

Wageningen UR Livestock Research

Partner in livestock innovations



Rapport 285

Maatregelen ter vermindering van fijnstofemissie uit de pluimveehouderij: ionisatie bij leghennen 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 gedeponeerd bij de Arrondissementsrechtbank Zwolle.

Abstract

In this study the effect of a commercially available ionization system on emissions of fine dust from layers in aviary housing was investigated. Emissions of PM10 and PM2,5 were reduced by 23 and 38% respectively. No effect was found on personal dust exposure, animal behavior or animal performance. Optimizations, especially with regard to dust removal, are necessary to make the system applicable in layer houses in practice.

Keywords

Fine dust, emission, poultry, layers, aviary housing, ionization

Referaat

ISSN 1570 - 8616

Auteurs

A. Winkel
R.A. van Emous
R.K. Kwikkel
N.W.M. Ogink
A.J.A. Aarnink

Titel

Maatregelen ter vermindering van fijnstofemissie uit de pluimveehouderij: ionisatie bij leghennen in volièrehuisvesting
Rapport 285

Samenvatting

In dit onderzoek is het effect onderzocht van een commercieel beschikbaar ionisatiesysteem op de fijnstofemissie van leghennen in volièrehuisvesting. Emissies van PM10 en PM2,5 werden met respectievelijk 23 en 38% gereduceerd. Persoonlijke stofbelasting, diergedrag en technische resultaten werden niet beïnvloed. Optimalisaties, met name van de stofverwijdering, zijn nodig om het systeem toepasbaar te maken voor de praktijk.

Trefwoorden

Fijnstof, emissie, pluimvee, leghennen, volièrehuisvesting, ionisatie



Rapport 285

Maatregelen ter vermindering van fijnstofemissie uit de pluimveehouderij: ionisatie bij leghennen in volièrehuisvesting

Measures to reduce fine dust emission from poultry houses: ionization in aviary housing for layers

A. Winkel
R.A. van Emous
R.K. Kwikkel
N.W.M. Ogink
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.

In het kader van dit plan van aanpak is in dit onderzoek het effect onderzocht van een commercieel beschikbaar ionisatiesysteem op de fijnstofemissie van leghennen in volièrehuisvesting. Het onderzoek werd uitgevoerd in leghennenstal P4 van praktijkcentrum Het Spelderholt te Lelystad.

Onze dank gaat uit naar de firma's Baumgartner Environics Inc. en InterContinental voor het beschikbaar stellen, installeren en onderhouden van het ionisatiesysteem. 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 toepassen van negatieve ionisatie van stallucht.

In dit onderzoek werd het potentieel onderzocht van een commercieel beschikbaar ionisatiesysteem (EPI systeem) 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, de technische resultaten en het gedrag van de hennen.

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 ionisatiesysteem werd geïnstalleerd. In alle afdelingen werden leghennen geplaatst van het merk Hy-Line Silver. De proefperiode bedroeg 84 dagen (12 weken). Gemiddelde concentraties, emissies en emissiereducties van PM10 en PM2,5 stof werden gravimetrisch bepaald op dag 15, 30, 44, 56 en 64. 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 14, 31 en 44. De technische resultaten werden dagelijks (aantal en kwaliteit eieren, uitval) of alleen op de dag van meting (eigewicht) bepaald. Dagelijks werd het voltage en amperage van het EPI-systeem afgelezen en genoteerd. Het scharrel-, stofbad- en schrikgedrag van de dieren werd beoordeeld op dag 14, 21, 28, 35, 42 en 49. Tegelijk met de gedragswaarnemingen werd de mate van besmetting met bloedluizen vastgesteld.

Uit dit onderzoek kunnen de volgende conclusies worden getrokken:

- het EPI-systeem, zoals geïnstalleerd en toegepast in deze studie, kent een aantal verbeterpunten:
 1. het amperage van het systeem zakt gedurende de legperiode t.g.v. stofaccumulatie aan de plafonds (massa). In een praktijkstal zal het systeem bij deze manier van toepassen na ca. twee maanden niet of nauwelijks meer effectief zijn;
 2. de stofaccumulatie van het systeem aan de plafonds is zo sterk dat na enkele weken brokken stof t.g.v. de zwaartekracht naar beneden vallen, terug in het strooisel en in het volièresysteem. Zowel uit het oogpunt van emissies, arbeidsomstandigheden, diergezondheid als hygiëne is dit ongewenst;
 3. het systeem kent geen verwijderingstechniek. Het verdient de voorkeur om het systeem zo te optimaliseren dat eenmaal afgevangen stof ook echt uit de stal wordt verwijderd;
 4. er treden elektrostatische ontladingen op wanneer objecten in de stal onvoldoende geaard zijn: dit verdient nog aandacht;
 5. voor toepassing in praktijkstallen is het noodzakelijk om met zekerheid vast te stellen dat (elektrische) installaties in de stal niet door het systeem worden beïnvloed.
- het EPI-systeem, zoals geïnstalleerd en toegepast in dit onderzoek, is vanwege voornoemde problemen nog onvoldoende geschikt voor toepassing in praktijkstallen;
- het EPI-systeem, zoals geïnstalleerd en toegepast in dit onderzoek, reduceert de emissies van PM10 en PM2,5 van leghennen in volièrehuisvesting met respectievelijk 23 en 38%;
- 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;
- het EPI-systeem, zoals geïnstalleerd en toegepast in dit onderzoek, heeft geen effect op de persoonlijke blootstelling aan PM10 stof, de technische resultaten, het scharrel-, stofbad- en schrikgedrag van de hennen en de besmetting met bloedluizen.

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 air ionization in poultry houses.

In this study, a commercially available ionization system (EPI system) for poultry houses 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, technical results and behavior 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 84 days (12 weeks). Mean concentrations, emissions and emission reductions of PM₁₀ and PM_{2,5} dust were determined gravimetrically on days 15, 30, 44, 56 and 64. 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 14, 31 and 44. Technical results were determined each day (number and quality of eggs) or on the day of each dust measurement (egg weight). The voltage and amperage of the EPI system was recorded each day. Behavior (scratching, dust bathing and fear score) was observed weekly on days 14, 21, 28, 35, 42 and 49. Together with the behavior observations, infection levels of red mite (*Dermanyssus gallinae*) were determined.

From this study, the following conclusions can be drawn:

- the EPI system, as installed and applied in this experiment, shows a number of aspects that need improvement:
 1. the amperage of the system slowly decreases during the laying period due to dust accumulation to the ceiling (ground surface). In practical layer houses, the system will probably not or hardly be effective anymore after about two months of use;
 2. due to the heavy dust accumulation to the ceilings, lumps of dust start to fall down after a few weeks, onto the aviary system and the litter floor. With regard to emissions, labor conditions, animal health and general hygiene, this is undesired;
 3. the system does not include a dust removal technique. It is desirable to optimize the system in such a way that dust is removed from the housing system once it is captured from the air;
 4. electrostatic discharges occur when objects in the house are not properly grounded. This aspect needs further attention;
 5. before implementation in practice, attention should be paid to potential adverse effects of the ionization system on (electrical) installations in the house.
- the EPI system, as installed and applied in this experiment, is not yet applicable in layer houses in practice due to the above mentioned aspects;
- the EPI system, as installed and applied in this experiment reduced, during the experimental period, emissions of PM₁₀ and PM_{2.5} from layer houses with aviary systems with 23 en 38% respectively;
- 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;
- the EPI system, as installed and applied in this experiment, shows no effect on personal exposure to PM₁₀ dust, technical results, behavior of the hens (scratching, dust bathing and fear score) and infection with red mite.

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
2.1.3	Ionisatiesysteem	5
2.2	Methoden	7
2.2.1	Proefbehandelingen.....	7
2.2.2	Voer en water.....	7
2.2.3	Uitloop.....	7
2.2.4	Verlichting	7
2.2.5	Klimaat.....	7
2.2.6	Strooisel	7
2.2.7	Metingen en waarnemingen	8
2.2.8	Dataverwerking en statistische analyse.....	11
3	Resultaten	12
3.1	Functioneren van het EPI-systeem.....	12
3.2	Fijnstofconcentraties, -emissies en -reducties	14
3.3	Verloop PM10 concentratie gedurende de dag	15
3.4	Persoonlijke blootstelling aan fijnstof	16
3.5	Productieresultaten	16
3.6	Gedrag	17
3.7	Bloedluizen.....	17
4	Discussie	18
5	Conclusies	21
	Literatuur	22
	Bijlagen	23
Bijlage 1	Gemiddelde concentraties van PM10 en PM2,5 tijdens de metingen.....	23
Bijlage 2	Gemiddelde ventilatie debieten tijdens de metingen	24
Bijlage 3	Cumulatieve uitval (%) per volièresysteem en behandeling.....	25
Bijlage 4	Legpercentage (weekgemiddelden) per volièresysteem en behandeling	26
Bijlage 5	Scorelijst voor de aanwezigheid van bloedluizen	27

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 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 toepassen van negatieve ionisatie van de stallucht. Bij dit principe wordt een hoge elektrische spanning in de stal aangebracht. Rond de spanningsbron ontstaat een elektrisch veld waarlangs elektronen worden uitgestoten. Het elektrisch veld transporteert en accelereert de elektronen waardoor deze voldoende kinetische energie krijgen om de neutrale gasmoleculen waarmee ze botsen te ioniseren. De negatieve ionen staan hun elektrische lading vervolgens af aan de in de lucht aanwezige stofdeeltjes. De negatief geladen stofdeeltjes zullen gaan plakken aan tegengesteld (positief) geladen of geaarde oppervlakken en objecten en worden zo uit de lucht verwijderd. Voor meer achtergrondinformatie over het principe van ionisatie verwijzen we naar de rapporten van Kasper et al. (2008) en Cambra-López et al. (2009).

