

# Wageningen UR Livestock Research

*Partner in livestock innovations*



Rapport 348

Maatregelen ter vermindering van  
fijnstofemissie uit de pluimveehouderij;  
alternatieve manieren van aanbrengen oliefilm  
op strooisel

Maart 2010



**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](mailto: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 (formeel ASG Veehouderij BV) aanvaardt geen aansprakelijkheid voor eventuele schade voortvloeiend uit het gebruik van de resultaten van dit onderzoek of de toepassing van de adviezen.

Wageningen UR Livestock Research, formeel 'ASG Veehouderij BV', vormt samen met het Centraal Veterinair Instituut en het Departement Dierwetenschappen van Wageningen Universiteit de Animal Sciences Group van Wageningen UR.

Losse nummers zijn te verkrijgen via de website.



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

### Abstract

In this desk study alternative ways of oil application to reduce dust emission from poultry houses were investigated.

### Keywords

Oil film, dust reduction, poultry

### Auteurs

R. Slingerland, A. van 't Ooster, J. van Harn, T.G. van Hattum en A.J.A. Aarnink

### Titel

Maatregelen ter vermindering van fijnstofemissie uit de pluimveehouderij; alternatieve manieren van aanbrengen oliefilm op strooisel  
Rapport 348

### Samenvatting

In deze deskstudie zijn alternatieve manieren onderzocht om olie aan te brengen op strooisel voor stofreductie in pluimveestallen.

### Trefwoorden

Oliefilm, stofreductie, pluimvee



LIVESTOCK RESEARCH

WAGENINGEN UR

Rapport 348

Maatregelen ter vermindering van  
fijnstofemissie uit de pluimveehouderij;  
alternatieve manieren van aanbrengen oliefilm  
op strooisel

Measures to reduce fine dust emissions from  
poultry houses; alternative ways of oil film  
application on litter

R. Slingerland  
A. van 't Ooster  
J. van Harn  
T.G. van Hattum  
A.J.A. Aarnink

Maart 2010



## 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 voor fijnstof beschikbaar. Wageningen UR Livestock Research werkt binnen een plan van aanpak aan maatregelen en technieken die de fijnstofemissie uit pluimveestallen substantieel reduceren.

Eén van deze technieken is het aanbrengen van een oliefilm op het strooisel. In eerder onderzoek werd een oliefilmsysteem ontwikkeld voor toepassing in stallen voor vleeskuikens. In dit systeem werd de olie verneveld via een vaste leiding op ruime hoogte boven de vloer om een goede verspreiding van de olie mogelijk te maken. Een nadeel van dit systeem is dat de gehele inrichting van de stal wordt bevuild met een dun laagje olie. Hierdoor is meer tijd nodig om de stal schoon te maken. Voor leghennen in volière- en scharrelstallen is nog geen systeem beschikbaar. In deze systemen is het nog belangrijker dat de inrichting niet wordt bevuild met olie.

In deze studie is onderzocht of er andere manieren zijn om de olie aan te wenden in stallen voor vleeskuikens en leghennen, waarbij voorkomen wordt dat de inrichting wordt bevuild met een laagje olie. In een tweetal brainstormsessies zijn een aantal perspectiefvolle systemen naar voren gekomen. Het meest perspectiefvolle systeem is vervolgens getest. Bij deze willen wij de firma Intercontinental bedanken voor hun bijdrage aan de brainstorm en voor hun bijdrage aan de uitvoering van de testen. Ook willen wij onze collega's van Wageningen UR Livestock Research, Sjoerd Bokma, Hilko Ellen, Albert Winkel en Rick van Emous bedanken voor hun bijdrage aan de brainstormsessie.

Dit rapport is een samenvatting van de Masters scriptie van Reino Slingerland. Wij willen Reino hierbij van harte bedanken voor zijn inzet in dit onderzoek.

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



## Samenvatting

Om te kunnen voldoen aan de Europese norm voor fijnstofconcentraties in de buitenlucht is voor de pluimveehouderij een Plan van Aanpak ontwikkeld om de uitstoot van fijn stof terug te dringen. In dit kader is onderzoek uitgevoerd naar vermindering van stofemissie door het aanbrengen van een oliefilm op het strooisel in de stal. De oliefilm wordt daarbij aangebracht door het dagelijks kortstondig vernevelen van olie via een drukleiding met vernevelkoppen. Deze techniek is zowel onderzocht in vleeskuikenstallen als in volièrestallen voor leghennen. De ontwikkeling bij vleeskuikens is zodanig perspectiefvol dat begin 2009 de stap tot validatie-onderzoek in de praktijk kon worden gemaakt.

Een nadeel van het huidige oliefilmsysteem, waarbij de olie van bovenaf wordt verneveld, is dat de gehele inrichting van de stal wordt bedekt met een dun laagje olie. Dit vraagt extra tijd voor het reinigen van de stal. Daarnaast kan door deze manier van aanwenden een deel van de olie verloren gaan via de ventilatielucht, vooral bij hoge ventilatiedebieten. Alternatieve manieren van het aanbrengen van de oliefilm is des te relevanter voor volière- en scharrelstallen voor leghennen. In deze stallen is het zeer ongewenst om de oliefilm van bovenaf aan te brengen, aangezien de inrichting van deze stallen zeer moeilijk te reinigen zijn.

De doelstelling van dit onderzoek was om alternatieven te zoeken voor het aanbrengen van een oliefilm in strooiselstallen voor vleeskuikens en leghennen. Deze alternatieve technieken moeten voorkomen dat de inrichting wordt bevuild met olie. Het rapport bestaat uit twee onderdelen. In het eerste onderdeel wordt het methodisch ontwerp proces beschreven. Het doel van deze fase is om op basis van een programma van eisen en met behulp van inbreng van diverse specialisten te komen tot alternatieve manieren van aanwenden van de oliefilm. Belangrijk hierbij is dat het systeem voorkomt dat de gehele inrichting wordt bedekt met een laagje olie. Op basis van de resultaten in de ontwerpfase wordt het meest perspectiefvolle systeem geselecteerd voor verder onderzoek. In het tweede onderdeel van dit rapport worden de testen beschreven die aan dit prototype zijn verricht. Belangrijke vragen die daarbij beantwoord moeten worden zijn: welke olieverniveelaars moeten worden gebruikt; hoe is de verdeling van de olie over het strooiseloppervlak afhankelijk van olie- en luchtdruk; wat is de invloed van het systeem op de dieren; wat is de invloed van de luchtstroom op de olieverniveeling?

Op basis van de methodische ontwerpprocedure waarbij gebruik is gemaakt van kennis van verschillende deskundigen kan geconcludeerd worden dat de hierna volgende systemen het meeste perspectief bieden.

Voor toepassing in vleeskuikenstallen:

1. Monorailsysteem met voorraadtank; het monorailsysteem bevat een verticale vaste buis bevestigd aan een (mono)rail. Aan de buis is dicht bij het strooisel een spuitboom bevestigd. De monorail kan door de stal rondom de voer- en waterleidingen heen slingeren of baan voor baan afleggen (heen en terug via dezelfde rail).
2. ScanFeeder; de ScanFeeder is een voer- en drinksysteem dat zich zeer langzaam voortbeweegt over de breedte van de stal. Aan dit mobiele systeem kan een olieleiding met verniveelaars worden gekoppeld.
3. In hoogte verstelbare olielijn; de olielijn wordt los van de voer- en waterlijnen opgehangen aan een katrolsysteem in de stal. Zo kan de olieleiding op de juiste werkhoogte worden gehangen en worden opgelierd tijdens (schoonmaak)werkzaamheden.

Voor toepassing in volière- en scharrelstallen voor leghennen:

1. Monorailsysteem met voorraadtank; voor de beschrijving zie hiervoor.
2. Olierobot; de olierobot is een autonoom systeem wat zich verplaatst door de stal langs een gepland pad. Bakens zorgen ervoor dat de robot weet waar het zich bevindt. De robot is voorzien van een voorraadtank voor de olie. Een spuitboom (met kap) zorgt ervoor dat alleen het strooisel besproeid wordt.
3. Vaste leiding bevestigd onder de volières of aan de beun in scharrelhuisvesting.

De ScanFeeder is afgevalen als optie, aangezien het bedrijf dat het systeem heeft ontwikkeld niet geïnteresseerd was om dit systeem verder door te ontwikkelen. De in hoogte verstelbare olielijn is geïmplementeerd bij één van de pluimveehouders waar het oliefilmsysteem in een praktijkstal wordt gevalideerd. Op basis van ervaringen tot nu toe kan worden geconcludeerd dat het in hoogte verstelbaar maken van de olielijn een verbetering is ten opzichte van een vaste lijn, aangezien dit meer flexibiliteit geeft om de olieverniveeling af te stemmen op de luchtstroming in de stal. Het

monorailsysteem kwam in de ontwerpfase als beste optie naar voren zowel voor vleeskuikens als voor leghennen. Daarom is dit systeem in het kader van dit project verder onderzocht. De olierobot zal in een apart traject verder worden ontwikkeld. Het systeem met een vaste olieleiding onder de volières is in onderzoek genomen in een ander project en onderzocht in stal P4 van Het Spelderholt.

In een vervolg op de ontwerpfase zijn een aantal experimenten uitgevoerd om de monorail inpasbaar te maken in vleeskuikenstallen en als vervolg daarop ook in volière- en scharrelstallen voor leghennen. De belangrijkste resultaten van de experimenten aan het monorailsysteem worden hierna puntsgewijs weergegeven:

- Voor een monorailsysteem komen 2 vernevelaars in aanmerking: de kegelvormige vernevelaar en de vlakstraal vernevelaar.
- Het beste sproeibeeld bij een kegelvormige vernevelaar werd gevonden bij een luchtdruk van 0,6 en een oliedruk van 0,7 bar. Bij de vlakstraal vernevelaar werd het beste sproeibeeld gevonden bij een luchtdruk van 0,7 – 0,8 en een oliedruk van 0,7 bar. De vlakstraal vernevelaar kan zowel verticaal worden geplaatst, waarbij de olie naar de vloer wordt gesproeid, als onder een hoek van 45° naar de vloer gericht.
- De vlakstraal vernevelaar genereert voor de meeste instellingen een te grote druppel en veel variatie in druppelgrootte. Alleen bij een luchtdruk van 0,8 en een oliedruk van 0,7 was de druppelgrootte en de homogeniteit acceptabel. De kegelvormige vernevelaar heeft een betere druppelgrootte en minder variatie in de druppelgrootte.
- De sproei breedte is beduidend groter bij de vlakstraal vernevelaar ten opzichte van de kegelvormige vernevelaar (ca. 85 cm versus 50 cm).
- Kegelvormige vernevelaars moeten voor een goede verdeling van de olie haaks op de looprichting van de sproeiboom maximaal 30 cm uit elkaar worden geplaatst. Voor vlakstraal vernevelaars is dit maximaal 75 cm. De variatie bij de vlakstraal vernevelaar was echter vrij groot tussen de metingen.
- De olieopbrengst van de vernevelaar is niet afhankelijk van de lengte van de olieleiding. Dit impliceert dat er vrijwel geen drukverlies optreedt over de leiding.
- Er werd geen schrikreactie waargenomen bij het vernevelen van olie met behulp van een bewegende spuitboom op 1 m boven de strooiselvloer. De meeste vleeskuikens gingen netjes aan de kant voor de sproeiboom waardoor deze ongestoord de olie op het strooisel kan aanbrengen.
- Hoge ventilatiedebieten geven relatief hoge luchtsnelheden in de stal en deze hebben een belangrijke invloed op het sproeibeeld. In dat geval kan een belangrijk deel van de nevel meegevoerd worden met de luchtstroom.

Uit dit onderzoek kan geconcludeerd worden dat er verschillende mogelijkheden zijn om de olie dicht bij het strooisel aan te brengen, waardoor de inrichting niet bevuild wordt met een laagje olie. Het monorailsysteem komt hierbij als meest perspectiefvol naar voren, voor zowel vleeskuikens als leghennenstallen.

Op basis van deze studie worden de volgende aanbevelingen gedaan:

1. Verder onderzoek is gewenst naar de technische inpassing van het monorailsysteem in vleeskuikenstallen en volière- en scharrelstallen voor leghennen.
2. In het onderzoek genoemd onder punt 1 moet bekeken worden of de inrichting vrij blijft van olie. De mindere schoonmaakkosten zullen de extra investeringskosten immers moeten compenseren.
3. Twee systemen zijn in dit rapport niet verder bekeken, maar bieden wel perspectief om nader te onderzoeken, dit zijn:
  - a. een olierobot voor toepassing in volière- en scharrelstallen voor leghennen;
  - b. een vaste olieleiding, bevestigd onder de volières in volièrestallen of aan de beun in scharrelstallen.



