manure and litter handling and indoor climatic conditions on ammonia emissions from a battery cage and an aviary housing system for laying hens. *Neth. J. Agric. Sci.* 43: 351-373.
- Hofschreuder, P., N.W.M. Ogink, A. J. A. Aarnink. 2008. Measurement protocol for emissions of fine dust from animal housings. Considerations and draft protocol. Animal Sciences Group. Report in press.
- Lemay, S.P., L. Chenard, E.M. Barber, R. Fengler. 2000. Optimization of a sprinkling system using undiluted canola oil for dust control in pig buildings. In: Proceedings on the 2nd International Conference on Air Pollution from Agricultural Operations., Des Moines, Iowa. p 337-344.
- Mosquera, J., P. P. Hofschreuder, J.W. Erisman, E. Mulder, C.E. van 't Klooster, N. Ogink, D. Swierstra, N. Verdoes. 2002b. Meetmethode gasvormige emissies uit de veehouderij. IMAG rapport 2002-12.
- NEN-EN 12341. 1998. Luchtkwaliteit - bepaling van de PM10 fractie van zwevend stof - referentiemethode en veldonderzoek om de referentiegelijkwaardigheid aan te tonen van meetmethoden. Nederlands Normalisatie-instituut, Delft.
- NEN-EN 14907. 2005. Ambient air quality - standard gravimetric measurement method for the determination of the PM2.5 mass fraction of suspended particulate matter. Nederlands Normalisatie-instituut, Delft.
- Ogink, N., A.J.A. Aarnink. 2009. Plan van aanpak bedrijfsoplossingen voor fijnstofreductie in de pluimveehouderij. Rapport 113, Animal Sciences Group, Wageningen Universiteit en Researchcentrum. 24 p.
- Radon, K., C. Weber, M. Iversen, B. Danuser, S. Pedersen, D. Nowak. 2001. Exposure assessment and lung function in pig and poultry farmers. *Occupational and Environmental Medicine* 58(6), 405-410.
- Rylander, R., M.F. Carvalho. 2006. Airways inflammation among workers in poultry houses. *Int Arch Occup Environ Health* (2006) 79: 487-490.
- Takai, H., F. Möller, M. Iversen, S.E. Jorsal, V. Bille-Hansen. 1995. Dust control in pig houses by spraying rapeseed oil. *Transactions of the ASAE* Vol. 38(5): 1513-1518.
- 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. Schröder, 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.
- Takai, H. 2007. Factors influencing dust reduction efficiency of spraying of oil-water mixtures in pig buildings. In: DustConf 2007, How to improve air quality. International Conference, 23-24 April, Maastricht, The Netherlands. <http://www.dustconf.org/client/dustconf/upload/S6/Takai%20DK%20pap.pdf>
- Van Ouwerkerk, E.N.J. 1993. Meetmethoden NH<sub>3</sub>-emissie uit stallen. Onderzoek inzake de mest- en ammoniakproblematiek in de veehouderij 16. DLO, Wageningen, pp. 178.

Zuskin, E., J. Mustajbegovic, E.N. Schachter, J. Kern, N. Rienzi, S. Goswami, Z. Marom, S. Maayani. 1995. Respiratory function in poultry workers and pharmacologic characterization of poultry dust extract. *Environmental Research* 70, 11-19.

## Bijlagen

### Bijlage 1 Definities van begrippen gebruikt in dit rapport

Arbo	Arbeidsomstandigheden
Chemiluminescentie	Is het verschijnsel dat bij een chemische reactie energie vrijkomt in de vorm van licht (luminescentie). De lichthoeveelheid (fotonen) die vrijkomen is een maat voor de concentratie van een bepaalde verbinding, in dit onderzoek van NO.
Combiwasser	Wasser die de uitgaande stallucht zuivert ten aanzien van ammoniak, geur en fijnstof
Converter	Een apparaat dat ammoniak met behulp van een katalysator (molybdeen) onder een hoge temperatuur (775 °C) omzet in NO
Emulgator	Stof die een homogene menging van twee of meer onmengbare fasen in een diervoeder mogelijk maakt of in stand houdt
Endotoxine	Celwandbestanddelen van gram-negatieve bacteriën
Fijnstof	Fijnstof is stof dat voor het merendeel bestaat uit deeltjes met een aërodynamische diameter kleiner dan 10 µm. Dit stof wordt aangeduid als PM10. De aërodynamische diameter van een deeltje is de diameter van een bolvormig deeltje met een dichtheid van 1 kg/dm <sup>3</sup> dat dezelfde valsnelheid heeft als het betreffende deeltje.
Ketsplaat	Een klein plaatje in de nozzle waar de vloeistof onder druk tegen aan wordt geblazen om een mooi horizontaal sproeibeeld te verkrijgen
Nominale waarde	Ingestelde waarde; in dit onderzoek is dit de ingestelde luchtstroom door de stofmeetkop
Nozzle	Sproeidop voor het vernevelen van een vloeistof; in dit onderzoek voor vernevelen van koolzaadolie
Oliefilm	Een zeer dun laagje olie; in dit onderzoek aangebracht over het strooisel; de aangebrachte laagdikte per dag varieerde in dit onderzoek van ca. 0,01 – 0,03 mm.
PM10	PM = particulate matter; PM10 is gelijk aan fijnstof (zie fijnstof)
PM2,5	PM = particulate matter; PM2,5 is stof dat voor het merendeel bestaat uit deeltjes met een aërodynamische diameter kleiner dan 2.5 µm (zie ook fijnstof).
Productiegetal	Het productiegetal is een maatstaf voor de productieresultaten van het bedrijf. Het productiegetal is als volgt berekend: Productiegetal = ((100 – uitvalspercentage) x daggroei in grammen) / (voerconversie x 10)
Welzijnsscore	Deze wordt volledig bepaald door de voetscores en als volgt berekend: (((n dieren met score 0 * 0) + (n dieren met score 1 * 0,5) + (n dieren met score 2 * 2)) / totaal aantal dieren * 100)

