

Toepassing van luchtbehandelings- technieken binnen de intensieve veehouderij

Fase 2: Mogelijkheden tot kostenverlaging van wassers

R.W. Melse
N.W.M. Ogink

Rapport 271



Toepassing van luchtbehandelings- technieken binnen de intensieve veehouderij

Fase 2: Mogelijkheden tot kostenverlaging van wassers

R.W. Melse
N.W.M. Ogink

Rapport 271

Colophon

Dit rapport is opgesteld in opdracht van het Ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit (LNV).

Titel	Toepassing van luchtbehandelings-technieken binnen de intensieve veehouderij. Fase 2: Mogelijkheden tot kostenverlaging van wassers
Auteur	R.W. Melse en N.W.M. Ogink
A&F nummer	Rapport 271
ISBN	90-6754-835-9
Publicatiejaar	2004
Status	Openbaar

Agrotechnology and Food Innovations B.V.
P.O. Box 17
NL-6700 AA Wageningen
Tel: +31 317 475 024
E-mail: info.agrotechnologyandfood@wur.nl
Internet: www.agrotechnologyandfood.wur.nl

© 2004 Agrotechnology & Food Innovations B.V

Alle rechten voorbehouden. Niets uit deze uitgave mag worden vervoelvoudigd, opgeslagen in een geautomatiseerd gegevensbestand of openbaar gemaakt in enige vorm of op enige wijze, hetzij elektronisch, hetzij mechanisch, door fotokopieën, opnamen of enige andere manier, zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van de uitgever. De uitgever aanvaardt geen aansprakelijkheid voor eventuele fouten of onvolkomenheden.

All right reserved. No part of this publication may be reproduced, stored in a retrieval system of any nature, or transmitted, in any form or by any means, electronic, mechanical, photocopying, recording or otherwise, without the prior permission of the publisher. The publisher does not accept any liability for the inaccuracies in this report.

Inhoud

Abstract	5
Samenvatting	7
1 Inleiding	11
1.1 Achtergrond	11
1.2 Reconstructie	11
1.3 Doelstelling en leeswijzer	12
2 Kostenverlaging	13
2.1 Kostenanalyse	13
2.2 Dimensionering	14
2.2.1 Piekbelastingen doorlaten	14
2.2.2 Verlaging ventilatiedebiet stal	26
2.3 Energieverbruik	27
2.4 Spuiwater	28
2.4.1 Chemische wasser	28
2.4.2 Biologische wasser	28
3 Toelatingsprocedure	31
4 Procesbewaking en handhaving	33
5 Geur	35
6 Conclusie	37
Literatuur	41
Bijlage 1	43
Bijlage 2	45
Bijlage 3	47
Bijlage 4	49

Abstract

Pig and poultry houses are responsible for a large emission of ammonia. Ammonia emission can be reduced by scrubbers systems such as acid scrubbers and biotrickling filters. Currently, air treatment systems are dimensioned on basis of the maximum ventilation capacity of an animal house, which means the scrubber is underloaded for most of the time. Therefore it is suggested to decrease the volume of a scrubber and construct a bypass system that bypasses part of the untreated air to the atmosphere if at times the total air flow is higher than the design air flow of the scrubber. Experimental data and a year-round model for the ammonia emission and air flow of an animal house are presented. Assuming that the ammonia removal efficiency of a scrubber is not affected, calculations show that a bypass system, in which the air treatment capacity is reduced by 70-80% for growing-finishing pigs and 80-85% for broilers, still meets Dutch emission standards. Exploitation costs will probably decrease by 40-70%. As the use of a bypass system increases the average air load and ammonia load of a scrubber; additional measurements are necessary to find out to if and to what extent the ammonia removal efficiency is affected.

Keywords: ammonia, pig, poultry, biotrickling, scrubber, air treatment, costs, bypass.

Samenvatting

In de Nederlandse intensieve veehouderij zijn ongeveer 200 luchtwassers in bedrijf, zowel biologische als chemische wassers, om de ongewenste ammoniakemissie uit stallen te verlagen. De toepassing van ammoniakwassers binnen de intensieve veehouderij heeft tot nu toe echter geen grote vlucht genomen, waarvoor de belangrijkste reden is dat de investerings- en exploitatiekosten van ammoniakwassers hoog zijn. Het Ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit heeft Agrotechnology & Food Innovations gevraagd een studie uit te voeren naar de mogelijkheden om deze kosten te verlagen en aan te geven welke andere knelpunten bestaan met betrekking tot toepassing van luchtwassers binnen de intensieve veehouderij.