## Summary

To fulfill the requirements of the EU standards for fine dust concentrations in the outside air a Plan of Action has been developed to reduce fine dust emissions from poultry houses. Within this framework a study was performed to reduce dust emission by application of an oil film on top of the bedding in broiler and layer houses. The oil film is applied by short daily sprayings of oil by a fixed pressure tube and spraying nozzles. The development in broilers was that promising that in the beginning of 2009 the system was installed on practical farms.

A disadvantage of the present oil film system, in which the oil is sprayed from a certain height, is that the equipment inside is covered with a thin layer of oil. This requires extra labour for cleaning the house. Furthermore, in this way of spraying a part of the oil can be lost by the ventilation air, especially at high air flow rates. Alternative ways of applying the oil is even more relevant for aviary and floor housing systems for layers. In these houses it is very undesirable to apply the oil from above, because the equipment inside is very difficult to clean.

The objective of this study was to search for alternative ways to apply an oil film in houses with bedded floors for broilers and layers. These alternative techniques should prevent fouling of the equipment with a layer of oil. This report consists of two parts. In part 1 the methodological designing process is described. The objective of this phase is to design alternative ways of oil film application, based on a program of requirements and on the input of experts in this field. An important requirement is that the system prevents fouling of the equipment in the poultry house to be fouled with a layer of oil. Based on the results of the design process the most promising system will be selected for further research. In part 2 of the report the tests with the prototype are described. The most important questions that need to be answered are: which nozzles should be used for spraying oil; how is the distribution of the oil on the bedded floor depending on oil and air pressure; what is the influence of the system on the animals; what is the influence of ventilation on the oil distribution.

Based on the methodological design process, in which knowledge from different experts was used, it can be concluded that the following systems are most promising.

For use in broiler houses:

1. Monorail system with oil tank; the monorail system contains a vertical pipe connected to the (mono) rail. Close to the bedding, a spraying beam is connected to the pipe. The monorail can run through the animal house, making curves around the feeding and drinking lines or are running lane for lane (going forth and back at the same rail).
2. ScanFeeder; the ScanFeeder is a feeding and drinking system that moves very slowly over the width of the animal house. An oil tube with nozzles can be connected to this system.
3. Flexible oil line; the oil line is separately hung up from the feeding and drinking lines with a pulley system. In this way the oil tube can be hung on the right working height and is raised during (cleaning) work.

For use in aviary and floor houses for layers

1. Monorail system with oil tank; see before for the description.
2. Oil robot; the oil robot is an autonomous system that moves through the animal house along a fixed pathway. Beacons give the robot its position. The robot is equipped with a storage tank for oil. A spraying beam (with cap) makes sure that only the bedding is sprayed with oil.
3. Fixed oil line fixed underneath the tiers of aviary and floor housing systems.

The ScanFeeder was skipped as an option, while the company that developed this system was not interested to put more effort in further development of the system. The flexible oil line was implemented on a practical farm where the oil film system was validated. Based on experiences so far it can be concluded that the flexible oil line is an improvement compared to the fixed oil line, because of the higher flexibility to adjust the oil spraying depending on the air stream inside the animal house. In the design process the monorail system came up as the best option, for broilers as well as for layers. Therefore, within the framework of this project, this system was studied further. The oil robot will be further investigated in a separate route. The system with a fixed oil line underneath the aviaries has been included in another project and is studied in layer house P4 of Het Spelderholt.

In a follow up study a few experiments have been done with the monorail system to make this system ready for implementation in houses for broilers and layers. The main results of the experiments with the monorail system were as follows:

- For a monorail system two nozzles are suitable: the round spray nozzle and the flat spray nozzle.
- The optimal spraying pattern with the round spray nozzle was found at a air pressure of 0.6 and an oil pressure of 0.7 bar. With the flat spray nozzle the optimal spraying pattern was found at an air pressure of 0.7 – 0.8 bar and an oil pressure of 0.7 bar. The flat spray nozzle can be placed vertically, spraying the oil in the direction of the floor, or under an angle of 45°.
- The flat spray nozzle generated too big particles for most pressures and a high variation in droplet size. Only at an air pressure of 0.8 bar and an oil pressure of 0.7 bar the droplet size and the homogeneity was acceptable. The round spray nozzle has a more optimal and less variation in droplet size.
- The spraying width is considerably larger for the flat spray nozzle then for the round spray nozzle (ca. 85 cm versus 50 cm).
- For an equal distribution of the oil the round spray nozzles should be placed at a maximum distance of 30 cm; for the flat spray nozzles the maximum distance was 75 cm. The variations for the flat spray nozzle, however, were pretty large between the different measurements.
- The amount of oil sprayed was not depending on the length of the oil tubes. This implicates that there is almost no pressure loss over the oil tube.
- No fright reactions of the broilers occurred when oil was sprayed with a moving spraying beam at 1 m above the bedded floor. Most broilers moved gently aside when the spraying beam passed by. In this way the spraying beam was not disturbed by the birds during spraying.
- High air flow rates causes high air speeds inside the broiler house and this affects the spraying pattern. In this case an important part of the oil is moved with the airstream.

From this study it can be concluded that there are different possibilities to apply the oil close to the bedded floor. In this way the equipment inside the house is not fouled with a layer of oil. The monorail system seems most promising for broilers, as well as for layers.

Based on this study the following was recommended:

1. Further study is required on the technical implementation of the monorail system in broiler houses and aviary and floor housings for layers.
2. In the study mentioned under point 1 it should be observed whether the equipment is kept free from the oil. Less cleaning costs should compensate for the higher investment costs.
3. Two systems were not further studied within the framework of this study, but have high perspectives and should be further investigated:
  - a. an oil robot for aviary and floor housings for layers;
  - b. a fixed oil line, fixed underneath the tiers in aviary and floor housings.

# Inhoudsopgave

Voorwoord

Samenvatting

Summary

<b>1</b>	<b>Inleiding</b> .....	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>Methodisch ontwerp van oliefilmsystemen</b> .....	<b>2</b>
2.1	Eisen aan het oliefilmsysteem .....	2
2.2	Brainstormsessie.....	3
2.3	Conclusies ontwerpfase .....	6
<b>3</b>	<b>Materiaal en methode experimenten</b> .....	<b>7</b>
3.1	Materialen .....	7
3.1.1	Oliefilmsysteem.....	7
3.1.2	Accommodatie en dieren .....	8
3.1.3	Proefopzet.....	8
3.2	Methode .....	9
3.2.1	Test monorail in labopstelling .....	9
3.2.2	Test monorail in vleeskuikenstal.....	11
<b>4</b>	<b>Resultaten experimenten</b> .....	<b>12</b>
4.1	Resultaten van metingen in labopstelling .....	12
4.2	Resultaten metingen in vleeskuikenstal.....	18
<b>5</b>	<b>Conclusies experimenten</b> .....	<b>19</b>
<b>6</b>	<b>Aanbevelingen</b> .....	<b>20</b>
	<b>Referenties</b> .....	<b>21</b>
	<b>Bijlagen</b> .....	<b>22</b>
	Bijlage 1 Schematische weergave methodisch ontwerpproces (Kroonenberg en Siers, 1998)...	22



## 1 Inleiding

Om te kunnen voldoen aan de Europese norm voor fijnstofconcentraties in de buitenlucht dienen in Nederland maatregelen te worden doorgevoerd die de uitstoot van fijn stof uit belangrijke bronnen terugdringen. In dit kader is door LNV verzocht om het uitwerken van een Plan van Aanpak voor het ontwikkelen van praktijkrijpe bedrijfsoplossingen voor het terugdringen van de fijnstofemissie uit de pluimveehouderij (Ogink&Aarnink, 2008).

In deelonderzoek 3 van het Plan van Aanpak is onderzoek uitgevoerd naar vermindering van stofemissie door het aanbrengen van een oliefilm in de stal. De oliefilm wordt daarbij aangebracht door het dagelijks kortstondig vernevelen van olie via een drukleiding met vernevelkoppen. Dit systeem is bij vleeskuikens onderzocht en gaf reducties variërend van 58 tot 85% bij oliedoserings van 6 tot 24 ml/m<sup>2</sup> (Aarnink et al., 2008). Uit onderzoek van Winkel e.a. (2009b) bleek dat het dagelijks toedienen van de oliefilm effectiever is dan toediening om de dag. De ontwikkeling bij vleeskuikens is zodanig perspectiefvol dat in 2009 de stap tot validatie-onderzoek in de praktijk kon worden gemaakt.

Een nadeel van het huidige oliefilmsysteem, waarbij de olie van bovenaf wordt verneveld, is dat de gehele inrichting van de stal wordt bedekt met een dun laagje olie. Dit vraagt extra tijd voor het reinigen van de stal. Daarnaast kan door deze manier van aanwenden een deel van de olie verloren gaan via de ventilatielucht, vooral bij hoge ventilatiedebieten. Alternatieve manieren van het aanbrengen van de oliefilm is des te relevanter voor voliëre- en scharrelstallen voor leghennen. In deze stallen is het zeer ongewenst om de oliefilm van bovenaf aan te brengen, aangezien de inrichting van deze stallen zeer moeilijk te reinigen zijn.

De doelstelling van dit onderzoek was om alternatieven te zoeken voor het aanbrengen van een oliefilm in strooiselstallen voor vleeskuikens en leghennen. Deze alternatieve technieken moeten voorkomen dat de inrichting wordt bevuild met olie.

Het rapport bestaat uit twee onderdelen. In het eerste onderdeel wordt het methodisch ontwerp proces beschreven. Het doel van deze fase is om op basis van een programma van eisen en met behulp van inbreng van diverse specialisten te komen tot alternatieve manieren van aanwenden van de oliefilm. Belangrijk hierbij is dat het systeem voorkomt dat de gehele inrichting wordt bedekt met een laagje olie. Op basis van de resultaten in de ontwerpfase wordt het meest perspectiefvolle systeem geselecteerd voor verder onderzoek. In het tweede onderdeel van dit rapport worden de testen beschreven die aan dit prototype zijn verricht. Belangrijke vragen die daarbij beantwoord moeten worden zijn: welke olievernevelaars moeten worden gebruikt; hoe is de verdeling van de olie over het strooiseloppervlak afhankelijk van olie- en luchtdruk; wat is de invloed van het systeem op de dieren; wat is de invloed van de luchtstroom op de olieverneveling?

In hoofdstuk 2 wordt het methodisch ontwerpproces voor alternatieve oliefilmsystemen beschreven. Dit start met het opstellen van een programma van eisen. Vervolgens worden de verschillende systemen beschreven die in een brainstormsessie met deskundigen naar voren zijn gekomen. Tevens hebben deze deskundigen deze systemen beoordeeld op een heel aantal aspecten en zijn deze systemen beoordeeld. In dit rapport wordt een samenvatting gegeven van de belangrijkste resultaten van het ontwerpproces. Een volledige beschrijving van het ontwerpproces met resultaten is te vinden in het MSc rapport van Slingerland (2010). In hoofdstukken 3 en 4 worden respectievelijk de materiaal en methoden en de resultaten van de experimenten beschreven met een prototype van het meest perspectiefvolle systeem, waarin geprobeerd wordt een antwoord te vinden op de hiervoor genoemde onderzoeksvragen. In hoofdstuk 5 worden de belangrijkste conclusies uit de experimenten getrokken. In hoofdstuk 6 worden aanbevelingen gedaan op basis van de resultaten van het ontwerpproces en op basis van de resultaten van de experimenten.

## 2 Methodisch ontwerp van oliefilmsystemen

In deze fase is gewerkt volgens het methodisch ontwerp proces van Kroonenberg en Siers (1998). Het methodisch ontwerpproces bestaat uit 5 fasen (zie figuur Bijlage 1): het vooronderzoek, de probleemstelling, het vaststellen van de werkingsprincipes, gedetailleerd ontwerp en bijschaven en realisatie. Voor een uitvoerige beschrijving van de verschillende fasen wordt verwezen naar het rapport van Slingerland (2010). Hier wordt volstaan met een beschrijving van de eisen die werden gesteld aan het systeem en de belangrijkste resultaten van het ontwerpproces.

### 2.1 Eisen aan het oliefilmsysteem

Er zijn van tevoren een aantal eisen gesteld waaraan het oliefilmsysteem moest voldoen. Deze eisen zijn onder te verdelen in 3 categorieën:

1. vaste eisen: hieraan moet het ontwerp voldoen;
2. variabele eisen: het ontwerp moet hieraan voldoen in een bepaalde range;
3. gewenste eisen: het is gewenst dat het ontwerp voldoet aan deze eisen, maar het is niet strikt noodzakelijk.