Uit een in 2008 uitgevoerde deskstudie (Kasper et al., 2008) bleek dat het werkingsprincipe van ionisatie om fijnstof uit de lucht te verwijderen voldoende is aangetoond. Voor toepassing in stallen bleek echter slechts één systeem voldoende ontwikkeld en beproefd: het zogenaamde EPI-systeem.

In 2008 is dit ionisatiesysteem uitgetest in vleeskuikenstal P1 van praktijkcentrum Het Spelderholt, gedurende twee productieronden (Cambra-López et al., 2009). Het EPI-systeem reduceerde de emissies van PM10 en PM2,5 over de ronde met gemiddeld respectievelijk 36 en 10% en de persoonlijke blootstelling aan PM10 met ongeveer 30%. Emissies van micro-organismen, geur en ammoniak, alsook de technische resultaten en de kwaliteit van het exterieur van de kuikens werden niet beïnvloed door het EPI-systeem.

In deze studie werd de werking van het EPI-systeem getest bij leghennen in volièrehuisvesting. Het onderzoek werd uitgevoerd in leghennenstal P4 van praktijkcentrum Het Spelderholt. Deze stal is uitgerust met twee typen volièrehuisvesting en wordt natuurlijk geventileerd. Doel van deze studie was om te bepalen of het systeem een toepasbare en effectieve techniek is om de emissie van fijnstof uit leghennenstallen met volièrehuisvesting te reduceren.

In dit onderzoek werden de volgende onderzoeksvragen onderzocht:

- hoe is het algemeen functioneren van het EPI-systeem in leghennenstallen met volièrehuisvesting: hoe is het verloop (afname) in amperage gedurende de proef? Worden objecten in de stal elektrostatisch geladen? In welke mate treedt vervuiling op?
- wat is het effect van het EPI-systeem op de fijnstofconcentraties in en fijnstofemissies uit de stal?
- wat is het effect van het EPI-systeem op de blootstelling aan PM10 in de stal?
- wat is het effect van het EPI-systeem op de technische resultaten (aantal, gewicht en kwaliteit eieren, uitval)?
- wat is het effect van het EPI-systeem op het gedrag van de hennen? Treden schrikreacties op (bijvoorbeeld ten gevolge van elektrostatische ontladingen)? Worden er meer buitennesteieren gelegd in afdelingen waar ionisatie wordt toegepast?
- wat is het effect van het EPI-systeem op de mate van besmetting met bloedluizen?

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 proefperiode bedroeg 12 weken.

De conditie van het verenpak en de algemene indruk van het koppel hennen was bijzonder goed. De hennen werden niet geruid en niet opnieuw gevaccineerd. Op dag 2 na plaatsing zijn door de Faculteit Diergeneeskunde van de Universiteit Utrecht mestmonsters genomen en gecontroleerd op aanwezigheid van wormen, coccidiose en salmonella. Het koppel bleek geïnfecteerd met zowel Spoelwormen als Capillaria. Vanaf dag 8 zijn de hennen gedurende 10 dagen behandeld met een ontwormingsmiddel (Flubenol[®], Janssen Animal Health). Zes weken later (dag 44) zijn nogmaals mestmonsters genomen en gecontroleerd, waarbij geen infectie van klinische betekenis meer werd gevonden.

Tabel 1 Kenmerken voliëresystemen 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	1240	1210
Bezetting per m ² vloeroppervlak	14,7 hennen/m ²	15,6 hennen/m ²
Bezetting per m ² onbedekt strooisel	29,2 hennen/m ²	38,8 hennen/m ²
Bezetting per m ³ stalinhoud	2,3 hennen/m ³	2,3 hennen/m ³
Type voliëresysteem	Niet-geïntegr. legnesten	Portaalsysteem
Aantal voliëreopstellingen per afdeling	2	2
Aantal leefniveaus	3	2
Afmetingen voliëreopstelling (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 voliëreopstelling)	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 voliëreopstelling)	3 Waterlijnen met elk 30 drinknippels, met lekbakjes,	2 Waterlijnen met elk 34 drinknippels, met lekbakjes,
- Drinknippels in totaal	90	68
- Schrikdraad op drinklijnen	Nee	Ja
Mestbanden (per voliëreopstelling)	3 stuks, Polypropyleen	2 stuks, Polypropyleen
- Afmetingen (l x b enkelzijdig)	7,35 x 1,80 m	6,90 x 1,06 m
- Frequentie van afdraaien	Wekelijks	Wekelijks
Mestbeluchting	Ja, 1 buis per mestband	Ja, 1 buis per mestband
- Aantal gaatjes per buis	57	36
- Diameter gaatje	8 mm	8 mm
Lichtsnoeren onder voliëresysteem	Ja	Ja
Verlichting van boven	6 HF TL lampen en 6 regelbare lichtvensters in plafond	6 HF TL lampen en 6 regelbare lichtvensters in plafond
Schrikdraad langs zijwanden	Ja	Ja

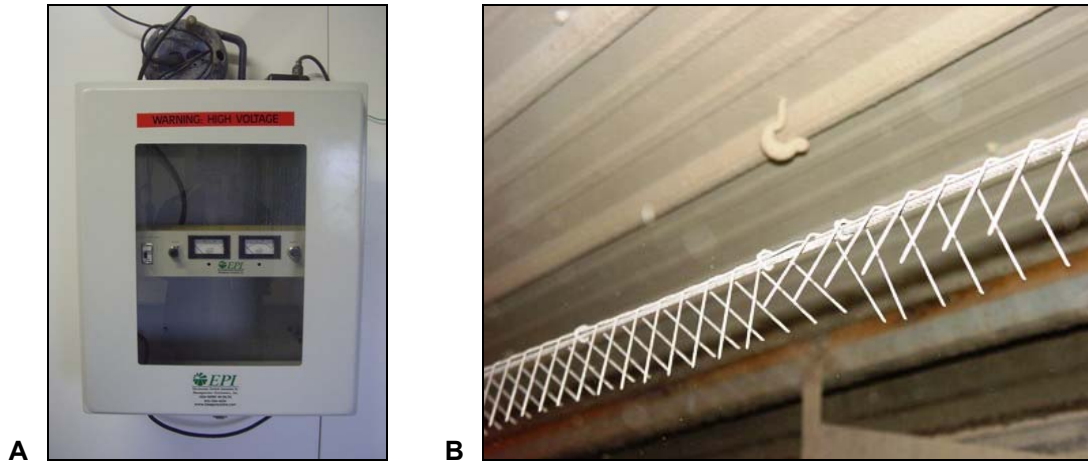
¹⁾ Onbedekt strooisel: strooiseloppervlak in m² waarbij er zich geen object bevindt tussen strooisel en plafond



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)

2.1.3 Ionisatiesysteem

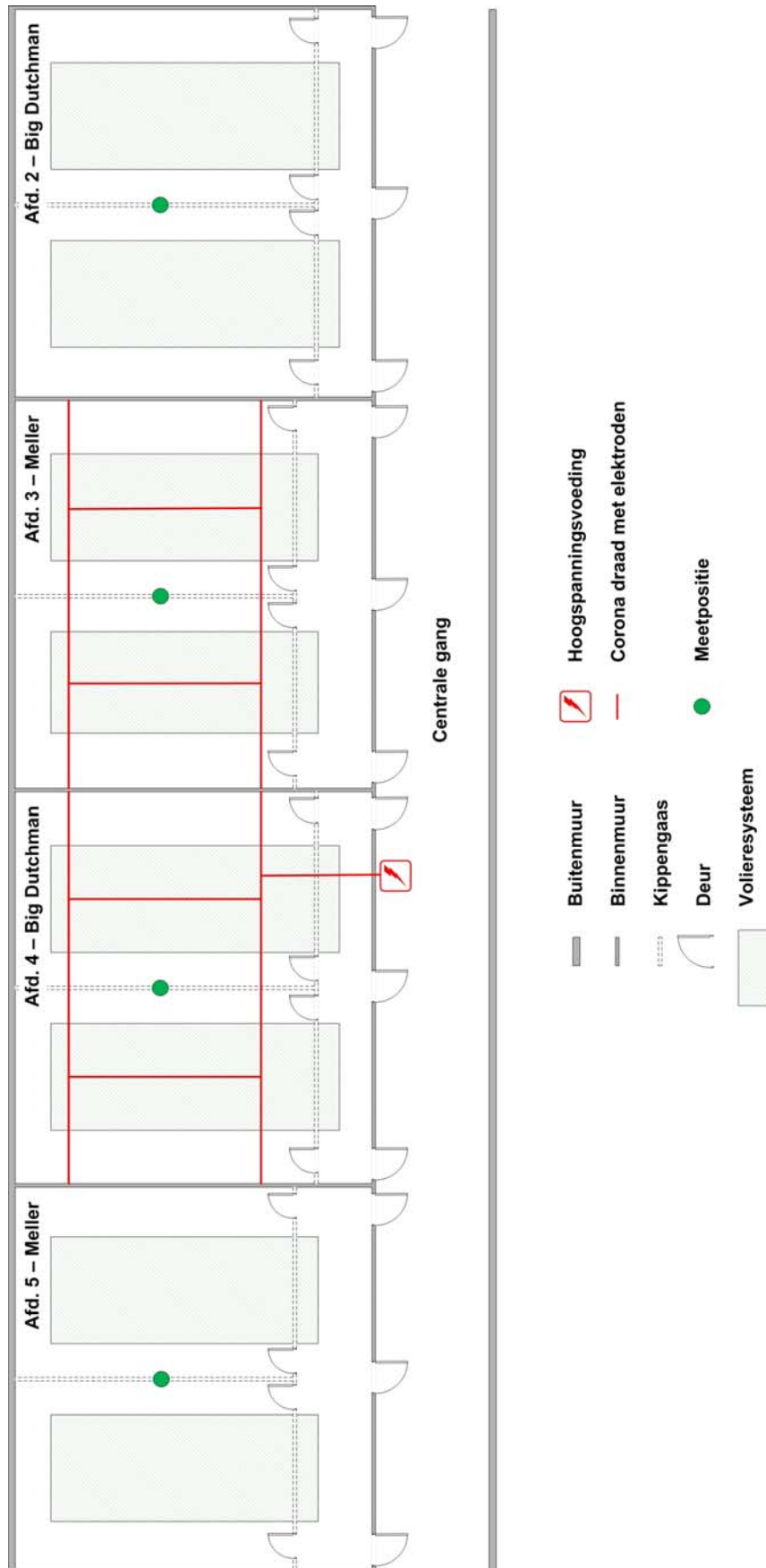
Als ionisatiesysteem werd het EPI-systeem toegepast (Baumgartner Environics, Inc., USDA patent nr. 6,126,722). Het EPI systeem bestond uit 2 metalen draden (coronadraden of elektroden, Figuur 3B) langs het plafond op een verticale afstand van ca. 20 tot 40 cm van het plafond. Tussen de twee draden werden per afdeling nog eens twee draden verbonden die evenwijdig aan en recht boven de volièresystemen gepositioneerd waren (Figuur 4). De draden waren voorzien van naaldvormige elektroden op 2,54 cm afstand van elkaar. De naalden – en daarmee het elektrisch veld – werden naar de vloer gericht. Door middel van een hoogspanningsvoeding (zie Figuur 3A) werd -30 kV gelijkspanning op de coronadraden aangebracht bij een amperage van maximaal 2,0 mA.



