



Rapport 43

# Rendementsmeting luchtwater 90/95% ammoniakreductie Inno+ luchtwassysteem



April 2007





## **Colofon**

### **Uitgever**

Animal Sciences Group / Veehouderij  
Postbus 65, 8200 AB Lelystad  
Telefoon 0320 - 238238  
Fax 0320 - 238050  
E-mail [info.po.asg@wur.nl](mailto:info.po.asg@wur.nl)  
Internet <http://www.asg.wur.nl/po>

### **Redactie**

Communication Services

### **Aansprakelijkheid**

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

Losse rapporten zijn te verkrijgen via de website

## **Abstract**

This report summarizes the results of NH<sub>3</sub> concentration measurements performed to determine the efficiency of the 90/95% INNO+ acid scrubber for ammonia removal in practice. Measurements were performed according to the new measurement protocol for NH<sub>3</sub>. The efficiency ranged between 84.2 and 99.9%, with an average of 96.9%.

ISSN 1570 - 8616

Mosquera, J, J.M.G. Hol, J.W.H. Huis in 't Veld,  
G. Nijeboer (Veehouderij)

Rendementsmeting luchtwasser 90/95%  
ammoniakreductie Inno+ Luchtwassysteem (2007)

Rapport 43

17 pagina's, 5 figuren, 14 tabellen

**Trefwoorden:** luchtwasser, ammoniak, reductie,  
rendementsmeting



Rapport 43

# Rendementsmeting luchtwasser 90/95% ammoniakreductie Inno+ luchtwassysteem

J. Mosquera  
J.M.G. Hol  
J.W.H. Huis in 't Veld  
G. Nijeboer

April 2007

## Voorwoord

Om de emissies van ammoniak te reduceren is invoering van emissiebeperkende staltechnieken noodzakelijk. Luchtwassystemen behoren tot de systemen die in de Regeling ammoniak en veehouderij (Rav) opgenomen zijn als ammoniakemissiereducerende technieken. Inno+ BV brengt een nieuw type chemische wasser dat gebaseerd is op het in serie plaatsen van twee wascomponenten die ieder 70% ammoniak reduceren. Het verwachte reductiepercentage van dit systeem is 95% en moet worden gemeten voordat men het kan opnemen in de Rav.

Inno+ BV heeft de Animal Science Group opdracht gegeven om het rendement van het 90-95% ammoniakreductie Inno+ Luchtwassysteem vast te stellen. Deze metingen worden volgens het nieuwe meetprotocol voor ammoniak uitgevoerd. Dit rapport bevat de belangrijkste bevindingen en conclusies uit deze metingen.

## Samenvatting

De landbouw is de belangrijkste bron van ammoniakemissies ( $\text{NH}_3$ ) in Nederland. In 2010 moet de bijdrage van de landbouw aan de totale  $\text{NH}_3$  emissie in Nederland aanzienlijk gedaald zijn. Om de tot doel gestelde emissiereductie te kunnen realiseren is onder andere invoering van emissiebeperkende staltechnieken en -systemen noodzakelijk. Binnen de Regeling ammoniak veehouderij (Rav) zijn luchtwassystemen opgenomen. Wanneer met een chemische wasser meer dan 70% reductie wordt beoogd, wordt door het ministerie van VROM een meetinspanning gevraagd waaruit het reductiepercentage kan worden vastgesteld. Het doel van dit project is om het rendement van het 90-95% ammoniakreductie Inno+ Luchtwassysteem vast te stellen door middel van metingen volgens het nieuwe meetprotocol voor ammoniak.

Het principe van een chemische wasser is erop gebaseerd dat  $\text{NH}_3$  die zich in de stallucht bevindt wordt gebonden door het aanwezige zuur in de wasser. De specifieke werking van een wasser is afhankelijk van de keuzes die worden gemaakt in de manier waarop contact wordt gemaakt tussen lucht en het zure water, de zuurgraad, de hoeveelheid water en de luchtsnelheid door de wasser. Het geheel moet zodanig om elkaar zijn afgestemd om de wasser een minimale afvanggarantie voor  $\text{NH}_3$  te kunnen geven. Het luchtwassysteem 90/95% ammoniakreductie Inno+ kan uitgevoerd worden op twee verschillende manieren: het module concept en het wandenconcept. In dit project werd het wanden concept bij twee pluimveestallen (vleeskuikenouderdieren en vleeskuikens) en het module concept bij twee varkensstallen (stal met biggen, kraam- en dragende zeugen en een stal met biggen en kraamzeugen) gemeten. De ammoniakconcentratie werd volgens de natchemische meetmethode voor  $\text{NH}_3$  bepaald.

In totaal werden 16 metingen uitgevoerd waarbij bij iedere meting de  $\text{NH}_3$ -concentratie in de ingaande en uitgaande lucht in duplo werd gemeten. De variatie in  $\text{NH}_3$ -concentratie van de ingaande lucht groot was groot (0,4 tot 84 ppm). De variatie van de uitgaande lucht was echter beperkt (0,03 tot 0,39 ppm). Het rendement van de chemische wasser varieerde van 84,2 tot 99,9%. Gemiddeld was het rendement 96,9% (96,4% inclusief meting 4 op locatie 1: bij deze meting was de zuurvoorraad aan het einde van de meting op).

# Inhoudsopgave

## Voorwoord

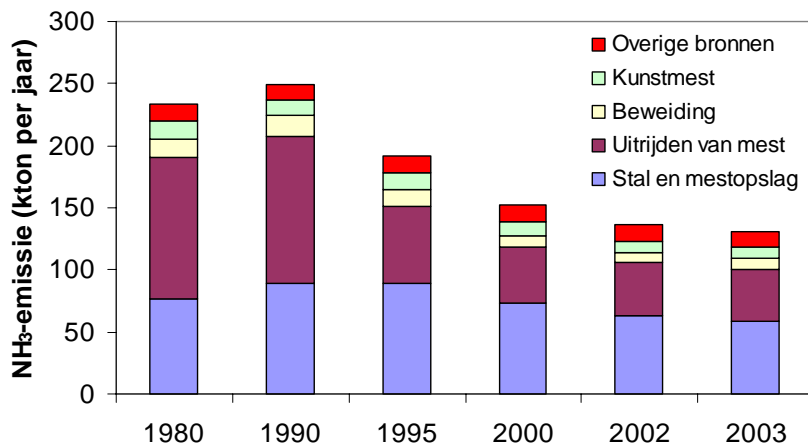
## Samenvatting

<b>1</b>	<b>Inleiding</b> .....	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>Materiaal en methode</b> .....	<b>2</b>
2.1	Ammoniakemissiereducerend principe chemische wasser .....	2
2.2	Bedrijfssituatie .....	4
2.3	Metingen .....	5
2.3.1	Klimaat .....	6
2.3.2	Ammoniakconcentratie .....	6
2.3.3	Waswater .....	7
2.4	Berekening emissiereductie (rendement) .....	7
<b>3</b>	<b>Resultaten en discussie</b> .....	<b>8</b>
3.1	Locatie 1: Vleeskuikenouderdieren .....	8
3.2	Locatie 2: Vleeskuikens .....	9
3.3	Locatie 3: Biggen, kraamzeugen en dragende zeugen.....	10
3.4	Locatie 4: Biggen en kraamzeugen.....	10
3.5	Samenvatting locaties .....	11
<b>4</b>	<b>Conclusies</b> .....	<b>13</b>
	<b>Literatuur</b> .....	<b>14</b>
	<b>Bijlagen</b> .....	<b>15</b>
Bijlage A	Foto's moduleconcept .....	15
Bijlage B	Foto's wandenconcept.....	16
Bijlage C	Ammoniakconcentraties .....	17

