

Wageningen UR Livestock Research

Partner in livestock innovations



Rapport 609

Emissies uit een opfokleghennenstal met
chemische wasser en bypass.
Meetprogramma Integraal Duurzame Stallen

November 2012



LIVESTOCK RESEARCH
WAGENINGEN UR

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, 2012

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 gedeponereerd bij de Arrondissementsrechtbank Zwolle.

Abstract

This study reports the emissions of ammonia, odour, fine dust (PM10 and PM2.5), methane and nitrous oxide from a pullet rearing housing system with a chemical air scrubber and bypass.

Keywords

Ammonia, odour, fine dust, methane, nitrous oxide, emissions, pullet rearing, chemical air scrubber, bypass

Referaat

ISSN 1570 - 8616

Auteur(s)

J. Mosquera
J.M.G. Hol
J.W.H. Huis in 't Veld
J.P.M. Ploegaert
E. Lovink
N.W.M. Ogink

Titel

Emissies uit een opfokleghennenstal met chemische wasser en bypass. Meetprogramma Integraal Duurzame Stallen

Rapport 609

Samenvatting

In dit onderzoek zijn de emissies bepaald van ammoniak, geur, fijn stof (PM10, PM2,5), methaan en lachgas uit een opfokleghennenstal met chemische wasser en bypass.

Trefwoorden

Ammoniak, geur, fijn stof, methaan, lachgas, emissies, opfokleghennen, chemische wasser, bypass



LIVESTOCK RESEARCH

WAGENINGEN UR

Rapport 609

Emissies uit een opfokleghennenstal met chemische wasser en bypass. Meetprogramma Integraal Duurzame Stallen

J. Mosquera

J.M.G. Hol

J.W.H. Huis in 't Veld

J.P.M. Ploegaert

E. Lovink

N.W.M. Ogink

November 2012

Voorwoord

Om integraal duurzame stallen in de praktijk toe te kunnen passen moeten de emissies van ammoniak, geur, broeikasgassen en fijn stof worden gemeten. Om dit te stimuleren is in 2009 door het Ministerie van Economische Zaken, Landbouw en Innovatie het “Meetprogramma Integraal Duurzame Stallen” opgestart. Dit programma ondersteunt een deel van de kosten van het meten van de emissies uit deze huisvestingssystemen. De metingen worden in opdracht van bedrijven uitgevoerd.

Aan Wageningen UR Livestock Research is door de heer A.M. Broekhuizen te Kootwijkerbroek opdracht gegeven om de emissies te meten uit een opfokleghennenstal met chemische wasser en bypass. In dit rapport worden de resultaten van deze metingen weergegeven.

Dr. J. Mosquera
Projectleider
Wageningen UR Livestock Research

Samenvatting

Om de toepassing van integraal duurzame stallen in de praktijk te stimuleren is in 2009 door het Ministerie van Economische Zaken, Landbouw en Innovatie het "Meetprogramma Integraal Duurzame Stallen" opgestart. Dit meetprogramma geeft bedrijven financiële ondersteuning voor het meten van de emissies van ammoniak, geur, fijn stof en broeikasgassen uit huisvestingssystemen die als integraal duurzaam worden beschouwd.

In dit rapport worden de metingen gerapporteerd die in het kader van het hiervoor genoemde onderzoeksprogramma uitgevoerd zijn op een opfokleghennenstal. Het beoogde emissiereducerende principe van dit systeem is gebaseerd op de verwachte reductie van de emissies van ammoniak, geur en fijn stof door het op het bedrijf gebruikte chemische wasser.

De emissiemetingen van ammoniak, geur, fijn stof, methaan en lachgas zijn uitgevoerd conform de protocollen zoals beschreven in respectievelijk Ogink e.a. (2011a), Ogink (2011), Ogink e.a. (2011b), Groenestein e.a. (2011) en Mosquera e.a. (2011). Dit houdt in dat zes 24-uurs (voor geur 2-uurs) metingen zijn uitgevoerd, verspreid over het jaar. De metingen zijn echter op slechts één locatie uitgevoerd in plaats van de voorgeschreven twee locaties.

Op basis van de huidige metingen zijn de volgende jaaremissies (gecorrigeerd voor een leegstand van 15%) uit de opfokleghennenstal zelf bepaald (het betreft hier de stalemissie voorafgaand aan reiniging door de chemische wasser):

- Ammoniakemissie: $130,6 \pm 119,0$ g per dierplaats per jaar
- Geuremissie: $0,41 \pm 0,25$ OUE per dierplaats per s
- PM10 emissie: $23,6 \pm 22,1$ g per dierplaats per jaar
- PM2,5 emissie: $2,0 \pm 2,2$ g per dierplaats per jaar
- Methaanemissie: $2,5 \pm 3,9$ g per dierplaats per jaar
- Lachgasemissie: $0,5 \pm 0,4$ g per dierplaats per jaar

Op basis van de huidige metingen zijn de volgende jaaremissies (gecorrigeerd voor een leegstand van 15%) uit het huisvestingssysteem (opfokleghennenstal met chemische wasser en bypass) bepaald:

- Ammoniakemissie: $72,2 \pm 69,5$ g per dierplaats per jaar
- Geuremissie: $0,31 \pm 0,22$ OUE per dierplaats per s
- PM10 emissie: $16,6 \pm 16,8$ g per dierplaats per jaar
- PM2,5 emissie: $1,5 \pm 1,7$ g per dierplaats per jaar
- Methaanemissie: $2,4 \pm 3,8$ g per dierplaats per jaar
- Lachgasemissie: $0,5 \pm 0,4$ g per dierplaats per jaar

Op basis van de huidige metingen zijn de volgende verwijderingsrendementen voor de chemische wasser bepaald (gemiddelde \pm standaarddeviatie tussen metingen):

- Ammoniak: $88,6 \pm 3,9$ %
- Geur: $34,9 \pm 6,8$ %
- PM10: $54,4 \pm 12,6$ %
- PM2,5: $57,5 \pm 9,4$ %
- Methaan: $1,5 \pm 4,7$ %
- Lachgas: $0,8 \pm 1,5$ %

Op basis van de berekende emissies uit de stal (vóór de chemische wasser) en het huisvestingssysteem stal + wasser + bypass zijn de volgende verwijderingsrendementen voor het systeem chemische wasser + bypass bepaald:

- Ammoniak: 44,7 %
- Geur: 22,6 %
- PM10: 29,6 %
- PM2,5: 24,2 %
- Methaan: 2,3 %
- Lachgas: 4,4 %

Summary

In order to stimulate the application of integral sustainable housing systems in practice, the measurement program "Measuring Program for integral sustainable stables" was started in 2009 by the Ministry of Economic Affairs, Agriculture and Innovation. This program gives companies financial support for measuring the emissions of ammonia, odour, fine dust and greenhouse gases from housing systems which have been built as integral sustainable.

This report shows the results of measurements performed within the framework of the in the previous paragraph mentioned research programme on a pullet rearing housing system. The emission reduction principle of this system is based on the expected reduction of the emissions of ammonia, odour and fine dust due to the used chemical scrubber.

Emission measurements of ammonia, odour, fine dust, methane and nitrous oxide have been performed according to protocols described in Ogink et al. (2011a), Ogink (2011), Ogink et al. (2011b), Groenestein et al. (2011) and Mosquera et al. (2011), for respectively ammonia, odour, fine dust, methane and nitrous oxide. This implies performing six 24-h measurements (for odour two h), spread over the year. Measurements were however performed at only one location, instead of the four locations prescribed in the measurement protocols.

Based on this study the following yearly emissions from the pullet rearing housing system (average \pm standard deviation between measurements; emissions before the air is treated by the chemical air filtration technique, corrected for an empty period of 15%) have been determined:

- Ammonia emission: 130.6 ± 119.0 g per animal place per year
- Odour emission: 0.41 ± 0.25 OU_E per animal place per s
- PM10 emission: 23.6 ± 22.1 g per animal place per year
- PM2,5 emission: 2.0 ± 2.2 g per animal place per year
- Methane emission: 2.5 ± 3.9 g per animal place per year
- Nitrous oxide emission: 0.5 ± 0.4 g per animal place per year

Based on this study the following yearly emissions from the pullet rearing housing system (average \pm standard deviation between measurements; emissions from the house and chemical air filtration technique, corrected for an empty period of 15%) have been determined:

- Ammonia emission: 72.2 ± 69.5 g per animal place per year
- Odour emission: 0.31 ± 0.22 OU_E per animal place per s
- PM10 emission: 16.6 ± 16.8 g per animal place per year
- PM2,5 emission: 1.5 ± 1.7 g per animal place per year
- Methane emission: 2.4 ± 3.8 g per animal place per year
- Nitrous oxide emission: 0.5 ± 0.4 g per animal place per year

Based on this study the following removal efficiencies for the air chemical air filtration technique (average \pm standard deviation between measurements) have been determined:

- Ammonia: 88.6 ± 3.9 %
- Odour: 34.9 ± 6.8 %
- PM10: 54.4 ± 12.6 %
- PM2,5: 57.5 ± 9.4 %
- Methane: 1.5 ± 4.7 %
- Nitrous oxide: 0.8 ± 1.5 %

Based on this study the following removal efficiencies for the system chemical air filtration technique + bypass have been determined:

- Ammonia: 44,7 %
- Odour: 22,6 %
- PM10: 29,6 %
- PM2,5: 24,2 %
- Methane: 2,3 %
- Nitrous oxide: 4,4 %

Inhoudsopgave

Voorwoord

Samenvatting

Summary

1	Inleiding	1
2	Materiaal en methode	2
2.1	Stal- en bedrijfssituatie	2
2.1.1	Huisvesting en bedrijfsvoering	2
2.1.2	Emissiereducerend principe	5
2.2	Metingen	6
2.2.1	Meetstrategie	6
2.2.2	Ammoniakconcentratie	6
2.2.3	Geurconcentratie	6
2.2.4	Stofconcentratie	6
2.2.5	Concentratie overige broeikasgassen	7
2.2.6	Ventilatiedebiet	7
2.2.7	Temperatuur en relatieve luchtvochtigheid	8
2.2.8	Waswater	8
2.2.9	Productiegegevens	8
2.3	Verwerking gegevens	9
3	Resultaten en discussie	11
3.1	Meetomstandigheden	11
3.2	Ventilatiedebiet	14
3.3	Ammoniak	14
3.4	Geur	16
3.5	Fijn stof (PM10 en PM2,5)	17
3.6	Overige broeikasgassen (CH ₄ en N ₂ O)	19
3.7	Waswater	21
4	Conclusies	27
	Literatuur	28
	Bijlage A Foto's van de bedrijfssituatie	29
	Bijlage B Plattegrond van de stal en overzicht van de meetpunten	32
	Bijlage C Beschrijving meetmethoden en praktische uitvoering	34
	Bijlage D Klimaatgegevens (temperatuur en luchtvochtigheid)	37

1 Inleiding

De Minister van Economische Zaken, Landbouw en Innovatie heeft in januari 2008 de toekomstvisie op de veehouderij beschreven met de ambitie dat in 2011 minimaal 5% van de in 2011 in gebruik zijnde stallen voor kippen, koeien en varkens integraal duurzaam moest zijn (LNV, 2008). In de jaren daarna moet dit percentage jaarlijks groeien, met als einddoelstelling dat vanaf 2025 alle te bouwen stallen integraal duurzaam zijn. Onder integraal duurzame stallen worden hier huisvestingssystemen bedoeld die op het gebied van mens, dier en milieu beter presteren dan reguliere huisvestingssystemen. Voor het milieu betekent dit dat de uitstoot van ammoniak, geur en fijn stof onder de maximale emissiewaarden van respectievelijk het Besluit huisvesting ammoniakemissie veehouderij (Staatscourant, 2011a), de Regeling geurhinder en veehouderij (Staatscourant, 2011b), en het overzicht "Emissiefactoren fijn stof voor de veehouderij" (www.rijksoverheid.nl), moet liggen. Daarnaast moet de uitstoot van methaan en lachgas vergelijkbaar of lager zijn dan bij gangbare stalsystemen. Arbeidsomstandigheden, energieverbruik, dierwelzijn en diergezondheid moeten vergelijkbaar of verbeterd zijn ten opzichte van de wettelijke normen voor gangbare stalsystemen.

Om integraal duurzame stallen in de praktijk toe te kunnen passen moeten de emissies van ammoniak, geur, en fijn stof worden opgenomen in respectievelijk de Regeling ammoniak en veehouderij, de Regeling geurhinder en veehouderij, en het overzicht "Emissiefactoren fijn stof voor de veehouderij". De hiervoor benodigde emissiemetingen van ammoniak, geur, fijn stof, methaan en lachgas moeten worden uitgevoerd volgens de protocollen zoals beschreven in respectievelijk Ogink e.a. (2011a), Ogink (2011), Ogink e.a. (2011b), Groenestein e.a. (2011) en Mosquera e.a. (2011). Deze meetprotocollen schrijven per locatie, verspreid over het jaar, zes meetdagen van 24 uur voor om een jaargemiddelde emissie te kunnen vaststellen. Daarmee houden de meetprotocollen rekening met periodieke variaties in emissie, bijvoorbeeld variaties binnen een dag als gevolg van verschillen in dieractiviteit en variaties tussen dagen als gevolg van verschillen tussen seizoenen en groei van dieren. Afhankelijk van het optreden van ronde-effecten dienen bij een aantal diercategorieën metingen verdeeld over de ronde uitgevoerd te worden.

In 2009 is door het Ministerie van Economische Zaken, Landbouw en Innovatie het "Meetprogramma Integraal Duurzame Stallen" opgestart om door middel van financiële ondersteuning bij het meten, de ontwikkeling en implementatie van integraal duurzame stallen te stimuleren. In dit rapport worden de metingen gerapporteerd die in het kader van het hiervoor genoemde onderzoeksprogramma uitgevoerd zijn op het pluimveebedrijf van de heer A.M. Broekhuizen te Kootwijkerbroek. In de stal voor opfokleghennen is een chemisch luchtwasser met stoffilter geplaatst om de emissies van ammoniak, geur en fijn stof te reduceren. Daarnaast in een bypass-systeem toegepast. Dit houdt in dat de stallucht onbehandeld (niet door de luchtwasser) naar buiten wordt geblazen wanneer de ventilatiebehoefte groter is dan het maximale ventilatiecapaciteit van de ventilatoren van de wasser.

2 Materiaal en methode

In de hierna volgende paragrafen en in de bijlagen wordt een beschrijving gegeven van de stal en de bedrijfssituatie (2.1; Bijlage A en B), van de metingen (2.2; Bijlage B, C en D) en van de wijze van verwerking van de gegevens (2.3).

2.1 Stal- en bedrijfssituatie

2.1.1 Huisvesting en bedrijfsvoering

Stal

De metingen vonden plaats op een pluimveebedrijf in een stal met opfokleghennen. Als huisvestingsstelsel werd het zogenaamde Nivo Varia systeem toegepast. Bij dit systeem kunnen de beschikbare oppervlaktes leefruimte worden aangepast aan de groei van de kuikens door middel van opgehangen en in hoogte verstelbare roosterplateaus. In de stal was plaats voor 59.900 opfokleghennen. De dieren werden in de stal vanaf kuiken tot aan een eindgewicht van ca. 1.450 g gehouden. Het eindgewicht werd bereikt in ca. 18 weken. De stal was 24,6 m breed en 110 m lang (Tabel 1) en het vloeroppervlak bestond uit een kunststof roostervloer (tweemaal 6,92 m x 100 m) met daaronder een mestopslag (0,6 m hoog). Aan beide zijanten van de stal en in het midden van de stal was een ingestrooide loopruimte (tweemaal 3,25 m x 110 m en eenmaal 3,80 x 110 m). Bij het opzetten van de kuikens leven de dieren op 1 niveau (volledig roostervloer). De leefruimte wordt beperkt door gebruik van netten en opklapbare roostervloeren (plateaus). Naarmate de groei van de hennen toeneemt wordt meer oppervlakte leefruimte ter beschikking gesteld en worden op verschillende hoogtes leefruimtes gecreëerd. De strooiselvloer wordt gemiddeld 4 weken na opzet in gebruik genomen. Het strooiselmateriaal (ca. 1 cm) bestond uit een mengsel van houtkrullen en gedroogd gras. De uiteindelijke leefruimte bestond uit een combinatie van strooiselvloer, roostervloer, plateaus en zitbuizen. Het maximale leefoppervlak was 15 m² per dierplaats en bestond voor 27% uit strooiselruimte en voor 73% uit (kunststof)roostervloer. In Bijlage B is de verdeling van de verschillende leefruimten in de stal grafisch weergegeven. In Tabel 1 worden de belangrijkste kenmerken van de stal benoemd.