In Tabel 1 zijn de verschillende vaste, variabele en gewenste eisen aan het oliefilmsysteem weergegeven.

**Tabel 1** Vaste, variabele en gewenste eisen voor het oliefilmsysteem

Aspect	Vereist
	<i>Vast</i>
Dierwelzijn	Vleeskuikens mogen zich niet kunnen verwonden door fysiek contact met het oliefilmsysteem
Techniek	Het aanbrengen van de oliefilm mag geen nadelig effect hebben op de vleeskuikens
Techniek	De olie mag niet in de ogen van de kuikens worden verneveld
Techniek	De olie mag geen effect hebben op het functioneren van de technische apparatuur
Techniek	Het aanbrengen van de oliefilm mag geen invloed hebben op de normale werkzaamheden in de pluimveestal
Techniek	De pluimveestal, inclusief de inrichting en het oliefilmsysteem, moeten goed te reinigen zijn
Techniek	De oliefilm moet worden aangebracht op een moment dat de pluimveehouder niet in de stal is
Arbeidsomstandigheden	Het oliefilmsysteem mag de gezondheid van de pluimveehouder niet schaden
Wetgeving	Het oliefilmsysteem mag niet in strijd zijn met bestaande regelgeving
Veiligheid	Het oliefilmsysteem mag geen effect hebben op de vleeskwaliiteit of op de voedselveiligheid
Veiligheid	Het oliefilmsysteem mag geen extra brandgevaar opleveren
Veiligheid	Het oliefilmsysteem moet veilig en betrouwbaar zijn
	<i>Gewenst</i>
Techniek	Een spin off van het systeem naar de legsector moet mogelijk zijn
Imago sector	Het aanbrengen van een oliefilm moet maatschappelijk acceptabel zijn
	<i>Variabel</i>
Dierwelzijn	Het oliefilmsysteem mag geen sterk negatief effect hebben op het diergedrag
Dierwelzijn	Het oliefilmsysteem mag geen negatief effect hebben op de groei van de vleeskuikens (gemiddelde groei $\cong 53 \text{ g.d}^{-1}$ )
Dierwelzijn	Het oliefilmsysteem mag geen negatief effect hebben op de uitval van de vleeskuikens (<4%)
Dierwelzijn	Het oliefilmsysteem mag geen negatief effect hebben op brandhakken
Dierwelzijn	Het oliefilmsysteem mag geen negatief effect hebben op voetzool laesies (Welzijnsscore <50, Berg 1998)
Dierwelzijn	Het oliefilmsysteem mag geen negatief effect hebben op borstirritaties (<1% vleeskuikens)
Dierwelzijn	De olie mag het verenkleed van de vleeskuikens niet laten samenklitten
Techniek	Het oliefilmsysteem mag geen negatief effect hebben op het drogestofgehalte van de strooiselmest ( $\cong 56\%$ drogestof)
Techniek	Het oliefilmsysteem mag de strooiselkwaliteit niet negatief beïnvloeden (>6 rulheidsscore, Aarnink <i>et al.</i> 2008)
Techniek	Het oliefilmsysteem moet toepasbaar zijn in nieuwe en bestaande stallen
Techniek	De frequentie van het aanbrengen van de oliefilm is minimaal eens per dag
Techniek	Het aanbrengen van de oliefilm moet starten op dag > 20

Aspect	Vereist
Techniek	De oliefilm moet aangebracht worden wanneer de vleeskuikens actief zijn / wanneer het licht aan is
Techniek	Er moet een dunne oliefilm aangebracht worden ( $\cong 12 \mu\text{m.d}^{-1}$ )
Techniek	De oliefilm moet evenredig over het hele strooiseloppervlak worden aangebracht (>70% bedekking)
Techniek	De olie moet op een hoogte van maximaal 1m worden aangebracht
Techniek	De druppelgrootte van de olienevel moet groot genoeg zijn om neer te dalen op het strooisel ( $\geq 20 \mu\text{m}$ )
Techniek	De olie mag de stalinrichting niet bevuilen
Techniek	Het oliefilmsysteem mag niet lekken
Techniek	De vleeskuikens mogen de werking van het systeem niet verstoren
Techniek	Het oliefilmsysteem mag de benodigde schoonmaaktijd niet sterk vergroten (<10%)
Techniek	Het oliefilmsysteem moet een laag onderhoudsniveau hebben (< 1 h.productieperiode <sup>-1</sup> )
Milieu	Het oliefilmsysteem moet de stofemissie uit een vleeskuikenstal met tenminste 50% reduceren
Milieu	Verlies van olie via de ventilatiekoker moet voorkomen worden (<1% olie)
Milieu	Het oliefilmsysteem mag geen negatief effect hebben op de geuremissie (< 0.17 ou <sub>E</sub> .sec <sup>-1</sup> .animal <sup>-1</sup> )
Milieu	Het oliefilmsysteem mag geen nieuwe emissies veroorzaken of emissies vergroten van ongewenste stoffen (ammoniak, broeikasgassen, giftige stoffen)
Arbeidsomstandigheden	Het oliefilmsysteem moet de stofconcentratie in een vleeskuikenstal met tenminste 50% verlagen
Milieu	Het energieverbruik van het oliefilmsysteem mag niet te hoog zijn
Economie	De olie mag geen negatief effect hebben op de afzet en aanwending van de strooiselmest
Economie	De kostprijsverhoging van het oliefilmsysteem mag niet meer bedragen dan 5 eurocent per kg geproduceerd vlees

## 2.2 Brainstormsessie

In twee brainstormsessies zijn verschillende alternatieven naar voren gekomen voor de vaste verneveling aan het plafond. Hieronder worden deze systemen in het kort beschreven en wordt een eerste beoordeling, gebaseerd op informatie van deskundigen, gegeven.

### A. De olielijn

De olielijn wordt los van de voer- en waterlijnen opgehangen aan een katrolsysteem in de stal. Zo kan de olieleiding op de juiste werkhoogte worden gehangen en worden opgelierd tijdens werkzaamheden. Optioneel kunnen voer- en waterlijnen worden opgelierd tijdens het olie vernevelen.

Beoordeling: de optie om voer- en waterlijnen op te lieren tijdens verneveling wordt door deskundigen van de hand gewezen, aangezien vleeskuikens dan verdrukt kunnen worden onder de voerpannen. Misschien zijn er wel opties te bedenken om te voorkomen dat kuikens onder de voerbakken worden geplet. Hier wordt echter voorlopig geen verdere aandacht aan besteed. De optie zonder oplieren van voer- en drinklijnen biedt echter wel perspectief, aangezien het een eenvoudige variant is op het huidige vaste leidingsysteem. Getest moet worden of de olieleiding niet gaat zwiepen wanneer er druk op de leiding komt.

### B. De hangende olieleidingen

Deze vaste olieverniveelinstallatie bestaat uit een leidingennetwerk dat boven in de stal hangt. De hoogte wordt zo bepaald dat een shovel onder de leidingen door kan rijden. Om de olie op lage afstand van het strooisel aan te brengen worden verticale leidingen met onderaan vernevelaars geschroefd in het hangende netwerk. Toevoer van de olie vindt plaats vanuit de mechanisatie ruimte van de stal. Hier staat ook de pompinstallatie die aangesloten is op het vaste stroomnet. Oplieren van de voer- en waterlijnen maakt een groter bereik per vernevelaar mogelijk. Een grote druppelgrootte moet er voor zorgen dat de olie snel neerdaalt op het strooisel en niet verloren gaat met de ventilatielucht.

Beoordeling: het indraaien van de verticale olieleidingen in het leidingennetwerk vraagt veel arbeid. Daarnaast is de kans op lekkage van olie groot. Deze oplossing valt af.

### **C. De vloersproeier**

De vloersproeier is een vaste olievernivelinstallatie met aanvoerleidingen door de betonvloer vanaf de mechanisatie ruimte. Hier staat ook de pompinstallatie die aangesloten is op het vaste stroomnet. De olie wordt verneveld door middel van verticale sproeiers. Om de stalrichting niet te bevuilden moeten de voer- en waterlijnen worden opgelieerd. Om de kuikens niet in de ogen te spuiten wordt gebruik gemaakt van een beschermring. Deze hangt in de lucht aan een monorail. Tijdens het neerdalen van de ring begint de flitslamp te flitsen zodat de kuikens vluchten. De ring daalt neer wanneer de vloer sproeier zich in het midden van de ring bevindt.

Beoordeling: de vloersproeier is een kwetsbaar systeem. De sproeiers moeten uit de vloer omhoog komen, maar dit kan problemen geven als ze obstakels (strooiselkoek en kuikens) tegenkomen. Daarnaast kan tijdens het vernevelen, wanneer de sproeiers uit de vloer zijn, bevuilding (strooisel) terechtkomen in de ruimte in de vloer. Als gevolg hiervan zullen de sproeikoppen niet meer wegvallen in de vloer. Tevens is deze ruimte een broedplaats voor ziektekiemen. Deze oplossing valt af.

### **D. De olierugsput**

De olierugsput kan door de pluimveehouder op de rug worden genomen. Maximaal capaciteit van de rugsput is ongeveer 20 liter. Wanneer gekozen wordt voor een rugsput met accu wordt de pluimveehouder lichamelijk minder belast omdat geen druk gepompt hoeft te worden. Een handboomsproeier zorgt voor een breder sproeibereik. De handboomsproeier zal steun moeten vinden aan het lichaam van de pluimveehouder door middel van een harnas (net als een bosmaaier). Plastic flappen voorkomen verfluchtiging van de olienevel. De kuikens worden niet verdreven. Dit systeem voldoet niet aan de vaste eis waarin is vastgelegd dat olieverniveling niet mag plaatsvinden als de pluimveehouder in de stal is. De pluimveehouder zal zichzelf moeten beschermen tegen de olie.

Beoordeling: het handmatig vernevelen van olie in de stal zal veel tijd in beslag nemen. Ook is de controleerbaarheid van dit systeem slecht en zal dit systeem een grote gezondheidsbelasting vormen voor de pluimveehouder. Deze oplossing valt af.

### **E. De spuitwagen**

De spuitwagen wordt aangedreven door een accu voor een constante snelheid. De pluimveehouder hoeft alleen te sturen. Voorop de spuitwagen is een spuitboom gemonteerd. Verder moet de spuitwagen voorzien worden van een voorraadtank en een oliepomp. De spuitwagen staat hoog op zijn wielen, de kuikens kunnen eronder door. Schoffels verdrijven de kuikens voor de wielen. De plastic flappen zorgen ervoor dat over de kuikens heen kan worden gespoten en voorkomen verfluchtiging van de olie.

Beoordeling: de spuitwagen dient aangestuurd te worden door de pluimveehouder. Dit vormt een grote gezondheidsbelasting voor de pluimveehouder. Kuikens zullen niet of slecht willen wijken voor de spuitwagen en verdrijven levert problemen op. Deze oplossing valt af voor vleeskuikens, maar kan voor leghennen mogelijk wel een optie zijn.

### **F. Het monorailsysteem met voorraadtank**

Het monorailsysteem bevat een horizontale vaste leiding bevestigd aan een (mono)rail. Aan de leiding is dicht bij het strooisel een spuitboom met beschermkap bevestigd. De monorail kan door de stal rondom de voer- en waterleidingen heen slingeren of baan voor baan afleggen. In het laatste geval moet er aan het einde van een baan een systeem worden geïnstalleerd dat de spuitboom van de baan af pakt en vervolgens naar de volgende baan brengt. De maximale snelheid van de spuitboom is afhankelijk van het debiet van de vernevelaars. In het geval van een hoog debiet kan er stootsgewijs worden verneveld in plaats van continu. In dat geval kan ook de spuitboom zich stootsgewijs verplaatsen door de stal. De keuze van de vernevelaars bepaalt ook in welke richting de olie wordt verneveld (horizontaal of verticaal). Daarnaast zijn er bij horizontale verneveling minder vernevelaars nodig. Dit bepaalt ook de vorm van de spuitunit. Wanneer de spuitunit draaibaar is (en niet vierkant) kan deze ook in smallere gangpaden komen. Er moet voorkomen worden dat er overmatig olie vanaf de beschermkap van de spuitboom druipt. Eventueel kan de lekolie opgevangen worden door een U-profiel met opvangbakje. Het effect van de oliestraal op het strooisel moet ook nader bekeken worden. De voorraadtanks van olie en lucht moeten zo geplaatst zijn dat de spuitboom in evenwicht blijft. De olietank bevat het meeste gewicht, dit zal gecentreerd moeten worden onder de ophanging aan de monorail.