## Bijlage 2 Visuele beoordeling strooiselkwaliteit en monsternamen strooisel voor bepaling drogestofgehalte

### A. Visuele beoordeling strooiselkwaliteit

Een panel van 3-4 personen beoordeelt visueel de mate van rulheid en de vochtigheid van het strooisel. Waarderingschaal: 1 – 10 (1= zeer slecht en 10 = uitmuntend). In de onderstaande tabellen staat voor rulheid en vochtigheid de waardering met de bijhorende beeld van het strooisel. Noteer de beoordelingen op het invulformulier Visuele strooiselbeoordeling

Visuele rulheid	
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

Visuele vochtigheid	
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	Rel. droog strooisel, strooisel vrij donker van kleur, kleine 'rugvorming' onder drinklijn. Strooisel tussen drinklijn en voer lijn nog rul.
7	Rel. droog strooisel, onder drinklijn vrij donker van kleur, de rest licht/donker van kleur, beginnende 'rugvorming' onder drinklijn
8	Rel. droog strooisel, licht donker van kleur, nog geen 'rugvorming' onder drinklijn
9	Droog strooisel, licht van kleur
10	Zeer droog strooisel (wordt alleen gesignaleerd bij opzet)

*B. Bemonsteringswijze strooisel voor bepaling drogestofgehalte*

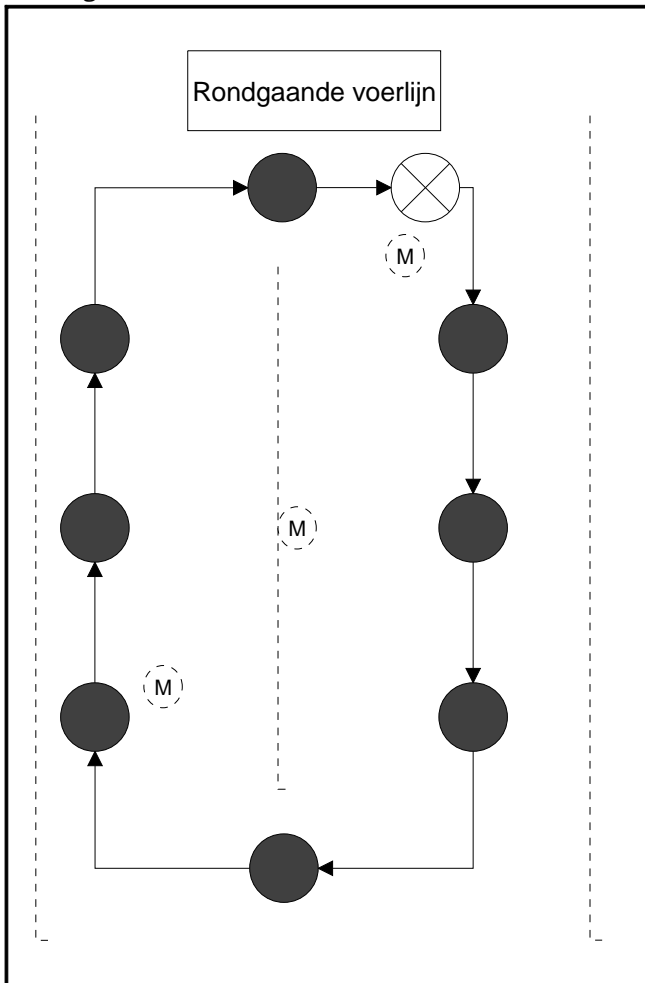
Neem per subafdeling op drie plaatsen een monster van mest/strooisel. De plaats van bemonsteren is afhankelijk van het voersysteem.

Neem bij een rondgaand voercircuit drie monsters langs een diagonaal, beginnende bij de voerhopper; bij de voerlijn c.q. -pan, bij/onder drinklijn en tussen de voerlijn en drinklijn (tekening 1).

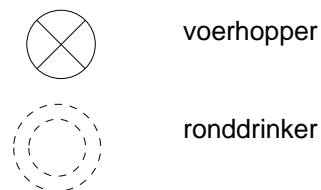
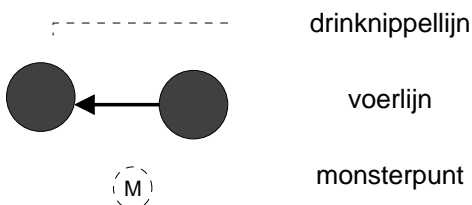
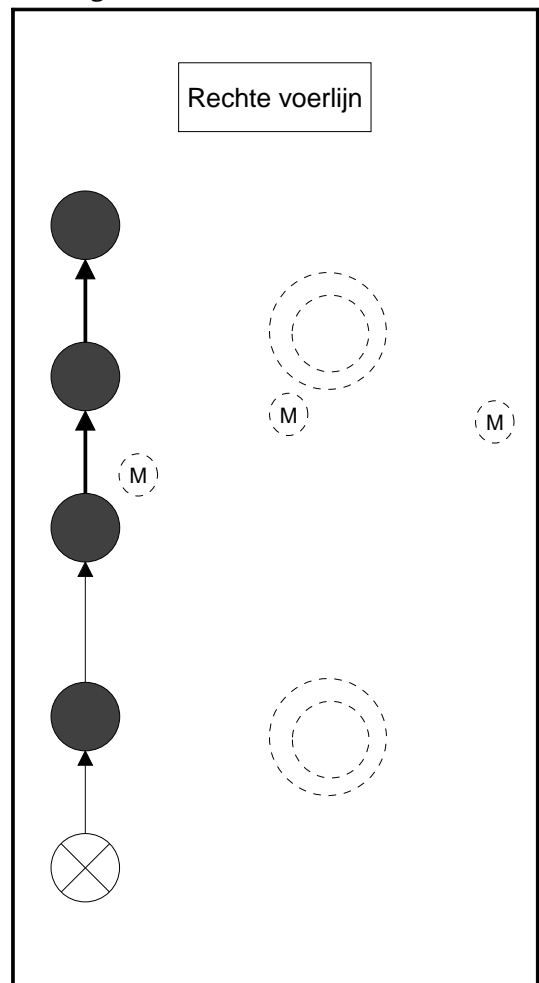
Neem bij een rechte voerlijn drie monsters t.w.: bij de voerlijn; bij de drinker; bij afscheiding met andere subafdeling (tekening 2).

