

Wageningen UR Livestock Research

Partner in livestock innovations



Rapport 286

Maatregelen ter vermindering van
fijnstofemissie uit de pluimveehouderij:
ontwikkeling van een oliefilmsysteem voor
legghennen in volièrehuisvesting

November 2009



LIVESTOCK RESEARCH
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

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

Redactie

Communication Services

Copyright

© Wageningen UR Livestock Research, onderdeel van Stichting Dienst Landbouwkundig Onderzoek, 2010

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

Aansprakelijkheid

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

Wageningen UR Livestock Research en Central Veterinary Institute, beiden onderdeel van Stichting Dienst Landbouwkundig Onderzoek vormen samen met het Departement Dierwetenschappen van Wageningen University de Animal Sciences Group van Wageningen UR (University & Research centre).

Losse nummers zijn te verkrijgen via de website.



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

Abstract

In phase one of this study an oil spraying system was developed for layers in aviary housing. In phase two the effect of the system on emissions of fine dust was determined. Emissions of PM10 and PM2,5 from the Big Dutchman aviary system were reduced by 18 and 65% respectively. No reductions were found for the Meller aviary. No effect was found on personal dust exposure or egg production. In the oil film rooms higher mortality was found. Further research is needed to clarify this.

Keywords

Fine dust, emission, poultry, layers, aviary housing, oil spraying system

Referaat

ISSN 1570 - 8616

Auteurs

A. Winkel
T.G. van Hattum
A.J.A. Aarnink

Titel

Maatregelen ter vermindering van fijnstofemissie uit de pluimveehouderij: ontwikkeling van een oliefilmsysteem voor leghennen in volièrehuisvesting
Rapport 286

Samenvatting

In fase één van dit onderzoek werd een oliefilmsysteem ontwikkeld voor leghennen in volièrehuisvesting. In fase twee werd het effect van het oliefilmsysteem op fijnstofemissies onderzocht. De emissies van PM10 en PM2,5 uit het Big Dutchman volièresysteem werden met respectievelijk 18 en 65% gereduceerd. Voor het Meller volièresysteem werd geen reductie gevonden. De persoonlijke stofbelasting en eiproductie werden niet beïnvloed. De uitval was hoger in de oliefilmafdelingen; verder onderzoek is nodig om een oorzakelijk verband vast te stellen.

Trefwoorden

Fijnstof, emissie, pluimvee, leghennen, volièrehuisvesting, oliefilmsysteem



Rapport 286

Maatregelen ter vermindering van
fijnstofemissie uit de pluimveehouderij:
ontwikkeling van een oliefilmsysteem voor
leghennen in volièrehuisvesting

Measures to reduce fine dust emission from
poultry houses: development of an oil
spraying system for layers in aviary housing

A. Winkel
T.G. van Hattum
A.J.A. Aarnink

November 2009

Voorwoord

Om te kunnen voldoen aan Europese normen voor de maximale concentraties van fijnstof in de buitenlucht, dienen in Nederland maatregelen te worden doorgevoerd die de emissie uit belangrijke bronnen terugdringen. Pluimveestallen dragen in belangrijke mate bij aan de emissie van fijnstof in Nederland. Voor deze stallen zijn echter nog weinig reductietechnieken beschikbaar. Wageningen UR Livestock Research werkt binnen een plan van aanpak aan maatregelen en technieken die de fijnstofemissie uit pluimveestallen substantieel reduceren.

Een van deze technieken is het aanbrengen van een oliefilm op het strooisel. In dit onderzoek werd een oliefilmsysteem ontwikkeld voor toepassing in leghennenstallen met volièrehuisvesting. Vervolgens werd het systeem onderzocht op het vermogen om de emissie van fijnstof uit deze stallen te reduceren. Het onderzoek werd uitgevoerd in leghennenstal P4 van praktijkcentrum Het Spelderholt te Lelystad.

Onze dank gaat uit naar de firma's InterContinental en Van Ass CV Service voor hun bijdrage aan het ontwikkelen en optimaliseren van het oliefilmsysteem. De collega's van praktijkcentrum Het Spelderholt worden bedankt voor hun inzet en zorgvuldigheid bij het verzorgen van de dieren en het uitvoeren van het experiment. Dank is ook verschuldigd aan de begeleidingscommissie voor het begeleiden van het onderzoek. De inzet van alle betrokkenen is zeer gewaardeerd.

Dr. ir. N.W.M. Ogink
Coördinator programma 'Maatregelen ter vermindering van fijnstofemissie uit de pluimveehouderij'
Wageningen UR Livestock Research

Samenvatting

Om aan Europese normen t.a.v. maximale concentraties van fijnstof in de buitenlucht te kunnen voldoen, dienen in Nederland maatregelen te worden doorgevoerd die de emissie uit belangrijke bronnen terugdringen. Pluimveestallen vormen een belangrijke bron van fijnstof. Wageningen UR Livestock Research werkt binnen een plan van aanpak aan maatregelen en technieken die de fijnstofemissie uit pluimveestallen substantieel reduceren. Een van deze technieken is het aanbrengen van een oliefilm op het strooisel bij leghennen in volièrehuisvesting.

In de eerste fase van dit onderzoek werd een oliefilmsysteem met vaste olieleidingen en nozzles ontwikkeld, geïnstalleerd en geoptimaliseerd. In de tweede fase werd het potentieel onderzocht van het oliefilmsysteem om de fijnstofemissie uit leghennenstallen met volièrehuisvesting te reduceren. Daarnaast werd het algemeen functioneren van het systeem beoordeeld en werden de effecten bepaald op de persoonlijke blootstelling aan PM10 stof en de technische resultaten van de dieren.

Het onderzoek werd uitgevoerd in vier afdelingen van leghennenstal P4 van praktijkcentrum Het Spelderholt te Lelystad. Twee van deze afdelingen waren uitgerust met het Natura Nova volièresysteem van Big Dutchman, de andere twee met het BLA volièresysteem van Meller. Van de twee afdelingen met hetzelfde type volièresysteem diende één afdeling als controle terwijl in de andere het oliefilmsysteem werd geïnstalleerd. In alle afdelingen werden leghennen gehuisvest van het merk Hy-Line Silver. De proefperiode bedroeg 31 dagen. Gemiddelde concentraties, emissies en emissiereducties van PM10 en PM2,5 stof werden gravimetrisch bepaald op dag 8, 23 en 30. Op deze dagen werd tevens het verloop in PM10 concentratie gemeten met een optische techniek. Tegelijk met de stofmetingen werd van een 24-uursgemiddeld luchtmonster de CO₂-concentratie bepaald welke werd gebruikt voor het bepalen van het gemiddelde ventilatiedebiet (CO₂-massabalansmethode). De persoonlijke stofbelasting aan PM10 stof werd met een optische techniek bepaald op dag 9, 24 en 31. De technische resultaten werden dagelijks (aantal en kwaliteit eieren, uitval) of alleen op de dag van meting (eigewicht) bepaald.

Uit dit onderzoek kunnen de volgende conclusies worden getrokken:

- o het oliefilmsysteem, zoals ontwikkeld, geïnstalleerd, geoptimaliseerd en toegepast in het experiment van dit onderzoek, functioneerde volautomatisch en probleemloos;
- o het oliefilmsysteem kan verder worden verbeterd door deze uit te voeren in een ringleiding voor olie (met continue oliedruk) waarbij geschakeld wordt met de nozzle zelf of door een schakelklep vlak voor elke nozzle. Hiermee kan het optreden van lekkages na het aanbrengen van de oliefilm waarschijnlijk geheel worden voorkomen;
- o het oliefilmsysteem reduceerde de emissies van PM10 en PM2,5 in de afdeling met het Big Dutchman volièresysteem met respectievelijk 18 en 65%. In de afdeling met het Meller volièresysteem werden echter geen emissiereducties voor PM10 of PM2,5 gevonden;
- o concentraties en emissies van fijnstof zijn aanzienlijk lager voor het Meller volièresysteem t.o.v. het Big Dutchman volièresysteem. Het verschil in stofniveaus tussen beide volièresystemen hangt waarschijnlijk samen met de mate van afscherming van het strooiseloppervlak van de luchtstroming door de stal. Het toegepaste Meller volièresysteem is een portaalsysteem dat als een koepel over het strooisel staat opgesteld. Dit principe kan mogelijk benut worden voor stofarme ontwerpen voor volièresystemen;
- o het oliefilmsysteem heeft geen effect op de persoonlijke blootstelling aan PM10 in de stal;
- o het oliefilmsysteem heeft geen effect op het legpercentage, het gemiddeld eigewicht, het percentage 1^e en 2^e soort eieren en het percentage buitennesteieren;
- o in de afdelingen met het oliefilmsysteem werd een hogere uitval gevonden. Onduidelijk is of er een oorzakelijk verband bestaat tussen de hogere uitval en het aanbrengen van de oliefilm. Verder onderzoek zal dit moeten uitwijzen.

Summary

To be able to comply with European standards on maximum fine dust concentrations in the ambient air, measures need to be taken in The Netherlands to reduce emissions of fine dust from major emission sources. In view of this, the Ministry of Agriculture, Nature and Food Quality has commissioned Wageningen UR Livestock Research to set up a plan of action for the development of practical and effective solutions for the reduction of dust emissions from poultry facilities. One of these solutions is the application of an oil film on the litter of layer houses with aviary systems.

In phase one of this study, an oil film system was developed, installed and optimized. In the second phase the system was investigated with regard to its potential to reduce fine dust emissions from layers in aviary housing. Furthermore, the general functioning of the system was evaluated and effects on personal dust exposure and technical results of the animals was determined.

The experiment was conducted in four rooms of layer house P4 of the applied research centre Het Spelderholt in Lelystad, The Netherlands. Two rooms were equipped with the Natura Nova aviary system of Big Dutchman, two with the BLA aviary system of Meller. Of the two rooms with the same aviary system, one served as control, while in the other the ionization system was installed. Layers of the brand Hy-Line Silver were brought into the rooms. The experiment was conducted during 31 days. Mean concentrations, emissions and emission reductions of PM10 and PM2,5 dust were determined gravimetrically on days 8, 23 and 30. On these days, the PM10 concentration was determined continuously with a light scattering method as well. Simultaneously, a 24-hour average air sample was taken and analyzed for CO₂-concentration which was used to determine ventilation rates (CO₂ mass balance method). Personal dust exposure was measured with a light scattering method on days 8, 23 and 30. Technical results were determined each day (number and quality of eggs) or on the day of each dust measurement (egg weight).

From this study, the following conclusions can be drawn:

- o the oil film system, as developed, installed, optimized and tested in the experiment of this study, has functioned full automatic and without any problems;
- o the oil film system can be further optimized by using a ring structure of oil piping. Oil pressure can be applied on the ring structure continuously. In this case, nozzles should be able to open and close (with regard to oil pressure) individually;
- o the oil film system reduced emissions of PM10 and PM2.5 in the room with the Big Dutchman aviary with 18 and 65% respectively. For the Meller aviary, no emission reductions were found;
- o concentrations and emissions of fine dust were considerably lower for the Meller aviary as compared with the Big Dutchman aviary. This is probably due to separation of the litter floor from the main air stream through the house. The Meller aviary is placed as a roofing over the litter floor, separating it from the main air stream. This principle can be used for design of aviary housing systems for layers that are naturally low in dust concentrations and emissions;
- o the oil film system did not reduce personal exposures to PM10;
- o the oil film system did not affect egg production;
- o in both rooms with the oil film system higher mortality was found. It is not clear whether there is a causal relationship between the application of an oil film and the higher mortality. Further research is needed to clarify this.

Inhoudsopgave

Voorwoord

Samenvatting

Summary

1	Inleiding	1
2	Materiaal en methode	2
2.1	Materiaal.....	2
2.1.1	Accommodatie	2
2.1.2	Dieren	2
2.2	Methoden	5
2.2.1	Proefbehandelingen.....	5
2.2.2	Voer en water.....	5
2.2.3	Uitloop.....	5
2.2.4	Verlichting	5
2.2.5	Klimaat.....	5
2.2.6	Strooisel	5
2.2.7	Metingen en waarnemingen	6
2.2.8	Dataverwerking en statistische analyse.....	8
3	Resultaten fase 1: ontwikkeling van een oliefilmsysteem.....	10
3.1	Positionering van leidingen en nozzles in de volièrestal.....	10
3.2	Keuze van het type nozzle, oliedruk en luchtdruk	10
3.3	Technisch ontwerp, installatie en aanpassingen van het oliefilmsysteem.....	11
3.4	Instelling van het oliefilmsysteem	13
4	Resultaten fase 2: testen van het oliefilmsysteem.....	14
4.1	Algemeen functioneren en olieverbruik.....	14
4.2	Fijnstofconcentraties, -emissies en -reducties	14
4.3	Verloop PM10 concentratie gedurende de dag	15
4.4	Persoonlijke blootstelling aan fijnstof	16
4.5	Technische resultaten	16
5	Discussie	18
6	Conclusies	23
	Literatuur	24
	Bijlagen.....	25
Bijlage 1	Gem. concentraties van PM10 en PM2,5 tijdens de metingen.....	25
Bijlage 2	Gemiddelde ventilatiedebieten tijdens de metingen	26
Bijlage 3	Legpercentage (weekgemiddelden) per volièresysteem en behandeling	27
Bijlage 4	Foto van het spraybeeld bij 1,5 bar (luchtdruk) en 1,0 (oliedruk)	28

1 Inleiding

Fijnstof (PM; Particulate Matter) bestaat uit deeltjes kleiner dan 10 µm (PM10) of kleiner dan 2,5 µm (PM2,5). Fijnstof in stallen kan zorgen voor 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 µm (PM10) en voor stofdeeltjes kleiner dan 2,5 µm (PM2,5) in de buitenlucht. Om aan deze normen te kunnen voldoen te kunnen voldoen dienen in Nederland maatregelen te worden doorgevoerd die de emissie uit belangrijke bronnen terugdringen.