Tabel 1 Belangrijkste kenmerken van de onderzochte stal

Kenmerk	
Afmetingen stal (lengte [m] x breedte [m] x hoogte [m])	110 x 24,6 x 6,0
Oppervlakte strooiselpaden [m ²]	1132
Oppervlakte (kunststof)roostervloer [m ²]	3053
Totaal leefoppervlak [m ²]	4185
Lengte zitstokken [m]	2310
Aantal dierplaatsen	65855
Leefoppervlak [dieren per m ²]	20
Ventilatiecapaciteit stal [m ³ /uur]	288.000 ⁽¹⁾
[m ³ /uur per dierplaats]	4,4

⁽¹⁾ 1/3 wasser-ventilatoren, 2/3 bypass-ventilatoren

De stal werd volledig mechanisch geventileerd waarbij een deel van de ventilatielucht uit de stal werd behandeld in een nageschakelde chemische wasser, en een deel direct naar buiten werd geventileerd (bypass). De buitenlucht kwam de stal binnen via inlaatventielen aan beiden lengtezijden van de stal. De ventilatielucht die door de chemische wasser werd behandeld werd via een soort centrale afzuiging naar de drukkamer van de wasser afgevoerd. In het midden van de stal was over 100 m lengte een ventilatiekanaal gemaakt waar verdeeld over de lengte 5 smoorunits waren geplaatst. Afhankelijk van de ventilatievraag werden de smoorunits ingesteld en werd door middel van maximaal 4 ventilatoren (80 cm doorsnede oftewel 24.000 m³/uur) de lucht uit de stal door het ventilatiekanaal naar de drukkamer van de wasser gebracht. Deze ventilatoren waren frequentie geregeld en stonden altijd aan. Met deze eenheid kon maximaal 96.000 m³/uur lucht worden afgevoerd. Wanneer de ventilatiebehoefte hoger werd kon door middel van de zogenaamde bypass ventilatoren extra lucht worden afgevoerd. De bypass bestond uit vier blokken van ieder twee ventilatoren (80 cm doorsnede oftewel 24.000 m³/uur). Drie van deze vier blokken waren frequentie geregeld, het laatste blok van twee ventilatoren ging alleen aan/uit. De maximaal beschikbare ventilatiecapaciteit van de stal was daardoor 288.000 m³/uur (Tabel 1). Dit was ca. 4,8 m³/uur per hen. Alle ventilatoren bevonden zich

aan één van de kopzijden van de stal waarbij de vier ventilatoren die de lucht afvoerde naar de drukkamer hoog in het midden van de stal waren geplaatst. De overige 8 ventilatoren waren aan beide zijden van het midden geplaatst op ongeveer 0,7 m boven de grond. De gewenste hoeveelheid ventilatie was vooral afhankelijk van de leeftijd van de dieren, daarnaast speelde het buitenklimaat en daarmee de temperatuur van de ingaande lucht ook een rol. Bij opzet was de stalklimaat 37°C, deze werd geleidelijk afgebouwd tot 23°C. In de eerste week werd de gewenste staltemperatuur met 1°C per dag verlaagd, daarna met 2°C per week. De stalruimte werd door middel van radiatoren van een centrale verwarming verwarmd. De minimale ventilatiebehoefte van de dieren nam ook geleidelijk toe van 0,1 m³/kg diergewicht bij opzet naar 0,8 m³/kg diergewicht na 4 weken. De inlaatventielen werden afhankelijk van de ventilatievraag automatisch meer of minder geopend. Voor de bypass-ventilatoren betekende dit dat deze gemiddeld na de vijfde week na opzet in de zomer en na de achtste week na opzet in de winter werden ingeschakeld.

Bij de verschillende roostervloeren en plateaus waren voer en drinklijnen geplaatst. In totaal waren er 10 waterlijnen (drinknippels met lekbakjes) en 16 voerbanen (voerketting). De voer en water en lichtvoorziening was geautomatiseerd. Er werd 6 tot 7 keer per dag gevoerd waarbij 's morgens om ongeveer 6:00 uur werd gestart met voeren en de laatste voerbeurt vond rond 14:00 plaats. Het water was onbeperkt beschikbaar. In de stal waren tussen 6:00 en 17:00 uur de lampen aan.

Luchtwater

De luchtwater behandelt een deel van de geventileerde stallucht en is achter de stal tegen de kopgevel geplaatst. De wasser betreft een traditionele wasser (die grotendeels overeenkomt met de beschrijving van BWL 2001.35v3, zie www.infomil.nl) die is uitgebreid met een speciaal stoffilter om te voorkomen dat het wasser-pakket gaat dichtslibben met stof. De praktische uitvoering komt neer op het plaatsen van een extra pakket van 15 cm breed vóór het originele wasser-pakket. Ook werden sproeiers aan de voorzijde van de wasser geplaatst om te zorgen dat het pakket open bleef en zoveel mogelijk stof in het waswater terecht kwam. Het waswater dat in dit pakket werd gebruikt werd ook in de originele wasser gebruikt. Het waswater werd vóór hergebruikt eerst (als tussenstap) door een bezinktank geleid. Het doel hiervan was het laten bezinken van het ingevangen grove stof zodat het pakket min of meer open bleef voor optimaal functioneren.

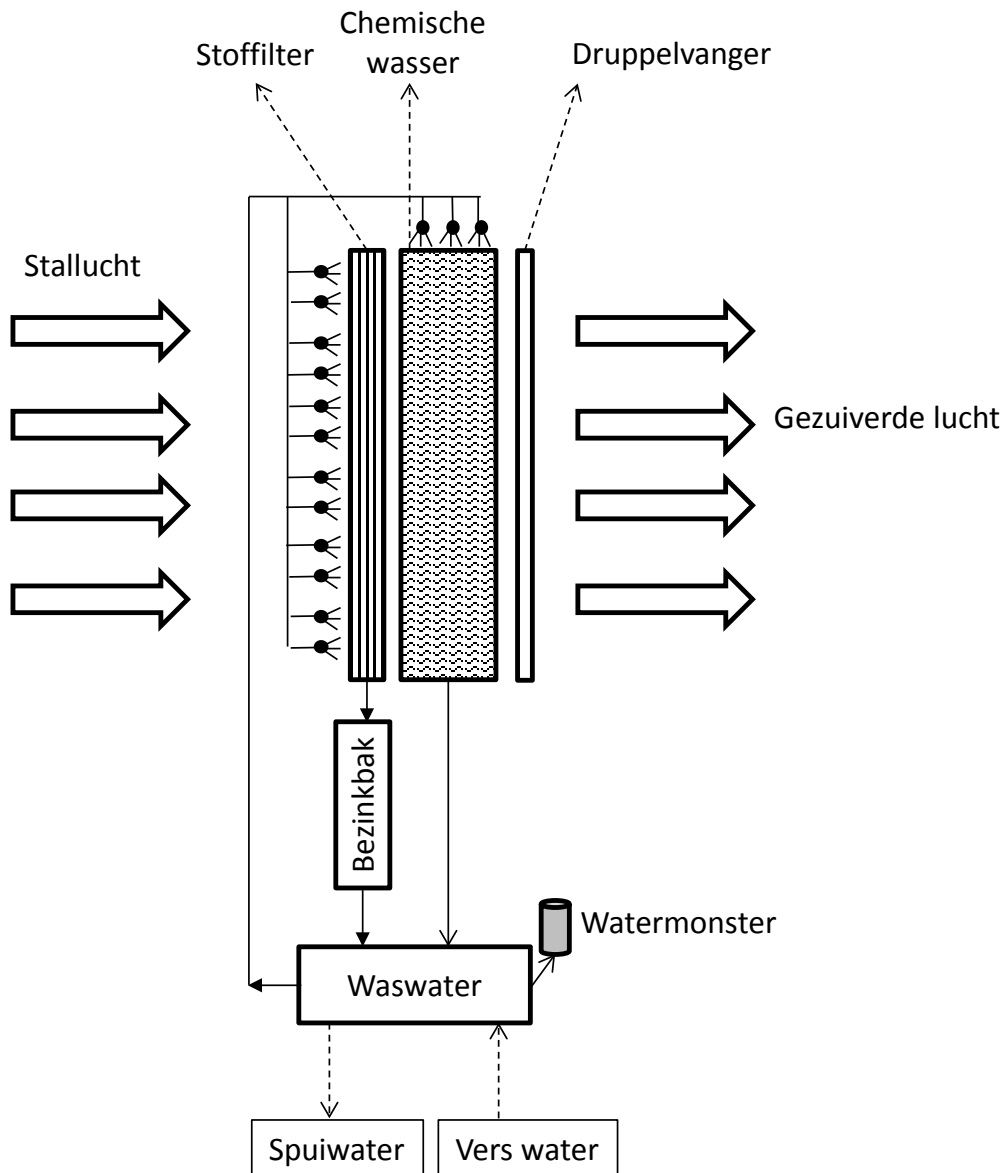
De complete wasser is 6,3 m breed en 2,3 m hoog en heeft een inhoud van 95 m³. De complete wasser bestaat uit een drukkamer, stoffilter, chemische wasser en druppelvanger (Figuur 1). In de drukkamer voor de wasser wordt de stallucht door de ventilatoren geduwd. In de wasser wordt gebruik gemaakt van het dwarsstroomprincipe, dit betekent dat de luchtstroom dwars door het pakket gaat en de waterstroom van boven naar beneden. De drukkamer heeft een inhoud van 80 m³. Vanuit de drukkamer kan de lucht alleen door het wasser-pakket naar buiten, tenzij de deur van de drukkamer geopend was. Dit was het geval gedurende de eerste 2 weken van de productieronde wanneer de ventilatiebehoefte minimaal was. Hieronder staat de werking van de verschillende onderdelen beschreven, de specifieke eigenschappen van de onderdelen worden in tabel 2 weergegeven.

De stallucht wordt als eerste door een stoffilter geleid. Het stoffilter bestaat uit pakkingsmateriaal van het type CF19(F) (Hewitech, ook als FA19 F5 genoemd) en is 0,15 m dik. Met behulp van 2 rijen sproeiers (in totaal 12) wordt water continue tegen het pakket gesproeid. Er is voor gekozen om hetzelfde water zowel in het stoffilter als in de chemische wasser te gebruiken. In totaal wordt 7 m³ aangezuurd water rondgepompt. Het water uit het stoffilter wordt eerst afgevoerd naar een bezinkvat (inhoud 5 m³) dat buiten de wasser is geplaatst met als doel het opvangen stof te laten bezinken. Het water wordt daarna weer teruggepompt in het systeem. Het stoffilter is later toegevoegd aan de bestaande chemische wasser om stofindringing in de wasser-pakket te verminderen, en de onderhoudsperiode aan de wasser te verlengen tot bijna 1 ronde. Gedurende de productieronde van 18 weken wordt het stoffilter eenmaal met water gereinigd (op ca. 14 weken). Aan het einde van de productieronde worden het filter, de sproeiers en het opvangvat waar het bezinksel van het stoffilter wordt opgevangen, gereinigd.

Bij de chemische wasser wordt gebruik gemaakt van het dwarsstroomprincipe, dit betekent dat de luchtstroom dwars door het pakket gaat en de water stroom van boven naar beneden. Het wasser-pakket was 0,45 m dik en opgebouwd uit kunststof filtermateriaal type NC20 (Hewitech). Het water werd aangezuurd tot een zuurgraad van 1,45. Wanneer de zuurwaarde van het waswater boven de 1,55 lag werd geconcentreerd zwavelzuur toegevoegd. De zuurgraad van het waswater werd continu gemeten met een pH-meter in een deelstroom van het waswater hing. In dezelfde deelstroom werd

ook de geleidbaarheid van het waswater gemeten. Op basis van deze waarde werd het spuien van waswater geregeld. Wanneer de geleidbaarheid boven de 220 mS/cm lag werd een deel van het water gespuid. Tenslotte werd het niveau van het waswater gecontroleerd met behulp van een vlotter. Wanneer het niveau te laag werd door bijvoorbeeld spuien of verdamping van water, werd automatisch schoon water toegevoegd. Het waswater werd door middel van 12 sproeiers boven op het pakket in de wasser gebracht en vanuit de opvangbak onderaan het wasser-pakket weer omhoog gepompt en werd zo voortdurend rondgepompt. Zoals eerder gezegd maken beide wassystemen (stoffilter en chemische wasser) gebruik van hetzelfde water, de opvangbak onderaan beide filters was niet gescheiden. Bij het schoonmaken van het stoffilter werd eenmaal 3,5 m³ waswater gespuid.

De druppelvanger is van hetzelfde materiaal gemaakt als dat van de chemische wasser, echter hierdoor wordt geen water gevoerd. De druppelvanger is 15 cm dik. De lucht wordt na het wasser-pakket direct naar buiten afgevoerd. In Bijlage A zijn ook foto's van de chemische wasser geplaatst. In Tabel 2 worden de belangrijkste kenmerken van dit bedrijf benoemd.



Figuur 1 Schematische weergave van de luchtwasser

Tabel 2 Belangrijkste kenmerken van de wasser

Onderdeel	Kenmerk	
Complete wasser Drukkamer Ventilatiecapaciteit	Afmetingen (l x b x h) [m x m x m]	6,3 x 3,4 x 2,3
	Inhoud [m ³]	80
	Maximaal door de wasser [m ³ /uur]	105.000
Stoffilter	Dikte pakkingsmateriaal [m]	0,15
	Aantal sproeiers	12
	Waswaterrecirculatie [m ³ /uur]	19
	Hoeveelheid waswater [m ³]	3,5
	Spuiregeling	Via chemische wasser
Chemische wasser	Dikte pakkingsmateriaal [m]	0,45
	Pakkingsvolume [m ³]	9,3
	Aanstromoppervlak [m ²]	20,7
	Waswaterrecirculatie [m ³ /uur]	19
	Hoeveelheid waswater [m ³]	3,5
	Minimum luchtverblijftijd in pakket [sec] ⁽¹⁾	0,32
	Spui regeling	Op geleidbaarheid
Druppelvanger	Dikte [m]	0,15

⁽¹⁾ Dit wordt berekend door het pakkingsvolume (m³) te delen door het maximale luchtdebiet door de wasser (m³/s)

2.1.2 Emissiereducerend principe

Emissiereductie van ammoniak, geur en fijn stof vindt alleen plaats bij de lucht die door de complete wasser wordt geleid. Volgens het "Technisch informatiedocument luchtwassystemen voor de veehouderij. Eisen aan en richtlijnen voor de uitvoering en het gebruik van luchtwassystemen in dierenverblijven (www.infomil.nl, 2011)" zijn de volgende emissiereducerende principes op deze chemische wasser van toepassing.

- *Ammoniak.* Vanwege de toevoeging van zwavelzuur aan de wasvloeistof, wordt de ammoniak in de stallucht gebonden aan het zuur in het waswater en wordt ammoniumsulfaat (zout) gevormd. Bij een goed functionerende luchtwasser is sprake van een stabiel rendement.
- *Geur.* Geurverbindingen kunnen zuur, neutraal of basisch van karakter zijn. Omdat zuur wordt toegevoegd aan het waswater in een chemische luchtwasser, worden de basische geurverbindingen effectief afgevangen. De zure geurverbindingen worden nauwelijks afgevangen.
- *Fijn stof (PM2,5 en PM10).* Stof, en ook fijn stof, wordt afgevangen door de wasvloeistof (aangezuurd water) dat over het filter wordt gespreid. Het afgevangen stof wordt met het spuiwater uit het systeem afgevoerd.

De eventuele extra reductie die mogelijk bereikt wordt door het plaatsen van een stoffilter met bezinkbak achter de wasser is onbekend.

2.2 Metingen

2.2.1 Meetstrategie

De metingen zijn in de periode september 2010 – augustus 2011 uitgevoerd. De emissiemetingen voor ammoniak (NH_3), geur, fijn stof (PM10; PM2,5), methaan (CH_4) en lachgas (N_2O) zijn uitgevoerd volgens de protocollen zoals beschreven in respectievelijk Ogink e.a. (2011a), Ogink (2011), Ogink e.a. (2011b), Groenestein e.a. (2011) en Mosquera e.a. (2011). Dit houdt in dat zesmaal verdeeld over een jaar een meting van een minimum duur van 24 uur is uitgevoerd. Voor luchtwassystemen met bypass is echter een hogere frequentie van meten gewenst, met name voor perioden met oude dieren en warme omstandigheden (worst case scenario). Daardoor zijn naast de zes metingen die (evenredig) verdeeld over het jaar (een meting per twee maanden) uitgevoerd moeten worden, zes extra metingen uitgevoerd onder de hierboven benoemde worst case scenario. Aanvullend geldt de voorwaarde dat de metingen zodanig verdeeld moeten worden dat de helft van de metingen in het eerste deel en de andere helft in het tweede deel van de productieperiode moeten vallen. De metingen zijn op slechts één locatie uitgevoerd in plaats van de voorgeschreven twee locaties. Een meting bestond uit het meten van de concentratie van NH_3 , geur, PM10, PM2,5, CH_4 en N_2O in de ingaande en uitgaande stallucht (vóór de wasser, na de wasser, vóór de bypass-ventilatoren; zie hoofdstuk 2.2.2 t/m 2.2.5), en het meten van het ventilatiedebiet (zie hoofdstuk 2.2.6). Daarnaast moet de meetlocatie aan een aantal landbouwkundige randvoorwaarden voldoen (Ogink e.a., 2011a). In afwijking met de meetprotocollen (nog niet officieel wanneer de metingen van start gingen) werd geen elektronisch monitoringssysteem toegepast om relevante parameters van de wasser (pH, EC, kWh verbruik, drukval, spuiwaterproductie) gedurende de volledige meetperiode te monitoren.

2.2.2 Ammoniakconcentratie

De ammoniakconcentratie van zowel de ingaande stallucht als de uitgaande stallucht (vóór en na de wasser) werd volgens de nat-chemische methode voor NH_3 (Wintjes, 1993) bepaald. Met deze methode wordt een gemiddelde concentratie over de 24-uurs meetperiode bepaald en geeft daardoor geen inzicht in het verloop van de NH_3 concentraties tijdens de metingen. De ammoniakconcentratie bij de bypass-ventilatoren is gelijk gesteld aan de ammoniakconcentratie vóór de wasser. In Bijlage C wordt de meetprincipe en praktische uitvoering van de toegepaste meetmethode weergegeven.

2.2.3 Geurconcentratie

Geurconcentraties werden alleen in de uitgaande stallucht (vóór en na de wasser) bepaald. Hierbij werd gebruik gemaakt van de zogenaamde longmethode. Bij elke meting werd tussen 10:00 en 12:00 uur stallucht uit één meetpunt in de drukkamer (vóór de wasser) aangezogen en verzameld in een 40 liter Nalofaan monsterzak. Tegelijkertijd werd lucht uit één meetpunt na de wasser aangezogen en in een 40 liter Nalofaan monsterzak verzameld. Beide monsters werden direct na bemonstering naar een geurlaboratorium vervoerd om binnen 30 uur te worden geanalyseerd. Deze methode geeft een gemiddelde geurconcentratie over de 2-uurs meetperiode. De geurconcentratie bij de bypass-ventilatoren is gelijk gesteld aan de geurconcentratie vóór de wasser. In Bijlage C wordt de meetprincipe en praktische uitvoering van deze methode weergegeven.