Neem de monsters met een zogenaamde mestboor of maak de mest eerst los met een greep en neem daarna met de hand een monster. Verzamel de monsters per (sub)afdeling in een emmer, plastic zak of RVS bakje.

Tekening 1



Tekening 2





### Bijlage 3 Scoringsmethodiek voetzoollaesies

*Foot-pad dermatitis in broilers – a photo guide to foot health classification*

C. Berg  
Department of Animal Environment and health  
POB 234  
SE- 532 23 Skara  
Sweden

#### Foot- pad dermatitis on the central foot-pad



#### Classification of FPD

- 0: No lesion: no or very small and superficial lesions, slight discoloration on a limited area, mild hyperkeratosis
- 1: Mild lesion: discoloration of the foot pad, superficial lesion, dark papillae
- 2: Severe lesion: ulcers or scabs, signs of haemorrhages or swollen foot pad



Class 0 – Good



Class 1 – Mild lesion



Class 2 – Severe lesion



Class 2 – Severe lesion



Class 0 – smooth, no lesions



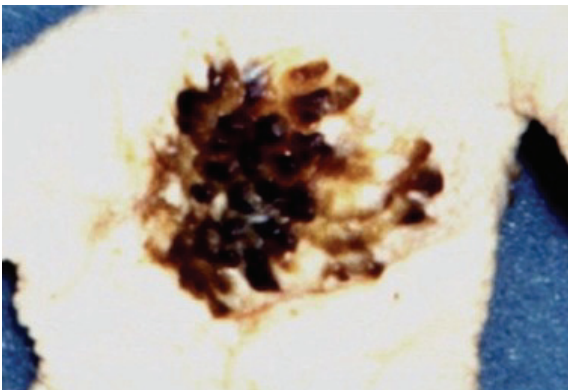
Class 0 – minor discoloration



Class 1 – discoloured papillae, no ulcer



Class 1 – larger discoloration, superficial



Class 2 – ulcer with scab



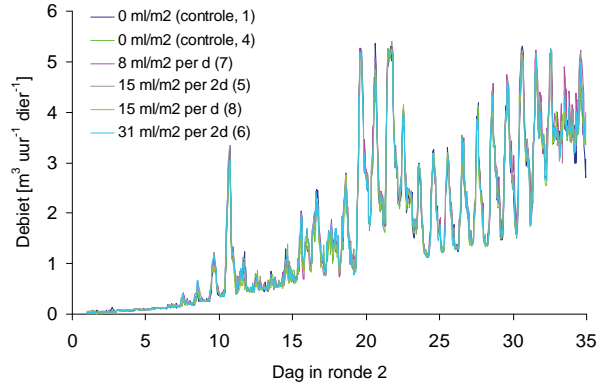
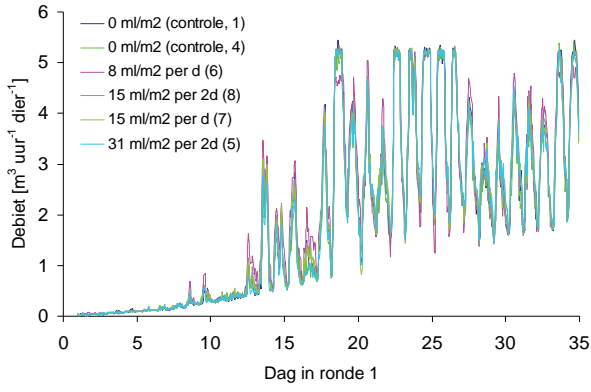
Class 2 – bumble foot, very swollen

### Bijlage 4 Ventilatie-debiet in de verschillende afdelingen en ronden

Ronde 1

Ronde 2

Debiet [ $\text{m}^3 \text{uur}^{-1} \text{dier}^{-1}$ ]

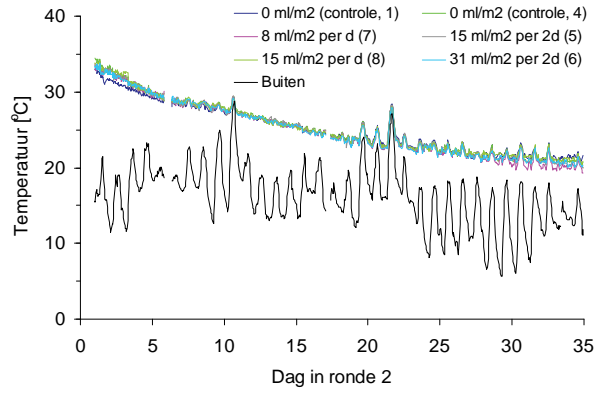
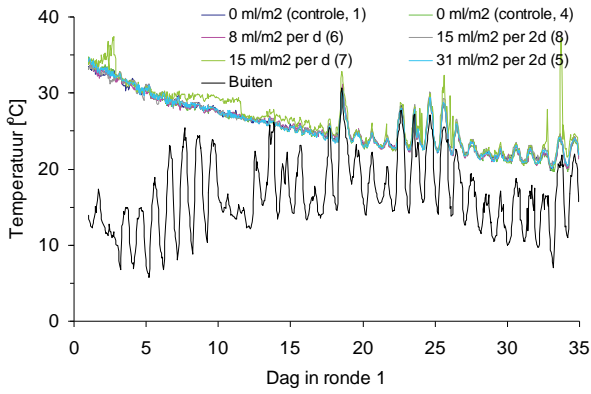


**Bijlage 5 Temperatuur en RV in de verschillende afdelingen en rondes**

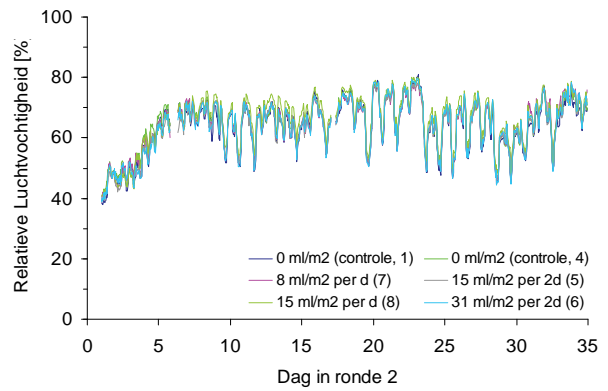
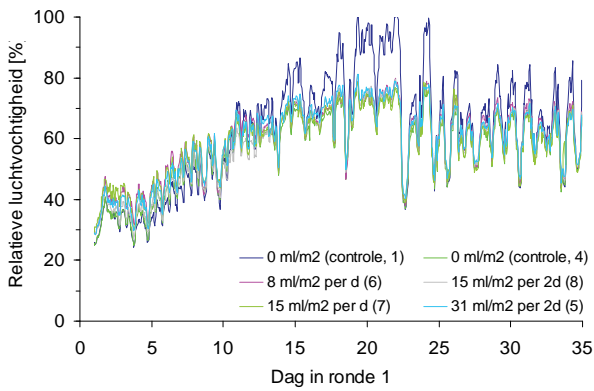
Ronde 1