De landbouw draagt voor ongeveer 25% bij aan de primaire emissie van fijnstof in Nederland (Milieu en NatuurCompendium, 2008). Het merendeel van het fijne stof uit de landbouw komt uit varkens- en pluimveestallen (Takai et al., 1998). Met name pluimveestallen met strooiselvloeren dragen in belangrijke mate bij aan de emissie van fijnstof in Nederland. Wageningen UR Livestock Research werkt binnen een plan van aanpak aan maatregelen en technieken die de fijnstofemissie uit pluimveestallen substantieel reduceren (Ogink en Aarnink, 2008).

Een van deze technieken is het aanbrengen van een oliefilm op het strooisel. De oliefilm werkt als een plaklaagje waardoor stofdeeltjes in het strooisel gebonden worden. In het kader van het genoemde plan van aanpak is in 2007 een oliefilmsysteem ontwikkeld voor vleeskuikens. In een haalbaarheidsstudie is aangetoond dat deze techniek de fijnstofemissie aanzienlijk reduceert (Aarnink et al., 2008). In 2008 is het systeem verder geoptimaliseerd (Winkel et al., 2009a).

In 2009 is ook bij leghennen in volièrehuisvesting een haalbaarheidsstudie uitgevoerd (Buissonjé et al., 2009). Dit onderzoek werd uitgevoerd in vier afdelingen van leghennenstal P4 van praktijkcentrum Het Spelderholt in Lelystad. Deze stal is uitgerust met twee typen volièrehuisvesting en wordt natuurlijk geventileerd. De oliefilm werd dagelijks aangebracht door koolzaadolie handmatig te vernevelen met een spuitpistool in een dosering van 20 ml/m² per dag. In dit onderzoek werden de emissies van PM10 en PM2,5 met respectievelijk 25-40% en 38-59% gereduceerd.

Deze studie bestond uit twee fasen. In fase één werd een oliefilmsysteem ontwikkeld voor toepassing in leghennenstallen met volièrehuisvesting. Het ontwikkelde systeem maakt gebruik van vaste drukleidingen en nozzles, wordt in de stal geïnstalleerd en werkt automatisch. In fase twee werd onderzocht of het oliefilmsysteem een toepasbare en effectieve techniek is om de emissie van fijnstof uit leghennenstallen met volièrehuisvesting te reduceren. Evenals het haalbaarheidsonderzoek (Buissonjé et al., 2009), werd dit onderzoek uitgevoerd in leghennenstal P4 van praktijkcentrum Het Spelderholt.

In dit onderzoek werden de volgende onderzoeksvragen onderzocht:

- o hoe is het algemeen functioneren van het oliefilmsysteem in leghennenstallen met volièrehuisvesting?
- o wat is het effect van het oliefilmsysteem op de concentraties en emissies van PM10 en PM2,5?
- o wat is het effect van het oliefilmsysteem op de blootstelling aan PM10 in de stal?
- o wat is het effect van het oliefilmsysteem op de technische resultaten (aantal, gewicht en kwaliteit eieren, uitval)?

2 Materiaal en methode

2.1 Materiaal

2.1.1 Accommodatie

Het onderzoek werd uitgevoerd in vier afdelingen van leghennenstal P4 van praktijkcentrum Het Spelderholt in Lelystad (Figuur 1). De vier afdelingen waren ingericht met voliëresystemen. Twee afdelingen waren ingericht met een voliëresysteem met niet-geïntegreerde legnesten (Natura Nova van de firma Big Dutchman, afdelingen 2 en 4) en twee met een portaalsysteem (BLA van de firma Meller, afdelingen 3 en 5). In Tabel 1 wordt een overzicht gegeven van de kenmerken van beide typen voliëresystemen. In Figuur 2 worden de verschillen tussen de systemen met foto's weergegeven.



Figuur 1 Leghennenstal P4 van Praktijkcentrum Het Spelderholt in Lelystad

Elke afdeling was door middel van een draadgazen afscheiding verdeeld in twee subafdelingen met elk een identiek voliëresysteem van circa 6 meter lengte, circa 3 meter breedte en ruim 2 meter hoogte. In dit onderzoek hadden de (niet-klimaatgescheiden) subafdelingen geen functie. Er werd gemeten aan de vier hoofdafdelingen.

2.1.2 Dieren

Per afdeling werden 1240 leghennen geplaatst in afdelingen 2 en 4 met het Natura Nova voliëresysteem van Big Dutchman en 1210 leghennen in afdelingen 3 en 5 met het BLA voliëresysteem van Meller. De hennen waren van het merk Hy-Line Silver. De hennen waren bij aankomst 68 weken + 2 dagen oud en afkomstig van een voliërebedrijf uit Tubbergen, Overijssel. De conditie van het verenpak, de algemene indruk en uniformiteit van het koppel hennen was bijzonder goed. De hennen werden niet geruid en niet opnieuw gevaccineerd.

Bij deze hennen werd gedurende 12 weken onderzoek gedaan naar het effect van ionisatie op de fijnstofemissie bij leghennen (Winkel et al., 2009b). Daarna werd gedurende ca. 8 weken een oliefilmsysteem geïnstalleerd en geoptimaliseerd (fase één van dit onderzoek).

Bij de start van de proef met het ontwikkelde oliefilmsysteem (fase twee) waren de hennen 89 weken + 1 dag oud. Er waren per afdeling de volgende aantallen hennen aanwezig: 1151 (Afd. 2, Big Dutchman voliëresysteem, oliefilm), 1116 (Afd. 3, Meller voliëresysteem, oliefilm), 1143 (Afd. 4, Big Dutchman voliëresysteem, controle) en 1111 (Afd. 5, Meller voliëresysteem, controle). De proefperiode bedroeg 31 dagen, hierna werden de hennen afgeleverd.

Tabel 1 Kenmerken volièresystemen in leghennenstal P4

Kenmerk	Natura Nova van Big Dutchman	BLA van Meller
Afdelingsnummers	2 en 4	3 en 5
Afmetingen afdeling binnenwerks (l x b x h ^{goot west} x h ^{goot oost} x h ^{nok})	10,50 x 10,00 x 4,27 x 4,73 x 6,45 m	10,50 x 10,00 x 4,27 x 4,73 x 6,45 m
Afmetingen diervverblijf in afdeling (l x b)	10,5 x 8,3 m	10,5 x 7,95 m
Afmetingen voorportaal in afdeling (l x b)	10,5 x 1,7 m	10,5 x 2,05 m
Oppervlakte afdeling	105 m ²	105 m ²
- oppervlak voorportaal in afdeling	17,8 m ²	21,5 m ²
- oppervlak mestafstort in afdeling	3,8 m ²	5,9 m ²
- oppervlak diervverblijf (strooiselvloer)	83,4 m ²	77,6 m ²
- waarvan onbedekt strooisel ¹⁾	42,5 m ² (51%)	31,2 m ² (40%)
Inhoud afdeling	Ca. 536 m ³	Ca. 536 m ³
Aantal hennen op dag 0	1151 en 1143 (Gem. 1146)	1116 en 1111 (Gem. 1114)
Bezetting per m ² vloeroppervlak	Ca. 13,7 hennen/m ²	Ca. 14,4 hennen/m ²
Bezetting per m ² onbedekt strooisel	Ca. 27,0 hennen/m ²	Ca. 35,7 hennen/m ²
Bezetting per m ³ stalinhoud	Ca. 2,1 hennen/m ³	Ca. 2,1 hennen/m ³
Type volièresysteem	Niet-geïntegr. legnesten	Portaalsysteem
Aantal volièreopstellingen per afdeling	2	2
Aantal leefniveaus	3	2
Afmetingen volièreopstelling (l x b)	Ca. 6 x 3 m	Ca. 6 x 3 m
Roosters	Kunststof	Draadgaas
Zitstokken		
- Materiaal	Staal	Staal
- Vorm	Rond en plat	Rond, plat en rechthoekig
Legnesten		
- Type	Gemeenschappelijk	Gemeenschappelijk
- Merk	Big Dutchman	Van Gent
- Aantal etages/nestvakken	2 etages x 5 nestvakken	2 etages x 5 nestvakken
- Afmetingen nestvak (breedte x diepte):	121 x 47 cm	120,5 x 48 cm
- Bodem	Kunstgrasbodem, Big D.	Kunstgrasbodem, Astroturf
- Uitdrijfsysteem	Ja	Ja
- Eierband	Kunststof, geperforeerd	Kunststof, geperforeerd
Voersysteem (per volièreopstelling)	3 Voergoten met ketting, ca. 13,40 m elk, ca. 40,20 m voerketting per opstelling	3 Voerlijnen met elk 9 voerpannen (Mini-max, Roxell; elk 12 vreetpl.)
Watersysteem (per volièreopstelling)	3 Waterlijnen met elk 30 drinknippels, met lekbakjes, 90	2 Waterlijnen met elk 34 drinknippels, met lekbakjes, 68
- Drinknippels in totaal	Nee	Ja
- Schrikdraad op drinklijnen	3 stuks, Polypropyleen	2 stuks, Polypropyleen
Mestbanden (per volièreopstelling)	7,35 x 1,80 m	6,90 x 1,06 m
- Afmetingen (l x b enkelzijdig)	Wekelijks	Wekelijks
- Frequentie van afdraaien	Ja, 1 buis per mestband	Ja, 1 buis per mestband
Mestbeluchting	57	36
- Aantal gaatjes per buis	8 mm	8 mm
- Diameter gaatje	Ja	Ja
Lichtsnoeren onder volièresysteem	6 HF TL lampen en 6 regelbare lichtvensters in plafond	6 HF TL lampen en 6 regelbare lichtvensters in plafond
Verlichting van boven	Ja	Ja
Schrikdraad langs zijwanden	Ja	Ja

¹⁾ Onbedekt strooisel: strooiseloppervlak in m² waarbij er zich geen object bevindt tussen strooisel en plafond



Figuur 2 A: voorzijde Big Dutchman-systeem B: voorzijde Meller-systeem
C: bovenzijde Big Dutchman-systeem D: bovenzijde Meller-systeem
E: achterzijde Big Dutchman-systeem F: achterzijde Meller-systeem (portaalsysteem)

2.2 Methoden

2.2.1 Proefbehandelingen

In dit onderzoek werden de volgende behandelingen toegepast (Tabel 2).

Tabel 2 De proefbehandelingen

Behandeling	Omschrijving
1	Controle (standaard ingerichte volièrestal)
2	Dagelijks aanbrengen van een oliefilm (zie hoofdstuk 3)

Van de twee afdelingen met hetzelfde type volièresysteem werd in één afdeling dagelijks een oliefilm op het strooisel aangebracht, terwijl de andere als controle diende (Tabel 3).

Tabel 3 Verdeling van de proefbehandelingen over de afdelingen

Afdeling	Volièresysteem	Behandeling
2	Natura Nova, Big Dutchman	2: oliefilm
3	BLA, Meller	2: oliefilm
4	Natura Nova, Big Dutchman	1: controle
5	BLA, Meller	1: controle

2.2.2 Voer en water

De hennen werden gevoerd met Legmeel 1 van de Superreeks van de firma ForFarmers. Voertijden: 05:15, 08:00, 11:00, 13:00, 15:00 en 18:00 uur. Water werd onbeperkt verstrekt tijdens lichttijden.

2.2.3 Uitloop

Leghennenstal P4 beschikt over de mogelijkheid om de hennen overdag buiten te laten lopen in een uitloop. Van deze mogelijkheid werd geen gebruik gemaakt. De toegangsluiken bleven gesloten gedurende de proef.