## 1 Inleiding

De landbouw is de belangrijkste bron van ammoniakemissies ( $\text{NH}_3$ ) in Nederland. In 2003 droeg de landbouw voor 91% bij aan de nationale uitstoot van  $\text{NH}_3$  (MNP, 2005). De meeste emissie vindt plaats vanuit bronnen uit stallen en bij het aanwenden van mest, samen verantwoordelijk voor 80% van de totale uitstoot (figuur 1).

**Figuur 1**  $\text{NH}_3$  emissies in Nederland. Bron: MNP (2005)



Om deze emissies terug te dringen heeft de EU ammoniakemissieplafonds per land vastgesteld. Voor Nederland betekent dit een maximale ammoniakemissie van 128 kton in 2010 (EU, 2001). Om natuurgebieden te beschermen heeft de Nederlandse overheid voor 2010 tot doel gesteld de ammoniakemissie tot 100 kton te reduceren (VROM, 2001). De bijdrage van de landbouw aan de  $\text{NH}_3$  emissie moet dan gedaald zijn tot 86 kton (Sliggers, 2001). Om de tot doel gestelde emissiereductie te kunnen realiseren is onder andere invoering van emissiebeperkende staltechnieken en -systemen noodzakelijk.

Binnen de Regeling ammoniak veehouderij (Rav) zijn naast de verschillende emissiereducerende stalsystemen ook luchtwassystemen opgenomen. Het  $\text{NH}_3$ -reductiepercentage van de opgenomen luchtwassers (biologisch en chemisch) varieert tussen de 70 en 95%. Wanneer met een wasser een reductiepercentage van 70% wordt beoogd, dan kan deze door middel van een theoretische berekening worden beoordeeld en op basis daarvan worden ingevoegd als emissiereducerend systeem. Wanneer meer dan 70% reductie wordt beoogd, wordt door het ministerie van VROM een meetinspanning gevraagd waaruit het reductiepercentage kan worden vastgesteld.

Inno+ BV brengt een nieuw type chemische wasser op de markt waarvoor nog geen  $\text{NH}_3$ -rendementsmetingen zijn uitgevoerd. Dit systeem is gebaseerd op het in serie plaatsen van twee wascomponenten die ieder 70% ammoniak reduceren. Het verwachte reductiepercentage van dit systeem is 95% en moet daardoor worden gemeten. Deze metingen werden door de meetploeg van Animal Sciences Group uitgevoerd volgens het nieuwe meetprotocol voor ammoniak (Ogink *et al.*, 2007) zoals die is opgenomen in de nieuwe beoordelingsrichtlijn.

Het doel van dit project is om het rendement van het 90-95% ammoniakreductie Inno+ Luchtwassysteem vast te stellen door middel van metingen volgens het nieuwe meetprotocol voor ammoniak. In hoofdstuk 2 zijn de gebruikte meetmethoden beschreven. De resultaten van de metingen staan in hoofdstuk 3.

## 2 Materiaal en methode

### 2.1 Ammoniakemissiereducerend principe chemische wasser

Het principe van een chemische wasser is erop gebaseerd dat  $\text{NH}_3$  die zich in de stallucht bevindt wordt gebonden door het aanwezige zuur in de wasser. De meeste chemische wassers maken gebruik van zwavelzuur zodat de volgende reactie plaats zal vinden:



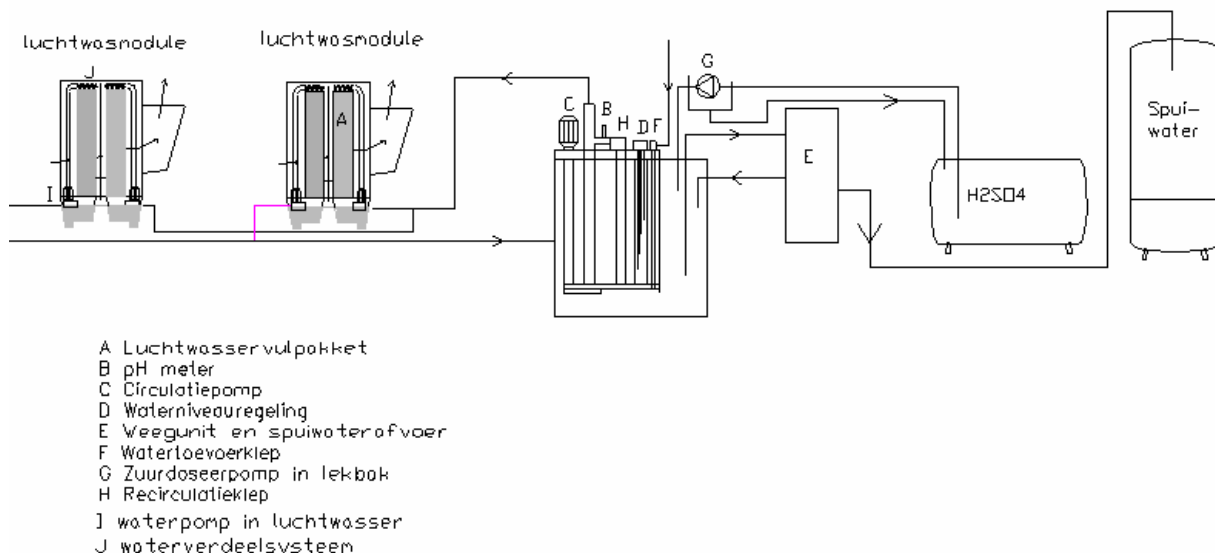
De specifieke werking van een wasser is afhankelijk van de keuzes die worden gemaakt in de manier waarop contact wordt gemaakt tussen lucht en het zure water, de zuurgraad, de hoeveelheid water, en de luchtsnelheid door de wasser. Het geheel moet zodanig om elkaar zijn afgestemd om de wasser een minimale afvanggarantie voor  $\text{NH}_3$  te kunnen geven.

Het luchtwassysteem 90-95% ammoniakreductie Inno+ kan worden uitgevoerd op twee verschillende manieren: het module concept en het wandenconcept. Beide varianten worden kort beschreven. Het complete systeem wordt uitgebreid beschreven in het aanvraagformulier "Uitvoering luchtwasser 90/95% ammoniakreductie Inno+ Luchtwassysteem".