De volgende knelpunten worden geanalyseerd:

1. De hoge investerings- en exploitatiekosten van ammoniakwassers, die grootschalige toepassing van luchtwassers binnen de intensieve veehouderij in de weg staan.
2. Beperkingen van de huidige procedure die wordt toegepast voor toelating van wassersystemen met een ammoniakrendement van $\leq 70\%$ in de Regeling ammoniak en veehouderij.
3. Het ontbreken van voldoende procesbewaking van in de praktijk draaiende luchtwassers waardoor handhaving moeilijk is.

In Tabel A worden deze aspecten nader uitgewerkt en aangegeven wordt op welke manier deze knelpunten opgelost kunnen worden, op welke termijn deze oplossingen kunnen worden toegepast en wat het belang van het oplossen van het betreffende knelpunt is om het gebruik van luchtwassers succesvol ingang te kunnen doen vinden binnen de Nederlandse intensieve veehouderij.

Ad 1:

Met name het kleiner dimensioneren van wassers ('pieken doorlaten') heeft grote potenties om kosten te verlagen: door het luchtdebiet door de wasser te begrenzen en een deel van de ventilatielucht ongezuiverd de stal te laten verlaten via een 'by-pass' kan een sterke verlaging van de omvang en dus van de kosten van luchtwassersystemen bereikt worden. Het gevolg voor het gemiddelde ammoniakverwijderingsrendement lijkt slechts gering.

Zo leidt halvering van de op dit moment gangbare dimensionering voor een chemische wasser waarschijnlijk tot een daling van het ammoniakverwijderingsrendement van slechts 7 tot 10% bij vleesvarkens en 4 tot 5% bij vleeskuikens. Om nog juist te kunnen voldoen aan de AMvB Huisvesting kan, uitgaand van een emissiefactor van 2,5 kg NH₃/vleesvarkensplaats/jaar en 0,080 kg NH₃/vleeskuikenplaats/jaar, de luchtwascapaciteit worden teruggebracht met 70-80% (vleesvarkens) resp. 80-85% (vleeskuikens). De exploitatiekosten, als optelsom van de vaste kosten van de investering en de gebruikskosten, zullen hierdoor naar verwachting dalen met 40 tot 60% voor een biologische wasser en 60 tot 70% voor een chemische wasser.

Bovenstaande ontwikkeling is alleen mogelijk indien deze gefaciliteerd wordt door aanpassing van wet- en regelgeving: op dit moment bestaat namelijk de verplichting om een luchtwasser te dimensioneren op het maximale ventilatiedebiet van een stal. Daarnaast is aanvullend onderzoek nodig om enerzijds experimenteel vast te stellen of de gewenste emissiereducties inderdaad behaald worden wanneer wassers kleiner worden gedimensioneerd in combinatie met een by-pass

systeem en anderzijds vast te stellen op welke manier een dergelijk luchtwassysteem gecombineerd kan worden met een betrouwbaar en fraudebestendig registratie- en controlesysteem (zie Ad 3).

Tabel A. Knelpunten en oplossingen met betrekking tot toepassing van luchtwassers binnen de intensieve veehouderij.

Knelpunt	Oplossing	Termijn	Belang
1. Hoge kosten			
- Dimensionering	Pieken doorlaten	kort	+++
	Koelen, recirculatie, puntafzuiging	middellang	+
- Energieverbruik	Innovatie bevochtigingssysteem	middellang	+
- Afzet spuiwater (*)	Denitrificatie	middellang	+
	Membraantechnologie	lang	+
2. Toelatingsprocedure Rav bij rendement $\leq 70\%$	Uitbreiden/vervangen door meetprogramma	kort	++
	Opzetten en effectueren monitoringsprotocol	middellang/ lang	+++
3. Procesbewaking onvoldoende, handhaving moeilijk	Ontwikkeling geschikte NH ₃ -sensor	middellang/ lang	++
	Automatische meting van spuiwater parameters	kort	++
	Ontwikkeling procesbewakings- en registratiesysteem	middellang	++

(*) Dit geldt specifiek voor een biologische wasser.