2.2.4 Stofconcentratie

Voor de bepaling van de fijn stof concentraties is de gravimetrische meetmethode toegepast. Met deze methode wordt een gemiddelde concentratie over de 24-uurs meetperiode bepaald en geeft daardoor geen inzicht in het verloop van de fijn stof concentraties tijdens de metingen. In deze methode wordt stof op filters opgevangen. De filters werden vóór en na de metingen onder geconditioneerde omstandigheden gewogen. Zie Zhao e.a. (2009) en Bijlage C voor de complete beschrijving en praktische uitvoering van deze methode.

De volgende stofmonsters zijn genomen tijdens de meetdagen:

- Een monster van deeltjes kleiner dan 10 µm (PM10) van de uitgaande stallucht in de drukkamer vóór de wasser, een monster van PM10 na de wasser, en één monster van PM10 van de ingaande stallucht (achtergrond). De PM10-concentratie bij de bypass-ventilatoren is gelijk gesteld aan de PM10-concentratie vóór de wasser.
- Een monster van deeltjes kleiner dan 2,5 µm (PM2,5) van de uitgaande stallucht in de drukkamer vóór de wasser, een monster van PM2,5 na de wasser, en één monster van PM2,5 van de ingaande stallucht (achtergrond). De PM2,5-concentratie bij de bypass-ventilatoren is gelijk gesteld aan de PM2,5-concentratie vóór de wasser.

2.2.5 Concentratie overige broeikasgassen

Voor de bepaling van de CH₄- en N₂O-concentraties in de ingaande en uitgaande (vóór en na de wasser) stallucht werd, zoals bij geur, de longmethode toegepast. Voor CH₄ en N₂O werd in één meetpunt in de stal, in één meetpunt vóór de wasser (in de drukkamer), en in één meetpunt buiten de stal (na de wasser) lucht gedurende 24 uur aangezogen en in 40 liter Nalofaan monsterzakken verzameld. Deze methode geeft een gemiddelde CH₄- en N₂O-concentratie over de 24-uurs meetperiode. In Bijlage C wordt de meetprincipe en praktische uitvoering van deze methode weergegeven.

2.2.6 Ventilatie-debiet

Het ventilatie-debiet (m³/uur) werd met behulp van Fancom ATM80-meetventilatoren continu tijdens de metingen geregistreerd en vastgelegd in een datalogger (Koenders CR1000, Campbell Scientific Inc., Logan, VS). Voor het berekenen van het debiet werd gebruik gemaakt van een ijklijn waarin de relatie tussen de geregistreerde pulsen en het debiet was vastgesteld:

$$V \text{ [m}^3\text{/uur]} = 212 \times \text{Pulsen [Hz]} - 15$$

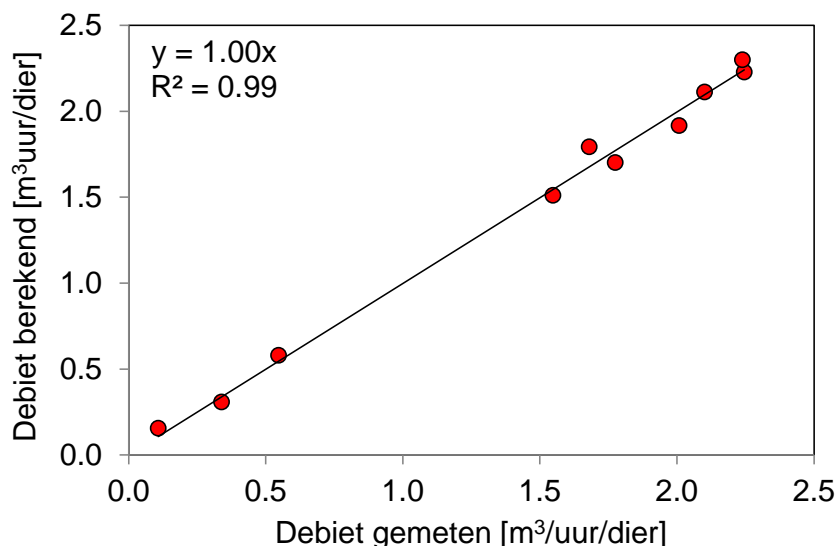
In de tweede productieronde was, door een storing in de meetapparatuur, niet mogelijk om het ventilatie-debiet met de meetventilatoren te bepalen. Dit probleem werd vóór het begin van productieronde 3 verholpen. Voor metingen 4 en 5 (die uitgevoerd zijn tijdens productieronde 2) werd daardoor het ventilatie-debiet (m³/uur) met behulp van de CO₂-massabalansmethode bepaald. De CO₂-massabalansmethode maakt gebruik van de gemeten CO₂-concentraties van de uit- en ingaande stallucht (respectievelijk [CO₂]_{stal} en [CO₂]_{buiten}; ppm) en de CO₂-productie van de dieren (m³ CO₂/dag per dier) in de stal. Voor opfokleghennen zijn geen CIGR rekenregels beschikbaar om de CO₂-productie van de dieren te bepalen. Om toch een schatting te kunnen maken van het ventilatie-debiet tijdens metingen 4 en 5, is de CO₂-productie van de dieren bepaald door de parameters in de CIGR rekenregels voor leghennen (CIGR, 2002; Pedersen e.a., 2008) aan te passen en alleen te baseren op het gemiddelde gewicht (m) van de dieren (kg). 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 ventilatie-debiet V (m³/dag) wordt dan bepaald op basis van:

$$V = \frac{CO_2 - \text{productie}}{[CO_2]_{\text{stal}} - [CO_2]_{\text{buiten}}} \cdot 10^6$$

Om de juiste parameters te vinden voor de bepaling van de CO₂-productie, werd het geschatte ventilatie-debiet op basis van de aangepaste CIGR rekenregels vergeleken met de gemeten debieten bij de andere 10 metingen (Figuur 2). De CO₂-productie van de dieren werd bepaald op basis van:

$$CO_2 - \text{productie} = 0,18 * 6,3 * m^{0,75}$$

Voor de bepaling van de CO₂-concentratie in de in- en uitgaande stallucht werd de longmethode (zie 2.2.5) toegepast.



Figuur 2 Ventilatie-debiet geschat met aangepaste CIGR rekenregels vs. ventilatie-debiet gemeten met Fancom-meetventilatoren

De relatie tussen het ventilatie-debiet (V , omgerekend naar m^3/s) en de geplaatste wasser (met een inhoud I_{wasser} in m^3) wordt in dit rapport weergegeven in de gemiddelde verblijftijd (T_{verbl} in sec.) van de lucht in de wasser per meting. Dit wordt als volgt berekend:

$$T_{\text{verbl}} = \frac{I_{\text{wasser}}}{V}$$

2.2.7 Temperatuur en relatieve luchtvochtigheid

Temperatuur ($^{\circ}\text{C}$) en relatieve luchtvochtigheid (%) van de ingaande (1 meetpunt) en uitgaande stallucht (vóór en na de wasser) werden continu gemeten met behulp van temperatuur- en vochtsensoren (Rotronic; ROTRONIC Instrument Corp., Huntington, VS; zie Bijlage C), met een nauwkeurigheid van respectievelijk $\pm 1,0^{\circ}\text{C}$ en $\pm 2\%$. De data werden in een datalog-systeem (Campbell Scientific Inc., Logan, VS) opgeslagen.

2.2.8 Waswater

Op alle meetdagen werden monsters genomen van het waswater. Deze monsters werden geanalyseerd op totaal-N, ammonium-N, nitraat-N, nitriet-N, drogestof, asrest, pH en elektrische geleidbaarheid.

2.2.9 Productiegegevens

Gedurende de meetperioden werden de volgende gegevens geregistreerd:

- Aantal geplaatste dieren
- Aantal productiedagen
- Gemiddeld gewicht dieren
- Gemiddeld voergebruik per dier [kg]
- Gemiddeld watergebruik per dier [l]
- Uitval [%]

2.3 Verwerking gegevens

Per meetdag ($i=1, 2, \dots, 12$) werden de emissies (E_i) van NH_3 , fijn stof (PM10, PM2,5), CH_4 en N_2O uit de stal (vóór en na de wasser) bepaald op basis van het gemiddeld ventilatiedebiet over de gehele meetperiode (24-uursgemiddelde; V_i) en de gemiddelde concentratie (24-uursgemiddelde) in de uitgaande lucht (C_{uit_i} ; vóór en na de wasser) en in de ingaande lucht (C_{in_i}) van NH_3 , fijn stof (PM10, PM2,5), CH_4 en N_2O :

$$E_i = V_i \times (C_{\text{uit}_i} - C_{\text{in}_i})$$

Per meetdag ($i=1, 2, \dots, 12$) werden de emissies (E_i) van geur uit de stal (vóór en na de wasser) bepaald op basis van het gemiddeld ventilatiedebiet over de gehele meetperiode (24-uursgemiddelde; V_i) en de gemiddelde concentratie (2-uursgemiddelde) in de uitgaande lucht (C_{uit_i} ; vóór en na de wasser) van geur:

$$E_i = V_i \times C_{\text{uit}_i}$$

Zoals beschreven in hoofdstuk 2.2.1 zijn extra metingen uitgevoerd met oude dieren. Dit betekent dat de verdeling van de metingen in de productieronde niet gebalanceerd is. Een gemiddelde van alle metingen zou daardoor een overschatting geven van de emissies (de verwachting is dat de emissies aan het eind van de productieronde hoger zijn dan aan het begin van de productieronde). Om een betere schatting te krijgen van de emissies wordt gebruik gemaakt van gewogen gemiddelden. De productieronde van opfokleghennen (18 weken) worde in drie gelijke tijdvakken van 6 weken verdeeld. Op basis van de binnen ieder tijdvak beschikbare meetresultaten wordt de gemiddelde dagemissie (E_k) voor elk tijdvak afzonderlijk bepaald. De emissie (E) op jaarbasis per dierplaats wordt vervolgens bepaald door eerst het gemiddelde van de tijdvakgemiddelden te berekenen, en dit te vermenigvuldigen met 365 en de leegstandsfactor (15%):

$$E = \frac{\overline{E_k} * 365 * (1 - \frac{\text{leegstandspercentage}}{100})}{\text{dierplaatsen}_{ij}}$$

Voor geur werd de mediane emissie bepaald door het gemiddelde op log-schaal terug te transformeren naar normale schaal.

Het verwijderingsrendement van de wasser voor ammoniak, geur, fijn stof en broeikasgassen werd per meetdag berekend met behulp van de volgende formule, waarbij C_{ingaaand} staat voor de concentratie van de betreffende component in de stallucht (ingaaand lucht van de wasser) en C_{uitgaand} staat voor de concentratie van de betreffende component in de behandelde lucht (uitgaand lucht van de wasser):

$$\text{Verwijderingsrendement} = \frac{C_{\text{ingaaand}} - C_{\text{uitgaand}}}{C_{\text{ingaaand}}} \times 100\%$$

Het gemiddelde verwijderingsrendement van de wasser werd bepaald door het gemiddelde van alle verwijderingsrendementen te berekenen.

In deze rekenregels zijn voor NH_3 , fijn stof (PM10, PM2,5), CH_4 en N_2O de volgende eenheden gebruikt:

- concentraties in de in- en uitgaande (vóór en na de wasser) lucht: g/m^3
- ventilatiedebiet per dag (m^3/dag)
- emissies per dag (g/dag)
- emissies op jaarbasis per dierplaats (g per dierplaats per jaar voor NH_3 , CH_4 en N_2O , PM10 en PM2,5)

In deze rekenregels zijn voor geur de volgende eenheden gebruikt:

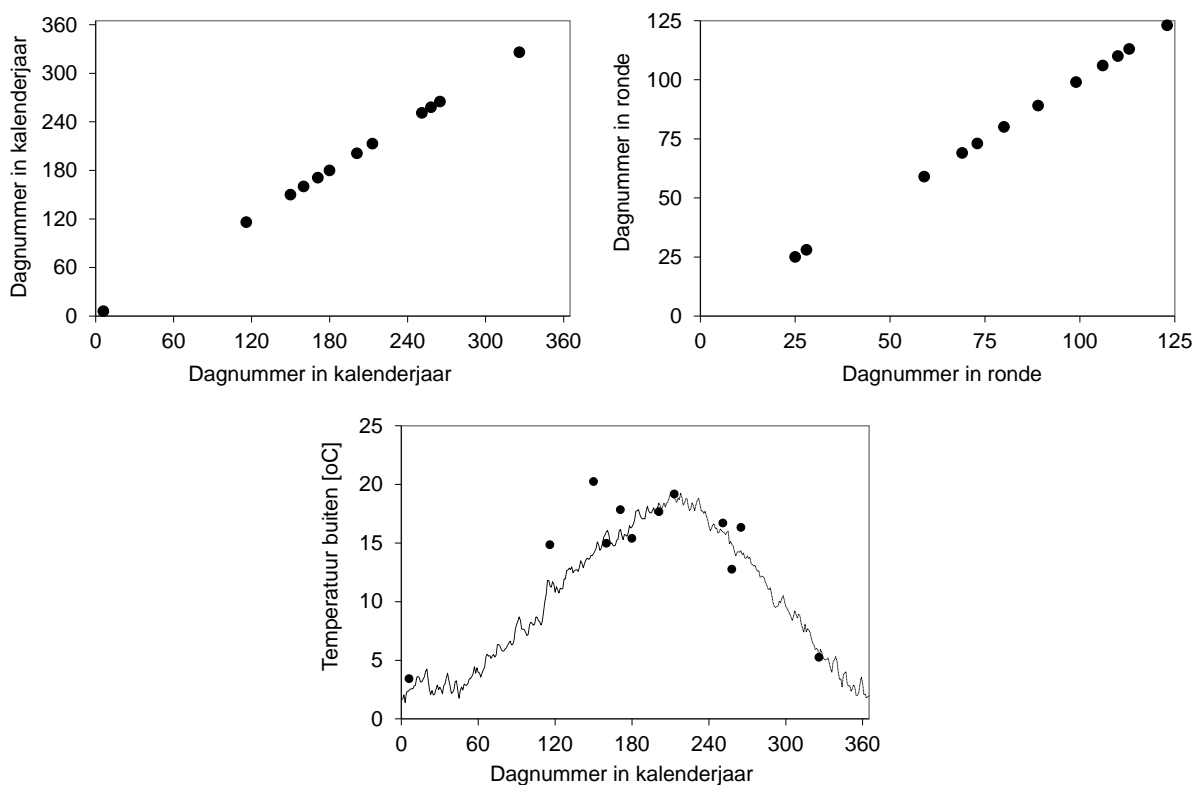
- concentraties in de uitgaande (vóór en na de wasser) lucht: OU_E/m^3
- ventilatiedebiet per seconde (m^3/s). Het ventilatiedebiet per dag (V_i ; m^3/dag) wordt omgerekend naar m^3/s door het te vermenigvuldigen met "1/(24*60*60) dag/s"
- emissies per seconde (OU_E/s)
- emissies op jaarbasis per dierplaats (OU_E per dierplaats per s)

3 Resultaten en discussie

3.1 Meetomstandigheden

In Tabel 2 worden de omstandigheden weergegeven waaronder de metingen zijn verricht. De metingen zijn over een periode van 320 dagen over het gehele jaar en over de productieronde verdeeld (Figuur 3). Het gemiddelde dagnummer in het kalenderjaar bedroeg 191 dagen. Het gemiddelde dagnummer in de productieronde was 81 dagen. De (daggemiddelde) CO₂-concentratie in de stal lag gedurende alle meetdagen onder de 3000 ppm. Het uitvalspercentage was gemiddeld 8,9% over alle gemeten ronden (variatie tussen 3,9% en 16,9%). Het eindgewicht van de dieren voordat ze overgeplaatst waren was gemiddeld 1,48 kg op een leeftijd van gemiddeld 126 dagen. De water-voer verhouding varieerde tussen 1,40 en 1,93 tijdens de metingen, met een gemiddelde van 1,70 over de drie gemeten ronden.

In Figuur 3 worden de gemeten buitentemperaturen vergeleken met de gemiddelde waarden gemeten over de jaren 1991-2010 bij het KNMI-weerstation De Bilt. De gemiddelde buitentemperatuur op de dagen waarop is gemeten (14,6 °C) is 4,5 °C hoger dan het langjarige gemiddelde in Nederland over het gehele jaar (10,1 °C). Dit wordt deels veroorzaakt door het grotere aantal metingen die uitgevoerd zijn in de zomer (zoals voorgeschreven in het meetprotocol voor locaties met een bypass-systeem).



Figuur 3 Verdeling van de metingen over het jaar (a), over de productieronde (b), en de buitentemperatuur (c) vergeleken met de gemiddelde waarden gemeten over de jaren 1991-2010 bij het KNMI-weerstation De Bilt (www.knmi.nl; als stippellijn weergegeven). Dagnummer in ronde: dagen na opzet.

Tabel 2 Data waarop metingen zijn uitgevoerd, het aantal dieren, de bijbehorende bezettingsgraad, productiegegevens (gemiddelden over de gehele productieronde) en de gemiddelde 24-uurs klimaatgegevens tijdens de metingen: temperatuur buiten (T-buiten), vóór en na de wasser en relatieve luchtvochtigheid buiten (RV-buiten), vóór en na de wasser. Windrichting en –snelheid afkomstig van het weerstation in De Bilt (www.knmi.nl).