Beoordeling: de vraag is of een beschermkap nodig is; een test zal dit uit kunnen wijzen. Dit systeem biedt perspectief voor zowel vleeskuikens als leghennen. Het voorraadvat moet voldoende olie mee kunnen nemen voor één werkgang. Voor een stal met 20 000 vleeskuikens en een dosering van 12 ml/m<sup>2</sup> per dag is een voorraadvat van minimaal 12 L nodig. Dat moet mogelijk zijn.

### **G. Het monorailsysteem met slangenhaspel**

Zie toelichting F. Het enige verschil is dat de olievoorradetank is vervangen door aanvoer van olie via een slang. De slang rolt af wanneer het systeem een werkgang in gaat. Bij terugkomst rolt de slangenhaspel automatisch de slang op. De slang wordt over de lengte ondersteund door geleiders.

Beoordeling: een monorailsysteem met een slangenhaspel of slangenharmonica in een hangbaan wordt snel bevuild door de olie en het stof. Hierdoor zal het systeem erg kwetsbaar zijn en bestaat er risico voor ziekte als gevolg van slechte reinigbaarheid. Deze oplossing valt af.

### **H. De ScanFeeder**

De ScanFeeder is een voer- en drinkstelsel dat zich zeer langzaam voortbeweegt over de breedte van de stal. Dit mobiele voersysteem is reeds eerder in onderzoek geweest. Het systeem behaalde net niet de drempelwaarde voor een ammoniakemissiearm systeem. Het systeem heeft wel als belangrijk voordeel dat de strooiselkwaliteit sterk wordt verbeterd door een betere verdeling van de mest over het strooiseloppervlak, waardoor er minder problemen zijn met voetzoolaandoeningen. Echter, aangezien het systeem niet het predicaat emissiearm kreeg bood het te weinig perspectief voor algemene toepassing in de praktijk. Als voorgaande positieve effecten echter gecombineerd kunnen worden met een belangrijke stofreductie via olievernevelling zou dit een belangrijke meerwaarde kunnen creëren voor de ScanFeeder. De ScanFeeder heeft invloed op het gedrag van vleeskuikens. Kuikens gaan staan wanneer de ScanFeeder nadert. Ze lopen dan naar de ScanFeeder toe, zo ontstaat er een vrije strooisel baan. Op deze ruimte kan de olie het meest effectief worden aangebracht. Olie kan schuin vanaf de ScanFeeder worden verneveld, hierdoor is geen bescherming van de voer- en waterlijnen nodig.

Beoordeling: de ScanFeeder heeft een aantal belangrijke voordelen, namelijk een betere strooiselkwaliteit en een lagere ammoniakemissie. Als daarnaast de fijnstofemissie kan worden beperkt door het aanbrengen van een oliefilm, heeft dit systeem veel potentie voor gebruik in vleeskuikenstallen.

### **I. Sproeirobot met gesloten sproeiruimte**

De sproeirobot is een autonoom systeem wat zich verplaatst door de stal langs een gepland pad. Bakens zorgen ervoor dat de robot weet waar het zich bevindt. De robot is voorzien van een beeldverwerkingsysteem, zo kunnen obstakels vermeden worden. De veiligheidsbeugel is een extra veiligheid. De robot is voorzien van een voorraadtank voor de olie. De robot wordt aangedreven door een accu. Een sproeiboom in een gesloten ruimte zorgt ervoor dat alleen het strooisel besproeid wordt en dat er geen olie verdwijnt met de ventilatielucht. De afgesloten sproeiruimte maakt het nodig dat de kuikens verdreven worden, dit gebeurt door de puntvormige neus van de robot.

Beoordeling: het oordeel van deskundigen was dat de vleeskuikens niet zullen wijken voor de sproeirobot. Verdrijven of aan de kant schuiven met een v-vormige wig zou misschien een optie kunnen zijn. Echter, voor vleeskuikens valt deze optie af. Voor leghennen kan dit wel verder uitgewerkt worden, aangezien de olieroobot ook 's nachts kan gaan rijden, wanneer de kippen op stok zijn. Daarnaast zullen kippen wel aan de kant gaan voor de olieroobot.

### **J. Sproeirobot zonder gesloten sproeiruimte**

Zie toelichting I. De robot staat hoog op zijn wielen / rupsen, de kuikens kunnen eronder door. De schoffels verdrijven de kuikens voor de wielen. Plastic flappen zorgen ervoor dat over de kuikens heen kan worden gespreid en voorkomen dat de olie wordt meegevoerd met de ventilatielucht.

Beoordeling: zie opmerkingen bij I. Getest zal moeten worden of een gesloten of een open sproeiruimte beter voldoet.

### **K. Rail-spuitunit met gesloten sproeirimte**

De spuitunit verplaatst zich tussen rails gemonteerd aan de voer- en waterlijnen. Navigatie gebeurt middels contactpunten in de rails. Een veiligheidsbeugel wordt gemonteerd om te stoppen wanneer er contact wordt gemaakt met obstakels. Het systeem wordt aangedreven door een accu. Het systeem is voorzien van een voorraadtank, een oliepomp en een spuitboom. Het systeem is voorzien van een afgesloten sproeirimte, zodat alleen het strooisel besproeid wordt en er geen olie meegevoerd wordt met de ventilatielucht. De afgesloten sproeirimte maakt het nodig dat de kuikens verdreven worden, dit gebeurt door de puntvormige neus van de spuitunit.

Beoordeling: de afstand tussen voer- en waterlijnen vraagt om een zware ophangconstructie voor de spuitunit. De afstand tussen de voer- en waterlijnen verkleinen door een extra looprail te plaatsen op bokken is geen optie. Dit vraagt veel installeerwerk tijdens de schoonmaakperiode. Deze oplossing valt af.

### **L. Rail-spuitunit zonder gesloten sproeirimte**

Zie toelichting K. Enige verschil is dat de afgesloten sproeirimte vervangen wordt door afsluiting door middel van plastic flappen; emissie van olie wordt voorkomen. Kuikens worden wel besproeid. Deze oplossing valt af.

## **2.3 Conclusies ontwerpfasen**

Op basis van de methodische ontwerpprocedure waarbij gebruik is gemaakt van kennis van verschillende deskundigen kan geconcludeerd worden dat de volgende systemen het meeste perspectief bieden voor toepassing in vleeskuikenstallen en in volière- en scharrelstallen voor leghennen:

- Vleeskuikenstallen:
  1. Monorailsysteem met voorraadtank;
  2. ScanFeeder;
  3. In hoogte verstelbare olielijn.
  
- Leghennenstallen
  1. Monorailsysteem met voorraadtank;
  2. Olierobot;
  3. Vaste leiding bevestigd onder de volières of aan de beun in scharrelhuisvesting.

In hoofdstuk 3 worden experimenten beschreven om de monorail inpasbaar te maken in vleeskuikenstallen. De resultaten die uit dit onderzoek worden verkregen kunnen tevens worden toegepast in leghennenstallen. Er is overleg geweest met de firma die de ScanFeeder heeft ontwikkeld. Zij houden de boot voorlopig af om het systeem te voorzien van een mogelijkheid om een oliefilm op het strooisel aan te brengen. Dit heeft ons doen besluiten om in het kader van dit project verder geen aandacht te geven aan dit systeem. De in hoogte verstelbare olielijn is geïmplementeerd in een vleeskuikenstal op een praktijkbedrijf. Dit is één van de twee bedrijven waar het oliefilmsysteem in een praktijkstal wordt gevalideerd. Op basis van de ervaringen tot nu toe kan geconcludeerd worden dat het in hoogte verstelbaar maken van de olielijn een verbetering is ten opzichte van een vaste lijn. Met de in hoogte verstelbare olielijn kan de hoogte van de vernevelaars worden aangepast afhankelijk van de luchtstroming in de stal. De in hoogte verstelbare olielijn hangt op het praktijkbedrijf tijdens de ronde op ca. 1,5 m hoogte. Hierdoor wordt voorkomen dat veel olie direct via de nokventilatoren wordt afgezogen en zo de ventilatiekoker en de ventilator bevuild. Na de ronde kan de olielijn worden opgelijerd, zodat de stal kan worden schoongemaakt. De olirobot zal in een apart traject verder worden ontwikkeld en wordt derhalve hier niet verder belicht. Het systeem met een vaste olieleiding onder de volières is onderzocht in stal P4 van Het Spelderholt. Dit systeem is geoptimaliseerd in 2 afdelingen van stal P4. De resultaten van dit onderzoek zijn beschreven in het rapport van Winkel e.a. (2009a).

### 3 Materiaal en methode experimenten

In dit onderdeel van het onderzoek is een prototype dat ontworpen is in het methodisch ontwerpproces op een aantal onderdelen getest. De volgende twee onderdelen van het systeem zijn getest:

1. Het uittesten van verschillende typen vernevelaars en olie- en luchtdrukken voor het verkrijgen van een optimaal sproeibeeld.
2. Het uittesten van een prototype in een vleeskuikenafdeling op Proevencentrum Het Spelderholt in Lelystad. Hierbij werd vooral gekeken naar de reactie van de vleeskuikens op het systeem tijdens vernevelen en naar het sproeibeeld onder praktijkomstandigheden.

#### 3.1 Materialen

##### 3.1.1 Oliefilmsysteem

De testen werden uitgevoerd met een mobiel sproeisysteem. Dit systeem bestond uit een drukvat met koolzaadolie, die verbonden was met een compressor. De koolzaadolie werd via een slang naar de vernevelaar geleid. In deze vernevelaar werd de koolzaadolie in combinatie met luchtinjectie verneveld. De luchtinjectie kon gecontroleerd worden met een reduceerventiel om drukschommelingen in de compressor op te vangen.

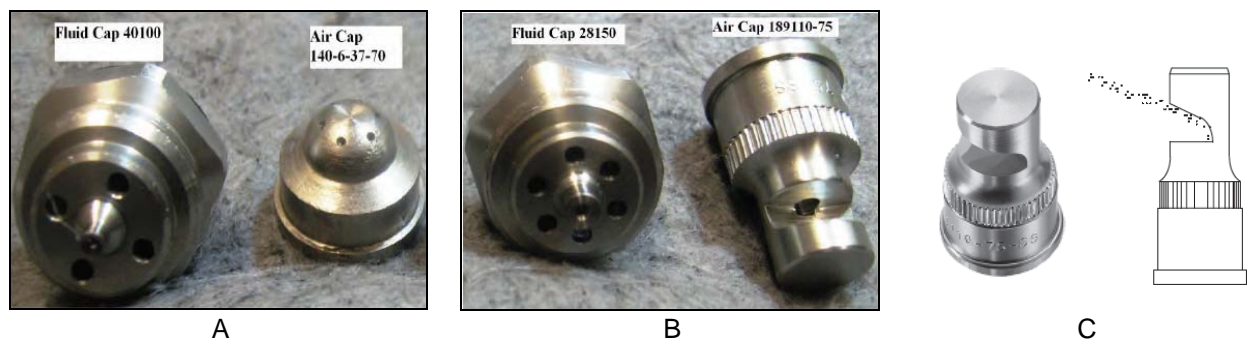
Gebruikte materialen:

- Druk controllers: 1/2 midireg 15S olie en luchtdruk controller;
- Compressor: werkdruk 8 bar, maximale druk 10 bar, 25 liter inhoud, aanzuigcapaciteit 215 l.m<sup>-1</sup>, Airpress HK215/25 (V.R.B. Friesland b.v., Leeuwarden);
- Olie-drukvat: 19 liter inhoud, maximaal toegestane werkdruk 14.1 bar bij 38°C, gemaakt van rvs. (Alloy Products Corporation, Waukesha, USA);
- Weegschaal: Sartorius, type FB 64EDE571205413, maximum capaciteit 64 kg, nauwkeurigheid 1 g, schaal 0,4 x 0,3 m;
- Koolzaadolie: dichtheid (g ml<sup>-1</sup>) 0,91; viscositeit (cP): 49,2; oppervlaktespanning (mN m<sup>-1</sup>): 33,4.