Ad 2:

De theoretische toetsing ten behoeve van toelating van ammoniakwassers met een rendement van 70% of kleiner kent een aantal beperkingen. In deze toetsing wordt gebruik gemaakt van een veiligheidsmarge die er toe leidt dat de omvang van een wasser met een factor 1,5 tot 2 toeneemt. Het is wellicht kostenefficiënter om de huidige toetsingsprocedure aan te vullen met of te vervangen door een meet- en monitoringsprogramma op laboratorium- en/of praktijkschaal. Dit zou er namelijk toe kunnen leiden dat wassers kleiner gedimensioneerd worden waardoor investerings- en exploitatiekosten dalen.

De huidige procedure van theoretische toetsing dient daarom geëvalueerd en eventueel aangepast te worden. De goede werking van luchtwassystemen in de praktijk dient tenslotte gewaarborgd te worden door doeltreffende controle en monitoring (zie Ad 3).

Ad 3:

Om de goede werking van een luchtwassysteem in de praktijk te waarborgen bestaat behoefte aan een robuust, betrouwbaar, fraudebestendig en betaalbaar procesbewakingssysteem (registratie en alarmering) dat eveneens ten behoeve van vergunninghandhaving kan gebruikt worden.

Gezien de voorgestelde ontwikkeling van systemen die gebruik maken van een 'by-pass' (zie Ad 1) en het op scherp stellen van de dimensioneringsgrondslagen van wassers (zie Ad 2) wordt de wenselijkheid van effectieve controle en handhaving alleen nog maar vergroot.

Voor (semi-)continue meting van de ammoniakverwijdering dient een nieuwe sensor ontwikkeld te worden; voor overige metingen is reeds geschikte apparatuur beschikbaar.

Het is realistisch om te veronderstellen de exploitatiekosten van luchtwassystemen (EUR/dierplaats/jaar) als gevolg van het doorlaten van piekbelastingen met 40 tot 70% kunnen verlaagd worden. Hierdoor kan een impuls worden gegeven aan de toepassing van luchtwassers binnen de Nederlandse veehouderij. De realisatie van een dergelijke nieuwe generatie luchtwassystemen behoeft een gezamenlijke inspanning van overheid, onderzoek en bedrijfsleven.

1 Inleiding

1.1 Achtergrond

Vanuit milieuoogpunt is de emissie van ammoniak uit de veehouderij ongewenst. Sinds de jaren '80 van de twintigste eeuw is daarom een aantal luchtreinigingstechnieken ontwikkeld voor reductie van de emissie van ammoniak. Een aantal van deze technieken, de zogenaamde biologische en chemische wassers, wordt in Nederland toegepast voor de reiniging van ventilatielucht van stallen. Naast ammoniak verwijderden deze wassers een deel van het fijn stof en de geurcomponenten die in de ventilatielucht aanwezig zijn.

In het algemeen kan gesteld worden dat de toepassing van wastechnieken voor stallucht (nog) geen grote vlucht heeft genomen. Een van de redenen hiervoor is dat er emissie-arme huisvestingssystemen beschikbaar zijn waarvan de exploitatiekosten per dierplaats in het algemeen lager zijn. Deze systemen pakken de ammoniakemissie bij de bron aan maar zijn in het algemeen niet in staat om de hoge ammoniakreductie van wassers te evenaren. Gezien het feit dat de emissienormen voor stallen de afgelopen jaren steeds strenger geworden zijn (zie de AMvB Huisvesting (VROM, 2001)) is een aantal van deze emissie-arme huisvestingssystemen hierdoor niet meer toereikend zodat de behoefte aan systemen met vergaande ammoniakreductie, zoals wassers, steeds groter wordt. Op dit moment zijn er in Nederland circa 200 ammoniakwassers in bedrijf op intensieve veehouderijbedrijven (zie Tabel 1); het aantal bedrijven dat dergelijke systemen in Nederland levert, bedraagt ongeveer 10.

Tabel 1. Inventarisatie van het aantal in bedrijf zijnde ammoniakwassers binnen de Nederlandse intensieve veehouderij (*).