2.2.4 Verlichting

De afdelingen werden verlicht door een combinatie van daglicht (automatisch geregelde lamellenvensters in het plafond) en kunstlicht (hoogfrequente TL lampen). Lichtregime: 16L:8D. Licht aan van 04:00 tot 20:00 uur.

2.2.5 Klimaat

Leghennenstal P4 beschikt over natuurlijk ventilatie. Elke afdeling werd apart geventileerd door middel van mestbandbeluchting (= minimumventilatie, ca. 1 m³ per hen per uur), automatisch geregelde inlaatventielen (12 per afdeling) en automatisch geregelde kleppen in de nok. De ventilatieregeling vond plaats met een klimaatcomputer (type FSU.4, Fancom BV, Panningen) op basis van staltemperatuur (streef temperatuur: 18 °C). Voor de minimumventilatie van 1 m³ per hen per uur werd de mestbandbeluchting van de Natura Nova van Big Dutchman ingesteld op 55% ventilatiecapaciteit, de BLA van Meller op 35% ventilatiecapaciteit.

2.2.6 Strooisel

Drie dagen voor plaatsing van de hennen werden de afdelingen ingestrooid met ca. 1 kg/m² witte houtkrullen. Tijdens de proef werd eens per twee weken 10 kg tarwestro per afdeling bijgestrooid ter preventie van verenpikken.

2.2.7 Metingen en waarnemingen

Fijnstofmetingen (verzamelmonster 24 uur, gravimetrisch)

Gravimetrische stofmetingen van deeltjes kleiner dan $10\text{ }\mu\text{m}$ (PM10) en van deeltjes kleiner dan $2,5\text{ }\mu\text{m}$ (PM2,5) zijn verricht met PM10 en PM2,5 cycloon voorafscidders en monsternamepompen. Deze metingen werden verricht op de volgende dagen nadat met het aanbrengen van de oliefilm werd gestart (de start van de proef): dag 8, 23 en 30 (3 x 24 uur, van 12:00 tot 12:00).



Figuur 3 Monsteraanrapparaat voor PM10 en PM2,5. Linksboven (van links naar rechts): de inlaat, PM10 en PM2,5 cyclonen en filterhouder. Rechtsboven: de constructie van de inlaat van de cycloon. Linksonder: positie van monstername in de stal, ca. 1,5-2,0 m onder de nok. Rechtsonder: een 'constant flow' monsternamepomp.

Figuur 3 laat de monstername-apparaat zien voor PM10 en PM2,5. De apparaat voor de gravimetrische meting is gebaseerd op de standaard referentie monsternamekoppen voor bepaling van PM10 en PM2,5 concentraties in de buitenlucht (NEN-EN 12341, 1998; NEN-EN 14907, 2005). Het verschil tussen de gebruikte apparaat en deze standaard apparaat voor de buitenlucht is dat de impactor voorafscieder is vervangen door een cycloon voorafscieder. Dit vanwege het gevaar van overbelading van de impactieplaat, vooral bij bemonstering van PM2,5 (Zhao e.a., 2009).

De zogenaamde 'constant flow' monsternamepompen (Figuur 3, rechtsonder) zuigen stallucht of inlaatlucht door de cycloon voorafscieder (Figuur 3, boven). De PM10 cycloon scheidt de PM10 stofdeeltjes van de grotere stofdeeltjes en verzameld deze op een glasvezelfilter 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. De 'constant flow' pompen (type Charlie HV, roterend $6\text{ m}^3/\text{uur}$, Ravebo Supply BV, Brielle) regelen het debiet (het volume door de cycloon te zuigen lucht) automatisch in op basis van de gemeten temperatuur bij de monsternamekop (inlaat) van de cycloon. Het debiet van deze pompen blijft ook constant bij toename van de drukval over het filter. Hierdoor wordt een stabiele luchtstroom verkregen binnen 2% van de nominale waarde. De pompen werden geprogrammeerd op een flow van $1,0\text{ m}^3/\text{uur}$ en op een starttijd van 12:00 uur met een eindtijd van

12:00 de volgende dag. De werkelijke hoeveelheid lucht die bij de monsternamepunten werd aangezogen werd met een gasmeter gemeten (gecorrigeerd naar de temperatuur bij de monsternamepunten). De glasvezelfilters werden voor en na de metingen gewogen onder standaard condities: $20\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$ en $50\% \pm 5\%$ relatieve luchtvochtigheid. Deze voorwaarden staan beschreven in NEN-EN 14907 (2005). 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.

Stofdeeltjes uit de stallucht werden verzameld in het midden van elke afdeling op een hoogte van ca. 4,5 meter, ca. 1,5 meter recht onder de nokkleppen (Figuur 5, linksonder). Buiten de stal, bij de inlaat, werden cyclonen voor PM10 en PM2,5 geplaatst om achtergrondconcentraties te meten. Stof werd gedurende 24 uur verzameld; van 12:00 tot 12:00 uur.

De PM10 stofconcentraties gevonden met de cycloon voorafscidders werden omgerekend naar concentraties van impactor voorafscidders met behulp van de correctielijnen beschreven door Hofschreuder et al. (2008). De volgende correcties zijn uitgevoerd:

- PM10: $< 222,6\text{ }\mu\text{g}/\text{m}^3$: $Y = 1,0877 X$
 $> 222,6\text{ }\mu\text{g}/\text{m}^3$: $Y = 0,8304 X + 57,492$
 PM2,5: geen correctie

Fijnstofmetingen (continue en optische 24-uurs meting)

Een continue meting van de PM10 concentratie (mg/m^3) in de uitgaande stallucht werd optisch verricht met de DustTrak (Figuur 4, 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 op dag 8, 23 en 30 (3 x 24 uur; van 12:00 tot 12:00 uur).



Figuur 4 Links: de DustTrak model 8520. Rechts: het meten van de persoonlijke stofbelasting.

Meting persoonlijke blootstelling aan fijnstof

Driemaal werd de persoonlijke belasting van de medewerker aan PM10 stof gemeten: op dag 9, 24 en 31. Een DustTrak werd opgehangen aan de schouder van een medewerker (hoogte ca. 1,5 m; Figuur 4, rechts). De medewerker liep gedurende 8 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 de analyse.

Meting CO₂-concentratie

Stallucht of inlaatlucht werd bemonsterd ter bepaling van de CO₂-concentratie en hiermee het ventilatie-debiet volgens de zogenaamde longmethode. Een 40 liter Nalophan monsterzak werd driemaal gespoeld met lucht en in een gesloten vat geplaatst. Door m.b.v. een pomp (Thomas Industries Inc., model 607CD32, Wabasha, Minnesota, VS) lucht uit het vat te zuigen (kritisch capillair van 0,020 l/min), ontstaat in het vat onderdruk en wordt stallucht of inlaatlucht aangezogen in de monsterzak. De monsterzak werd door continue bemonstering met lucht in 24 uur gevuld. Op deze wijze werd een 24-uursgemiddeld luchtmonster verkregen. Het gehalte aan CO₂ in het monster werd

bepaald met een gaschromatograaf (Interscience/Carbo Erba Instruments, GC 8000 Top; kolom: Molsieve 5A; detector: HWD). De CO₂-concentratie werd per afdeling afzonderlijk bepaald, tegelijk met de fijnstofmetingen, op dag 8, 23 en 30.

Bepalen ventilatiedebiet

Het ventilatiedebiet in m³ per uur is bepaald met behulp van de CO₂-massabalansmethode. Bij deze methode wordt de gemiddelde CO₂-concentratie van de in- en uitgaande stallucht (respectievelijk [CO₂]_{stal} en [CO₂]_{buiten}; ppm) gedurende 24 uur gemeten en de CO₂-productie van de dieren (m³ CO₂/uur per dier) in de stal berekend aan de hand van CIGR rekenregels (CIGR, 2002; Pedersen et al, 2008). Door de CO₂-productie per dier te vermenigvuldigen met het aantal aanwezige dieren (n) in de stal kan de totale CO₂-productie worden berekend. Het ventilatiedebiet V (m³/uur) wordt dan bepaald op basis van de volgende formule:

$$V = \frac{CO_2 - \text{productie}}{[CO_2]_{\text{stal}} - [CO_2]_{\text{buiten}}} \quad (1)$$

Berekenen emissies

Emissies (E) werden berekend door het ventilatiedebiet (V; m³/uur) te vermenigvuldigen met de concentratie van de uitgaande lucht (C_{uitlaat}; mg/m³) gecorrigeerd voor die van de ingaande lucht (C_{inlaat}; mg/m³) volgens onderstaande formule:

$$E = V \times (C_{\text{uitlaat}} - C_{\text{inlaat}}) \quad (2)$$

De fijnstofemissie in gram per dierplaats per jaar werd bepaald door de emissie te vermenigvuldigen met 24 uur, 365 dagen en een leegstandsfactor voor leghennen van 0,96 en vervolgens te delen door het aantal dierplaatsen.

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

Productie

De hennen werden op de dag van plaatsing gewogen ter vaststelling van het gemiddelde hengewicht per afdeling. Dagelijks werd de uitval genoteerd. Elke ochtend werden de eierbanden van de legnesten afgedraaid en werd er een controleronde door elke afdeling afgelegd waarbij tevens buitennesteieren werden verzameld. Per afdeling werd dagelijks het aantal eieren geteld en genoteerd, uitgesplitst naar eieren van de eerste soort, eieren van de tweede soort, struifeieren en buitennesteieren.

Oliefilmsysteem

Dagelijks werd het oliepeil van het voorraad-/drukvat afgelezen en genoteerd.

2.2.8 Dataverwerking en statistische analyse

Er zijn in totaal drie metingen verricht in de vier afdelingen. Alle metingen zijn goed verlopen, behalve één PM_{2,5} meting in een Big Dutchman afdeling met het oliefilmsysteem.

Gemiddelde PM₁₀ en PM_{2,5} concentraties en emissies zijn berekend. Voor de PM₁₀ en PM_{2,5} concentraties en emissies is met behulp van de procedure 'Two-way' ANOVA bepaald of er significante verschillen waren tussen de beide voliëresystemen en tussen de controle- en de oliefilmafdelingen. Bij deze analyse werden waarnemingen genomen op dezelfde dag beschouwd als een blok.

De data van de persoonlijke stofbelasting zijn ook met de Two-way ANOVA procedure geanalyseerd (Genstat Committee, 2009). Metingen en waarnemingen op verschillende dagen werden als onafhankelijke beschouwd, dus het aantal experimentele eenheden was het aantal dagen waarop is waargenomen (3 keer) maal de 4 afdelingen. Bij deze analyses werden waarnemingen genomen op dezelfde dag beschouwd als een blok.

Voor bepaling van het effect van volièresysteem en wel of geen oliefilm op de productieresultaten (% 1^e soort eieren, % 2^e soort eieren, struif, buitennesteieren, leg% en eigewicht) is tevens de 'Two-way' ANOVA procedure gebruikt (Genstat Committee, 2009). De data zijn op subafdelingsniveau geanalyseerd, dit betekent 8 experimentele eenheden.

Bij alle analyses werd tevens het interactie-effect tussen oliefilm en volièresysteem bepaald, behalve voor eigewicht. Eigewicht is niet op subafdelingsniveau bepaald, waardoor er te weinig vrijheidsgraden waren om het interactie-effect te bepalen.

3 Resultaten fase 1: ontwikkeling van een oliefilmsysteem

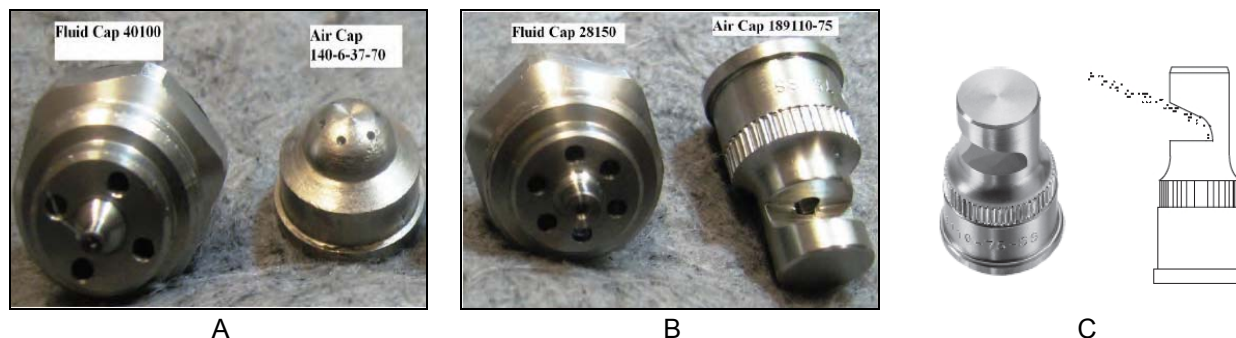
3.1 Positionering van leidingen en nozzles in de volièrestal

Een oliefilmsysteem zal het meest effectief zijn wanneer de oliefilm wordt aangebracht op die strooisel-oppervlakken waar de meeste dieractiviteit plaats vindt (stofbaden, scharrelen). In volièrehuisvesting is dit meestal het strooiseloppervlak onder het volièresysteem. Onder het onderste leefniveau/mestband kunnen de leidingen met nozzles aan de staanders/liggers van het volièresysteem worden gemonteerd. Wanneer de nozzles op het strooisel worden gericht zal er weinig of geen vervuiling van stalinventaris of van de leefniveaus boven de leidingen kunnen optreden. Daarom is besloten om de leidingen met nozzles te monteren onder het onderste leefniveau/mestband, midden onder en in de lengterichting van het volièresysteem (zie Figuren 6 en 7). De nevel wordt dan aan weerszijden van de leidingen uitgeworpen.