#### Module concept

Het module concept is opgebouwd uit een aantal modules met een maximale ventilatiecapaciteit van 20.000  $\text{m}^3/\text{uur}$ . Deze modules worden geplaatst achter het centrale afzuigkanaal waar de lucht van de stal naar buiten komt. Vervolgens worden er op één plaats op het bedrijf de centrale voorzieningen gerealiseerd door een centraal regelsysteem. In figuur 2 is een weergave gemaakt van de uitvoering van het module concept met centrale voorzieningen. In bijlage A zijn enkele foto's van de wassystemen met het module concept weergegeven. De modules zijn opgebouwd uit twee waspakketten die achter elkaar worden geplaatst. Het eerste pakket heeft een dikte van 30 cm en het tweede pakket een dikte van 40 cm. De laatste 10 cm van het tweede pakket worden niet bevoeid om een druppelvang effect te genereren. De modules hebben een onderbak van 2,0 meter breed x 3,0 meter diep. Het vloeiendniveau in de module is 15 cm. Dat betekent dat het effectieve watervolume in de module 0,9  $\text{m}^3$  is. Per module wordt een circulatiepomp toegepast met een pompcapaciteit van 20  $\text{m}^3$  water per uur die continue het waspakket vochtig houdt. Het opgenomen vermogen van deze pomp is 0,37 kW per uur.

**Figuur 2** Schematisch overzicht van de onderzochte chemische luchtwasser: module concept



In de modules zelf wordt enkel water gecirculeerd over het pakket door de circulatiepomp in de module. De waterkwaliteit in de modules wordt geregeld via een aan- en afvoer PVC buis die de onderbak van de module regelmatig ververscht. In de centrale mengtank wordt de waterkwaliteit geregeld (waterniveau, pH, zoutgehalte). Op de centrale tank is een centrale pomp geplaatst die de circulatie verzorgt tussen de centrale tank en de modules.



De waterkwaliteit wordt op één plaats op het bedrijf geregeld. De waterkwaliteit wordt gegarandeerd door continue pH-controle en (in drie van de vier onderzochte wassystemen) een vast spuumoment. De pH in de centrale tank ligt tussen 2 en 3 en wordt automatisch beneden een bepaalde waarde gehouden door zuur bij te doseren. In de toekomst zal men gebruik maken van een spuumoment op basis van het soortelijke gewicht van het waswater. Hiermee bepaalt een weegunit de zoutconcentratie. Op het vierde bedrijf (locatie 4) werd dit reeds toegepast echter door handmatige uitvoering. Bij een soortelijk gewicht van circa 1070 g/l werd gespuid. In de modules is een overloopsysteem gerealiseerd. Door een aanvoerPVC-leiding vanuit de centrale tank wordt het circulatiewater achter in de module gelost. Aan de voorzijde van de module is een overloop gerealiseerd. Op deze manier blijft het niveau in de onderbak van de module gelijk en is er geen niveauregelsysteem noodzakelijk in de modules.

Er kunnen in het module concept maximaal circa 25 modules aangesloten worden op de centrale voorzieningen. De inhoud van de centrale tank wordt berekend op 0,4 m<sup>3</sup> inhoud per aanwezig module. De helft van deze inhoud wordt gebruikt als regelvolume voor het systeem en de andere helft dient als opvangbuffer in het geval het systeem stil valt. Wanneer het systeem uitschakelt (door bijvoorbeeld stroomuitval) stijgt het waterniveau in de onderbakken doordat het water dat onderweg in het pakket is, het niveau in de onderbak laat stijgen. Dit water loopt vervolgens retour naar de centrale tank die deze hoeveelheid dient te kunnen opvangen. In het pakket is circa 160 liter water aanwezig wanneer de circulatiepomp in de module in bedrijf is. Deze 160 liter inclusief het water wat aanwezig is in het leidingensysteem dient gebufferd te worden. Het circulatievoud van de centrale pomp wordt dusdanig bepaald dat minimaal een keer per uur de volledige inhoud van de onderbakken van de modules gecirculeerd is. Hiermee bereiken we dat de pH van het waswater in de modules gelijk is aan de pH van het water in de centrale tank. Dit is een voorwaarde om een stabiel regelsysteem te realiseren.

#### *Wandenconcept*

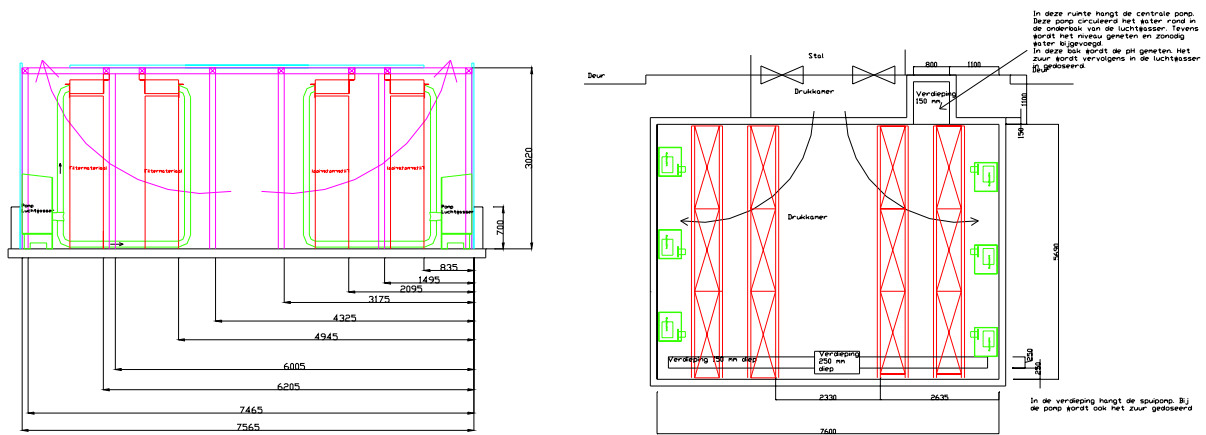
Het wandenconcept (figuur 3 en bijlage B) is vooral ontwikkeld voor pluimveebedrijven en voor grotere varkensbedrijven. De onderbak dient in het werk bouwkundig uitgevoerd te worden. Op de twee pluimveebedrijven in het onderhavige onderzoek is eerst van beton een waterbakconstructie gerealiseerd die vervolgens met een gesloten kunststof binnenbak is uitgevoerd. In de bak zijn twee wanden geplaatst, een framework waarin de vulpakketten geplaatst worden. De twee wanden zijn circa 80 cm uit elkaar geplaatst waardoor het mogelijk is tussen de twee pakketten door te lopen (de pakketten van zowel de eerste wand als de tweede wand zijn dus van de voor- en achterkant bereikbaar voor onderhoud zonder dat het systeem gedemonteerd hoeft te worden). Dit omdat het risico op vervuiling in de pluimveestallen groter is door de stofbelasting.