Chemische wasser	Biologische wasser
160	45

(*). Deze inventarisatie is gemaakt op basis van opgave van leveranciers (medio 2004).

1.2 Reconstructie

In het kader van het reconstructiebeleid wordt verplaatsing van intensieve veehouderijbedrijven gezien als een van de mogelijkheden om de milieubelasting in gevoelige gebieden te beperken. Hierbij gaat het onder andere om het verlagen van de depositie van ammoniak (NH_3) en om het verlagen van de emissie van geur. Het totaal aantal intensieve veehouderijbedrijven dat volgens de concept-reconstructieplannen verplaatst zou kunnen worden, bedraagt in totaal circa 465 bedrijven in Nederland (zie Tabel 2).

De verplaatsing van bedrijven heeft echter aanzienlijke sociale consequenties en is bovendien een kostbare aangelegenheid. Daarom is de vraag gerechtvaardigd of er andere oplossingen zijn die wel effectief zijn, maar tegelijkertijd weinig sociale consequenties en een acceptabele kostprijs hebben. Een mogelijke oplossing zou het gebruik van luchtwassers kunnen zijn als alternatief voor bedrijfsverplaatsing. Gezien het aantal wassers dat op dit moment in Nederland in gebruik is (Tabel 1) en het maximale aantal potentieel te verplaatsen bedrijven (Tabel 2), zou de omvang

van de Nederlandse luchtwatermarkt sterk toenemen als luchtwatering ingezet zou gaan worden als alternatief voor bedrijfsverplaatsing.

Tabel 2. Inventarisatie van het aantal veehouderijbedrijven (> 70 NGE) binnen reconstructiegebieden dat in aanmerking komt voor verplaatsing (*).

Provincie	Aantal bedrijven
Gelderland	65
Brabant	250 (**)
Limburg	50

(*) Weergegeven is het maximale aantal bedrijven dat verplaatst zou kunnen worden op basis van de betreffende concept-reconstructieplannen (stand van zaken begin 2004).

(**) Stand van zaken begin 2005.

Om te onderzoeken in hoeverre luchtbehandeling een geschikt alternatief is voor bedrijfsverplaatsing, is begin 2004 door Melse & Willers (2004) een inventarisatie gemaakt van de stand der techniek en van de investerings- en exploitatiekosten van dergelijke luchtreinigingssystemen. In dat rapport wordt eveneens een aantal mogelijkheden geschetst voor kostenverlaging oftewel een verhoging van de kosteneffectiviteit (EUR/kg NH₃ verwijdering) van luchtbehandeling. Dit laatste aspect is door Ellen *et al.* (2005) nader uitgewerkt. Beide genoemde rapporten vormen het uitgangspunt van onderliggend rapport.

1.3 Doelstelling en leeswijzer

De toepassing van ammoniakwassers binnen de intensieve veehouderij heeft (nog) geen grote vlucht genomen. De belangrijkste reden hiervoor is dat de investerings- en exploitatiekosten van ammoniakwassers hoog zijn. De doelstelling van dit rapport is om enerzijds te analyseren welke mogelijkheden er zijn om deze kosten te verlagen en anderzijds om aan te geven welke andere problemen er bestaan met betrekking tot toepassing van luchtwassers binnen de intensieve veehouderij bestaan.

De volgende knelpunten worden daarom geanalyseerd:

- Hoge investerings- en exploitatiekosten van ammoniakwassers (hoofdstuk 2)
- De beperkingen van huidige procedure die wordt toegepast voor toelating van watersystemen met een ammoniakverwijderingsrendement van $\leq 70\%$ in de Regeling ammoniak en veehouderij (hoofdstuk 3).
- Het ontbreken van voldoende procesbewaking van in de praktijk draaiende luchtwassers waardoor handhaving moeilijk is (hoofdstuk 4).

In hoofdstuk 5 wordt nog kort ingegaan op het relatief lage geurverwijderingsrendement van waters (hoofdstuk 5) en tenslotte volgen in hoofdstuk 6 de conclusies van het rapport.

2 Kostenverlaging

2.1 Kostenanalyse

De kosten van de ammoniakwassers die op dit moment in Nederland binnen de intensieve veehouderij worden toegepast bedragen per kg NH₃ verwijdering EUR 8 tot 19 voor een biologische wasser ¹en EUR 7 voor een chemische wasser ²(Melse & Willers, 2004). Om deze kosten uit te drukken per dierplaats, dienen deze bedragen vermenigvuldigd te worden met de emissiefactor van de betreffende diercategorie en het verwijderingspercentage van de luchtwasser (zie Tabel 3).