3.2 Keuze van het type nozzle, oliedruk en luchtdruk

Er waren twee potentieel geschikte nozzles beschikbaar (Spraying Systems Co, Wheaton, USA, Figuur 5):

- SU26B-SSBR (kegelvormige nozzle): in de nozzle worden olie en lucht intern gemengd. De nozzle bestaat uit een vloeistofkap van roestvast staal (Fluid Cap 40100) en een luchtkapje van nikkel (Air Cap 140-6-37-70) gemonteerd op een vernevellichaam ($\frac{1}{4}$ J nozzle body). De nozzle heeft 6 sproeiopeningen en genereert een kegelvormige nevel;
- SU240E (ketsplaatnozzle): heeft een ketsplaat waardoor de vloeistof wordt verneveld in een plat vlak. Deze nozzle bestaat uit een vloeistofkap (Fluid Cap 28150) en een luchtkap (Air Cap 189110-75).



Figuur 5 A: SU26B-SSBR (kegelvormige nozzle). B en C: SU240E (ketsplaatnozzle).

Beide nozzles zijn getest in een laboratoriumonderzoek door 'Spray Analysis and Research Services' van Spraying Systems Co, Wheaton, USA. Van de nozzles is het spraybeeld, de druppelgrootteverdeling en de uittredesnelheid bepaald tijdens het vernevelen van koolzaadolie bij verschillende vloeistof- en luchtdrukken (1,5–3,5 bar) (Aarnink en Van Hattum, 2009).

Vervolgens zijn de nozzles getest in een proefopstelling waarin de specifieke situatie van leghennenstal P4 was nagebootst. Met metalen roosters en kuikenpapier werd een zwevend plateau gecreëerd van ca. 6 x 3 m (l x b) op 70 cm hoogte boven de vloer. Ook de vloer werd afgedekt met een laag kuikenpapier. Met de opstelling werd de ruimte onder het volièresysteem nagebootst. De proefopstelling werd gebouwd in een lege, niet-geventileerde stalruimte. Onder de opstelling werd telkens gedurende 60 seconden een oliefilm aangebracht. De testen werden uitgevoerd met beide typen nozzles en bij verschillende olie- en luchtdrukken (1 tot 4 bar). De vorm, snelheid en lengte (worp) van de nevel werd visueel beoordeeld. Na elke test werd het ontstane sproeibeeld op het kuikenpapier op de vloer opgemeten (lengte, breedte) en gefotografeerd/geschetst. Daarnaast werd gelet op de verspreiding van de druppeltjes op het kuikenpapier (fijne druppeltjes of natte plekken). De onderzijde van het plateau werd gecontroleerd op bevuilding met koolzaadolie.

Uit de tests bleek het volgende:

- de SU240E (ketsplaatnozzle) geeft een bredere nevel (tot ca. 1,5 m) dan de SU26B-SSBR (kegelvormige nozzle, tot ca. 1,2 m). Met de SU240E (ketsplaatnozzle) volstaan 3 paar nozzles per leiding om het strooiseloppervlak onder één voliëresysteem (6 m) in leghennenstal P4 te beslaan;
- olie-/luchtdrukken van 2 bar en hoger zijn in de situatie in leghennenstal P4 ongewenst; de snelheid van de worp wordt zo hoog dat de nevel tot ca. 8 meter afstand de stal in stroomt en zich vervolgens door de ruimte verspreid ('driften'). De lengte van de worp moet echter slechts 2,5 m zijn;
- door de nozzle naar het strooisel te richten wordt het 'driften' voorkomen en ontstaat een beter sproeibeeld op de vloer.

Op grond van de tests werd besloten om de SU240E (ketsplaatnozzle) toe te passen bij een olie-/luchtdruk van respectievelijk 1,0 en 1,5 bar, waarbij de nozzles draaibaar (richtbaar) op de leidingen worden gemonteerd. Hierbij ontstaat een fijn verdeeld sproeibeeld op de vloer van ca. 1,5 m breed en 2–2,5 m lang zonder dat de nevel gaat driften. De onderzijde van het voliëresysteem wordt niet direct geraakt. Een afbeelding van het spraybeeld is opgenomen als bijlage 4.

3.3 Technisch ontwerp, installatie en aanpassingen van het oliefilmsysteem

Het oliefilmsysteem werd ontworpen en geïnstalleerd zoals weergegeven in de Figuur 6 (foto's) en Figuur 7a en 7b (schematische tekening). Een voorraad-/drukvat (merk: FHT, type: 270 GALVA, max. druk: 11 bar, inhoud: 260 liter) werd gevuld met ca. 200 l koolzaadolie. Het vat werd op druk gebracht met een compressor (merk: Atlas Copco, type: 2.2 kW 3PK, 400 V, inhoud: 90 liter, max. druk: 10 bar). Vanaf de onderzijde van het druvat liepen twee olieleidingen naar de afdelingen; één naar elke afdeling. In de afdeling splitste de olieleiding (vanaf hier: dunwandige CV buis, Ø 28 mm) tot twee leidingen; één olieleiding onder elk voliëresysteem. Op elke olieleiding werd een luchtgestuurde schakelklep (merk: GSR Ventiltechnik, type: VIP12FSMS, stuurdruk: 3-8 bar) gemonteerd, op ca. 1,5 m voor de eerste nozzle. Tot aan de schakelkleppen was er continu druk (1,0 bar) op de olieleidingen. De compressor leverde een druk van ca. 7 bar. Direct na de compressor werd een T-stuk gemonteerd met een reduceerventiel (merk: Airfit, type: CR 1/2", instelling: 1,5 bar) en luchtslang naar het voorraad-/drukvat. Aan de andere zijde van het T-stuk werden achtereenvolgens gemonteerd:

- een reduceerventiel (instelling: 4,0 bar) met een schakelklep (merk: FHT, type: B205DBZ) en luchtleiding naar de 4 luchtgestuurde schakelkleppen op de olieleidingen in de afdelingen;
- een reduceerventiel (instelling: 1,5 bar) met 2 schakelkleppen en 2 luchtleidingen; één luchtleiding naar elke afdeling. Deze luchtleidingen voorzagen de nozzles van lucht.

De schakelkleppen voor de olie- en luchtleidingen werden aangestuurd (geopend) via een timer (merk: FHS/VVS).

Na installatie zijn gedurende een periode van ca. vier weken diverse verbeteringen van het systeem aangebracht, waarna het systeem tot stand is gekomen zoals hierboven beschreven. De belangrijkste verbeteringen waren:

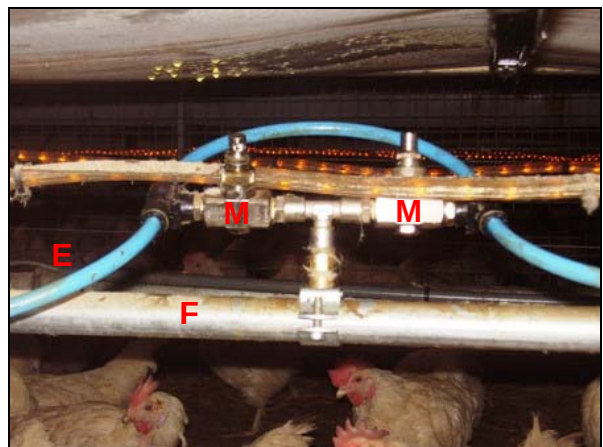
1. het plaatsen van de nozzles boven op de olieleidingen (i.p.v. langs zij de leidingen);
2. het inkorten van de olieleiding tot direct achter het laatste (derde) paar nozzles;
3. het plaatsen van een luchtgeschakelde olieklep op elke olieleiding ca. 1,5 m voor de eerste nozzle;
4. het aanbrengen van enkele houten schotten boven een aantal nozzles (om bevuilding te voorkomen);

De eerste drie aanpassingen werden uitgevoerd om het risico op nalekken te minimaliseren. Wanneer er lucht in het achterste eind of bovenste deel van de leiding blijft zitten wordt dit tijdens het vernevelen samengedrukt door de druk die op de olie wordt gebracht (bij het open schakelen van de klep aan het begin van de olieleiding). Direct na het sluiten van de olieklep valt de oliedruk in de leiding weg. De lucht zal dan weer kunnen uitzetten waarbij er olie uit de nozzles wordt gedrukt.

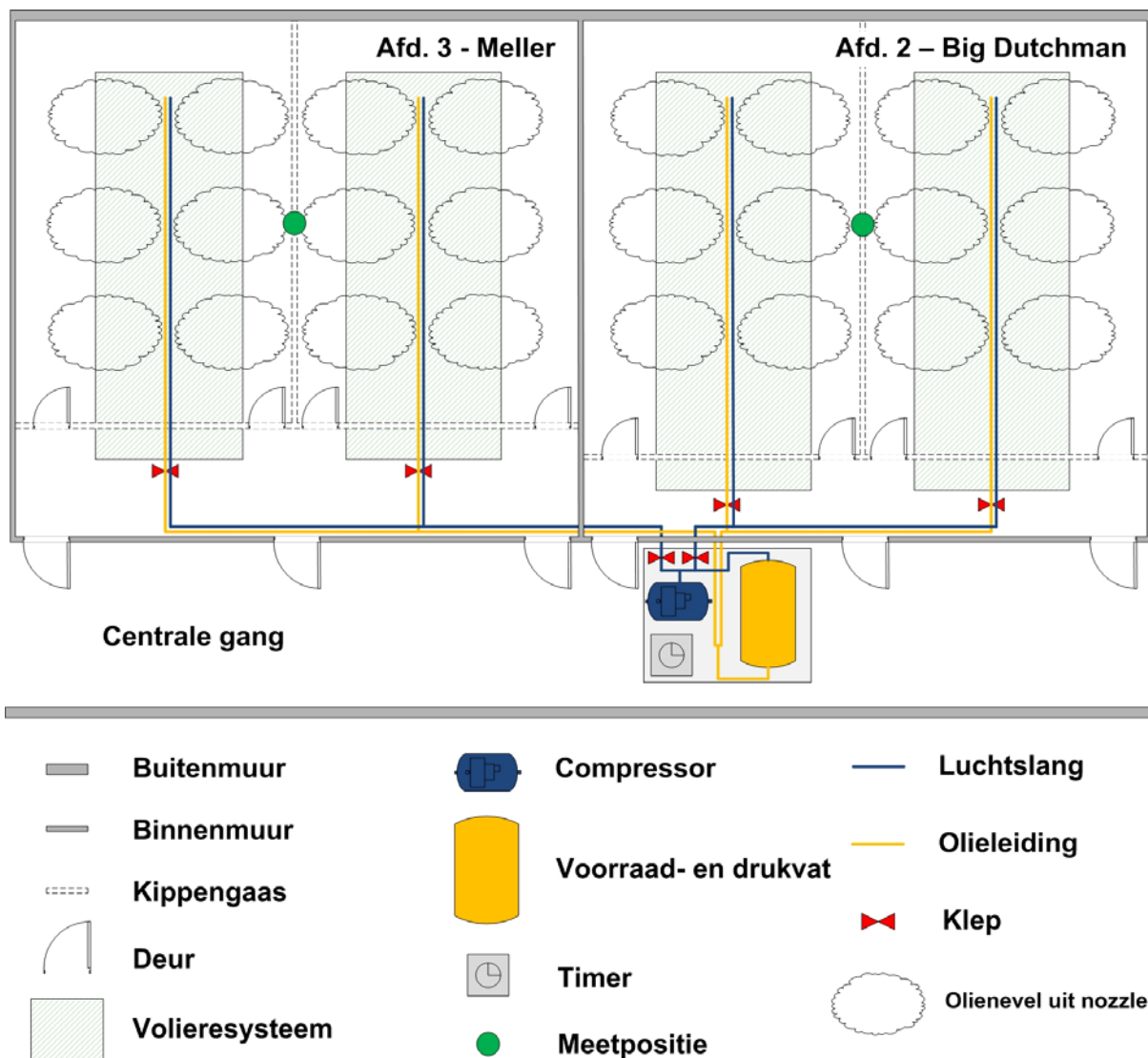
Om de nozzles te kunnen controleren op nalekken is voor aanvang van de proef onder elk paar nozzles een 10 l emmertje gehangen. Na de proef is de nagelekte olie uit de emmertjes terug gewogen.