Het wandconcept is net zoals het moduleconcept opgebouwd uit een aantal modules met een maximale ventilatiecapaciteit van 20.000 m<sup>3</sup>/uur. Het binnenwerk van de modules (vulpakket) is identiek aan het vulpakket en de uitvoering in het wandenconcept. Deze wandmodules zijn geplaatst achter het centrale afzuigkanaal waar de lucht van de stal naar buiten komt. In tegenstelling tot het modulesysteem waar de waterkwaliteit in een centrale tank wordt geregeld, wordt in het wandenconcept de waterkwaliteit direct in de onderbak gerealiseerd. Deze onderbak is uitgevoerd als een gezamenlijke waterbak voor beide wanden.

In figuur 3 is een weergave gemaakt van de uitvoering van het wandconcept. Net zoals de modules zijn de wanden opgebouwd uit twee rijen waspakketten. Bij de wanden worden deze uit elkaar geplaatst. Het eerste pakket heeft een dikte van 30 cm, het tweede pakket een dikte van 40 cm. De laatste 10 cm van het tweede pakket worden niet bevoeid om een druppelvang effect te genereren. De wandmodules (framework) zijn 56 cm diep en de breedte per module is 1,87 m. Het vloeiendniveau in de onderbak van het wanden concept is 25 cm. Het effectieve watervolume varieert per project en is afhankelijk van de uitvoering. In dit rapport is voor de beide pluimveelocaties het effectieve watervolume beschreven. Per wandmodule van 20.000 m<sup>3</sup>/uur wordt een circulatiepomp toegepast met een pompcapaciteit van 20 m<sup>3</sup> water per uur die continue het waspakket vochtig houdt. Het opgenomen vermogen van deze pomp is 0,37 kW per uur.

De waterkwaliteit in de modules wordt geregeld via een centrale unit die integraal het waterniveau en pH regelt. Deze centrale unit bevat een mengpomp die ervoor zorgt dat het water in de onderbak regelmatig gemengd wordt zodat er een homogene watermassa aanwezig is. Dit is noodzakelijk omdat wanneer op een plek zwavelzuur gedoseerd wordt in de onderbak de zuurtegraad in de onderbak niet homogeen zou zijn. Het wandenconcept is regeltechnisch eenvoudiger omdat direct in de onderbak de waterkwaliteit geregeld wordt en er geen centrale tank noodzakelijk is. Enkel de 160 liter water per module die in het pakket aanwezig is, dient gebufferd te worden wanneer er stroomuitval is.

**Figuur 3** Schematisch overzicht van de onderzochte chemische luchtwater: wanden concept



## 2.2 Bedrijfssituatie

### Locatie 1: stal met vleeskuikenouderdieren

De chemische wasser is geplaatst achter een stal met vleeskuikenouderdieren. Op deze locatie werd de chemische wasser geplaatst met het wandenconcept. Het stalsysteem wordt in de Rav gecodeerd als E 4.8: overige huisvestingsystemen ([www.infomil.nl](http://www.infomil.nl)). Alle ventilatielucht uit de stal wordt via één van de kopgevels afgevoerd. Direct aan deze kopgevel was de chemische wasser geplaatst. Omdat de diergroep een stabiele groep is (geen groei), is bij de planning alleen rekening gehouden met het af- en aanvoeren van de nieuwe dieren. In tabel 1 staat het bemonsteringsschema volgens het meetplan weergegeven (Hol en Mosquera, 2006).

### Locatie 2: stal met vleeskuikens

De chemische wasser is geplaatst achter een stal met vleeskuikens. Op deze locatie werd de chemische wasser geplaatst met het wandenconcept. Het stalsysteem wordt in de Rav gecodeerd als E 5.9: overige huisvestingsystemen ([www.infomil.nl](http://www.infomil.nl)). Alle ventilatielucht uit de stal wordt via één van de kopgevels afgevoerd. Direct aan deze kopgevel was de chemische wasser geplaatst. De vleeskuikens vallen onder de groep groeiende dieren. Dit betekent dat bij het bemonsteringsschema rekening wordt gehouden dat de metingen plaatsvinden bij verschillende perioden van de productieronde. Bij oplevering van de dieren wordt de gehele stal gereinigd en ook de wasser wordt met behulp van de hogedrukspuit gereinigd. Om de circa 6 tot 7 weken wordt alles gereinigd en opnieuw opgestart. In tabel 1 staat het bemonsteringsschema volgens het meetplan weergegeven (Hol en Mosquera, 2006).

### Locatie 3: stal met biggen, kraamzeugen en dragende zeugen

De chemische wasser is geplaatst achter drie stallen: één stal met biggen en kraamzeugen en twee stallen met dragende zeugen. Op deze locatie werd de chemische wasser geplaatst met het moduleconcept. De stalsystemen worden in de Rav gecodeerd als D1.1.16.1; D1.2.18 en D1.3.12: overige huisvestingsystemen ([www.infomil.nl](http://www.infomil.nl)). Alle ventilatielucht uit de stal wordt via centrale afzuiging bij één van de kopgevels afgevoerd. Direct aan deze kopgevel was de chemische wasser geplaatst. Door de centrale afzuiging wordt de ventilatielucht uit alle afdelingen gemengd zodat het luchtanbod voor de chemische wasser van de verschillende diergroepen te vergelijken is met een stabiele groep, dat wil zeggen geen groei. Bij de planning van de metingen is daarom geen rekening gehouden met de productierondes in de stal. In tabel 1 staat het bemonsteringsschema volgens het meetplan weergegeven (Hol en Mosquera, 2006).

### Locatie 4: stal met biggen en kraamzeugen

De chemische wasser is geplaatst achter een stal met kraamzeugen en biggen. Op deze locatie werd de chemische wasser geplaatst met het wandenconcept. De stalsystemen worden in de Rav gecodeerd als D1.1.16.1; D1.2.18: overige huisvestingsystemen ([www.infomil.nl](http://www.infomil.nl)). Alle ventilatielucht uit de stal wordt via centrale afzuiging bij één van de kopgevels afgevoerd. Direct aan deze kopgevel was de chemische wasser geplaatst. Door de centrale afzuiging wordt de ventilatielucht uit alle afdelingen gemengd zodat het luchtanbod voor de chemische wasser van de verschillende diergroepen te vergelijken is met een stabiele groep, dat wil zeggen geen groei. Bij de planning van de metingen is daarom geen rekening gehouden met de productierondes in de stal. In tabel 1 staat het bemonsteringsschema volgens het meetplan weergegeven (Hol en Mosquera, 2006).



De meetstrategie van zes metingen per locatie over een tijdspanne van 1 jaar (per locatie) uit het meetprotocol (Ogink *et al.*, 2007) is ingekort tot vier metingen per locatie. De verwachting is dat, door de geringe afhankelijkheid van chemische wassers van de externe omstandigheden (ventilatie, temperatuur,  $\text{NH}_3$ -concentratie), het reductiepercentage van de wasser binnen één locatie min of meer constant blijft gedurende een productieronde. Daardoor is het mogelijk om het aantal metingen per locatie te reduceren. Het is ook niet noodzakelijk om in alle seizoenen te meten, omdat de werking van de wasser niet afhankelijk is van o.a. het ventilatie-debiet of de buitentemperatuur. Wel moeten de metingen onafhankelijk van elkaar zijn.