Tabel 3. Totale exploitatiekosten van luchtwassing (EUR, excl. BTW), op basis van een nieuwbouw stal (Melse & Willers, 2004).

	Biologische wasser (rendement: 70%)	Chemische wasser (rendement: 95%)
Per kg NH ₃ verwijdering	8 - 19	7
Per dierplaats:		
Vleesvarkens	15 - 33	16
Vleeskalveren	15 - 33	16
Vleeskuikens	0,5 - 1,1	0,5

Gesteld kan worden dat de kosten van luchtwassing op dit moment dermate hoog zijn dat dit grootschalige implementatie van luchtwassers binnen de intensieve veehouderij in de weg staat. Om inzicht te krijgen in de samenstelling van deze kosten wordt in Tabel 4 aangegeven uit welke componenten de totale exploitatiekosten uit Tabel 3 zijn opgebouwd.

Tabel 4. Relatieve bijdrage van verschillende kostenposten aan totale exploitatiekosten (%) (Melse & Willers, 2004).

	Biologische wasser (rendement: 70%)	Chemische wasser (rendement: 95%)
Vaste kosten (afschrijving, rente, onderhoud)	29 - 50	42
Elektriciteit	17 - 38	35
Water	4 - 12	3
Chemicaliën	n.v.t.	14
Afzet/verwerking spuiwater	6 - 48	6
Totaal:	100	100

¹ De grote spreiding wordt veroorzaakt door de verschillende wijzen waarop spuiwater kan worden afgezet, op eigen land (relatief goedkoop) of tegen reguliere mestafzettarieven (relatief duur).

² Op basis van nieuwbouw, excl. BTW.

Uit Tabel 4 volgt dat de belangrijkste kostenposten zijn:

- de vaste kosten van de investering (afschrijving, rente, onderhoud)
- het elektriciteitsverbruik
- de afzet/verwerking van spuiwater (specifiek voor de biologische wasser)¹.

De investeringskosten hangen nauw samen met de dimensionering van de wasser, het elektriciteitsverbruik komt grotendeels op conto van de in het algemeen continu draaiende pomp die de wasvloeistof recirculeert en de hoge afzet-/verwerkingskosten van het spuiwater worden veroorzaakt door de grote hoeveelheid spuiwater die bij een biologische wasser wordt geproduceerd. Naast het energieverbruik door de pomp wordt het energieverbruik nog verhoogd door een zwaardere belasting van het ventilatiesysteem als gevolg van een toename van de drukval in het systeem door installatie van een wasser.

Het ligt dan ook voor de hand om te onderzoeken op welke wijze deze kostenposten verlaagd kunnen worden. In de volgende paragrafen worden de mogelijkheden hiervoor nagegaan.

Conclusie:

De belangrijkste kostenposten zijn:

- 1 Investeringskosten (dimensionering, zie paragraaf 2.2)**
 - 2 Elektriciteitsverbruik (recirculatiepomp, zie paragraaf 2.3)**
 - 3 Afzet/verwerking spuiwater (specifiek voor biologische wasser, zie paragraaf 2.4)**
- Deze punten worden daarom nader geanalyseerd.**

2.2 Dimensionering

Zoals reeds opgemerkt in paragraaf 2.1, dragen de investeringskosten en de hieruit voortvloeiende vaste kosten (afschrijving, rente, onderhoud) in belangrijke mate bij aan de exploitatiekosten van luchtwassystemen. De investeringskosten kunnen in principe verlaagd worden door luchtwassystemen te bouwen die kleiner zijn dan hetgeen op dit moment gangbaar is. In onderstaande paragraaf wordt ingegaan op de consequenties daarvan.