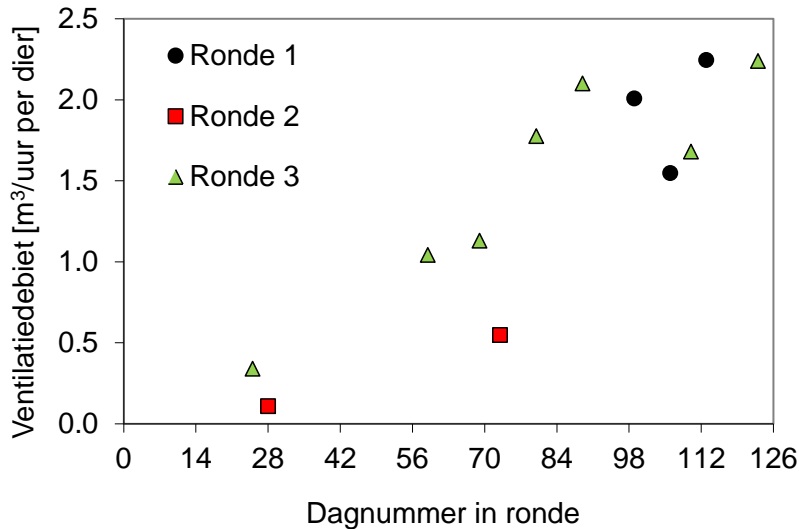
Meting	1	2	3	4	5	6
Datum	08/sep/10	15/sep/10	22/sep/10	22/nov/10	06/jan/11	26/apr/11
Dag in het jaar	251	258	265	326	6	116
T-buiten [°C]	16,7	12,8	16,3	5,3	3,4	14,8
RV-buiten [%]	95,4	84,7	82,9	82,3	99,8	58,5
T voor de wasser [°C]	24,0	22,0	23,1	21,3	20,1	24,9
RV voor de wasser [%]	100,0	61,9	65,7	99,1	71,2	53,1
T na de wasser [°C]	21,2	17,9	20,0	18,5	15,9	17,0
RV na de wasser [%]	96,9	96,7	91,4	100,0	99,9	99,8
Windrichting	224,4	259,6	187,2	274,4	168,0	56,8
Windsnelheid [m/s] op 10 m hoogte	2,7	2,8	2,2	2,5	2,4	4,9
CO ₂ -stalconcentratie [ppm]	1130	1350	1110	2920	2270	1490
Dag in de ronde	99	106	113	28	73	25
Aantal geplaatste dieren	71200	71200	71200	63700	63700	69020
Aantal aanwezige dieren	59927	59916	59900	62460	61568	66518
Gewicht dieren [kg]	1,24	1,32	1,40	0,24	0,91	0,19
Productiegegevens						
Productieronde	1	1	1	2	2	3
Aantal dagen	125	125	125	128	128	125
Eindgewicht [kg]	1,48	1,48	1,48	1,47	1,47	1,51
Uitval [%]	16,9	16,9	16,9	3,9	3,9	5,9
Voergebruik [kg per dier per week]	0,47	0,49	0,50	0,15	0,43	0,16
Watergebruik [l per dier per week]	0,73	0,73	0,74	0,30	0,61	0,30
Water-voer verhouding	1,53	1,49	1,47	1,92	1,40	1,84

Rapport 609

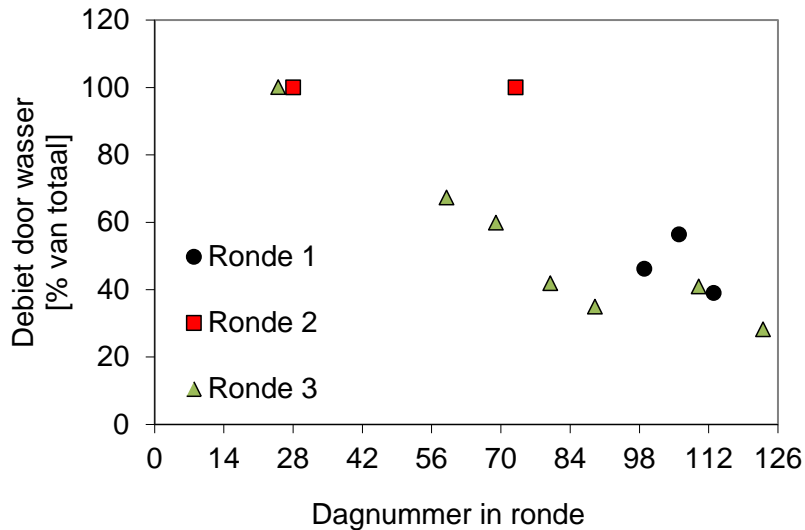
Meting	7	8	9	10	11	12
Datum	30/May/11	09/jun/11	20/jun/11	29/jun/11	20/jul/11	01/08/2011
Dag in het jaar	150	160	171	180	201	213
T-buiten [°C]	20,2	15,0	17,8	15,4	17,7	19,2
RV-buiten [%]	63,3	62,5	75,9	74,1	78,3	69,7
T voor de wasser [°C]	26,7	21,8	24,0	29,5	25,2	25,8
RV voor de wasser [%]	53,5	76,7	63,5	65,8	68,5	57,6
T na de wasser [°C]	19,4	17,5	19,4	24,1	20,0	20,2
RV na de wasser [%]	98,9	100,0	99,9	100,0	99,9	99,8
Windrichting	266,4	195,2	214,8	303,6	281,2	118,4
Windsnelheid [m/s] op 10 m hoogte	3,4	2,2	3,3	2,8	1,8	2,1
CO ₂ -stalconcentratie [ppm]	1250	1340	1120	1040	1270	1090
Dag in de ronde	59	69	80	89	110	123
Aantal geplaatste dieren	69020	69020	69020	69020	69020	69020
Aantal aanwezige dieren	65989	65855	65658	65285	65014	64925
Gewicht dieren [kg]	0,69	0,86	1,05	1,17	1,403	1,477
Productiegegevens						
Productieronde	3	3	3	3	3	3
Aantal dagen	125	125	125	125	125	125
Eindgewicht [kg]	1,51	1,51	1,51	1,51	1,51	1,51
Uitval [%]	5,9	5,9	5,9	5,9	5,9	5,9
Voergebruik [kg per dier per week]	0,39	0,41	0,46	0,45	0,47	0,37
Watergebruik [l per dier per week]	0,71	0,77	0,75	0,85	0,80	0,63
Water-voer verhouding	1,84	1,93	1,64	1,88	1,72	1,70

3.2 Ventilatie-debiet

Gemiddelde over alle metingen (Tabel 3 en Figuur 4) was het ventilatie-debiet $1,1 \pm 0,9 \text{ m}^3/\text{uur}$ per dier en varieerde tussen $0,1$ en $2,2 \text{ m}^3/\text{uur/dier}$. Het ventilatie-debiet was laag aan het begin van de productieronde en nam toe naarmate de dieren ouder werden, eindigend met hoge ventilatie-debieten aan het einde van de ronde (Figuur 4). De stallucht werd aan het begin van de ronde volledig door de wasser behandeld. Na ongeveer 5 weken in de zomer en 8-9 weken in de winter na opleg van de dieren gaan de bypass-ventilatoren open, waardoor een deel van de stallucht niet door de wasser wordt behandeld. Aan het einde van de productieronde wordt 30-40% van de lucht door de wasser behandeld, de rest verlaat de stal (onbehandeld) door de bypass-ventilatoren. De gemiddelde luchtverblijftijd in de wasser bedroeg 1,1 seconden, en de gemiddelde belasting bedroeg 39% van de maximale ventilatiecapaciteit.



a)



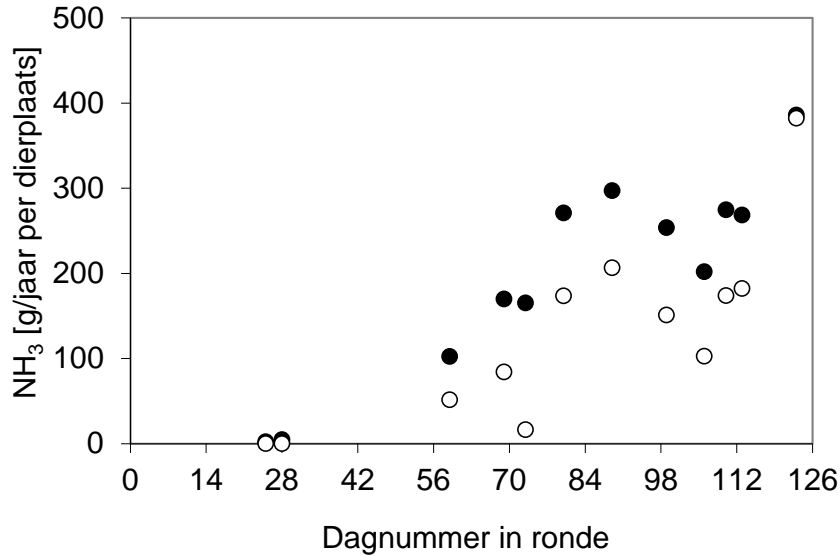
b)

Figuur 4 A) Gemiddelde ventilatie-debiet van stal [m^3/uur per dier] en B) percentage stallucht door de wasser t.o.v. van totaal debiet op alle verschillende meetdagen

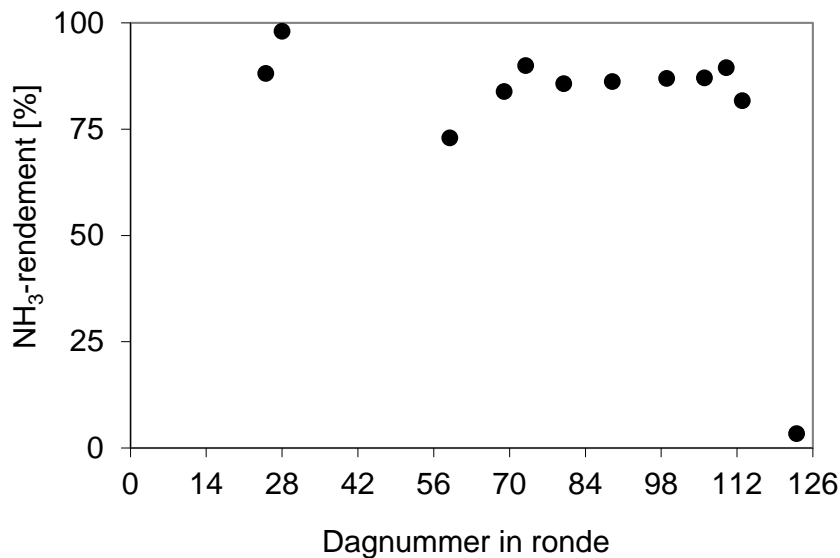
3.3 Ammoniak

In Figuur 5 worden de ammoniakemissies en -verwijderingsrendementen op de verschillende meetdagen weergegeven. Het gemiddelde ammoniakverwijderingsrendement (gewogen gemiddelde over alle metingen) van de chemische wasser was $79,4 \pm 24,7 \%$. Het gemiddelde ammoniakverwijderingsrendement wanneer meting 7 en meting 12 niet meegenomen worden in de

berekening (tijdens metingen 7 en 12 functioneerde de wasser niet optimaal, de pH was hoger dan 7) was $88,6 \pm 3,9$ %. Dit is vergelijkbaar met het ammoniakverwijderingsrendement (90%) voor chemische wassers bij pluimvee (Staatscourant, 2011a). Op basis van alle meetgegevens en de berekeningsmethodiek beschreven in hoofdstuk 2.3 werd een gemiddelde ammoniakemissie berekend van $130,6 \pm 119,0$ g per dierplaats per jaar vanuit de stal (vóór de chemische wasser). Deze emissies zijn gecorrigeerd voor een leegstand van 15% (Groenestein en Aarnink, 2008) en zijn lager dan de emissiefactor in de Regeling ammoniak en veehouderij (Rav) voor overige huisvestingssystemen niet-batterijhuisvesting (170 g per dierplaats per jaar). De uiteindelijke emissie uit de opfokleghennenstal met chemische wasser en bypass was $72,2 \pm 69,5$ g per dierplaats per jaar. Het uiteindelijke verwijderingsrendement van de chemische wasser met bypass voor NH_3 op basis van deze gegevens is dan 44,7%.



a)

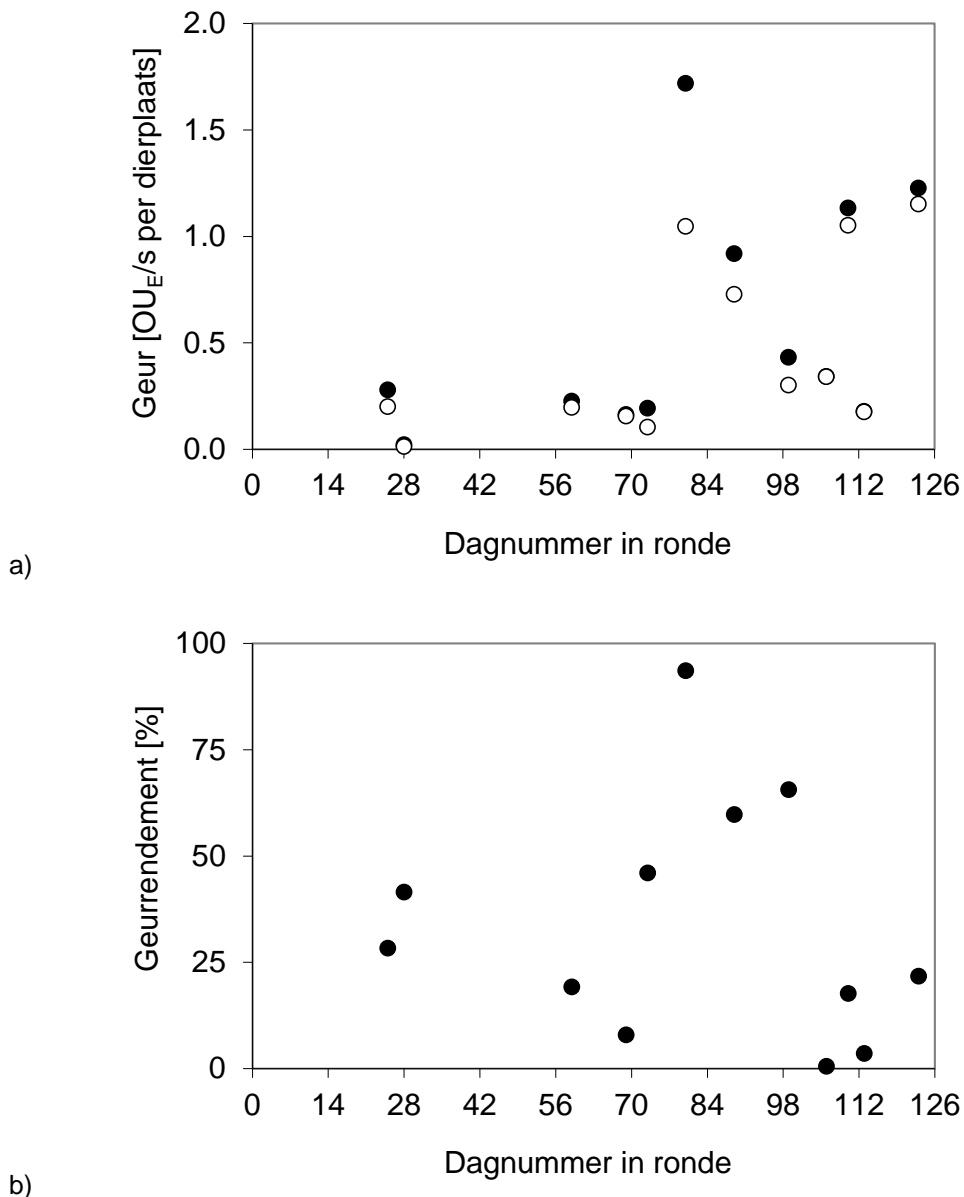


b)

Figuur 5 A) Gemiddelde NH_3 -emissie op alle verschillende meetdagen. Gesloten symbolen: emissie uit de stal (vóór de wasser); Open symbolen: uiteindelijke emissie uit de stal met chemische wasser en bypass. B) Gemiddelde ammoniakverwijderingsrendementen op de verschillende meetdagen

3.4 Geur

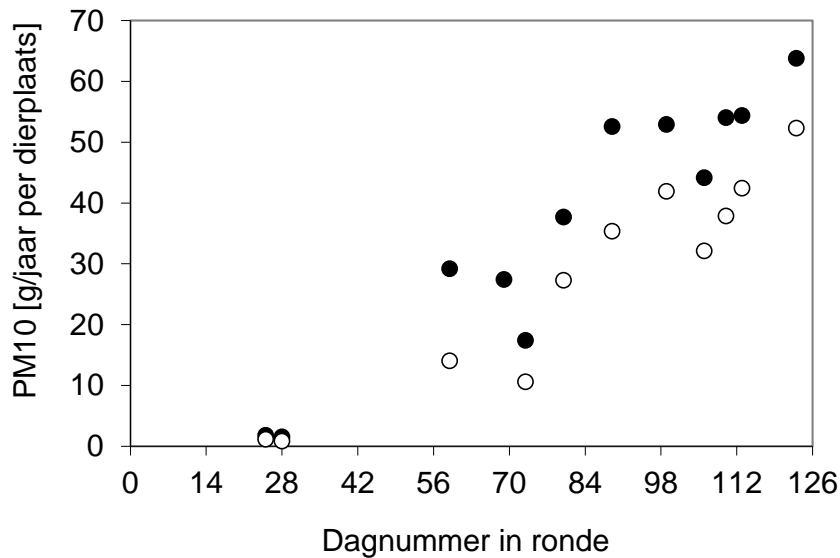
In Figuur 6 worden de geuremissies en -verwijderingsrendementen op de verschillende meetdagen weergegeven. Het gemiddelde geurverwijderingsrendement van de chemische wasser was $34,9 \pm 6,8\%$. Dit is iets hoger dan het geurverwijderingsrendement (30%) voor chemische wassers bij pluimvee (Staatscourant, 2011b). Op basis van alle gegevens en de berekeningsmethodiek beschreven in hoofdstuk 2.3 werd een geuremissie (voor geur wordt geen correctie voor leegstand toegepast) berekend van $0,41 \pm 0,25 \text{ OU}_E$ per dierplaats per s vanuit de stal (vóór de chemische wasser). Deze emissie is hoger dan de huidige emissiefactor voor overige huisvestingssystemen niet-batterijhuisvesting ($0,18 \text{ OU}_E$ per dierplaats per s). De uiteindelijke emissie uit de opfokleghennenstal met chemische wasser en bypass was $0,31 \pm 0,22 \text{ OU}_E$ per dierplaats per s. Het uiteindelijke verwijderingsrendement van de chemische wasser met bypass voor geur op basis van deze gegevens is dan 22,6%.