- A: voorraad-/drukvat met koolzaadolie
- B: compressor voor lucht- en oliedruk
- C: oliepeilslang aan voorraad-/drukvat
- D: luchtdrukslang van compressor naar drukvat
- E: luchtleidingen van compressor naar nozzles/afdelingen
- F: olieleidingen van voorraad-/drukvat naar nozzles/afdelingen
- G: uichtdrukslang van compressor naar kleppen op olieleiding
- H: tijdschakelaar/timer voor regeling kleppen
- I: voeding (220 V) voor de tijdschakelaar/timer (H) via een kabelhaspel
- J: vulpunt van het voorraad-/drukvat
- K: ontluchtingskraantje op het voorraad-/drukvat
- L: luchtdrukgestuurde klep op olieleiding
- M: nozzle
- N: onderste mestband van het voliëresysteem



Figuur 6 Foto's van het oliefilmsysteem met verklaringen van de diverse onderdelen



Figuur 7 Plattegrond van leghennenstal P4 ingezoomd op de onderdelen van het oliefilmsysteem in de centrale gang en twee van de vier afdelingen. Twee identieke afdelingen zonder oliefilmsysteem dienden als controle

3.4 Instelling van het oliefilmsysteem

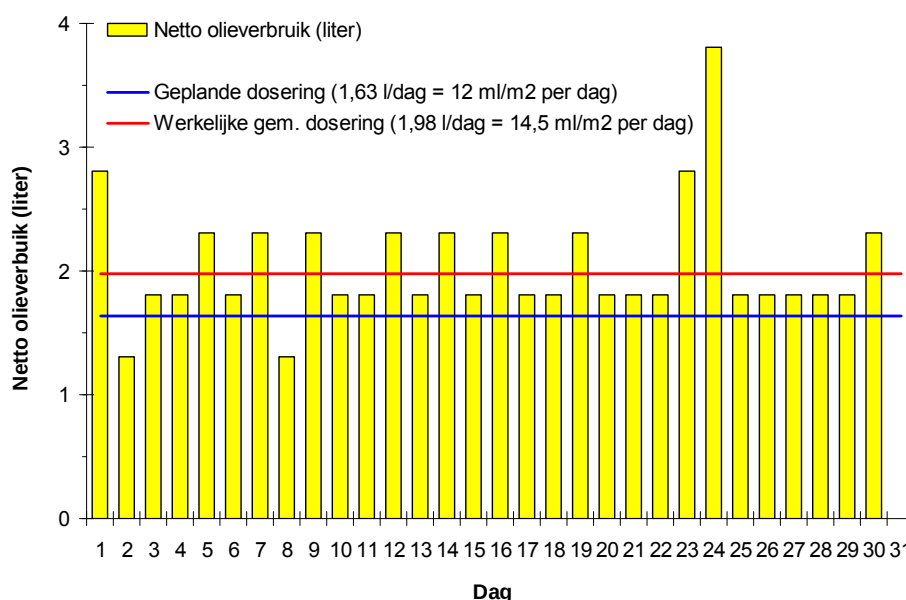
De oliedruk (het reduceerventiel naar het olievat) werd ingesteld op 1,0 bar. De luchtdruk (het reduceerventiel naar de 2 luchtleidingen) werd ingesteld op 1,5 bar. De timer voor de schakelkleppen voor de olie- en luchtleidingen werd ingesteld op 03:30 uur. Dit was ca. 30 minuten voor het aanschakelen van de verlichting. De hennen zaten op dit tijdstip nog op stok in het volièresysteem. Op grond van de specificaties van de nozzle, de toegepaste olie- en luchtdruk en de aan te brengen dosering (dagelijks 12 ml/m²), werd de verneveltijd (tijdrelais) ingesteld op 24 seconden (32 seconden voor lucht). Na het sluiten van de oliekleppen werd 6 seconden nageblazen met lucht om de nozzles te reinigen en druppelen/leken te voorkomen.

4 Resultaten fase 2: testen van het oliefilmsysteem

4.1 Algemeen functioneren en olieconsumptie

Gedurende de proef heeft het oliefilmsysteem goed gefunctioneerd. Door het gebruik van de timer werkte het systeem volautomatisch. Op dag 24 van de proef zijn alle nozzles nog een keer nagelopen en optimaal op het strooisel gericht. Daarna werd een testverneveling uitgevoerd. Op dag 24 is dus tweemaal verneveld.

In Figuur 8 wordt het netto olieconsumptie per dag weergegeven ten opzichte van de geplande dosering. In totaal werd 67 liter koolzaadolie verbruikt (bruto verbruik). Uit de emmertjes onder de nozzles werd in totaal 5,75 liter nagelekte olie teruggewogen. Netto werd $(67 - 5,75 =) 61,25$ liter olie verneveld. Per dag is dit 1,98 liter (ca. 15 ml/m^2) tegen een geplande dosering van 1,63 liter (12 ml/m^2). De verschillen tussen dagen (telkens in eenheden van 0,5 liter) worden veroorzaakt door de aflezing (op halve liters nauwkeurig) op de peilslang (Figuur 6, onderdeel C). Het dagelijkse olieconsumptie was stabiel gedurende de proefperiode.



Figuur 8 Netto olieconsumptie per dag tijdens de proef ten opzichte van de geplande dosering en de gemiddelde dosering. NB: op dag 24 werd in totaal twee maal olie aangebracht

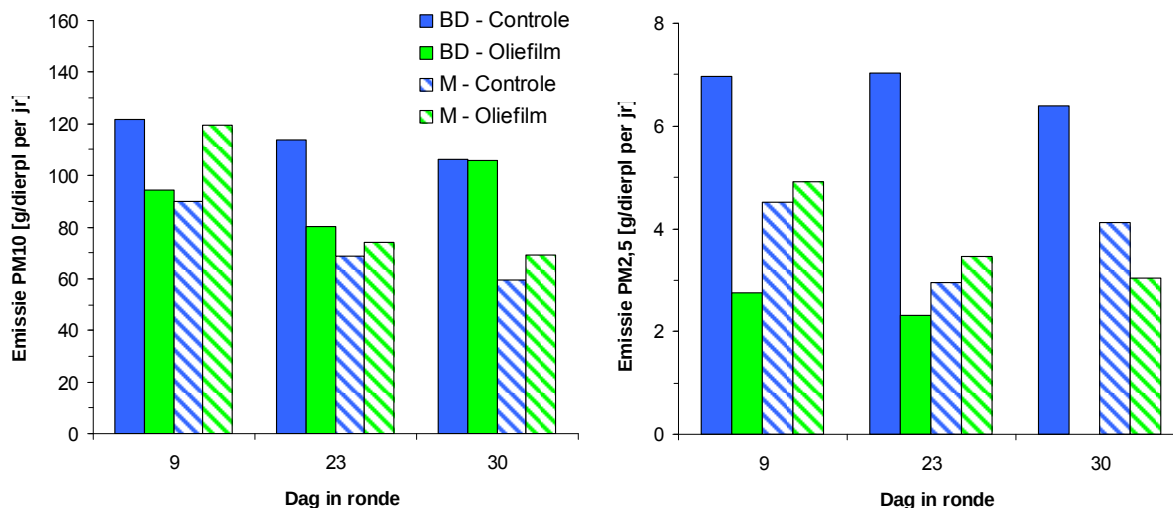
4.2 Fijnstofconcentraties, -emissies en -reducties

Er werd een significant verschil gevonden in PM10 concentraties tussen de beide volièresystemen ($P=0,001$). Verder werd een tendens gevonden voor een interactie tussen oliefilm en volièresysteem ($P=0,095$). De gemiddelde PM10 concentraties van de afdelingen met het Big Dutchman volièresysteem waren $2,66 \text{ mg/m}^3$ voor de controle- en $2,18 \text{ mg/m}^3$ voor de oliefilmafdeling (s.e.d. 0,20). Voor de afdelingen met het Meller volièresysteem was dit respectievelijk $1,54$ en $1,62 \text{ mg/m}^3$ (s.e.d. 0,20).

Ook voor de PM10 emissies werd een significant verschil gevonden tussen de beide volièresystemen ($P=0,028$). Tevens werd er een tendens gevonden voor een interactie tussen oliefilm en volièresysteem ($P=0,075$). De gemiddelde PM10 emissies van de afdelingen met het Big Dutchman volièresysteem waren 114 g/jaar per dierplaats voor de controle- en 93 g/jaar per dierplaats voor de oliefilmafdeling (s.e.d. 12). Voor de afdelingen met het Meller volièresysteem was dit respectievelijk 73 en 87 g/jaar per dierplaats (s.e.d. 12). De gemiddeld berekende PM10 emissiereductie voor het oliefilmsysteem was 18% bij het Big Dutchman volièresysteem en geen reductie bij het Meller volièresysteem.

Voor de PM_{2,5} concentraties werd een significante interactie gevonden tussen oliefilm en voliëresysteem ($P < 0,001$). De gemiddelde PM_{2,5} concentraties in de afdelingen met het Big Dutchman voliëresysteem waren 0,161 mg/m³ voor de controle- en 0,061 mg/m³ voor de oliefilmafdeling (s.e.d. 0,0076). Voor de afdelingen met het Meller voliëresysteem was dit respectievelijk 0,085 en 0,074 mg/m³ (s.e.d. 0,0076).

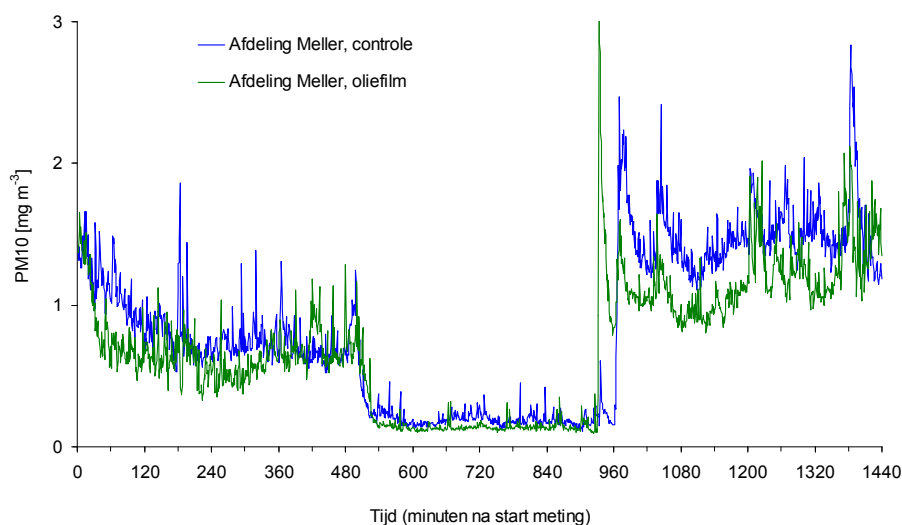
Ook voor de PM_{2,5} emissies werd een significant interactie-effect gevonden tussen oliefilm en voliëresysteem ($P = 0,002$). De gemiddelde PM_{2,5} emissies van de Big Dutchman afdelingen waren 6,82 voor de controle- en 2,41 g/jaar per dierplaats voor de oliefilmafdeling (s.e.d. 0,52). Voor de afdelingen met het Meller voliëresysteem was dit respectievelijk 3,90 en 3,83 g/jaar per dierplaats (s.e.d. 0,52). De gemiddeld berekende PM_{2,5} emissiereductie voor het oliefilmsysteem was 65% bij het Big Dutchman voliëresysteem en geen reductie bij het Meller voliëresysteem.



Figuur 9 Emissies van PM₁₀ (links) en PM_{2,5} (rechts) op dag 8, 23 en 30 van de proef. Massieve staven: afdelingen met het Big Dutchman voliëresysteem. Gestreepte staven: afdelingen met het Meller voliëresysteem. Blauw: controle. Groen: oliefilm

4.3 Verloop PM₁₀ concentratie gedurende de dag

In Figuur 10 wordt het verloop in PM₁₀ concentratie weergegeven voor een oliefilm- en controleafdeling uitgerust met het voliëresysteem van Meller, gedurende 24 uur (van 12:00 tot 12:00 uur) op dag 30 van de proef.