2.2.1 Piekbelastingen doorlaten

Voor diercategorieën waarbij sprake is van een sterke groei, zoals vleesvarkens en vleeskuikens, neemt de ventilatiebehoefte sterk toe gedurende een ronde. Het benodigde ventilatiedebiet van een stal is op zijn hoogst wanneer de dieren op het maximale gewicht zijn (aangezien de warmteproductie van de dieren proportioneel toeneemt met het gewicht) en tegelijkertijd de weercondities dusdanig zijn dat de warmte-inhoud van de aangevoerde buitenlucht (een combinatie van temperatuur en luchtvochtigheid) hoog is. Het mechanische ventilatiesysteem in een stal is normalerwijze dusdanig gedimensioneerd dat ook dit maximale ventilatiedebiet gehaald kan worden. Een luchtwasser wordt in principe gedimensioneerd op grond van deze piekbelasting. Door een luchtwasser echter niet te dimensioneren op deze piekbelasting, maar iets

¹ Vanwege de relatief kleine hoeveelheid spuiwater die bij een chemische wasser wordt geproduceerd zijn de afzet/verwerkingskosten van dit spuiwater relatief laag.

kleiner te maken, kunnen de investeringskosten worden verlaagd terwijl gemiddeld gezien de ammoniakverwijdering naar verwachting nog steeds hoog is.

Gevolgen van hogere belasting van wasser: centrale afzuiging vleesvarkensstal

Bedacht moet worden dat het kleiner dimensioneren van een wasser tot gevolg zal hebben dat de wasser zwaarder belast wordt. Zowel de luchtbelasting (m^3 lucht/ m^3 pakkingsmateriaal/uur) als de ammoniakbelasting ($\text{kg NH}_3/\text{m}^3$ pakkingsmateriaal/uur) zullen toenemen.

Uit modelberekeningen voor een vleesvarkensstal met centrale afzuiging (zie pagina 20 e.v.) blijkt dat een wasser die gedimensioneerd is op basis van volledige behandeling van het maximale ventilatiedebiet van de stal, gedurende ongeveer 15 - 20% van de tijd maximaal belast wordt. Dit wil zeggen dat de te behandelen lucht dan groter is dan 75% van de ontwerpbelasting van $60 \text{ m}^3/\text{dierplaats}/\text{uur}$.

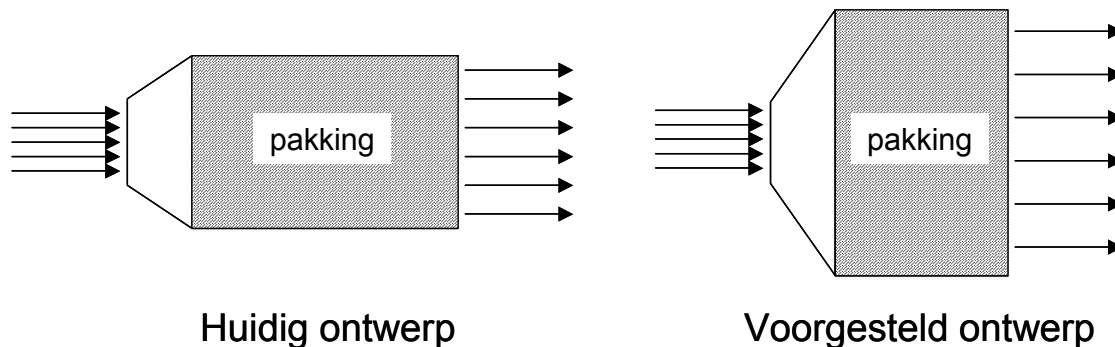
Het debiet door de luchtwasser zou echter begrensd kunnen worden op een in te stellen maximum luchtdebiet door de wasser, bijvoorbeeld met behulp van een 'by-pass' klep die een deel van de lucht ongezuiverd afvoert wanneer het maximum luchtdebiet wordt overschreden¹. Een wasser die een 50% kleinere omvang heeft en uitgerust is met een dergelijk 'by-pass' systeem, wordt gedurende ongeveer 45% van de tijd zwaarder belast dan 75% van zijn ontwerpbelasting, zo blijkt uit de reeds genoemde modelberekeningen.