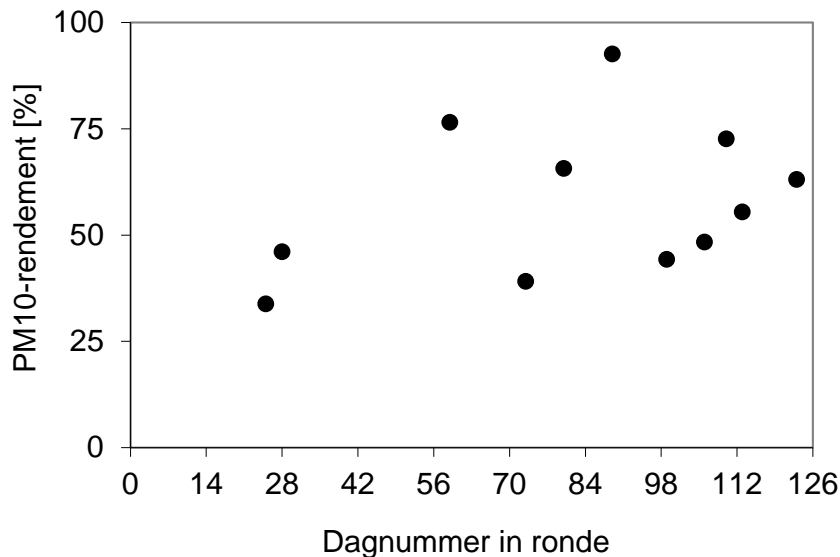
Figuur 6 A) Gemiddelde geuremissie op alle verschillende meetdagen. Gesloten symbolen: emissie uit de stal (vóór de wasser); Open symbolen: uiteindelijke emissie uit de stal met chemische wasser en bypass. B) Gemiddelde geurverwijderingsrendementen op de verschillende meetdagen

3.5 Fijn stof (PM10 en PM2,5)

In Figuur 7 worden de emissies en verwijderingsrendementen van PM10 op de verschillende meetdagen weergegeven. Het gemiddelde PM10-verwijderingsrendement van de chemische wasser was $54,4 \pm 12,6$ %. Dit is hoger dan het verwijderingsrendement voor PM10 (35%) voor chemische wassers bij pluimvee (www.rijksoverheid.nl). Op basis van alle meetgegevens en de berekeningsmethodiek beschreven in hoofdstuk 2.3 werd een gemiddelde PM10-emissie berekend van $23,6 \pm 22,1$ g per dierplaats per jaar vanuit de stal (vóór de chemische wasser). De emissies zijn gecorrigeerd voor een leegstand van 15% (Groenestein en Aarnink, 2008) en zijn lager dan de huidige emissiefactor voor overige huisvestingssystemen niet-batterijhuisvesting (30 g per dierplaats per jaar). De uiteindelijke emissie uit de opfokleghennenstal met chemische wasser en bypass was $16,6 \pm 16,8$ g per dierplaats per jaar. Het uiteindelijke verwijderingsrendement van de chemische wasser met bypass voor PM10 op basis van deze gegevens is dan 29,6%.



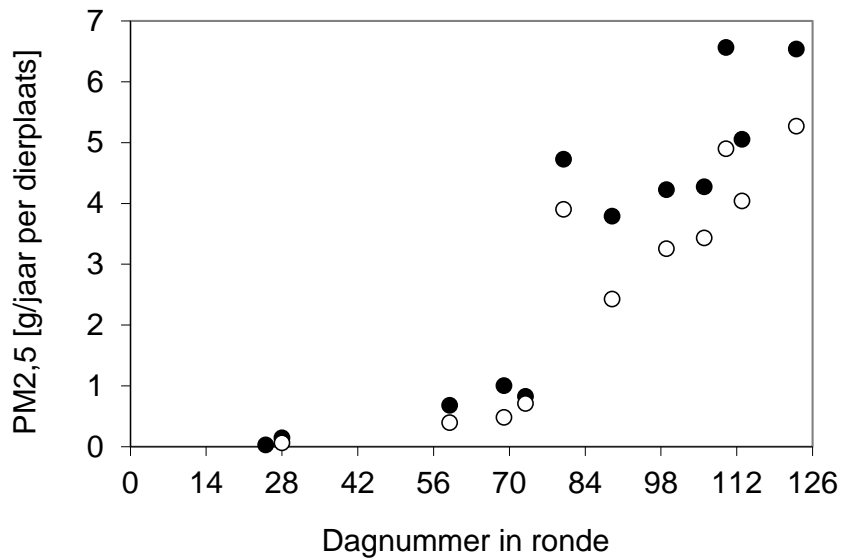
a)



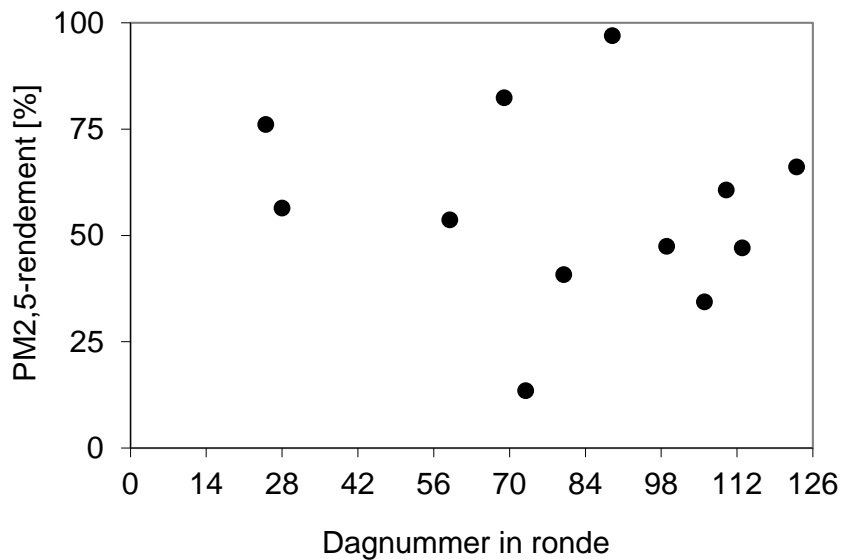
b)

Figuur 7 A) Gemiddelde PM10-emissie op alle verschillende meetdagen. Gesloten symbolen: emissie uit de stal (vóór de wasser); Open symbolen: uiteindelijke emissie uit de stal met chemische wasser en bypass. B) Gemiddelde PM10 verwijderingsrendementen op de verschillende meetdagen

In Figuur 8 worden de emissies en verwijderingsrendementen van PM_{2,5} op de verschillende meetdagen weergegeven. Het gemiddelde PM_{2,5}-verwijderingsrendement van de chemische wasser was $57,5 \pm 9,4$ %. Op basis van alle meetgegevens en de berekeningsmethodiek beschreven in hoofdstuk 2.3 werd een gemiddelde PM_{2,5}-emissie berekend van $2,0 \pm 2,2$ g per dierplaats per jaar vanuit de stal (vóór de chemische wasser). Deze emissies zijn gecorrigeerd voor een leegstand van 15% (Groenestein en Aarnink, 2008) en zijn vergelijkbaar met de PM_{2,5}-emissie gerapporteerd in Mosquera en Hol (2011) (1,6 g per dierplaats per jaar). De uiteindelijke emissie uit de opfokleghennenstal met chemische wasser en bypass was $1,5 \pm 1,7$ g per dierplaats per jaar. Het uiteindelijke verwijderingsrendement van de chemische wasser met bypass voor PM_{2,5} op basis van deze gegevens is dan 24,2%.



a)

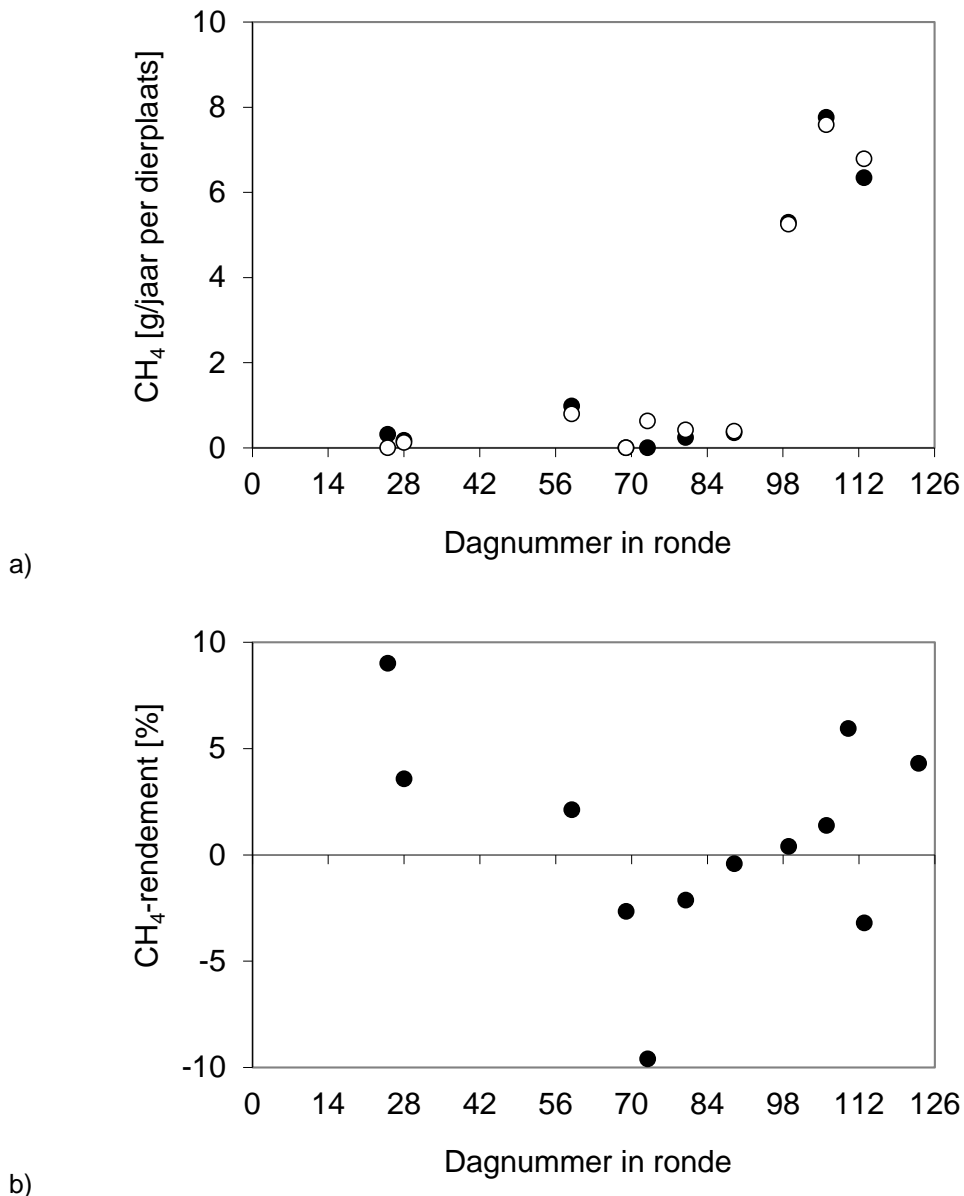


b)

Figuur 8 A) Gemiddelde PM_{2,5}-emissie op alle verschillende meetdagen. Gesloten symbolen: emissie uit de stal (vóór de wasser); Open symbolen: uiteindelijke emissie uit de stal met chemische wasser en bypass. B) Gemiddelde PM_{2,5} verwijderingsrendementen op de verschillende meetdagen

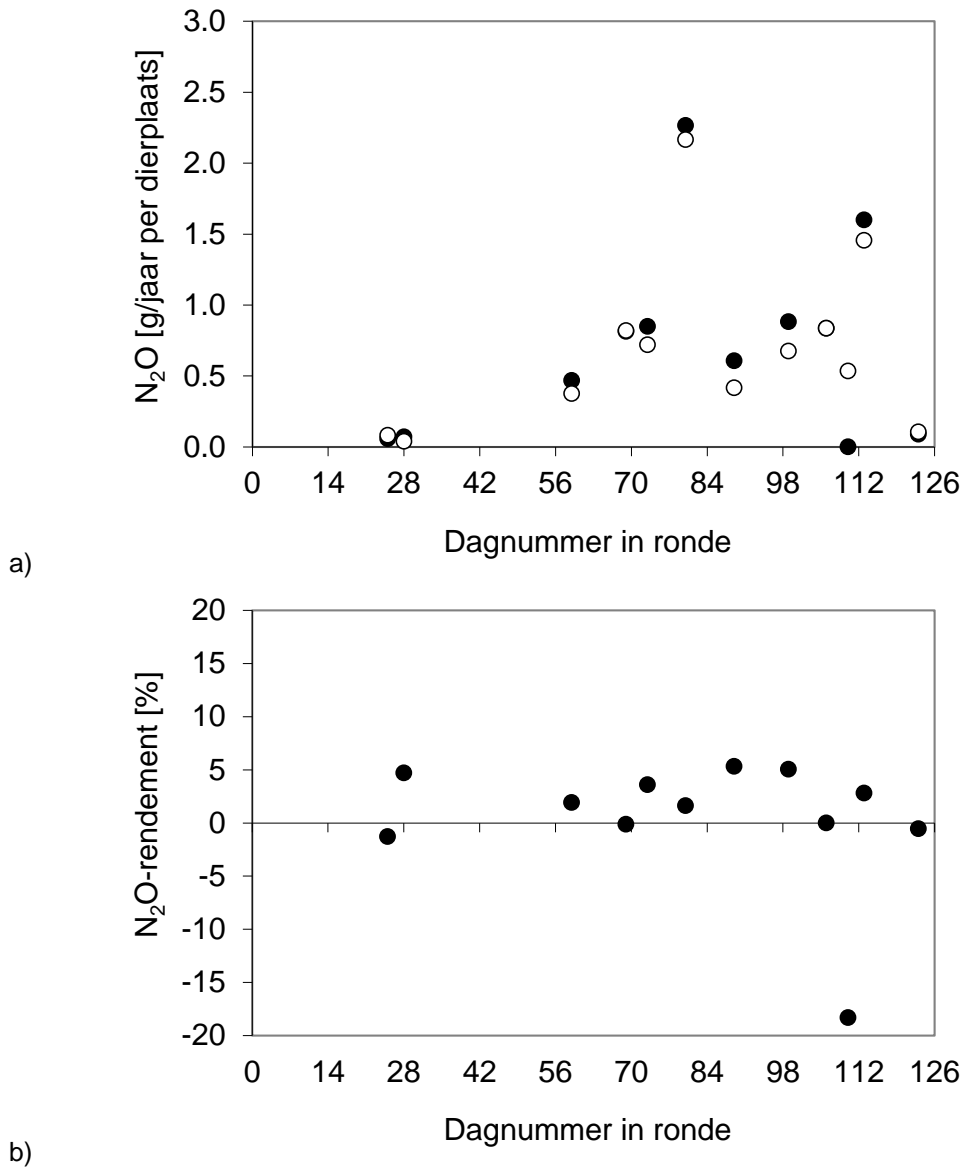
3.6 Overige broeikasgassen (CH₄ en N₂O)

In Figuur 9 worden de CH₄-emissies en -verwijderingsrendementen op de verschillende meetdagen weergegeven. Het gemiddelde verwijderingsrendement voor CH₄ van de chemische wasser was 1,5 ± 4,7%. Op basis van alle gegevens en de berekeningsmethodiek beschreven in hoofdstuk 2.3 werd een gemiddelde CH₄-emissie berekend van 2,5 ± 3,9 g per dierplaats per jaar (vóór de chemische wasser). Deze emissies zijn gecorrigeerd voor een leegstand van 15% (Groenestein en Aarnink, 2008), en zijn lager dan de emissies gerapporteerd in de Netherlands Inventory Report 2011 (Maas e.a., 2011; 9 g per dierplaats per jaar). De uiteindelijke CH₄-emissie uit de opfokleghennenstal met chemische wasser en bypass was 2,4 ± 3,8 g per dierplaats per jaar. Het uiteindelijke verwijderingsrendement van de chemische wasser met bypass voor CH₄ op basis van deze gegevens is dan 2,3%.



Figuur 9 A) Gemiddelde methaanemissie op alle verschillende meetdagen. Gesloten symbolen: emissie uit de stal (vóór de wasser); Open symbolen: uiteindelijke emissie uit de stal met chemische wasser en bypass. B) Gemiddelde methaanverwijderingsrendementen op de verschillende meetdagen

In Figuur 10 worden de N₂O-emissies en -verwijderingsrendementen op de verschillende meetdagen weergegeven. Het gemiddelde verwijderingsrendement voor N₂O van de chemische wasser was 0,8 ± 1,5%. Op basis van alle gegevens en de berekeningsmethodiek beschreven in hoofdstuk 2.3 werd een gemiddelde N₂O-emissie berekend van 0,52 ± 0,44 g per dierplaats per jaar vanuit de stal (vóór de chemische wasser). Deze emissies zijn gecorrigeerd voor een leegstand van 15% (Groenestein en Aarnink, 2008) en zijn lager dan de emissies gerapporteerd in de Netherlands Inventory Report 2011 (Maas e.a., 2011; 10 g per dierplaats per jaar). De uiteindelijke N₂O-emissie uit de opfokleghennenstal met chemische wasser en bypass was 0,50 ± 0,41 g per dierplaats per jaar. Het uiteindelijke verwijderingsrendement van de chemische wasser met bypass voor N₂O op basis van deze gegevens is dan 4,4%.



Figuur 10 A) Gemiddelde N₂O-emissie op alle verschillende meetdagen. Gesloten symbolen: emissie uit de stal (vóór de wasser); Open symbolen: uiteindelijke emissie uit de stal met chemische wasser en bypass. B) Gemiddelde N₂O-verwijderingsrendementen op de verschillende meetdagen

3.7 Waswater

In Tabel 5 worden de resultaten van de analyses van de waswatermonsters weergegeven. Het totaal-N gehalte en het ammonium-N gehalte namen in de loop van de productieronde toe. Uit Tabel 5 blijkt dat er geen nitriet of nitraat werd geproduceerd. De pH was tijdens alle metingen (met uitzondering van meting 7 en 12) lager dan 5. De oorzaak van de hogere pH gemeten tijdens meting 7 is onbekend, bij meting 12 was een kapotte slang de oorzaak van de storing bij de wasser.