Ronde 2

*A. Temperatuur [°C]*



*B. Relatieve luchtvochtigheid [%]*

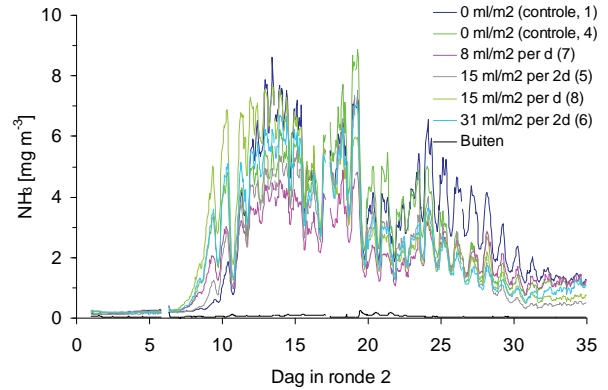
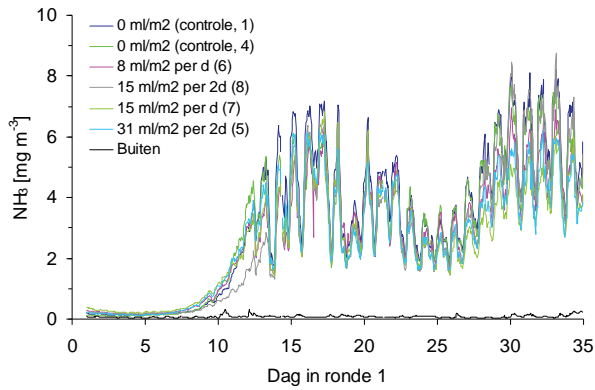


**Bijlage 6 Verloop van de ammoniakconcentratie en -emissie in de verschillende afdelingen en ronden**

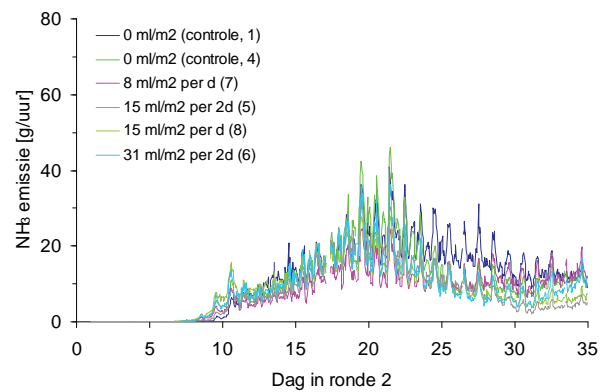
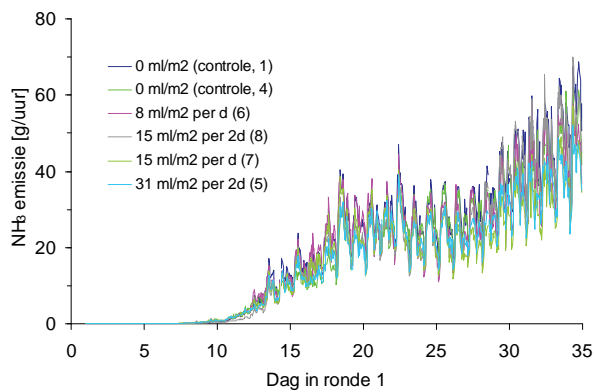
Ronde 1

Ronde 2

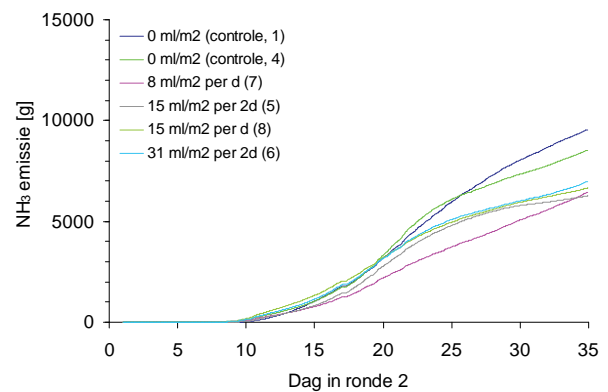
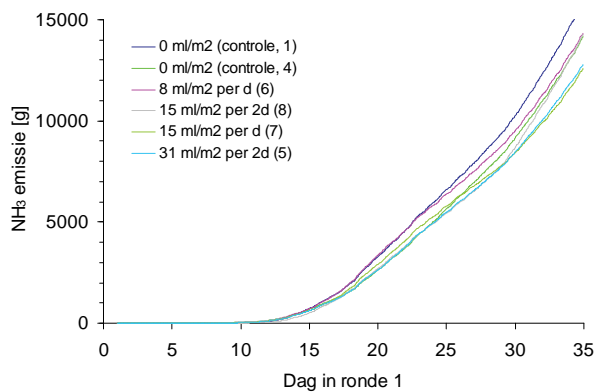
A.  $NH_3$  concentraties [ $mg\ m^{-3}$ ]