Een meting duurt 1 dag (24 uur), zoals in het nieuwe meetprotocol voor  $\text{NH}_3$  wordt aangegeven, aangezien het niet noodzakelijk is om het variatiepatroon van het rendement binnen een dagcyclus in beeld te brengen. Voor de bepaling van het rendement wordt de ingaande lucht en de uitgaande lucht van de chemische wasser bemonsterd. De ingaande lucht wordt bemonsterd vlak voor de chemische wasser meestal in de drukkamer. De uitgaande lucht wordt op locaties 1, 2 en 3 bij een boventuitgang circa 50 cm beneden de bovenrand van de wasser bemonsterd, en op locatie 4 bij een zijuitgang op ongeveer 25 cm afstand van de wasserunit (wel in een beschermde omgeving waarbij windinvloeden beperkt zijn).

De meetstrategie ziet er als volgt uit:

- vier locaties (twee pluimvee- en twee varkensbedrijven)
- vier metingen per locatie
- één meting heeft een doorlooptijd van 24 uur
- meetperiode van maart tot december

Tijdens de meetronden zijn de volgende variabelen geregistreerd:

- leeftijd en aantal dieren
- klimaatgegevens van de ingaande lucht en de buitenlucht
- waswater

De veranderingen en werkzaamheden gedurende de meetperioden heeft men in een logboek bijgehouden. Het bleek praktisch onmogelijk om bij iedere meting een monster van het spuiwater te verkrijgen. Op drie van de vier locaties werd het spuiwater in een hoge torensilo opgeslagen. Naast het feit dat het fysiek niet mogelijk was, ontmengd het spuiwater in deze opslag en zal het monster geen juiste afspiegeling geven van het spuiwater.

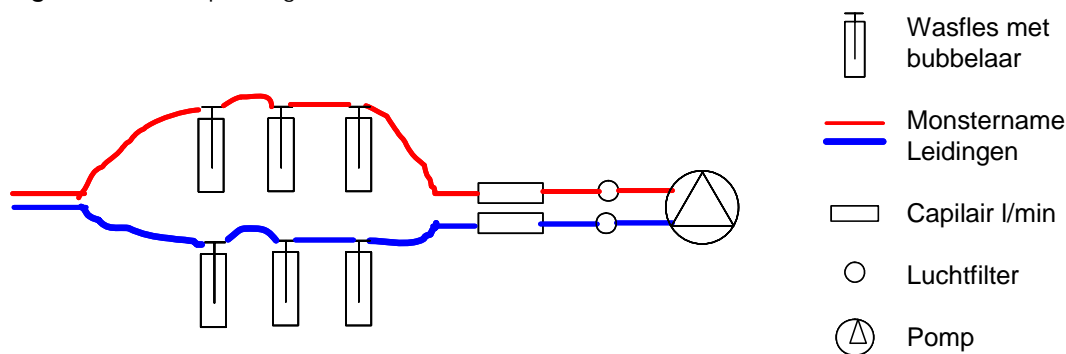
### 2.3.1 Klimaat

De temperatuur ( $^{\circ}\text{C}$ ) en de relatieve luchtvochtigheid (%) werden continu gemeten tijdens alle meetperioden met temperatuur- en vochtsensoren (Rotronic Hygromer®). De nauwkeurigheid van deze sensoren was resp.  $\pm 1,0$   $^{\circ}\text{C}$  en  $\pm 2$  %. Eén sensor werd in de ingaande luchtstroom van de wasser gehangen, een tweede sensor in de uitgaande luchtstroom van de wasser. De sensor voor de buitenlucht was in de schaduw geplaatst. De sensoren werden vóór en na alle metingen gecontroleerd. Gedurende de verschillende metingen bleek het technisch niet altijd mogelijk een goed signaal van de sensoren te verkrijgen die in de omgeving van de agressieve zure lucht hingen. De sensoren werden hierdoor aangetast. Hierdoor ontbreken deze meetresultaten.

### 2.3.2 Ammoniakconcentratie

De ammoniakconcentratie werd volgens de natchemische meetmethode voor  $\text{NH}_3$  (Wintjes, 1993) gemeten. Bij deze meetmethode wordt de lucht via een monsternameleiding met een constante luchtstroom aangezogen met behulp van een pomp met capillair. Alle lucht wordt door een impinger, die geplaatst is in een wasfles met zuur, geleid, waarbij de  $\text{NH}_3$  wordt opgevangen. Om rekening mee te houden met eventuele doorslag wordt een tweede fles in serie geplaatst. De metingen worden per meetplek in duplo uitgevoerd. De meetopstelling per meetlocatie (figuur 4) bestaat uit bubbelaars (4), vochtvangers (2), capillairen 1l/min (2), pomp (1), wasflessen (6) en monsternameleidingen (2). Door de bemonsteringsduur, de bemonsteringsflow, het  $\text{NH}_4^+$  gehalte en de hoeveelheid opvangvloeistof te verrekenen wordt de gemiddelde ammoniakconcentratie in de bemonsterde lucht bepaald.

**Figuur 4** Meetopstelling



De molariteit van de zure oplossing in de wasflessen is afhankelijk van het aanbod van  $\text{NH}_3$  dat moet worden gebonden. De verwachte concentraties zal variëren tussen de 2 en 100 ppm, de meetduur is 24 uur, als opvangvloeistof wordt 100 ml salpeterzuuroplossing gebruikt. De molariteit van het salpeterzuur is 0,05 M.

De volgende punten worden op een waarnemingsformulier genoteerd:

- codering van de wasflessen per meetlocatie
- flow per capillair (start en einde meting)
- start en eindtijd van de metingen
- $\text{NH}_3$ -concentratie van de ingaande lucht m.b.v. kitagawa

Door de analist wordt in het laboratorium de volgende resultaten genoteerd:

- start en eindgewicht van alle wasflessen (inclusief vochtvanger)
- de hoeveelheid ingevangen  $\text{NH}_4^+$  per wasfles (inclusief vochtvanger wanneer hier vocht in zit) (spectrofotometrische bepaling)
- aanwezigheid van sulfaat (ja/nee)

### 2.3.3 Waswater

Het waswater werd per meting eenmaal bemonsterd en in het chemische laboratorium van AFSG geanalyseerd op totaal-N, ammonium-N, drogestof, organische stof en pH.

## 2.4 Berekening emissiereductie (rendement)

Het rendement van de wasser is berekend door de ammoniakconcentratie van de behandelde lucht te vergelijken met de ammoniakconcentratie van de ingaande lucht van de wasser. Hierbij werd de volgende formule gebruikt:

$$\frac{C_{\text{NH}_3 \text{ ingaand}} - C_{\text{NH}_3 \text{ uitgaand}}}{C_{\text{NH}_3 \text{ ingaand}}} \times 100\% \quad (2)$$

$C_{\text{NH}_3}$  is concentratie ammoniak ( $\text{mg}/\text{m}^3$ ) van de ingaande of uitgaande lucht.