Figuur 3 A: kast aan de wand van de centrale gang van de stal, met daarin de hoogspanningsvoeding. B: detailfoto van de coronadraad met naaldvormige elektroden

Bij de toegepaste hoge spanning stoten de naaldvormige elektroden elektronen uit die worden getransporteerd langs de lijnen van het elektrisch veld. De elektronen botsen met gasmoleculen waardoor negatief geladen ionen gevormd worden. De ionen staan hun lading weer af aan (stof)deeltjes in de stallucht die daarmee negatief worden geladen. De (stof)deeltjes worden vervolgens aangetrokken tot positief geladen en geaarde oppervlakken en zo uit de stallucht verwijderd.

Het plafond diende als massa (aarde) voor de coronadraden (richtpunt voor het elektrisch veld) en tevens als belangrijkste stofvangend oppervlak. Er liep voortdurend een zwakke stroom van de coronadraad door de lucht naar de massa (het plafond). Door stofaccumulatie aan het plafond werd na verloop van tijd een isolerende stoflaag gevormd. Met het dikker worden van de stoflaag zakt het amperage geleidelijk. Door de coronadraden aan te spannen konden ze dichter naar het plafond worden gebracht en werd het amperage hersteld. Op advies van de leverancier werden de coronadraden aangespannen wanneer het amperage onder de 0,4 mA daalde.



Figuur 4 Plattegrond van leghennenstal P4 met daarop aangegeven de plaatsing van het EPI systeem (coronadraden en hoogspanningsvoeding) in twee van de vier afdelingen

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	EPI-systeem, zoals beschreven in paragraaf 2.1.3

Van de twee afdelingen met hetzelfde type volièresysteem werd in één afdeling ionisatie toegepast, 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	1: controle
3	BLA, Meller	2: ionisatie
4	Natura Nova, Big Dutchman	2: ionisatie
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, Fancorn 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.

2.2.7 Metingen en waarnemingen

Fijnstofmetingen (verzamelmonster 24 uur, gravimetrisch)

Gravimetrische stofmetingen van deeltjes kleiner dan 10 μm (PM10) en van deeltjes kleiner dan 2,5 μm (PM2,5) zijn verricht met PM10 en PM2,5 cycloon voorafscheimers en monsternamepompen. Deze metingen werden verricht op de volgende dagen na plaatsing van de hennen: dag 15, 30, 44, 56 en 64 (5 x 24 uur, van 12:00 tot 12:00).



Figuur 5 Monsteraanrapparaatuur 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 5 laat de monstername-apparaatuur zien voor PM10 en PM2,5. De apparaatuur 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 apparaatuur en deze standaard apparaatuur voor de buitenlucht is dat de impactor voorafscheimers is vervangen door een cycloon voorafscheimers. Dit vanwege het gevaar van overbelading van de impactieplaat, vooral bij bemonstering van PM2,5 (Zhao et al., 2009).

De zogenaamde 'constant flow' monsternamepompen (Figuur 5, rechtsonder) zuigen stallucht of inlaatlucht door de cycloon voorafscheimers (Figuur 5, 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 m³/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 m³/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 °C ± 1 °C en 50% ± 5% relatieve luchtvochtigheid. Deze voorwaarden staan beschreven in NEN-EN 14907 (2005). Op basis van het verschil in gewicht van het filter voor en na de meting werd de hoeveelheid (massa) verzameld PM10 en PM2,5 stof bepaald.

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

PM10: < 222,6 µg/m³: Y = 1,0877 X
 > 222,6 µg/m³: 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/m³) in de uitgaande stallucht werd optisch verricht met de DustTrak (Figuur 6, links; één apparaat per afdeling; DustTrak TM Aerosol Monitor, model 8520, TSI Incorporated, Shoreview, USA). Deze metingen waren bedoeld om het verloop van de PM10 concentratie gedurende de dag te bepalen. PM10 concentraties werden elke seconde gemeten en minuutgemiddelden werden gelogd in het geheugen van de DustTrak. De meting werd tegelijk met de gravimetrische metingen uitgevoerd op dag 15, 30, 44, 56 en 64, 5 x 24 uur; van 12:00 tot 12:00 uur.



Figuur 6 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 14, 31 en 44 na plaatsing van de hennen. Een DustTrak werd opgehangen aan de schouder van een medewerker (hoogte ca. 1,5 m; Figuur 6, 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 capillaire 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 15, 30, 44, 56 en 64 na plaatsing van de hennen.

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.

EPI-systeem

Dagelijks werd het voltage en amperage afgelezen van het EPI-systeem en genoteerd. Wanneer het amperage van het EPI-systeem tot 0,4 mA was gezakt werden de coronadraden van het EPI-systeem dichter bij het plafond gebracht.

Gedrag

Het gedrag van de dieren werd wekelijks (dag 14, 21, 28, 35, 42 en 49) beoordeeld door de hennen binnen een bepaald gebied (3 x 2,5 m) te observeren. De observaties vonden telkens plaats tussen 12:00 en 13:00 uur waarbij het totaal aantal hennen, de hennen die aan het stofbaden waren en de hennen die scharrelden werden geteld. Per afdeling werd een gebied onder het voliëresysteem en een gebied in het gangpad geobserveerd. Daarnaast werd de schrikreactie van de dieren beoordeeld door een grijze plastic vuilniszak open te klappen in de afdeling. De reactie van de hennen werd gescoord van 0 (niet), 1 (licht), 2 (matig) tot 3 (flink).

Bloedluizen

De aanwezigheid van bloedluizen (*Dermanyssus gallinae*) in de afdelingen werd wekelijks (dag 14, 21, 28, 35, 42 en 49) visueel gescoord. Daarvoor werd gebruik gemaakt van een door Wageningen UR Livestock Research ontwikkelde methode met zogenaamde bloedluisvallen. Een val bestaat uit een 10 cm lange kunststof buis (Ø 18 mm) gevuld met een 12 cm lang stokje (Ø 16 mm). De vallen werden met trekbandjes onder de zitstok op de bovenste en onderste etage geplaatst (vier per

afdeling). Na een week werden de vallen gecontroleerd en de aanwezigheid van luizen visueel gescoord. Dit scoren gebeurde aan de hand van een standaard fotolijst waarbij de scores oplopen van 0 (geen luizen) naar 4 (zeer veel luizen). De scorelijst is opgenomen als bijlage 5. Na de controle werd de val schoongemaakt en weer teruggehangen.

2.2.8 Dataverwerking en statistische analyse

Er zijn in totaal vijf stofmetingen verricht in de vier afdelingen. Deze 20 waarnemingen werden beschouwd als de experimentele eenheden in de analyse.

Van de in totaal 20 PM10 metingen konden 16 worden gebruikt in de analyse. De volgende PM10 metingen konden niet meegenomen worden in de analyses vanwege uitvallen van de monsternamepompen of vanwege uitbijters: metingen 1 en 2 in afdeling 2 (Meller voliëresysteem, ionisatie), meting 3 in afdelingen 1 en 3 (respectievelijk: Big Dutchman voliëresysteem + controle en Big Dutchman voliëresysteem + ionisatie).

Van de in totaal 20 PM2,5 metingen konden 16 worden gebruikt in de analyse. De volgende PM2,5 metingen konden niet meegenomen worden in de analyses vanwege uitvallen van de monsternamepompen of vanwege uitbijters: meting 1 in afdeling 2 (Meller voliëresysteem + ionisatie) en meting 3 in afdelingen 1, 2 en 3 (respectievelijk Big Dutchman voliëresysteem + controle, Meller voliëresysteem + ionisatie en Big Dutchman voliëresysteem + ionisatie).

Gemiddelde PM10 en PM2,5 concentraties en emissies zijn berekend. Voor de PM10 en PM2,5 concentraties en emissies is met behulp van de procedure 'Two-way' ANOVA (Genstat Committee, 2009) bepaald of er significante verschillen waren tussen de beide voliëresystemen en tussen de controle- en de ionisatieafdelingen. Bij deze analyse werden waarnemingen genomen op dezelfde dag beschouwd als een blok. In deze procedure worden missende waarden ingeschat.