Tabel 3 Ventilatie-debiet, concentratie, emissie en verwijderingsrendementen van NH₃, geur, PM10 en PM2,5.

Meting	1	2	3	4	5	6
Datum	08/sep/10	15/sep/10	22/sep/10	22/nov/10	06/jan/11	26/apr/11
Debiet door de wasser [m ³ /uur]	55589	52320	52428	6726 ¹⁾	33663 ¹⁾	22555
Debiet door de bypass [m ³ /uur]	64743	40441	82095	0	0	0
Debiet totaal [m ³ /uur per dier]	2,0	1,5	2,2	0,1	0,5	0,3
Verblijftijd van de lucht in de wasser [s]	0,6	0,6	0,6	5,0	1,0	1,5
NH ₃ voor wasser [ppm]	24,4	25,1	23,11	7,29	50,47	1,19
NH ₃ na wasser	3,2	3,2	4,23	0,14	5,08	0,14
NH ₃ buiten [ppm]	0,19	0,07	0,21	0,07	0,10	0,12
NH ₃ emissie [g per dierplaats per jaar]						
Stal, vóór de wasser	253,8	202,0	268,5	4,7	165,2	2,2
Stal + wasser + bypass	151,1	102,6	182,3	0,1	16,3	0,1
NH ₃ rendement [%]	87,0	87,0	81,7	98,0	89,9	88,1
Geur voor wasser [OU _E /m ³]	919	944	339	742	1315	3076
Geur na wasser [OU _E /m ³]	316	939	327	434	710	2206
Geur emissie [OU _E per dierplaats per s]						
Stal, vóór de wasser	0,43	0,34	0,18	0,02	0,19	0,28
Stal + wasser + bypass	0,30	0,34	0,18	0,01	0,10	0,20
Geurrendement [%]	65,6	0,5	3,5	41,5	46,0	28,3
PM10 voor wasser [mg/m ³]	3,634	3,879	3,339	1,665	3,778	0,661
PM10 na wasser [mg/m ³]	2,024	2,004	1,489	0,899	2,301	0,438
PM10 buiten [mg/m ³]	0,059	0,009	0,055	0,013	0,018	0,044
PM10 emissie [g per dierplaats per jaar]						
Stal, vóór de wasser	52,9	44,2	54,4	1,5	17,4	1,8
Stal + wasser + bypass	41,9	32,1	42,4	0,8	10,6	1,1
PM10-rendement [%]	44,3	48,3	55,4	46,0	39,1	33,8
PM2,5 voor wasser [mg/m ³]	0,300	0,380	0,334	0,157	0,188	0,022
PM2,5 na wasser [mg/m ³]	0,158	0,249	0,177	0,068	0,163	0,005
PM2,5 buiten [mg/m ³]	0,014	0,006	0,029	0,003	0,010	0,013
PM2,5 emissie [g per dierplaats per jaar]						
Stal, vóór de wasser	4,2	4,3	5,1	0,1	0,8	0,0
Stal + wasser + bypass	3,3	3,4	4,0	0,1	0,7	0,0
PM2,5-rendement [%]	47,4	34,3	47,1	56,4	13,4	76,0

¹⁾ Berekend m.b.v. CO₂-massabalansmethode (zie 2.2.6)

Tabel 3 (vervolg) Ventilatie-debiet, concentratie, emissie en verwijderingsrendementen van NH₃, geur, PM10 en PM2,5. n.b.: Ontbrekende of onbruikbare data

Meting	7	8	9	10	11	12
Datum	30-May-11	09/jun/11	20/jun/11	29/jun/11	20/jul/11	01/08/2011
Debiet door de wasser [m ³ /uur]	46229	44461	48717	47792	44654	40870
Debiet door de bypass [m ³ /uur]	22525	29915	67869	89386	64584	104488
Debiet totaal [m ³ /uur per dier]	1,0	1,1	1,8	2,1	1,7	2,2
Verblijftijd van de lucht in de wasser [s]	0,7	0,8	0,7	0,7	0,7	0,8
NH ₃ voor wasser [ppm]	16,75	25,49	25,99	24,43	28,13	29,81
NH ₃ na wasser	4,53	4,12	3,73	3,38	2,97	28,82
NH ₃ buiten [ppm]	0,20	0,10	0,13	0,34	0,15	0,27
NH ₃ emissie [g per dierplaats per jaar]						
Stal, vóór de wasser	102,3	169,8	271,1	297,1	274,8	386,0
Stal + wasser + bypass	51,5	84,4	173,6	206,7	173,8	382,4
NH ₃ rendement [%]	72,9 ⁽¹⁾	83,8	85,7	86,2	89,5	3,3 ⁽¹⁾
Geur voor wasser [OU _E /m ³]	817	545	3664	1665	2579	2097
Geur na wasser [OU _E /m ³]	660	502	235	670	2124	1641
Geur emissie [OU _E per dierplaats per s]						
Stal, vóór de wasser	0,23	0,16	1,72	0,92	1,13	1,23
Stal + wasser + bypass	0,20	0,16	1,05	0,73	1,05	1,15
Geurrendement [%]	19,2	7,9	93,6	59,8	17,6	21,7
PM10 voor wasser [mg/m ³]	3,375	2,923	2,559	3,070	3,932	3,510
PM10 na wasser [mg/m ³]	0,793	n.b.	0,878	0,227	1,077	1,297
PM10 buiten [mg/m ³]	0,029	0,021	0,013	0,050	0,033	0,053
PM10 emissie [g per dierplaats per jaar]						
Stal, vóór de wasser	29,2	27,4	37,7	52,6	54,0	63,8
Stal + wasser + bypass	14,0	n.b.	27,3	35,3	37,9	52,3
PM10-rendement [%]	76,5	n.b.	65,7	92,6	72,6	63,1
PM2,5 voor wasser [mg/m ³]	0,091	0,113	0,327	0,231	0,484	0,370
PM2,5 na wasser [mg/m ³]	0,042	0,020	0,194	0,007	0,190	0,125
PM2,5 buiten [mg/m ³]	0,013	0,006	0,008	0,014	0,011	0,015
PM2,5 emissie [g per dierplaats per jaar]						
Stal, vóór de wasser	0,7	1,0	4,7	3,8	6,6	6,5
Stal + wasser + bypass	0,4	0,5	3,9	2,4	4,9	5,3
PM2,5-rendement [%]	53,7	82,4	40,7	97,0	60,7	66,1

¹⁾ Wasser functioneerde niet optimaal: pH waarde > 7 (zie Tabel 5)

Tabel 4 Ventilatie-debiet, concentratie, emissie en verwijderingsrendementen van N₂O en CH₄.

Meting	1	2	3	4	5	6
Datum	08/sep/10	15/sep/10	22/sep/10	22/nov/10	06/jan/11	26/apr/11
Debiet door de wasser [m ³ /uur]	55589	52320	52428	6726 ¹⁾	33663 ¹⁾	22555
Debiet door de bypass [m ³ /uur]	64743	40441	82095	0	0	0
Debiet totaal [m ³ /uur per dier]	2,0	1,5	2,2	0,1	0,5	0,3
Verblijftijd van de lucht in de wasser [s]	0,6	0,6	0,6	5,0	1,0	1,5
CH ₄ voor wasser [ppm]	2,54	2,90	3,22	2,21	2,39	2,34
CH ₄ na wasser [ppm]	2,53	2,86	3,32	2,13	2,62	2,13
CH ₄ buiten [ppm]	2,00	1,88	2,65	1,92	2,41	2,18
CH ₄ emissie [g CH ₄ per dierplaats per jaar]						
Stal, vóór de wasser	5,3	7,8	6,3	0,2	0,0	0,3
Stal + wasser + bypass	5,3	7,6	6,8	0,1	0,6	0,0
CH ₄ -rendement [%]	0,4	1,4	-3,2	3,6	-9,6	9,0
N ₂ O voor wasser [ppm]	0,33	0,35	0,43	0,39	0,42	0,38
N ₂ O na wasser [ppm]	0,31	0,35	0,42	0,38	0,41	0,38
N ₂ O buiten [ppm]	0,30	0,31	0,38	0,35	0,32	0,37
N ₂ O emissie [g N ₂ O per dierplaats per jaar]						
Stal, vóór de wasser	0,88	0,84	1,60	0,07	0,85	0,06
Stal + wasser + bypass	0,7	0,8	1,5	0,0	0,7	0,1
N ₂ O-rendement [%]	5,0	0,0	2,8	4,7	3,6	-1,3

¹⁾ Berekend m.b.v. CO₂-massabalansmethode (zie Bijlage C)

Tabel 4 (vervolg) Ventilatie-debiet, concentratie, emissie en verwijderingsrendementen van N₂O en CH₄.

Meting	7	8	9	10	11	12
Datum	30-May-11	09/jun/11	20/jun/11	29/jun/11	20/jul/11	01/08/2011
Debiet door de wasser [m ³ /uur]	46229	44461	48717	47792	44654	40870
Debiet door de bypass [m ³ /uur]	22525	29915	67869	89386	64584	104488
Debiet totaal [m ³ /uur per dier]	1,0	1,1	1,8	2,1	1,7	2,2
Verblijftijd van de lucht in de wasser [s]	0,7	0,8	0,7	0,7	0,7	0,8
CH ₄ voor wasser [ppm]	2,17	2,30	2,01	2,21	3,65	3,56
CH ₄ na wasser [ppm]	2,12	2,37	2,06	2,22	3,44	3,40
CH ₄ buiten [ppm]	2,00	2,38	1,99	2,18	2,33	2,14
CH ₄ emissie [g CH ₄ per dierplaats per jaar]						
Stal, vóór de wasser	1,0	0,0	0,2	0,4	12,2	17,4
Stal + wasser + bypass	0,8	0,0	0,4	0,4	11,4	16,8
CH ₄ -rendement [%]	2,1	-2,7	-2,1	-0,4	5,9	4,3
N ₂ O voor wasser [ppm]	0,45	0,44	0,54	0,32	0,30	0,31
N ₂ O na wasser [ppm]	0,44	0,44	0,53	0,30	0,36	0,31
N ₂ O buiten [ppm]	0,42	0,39	0,45	0,30	0,31	0,30
N ₂ O emissie [g N ₂ O per dierplaats per jaar]						
Stal, vóór de wasser	0,47	0,81	2,26	0,61	0,00	0,09
Stal + wasser + bypass	0,4	0,8	2,2	0,4	0,5	0,1
N ₂ O-rendement [%]	1,9	-0,1	1,6	5,3	-18,3	-0,5

Tabel 5 Waswatermonsters (Ammonium-N, Totaal-N, Nitriet-N, Nitraat-N, Drogestof en As in [g/kg], Geleidbaarheid (EC) in [mS/cm], en pH []) op de verschillende meetdagen bij de chemische wasser. n.b.: door storingen, data niet beschikbaar

Meting	1	2	3	4	5	6
Datum	08/sep/10	15/sep/10	22/sep/10	22/nov/10	06/jan/11	26/apr/11
Ammonium-N	1,84	n.b.	20,09	2,91	6,98	0,31
Nitriet-N	< 0,010	n.b.	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010
Nitraat-N	< 0,010	n.b.	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010
Totaal-N	1,95	n.b.	21,50	2,83	7,12	0,36
Drogestof	13,37	n.b.	107,71	19,30	42,25	8,32
As	0,99	n.b.	4,63	1,10	1,81	1,56
pH	1,64	n.b.	2,01	1,61	1,52	1,46
EC	27,80	n.b.	121,20	33,80	66,80	24,10

Meting	7	8	9	10	11	12
Datum	30/May/11	09/jun/11	20/jun/11	29/jun/11	20/jul/11	01/08/2011
Ammonium-N	9,76	7,21	17,09	15,08	4,20	2,92
Nitriet-N	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010
Nitraat-N	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010
Totaal-N	9,86	7,44	17,04	15,05	4,38	2,98
Drogestof	48,36	44,5	93,27	81,51	31,20	15,96
As	2,49	1,51	2,33	1,76	2,28	1,88
pH	8,31	1,46	1,57	1,70	1,42	7,58
EC	55,10	67,90	121,80	107,01	51,70	22,10

4 Conclusies

In dit rapport worden de resultaten gerapporteerd van de metingen die in het kader van het "Meetprogramma Integraal Duurzame Stallen" zijn uitgevoerd om de emissies van ammoniak, geur, PM10, PM2,5, methaan en lachgas uit een opfokleghennenstal met chemische wasser en bypass te bepalen.

Op basis van de huidige metingen zijn de volgende jaaremissies (gecorrigeerd voor een leegstand van 15%) uit de opfokleghennenstal zelf bepaald (het betreft hier de stalemissie voorafgaand aan reiniging door de chemische wasser) bepaald:

- Ammoniakemissie: $130,6 \pm 119,0$ g per dierplaats per jaar
- Geuremissie: $0,41 \pm 0,25$ OUE per dierplaats per s
- PM10 emissie: $23,6 \pm 22,1$ g per dierplaats per jaar
- PM2,5 emissie: $2,0 \pm 2,2$ g per dierplaats per jaar
- Methaanemissie: $2,5 \pm 3,9$ g per dierplaats per jaar
- Lachgasemissie: $0,5 \pm 0,4$ g per dierplaats per jaar

Op basis van de huidige metingen zijn de volgende jaaremissies (gecorrigeerd voor een leegstand van 15%) uit het huisvestingssysteem (opfokleghennenstal met chemische wasser en bypass) bepaald:

- Ammoniakemissie: $72,2 \pm 69,5$ g per dierplaats per jaar
- Geuremissie: $0,31 \pm 0,22$ OUE per dierplaats per s
- PM10 emissie: $16,6 \pm 16,8$ g per dierplaats per jaar
- PM2,5 emissie: $1,5 \pm 1,7$ g per dierplaats per jaar
- Methaanemissie: $2,4 \pm 3,8$ g per dierplaats per jaar
- Lachgasemissie: $0,5 \pm 0,4$ g per dierplaats per jaar

Op basis van de huidige metingen zijn de volgende verwijderingsrendementen voor de chemische wasser bepaald (gemiddelde \pm standaarddeviatie tussen metingen):

- Ammoniak: $88,6 \pm 3,9$ %
- Geur: $34,9 \pm 6,8$ %
- PM10: $54,4 \pm 12,6$ %
- PM2,5: $57,5 \pm 9,4$ %
- Methaan: $1,5 \pm 4,7$ %
- Lachgas: $0,8 \pm 1,5$ %

Op basis van de berekende emissies uit de stal (vóór de chemische wasser) en het huisvestingssysteem stal + wasser + bypass zijn de volgende verwijderingsrendementen voor het systeem chemische wasser + bypass bepaald:

- Ammoniak: 44,7 %
- Geur: 22,6 %
- PM10: 29,6 %
- PM2,5: 24,2 %
- Methaan: 2,3 %
- Lachgas: 4,4 %