De volgende twee vernevelaars (Spraying Systems Co, Wheaton, USA, Figuur 2) werden geschikt geacht voor gebruik in het monorailsysteem:

- SU26B-SSBR (kegelvormige vernevelaar): in de vernevelaar worden olie en lucht intern gemengd. De vernevelaar 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 (¼ J nozzle body). De vernevelaar heeft 6 sproeiopeningen en genereert een kegelvormige nevel;
- SU240E (ketsplaatvernevelaar of vlakstraalvernevelaar): heeft een ketsplaat waardoor de vloeistof wordt verneveld in een plat vlak. Deze vernevelaar bestaat uit een vloeistofkap (Fluid Cap 28150) en een luchtkap (Air Cap 189110-75).

**Figuur 2** A: SU26B-SSBR (kegelvormige vernevelaar). B en C: SU240E (ketsplaatvernevelaar)



Beide vernevelaars zijn getest in een laboratoriumonderzoek door 'Spray Analysis and Research Services' van Spraying Systems Co, Wheaton, USA. Van de vernevelaars 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).

Om een mobiele sproeiboom te simuleren werd één van de vernevelaars vastgemaakt aan een ronde houten stok.

### 3.1.2 Accommodatie en dieren

Het sproeibeeld van de vernevelaars werd onderzocht in een lege vleeskalverenstal. Er was geen wind- of ventilatie invloed in deze stal. Het experiment met vleeskuikens werd uitgevoerd in afdeling 5 van stal P1 van Het Spelderholt. In deze afdeling zaten 2 675 vleeskuikens van het type Ross 308. Er waren 20 kuikens per m<sup>2</sup> staloppervlak aanwezig en de kuikens hadden een groeiperiode van 5 weken met een beoogd eindgewicht van 2050 gram.

### 3.1.3 Proefopzet

In de vleeskalverenstal werd een pad gecreëerd voor het vaststellen van het sproeipatroon bij een bewegende sproeiboom. De sproeiboom werd met de hand over een lat bewogen. De lengte van het sproeipad was 6 m en de breedte 1,4 m (figuur 3). Op de vloer van het sproeipad werd kuikenpapier neergelegd om het sproeibeeld goed te kunnen zien. Het kuikenpapier werd na elke verneveling vervangen. Zie figuur 3 voor een foto van de opstelling.

**Figuur 3** Proefopstelling voor het vaststellen van het sproeipatroon van twee typen vernevelaars aan een bewegende sproeiboom



Voor de test met vleeskuikens werd een railsysteem geïnstalleerd in afdeling 5 van stal P1 van Het Spelderholt (figuur 4). De rail werd over een lengte van 14 m op een hoogte van 2,5 m in het midden van de afdeling, parallel aan de voer- en drinklijnen, bevestigd. Een sproeiboom met 1 vernevelaar werd opgehangen aan de rail, zodanig dat de vernevelaar op een hoogte van 1,0 m boven de vloer kwam te hangen. De sproeiboom werd voortbewogen door rondgaand touw.

**Figuur 4** Het monorailsysteem zoals uitgetest in de vleeskuikenstal van Het Spelderholt

## 3.2 Methode

### 3.2.1 Test monorail in labopstelling

Het effect van vernevelaars en olie- en vloeistofdrukken op het sproeipatroon werd onderzocht in 16 metingen. De kegelvormige vernevelaar werd zodanig aan de sproeiboom bevestigd dat olie naar beneden werd gesproeid. De vlakstraalvernevelaar werd op verschillende manieren bevestigd aan de sproeiboom, met een horizontale sproeirichting, een verticale sproeirichting en één er tussen in, onder een hoek van  $45^\circ$ . De olie werd verneveld op 2 hoogtes, op 60 en op 100 cm boven de vloer. De druk in de compressor was 2,2 bar. De olie- en luchtdruk werd gevarieerd van 0,6 tot 1,0 bar. In tabel 2 worden de verschillende instellingen van de behandelingen weergegeven, waarvan sommige in duplo zijn uitgevoerd. Om ca. 12 ml olie per  $m^2$  staloppervlak te vernevelen moest de sproeiboom de 6 m in ca. 30 sec overbruggen. De exacte tijd om de afstand te overbruggen werd geklokt. Om het sproeibeeld te karakteriseren werden de volgende parameters vastgesteld: 1) de breedte van het sproeipatroon; 2) de druppelgrootte; 3) de verdeling van de olie; 4) het geluid van het oliefilmsysteem. De breedte van het sproeipatroon werd op het kuikenpapier opgemeten; dit kon onderverdeeld worden in een breedte waarbinnen het kuikenpapier een (vrijwel) volledige dekkingsgraad had en een gedeelte wat kan worden gezien als een overlapzone, die een volledige dekkingsgraad kan krijgen wanneer het in de tweede run weer overlapt wordt. De druppelgrootte, de olieverdeling over het oppervlak en het geluid werden visueel gescoord.

Na analyse van de eerste metingen werden de 4 beste configuraties geselecteerd voor verder onderzoek. Deze configuraties worden weergegeven in Tabel 3. Voor een betere analyse van de oliedruppels (grootte en verdeling) werd cm-papier gebruikt. Ook werd het gewicht van de verneveldde olie bepaald door het oliedrukvat te wegen op de balans. Voor de rest werden de metingen gelijk uitgevoerd aan de vorige metingen.

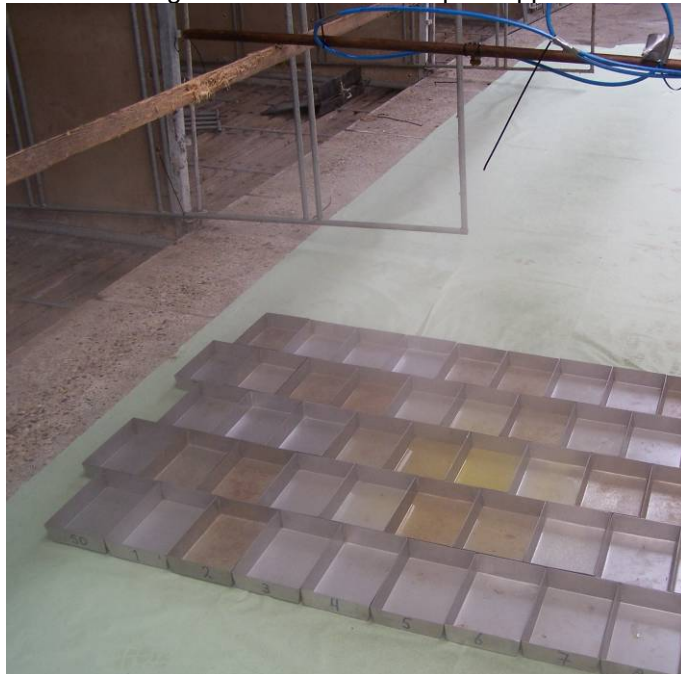
**Tabel 2** Instellingen van het oliefilmsysteem bij de verschillende metingen

Type vernevelaar	Hoogte (cm)	Sproeirichting	Luchtdruk (bar)	Oliedruk (bar)
vlakstraalvormige nevel	100	45°	0,7	0,7
vlakstraalvormige nevel	100	45°	1	1
vlakstraalvormige nevel	100	horizontaal	1	1
vlakstraalvormige nevel	100	vertical	1	1
vlakstraalvormige nevel	100	vertical	0,7	0,7
vlakstraalvormige nevel	100	vertical	0,8	0,7
kegelvormige nevel	100	vertical	0,7	0,7
kegelvormige nevel	100	vertical	0,6	0,7
kegelvormige nevel	60	vertical	0,6	0,7
vlakstraalvormige nevel	60	vertical	0,6	0,7
vlakstraalvormige nevel	60	vertical	0,7	0,7
vlakstraalvormige nevel	60	45°	0,7	0,7

**Tabel 3** Instellingen van het oliefilmsysteem bij de 4 geselecteerde configuraties

Type vernevelaar	Hoogte (cm)	Sproeirichting	Luchtdruk (bar)	Oliedruk (bar)
vlakstraalvormige nevel	100	45°	0,7	0,7
vlakstraalvormige nevel	100	vertical	0,7	0,7
vlakstraalvormige nevel	100	vertical	0,8	0,7
kegelvormige nevel	100	vertical	0,6	0,7

In een volgende experiment werd de verdeling van de olie over de breedte van het sproeipatroon exacter vastgesteld door de olie op te vangen in roestvrijstalen bakjes (14,7 x 22,5 cm). Vijftig bakjes werden onder de vernevelaar geplaatst die in dezelfde positie bleef staan (zie figuur 5). De instellingen van tabel 3 werden ook bij deze metingen toegepast. Per meting werd de olie gedurende 6 minuten verneveld. De bakjes werden vooraf en achteraf individueel gewogen. Het verschil in gewicht was de hoeveelheid opgevangen olie.

**Figuur 5** Bepaling van de verdeling van de olie over het sproeioppervlak

In de proefopstelling werden de olie- en luchtdruk gemeten bij het drukvat en de compressor. Aangezien de capaciteit van de vernevelaar misschien beïnvloed zou kunnen worden door de drukval over de lange leidingen, werd getest of de lengte van de leidingen invloed had op de olieopbrengst. De lengte van de olieleiding en de luchtleiding in voorgaande metingen was respectievelijk 25,9 en 24,8 m. Dit werd vergeleken met lengtes van olie- en luchtleiding van 2,20 en 1,10 m. De olie werd wederom gedurende 6 minuten verneveld bij gebruik van de vlakstraal vernevelaar.

### 3.2.2 Test monorail in vleeskuikenstal

De monorail werd uitgetest in de vleeskuikenstal P1 van het Proevencentrum Het Spelderholt. Hierbij werden de volgende waarnemingen gedaan:

- De schrikreactie van de vleeskuikens bij het vernevelen;
- Het mogelijke effect van de olie op de ogen van de vleeskuikens;
- Het effect van olie vernevelen op het strooisel;
- Het effect van de luchtstroming (ventilatie) op de olienevel.

Al deze effecten werden visueel gescoord. De metingen werden op videotape vastgelegd voor analyse achteraf. De metingen startten op het moment dat de vleeskuikens rustig op het strooisel lagen. Het touw aan de sproeiboom werd aangetrokken waardoor de sproeiboom over de kuikens heen bewoog. Het touw werd aangetrokken door een persoon die aan de andere kant van de afdeling stond, zodat deze geen invloed uitoefende op het gedrag van de kuikens. De compressor was buiten de afdeling geplaatst, omdat dit ook de situatie in de praktijk zal zijn. In deze test werd een luchtdruk en een oliedruk van respectievelijk 0,8 en 0,7 bar gehanteerd.



## 4 Resultaten experimenten

### 4.1 Resultaten van metingen in labopstelling

Een samenvatting van de belangrijkste resultaten van de metingen worden weergegeven in Tabel 4. De druppelgrootte en de homogeniteit van de druppelgrootte werden visueel gescoord op de volgende schaal:

- Druppelgrootte: score 1 – 5, waarbij score 1 fijn is en score 5 grof; de druppel moet niet te fijn zijn, want dan wordt deze meegevoerd met de ventilatielucht, en niet te grof, want dan wordt het gehele oppervlak niet bedekt met een oliefilm. Een score van 3 is daarom optimaal.
- Homogeniteit: score 1 – 4, waarbij score 1 homogeen / gelijk verdeeld is en score 4 niet homogeen / niet gelijk verdeeld is. Een homogene / gelijke verdeling is gewenst en daarom is een score 1 optimaal.

Uit de resultaten blijkt dat de olie- en luchtdruk een belangrijke invloed hebben op de verschillende parameters. De oliedruk bepaald in belangrijke mate de hoeveelheid olie die per tijdseenheid wordt verneveld. Hoe hoger de druk des te meer olie wordt verneveld. Zowel de luchtdruk als de oliedruk bepalen de druppelgrootte. Bij gelijke luchtdruk neemt de druppelgrootte toe bij een verhoging van de oliedruk, terwijl bij een gelijke oliedruk de druppelgrootte afneemt bij een verhoging van de luchtdruk.

Bij meting 1.10 was de luchtdruk 0.8 en de oliedruk 0.7 bar. Deze combinatie resulteerde in een mooi sproeibeeld, met een goede verdeling en een uniforme druppelgrootte. De ketsplaatvernevelaar werd onder verschillende hoeken aan de spuitboom bevestigd. Wanneer de vernevelaar horizontaal vernevelde bleef de nevel lang in de lucht hangen en werd deze, ondanks de geringe luchtsnelheid, beïnvloed door de luchtstroom. Dit was niet het geval wanneer de vernevelaar verticaal naar de vloer vernevelde. Bij een hoek van 45° werd de olie schuin naar achteren verneveld. Dit resulteerde in vergelijkbare resultaten als bij de verticale verneveling alleen was het sproeipatroon iets groter en de verdeling wat minder uniform.