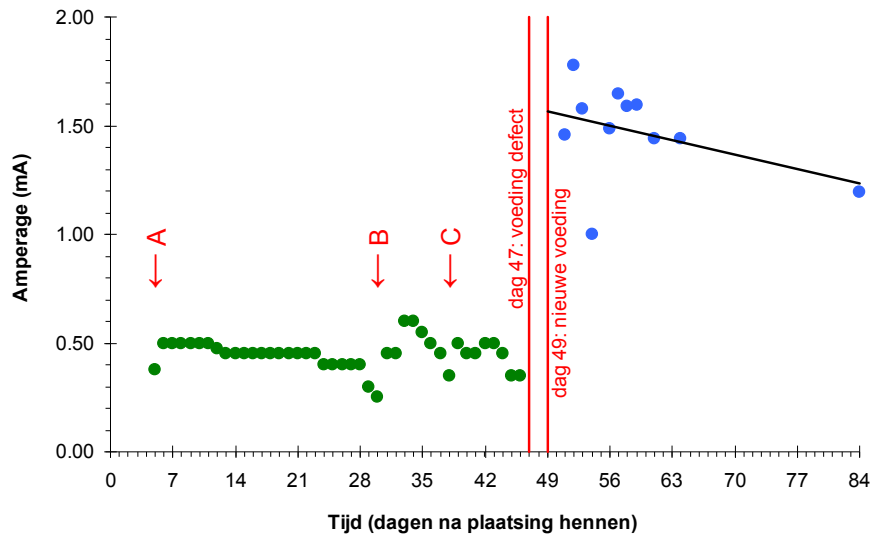
Voor bepaling van het effect van voliëresysteem en wel of geen ionisatie op de productieresultaten (% 1^e soort eieren, % 2^e soort eieren, % struifeieren, % buitennesteieren en legpercentage) is tevens de 'Two-way' ANOVA procedure gebruikt (Genstat Committee, 2009). De data zijn op subafdelingsniveau geanalyseerd, dit betekent acht experimentele eenheden. In leghennenstal P4 zijn elk van de vier afdelingen (hoofdafdelingen) door middel van een kippengaaswand gescheiden in twee subafdelingen. De subafdelingen zijn, afgezien van het klimaat en ventilatie, geheel gescheiden (gescheiden voer- en watersystemen, gescheiden eieren afdraaien, enzovoort). Door de analyse van de productieresultaten of subafdelingsniveau uit te voeren (acht experimentele eenheden) kunnen ook interactie-effecten worden getoetst.

De data van de persoonlijke stofbelasting, van de schrikreactie en van de bloedluis score zijn ook met de 'Two-way' ANOVA procedure geanalyseerd (Genstat Committee, 2009). De gedragingen '% stofbaden' en '% scharrelen' werden met de procedure 'General Analysis of Variance' geanalyseerd (Genstat Committee, 2009), waarbij de locatie (onder de voliëres of in het gangpad) ook werd opgenomen als een factor. Metingen en waarnemingen op verschillende dagen werden als onafhankelijk beschouwd. Data zijn tevens op subafdelingsniveau geanalyseerd. Het aantal experimentele eenheden was het aantal dagen waarop is waargenomen maal de acht subafdelingen. Bij de gedragingen '% stofbaden' en '% scharrelen' was dit het dubbele vanwege het onderscheid wat tevens is gemaakt tussen locatie (onder de voliëres of in het gangpad). Bij deze analyses werden waarnemingen genomen op dezelfde dag beschouwd als een blok.

In alle analyses is het mogelijke interactie-effect tussen wel of geen ionisatie en het voliëresysteem meegenomen.

3 Resultaten

3.1 Functioneren van het EPI-systeem



Figuur 7 Verloop in het amperage van het EPI-systeem tijdens de proefperiode. A: op dag 6 werden de coronadraden 19 slagen van de spanner dichterbij het plafond gedraaid. B: op dag 31 werden de spansystemen opnieuw gemonteerd en afgesteld tot 0,45 mA. C: op dag 38 werden de coronadraden 3 slagen van de spanner dichterbij het plafond gedraaid. Dag 47: voeding defect, dag 49: nieuw type voeding gemonteerd, dag 84: einde van de proef. Groene bolletjes: originele voeding. Blauwe bolletjes: nieuwe type voeding.

Amperage van het EPI systeem

Het EPI systeem heeft redelijk gefunctioneerd. Tot dag 28 bereikte het systeem vrij lage amperages (ca. 0,4 tot 0,5 mA) die geleidelijk lager werden. Dit werd waarschijnlijk veroorzaakt door de accumulatie van stof aan het plafond. De stoflaag werkt isolerend op de stroom die van coronadraad naar plafond (massa) loopt. Op dag 30 was het amperage tot 0,25 mA gezakt. Geconstateerd werd dat de bevestiging van de spansystemen van de coronadraden los begonnen te laten van de wanden. Op dag 31 zijn de vier spansystemen losgehaald en opnieuw aan de wanden bevestigd (Figuur 7, tijdstip B). Op dag 38 was het amperage gezakt (van 0,6 mA op dag 33) naar 0,35 mA, waarna de coronadraden nog wat dichterbij het plafond zijn gebracht (Figuur 7, tijdstip C). Door de kortere afstand tussen coronadraad en plafond (massa) kan er meer lading worden afgegeven en stijgt het amperage. Op dag 47 bleek de hoogspanningsvoeding defect te zijn. Op dag 49 is een nieuw type voeding geïnstalleerd. Deze heeft tot dag 84 probleemloos gefunctioneerd. Het nieuwe type voeding behaalde aanzienlijk hogere amperages.

Vervuiling van de plafonds

Figuur 8 geeft een indruk van de vervuiling van de plafonds op de laatste dag van de proef (dag 84). De plafonds van de ionisatieafdelingen waren bedekt met een centimeters dikke laag stof, terwijl de plafonds van de controleafdelingen schoon waren gebleven. Sommige stoflagen werden zo dik dat er t.g.v. de zwaartekracht brokken stof terugvielen in het strooisel.

Elektrostatische (ont)ladingen

Er zijn geen (elektrostatische) ontladingen opgetreden van het voliëresysteem of onderdelen daarvan. De vier spansystemen voor de coronadraden aan de wanden van de twee ionisatieafdelingen bouwden echter wel elektrostatische spanning op. De isolatie tussen coronadraden en spanners was onvoldoende. Elektrostatische ontlading trad ook op bij het uit het stopcontact trekken van de stekker van de hoogspanningsvoeding van het ionisatiesysteem. Dit werd veroorzaakt door een onvoldoende aarding van de hoogspanningsvoeding, waardoor de voeding elektrostatische spanning kon opbouwen.



A. Plafond afdeling Big Dutchman, controle



B. Plafond afdeling Big Dutchman met ionisatie



C. Plafond afdeling Meller, controle



D. Plafond afdeling Meller met ionisatie



E. Detailfoto van stofophoping aan het plafond rondom de coronadraad



F. Detailfoto van stofophoping aan het plafond rondom de coronadraad

Figuur 8 Verschil in vervuiling van het plafond tussen ionisatie- (B, D, E, F) en controleafdelingen (A en C) op de laatste dag van de proef, na 12 weken (dag 84)

Verstoring van de gravimetrische fijnstofmetingen

Voor aanvang van de eerste fijnstofmeting is onderzocht of de temperatuurmetingen met temperatuursensoren t.b.v. de gravimetrische metingen beïnvloed werden door het elektrisch veld in de ionisatieafdelingen. Dit bleek niet het geval. Wel werd geconstateerd dat er ontlading optrad van coronadraad naar temperatuursensor als de temperatuursensor zich op minder dan ca. 50 cm van de coronadraad bevond.



Figuur 9 Twee temperatuursensoren waarvan de metalen huls d.m.v. twee koperdraden is geaard aan een metalen balk van het volièresysteem

Na twee fijnstofmetingen bleken er ongewoon veel monsternamepompen uit te vallen tijdens de metingen in de ionisatieafdelingen (3 van totaal 8 ingezette pompen, tegen 0 van 8 in de controleafdelingen). Hoogstwaarschijnlijk hebben de temperatuursensoren (bij de inlaat van de cycloon, in de nok van de stal, nabij de coronadraden) elektrische lading naar de monsternamepomp geleid (geplaatst in de centrale gang), met uitval tot gevolg. Daarom zijn de temperatuursensoren voor de derde stofmeting geaard, zoals weergegeven in Figuur 9. Eerst is daarvoor getest of de gemeten temperatuur beïnvloed werd door het aarden van de huls van de sensor. Dit bleek niet het geval. Verder zijn de temperatuursensoren op ca. 2 m afstand van de coronadraden gebracht. Tijdens metingen 3, 4 en 5 is vervolgens slechts 1 van de in totaal 12 ingezette monsternamepompen uitgevallen in de ionisatieafdelingen (tegen 0 van de 12 in de controleafdelingen).