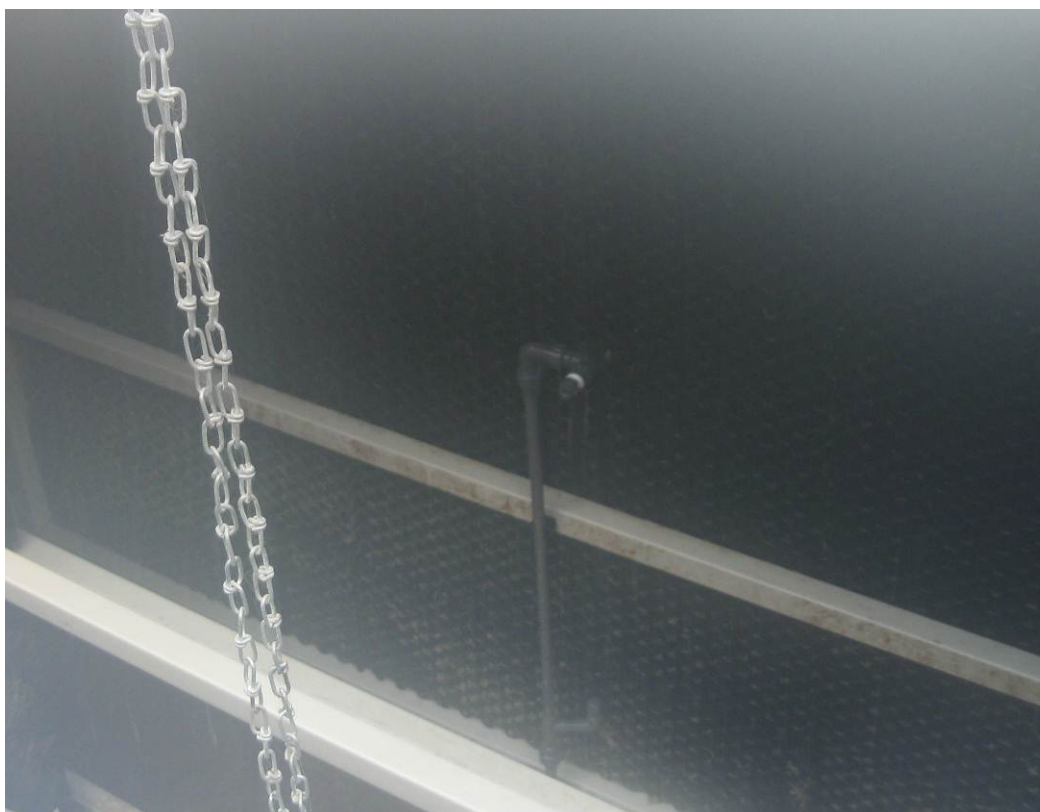
Literatuur

- CEN standard 13725. 2003. Air quality - determination of odour concentration by dynamic olfactometry, European Committee for Standardization, Brussels, Belgium.
- CIGR. 2002. 4th Report of Working Group on Climatization of animal houses. Heat and moisture production at animal and house levels (eds. Pedersen, S.; K. Sällvik).
- Groenestein, C.M. en A.J.A. Aarnink. 2008. Notitie over leegstand ten behoeve van het berekenen van een emissiefactor van een stal. Intern rapport 200808, Animal Science Group van Wageningen UR, Lelystad, The Netherlands.
- Groenestein, C.M., J. Mosquera en N.W.M. Ogink. 2011. Protocol voor meting van methaanemissie uit huisvestingssystemen in de veehouderij 2010. Rapport 493, Wageningen UR Livestock, Lelystad, The Netherlands.
- Hofschreuder, P., Y. Zhao, A. J. A. Aarnink, en N. W. M. Ogink. 2008. Measurement protocol for emissions of fine dust from animal housings. Considerations, draft protocol and validation. Report 134, Animal Sciences Group, Lelystad.
- LNV (2008). Toekomstvisie of de veehouderij. Ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit, Den Haag, 16 januari 2008.
- Maas, C.W.M. van der , P.W.H.G., Coenen, P.J. Zijlema, K. Baas, G. van den Berghe, J.D. te Biesebeek, A.T. Brandt, G. Geilenkirchen, K.W. van der Hoek, R. te Molder, R. Dröge, C.J. Peek, J. Vonk, I. van den Wyngaert. 2011. Greenhouse gas emissions in the Netherlands 1990-2009. National Inventory Report 2011, MNP, Bilthoven, The Netherlands.
- Mosquera, J., C.M. Groenestein en N.W.M. Ogink. 2011. Protocol voor meting van lachgasemissie uit huisvestingssystemen in de veehouderij 2010. Rapport 494, Wageningen UR Livestock, Lelystad, The Netherlands.
- Mosquera, J. en J.M.G. Hol (2011). Emissiefactoren methaan, lachgas en PM_{2,5} voor stalsystemen, inclusief toelichting. Rapport 496, Wageningen UR Livestock, Lelystad, The Netherlands.
- 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 pm_{2,5} mass fraction of suspended particulate matter, Nederlands Normalisatie-instituut, Delft.
- Ogink, N.W.M., G. Mol. 2002. Uitwerking van een protocol voor het meten van de geuremissie uit stallocaties en stalsystemen in de veehouderij. IMAG nota P 2002-57, 31 pp.
- Ogink, N.W.M.. 2011. Protocol voor meting van geuremissie uit huisvestingssystemen in de veehouderij 2010. Rapport 491, Wageningen UR Livestock, Lelystad, The Netherlands.
- Ogink, N.W.M., J. Mosquera en J.M.G. Hol. 2011a. Protocol voor meting van ammoniakemissie uit huisvestingssystemen in de veehouderij 2010. Rapport 454, Wageningen UR Livestock, Lelystad, The Netherlands.
- Ogink, N.W.M., P. Hofschreuder en A.J.A. Aarnink. 2011b. Protocol voor meting van fijnstofemissie uit huisvestingssystemen in de veehouderij 2010. Rapport 492, Wageningen UR Livestock, Lelystad, The Netherlands.
- Pedersen, S., V. Blanes-Vidal, M.J.W. Heetkamp, en 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.
- Staatscourant. 2011a. Wijziging van de Regeling ammoniak en veehouderij. Staatscourant 18726, 18 oktober 2011.
- Staatscourant. 2011b. Wijziging van de Regeling geurhinder en veehouderij. Staatscourant 18729, 3 oktober 2011.
- Wintjens, Y. 1993. Gaswasfles. In Meetmethoden NH₃-emissie uit stallen. Onderzoek inzake de mest- en ammoniak- problematiek in de veehouderij 16 (eds E.N.J. van Ouwerkerk), pp. 38-40. DLO, Wageningen.
- Zhao, Y., A.J.A. Aarnink, P. Hofschreuder, en P.W.G. Groot Koerkamp. 2009. Validation of cyclone as a pre-separator for airborne dust sampling in animal houses. Aerosol Science 40: 868 – 878.

Bijlage A Foto's van de bedrijfssituatie



Opfokleghennenstal met chemische wasser



Wasser-pakket (buitenkant)



Binnenzijde stal (plateau met hennen, waterlijnen en inlaatopeningen)



Binnenzijde stal met DustTrak vóór de bypassventilatoren

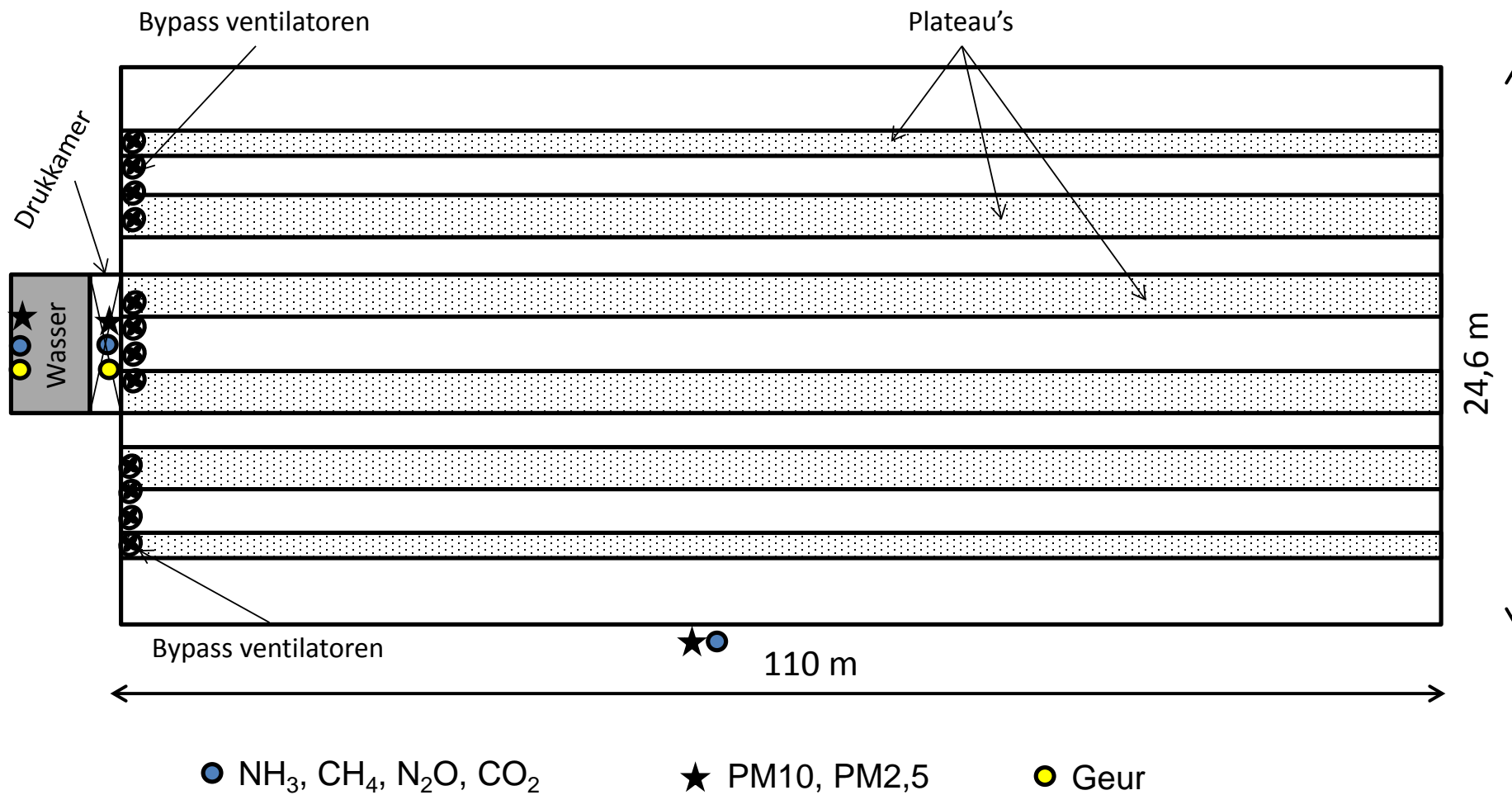


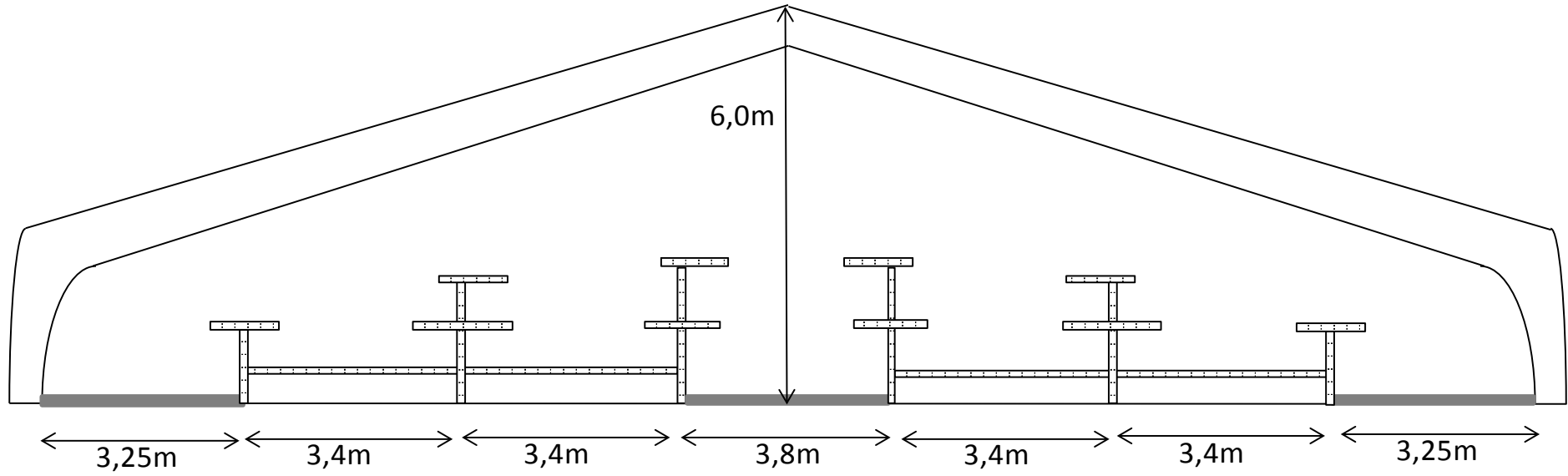
Luchtinlaat (buitenzijde stal)



Luchtinlaat (binnenzijde stal)

Bijlage B Plattegrond van de stal en overzicht van de meetpunten





Bijlage C Beschrijving meetmethoden en praktische uitvoering

Natchemisch met wasflessen en impingers (NH₃)

Bij de nat-chemische methode (Wintjes, 1993) wordt de lucht via een monsternaleiding met een constante luchtstroom (~1,0 l/min) aangezogen met behulp van een pomp (Thomas Industries Inc., model 607CD32, Wabasha, Minnesota, VS) en een kritische capillair die een luchtstroom geeft van ~1,0 l/min. Alle lucht wordt door een impinger (geplaatst in een wasfles met 100 ml 0,05 M salpeterzuur) geleid, waarbij de NH₃ wordt opgevangen. Om rekening te houden met eventuele doorslag wordt een tweede fles in serie geplaatst. Om doorslag naar de pomp te voorkomen wordt de lucht na de impingers met zuur door een vochtvanger (impinger zonder vloeistof) geleid (zie foto hieronder). Na de bemonsteringstijd wordt de concentratie gebonden NH₃ spectrofotometrisch bepaald. Voor en na de meting werd de exacte luchtstroom bepaald met behulp van een flowmeter (Defender 510-m, Bios Int. Corp, USA; zie foto hieronder). Door de bemonsteringsduur, de bemonsteringsflow, het NH₄⁺ gehalte en de hoeveelheid opvangvloeistof te verrekenen kan de NH₃-concentratie in de bemonsterde lucht worden bepaald.



Meetopstelling nat-chemische methode voor ammoniakemissiemetingen. Links: impingers. Midden: Flowmeter. Rechts: pomp

Longmethode (geur en broeikasgassen)

Bij de toepassing van de zogenaamde longmethode (Ogink en Mol, 2002) werd eerst een 40 liter Nalophan monsterzak in een gesloten vat geplaatst. Door lucht uit het vat met behulp van een pomp (Thomas Industries Inc., model 607CD32, Wabasha, Minnesota, VS) via een teflon slang te zuigen, ontstaat in het vat onderdruk en wordt de te bemonsteren lucht aangezogen in de zak.

Bij de bepaling van de geurconcentratie werd gedurende twee uur (tussen 10:00 en 12:00 uur) stallucht aangezogen met een flow van ca. 0,4 l/min. Voordat de lucht in een geurvrije zak werd verzameld werd deze door een stoffilter geleid (type #1130, diameter: 50 mm, 1-2 µm, Savillex® Corp., Minnetonka, VS). De geuranalyses werden uitgevoerd volgens de Europese norm EN 13725 (CEN, 2003). Het geurlaboratorium is onder nummer L400 geaccrediteerd door de Raad voor Accreditatie te Utrecht voor het uitvoeren van geuranalyses.

Bij de bepaling van de concentratie broeikasgassen werd de monsterzak gedurende 24 uur continu gevuld met een vaste luchtstroom van 0,02 l/min. Op deze wijze werd een 24-uurs monster verkregen. Het gehalte aan broeikasgassen in het monster werd bepaald met een gaschromatograaf (Interscience/Carbo Erba Instruments, GC 8000 Top; kolom: Molsieve 5A (CH₄, CO₂), Haysep Q (N₂O); detector: CH₄: FID, N₂O: ECD, CO₂: HWD).



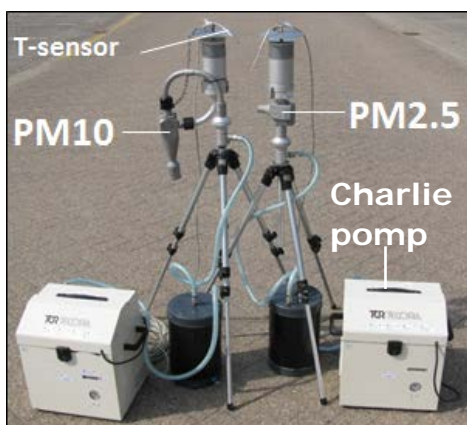
Meetopstelling voor het meten van de geur- en broeikasgas- (CH_4 , N_2O) concentraties.

Gravimetrische meetmethode fijn stof

De gravimetrische meetmethode is er op gebaseerd om het verschil in gewicht van het filter voor en na de meting te bepalen om zodoende de hoeveelheid ingevangen stof vast te stellen. Omdat het bij deze meetmethode slechts om kleine gewichtsverschillen gaat is de meetmethode om het stof te verzamelen aan strikte randvoorwaarde verbonden. De apparatuur voor gravimetrische meting van PM_{10} en $\text{PM}_{2,5}$ is gebaseerd op de standaard referentie monsternametekoppen voor bepaling van PM_{10} en $\text{PM}_{2,5}$ concentraties in de buitenlucht (NEN-EN 12341, 1998; NEN-EN 14907, 2005). Het verschil tussen de gebruikte apparatuur en de standaard apparatuur voor de buitenlucht is dat de impactor voorafseparator is vervangen door een cycloon voorafseparator. Dit vanwege het gevaar van overbelading van de impactieplaat, vooral bij bemonstering van $\text{PM}_{2,5}$ (Zhao e.a., 2009). In Hofschreuder et al. (2008) worden correctielijnen vermeld voor omrekening van de concentraties gemeten met cycloon monsternametekoppen naar impactor monsternametekoppen. De volgende correcties zijn uitgevoerd:

PM_{10} : $< 222,6 \mu\text{g}/\text{m}^3$: $Y = 1,0877 X$
 $> 222,6 \mu\text{g}/\text{m}^3$: $Y = 0,8304 X + 57,492$
 $\text{PM}_{2,5}$: geen correctie

Voor de bepaling van de concentraties PM_{10} en $\text{PM}_{2,5}$ in de ingaande lucht (achtergrondconcentraties) en in de uitgaande stallucht (vóór en na de wasser) werd lucht door inlaat, cycloon en filter gezogen met monsternamepompen van het type Charlie HV (roterend, $6 \text{ m}^3/\text{uur}$, Ravebo Supply BV, Brielle; zie foto hieronder). De pompen werden geprogrammeerd op een flow van $1,0 \text{ m}^3/\text{uur}$ en op een start- en eindtijd van de monsternameperiode.



PM_{10} en $\text{PM}_{2,5}$ werd verzameld op glasvezelfilters met een diameter van 47 mm (type MN GF-3, Macherey-Nagel GmbH & Co., Düren, Duitsland), nadat de grotere stofdeeltjes waren afgescheiden met behulp van een PM_{10} of $\text{PM}_{2,5}$ cycloon (URG corp., Chapel Hill, VS). De filters werden voor en na de stofmonsternamete gewogen onder standaard condities: temperatuur $20 \text{ }^\circ\text{C} \pm 1 \text{ }^\circ\text{C}$ en $50\% \pm 5\%$ relatieve luchtvochtigheid (NEN-EN 14907, 2005). De hoeveelheid verzameld stof werd bepaald door het verschil in gewicht te bepalen van het filter voor en na de monsternamete.