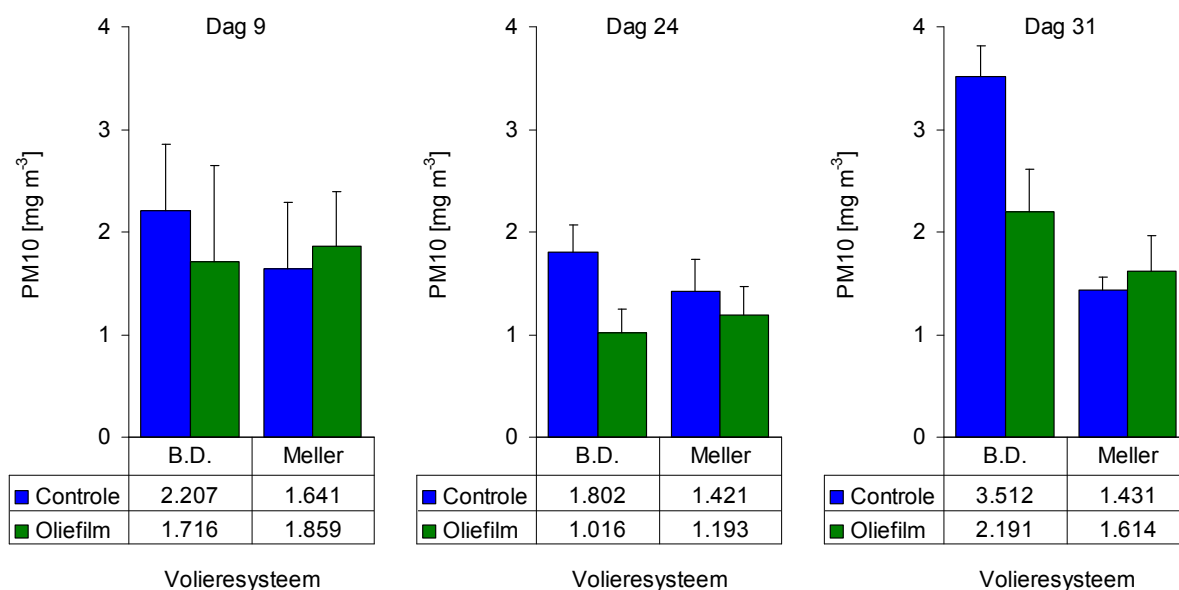


Figuur 10 Typisch dagelijks verloop in de PM₁₀ concentratie in de oliefilm- en controleafdeling uitgerust met het voliëresysteem van Meller, gedurende 24 uur, op dag 30

Duidelijk zichtbaar zijn de licht- en donkerperioden, met hoge PM10 concentraties tijdens de lichtperiode en lage PM10 concentraties tijdens de donkerperiode. De hoogste PM10 concentraties kwamen voor in de ochtend en het begin van de middag, terwijl in de avond de PM10 concentratie geleidelijk afnam.

4.4 Persoonlijke blootstelling aan fijnstof

In Figuur 11 wordt het effect van het oliefilmsysteem op de blootstelling aan PM10 stof weergegeven. Uit de statistische analyse blijkt geen effect van de oliefilm op de persoonlijke stofbelasting ($P=0,162$). Er was een tendens tot een verschil in blootstelling tussen beide volièresystemen ($P=0,075$). Het interactie-effect tussen oliefilm en volièresysteem was niet significant ($P=0,119$). De gemiddelde blootstelling aan PM10 stof in de afdelingen met het Big Dutchman volièresysteem was $2,51 \text{ mg/m}^3$ voor de controle- en $1,64 \text{ mg/m}^3$ voor de oliefilmafdeling (s.e.d. $0,36$). Voor de afdelingen met het Meller volièresysteem was dit respectievelijk $1,50$ en $1,56 \text{ mg/m}^3$ (s.e.d. $0,36$).



Figuur 11 Gemiddelde blootstelling aan PM10 stof per volièresysteem en behandeling op dag 14, 31 en 44 (met standaarddeviaties)

4.5 Technische resultaten

In Tabel 4 worden de gemiddelde productieresultaten weergegeven over de proefperiode van 31 dagen.

Tabel 4 Technische resultaten over de proefperiode van 31 dagen

	Big Dutchman		Meller		Totaal	
	Oliefilm	Controle	Oliefilm	Controle	Oliefilm	Controle
Aantal hennen op dag 0	1151	1143	1116	1111	2267	2254
Gem. hengewicht (kg)	1,815	1,884	1,935	1,906	1,874	1,895
Uitval na 31 dagen (%)	4,3	2,1	2,9	2,2	3,6	2,1
Gem. legpercentage (%)	62,4	61,3	61,7	60,9	62,0	61,1
Gem. eigewicht (g)	63,8	64,6	63,9	64,4	63,9	64,5
Eieren 1 ^e soort (%)	80,9	80,1	79,0	81,6	80,0	80,8
Eieren 2 ^e soort (%)	12,8	13,5	14,0	12,7	13,4	13,1
Eieren struif (%)	3,5	2,5	3,0	2,6	3,3	2,5
Eieren buitennest (%)	2,8	3,9	3,9	3,1	3,3	3,5

Uit de statistische analyse blijkt dat de uitval van hennen in de afdelingen met oliefilm significant hoger was dan in de afdelingen zonder oliefilm ($P=0,014$). Het verschil met de controleafdeling was vooral aanwezig bij de Big Dutchman volière. Er was een tendens tot een interactie-effect ($P=0,10$). Het uitvalspercentage over de proefperiode was 4,3% in de Big Dutchman volière met oliefilm en 2,1% in de controleafdeling. Voor de Meller volière was dit 2,9% in de afdeling met oliefilm en 2,2% in de controleafdeling. Het legpercentage, het gemiddeld eigewicht, het percentage 1^e en 2^e soort eieren en het percentage buitennest eieren werden niet significant beïnvloed door oliefilm of volièresysteem. Er was een tendens tot een hoger percentage struifeieren ($P=0,054$) in de oliefilmafdelingen (3,3% versus 2,5%).

5 Discussie

Functioneren van het oliefilmsysteem

Na de installatie- en optimalisatiefase (fase 1) heeft het oliefilmsysteem tijdens fase 2 zonder problemen gefunctioneerd. Er zijn geen lekkages of storingen opgetreden. Omdat het systeem daarnaast volautomatisch werkte, hoefde geen extra arbeid te worden besteed aan het systeem. Voor de praktijk is dit een belangrijke eigenschap. In praktijkstallen zal het voorraadvat met regelmaat bijgevuld moeten worden en zullen de nozzles enkele keren per jaar moeten worden nagelopen en indien nodig gereinigd of beter naar het strooisel gericht.

Tijdens fase 1 is veel aandacht besteed aan het verminderen van het nalopen van olie uit de nozzles, direct na het aanbrengen van de olie (paragraaf 3.3). Aanvankelijk lekte er, direct na het aanbrengen van de olie en gedurende 10 tot 60 seconden, olie na uit de gaatjes van de nozzles. Daardoor ontstonden er kleine plasjes koolzaadolie op het strooisel onder de nozzles. Dit kwam de strooiselkwaliteit op die plaatsen niet ten goede. De hennen vonden de plasjes bovendien erg interessant en reageerden erop door in de olie te pikken (tijdens testvernevelingen overdag, met de hennen op het strooisel). Hoewel de koolzaadolie natuurlijk (plantaardig) is, is het ongewenst dat de hennen koolzaadolie opnemen i.v.m. eventuele stoornissen van het maagdarmkanaal. De nozzles zijn voorzien van 10 L emmertjes om eventuele lekkages op te vangen.

Door de in paragraaf 3.3 beschreven optimalisaties is het nalekken verminderd. Om het nalekken geheel te voorkomen zouden de leidingen in een ringsysteem kunnen worden uitgevoerd waarbij elke nozzle individueel open en dicht schakelt. Op de ringleiding zou dan continu oliedruk kunnen blijven staan. Dit vergt echter een ander type nozzle (een 'zelfschakelende nozzle') of een schakelklep direct voor elke nozzle.

Fijnstofconcentraties, emissies en emissiereducties

De gemiddelde concentraties en emissies van fijnstof uit de verschillende volièresystemen en behandelingen in dit onderzoek, alsook recent gepubliceerde emissiefactoren voor leghennen in volièrehuisvesting, worden samengevat in Tabel 5.

Tabel 5 Gemiddelde concentraties en emissies van fijnstof en het percentage PM_{2,5} stof in PM₁₀ stof uit de verschillende volièresystemen en behandelingen in dit onderzoek vergeleken met onderzoek naar emissiefactoren voor leghennen in volièrehuisvesting

	Natura Nova, Big Dutchman		BLA, Meller	
	Controle	Oliefilm	Controle	Oliefilm
PM ₁₀ concentratie (mg/m ³)	2,66	2,18	1,54	1,62
PM ₁₀ emissie (g/jaar per dierpl.)	114	93	73	87
PM ₁₀ emissiefactor (g/jaar per dierpl.) ¹⁾			64,6	
PM _{2,5} concentratie (mg/m ³)	0,161	0,061	0,085	0,074
PM _{2,5} emissie (g/jaar per dierpl.)	6,82	2,41	3,90	3,83
PM _{2,5} emissiefactor (g/jaar per dierpl.) ¹⁾			3,8	
PM _{2,5} emissie t.o.v. PM ₁₀ emissie (%) ²⁾	6,0	2,6	5,3	4,4
PM _{2,5} emissie t.o.v. PM ₁₀ emissie (%) ^{1), 2)}			5,9	

¹⁾ Winkel et al. (2009c)

²⁾ Bepaald door de gemiddelde emissie van PM_{2,5} te delen door de gemiddelde emissie van PM₁₀ en te vermenigvuldigen met honderd procent

Verschillen in concentraties en emissie tussen volièresystemen

Uit Tabel 7 blijkt dat de concentraties en emissies van PM₁₀ hoger zijn voor de afdelingen met het Big Dutchman volièresysteem t.o.v. de afdelingen met het Meller volièresysteem. De concentraties en emissies van PM_{2,5} zijn ook hoger voor Big Dutchman (controle) t.o.v. Meller (controle), maar niet voor Big Dutchman (oliefilm) t.o.v. Meller (oliefilm). Dit algemene beeld is in overeenstemming met de resultaten van het onderzoek van Buisson et al. (2009) naar het effect van een oliefilm op het strooisel op de fijnstofemissies, dat in dezelfde stal werd uitgevoerd. In deze studie werden ook lagere PM₁₀ concentraties en emissies vastgesteld in de afdelingen met het Meller volièresysteem. Waarschijnlijk wordt dit verschil voor een belangrijk deel veroorzaakt door de uitvoering van de volièresystemen: het Meller volièresysteem is een portaalsysteem dat als een koepel over de strooiselvloer is opgesteld (zie Tabel 1 en Figuur 2, foto F). Verhoogde stofconcentraties t.g.v.

dieractiviteit op de strooiselvloer worden 'afgeschermd' voor de luchtstroom die via de nok de stal verlaat. Het aandeel 'onbedekt strooiseloppervlak' in de Meller afdelingen bedraagt 31,2 m² (0,028 m²/hen) tegen 42,5 m² (0,037 m²/hen) in de afdelingen met het Natura Nova voliëresysteem (Tabel 1). Voorafgaand aan dit onderzoek werd (in dezelfde afdelingen en met hetzelfde koppel hennen) het effect van ionisatie op de concentraties en emissies van fijnstof onderzocht (Winkel et al., 2009b). In dit onderzoek werden ook hogere concentraties en emissies gevonden voor zowel PM10 als PM2,5 in de Big Dutchman afdelingen t.o.v. de Meller afdelingen. Uit de gedragswaarnemingen tijdens dit onderzoek bleek een tendens te bestaan tot een hoger % stofbadgedrag in de Big Dutchman afdelingen. Dit aspect kan tevens bijgedragen aan het verschil in fijnstofconcentraties en -emissies tussen de beide typen voliëresystemen.

Emissies in relatie tot emissiefactoren

Recent zijn de resultaten van een onderzoeksprogramma gepubliceerd waarin de emissies van leghennen in voliërehuisvesting zijn bepaald (Winkel et al., 2009c). In voornoemde onderzoek werden emissies gemeten uit vier verschillende leghennenstallen waarbij per bedrijf zes 24-uurs metingen werden uitgevoerd, verspreid over het jaar en de legperiode van de dieren. Afgezien van de PM2,5 emissie uit de Big Dutchman + oliefilm afdeling (1 waarde), zijn de in het huidige onderzoek gemeten emissies van PM10 en PM2,5 (7 waardes) hoger dan de emissiefactoren zoals gepubliceerd door Winkel et al. (2009c). De gemeten emissies liggen echter wel op een realistisch niveau. Fase 2 van dit onderzoek werd uitgevoerd in de maanden augustus en september, waarin de ventilatiedebieten doorgaans hoger dan jaargemiddeld zijn. Dit is waarschijnlijk een belangrijke reden voor de enigszins bovengemiddelde emissieniveaus in dit onderzoek. In het huidige onderzoek varieerden de ventilatiedebieten tijdens de stofmetingen van 4,9 tot 6,8 (gem. 5,8) m³/uur per dier (bijlage 2). Deze debieten zijn duidelijk bovengemiddeld t.o.v. de debieten die jaarrond zijn gemeten voor het vaststellen van de emissiefactoren (Winkel et al., 2009c; paragraaf 3.1, Figuur 3).