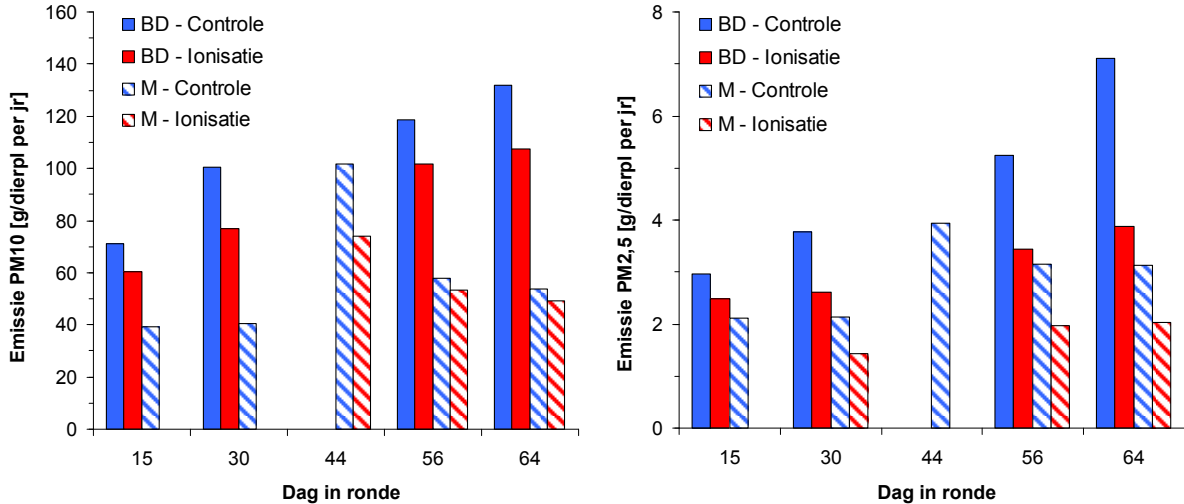
3.2 Fijnstofconcentraties, -emissies en -reducties

Er werd een significant verschil gevonden in PM10 concentraties tussen de beide volièresystemen ($P < 0,001$) en tussen de ionisatie- en controleafdelingen ($P < 0,001$). De gemiddelde PM10 concentraties van de afdelingen met het Big Dutchman volièresysteem waren $3,43 \text{ mg/m}^3$ voor de controle- en $2,67 \text{ mg/m}^3$ voor de ionisatieafdeling (s.e.d. 0,21). Voor de afdelingen met het Meller volièresysteem was dit respectievelijk $1,72$ en $1,04 \text{ mg/m}^3$ (s.e.d. 0,21).

Ook voor de PM10 emissies werden significante verschillen gevonden tussen de beide volièresystemen ($P < 0,001$) en tussen de ionisatie- en controleafdelingen ($P < 0,01$). De gemiddelde PM10 emissies van de afdelingen met het Big Dutchman volièresysteem waren 113 g/jaar per dierplaats voor de controle- en 94 g/jaar per dierplaats voor de ionisatieafdeling (s.e.d. 7). Voor de afdelingen met het Meller volièresysteem was dit respectievelijk 57 en 41 g/jaar per dierplaats (s.e.d. 7). Er werd geen interactie-effect gevonden tussen ionisatie en volièresysteem ($P = 0,81$). De gemiddeld berekende PM10 emissiereductie voor het ionisatiesysteem was 23%.

Voor de PM2,5 concentraties werden significante verschillen gevonden tussen de beide volièresystemen ($P < 0,001$) en tussen de ionisatie- en controleafdelingen ($P < 0,01$). De gemiddelde PM2,5 concentraties van de afdelingen met het Big Dutchman volièresysteem waren $0,153 \text{ mg/m}^3$ voor de controle- en $0,098 \text{ mg/m}^3$ voor de ionisatieafdeling (s.e.d. 0,016). Voor de afdelingen met het Meller volièresysteem was dit respectievelijk $0,088$ en $0,047 \text{ mg/m}^3$ (s.e.d. 0,016).

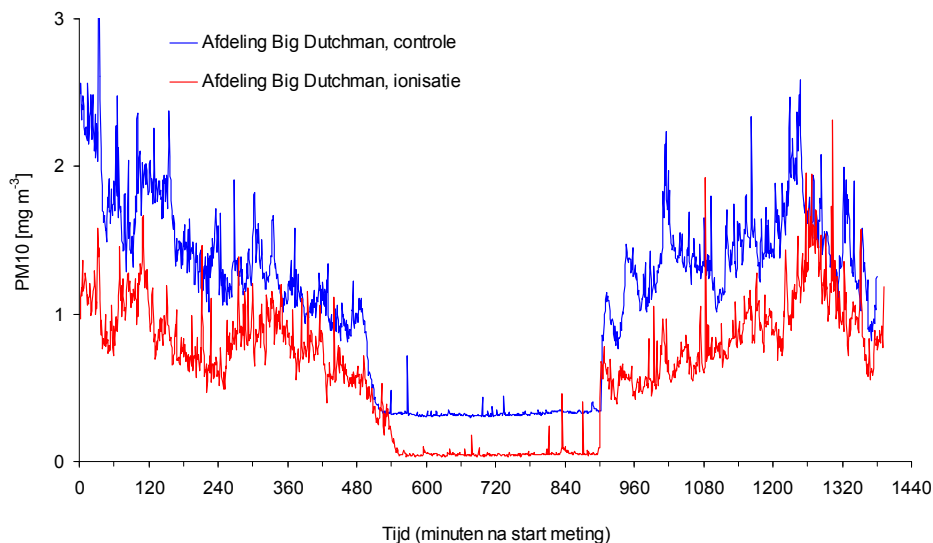
Ook voor de PM_{2,5} emissies werden significante verschillen gevonden tussen de beide volièresystemen ($P < 0,001$) en tussen de ionisatie- en controleafdelingen ($P < 0,01$). De gemiddelde PM_{2,5} emissies van de Big Dutchman afdelingen waren 4,92 voor de controle- en 3,25 g/jaar per dierplaats voor de ionisatieafdeling (s.e.d. 0,51). Voor de afdelingen met het Meller volièresysteem was dit respectievelijk 2,78 en 1,62 g/jaar per dierplaats (s.e.d. 0,51). Er werd geen interactie-effect gevonden tussen ionisatie en volièresysteem ($P = 0,51$). De gemiddelde berekende PM_{2,5} emissiereductie voor het ionisatiesysteem was 38%.



Figuur 10 Emissies van PM₁₀ (links) en PM_{2,5} (rechts) op dag 15, 30, 44, 56 en 64 van de proef. Massieve staven: afdelingen met het Big Dutchman volièresysteem. Gestreepte staven: afdelingen met het Meller volièresysteem. Blauw: controle. Rood: ionisatie.

3.3 Verloop PM₁₀ concentratie gedurende de dag

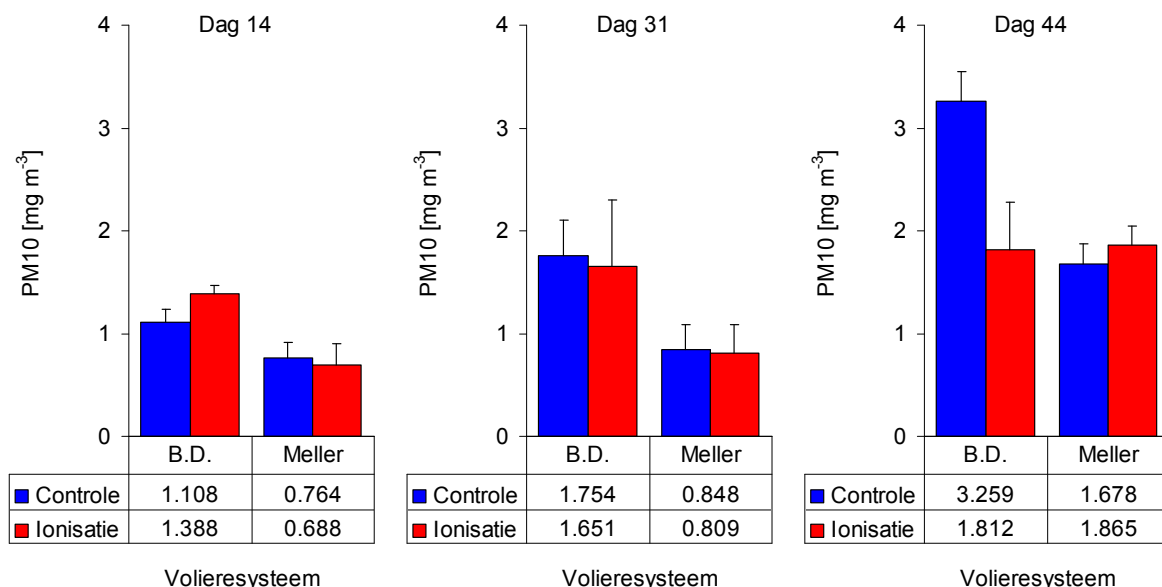
In Figuur 11 wordt het verloop in PM₁₀ concentratie weergegeven voor een ionisatie- en controleafdeling uitgerust met het volièresysteem van Big Dutchman, gedurende 24 uur (van 12:00 tot 12:00 uur) op dag 30 van de proef. Duidelijk zichtbaar zijn de licht- en donkerperiodes, met hoge concentraties tijdens de lichtperiode en lage concentraties tijdens de donkerperiode. De hoogste concentraties kwamen voor aan het einde van de ochtend en het begin van de middag. In het begin van de ochtend nam de PM₁₀ concentratie toe, terwijl in de avond de concentratie afnam.



Figuur 11 Typisch dagelijks verloop in de PM₁₀ concentratie in de ionisatie- en controleafdeling uitgerust met het volièresysteem van Big Dutchman, gedurende 24 uur, op dag 30 (van 12:00 tot 12:00 uur)

3.4 Persoonlijke blootstelling aan fijnstof

In Figuur 12 wordt het effect van ionisatie op de blootstelling aan PM10 stof weergegeven. Uit de statistische analyse van de resultaten blijkt dat de blootstelling aan PM10 stof niet verschillend was ($P=0,41$ tussen controleafdelingen en de afdelingen waar ionisatie werd toegepast. Wel was er een significant verschil tussen de beide volièresystemen ($P=0,018$), met gemiddelde waarden van respectievelijk $1,83 \text{ mg/m}^3$ voor Big Dutchman en $1,11 \text{ mg/m}^3$ voor Meller.