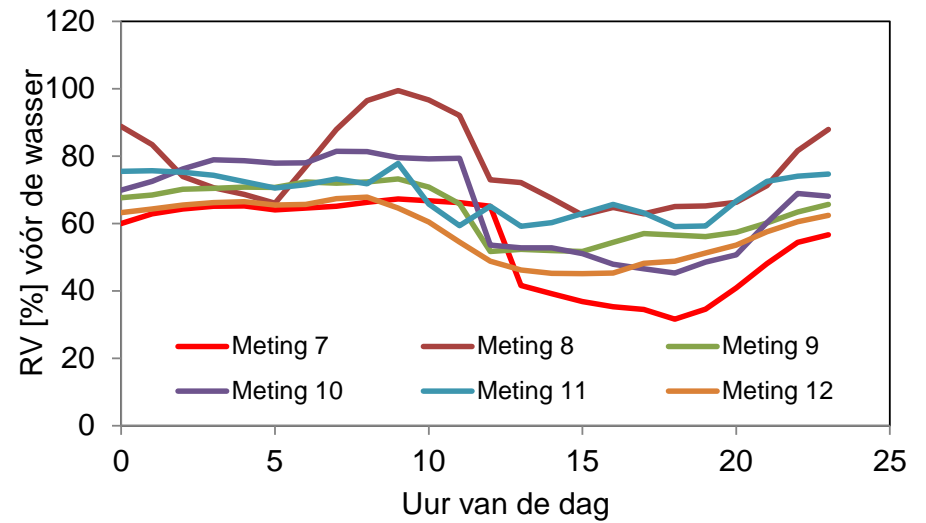
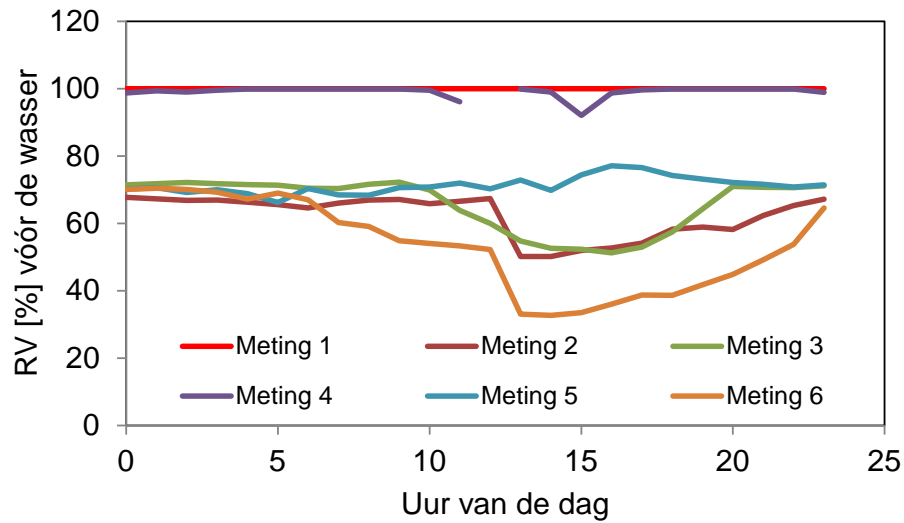
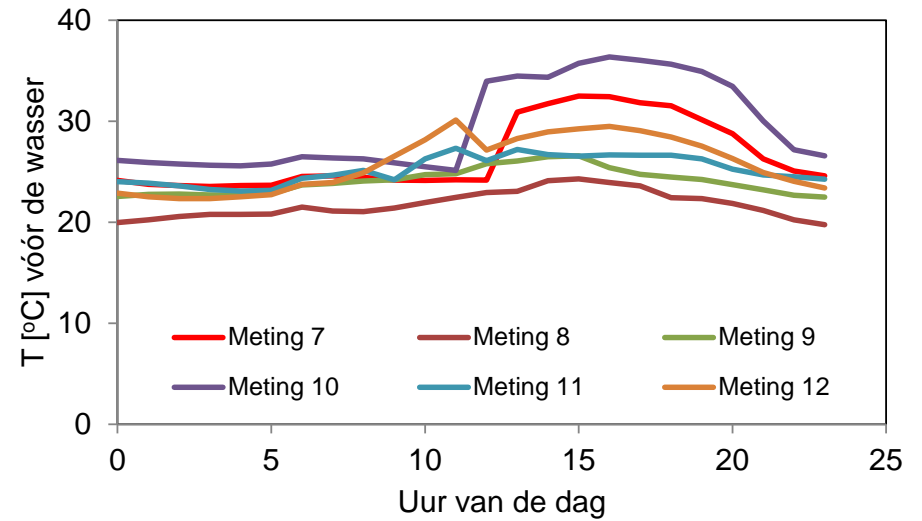
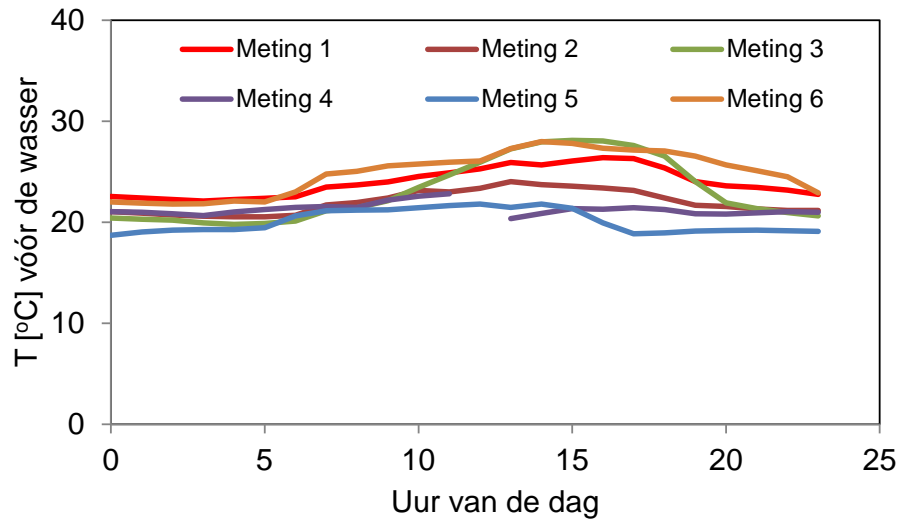
Stofapparatuur na de wasser

Temperatuur en relatieve luchtvochtigheid

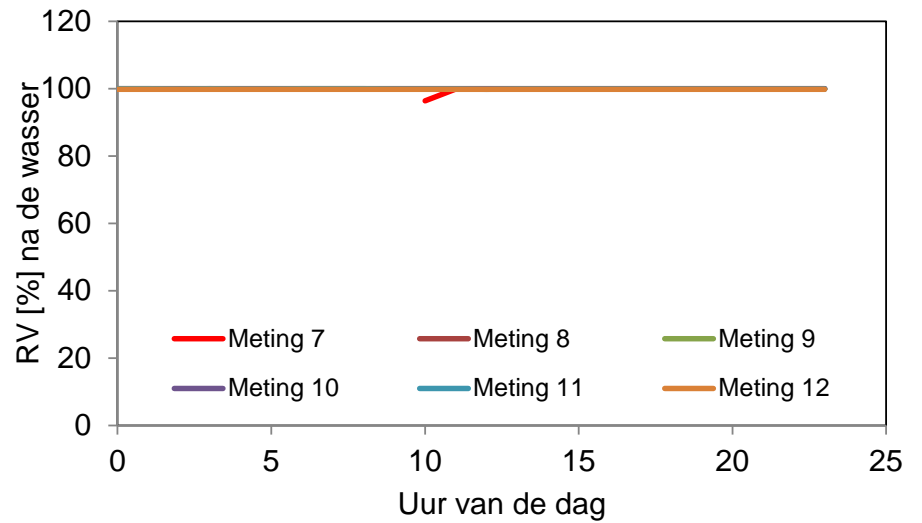
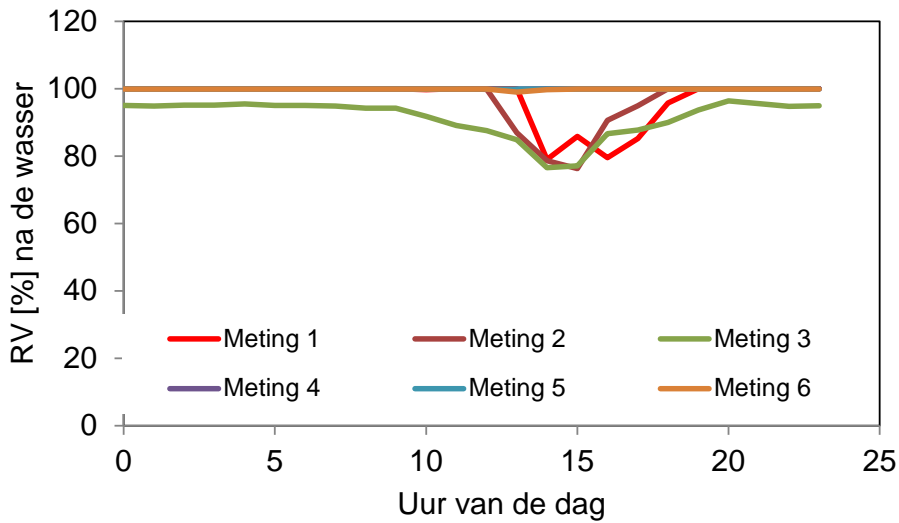
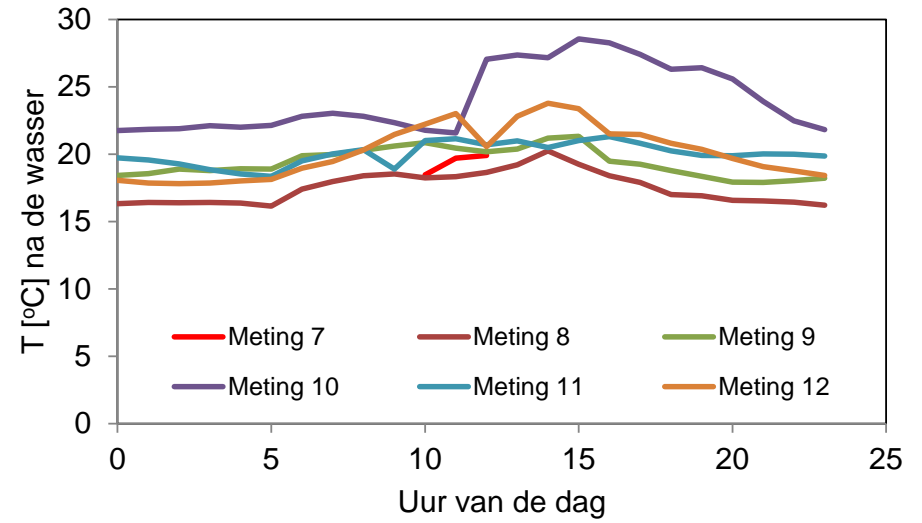
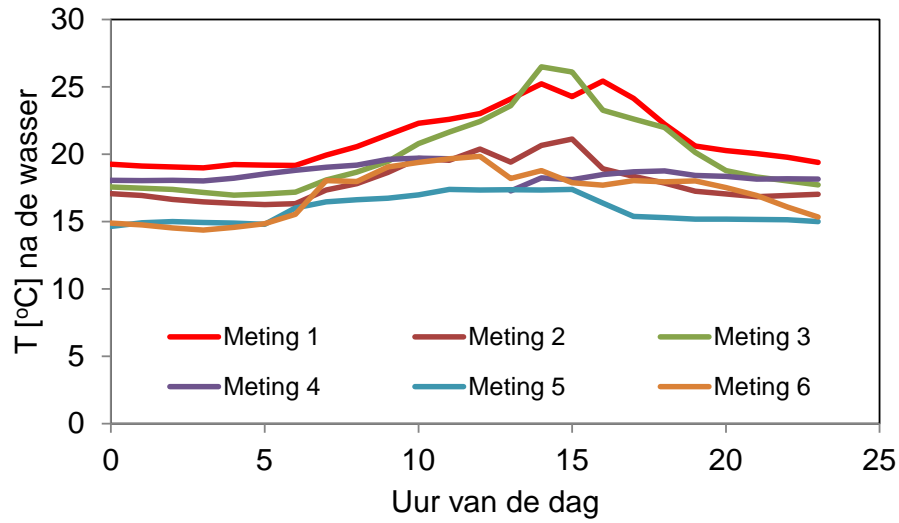
Voor de meting van temperatuur en relatieve wordt gebruik gemaakt van Rotronic T en RV sensoren (ROTRONIC Instrument Corp., Huntington, VS; zie foto hieronder), met een nauwkeurigheid van respectievelijk $\pm 1,0$ °C en $\pm 2\%$. Per meetpunt wordt een rotronic opgehangen. De data wordt eenmaal per uur gelogd als gemiddelde over dat uur.



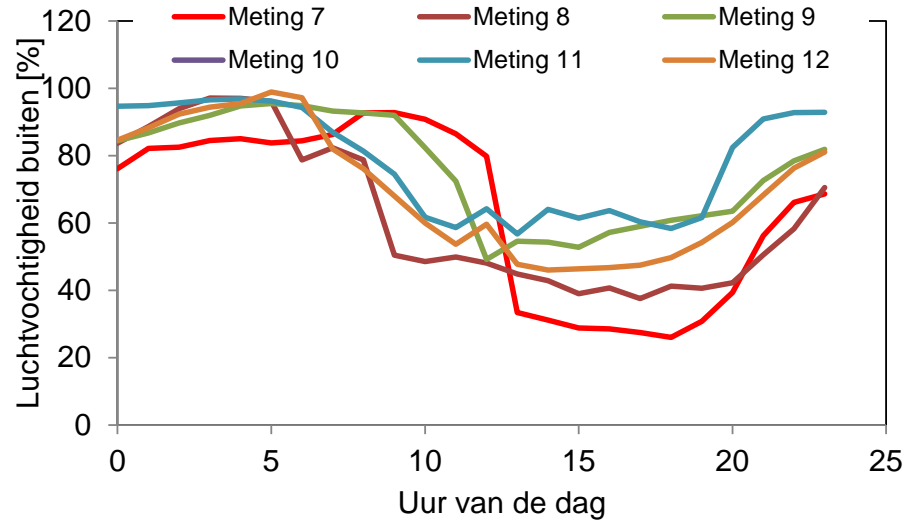
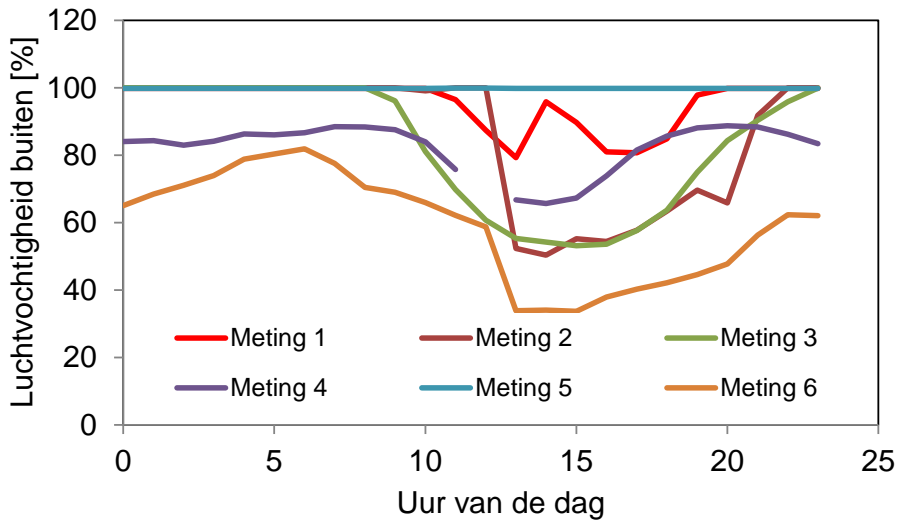
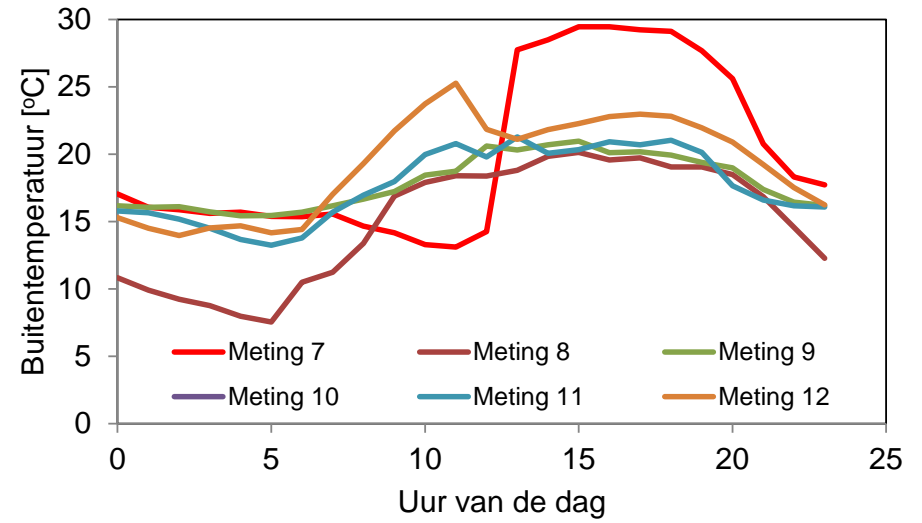
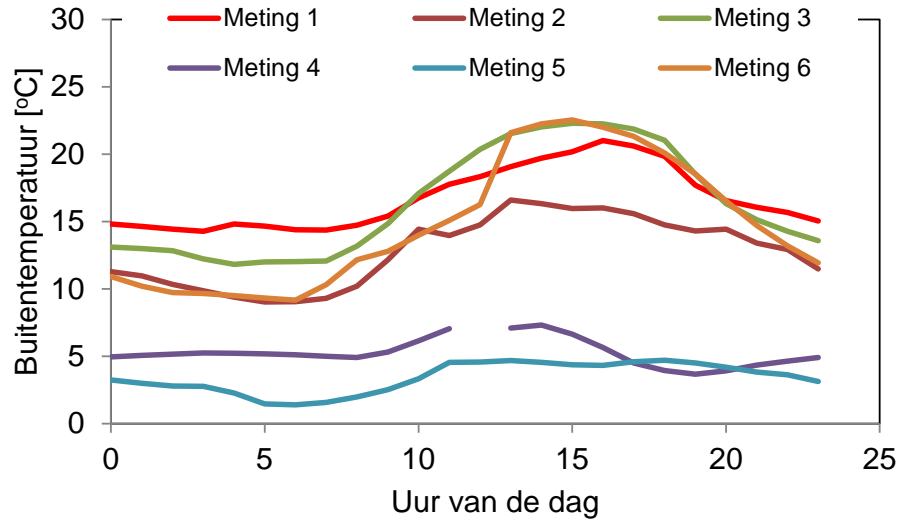
Bijlage D Klimaatgegevens (temperatuur en luchtvochtigheid)



Uurgemiddelden temperatuur en luchtvochtigheid vóór de wasser



Uurgemiddelden temperatuur en luchtvochtigheid na de wasser



Uurgemiddelden buitentemperatuur en -luchtvochtigheid



Wageningen UR Livestock Research

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

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