B.  $NH_3$  emissies [ $g/uur$ ]



C. Cumulatieve  $NH_3$  emissies [ $g$ ]





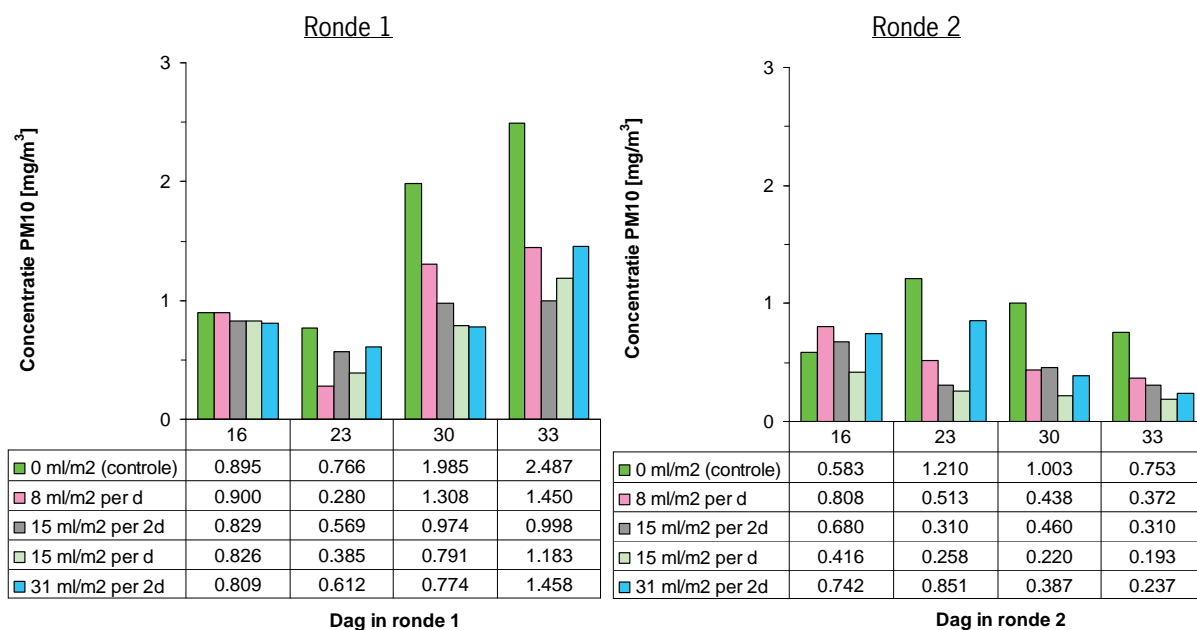
**Bijlage 7 Gemiddelden per behandeling voor ventilatie, NH<sub>3</sub> concentratie en –emissie, relatieve luchtvochtigheid en temperatuur in ronde 1**

Ronde 1	Buiten	Controle (1)	Controle (4)	8 ml/m <sup>2</sup> per dag (6)	15 ml/m <sup>2</sup> per 2 d (8)	15 ml/m <sup>2</sup> per dag (7)	31 ml/m <sup>2</sup> per 2 d (5)
Totaal ventilatie (m <sup>3</sup> /uur)		5092	4945	5396	5160	5187	5124
Totaal ventilatie (m <sup>3</sup> /uur per dier)		1,90	1,85	2,02	1,93	1,94	1,91
NH <sub>3</sub> concentratie (mg/m <sup>3</sup> )	0,12	4,49	4,13	3,79	3,86	3,58	3,72
NH <sub>3</sub> concentratie (ppm)	0,16	6,32	5,82	5,34	5,43	5,04	5,24
NH <sub>3</sub> emissie (g/uur)		19,69	17,44	17,64	17,56	15,48	15,74
NH <sub>3</sub> emissie (kg)		15,99	14,16	14,33	14,26	12,57	12,78
NH <sub>3</sub> emissie (g/kuiken per jaar)		52,24	46,27	46,82	46,60	41,09	41,76
Relatieve luchtvochtigheid (%)		61,98	56,73	59,39	57,72	58,44	59,32
Temperatuur (°C)		25,78	25,63	25,70	25,87	26,52	25,73

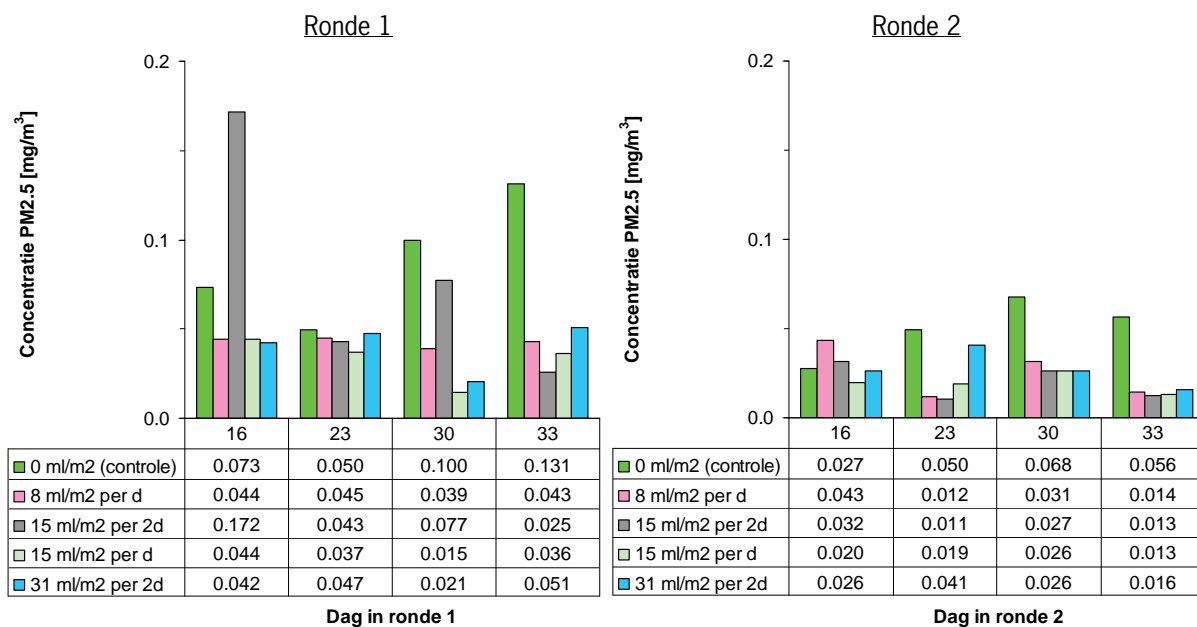
**Bijlage 8 Gemiddelden per behandeling voor ventilatie, NH<sub>3</sub> concentratie en –emissie, relatieve luchtvochtigheid en temperatuur in ronde 2**