### 3 Resultaten en discussie

#### 3.1 Locatie 1: Vleeskuikenouderdieren

Vleeskuikensouderdieren worden gehouden tussen de leeftijd van 18 en 67 weken. In april 2006 zijn de dieren afgevoerd en in juni 2006 werden weer nieuwe dieren aangevoerd. In de tussenliggende periode is alle mest uit de stal verwijderd en zijn de stal en de wasser schoongemaakt. Meting 2 en 3 werden uitgevoerd gedurende de hittegolf in de zomer van 2006. In tabel 3 worden de belangrijkste omgevingsfactoren per meting gepresenteerd. De resultaten van de metingen (concentraties en rendement) worden in tabel 4 weergegeven. De metingen waarbij sulfaat in de wasfles werd aangetroffen zijn niet meegenomen in het gemiddelde. In bijlage C worden alle concentratiemetingen vermeld.

**Tabel 3** Omgevingsfactoren per meting

		Meting 1	Meting 2	Meting 3	Meting 4
Startdatum meting		20-03-06	11-07-06	24-08-06	15-11-06
Aantal dieren		8.925	8.925	8.925	8.925
Leeftijd dieren (weken)		65	22	28	58
Temperatuur (°C)	Buiten	3,9	22,6	18,7	14,9
	Stal	17,7	24,1	21,8	20,1
	uitgaande lucht wasser	--	19,7	--	18,4
Relatieve luchtvochtigheid (%)	Buiten	71	67	94	80
	Stal	92	--	87	78
	uitgaande lucht wasser	--	100	--	100

**Tabel 4** NH<sub>3</sub> concentratie ingaande en uitgaande lucht en berekende rendementen

	Meting 1	Meting 2	Meting 3	Meting 4
Startdatum meting	20-03-06	11-07-06	24-08-06	15-11-06
NH <sub>3</sub> -concentratie ingaand [ppm]	83,9	9,2	26,6	46,9
NH <sub>3</sub> -concentratie uitgaand [ppm]	0,15	0,2	0,3	5,2
Rendement [%]	99,8	97,8	98,9	89,0

De NH<sub>3</sub>-concentratie van de ingaande lucht was bij deze locatie bij meting 1 extreem hoog, maar ook bij meting 3 en 4 heeft men hoge concentraties gemeten. Het rendement van de chemische wasser was alleen bij meting 4 lager dan de gewenste 95%. Dit had een technische oorzaak. Het zuur bleek aan het einde van de meting op te zijn waardoor de pH van het waswater steeg tot ruim 6 (het te analyseren waswater werd op de tweede meetdag genomen en dit bevestigt het oplopen van de pH; de aflezing van de display vond plaats op de eerste meetdag; tabel 5). Bij deze pH is het vangrendement voor NH<sub>3</sub> laag. Dit is ook te zien in de relatief hoge NH<sub>3</sub>-concentratie van de uitgaande lucht. Het rendement over 24 uur was 89%. In de berekening van het gemiddelde werd deze meting niet meegenomen. Het gemiddelde rendement voor deze wasser was 98,8% (96,4% inclusief meting 4). In tabel 5 geven we enkele eigenschappen van de wasser, zoals direct afgelezen van de display, en de samenstelling van het waswater.

**Tabel 5** Aflezing display chemische wasser en samenstelling waswater

	Meting 1	Meting 2	Meting 3	Meting 4
Startdatum meting	20-03-06	11-07-06	24-08-06	15-11-06
pH display	3,1	3,0	3,3	2,9
Temperatuur display	25	25	25	25
N-totaal [g/kg]	16,2	1,2	1,5	6,8
Ammonium-N [g/kg]	16,3	1,0	1,3	7,0
Drogestof [g/kg]	166	13	12	41
Organische stof [g/kg]	155	7	6	34
pH	3,1	3,2	3,0	6,4

### 3.2 Locatie 2: Vleeskuikens

Vleeskuikens worden gehouden tussen de leeftijd van 0 tot 6 weken. In deze periode groeien de dieren van enkele grammen tot bijna 2 kilo. Per jaar worden zeven productieronden gedraaid. In de perioden tussen de productieronden is alle mest uit de stal verwijderd en is deze schoongemaakt. De wasser werd niet schoongemaakt. Bij deze locatie wordt op een vaste dag, eenmaal per week, gespuid. Meting 2 werd uitgevoerd gedurende de hittegolf in de zomer van 2006. In Tabel 6 worden de belangrijkste omgevingsfactoren per meting gepresenteerd. De resultaten van de metingen (concentraties en rendement) worden in Tabel 7 weergegeven. In Bijlage C worden alle concentratiemetingen vermeld.

**Tabel 6** Omgevingsfactoren per meting

		Meting 1	Meting 2	Meting 3	Meting 4
Startdatum meting		30-03-06	19-07-06	03-10-06	14-11-06
Aantal dieren		35.000	35.000	27.000 *	35.000
Leeftijd dieren (dagen)		10	15	40	28
Temperatuur (°C)	Buiten	12,8	26,9	15,5	14,8
	Stal	21,5	31,8	22,1	22,8
	uitgaande lucht wasser	--	--	19,6	19,4
Relatieve luchtvochtigheid (%)	Buiten	87	51	77	74
	Stal	--	--	74	71
	uitgaande lucht wasser	--	--	97	94

\* aantal dieren na uitladen

**Tabel 7** NH<sub>3</sub>-concentratie ingaande en uitgaande lucht en berekende rendementen

	Meting 1	Meting 2	Meting 3	Meting 4
Startdatum meting	30-03-06	19-07-06	03-10-06	14-11-06
NH <sub>3</sub> -concentratie ingaand	0,71	0,62	9,6	6,7
NH <sub>3</sub> -concentratie uitgaand	0,11	0,09	0,18	0,22
Rendement	84,2	85,7	98,1	96,8

De eerste twee metingen geven aan dat het rendement van de wasser onder de 90% zit. Uit de tabel blijkt dat de NH<sub>3</sub>-concentraties van de ingaande (stal) lucht zeer laag was, zelfs lager dan 1 ppm. Deze lage concentraties zijn te verklaren door de jonge dieren die op het moment van de metingen in de stal aanwezig waren, de mestproductie en daarmee de ammoniakproductie was nog laag. De NH<sub>3</sub>-concentraties van de uitgaande lucht waren voor deze twee metingen ook laag. Naarmate de dieren groter worden zal de mestproductie en daarmee de NH<sub>3</sub>-productie toenemen. Daarnaast neemt het ventilatiedebiet ook toe naarmate de dieren groter worden. Op de eindsituatie, zware dieren, veel mest, veel NH<sub>3</sub> en maximaal debiet wordt de wasser gedimensioneerd. Het blijkt dat wanneer het aanbod NH<sub>3</sub> toenam het rendement ruim boven de 95% uit kwam. Het gemiddelde rendement voor deze wasser was 91,2%. In tabel 8 worden enkele eigenschappen van de wasser, zoals direct afgelezen van de display, en de samenstelling van het waswater weergegeven.