Emissiereducties

De gemiddelde berekende PM10 en PM2,5 emissiereducties voor het oliefilmsysteem in de Big Dutchman afdeling waren respectievelijk 18% en 65%. In de afdeling met het Meller voliëresysteem werden geen (gemiddelde berekende) reducties gevonden, zowel voor PM10 als PM2,5. Voor de PM10 emissie werd een tendens gevonden voor een interactie tussen oliefilm en voliëresysteem. Voor de PM2,5 emissie werd een significante interactie gevonden tussen oliefilm en voliëresysteem. Het oliefilmsysteem geeft dus alleen een reductie wanneer het wordt toegepast in combinatie met het Big Dutchman voliëresysteem. Dit kan wellicht, evenals het verschil in fijnstofconcentraties en -emissies, worden toegeschreven aan het verschil in uitvoering van het voliëresysteem en het minder vertonen van stofbadgedrag in het Meller voliëresysteem. Doordat het Meller voliëresysteem (portaalsysteem) als koepel over het strooisel is opgesteld en de hennen relatief minder stofbadgedrag vertonen, draagt het strooisel wellicht minder bij aan de totale stofemissie uit dit type voliëresysteem.

In het oriënterende onderzoek van Buissonjé et al. (2009) werd in dezelfde stal dagelijks en handmatig (met behulp van een spuitpistool) een oliefilm aangebracht in een dosering van 20 ml/m². In dit onderzoek werd één gravimetrische stofmeting verricht. Gezien de relatief hoge oliedosering en gelijkmatige verspreiding kunnen deze reductieniveaus als de maximaal haalbare niveaus worden beschouwd. Een vergelijking van de emissiereducties uit beide studies wordt gedaan in Tabel 6.

Tabel 6 Emissiereducties voor PM10 en PM2,5 in het huidige onderzoek en het onderzoek van Buissonjé et al. (2009)

	Big Dutchman		Meller	
	PM10	PM2,5	PM10	PM2,5
Dit onderzoek	18%	65%	geen	geen
Buissonjé et al. (2009)	40%	38%	25%	59%

Uit Tabel 6 blijkt dat de emissiereducties in de huidige studie in drie gevallen lager en alleen voor PM2,5 in de afdeling met het Big Dutchman voliëresysteem hoger was dan in de studie van Buissonjé et al. (2009). De behaalde reducties zijn ook aanzienlijk lager dan de reducties die bij vleeskuikens werden behaald (Aarnink et al., 2008: 58-85% voor PM10 en ca. 80% voor PM2,5; Winkel et al., 2009a: 60% voor PM10 en 80% voor PM2,5).

Voor de lagere reducties in de huidige studie is een aantal mogelijke verklaringen te geven:

- o het oliefilmsysteem in het huidige onderzoek besloeg een relatief kleiner deel van het totale strooiseloppervlak t.o.v. de studies van Buissonjé et al. (2009), Aarnink et al. (2008) en Winkel et al. (2009a). In het huidige onderzoek werd de oliefilm voornamelijk op het strooisel onder het voliëresysteem aangebracht, waar het meeste stofbadgedrag plaatsvindt. Op de onbedekte strooiselvloer rondom de voliërestelling wordt echter ook stofbadgedrag en scharrelgedrag vertoond;
- o ten gevolge van de manier van aanbrengen (zes gerichte nozzles per voliërestelling op 60-80 cm boven het strooisel) werd de oliefilm mogelijk minder gelijkmatig verspreid aangebracht dan in de studie van Buissonjé et al. (2009) (handmatig met een spuitpistool);
- o de oliedosering in het huidige onderzoek ($14,5 \text{ ml/m}^2$) was lager dan in het onderzoek van Buissonjé et al. (2009) (20 ml/m^2);
- o het strooisel draagt bij leghennen in voliërehuisvesting mogelijk in relatief mindere mate bij aan de totale stofemissie dan bij vleeskuikens of leghennen in traditionele scharrelhuisvesting;
- o het strooisel draagt bij nokventilatie (op ca. 6,5 m in leghennenstal P4) mogelijk relatief minder bij aan de totale stofemissie t.o.v. stallen met lengteventilatie (horizontale luchtstroom beneden ca. 4 m) of nokventilatie op een lagere hoogte (bijvoorbeeld door nokventilatoren op ca. 3,5 m in vleeskuikenstal P1; Aarnink et al., 2008; Winkel et al., 2009a). In de situatie van leghennenstal P4 (nokventilatie op ca. 6,5 m) draagt het stof uit het verenkleed van de hennen in en op het voliëresysteem mogelijk belangrijk bij aan de totale stofemissie.

PM_{2,5} emissie t.o.v. PM₁₀ emissie (aandeel PM_{2,5} stof in PM₁₀ stof)

In Tabel 5 wordt de PM_{2,5} emissie uitgedrukt als percentage van de PM₁₀ emissie en vergeleken met de resultaten van Winkel et al. (2009c). In deze studie werd een waarde gevonden van 5,9%. In de studie van Buissonjé et al. (2009) werd eveneens een gemiddelde waarde voor PM_{2,5} stof in PM₁₀ stof gevonden van ca. 6% (range: 4 tot 10%). Uit de vergelijking in Tabel 5 blijkt dat het aandeel PM_{2,5} stof in PM₁₀ stof voor de afdelingen met het Meller voliëresysteem enigszins lager was (0,6 en 1,5 procentpunt) dan beschreven door Winkel et al. (2009c). Voor de controleafdeling met het Big Dutchman voliëresysteem was het aandeel PM_{2,5} stof in PM₁₀ stof gelijk aan de beschreven waarde. Voor de oliefilmafdeling met het Big Dutchman voliëresysteem was het aandeel PM_{2,5} stof in PM₁₀ stof aanzienlijk lager (3,3 procentpunt). Dit is in overeenstemming met de hoge reductie van PM_{2,5} stof (65%) in deze afdeling.

Persoonlijke blootstelling aan PM₁₀

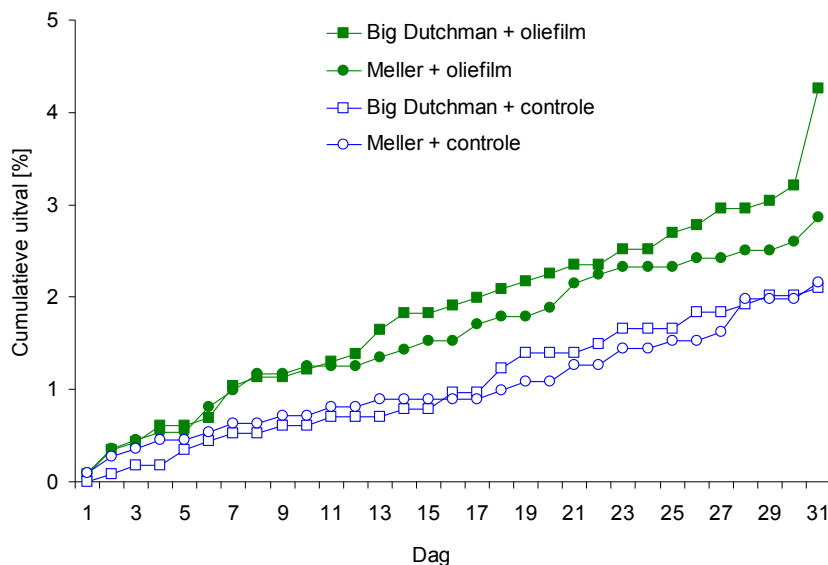
De persoonlijke blootstelling aan PM₁₀ stof werd niet beïnvloed door het aanbrengen van een oliefilm. De blootstelling aan PM₁₀ stof is waarschijnlijk voor een belangrijk deel toe te schrijven aan stof dat door dieractiviteit (o.a. door de aanwezigheid van mensen) uit het strooisel en het verenpak de lucht in wordt gebracht. Het aanbrengen van een oliefilm, zoals uitgevoerd in deze studie, is blijkbaar onvoldoende effectief om dit te verhinderen. Wellicht is bij het droge, rulle strooisel van leghennen (t.o.v. vleeskuikens) een hogere oliedosering nodig.

Technische resultaten

Het legpercentage, het gemiddeld eigewicht, het percentage 1^e en 2^e soort eieren en het percentage buitennesteieren werden niet beïnvloed door het aanbrengen van een oliefilm.

De uitval van hennen in de afdelingen met oliefilm was echter significant hoger dan in de afdelingen zonder oliefilm ($P=0,014$). Dit gold met name voor de afdelingen met het Big Dutchman voliëresysteem (4,3% versus 2,1% uitval) en in mindere mate voor Meller (2,9 versus 2,2% uitval); er was een tendens tot een interactie-effect.

De uitval voor de vier afdelingen gedurende de proefperiode is nog eens cumulatief weergegeven in Figuur 12. Uit deze figuur blijkt dat de uitval vanaf ongeveer dag 7 duidelijk uiteen gingen lopen tussen oliefilm- (groene lijnen) en controleafdelingen (blauwe lijnen).



Figuur 12 Cumulatieve uitval (%) per voliëresysteem en behandeling gedurende de proefperiode

Bij de hogere uitval in de olieafdelingen kan een zestal kanttekeningen worden geplaatst.

1. Bij de vier groepen hennen is voorafgaand aan het huidige onderzoek een experiment verricht waarbij een ionisatiesysteem werd toegepast als stofreductietechniek (Winkel et al., 2009b; zie ook paragraaf 2.1.2). Uit de technische resultaten van dat onderzoek blijkt dat er (de maanden voor het huidige onderzoek) geen verhoogde uitval was in één van de groepen t.o.v. de andere. Wel was de uitval aan de hoge kant bij alle vier groepen hennen. Uit sectie op zeven natuurlijk gestorven hennen bleken deze te zijn gestorven aan besmetting met bloedluis. De verhoogde uitval in de oliefilmafdelingen in het huidige onderzoek is pas ten tijde van het huidige onderzoek opgetreden.
2. De uitval in de oliefilmafdeling met het Big Dutchman voliëresysteem werd negatief beïnvloed door een incidenteel hoge uitval van 12 hennen op de laatste dag van de proef (t.o.v. 0 tot 3 hennen in de andere afdelingen). Hiervoor is geen duidelijke oorzaak gevonden.
3. Bedacht moet worden dat de hennen bij aanvang van fase 2 van dit onderzoek 89 weken + 1 dag oud waren. In leghennenstallen in de praktijk worden de hennen op een leeftijd van maximaal ca. 75 weken afgevoerd. Ondanks dat de hennen niet waren geruid, zaten ze nog goed in de veren en was de uniformiteit en conditie van de hennen vrij goed. De relatief hoge leeftijd van de hennen vertaalde zich wel in lage legpercentages (bijlage 3; gem. 64,3% in de eerste en 60,1% in de laatste week van de proef) en een verhoogde uitval. De hennen waren enigszins sloom en zaten vrij veel. Tijdens de tweede week van fase 1 zijn vier hennen voor sectie aangeboden. Hierbij werden bacteriële infecties van eileider en buikvlies en pootproblemen (calciumtekort) vastgesteld. Daarop is extra vitamine D en calcium verstrekt. Op dag 2 en dag 9 van fase twee is sectie en mestonderzoek uitgevoerd. Hieruit bleek dat de mest van de hennen vrij hoge aantallen spoelwormeieren bevatte. Dit was een opleving van een infectie waartegen de dieren al tijdens de eerste twee weken van het voorafgaande ionisatie-experiment waren behandeld (Winkel et al., 2009b). Tijdens dit onderzoek werd tevens een verhoogde uitval t.g.v. besmettingen met bloedluis vastgesteld. Kortom, door de hoge leeftijd en een aantal gezondheidsproblemen zijn de hennen gevoeliger voor uitval geweest. Mogelijk dat de gezondheidsproblemen toevallig hoger waren in de twee afdelingen waarin de oliefilm werd aangebracht.
4. Uit testen met het oliefilmsysteem overdag bleek dat de hennen (zowel onder als in en op het voliëresysteem) geen vrees hadden voor het gesis en de nevel die met het aanbrengen van de oliefilm gepaard ging. Tijdens de proef werd de oliefilm echter om ca. 15:30 uur (in het donker, 30 minuten voor het aanschakelen van de verlichting) aangebracht. Rond dit tijdstip zitten de hennen normaliter in het voliëresysteem en is het donker. Er zijn geen gedragswaarnemingen verricht rond het tijdstip van vernevelen. In de continue PM10 data uit de DustTrak metingen zijn geen duidelijke stofpieken waarneembaar rond het tijdstip van vernevelen, behalve tijdens meting 3 op dag 30 (zie

Figuur 10). Het is niet waarschijnlijk dat de verhoogde uitval is veroorzaakt door schrikreacties t.g.v. het aanbrengen van de oliefilm aan het einde van de donkerperiode.