Ronde 2	Buiten	Controle (1)	Controle (4)	8 ml/m <sup>2</sup> per dag (7)	15 ml/m <sup>2</sup> per 2 d (5)	15 ml/m <sup>2</sup> per dag (8)	31 ml/m <sup>2</sup> per 2 d (6)
Totaal ventilatie (m <sup>3</sup> /uur)		4408	4410	4615	4518	4343	4469
Totaal ventilatie (m <sup>3</sup> /uur per dier)		1,65	1,65	1,73	1,69	1,62	1,67
NH <sub>3</sub> concentratie (mg/m <sup>3</sup> )	0,08	3,86	3,59	2,59	2,74	3,46	3,16
NH <sub>3</sub> concentratie (ppm)	0,12	5,44	5,05	3,65	3,85	4,87	4,45
NH <sub>3</sub> emissie (g/uur)		11,86	10,60	8,02	7,78	8,27	8,68
NH <sub>3</sub> emissie (kg)		9,55	8,54	6,45	6,27	6,66	6,99
NH <sub>3</sub> emissie (g/kuiken per jaar)		31,51	28,16	21,29	20,67	21,96	23,05
Relatieve luchtvochtigheid (%)		63,60	64,73	64,27	63,92	65,92	64,00
Temperatuur (°C)		25,11	25,25	24,94	25,11	25,24	25,02

**Bijlage 9 Concentraties en emissies van PM10 en PM2,5 in de verschillende afdelingen en ronden**

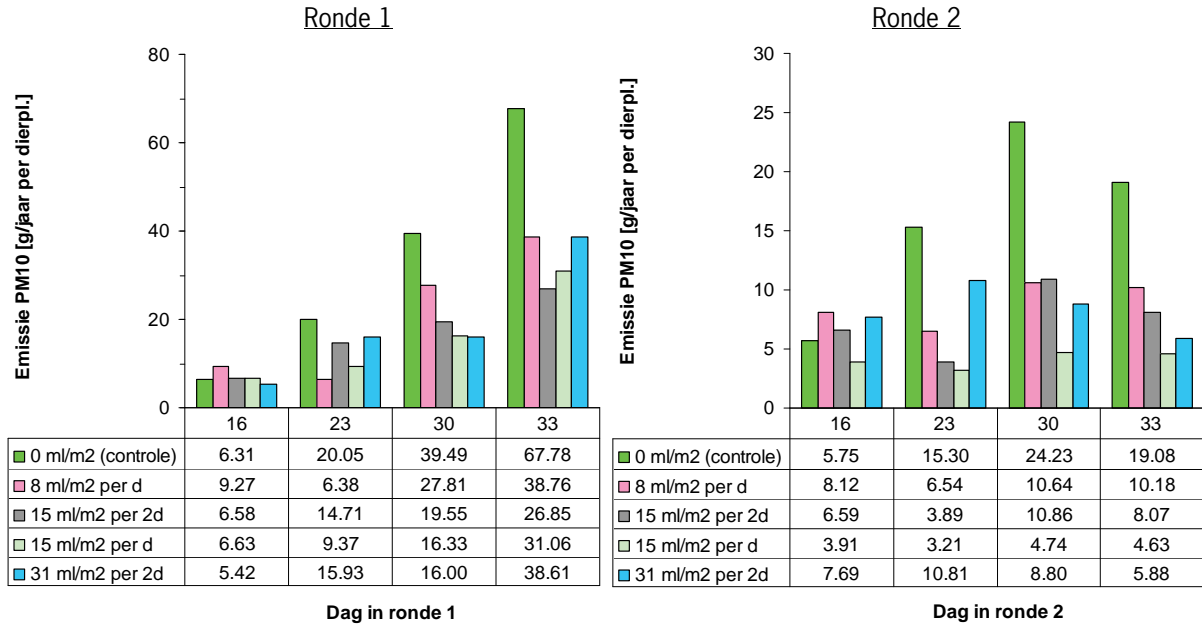


A. Effect van het met verschillende dosering en frequentie aanbrengen van een oliefilm op de PM10 concentraties tijdens ronde 1 (links) en ronde 2 (rechts), op dag 16, 23, 30 en 33

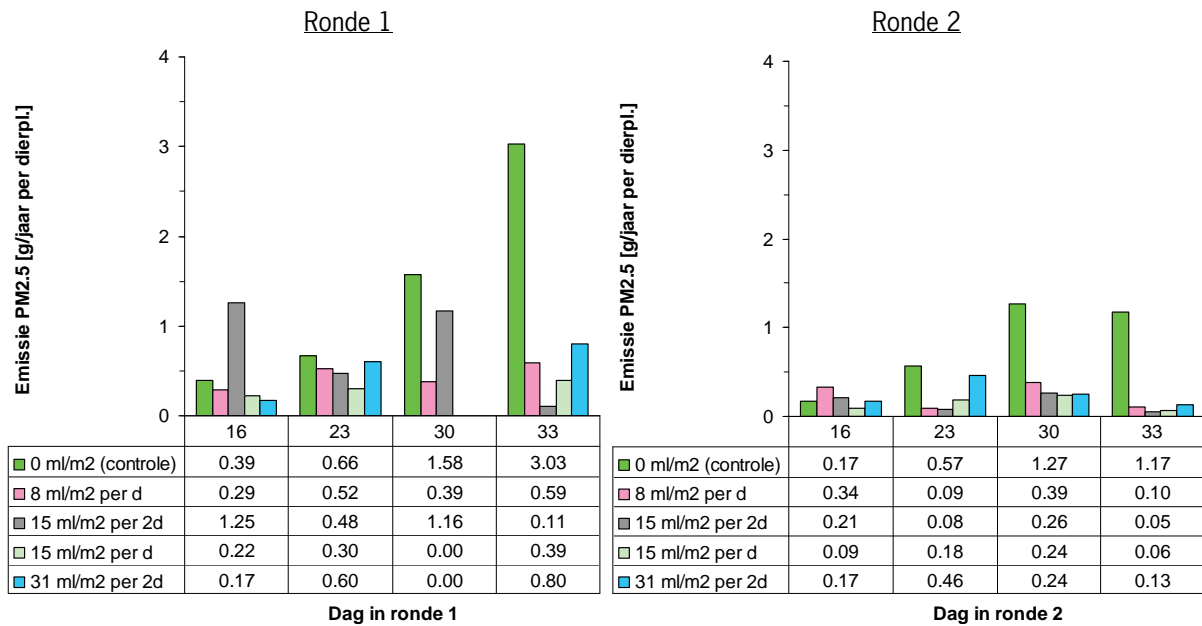


B. Effect van het met verschillende dosering en frequentie aanbrengen van een oliefilm op de PM2,5 concentraties tijdens ronde 1 (links) en ronde 2 (rechts), op dag 16, 23, 30 en 33