**Tabel 8** Aflezing display chemische wassen en samenstelling waswater

	Meting 1	Meting 2	Meting 3	Meting 4
Startdatum meting	30-03-06	19-07-06	03-10-06	14-11-06
pH display	2,4	1,6	3,4	1,2
Temperatuur display	25	25	25	25
N-totaal [g/kg]	0,16	11,2	22,8	20,9
Ammonium-N [g/kg]	0,12	11,7	22,4	20,2
Drogestof [g/kg]	2	84	121	107
Organische stof [g/kg]	1	77	115	101
pH	2,5	1,4	3,5	<1,0

### 3.3 Locatie 3: Biggen, kraamzeugen en dragende zeugen

De ventilatielucht van de drie stallen wordt afgevoerd via een centraal afzuigkanaal. Aan het einde van dit kanaal is de chemische wasser geplaatst. Dit betekent dat de ventilatielucht een mengsel is van afdelingen met verschillende diergroepen. Het aantal dieren is bij de drie verschillende stallen min of meer stabiel, het aanbod van ventilatielucht is daarom afhankelijk van de weersomstandigheden. Meting 1 en 2 werden uitgevoerd tijdens de hittegolf in de zomer van 2006. In tabel 9 presenteren we de belangrijkste omgevingsfactoren per meting. De resultaten van de metingen (concentraties en rendement) staan in tabel 10. De metingen waarbij sulfaat in de wasfles werd aangetroffen zijn niet meegenomen in het gemiddelde. In bijlage C worden alle concentratiemetingen vermeld. Het rendement van de wasser was voor alle metingen ruim boven de gewenste 95%. Het gemiddelde was 99,2%. In tabel 11 worden enkele eigenschappen van de wasser, zoals direct afgelezen van de display, en de samenstelling van het waswater weergegeven.

**Tabel 9** Omgevingsfactoren per meting

		Meting 1	Meting 2	Meting 3	Meting 4
Startdatum meting		17-07-06	16-08-06	17-10-06	29-11-06
Aantal dieren: biggen		250	250	250	250
	Kraamzeugen	140	140	140	140
	Dragende zeugen	459	459	459	459
Leeftijd dieren (dagen)		n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
Temperatuur (°C)	Buiten	25,1	19,3	14,5	12,8
	Stal	27,4	24,3	22,3	21,2
	uitgaande lucht wasser	21,7	21,1	18,2	18,8
Relatieve luchtvochtigheid (%)	Buiten	58	85	91	98
	Stal	58	80	66	79
	uitgaande lucht wasser	100	100	100	95

**Tabel 10** NH<sub>3</sub>-concentratie ingaande en uitgaande lucht en berekende rendementen

	Meting 1	Meting 2	Meting 3	Meting 4
Startdatum meting	17-07-06	16-08-06	17-10-06	29-11-06
NH <sub>3</sub> -concentratie ingaand	13,5	17,7	17,8	40,4
NH <sub>3</sub> -concentratie uitgaand	0,07	0,22	0,26	0,03
Rendement	99,5	98,7	98,5	99,9

**Tabel 11** Aflezing display chemische wasser en samenstelling waswater

	Meting 1	Meting 2	Meting 3	Meting 4
Startdatum meting	17-07-06	16-08-06	17-10-06	29-11-06
pH display	2,1	1,99	2,24	2,0
Temperatuur display	25	25	25	25
N-totaal [g/kg]	11,4	19,0	27,4	30,2
Ammonium-N [g/kg]	11,5	18,6	28,3	30,7
Drogestof [g/kg]	62	151	143	158
Organische stof [g/kg]	59	146	139	155
pH	1,9	1,7	2,2	1,8

### 3.4 Locatie 4: Biggen en kraamzeugen

De ventilatielucht van de stal wordt afgevoerd via een centraal afzuigkanaal. Aan het einde van dit kanaal is de chemische wasser geplaatst. Dit betekent dat de ventilatielucht een mengsel is van afdelingen met verschillende diergroepen. Het aantal dieren is min of meer stabiel, het aanbod van ventilatielucht is daarom afhankelijk van de weersomstandigheden. Meting 1 en 2 werden uitgevoerd gedurende de hittegolf in de zomer van 2006. In tabel 12 staan de belangrijkste omgevingsfactoren per meting. De resultaten van de metingen (concentraties en rendement) staan in tabel 13. In bijlage C worden alle concentratiemetingen vermeld. Het rendement van de wasser was voor alle metingen ruim boven de gewenste 95%. Het gemiddelde was 99,0%. In tabel 14 geven we enkele eigenschappen van de wasser, zoals direct afgelezen van de display, en de samenstelling van het waswater.



**Tabel 12** Omgevingsfactoren per meting

		Meting 1	Meting 2	Meting 3	Meting 4
Startdatum meting		11-07-06	16-08-06	10-10-06	12-12-06
Aantal dieren: biggen		1.080	1.080	1.080	1.080
	kraamzeugen	108	108	108	108
Leeftijd dieren (dagen)		n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
Temperatuur (°C)	Buiten	22,6	17,7	15,7	8,2
	Stal	24,1	25,1	24,3	20,3
	uitgaande lucht wasser	19,7	21,6	21,5	18,4
Relatieve luchtvochtigheid (%)	Buiten	67	89	89	90
	Stal	--	74	71	89
	uitgaande lucht wasser	100	100	99	98

**Tabel 13** NH<sub>3</sub>-concentratie ingaande en uitgaande lucht en berekende rendementen

	Meting 1	Meting 2	Meting 3	Meting 4
Startdatum meting	11-07-06	16-08-06	10-10-06	12-12-06
NH <sub>3</sub> -concentratie ingaand	9,1	12,0	11,7	20,8
NH <sub>3</sub> -concentratie uitgaand	0,08	0,05	0,3	0,11
Rendement	99,2	99,6	97,7	99,5

**Tabel 14** Aflezing display chemische wassen en samenstelling waswater

	Meting 1	Meting 2	Meting 3	Meting 4
	11-07-06	16-08-06	10-10-06	12-12-06
pH op display	2,5	2,3	2,0	2,5
Temperatuur (°C) op display	25	25	25	25
N-totaal [g/kg]	10,3	30,1	35,8	31,9
Ammonium-N [g/kg]	10,8	30,5	34,9	32,6
Drogestof [g/kg]	58,7	275	187	171
Organische stof [g/kg]	52,1	265	180	165
pH	2,4	2,2	2,0	1,6

### 3.5 Samenvatting locaties

Om een beeld te geven van de concentratieniveaus op alle verschillende locaties worden in figuur 5 alle gemeten concentraties grafisch weergegeven. In elke locatie werden vier metingen (in duplo) op twee verschillende locaties (stal en uitgaande lucht) uitgevoerd. Dit betekent een totaal van 16 punten per locatie. Wanneer sporen van sulfaat gevonden waren, worden deze expliciet in de figuur gepresenteerd.