Vernevelen op een hoogte van 60 cm werd getest bij een verticale verneveling en bij een verneveling onder een hoek van 45°. De resultaten waren vergelijkbaar als die voor vernevelen op 1 m hoogte. Bij de andere metingen is steeds op een hoogte van 1 m verneveld. Hiervoor is gekozen aangezien vooral bij zwaardere vleeskuikens de afstand van de spuitboom tot de vleeskuikens erg klein is. Als de vleeskuikens niet aan de kant gaan geeft dit een ongelijk sproeibeeld.

Het geluid van het oliefilmsysteem nam toe bij een toename van de olie- en luchtdruk. Er werd een duidelijk verschil waargenomen tussen olie- en luchtdrukken variërend van 0,7 – 0,8 bar enerzijds en 1,0 bar anderzijds. Bij lucht- en oliedrukken van 0,7 – 0,8 bar was er weinig lawaai.

De kegelvormige vernevelaar gaf een mistige nevel. Het was moeilijk te beoordelen hoeveel olie in de lucht bleef hangen bij een luchtdruk van 0,7 bar (meting 1.11). Door de luchtdruk te verlagen naar 0,6 bar werd dit probleem opgelost.

Metingen 1.1, 1.7 en 1.8 zijn niet goed uitgevoerd vanwege technische problemen. In het vervolg van dit experiment werden de instellingen 1,0 bar, 60 cm vernevelhoogte en horizontale verneveling niet meer meegenomen, aangezien deze instellingen een minder mooi sproeibeeld gaven. Een instelling van 1,0 bar gaf daarnaast veel lawaai en de olie werd met een (te) grote kracht verneveld. Het mooiste sproeibeeld werd gevonden bij metingen 1.9, 1.10 en 1.12. Daarnaast werd voor het vervolg tevens een variant meegenomen met sproeien onder een hoek van 45°. Variant 1.2 gaf van deze varianten het mooiste sproeibeeld en werd daarom meegenomen naar de volgende testronde.



**Tabel 4** Samenvatting van de resultaten van de eerste metingen (vlak = vlakstraalvernevelaar, rond = kegelvormige vernevelaar)

Meting	Type vernevelaar	Capaciteit vernevelaar (ml s <sup>-1</sup> )	Hoogte (cm)	Sproei-richting	Lucht-druk (bar)	Oliedruk (bar)	Tijd (sec)	Sproeibreedte (cm)		Opbrengst (ml m <sup>-2</sup> )	Druppel-grootte <sup>b)</sup>	Homo-geniteit druppel <sup>c)</sup>
								midden	overlap			
1.1 <sup>a)</sup>	vlak	2,11	100	45°	0,7	0,7	44,0	90	20	11,91	4	4
1.2	vlak	2,11	100	45°	0,7	0,7	29,0	90	20	7,85	4	4
1.3	vlak	2,30	100	45°	1	1	30,0	90	20	8,83	2	2
1.4	vlak	2,30	100	45°	1	1	29,5	80	20	9,40	2	2
1.5	vlak	2,30	100	horizont,	1	1	30,0	-	-	-	1	3
1.6	vlak	2,30	100	verticaal	1	1	32,0	90	15	10,20	2	3
1.7 <sup>a)</sup>	vlak	2,11	100	verticaal	0,7	0,7	42,0	100	10	12,31	5	4
1.8 <sup>a)</sup>	vlak	2,85	100	verticaal	0,7	0,5	31,8	80	25	11,61	4	4
1.9	vlak	2,11	100	verticaal	0,7	0,7	31,9	80	20	9,35	3	3
1.10	vlak	1,58	100	verticaal	0,8	0,7	31,2	80	15	7,48	3	2
1.11	rond	3,31	100	verticaal	0,7	0,7	32,2	60	10	22,17	1	1
1.12	rond	4,21	100	verticaal	0,6	0,7	31,2	50	10	31,30	2	1
1.13	rond	4,21	60	verticaal	0,6	0,7	31,8	35	10	40,60	2	1
1.14	vlak	2,64	60	verticaal	0,6	0,7	31,9	80	20	11,69	5	4
1.15	vlak	2,11	60	verticaal	0,7	0,7	31,4	90	20	8,50	4	4
1.16	vlak	2,11	60	45°	0,7	0,7	32,4	85	20	9,12	4	4

a) Vanwege technische storingen zijn deze metingen niet goed uitgevoerd; b) druppelgrootte: 1 – 5 , fijn – grof; c) homogeniteit: 1 – 4, homogeen / gelijk verdeeld – niet homogeen / ongelijk verdeeld

In het tweede experiment werden de beste instellingen uit het vorige experiment geselecteerd. De resultaten waren vergelijkbaar als bij de voorgaande metingen. In aanvulling op de eerste metingen werd bij deze metingen de oliehoeveelheid bepaald. Door gebruik te maken van de dichtheid van koolzaadolie (0,91 g/ml) kon de hoeveelheid vernevelde olie in ml worden bepaald. In tabel 5 wordt een overzicht gegeven van de metingen in het tweede experiment. Als gevolg van technische storingen zijn de resultaten van metingen 2.1, 2.5 en 2.7 niet goed. De vlakstraal vernevelaar genereerde bij de meeste metingen een te grote druppel. Alleen bij meting 2.6 was de druppelgrootte en de verdeling van de olie naar wens. Het verschil tussen meting 2.8 en 2.9 werd veroorzaakt door een verschil in oliedruk.

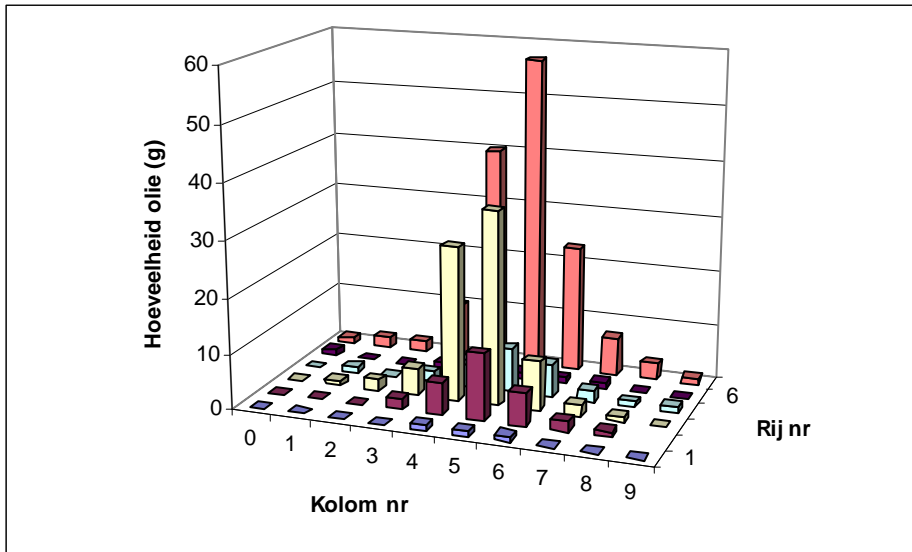
**Tabel 5** Samenvatting van de resultaten van het tweede experiment (vlak = vlakstraalvernevelaar, rond = kegelvormige vernevelaar)

Meting	Type vernevelaar	Capaciteit vernevelaar (ml s <sup>-1</sup> )	Sproei-richting	Luchtdruk (bar)	Oliedruk (bar)	Tijd (sec)	Sproeibreedte (cm)		Opbrengst (ml m <sup>-2</sup> )	Druppel-grootte <sup>b)</sup>	Homogeniteit druppelgrootte <sup>c)</sup>
							midden	overlap			
2.1 <sup>a)</sup>	vlak	2,11	45°	0,7	0,7	30	80	20	8,80	4	4
2.2	vlak	2,11	45°	0,7	0,7	30	80	20	8,80	4	4
2.3	vlak	2,11	verticaal	0,7	0,7	30	85	20	8,44	4	4
2.4	vlak	1,58	verticaal	0,8	0,7	30	85	15	6,88	3	4
2.5 <sup>a)</sup>	vlak	1,58	verticaal	0,8	0,7	45	85	20	9,50	2	3
2.6	vlak	1,58	verticaal	0,8	0,7	44	90	20	8,93	2	2
2.7 <sup>a)</sup>	rond	4,21	verticaal	0,6	0,7	33	50	10	33,10	1	1
2.8	rond	4,21	verticaal	0,6	0,7	30	50	10	30,09	1	2
2.9	rond	4,21	verticaal	0,6	0,8	30	55	10	28,09	1	1

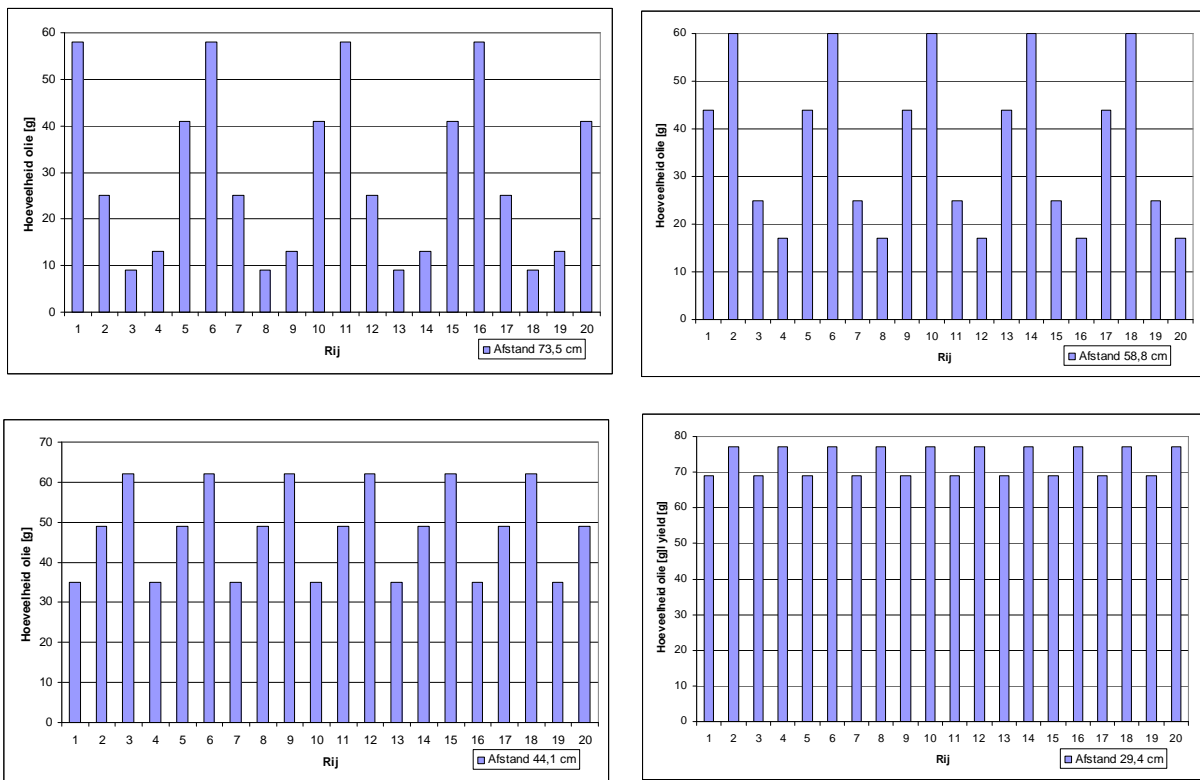
a) Vanwege technische storingen zijn deze metingen niet goed uitgevoerd; b) druppelgrootte: 1 – 5 , fijn – grof; c) homogeniteit: 1 – 4, homogeen / gelijk verdeeld – niet homogeen / ongelijk verdeeld

De verdeling van de olie in de breedterichting is voor de 4 geselecteerde instellingen nauwkeuriger bepaald. In onderstaande figuren worden de resultaten van de metingen weergegeven. In de 3D kolomdiagrammen is steeds aangegeven welke vernevelaar, welke sproei-richting en welke drukken (olie en lucht) zijn gebruikt. Rij 6 geeft steeds de som aan van rij 1 tot en met 5. Dit geeft de beste weergave van de verdeling van de olie in breedterichting. Met deze gemiddelde opbrengsten zijn overlapzones te bepalen afhankelijk van de afstand tussen de vernevelaars. De resultaten van deze berekeningen worden steeds in de kolomdiagrammen na de 3D figuren weergegeven.