Figuur 12 Gemiddelde blootstelling aan PM10 stof per volièresysteem en behandeling op dag 14, 31 en 44 (met standaarddeviaties)

3.5 Productieresultaten

In Tabel 5 worden de gemiddelde productieresultaten weergegeven over de proefperiode van 12 weken. Uit de statistische analyse blijkt dat geen van de productieresultaten (legpercentage, eigewicht, % 1^e soort eieren, % 2^e soort eieren, % struifeieren en % buitennesteieren) werd beïnvloed door het toepassen van ionisatie ($P>0,05$). Het percentage eerste soort eieren werd wel significant beïnvloed door het volièresysteem ($P=0,001$), met gemiddelden van respectievelijk 91,2% voor Big Dutchman en 88,6% voor Meller. Dit verschil kon verklaard worden door een hoger percentage buitennesteieren in het Meller systeem ($P=0,007$), respectievelijk 3,0% voor Big Dutchman en 5,9% voor Meller. De overige productieresultaten werden niet significant beïnvloed door het volièresysteem.

Tabel 5 Technische resultaten over de proefperiode van 12 weken

	Big Dutchman		Meller		Totaal	
	Ionisatie	Controle	Ionisatie	Controle	Ionisatie	Controle
Aantal hennen op dag 0	1240	1240	1210	1210	2450	2450
Gem. hengewicht (kg)	1,970	1,965	1,972	1,984	1,971	1,974
Uitval na 12 weken (%)	3,4	4,0	3,6	3,3	3,5	3,6
Gem. legpercentage (%)	78,3	79,2	78,7	78,7	78,5	79,0
Gem. eigewicht (g)	61,9	61,7	62,1	62,3	62,0	62,0
Eieren 1 ^e soort (%)	90,8	91,6	88,5	88,6	89,7	90,2
Eieren 2 ^e soort (%)	4,1	4,6	4,2	4,2	4,1	4,4
Eieren struif (%)	1,3	1,6	1,3	1,3	1,3	1,5
Eieren buitennest (%)	3,8	2,1	6,0	5,8	4,9	3,9

3.6 Gedrag

In Tabel 6 is het scharrel-, stofbad- en schrikgedrag van de hennen bij de twee verschillende systemen en met en zonder ionisatie weergegeven. Uit de analyse van de resultaten blijkt dat het gedrag van de hennen (% stofbaden, % scharrelen, schrikreactie) niet werd beïnvloed door het toepassen van ionisatie. Er blijkt wel een tendens te zijn tot een hoger % stofbadgedrag in de Big Dutchman afdelingen ($P=0,063$). Het % scharrelen of de schrikreactie werd niet door het voliëresysteem beïnvloed. De locatie (onder de voliëres of in het gangpad) had wel een duidelijk effect op het % stofbaden en het % scharrelen. Onder de voliëres vond vooral stofbadgedrag plaats (13,2% versus 0,2%; $P<0,001$), terwijl in het gangpad vooral werd gescharreld (20,0% versus 8,4%; $P<0,001$).

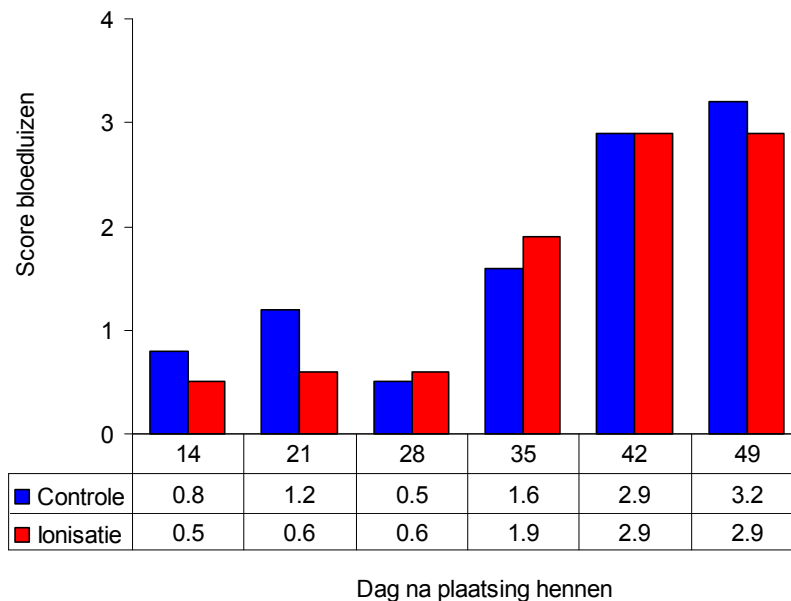
Tabel 6 Effect van ionisatie op het scharrel-, stofbad- en schrikgedrag van de hennen (gemiddelde van de waarnemingen op dag 14, 21, 28, 35, 42 en 49)

	Big Dutchman		Meller		Totaal	
	Ionisatie	Controle	Ionisatie	Controle	Ionisatie	Controle
% Stofbaden	7,6	7,7	4,6	7,2	6,1	7,5
% Scharrelen	15,7	13,5	13,0	14,2	14,4	13,8
Schrikreactie *)	1,2	1,2	1,3	1,3	1,3	1,2

*) score van 0 (niet) tot max. 3 (flink)

3.7 Bloedluizen

In Figuur 13 is de mate van besmetting met bloedluis (de bloedluis score, zie bijlage 5) weergegeven op dag 14, 21, 28, 35, 42 en 49 na plaatsing van de hennen. De besmetting met bloedluizen nam duidelijk toe in de tijd. Uit de statistische analyse blijkt dat er geen verschillen waren in de besmetting met bloedluizen tussen ionisatie en controle ($P=0,50$) of tussen de beide voliëresystemen ($P=0,76$).



Figuur 13 Effect van ionisatie op de aanwezigheid van bloedluizen (gemiddelde van beide voliëresystemen)

4 Discussie

Functioneren van het EPI-systeem

Het EPI-systeem heeft tijdens dit onderzoek redelijk gefunctioneerd. Er is echter een aantal problemen opgetreden en er zijn mogelijke verbeterpunten geconstateerd.

1. Het afgegeven amperage (en daarmee de effectiviteit) van het systeem zakte geleidelijk gedurende de proefperiode. Dit werd veroorzaakt door forse stofaccumulatie aan het plafond. De stoflaag werkt als een isolator op de stroom die van coronadraad naar plafond loopt. Dit trad ook op bij vleeskuikens (Cambra-López et al., 2008). Door een viertal spanners aan te draaien konden de coronadraden dicht bij het plafond worden gebracht en werd het amperage hersteld. Echter, al na 38 dagen waren de coronadraden maximaal aangespannen om boven het minimum amperage van 0,4 mA te blijven. Wanneer de draden nog dicht bij het plafond werden gebracht werden vonken en gesis waargenomen (directe overslag naar het plafond). Waarschijnlijk heeft de korte afstand tussen coronadraden en plafond op dag 47 tot kortsluiting van de hoogspanningsvoeding geleid. Op dag 49 werd de voeding vervangen door een nieuw type van de leverancier waarmee aanzienlijk hogere amperages werden bereikt. Echter, ook met deze voeding daalde het amperage geleidelijk van ca. 1,6 mA na installatie naar ca. 1,2 mA op dag 84 (laatste dag van de proef). Dit is een daling van ca. 25% in 35 dagen. Bij toepassing in praktijkstallen, bij een legperiode van ca. 410 dagen, zal het systeem het amperage niet gedurende de gehele legperiode kunnen vasthouden.
2. De forse stofaccumulatie aan de plafonds wordt weergegeven in Figuur 8. In het tweede deel van de proefperiode was de stofaccumulatie zo fors dat brokken stof t.g.v. de zwaartekracht naar beneden vielen, terug in het strooisel en in het voliëresysteem. Zowel uit het oogpunt van emissies, arbeidsomstandigheden, diergezondheid als hygiëne is dit ongewenst.
3. Om voorgaande twee problemen op te lossen is door de leverancier voorgesteld om het EPI-systeem elke nacht gedurende een uur uit te schakelen, zodat het afgevangen stof naar beneden valt. Het plafond blijft dan waarschijnlijk relatief schoon en het amperage zal niet of weinig dalen zodat het systeem effectief blijft gedurende de legperiode. Nadeel van deze maatregel is dat het afgevangen stof niet uit het stalsysteem wordt verwijderd. Het verdient de voorkeur om het systeem zo te optimaliseren dat eenmaal afgevangen stof ook echt uit de stal wordt verwijderd.
4. Een derde probleem dat werd geconstateerd is het optreden van elektrostatische spanningen. Geen van de onderdelen van het voliëresysteem werd elektrostatisch geladen. Dit werd ook niet verwacht aangezien het voliëresysteem goed is geaard (pers. mededeling, Geissler installatietechniek, Lemelerveld). Elektrostatische ontladingen (schokken) traden wel op bij het aanraken van de spansystemen en bij het uit het stopcontact trekken van de stekker van de hoogspanningsvoeding. Beide onderdelen ontvingen elektrische lading van het EPI-systeem en konden deze onvoldoende verliezen. De leverancier zal hier nog aandacht aan moeten besteden.
5. Tijdens de eerste twee metingen vielen ongewoon veel monsternamepompen uit in de ionisatieafdelingen (3 van de in totaal 8 pompen, tegen 0 van 8 in de controleafdelingen). Nadat de temperatuursensoren werden geaard (zie Figuur 9) werden nog drie metingen uitgevoerd. Daarbij viel 1 van de 12 monsternamepompen uit in de ionisatieafdelingen tegen 0 van de 12 in de controleafdelingen. Hoogstwaarschijnlijk hebben de temperatuursensoren (bij de inlaat van de cycloon, in de nok van de stal, nabij de coronadraden) elektrische lading naar de monsternamepomp geleid (geplaatst in de centrale gang), met uitval tot gevolg. Wanneer het EPI-systeem wordt toegepast in de praktijk is het belangrijk om te controleren of het systeem geen problemen oplevert voor andere elektrische installaties in de stal.