De eerste meting op locatie 1 werd uitgevoerd met oude dieren (en oud strooisel, de dieren zaten bijna een jaar lang op het strooisel). Bovendien was er toen sprake van een koude periode, waardoor de ventilatie ook relatief laag was. Beide zouden de hoge concentratie in de stal tijdens meting 1 kunnen verklaren. Voorafgaande aan meting 2 werd een nieuwe koppel opgezet op schoon strooisel. Naarmate de dieren langer in de stal aanwezig waren werd het strooisel meer vervuild met mest, waardoor de productie uit het strooisel (en daardoor de concentratie) toenam. De hoge concentratie bij meting 4 werd veroorzaakt doordat de wasser enige tijd niet optimaal functioneerde doordat de zuurvoorraad op was.

Bij vleeskuikens (locatie 2) is bekend dat de ammoniakproductie uit de mest vanaf ongeveer de 3<sup>e</sup> levensweek sterk toeneemt (dit als gevolg van de sterk toenemende groei en de bijbehorende mestproductie; Huis in 't Veld *et al.*, 2005). De eerste twee metingen werden uitgevoerd in twee verschillende ronden waarbij de dieren 10 en 15 dagen oud waren. De gemeten concentraties in de stal waren zeer laag. De twee laatste metingen laten een aanzienlijk hogere concentratie zien, de dieren zijn dan ook veel ouder (40 en 28 dagen).

Op locatie 3 en 4 werden de wassystemen in stallen met een centrale afzuiging voor de ventilatielucht geplaatst. Dit resulteerde in een stabiel concentratiepatroon, met vergelijkbare waarden voor beide locaties tijdens metingen 1 t/m 3. Meting 4 werd op beide locaties uitgevoerd onder koude omstandigheden. Als gevolg was het ventilatiedebiet laag, waardoor de stalconcentraties hoger waren.



## 4 Conclusies

Uit de metingen die gepresenteerd worden in dit rapport blijkt dat de variatie in  $\text{NH}_3$  concentratie van de ingaande lucht groot is (0,4 tot 84 ppm). De variatie van de uitgaande lucht is echter beperkt (0,03 tot 0,39 ppm). Het rendement van de chemische wasser varieerde van 84,2 tot 99,9%. Gemiddeld was het rendement 96,9% (96,4% inclusief meting 4 op locatie 1).

## Literatuur

- EU (2001). Directive 2001/81/EC of the European Parliament and of the Council of 23 October 2001 on national emission ceilings for certain atmospheric pollutants. Official Journal L 309, 27/11/2001, pp. 22-30
- Hol, J.M.G. en J. Mosquera (2006). Meetplan rendementsmeting luchtwasser 90/95% ammoniakreductie Inno+ Luchtwassysteem. *Interne notitie ASG*.
- Huis in 't Veld, J.W.H., S.G. van der Top, J.M.G. Hol en J. Mosquera (2005). Onderzoek naar de ammoniak- en geuremissie van stallen LXIII. Meeretagesysteem voor vleeskuikens. *A&F Rapport 367*.
- Infomil (2004). [www.infomil.nl](http://www.infomil.nl) Regeling ammoniak en veehouderij.
- MNP (2005). Milieucompendium 2005: Milieu en Natuur in cijfers.
- Ogink, N.W.M., J.M.G. Hol, J. Mosquera en H.M. Vermeer (2007). Aanpassing van het meetprotocol NH<sub>3</sub>-emissiemetingen voor huisvestingssystemen in de veehouderij. *ASG Rapport (in voorbereiding)*.
- Sliggers, J. (Ed) (2001). Op weg naar duurzame niveaus voor gezondheid en natuur. Overzichtspublicatie thema verzuring en grootschalige luchtverontreiniging. Rapport VROM 010344/h/10-01 17529/187, Ministerie van Volksgezondheid, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer (VROM), Den Haag, oktober 2001, 229 pp.
- VROM (2001). National Environmental Policy Plan-4. VROM, The Hague, the Netherlands.
- Wintjens, Y. (1993). Gaswasfles. In Meetmethoden NH<sub>3</sub>-emissie uit stallen. Onderzoek inzake de mest- en ammoniak- problematiek in de veehouderij 16 (eds E.N.J. van Ouwkerk), pp. 38-40. DLO, Wageningen.

## Bijlagen

### Bijlage A Foto's moduleconcept



*Centrale mengtank en chemische wasser met daarvoor de drukkamer (hout)*



*Situatie van de ingaande lucht van een chemische wasser bij het module concept en de openingen voor uitgaande lucht bij een zijwaartse uitstroming*

**Bijlage B Foto's wandenconcept**



*Chemische wasser achter de vleeskuikensouderdierenstal en de uitstroomopening van de uitgaande gewassen lucht*



*Binnenkant van de wasser: de opening tussen de twee units en de opening waardoor de stallucht de wasser in gaat*

**Bijlage C Ammoniakconcentraties**

	Ingaande lucht wasser (lucht uit de stal)			Uitgaande lucht wasser		Aanwezigheid SO <sub>4</sub>
	Puntmeting [ppm]	Meetpunt A [ppm]	Meetpunt B [ppm]	Meetpunt C [ppm]	Meetpunt D [ppm]	
Locatie 1: vleeskuikenouderdieren						
Meting 1 (20-03-06)	80	83,70	84,10	0,14	0,15	Nee
Meting 2 (11-07-06)	6	9,25	9,21	0,20	0,21	Nee
Meting 3 (24-08-06)	26	26,73	26,50	0,30	10,44	Ja (meetpunt D)
Meting 4 (15-11-06)	50	47,80	45,93	5,16	23,75	Ja (meetpunt D)
Locatie 2: vleeskuikens						
Meting 1 (30-03-06)	0,3	0,99	0,43	0,16	0,06	Nee
Meting 2 (19-07-06)	-	0,62	0,62	0,09	0,09	Nee
Meting 3 (03-10-06)	9	9,55	9,65	0,15	0,21	Nee
Meting 4 (14-11-06)	7	6,65	6,68	0,16	0,27	Nee
Locatie 3: biggen, kraamzeugen en dragende zeugen						
Meting 1 (17-07-06)	12	13,25	13,71	0,07	0,07	Nee
Meting 2 (16-08-06)	16	17,71	-	0,22	11,76	Ja (meetpunt D)
Meting 3 (17-10-06)	16	17,69	17,91	0,26	651,16	Ja (meetpunt D)
Meting 4 (29-11-06)	30	40,40	-	0,03	6,10	Ja (meetpunt D)
Locatie 4: biggen en kraamzeugen						
Meting 1 (11-07-06)	15	8,72	9,52	0,10	0,06	Nee
Meting 2 (16-08-06)	12	11,43	12,65	0,06	0,04	Nee
Meting 3 (10-10-06)	12	12,00	11,34	0,15	0,39	Nee
Meting 4 (12-12-06)	20	20,66	20,98	0,13	0,08	Nee

-- capillair bij de pomp defect