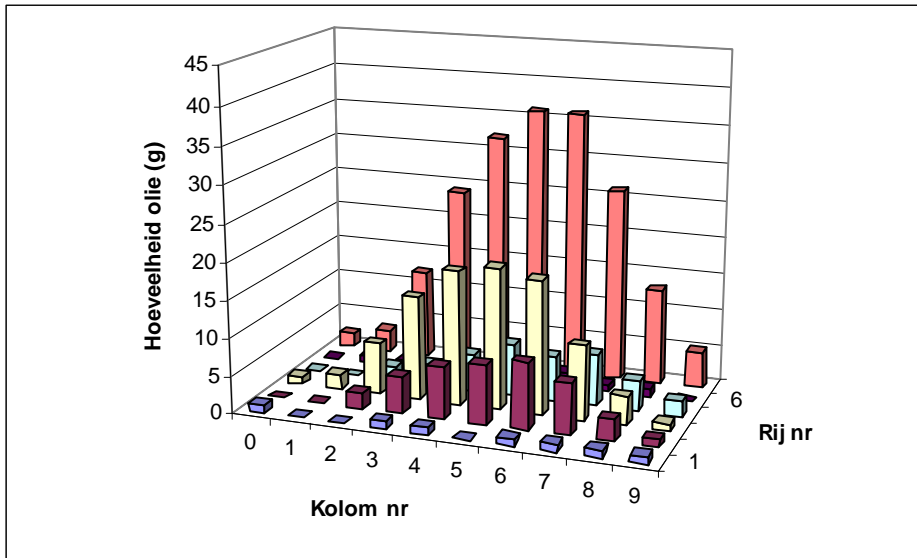
**Figuur 6** Meting 3.1 – kegelvormige vernevelaar – verticale sproeirichting – 0,6 bar luchtdruk – 0,7 bar oliedruk



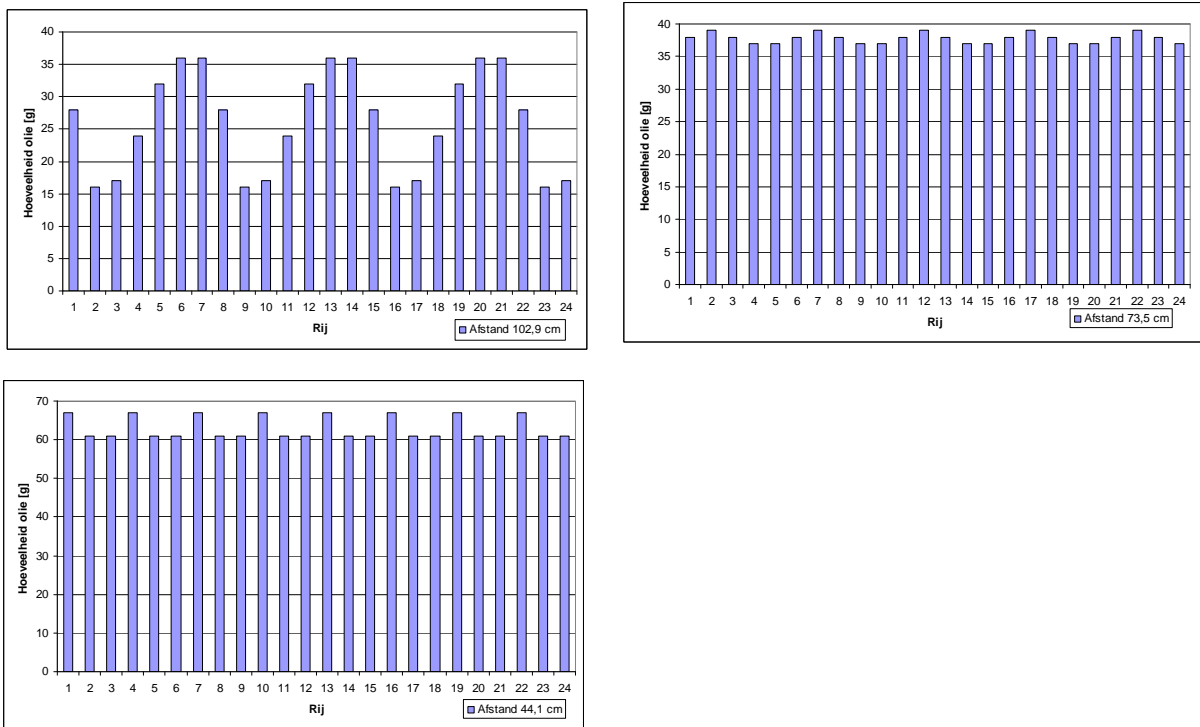
**Figuur 7** Op basis van figuur 6 berekende olieverdeling bij gebruik van meerdere vernevelaars bij tussenruimten tussen de vernevelaars van 73,5, 58,8, 44,1 en 29,4 cm



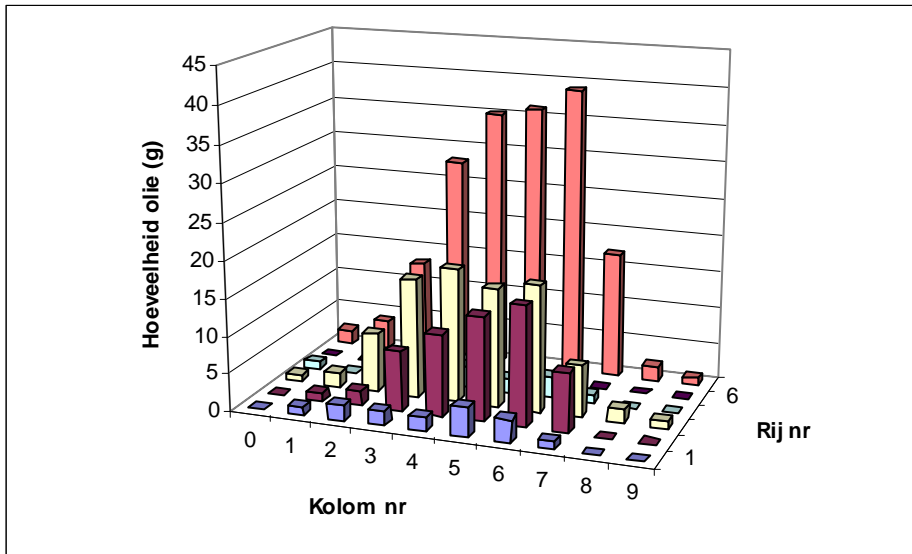
**Figuur 8** Meting 3.2 – vlakstraal vernevelaar – verticale sproeirichting – 0,7 bar luchtdruk – 0,7 bar oliedruk



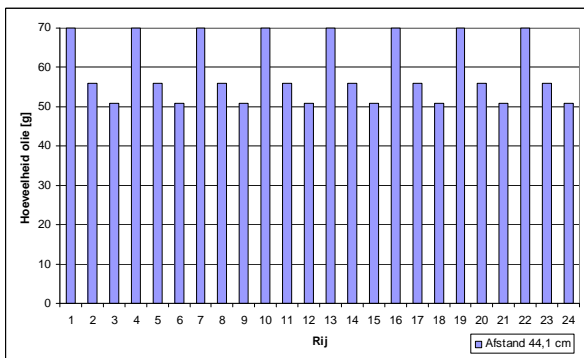
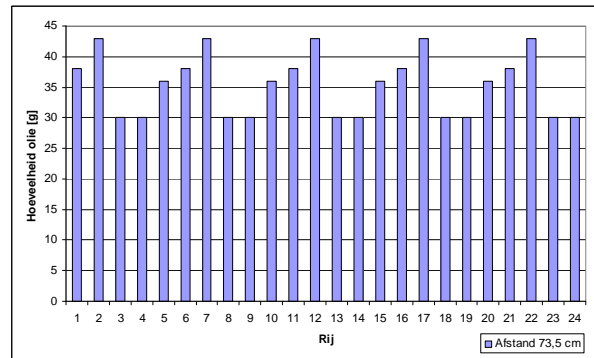
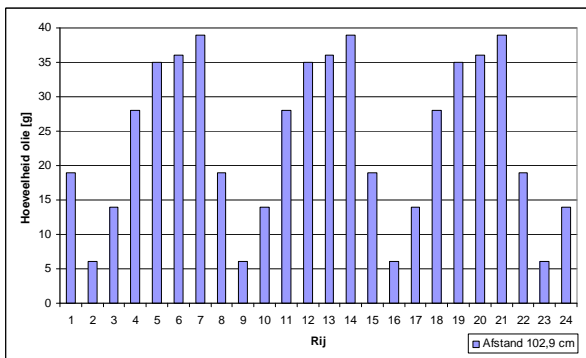
**Figuur 9** Op basis van figuur 8 berekende olieverdeling bij gebruik van meerdere vernevelaars bij tussenruimten tussen de vernevelaars van 102,9, 73,5 en 44,1 cm



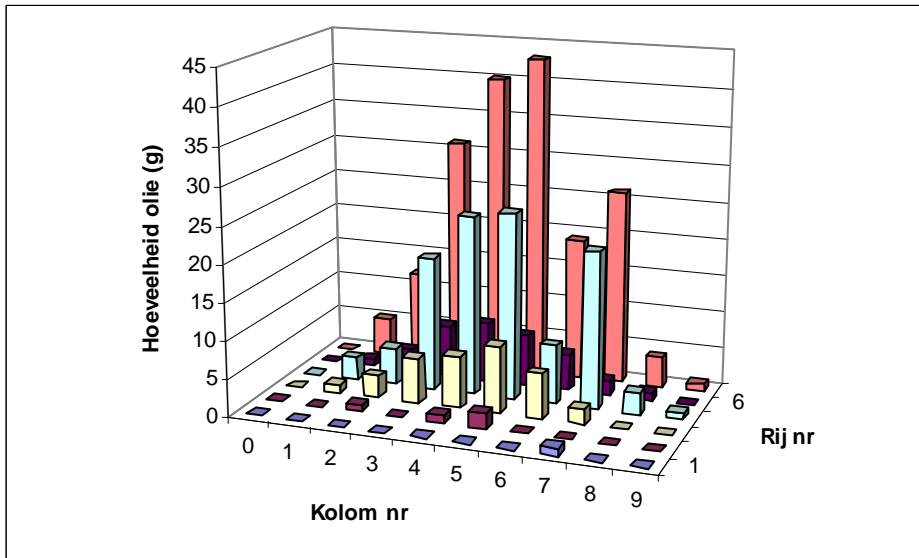
**Figuur 10** Meting 3.3 – vlakstraal vernevelaar – verticale sproeirichting – 0,8 bar luchtdruk – 0,7 bar oliedruk



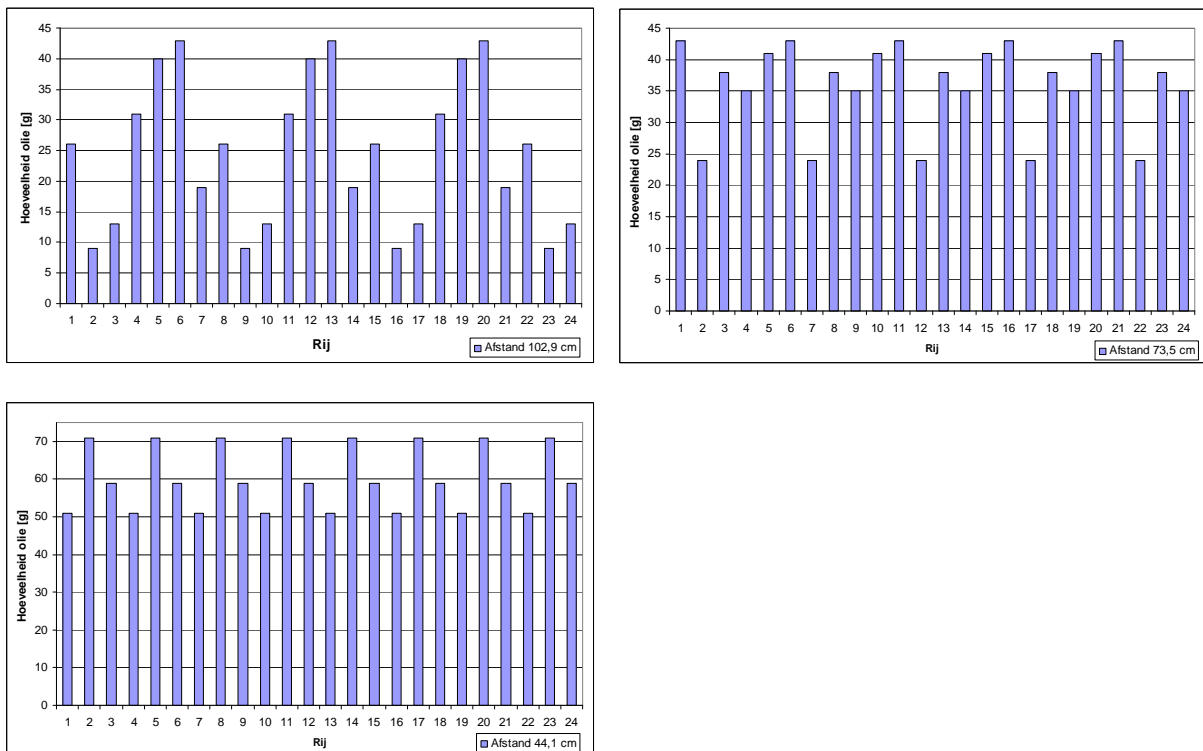
**Figuur 11** Op basis van figuur 10 berekende olieverdeling bij gebruik van meerdere vernevelaars bij tussenruimten tussen de vernevelaars van 102,9, 73,5 en 44,1 cm