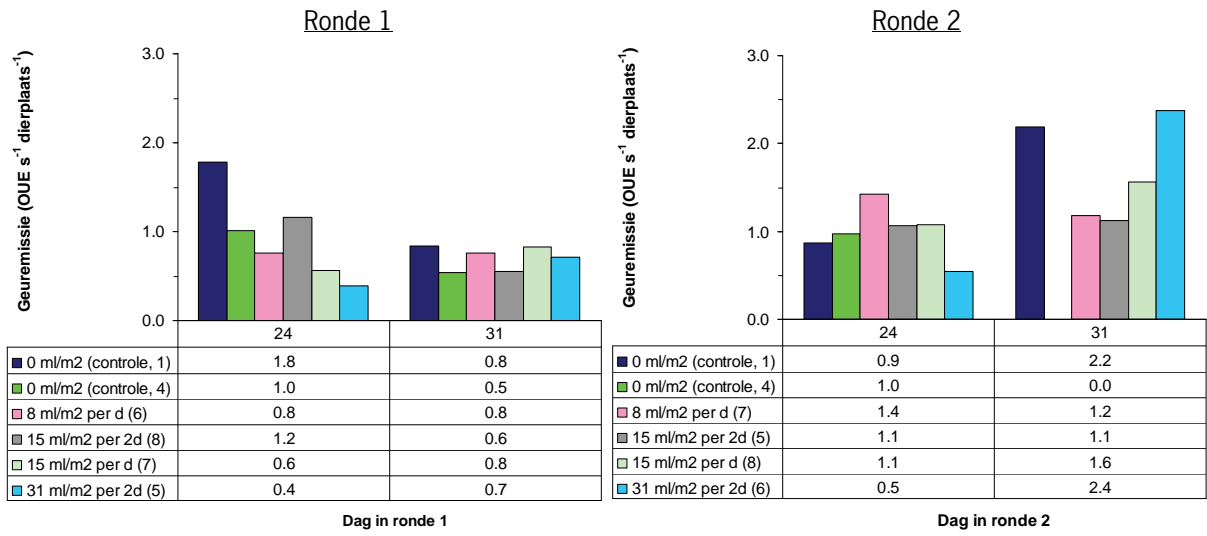


C. Effect van het met verschillende dosering en frequentie aanbrengen van een oliefilm op de PM10 emissies tijdens ronde 1 (links) en ronde 2 (rechts) in g/jaar per dierplaats, op dag 16, 23, 30 en 33

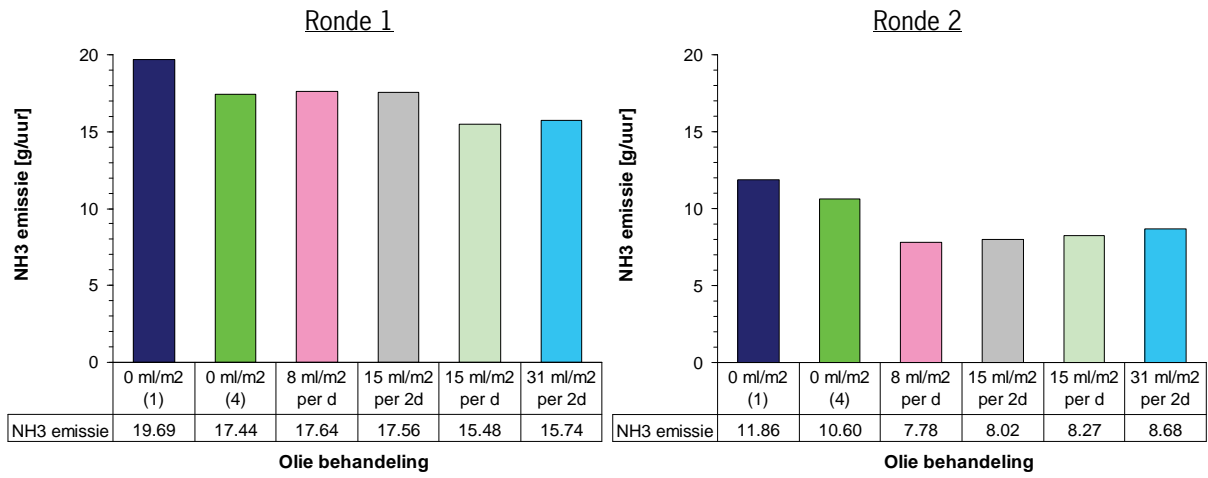


D. Effect van het met verschillende dosering en frequentie aanbrengen van een oliefilm op de PM2,5 emissies tijdens ronde 1 (links) en ronde 2 (rechts) in g/jaar per dierplaats, op dag 16, 23, 30 en 33

**Bijlage 10 Emissie van geur in de verschillende afdelingen en ronden**



**Bijlage 11 De gemiddelde emissie van ammoniakin de verschillende afdelingen en ronden**



**Bijlage 12 Productieresultaten per behandeling in de eerste ronde**

*A. Technische resultaten van 0 – 21 dagen*

	Afdeling 1+4	Afdeling 6	Afdeling 8	Afdeling 7	Afdeling 5
	Controle (0 ml/m <sup>2</sup> )	8 ml/m <sup>2</sup> per dag	15 ml/m <sup>2</sup> per 2 dagen	15 ml/m <sup>2</sup> per dag	31 ml/m <sup>2</sup> per 2 dagen
Begingewicht (g)	45	45	45	45	45
Gewicht (g)	933	946	948	907	922
Groei (g)	888	901	903	862	877
Groei (g/d/d)	42.3	42.9	43.0	41.1	41.8
Uitval (%)	2.3	2.0	2.2	1.8	2.5
Voerconversie	1.382	1.364	1.377	1.390	1.385
Voer (g)	1227	1229	1244	1199	1214
Voer (g/d/d)	58.4	58.5	59.2	57.1	57.8
Water (ml/d/d)	103.1	104.0	103.5	101.1	103.0
Water/voer	1.77	1.78	1.75	1.77	1.78
VC prakt	1.33	1.31	1.33	1.33	1.33