5. Het is niet waarschijnlijk dat er hennen hinderlijk zijn geraakt door de olienevel (bijvoorbeeld in de ogen of neusgaten). Tijdens de nacht zullen de hennen in het volièresysteem hebben gezeten. Aan de uitgevallen hennen en de hennen waarop sectie is gepleegd, zijn geen bijzonderheden (bijvoorbeeld irritaties of ontstekingen aan ogen) vastgesteld.
6. Direct na het aanbrengen van de oliefilm trad enige lekkage op uit de nozzles. Dit werd opgevangen in emmertjes (zie Figuur 6). De hennen konden niet in de emmertjes pikken of uit de emmertjes drinken. Er is later waargenomen dat er hennen waren die dit toch probeerden (pers. mededeling, bedrijfsleider PC Het Spelderholt). Het kan niet worden uitgesloten dat het sommige hennen toch is gelukt koolzaadolie uit de emmertjes op te nemen met een hogere uitval in deze afdelingen tot gevolg.

Samenvattend is het onduidelijk of er een oorzakelijk verband bestaat tussen het aanbrengen van de oliefilm en de hogere uitval in deze afdelingen. De proef is uitgevoerd met relatief oude hennen met een aantal gezondheidsproblemen. Daardoor waren de dieren gevoeliger voor uitval. Uit de beschikbare gegevens kan niet zonder meer geconcludeerd worden dat het aanbrengen van een oliefilm bij leghennen in volièrehuisvesting tot een verhoogde uitval leidt. Bij eventueel vervolgonderzoek naar het aanbrengen van een oliefilm bij leghennen zal aan het aspect van uitval ruimschoots aandacht moeten worden besteed.

6 Conclusies

Uit dit onderzoek kunnen de volgende conclusies worden getrokken:

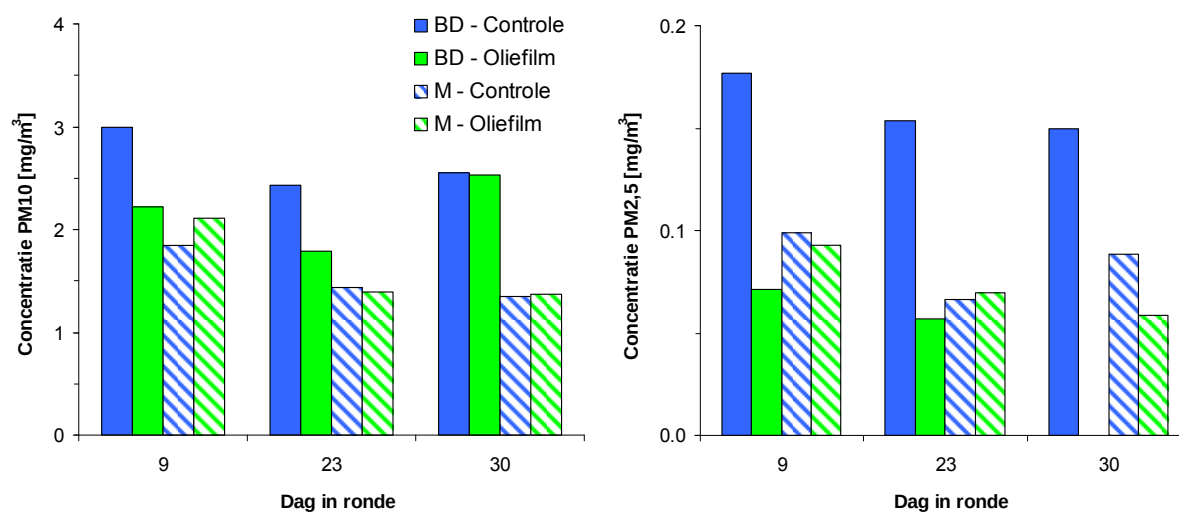
- o het oliefilmsysteem, zoals ontwikkeld, geïnstalleerd, geoptimaliseerd en toegepast in het experiment van dit onderzoek, functioneerde volautomatisch en probleemloos;
- o het oliefilmsysteem kan verder worden verbeterd door deze uit te voeren in een ringleiding voor olie (met continue oliedruk) waarbij geschakeld wordt met de nozzle zelf of door een schakelklep vlak voor elke nozzle. Hiermee kan het optreden van lekkages na het aanbrengen van de oliefilm waarschijnlijk geheel worden voorkomen;
- o het oliefilmsysteem reduceerde de emissies van PM10 en PM2,5 in de afdeling met het Big Dutchman voliëresysteem met respectievelijk 18 en 65%. In de afdeling met het Meller voliëresysteem werden echter geen emissiereducties voor PM10 of PM2,5 gevonden;
- o concentraties en emissies van fijnstof zijn aanzienlijk lager voor het Meller voliëresysteem t.o.v. het Big Dutchman voliëresysteem. Het verschil in stofniveaus tussen beide voliëresystemen hangt waarschijnlijk samen met de mate van afscherming van het strooiseloppervlak van de luchtstroming door de stal. Het toegepaste Meller voliëresysteem is een portaalsysteem dat als een koepel over het strooisel staat opgesteld. Dit principe kan mogelijk benut worden voor stofarme ontwerpen voor voliëresystemen;
- o het oliefilmsysteem heeft geen effect op de persoonlijke blootstelling aan PM10 in de stal;
- o het oliefilmsysteem heeft geen effect op het leggerpercentage, het gemiddeld eigewicht, het percentage 1^e en 2^e soort eieren en het percentage buitennesteieren;
- o in de afdelingen met het oliefilmsysteem werd een hogere uitval gevonden. Onduidelijk is of er een oorzakelijk verband bestaat tussen de hogere uitval en het aanbrengen van de oliefilm. Verder onderzoek zal dit moeten uitwijzen.

Literatuur

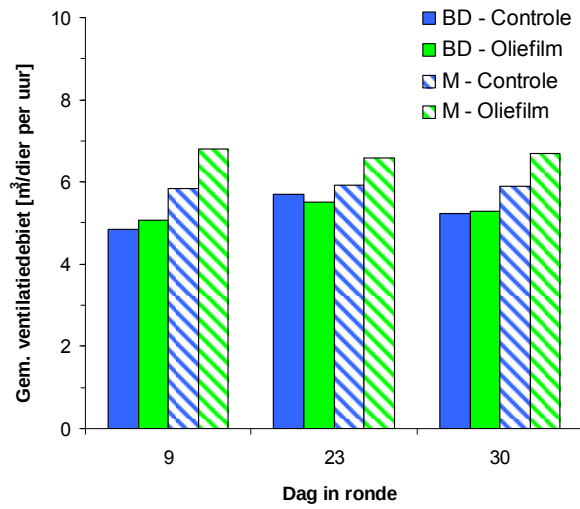
- Aarnink, A.J.A., J. van Harn, T.G. van Hattum, Y. Zhao, J.W. Snoek, I. Vermeij and J. Mosquera. 2008. Reductie stofemissie bij vleeskuikens door aanbrengen oliefilm. Rapport 154, Animal Sciences Group, Wageningen UR.
- Buissonjé, F.E. de, N.G.J. Hannink, G. Vunderink, F. Pouls, J. Mosquera Losada, A.J.A. Aarnink. 2009. Maatregelen ter vermindering van fijnstofemissie de pluimveehouderij; effect van een oliefilm op het strooisel in volièrehuisvesting voor leghennen. Rapport 195, Animal Sciences Group, Wageningen UR.
- 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.
- CIGR, 2002. 4th Report of Working Group on Climatization of animal houses. Heat and moisture production at animal and house levels (eds. Pedersen, S. and K. Sällvik).
- Milieu en NatuurCompendium, 2008. Emissies koolmonoxide, fijn stof en VOS per doelgroep (NEC). <http://www.milieuennatuurcompendium.nl/indicatoren/nl0181-CO%2C-fijn-stof%2C-en-VOS-emissies-per-doelgroep%2C-volgens-NEC.html?i=14-70>. Bezocht op 18 november 2009.
- NEN-EN 12341. 1998. Luchtkwaliteit - bepaling van de pm10 fractie van zwevend stof - referentiemethode en veldonderzoek om de referentiegeijkwaardigheid 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.
- Pedersen, S., V. Blanes-Vidal, H. Joergensen, A. Chwalibog, A. Haeussermann, M.J.W. Heetkamp and A.J.A. Aarnink. 2008. Carbon dioxide production in animal houses: A literature review. Agricultural Engineering International: CIGR Ejournal. Manuscript BC 08 008, Vol. X. December, 2008.
- Ogink, N.W.M., A.J.A. Aarnink. 2009. Plan van aanpak bedrijfsoplossingen voor fijnstofreductie in de pluimveehouderij. Rapport 113, Animal Sciences Group, Wageningen UR.
- 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.
- Zhao, Y., A.J.A. Aarnink, P. Hofschreuder, and P.W.G. Groot Koerkamp. 2009. Validation of cyclone as a pre-separator for airborne dust sampling in animal houses. Journal of Aerosol Science, Vol. 40, Issue 10, October 2009, pp. 868-878.
- Winkel, A., M. Cambra-López, J. van Harn, T.G. van Hattum, A.J.A. Aarnink. 2009a. Maatregelen ter vermindering van fijnstofemissie uit de pluimveehouderij: optimalisatie van een oliefilmsysteem bij vleeskuikens. Rapport 204, Animal Sciences Group, Wageningen UR.
- Winkel, A., R.A. van Emous, R. Kwikkel, N.W.M. Ogink, A.J.A. Aarnink. 2009b. Maatregelen ter vermindering van fijnstofemissie uit de pluimveehouderij: ionisatie bij leghennen in volièrehuisvesting. Rapport 285, Wageningen UR Livestock Research. In concept.
- Winkel, A., J. Mosquera, J.M.G. Hol, G.M. Nijeboer, N.W.M. Ogink, A.J.A. Aarnink. 2009c. Fijnstofemissie uit stallen: leghennen in volièrehuisvesting. Rapport 278, Wageningen UR Livestock Research.

Bijlagen

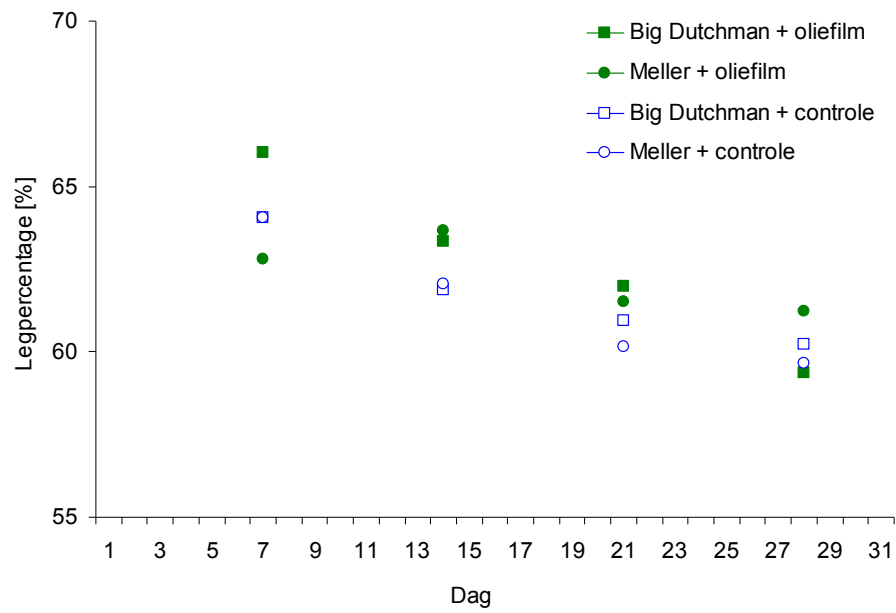
Bijlage 1 Gem. concentraties van PM10 en PM2,5 tijdens de metingen



Bijlage 2 Gemiddelde ventilatiedebieten tijdens de metingen



Bijlage 3 Legpercentage (weekgemiddelden) per volièresysteem en behandeling



Bijlage 4 Foto van het spraybeeld bij 1,5 bar (luchtdruk) en 1,0 (oliedruk)



Toelichting:

- er ontstaan geen natte plakken op het kuikenpapier
- er is sprake van een fijne en gelijkmatige druppelverdeling
- de breedte van de worp bedraagt ca. 1,5 m, waarvan de kern van 60 cm breed het meest intensief wordt bevochtigd
- de lengte van de worp bedraagt ca. 2,5 m
- er treedt geen 'driften' van de olienevel op



Wageningen UR Livestock Research

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

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