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 7.

Tabel 7 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	Ionisatie	Controle	Ionisatie
PM ₁₀ concentratie (mg/m ³)	3,43	2,67	1,72	1,04
PM ₁₀ emissie (g/jaar per dierpl.)	113	94	57	41
PM ₁₀ emissiefactor (g/jaar per dierpl.) ¹⁾			64,6	
PM _{2,5} concentratie (mg/m ³)	0,153	0,098	0,088	0,047
PM _{2,5} emissie (g/jaar per dierpl.)	4,92	3,25	2,78	1,62
PM _{2,5} emissiefactor (g/jaar per dierpl.) ¹⁾			3,8	
PM _{2,5} emissie t.o.v. PM ₁₀ emissie (%) ²⁾	4,4	3,5	4,9	4,0
PM _{2,5} emissie t.o.v. PM ₁₀ emissie (%) ^{1), 2)}			5,9	

¹⁾ Winkel et al. (2009)

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 zowel PM₁₀ als PM_{2,5} hoger zijn voor de afdelingen met het Big Dutchman volièresysteem t.o.v. de afdelingen met het Meller volièresysteem. Dit is in overeenstemming met de resultaten van het onderzoek van Buissonjé 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. Wellicht zal dit effect minder uitgesproken zijn bij praktijkstallen met portaalsystemen en lengteventilatie. Het aandeel 'onbedekt strooiseloppervlak' in de Meller afdelingen bedraagt 31,2 m² (0,026 m²/hen) tegen 42,5 m² (0,034 m²/hen) in de afdelingen met het Natura Nova volièresysteem (Tabel 1). In de tweede plaats blijkt er een tendens te zijn tot een hoger percentage stofbadgedrag in de Big Dutchman afdelingen (P=0,063).

Emissies in relatie tot emissiefactoren

Recent zijn de resultaten van een onderzoeksprogramma gepubliceerd waarin de emissies van leghennen in volièrehuisvesting zijn bepaald (Winkel et al., 2009). 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. De in het huidige onderzoek gemeten emissies van fijnstof voor de verschillende volièresystemen en behandelingen liggen in een realistische range rond de emissiefactoren zoals gepubliceerd door Winkel et al. (2009).

Emissiereducties

De gemiddelde berekende PM₁₀ emissiereductie voor het ionisatiesysteem was 23%. De gemiddelde berekende PM_{2,5} emissiereductie voor het ionisatiesysteem was 38%. Voor beide stoffracties werd geen interactie-effect gevonden tussen behandeling en volièresysteem. In een eerder onderzoek bij vleeskuikens reduceerde het EPI-systeem de emissies van PM₁₀ en PM_{2,5} met respectievelijk 36 en 10% (Cambra-López et al., 2008). Hoewel de reducties uit beide onderzoeken van een vergelijkbare orde zijn, is het opmerkelijk dat in de huidige studie juist hogere reducties voor PM_{2,5} werden gevonden t.o.v. PM₁₀. Hiervoor kan geen duidelijke verklaring worden gegeven. In totaal zijn drie metingen verricht bij de eerste hoogspanningsvoeding en twee metingen bij het nieuwe type hoogspanningsvoeding. Er zijn geen duidelijke verschillen gevonden in emissiereducties van PM_{2,5} en PM₁₀ tussen de eerste drie en de laatste twee metingen. Het aantal metingen per type voeding is echter te beperkt om hierover met zekerheid een uitspraak te kunnen doen.

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

In Tabel 7 wordt de PM_{2,5} emissie uitgedrukt als percentage van de PM₁₀ emissie en vergeleken met de resultaten van Winkel et al. (2009). Uit deze vergelijking blijkt dat het aandeel PM_{2,5} stof in PM₁₀ stof in alle afdelingen en behandelingen van leghennenstal P4 enigszins lager was (1,0–2,4%) in vergelijking met het gemiddelde PM_{2,5} in PM₁₀ percentage beschreven door Winkel et al. (2009) (5,9%). Aangezien het ionisatiesysteem hogere reducties behaalde voor PM_{2,5} dan voor PM₁₀ stof, mag worden verwacht dat het gemiddelde percentage PM_{2,5} stof in PM₁₀ stof lager is in de afdelingen met het ionisatiesysteem. Uit Tabel 7 blijkt dat dit inderdaad het geval is.

Persoonlijke blootstelling aan PM₁₀

De persoonlijke blootstelling aan PM₁₀ stof werd niet beïnvloed door het toepassen van ionisatie. De gemiddelde emissiereductie voor PM₁₀ bedroeg echter 23%. Bij vleeskuikens werd een reductie van de persoonlijke blootstelling gevonden van ca. 30% bij een emissiereductie voor PM₁₀ van 36% (Cambra-López et al., 2009). Een belangrijke verklaring voor de afwezigheid van effecten op de persoonlijke stofbelasting is de positie van het systeem in de stal. 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. In het onderzoek van Cambra-López et al. (2009) hingen de coronadraden op een hoogte van ca. 2,5 m door de stalruimte. In de huidige studie werd het stof echter langs het plafond, op een hoogte van 4 tot 6 meter, geïoniseerd en afgevangen. Verwacht mag worden dat het systeem daardoor minder effectief is in het verlagen van de persoonlijke stofbelasting op ademhoogte (1,5-2 m). De persoonlijke stofbelasting was gemiddeld hoger voor de afdelingen met het Big Dutchman volièresysteem (1,83 mg/m³ tegen 1,11 mg/m³; P=0,018). Dit is een houderijsysteem-effect en is in overeenstemming met de hogere concentraties en emissies die met de gravimetrische meetmethode werden gevonden.

Technische resultaten

Gezien de hoge leeftijd van de hennen (68 weken + 2 dagen bij plaatsing) was de eiproductie nog erg goed. Het legpercentage nam de eerste twee weken van de proef toe en piekte tussen week 2 en 5 op een niveau van ca. 80-85% (zie bijlage 4). De technische resultaten werden niet beïnvloed door het toepassen van ionisatie. Het percentage eerste soort eieren was wel hoger voor de afdelingen met het Big Dutchman volièresysteem (91,2% tegen 88,6%). Dit verschil werd veroorzaakt door een hoger percentage buitennesteieren in het Meller volièresysteem (respectievelijk 3,0% voor Big Dutchman en 5,9% voor Meller). Dit is een houderijsysteem-effect. De uitval was aan de hoge kant (3-4% in 12 weken; zie bijlage 3). Op dag 62 zijn daarom zeven natuurlijk gestorven hennen voor sectie aangeboden. Hieruit bleek dat zes dieren waren gestorven door besmetting met bloedluis.

Gedrag

Uit de gedragswaarnemingen blijkt dat het scharrel-, stofbad- en schrikgedrag van de dieren niet werd beïnvloed door het toepassen van ionisatie. Het ionisatiesysteem zou door het optreden van elektrostatische ontladingen van het volièresysteem of door de aanwezigheid van het elektrische veld boven in de stalruimte een negatieve invloed op de dieren kunnen hebben. Dit zou zich kunnen vertalen in afwijkende gedragingen, zoals een verhoogde schrikreactie, verminderd natuurlijk gedrag, een productiedaling (legpercentage) of een verhoogd aandeel buitennesteieren. Deze zaken zijn echter niet opgetreden.

Bloedluisbesmettingen

Tegelijk met de gedragswaarnemingen is de mate van besmetting met bloedluizen vastgesteld om het verloop van de besmetting tijdens de ronde te kunnen volgen en eventuele verschillen tussen de behandelingen te kunnen vaststellen. De besmetting met bloedluizen nam duidelijk toe tijdens de legperiode, maar werd niet beïnvloed door het toepassen van ionisatie.

5 Conclusies

Uit dit onderzoek kunnen de volgende conclusies worden getrokken:

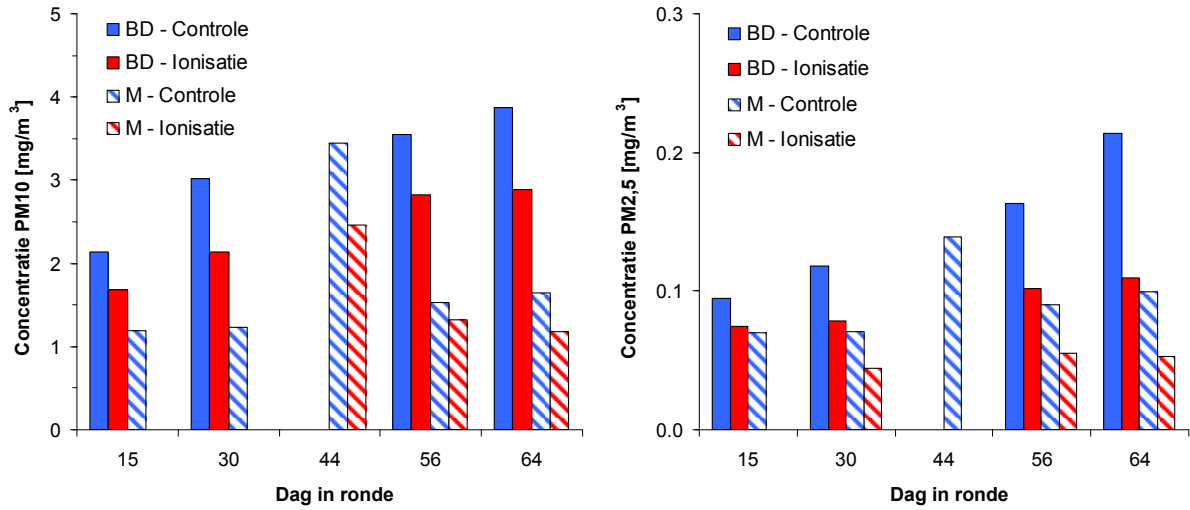
- het EPI-systeem, zoals geïnstalleerd en toegepast in dit onderzoek, kent een aantal verbeterpunten:
 1. het amperage van het systeem zakt gedurende de legperiode t.g.v. stofaccumulatie aan de plafonds (massa). In een praktijkstal zal het systeem bij deze manier van toepassen na ca. twee maanden niet of nauwelijks meer effectief zijn;
 2. de stofaccumulatie van het systeem aan de plafonds is zo sterk dat na enkele weken brokken stof t.g.v. de zwaartekracht naar beneden vallen, terug in het strooisel en in het voliëresysteem. Zowel uit het oogpunt van emissies, arbeidsomstandigheden, diergezondheid als hygiëne is dit ongewenst;
 3. het systeem kent geen verwijderingstechniek. Het verdient de voorkeur om het systeem zo te optimaliseren dat eenmaal afgevangen stof ook echt uit de stal wordt verwijderd;
 4. er treden elektrostatische ontladingen op wanneer objecten in de stal onvoldoende geaard zijn: dit verdient nog aandacht;
 5. voor toepassing in praktijkstallen is het noodzakelijk om met zekerheid vast te stellen dat (elektrische) installaties in de stal niet door het systeem worden beïnvloed.
- het EPI-systeem, zoals geïnstalleerd en toegepast in dit onderzoek, is vanwege voornoemde problemen nog onvoldoende geschikt voor toepassing in praktijkstallen;
- het EPI-systeem, zoals geïnstalleerd en toegepast in dit onderzoek, reduceert de emissies van PM10 en PM2,5 van leghennen in voliërehuisvesting met respectievelijk 23 en 38%;
- 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 (afschermende) koepel over het strooisel staat opgesteld. Dit principe kan benut worden voor stofarme ontwerpen voor voliëresystemen;
- het EPI-systeem, zoals geïnstalleerd en toegepast in dit onderzoek, heeft geen effect op:
 - de persoonlijke blootstelling aan PM10 stof;
 - de technische resultaten;
 - het scharrel-, stofbad- en schrikgedrag van de hennen;
 - de besmetting met bloedluizen.

Literatuur

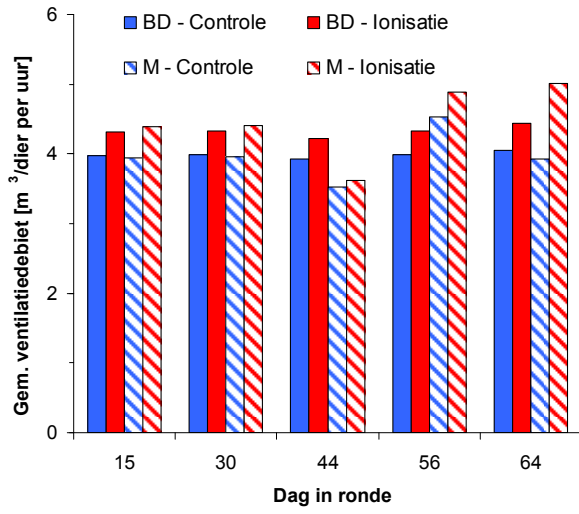
- Buringh, E., A. Opperhuizen (editors). 2002. On health risks of ambient PM in the Netherlands. National Institute for Public Health and the Environment (RIVM). Report 650010032.
- Cambra-López M., A. Winkel, J. van Harn, A.J.A. Aarnink. 2009. Measures to reduce fine dust emission from poultry houses: reduction from broiler houses by ionization. Rapport 215, Animal Sciences Group, Wageningen UR.
- 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).
- Kasper, F.E. de Buissonjé, A.J.A. Aarnink. 2008. Ionisatie voor reductie fijnstofemissie uit pluimveestallen. Fase I: Inventarisatie. Rapport 155, Animal Sciences Group, Wageningen UR.
- 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 referentiegelijkwaardigheid aan te tonen van meetmethoden. Nederlands Normalisatie-instituut, Delft.
- NEN-EN 14907. 2005. Ambient air quality - standard gravimetric measurement method for the determination of the pm2,5 mass fraction of suspended particulate matter. Nederlands Normalisatie-instituut, Delft.
- 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., J. Mosquera, J.M.G. Hol, G.M. Nijeboer, N.W.M. Ogink, A.J.A. Aarnink. 2009. Fijnstofemissie uit stallen: leghennen in volièrehuisvesting. Rapport 278, Wageningen UR Livestock Research.

Bijlagen

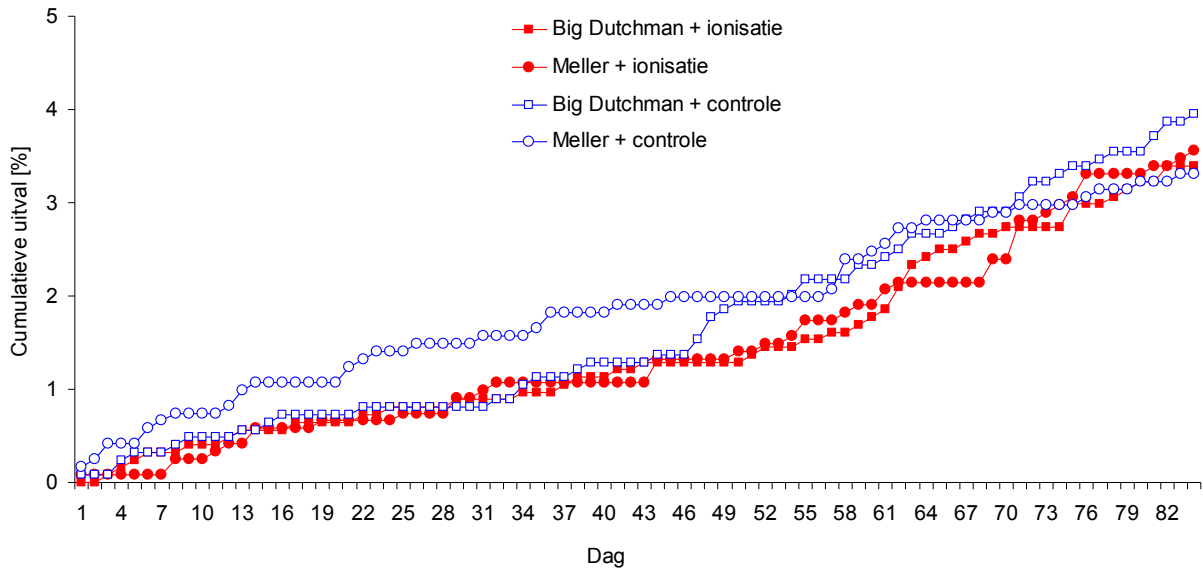
Bijlage 1 Gemiddelde concentraties van PM10 en PM2,5 tijdens de metingen



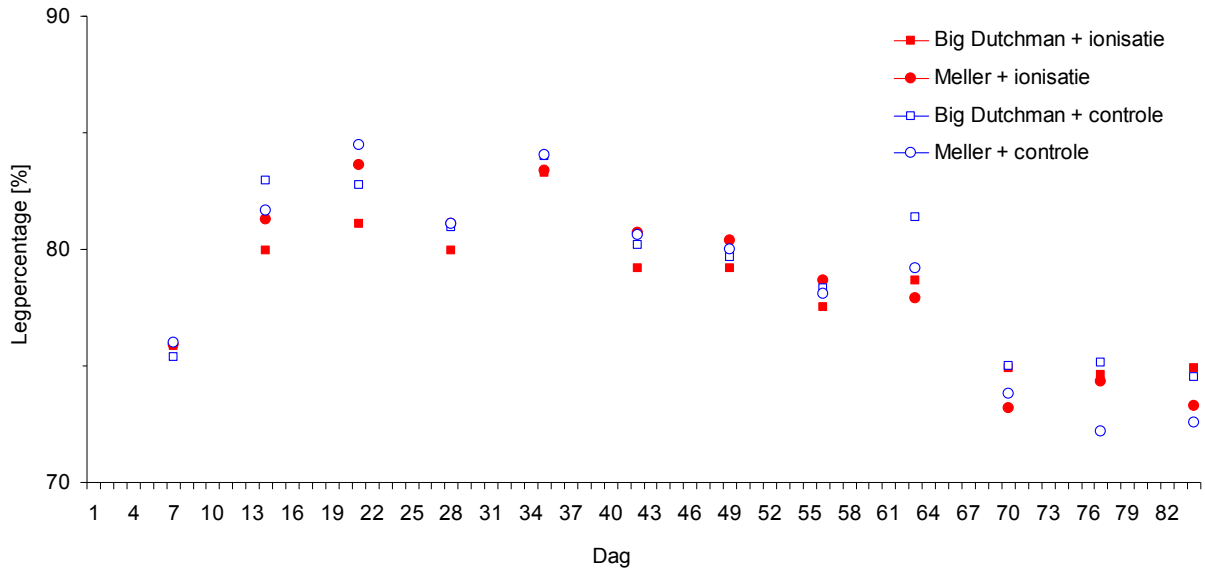
Bijlage 2 Gemiddelde ventilatiedebieten tijdens de metingen



Bijlage 3 Cumulatieve uitval (%) per voliëresysteem en behandeling



Bijlage 4 Legpercentage (weekgemiddelden) per volièresysteem en behandeling



Bijlage 5 Scorelijst voor de aanwezigheid van bloedluizen

Score 0: geen bloedluizen



Score 1: weinig bloedluizen



Score 2: meerdere bloedluizen



Score 3: veel bloedluizen



Score 4: zeer veel bloedluizen





Wageningen UR Livestock Research

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

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