*B. Technische resultaten van 22 – 35 dagen*

	Afdeling 1+4	Afdeling 6	Afdeling 8	Afdeling 7	Afdeling 5
	Controle (0 ml/m <sup>2</sup> )	8 ml/m <sup>2</sup> per dag	15 ml/m <sup>2</sup> per 2 dagen	15 ml/m <sup>2</sup> per dag	31 ml/m <sup>2</sup> per 2 dagen
Gewicht (g)	2056	2054	2067	2032	2037
Groei (g)	1123	1108	1118	1125	1115
Groei (g/d/d)	80.2	79.1	79.9	80.3	79.7
Uitval (%)	1.0	1.2	1.6	1.3	0.9
Voerconversie	1.830	1.866	1.865	1.805	1.820
Voer (g)	2054	2067	2086	2031	2030
Voer (g/d/d)	146.7	147.7	149.0	145.0	145.0
Water (ml/d/d)	246.5	251.7	248.6	244.4	244.0
Water/voer	1.68	1.70	1.67	1.68	1.68

*C. Technische resultaten van 0 – 35 dagen*

	Afdeling 1+4	Afdeling 6	Afdeling 8	Afdeling 7	Afdeling 5
	Controle (0 ml/m <sup>2</sup> )	8 ml/m <sup>2</sup> per dag	15 ml/m <sup>2</sup> per 2 dagen	15 ml/m <sup>2</sup> per dag	31 ml/m <sup>2</sup> per 2 dagen
Begingewicht (g)	45	45	45	45	45
Gewicht (g)	2056	2054	2067	2032	2037
Groei (g)	2011	2009	2022	1987	1992
Groei (g/d/d)	57.5	57.4	57.8	56.8	56.9
Uitval (%)	3.3	3.1	3.8	3.2	3.4
Voerconversie	1.632	1.641	1.647	1.625	1.629
Voer (g)	3280	3296	3329	3229	3244
Voer (g/d/d)	93.7	94.2	95.1	92.3	92.7
Water (ml/d/d)	159.9	162.5	160.9	157.8	158.9
Water/voer	1.71	1.73	1.69	1.71	1.71
VC prakt	1.61	1.63	1.64	1.61	1.61
Productiegetal	340	339	337	338	337

**Bijlage 13 Productieresultaten per behandeling in de tweede ronde**

*A. Technische resultaten van 0 – 21 dagen*

	Afdeling 1+4	Afdeling 7	Afdeling 5	Afdeling 8	Afdeling 6
	Controle (0 ml/m <sup>2</sup> )	8 ml/m <sup>2</sup> per dag	15 ml/m <sup>2</sup> per 2 dagen	15 ml/m <sup>2</sup> per dag	31 ml/m <sup>2</sup> per 2 dagen
Begingewicht (g)	42	42	42	42	42
Gewicht (g)	945	900	906	899	898
Groei (g)	903	858	864	857	856
Groei (g/d/d)	43.0	40.9	41.1	40.8	40.8
Uitval (%)	1.9	1.6	1.5	1.8	1.5
Voerconversie	1.370	1.373	1.373	1.372	1.397
Voer (g)	1236	1178	1186	1175	1195
Voer (g/d/d)	58.8	56.1	56.5	56.0	56.9
Water (ml/d/d)	103.0	100.0	100.0	99.8	101.8
Water/voer	1.75	1.78	1.77	1.78	1.79
VC prakt	1.32	1.32	1.32	1.32	1.34

*B. Technische resultaten van 22 – 35 dagen*

	Afdeling 1+4	Afdeling 7	Afdeling 5	Afdeling 8	Afdeling 6
	Controle (0 ml/m <sup>2</sup> )	8 ml/m <sup>2</sup> per dag	15 ml/m <sup>2</sup> per 2 dagen	15 ml/m <sup>2</sup> per dag	31 ml/m <sup>2</sup> per 2 dagen
Gewicht (g)	2018	1997	1977	1999	2005
Groei (g)	1074	1097	1071	1100	1107
Groei (g/d/d)	76.7	78.4	76.5	78.6	79.1
Uitval (%)	0.3	0.4	0.3	0.6	0.7
Voerconversie	1.859	1.819	1.877	1.837	1.823
Voer (g)	1995	1996	2010	2022	2018
Voer (g/d/d)	142.6	142.6	143.6	144.4	144.2
Water (ml/d/d)	254.0	246.2	257.0	256.3	259.5
Water/voer	1.78	1.73	1.79	1.77	1.80

*C. Technische resultaten van 0 – 35 dagen*

	Afdeling 1+4	Afdeling 7	Afdeling 5	Afdeling 8	Afdeling 6
	Controle (0 ml/m <sup>2</sup> )	8 ml/m <sup>2</sup> per dag	15 ml/m <sup>2</sup> per 2 dagen	15 ml/m <sup>2</sup> per dag	31 ml/m <sup>2</sup> per 2 dagen
Begingewicht (g)	42	42	42	42	42
Gewicht (g)	2018	1997	1977	1999	2005
Groei (g)	1976	1955	1935	1957	1963
Groei (g/d/d)	56.5	55.9	55.3	55.9	56.1
Uitval (%)	2.2	2.0	1.8	2.4	2.2
Voerconversie	1.635	1.623	1.652	1.633	1.637
Voer (g)	3231	3174	3196	3197	3214
Voer (g/d/d)	92.3	90.7	91.3	91.3	91.8
Water (ml/d/d)	163.0	158.2	162.5	162.0	164.4
Water/voer	1.77	1.74	1.78	1.77	1.79
VC prakt	1.61	1.60	1.63	1.61	1.62
Productiegetal	338	338	329	334	335