**Figuur 12** Meting 3.4 – vlakstraal vernevelaar – sproeirichting in hoek van 45° – 0,7 bar luchtdruk – 0,7 bar oliedruk



**Figuur 13** Op basis van figuur 12 berekende olieverdeeling bij gebruik van meerdere vernevelaars bij tussenruimten tussen de vernevelaars van 102,9, 73,5 en 44,1 cm



Uit deze figuren blijkt dat bij gebruik van een vlakstraalvernevelaar de beste verdeling wordt verkregen bij een verticale sproeirichting met een luchtdruk van 0,7 bar en een oliedruk van 0,7 bar. Bij deze instellingen kan een breedte per vernevelaar worden bestreken van 73,5 cm. Bij een luchtdruk van 0,8 bar wordt bij een tussenruimte van 44,1 cm nog geen uniforme verdeling gekregen. Bij een sproeihoek van 45° is de verdeling ook minder uniform dan bij een verticale sproeirichting. Voor de kegelvormige vernevelaar mag de afstand tussen de vernevelaars maximaal 29,4 cm bedragen om een uniforme verdeling van de olie te verkrijgen.

De resultaten van het experiment naar het effect van het drukverlies van de olie en daarmee van het capaciteitsverlies van de vernevelaar bij gebruik van lange leidingen staan in Tabel 6. Uit deze tabel is te lezen dat er geen vermindering is van de opbrengst van de olie bij gebruik van lange leidingen. Dit impliceert tevens dat de oliedruk vrijwel niet vermindert bij gebruik van lange leidingen.

**Tabel 6** Verschil in olieopbrengst van de vernevelaar bij gelijke olie- en luchtdrukken bij gebruik van lange of korte leidingen (verneveltijd 6 minuten / vlakstraal vernevelaar / 0,8 bar luchtdruk / 0,7 bar oliedruk) (eenmalige meting)

Lengte leidingen	Oliehoeveelheid (g)
24,8 m luchtleiding & 25,9 m olieleiding	208
1,10 m luchtleiding & 2,20 m olieleiding	200

#### 4.2 Resultaten metingen in vleeskuikenstal

Tijdens de metingen waren de kuikens 3 weken oud. De sproeiboom werd tijdens verneveling heel rustig door de afdeling getrokken met een snelheid van circa 0,15 m/s. Wanneer de sproeiboom dichterbij de kuikens kwam, stonden ze op en liepen ze weg. Wanneer de sproeiboom was gepasseerd liepen ze terug en gingen weer liggen. Er was genoeg ruimte voor de kuikens om tijdelijk ergens anders naar toe te lopen. Er werd geen schrikreactie van de kuikens waargenomen tijdens het verplaatsen van de sproeiboom en tijdens het vernevelen van olie. Door weg te lopen voor de olienevel werd een vrije baan voor de sproeiboom gecreëerd. Een paar vleeskuikens liepen niet weg voor de sproeiboom en zij werden daardoor geraakt door de olie.

Er was tijdens deze metingen een groot effect van de ventilatie op de olienevel. Als gevolg van het hoge ventilatiedebiet werd een belangrijk deel van de olie meegevoerd met de luchtstroom. Dit is uit oogpunt van bevuilding van de inrichting ongewenst. Hierbij moet vermeld worden dat de metingen zijn gedaan op een zeer warme dag, op 13 juli 2009, direct in de middag. De maximum gemeten buitentemperatuur was 24,7°C en de maximum staltemperatuur was 25,8°C. Hierdoor waren de inlaten volledig open en werd er volop geventileerd, 5,3 m<sup>3</sup>/uur per dier.

De tweede meting werd gedaan op 26 oktober 2009. De gemiddelde buitentemperatuur tijdens de metingen was 14,4°C en de maximale binnentemperatuur was 22,4°C. De vleeskuikens waren 33 dagen oud. De luchtsnelheid op 1 m hoogte was ca. 0,4 m/s.

De reactie van de vleeskuikens was tijdens deze tweede meting vergelijkbaar met die van de eerste meting. De kuikens liepen heel rustig weg van de sproeiboom om even later weer terug te komen en te gaan liggen. Er werd tijdens deze meting vrijwel geen invloed waargenomen van de luchtstroom op de olienevel. De olienevel bereikte snel het vloeroppervlak.

## 5 Conclusies experimenten

Op basis van de experimenten kunnen de volgende conclusies worden getrokken:

1. Voor een monorailsysteem komen 2 vernevelaars in aanmerking: de kegelvormige vernevelaar en de vlakstraal vernevelaar.
2. Het beste sproeibeeld bij een kegelvormige vernevelaar werd gevonden bij een luchtdruk van 0,6 en een oliedruk van 0,7 bar. Bij de vlakstraal vernevelaar werd het beste sproeibeeld gevonden bij een luchtdruk van 0,7 – 0,8 en een oliedruk van 0,7 bar. De vlakstraal vernevelaar kan zowel verticaal worden geplaatst, waarbij de olie naar de vloer wordt gespreid, als onder een hoek van 45° naar de vloer gericht.
3. De vlakstraal vernevelaar genereert voor de meeste instellingen een te grote druppel en veel variatie in druppelgrootte. Alleen bij een luchtdruk van 0,8 en een oliedruk van 0,7 was de druppelgrootte en de homogeniteit acceptabel. De kegelvormige vernevelaar heeft een betere druppelgrootte en minder variatie in de druppelgrootte.
4. De sproeibreedte is beduidend groter bij de vlakstraal vernevelaar ten opzichte van de kegelvormige vernevelaar (ca. 85 cm versus 50 cm).
5. Kegelvormige vernevelaars moeten voor een goede verdeling van de olie haaks op de looprichting van de sproeiboom maximaal 30 cm uit elkaar worden geplaatst. Voor vlakstraal vernevelaars is dit maximaal 75 cm. De variatie bij de vlakstraal vernevelaar was echter vrij groot tussen de metingen.
6. De olieopbrengst van de vernevelaar is niet afhankelijk van de lengte van de olieleiding. Dit impliceert dat er vrijwel geen drukverlies optreedt over de leiding.
7. Er werd geen schrikreactie waargenomen bij het vernevelen van olie met behulp van een spuitboom op 1 m boven de strooiselvloer. De meeste vleeskuikens gingen netjes aan de kant voor de sproeiboom waardoor deze ongestoord de olie op het strooisel kan aanbrengen.
8. Bij hoge ventilatiedebieten en relatief hoge lichtsnelheden in de stal kan een belangrijk deel van de nevel meegevoerd worden met de luchtstroom, waardoor alsnog de kans bestaat op bevuilding van de stalrichting met olie.

## 6 Aanbevelingen

Op basis van deze studie worden de volgende aanbevelingen gedaan:

1. Verder onderzoek is gewenst naar de technische inpassing van het monorailsysteem in vleeskuikenstallen en volière- en scharrelstallen voor leghennen.
2. In het onderzoek genoemd onder punt 1 moet bekeken worden of de inrichting vrij blijft van olie. De mindere schoonmaakkosten zullen de extra investeringskosten immers moeten compenseren.
3. Twee systemen zijn in dit rapport niet verder bekeken, maar bieden wel perspectief om nader te onderzoeken, dit zijn:
  - a. een olierobot voor toepassing in volière- en scharrelstallen voor leghennen.
  - b. een vaste olieleiding, bevestigd onder de volières in volière-restallen of aan de beun in scharrelstallen.

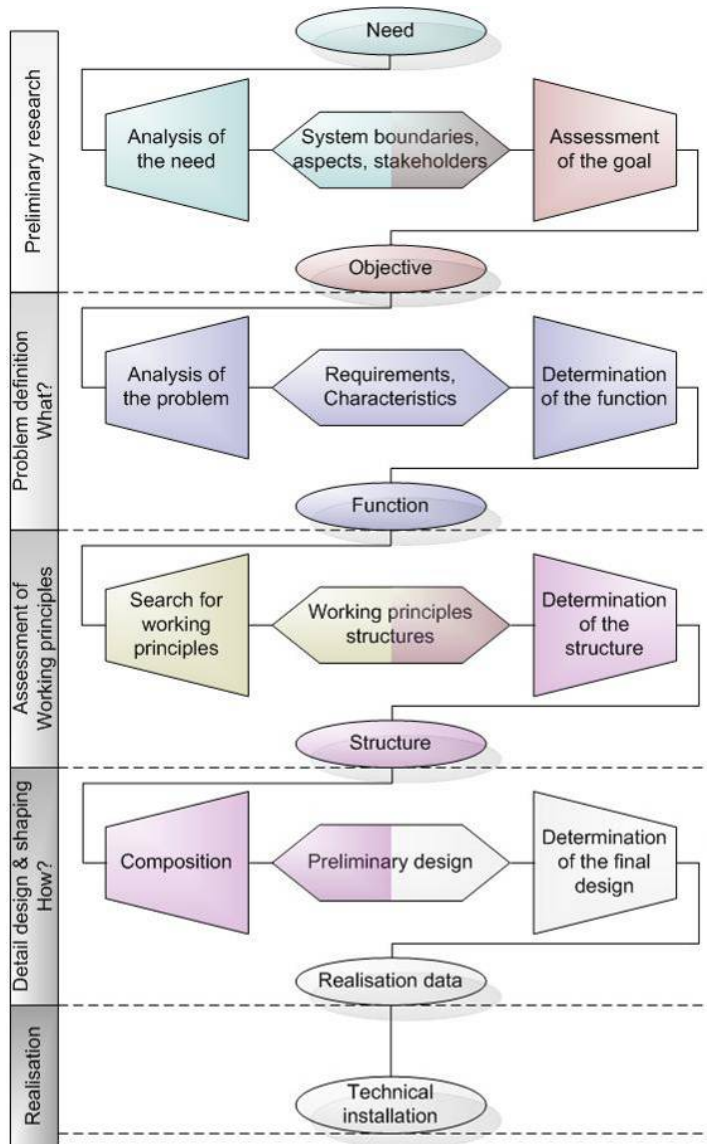


## Referenties

- Aarnink, A.J.A., J. Van Harn, T.G. Van Hattum, Y. Zhao, J.W. Snoek, I. Vermeij & J. Mosquera, 2008. Reductie stofemissie bij vleeskuikens door aanbrengen oliefilm. Rapport 54. Animal Sciences Group, Lelystad.
- Ogink, N.W.M. & A.J.A. Aarnink, 2008. Plan van aanpak bedrijfsoplossingen voor fijn stofreductie in de pluimveehouderij. Rapport 113. Animal Sciences Group, Divisie Veehouderij, Lelystad.
- Slingerland, R.M., 2010. Measures to reduce fine dust emissions from poultry houses; alternative ways of oil film application on litter. In press. Wageningen UR, Wageningen.
- Winkel, A., T.G. Van Hattum & A.J.A. Aarnink, 2009a. Maatregelen ter vermindering van fijnstofemissie uit de pluimveehouderij: ontwikkeling van een oliefilmsysteem voor leghennen in volièrehuisvesting. Wageningen UR Livestock Research, Lelystad.
- Winkel, A., M. Cambra-López, J.v. Harn, T.G.v. Hattum & A.J.A. Aarnink, 2009b. Maatregelen ter vermindering van fijnstofemissie uit de pluimveehouderij: optimalisatie van een oliefilmsysteem bij vleeskuikens. Animal Sciences Group, Lelystad.

## Bijlagen

### Bijlage 1 Schematische weergave methodisch ontwerpproces (Kroonenberg en Siers, 1998)





Wageningen UR Livestock Research

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

E [info.livestockresearch@wur.nl](mailto:info.livestockresearch@wur.nl) | [www.livestockresearch.wur.nl](http://www.livestockresearch.wur.nl)