De verwachting is dat het ammoniakverwijderingsrendement niet zal dalen als gevolg van de gemiddeld zwaardere belasting van de wasser. De luchtwassers zijn namelijk dusdanig ontworpen en uitgetest dat zij ook bij hoge belastingen het beoogde rendement behalen. Wel zullen storingen in het proces de werking van de wasser waarschijnlijk sterker negatief beïnvloeden dan wanneer de wasser minder zwaar wordt belast. Daarom is het van belang dat de procescontrole van het wassersysteem goed functioneert. Bovenstaande ontwikkeling is alleen mogelijk indien deze gefaciliteerd wordt door aanpassing van wet- en regelgeving: op dit moment bestaat namelijk de verplichting om een luchtwasser te dimensioneren op het maximale ventilatiedebiet van een stal. Daarnaast is aanvullend onderzoek noodzakelijk is om experimenteel vast te stellen of de gewenste emissiereducties inderdaad behaald worden wanneer wassers kleiner worden gedimensioneerd in combinatie met een by-pass systeem.

Een ander gevolg van een gemiddeld hogere luchtbelasting, is dat de drukval over de wasser zal toenemen wanneer de weglengte van de lucht door het wasserpakket ongewijzigd blijft. Uit modelberekeningen voor een vleesvarkensstal met centrale afzuiging (zie pagina 20 e.v.) blijkt dat een reguliere wasser, die bij het maximale luchtdebiet een drukval heeft van 200 Pa, gemiddeld een drukval zal hebben van ongeveer 50 Pa. Wanneer de wasser uitgerust wordt met een 'by-pass' systeem en het volume van de wasser met 50% verkleind, kan berekend worden dat, bij een gelijkblijvende pakketlengte, de gemiddelde drukval stijgt van 50 naar 100 Pa.

¹ Wanneer de by-pass wordt aangebracht tussen de ventilator en de wasser, moet voorkomen worden dat meer lucht dan gewenst door de by-pass wordt afgevoerd vanwege een lage drukval over de by-pass. De uitstroomopening van de by-pass dient dusdanig klein gemaakt te worden dat de drukval over de by-pass gelijk is aan de drukval over de wasser. Wanneer een stal is uitgevoerd met meerdere ventilatoren, zoals voor een pluimveestal met lengteventilatie het geval is, kan een of meer ventilatoren worden aangesloten op de wasser en een of meer andere ventilatoren de lucht vrij naar buiten.

Om een stijging van de energiekosten te voorkomen is het mogelijk om de verhouding tussen lengte, breedte en hoogte van de wasser aan te passen: door het wasserpakket in te korten zodat de lucht een kortere weg moet afleggen door het pakkingsmateriaal, blijft de verblijftijd van de lucht in de wasser gelijk terwijl de drukval afneemt¹. Het gevolg hiervan is dat de gemiddelde drukval niet toeneemt bij volumeverkleining van de wasser maar zelfs iets kan dalen. In Figuur 1 is schematisch weergegeven op welke wijze het ontwerp dan verandert.



Figuur 1. Bovenaanzicht wasser volgens het huidige ontwerp en volgens het voorgestelde ontwerp ten behoeve van drukvalverlaging (beide pakketten hebben gelijke hoogte en volume).

Een verandering van de weglengte die de lucht aflegt door het pakkingsmateriaal kan het ammoniakverwijderingsrendement echter beïnvloeden, ook al blijft het volume en dus de luchtverblijftijd van het pakkingsmateriaal gelijk. De weglengte dient namelijk minimaal gelijk te zijn aan de hoogte van de theoretisch berekende overdrachtstrap (Height of Transfer Unit, HTU), vermenigvuldigd met het berekende aantal overdrachtstrappen (Number of Transfer Units, NTU) (zie de theoretische benadering in Bijlage 4). Er is daarom aanvullend onderzoek nodig om vast te stellen of de gewenste emissiereducties inderdaad behaald worden wanneer de dimensies van wassers veranderd worden zoals weergegeven is in Figuur 1. Aangenomen wordt dat de investeringskosten ongewijzigd blijven bij een dergelijke aanpassing van het ontwerp van een wasser.

Tenslotte zal het doorlaten van piekbelastingen tot gevolg kunnen hebben dat de geuremissie en geurhinder toeneemt. Onderliggend rapport gaat niet verder in op dit aspect maar beperkt zich tot ammoniakemissie; wel wordt in hoofdstuk 5 aangegeven op welke wijze het geurverwijderingsrendement van wassers mogelijk verhoogd kan worden.

¹ De drukval is evenredig met het kwadraat van de luchtsnelheid.

Groen Label datasets

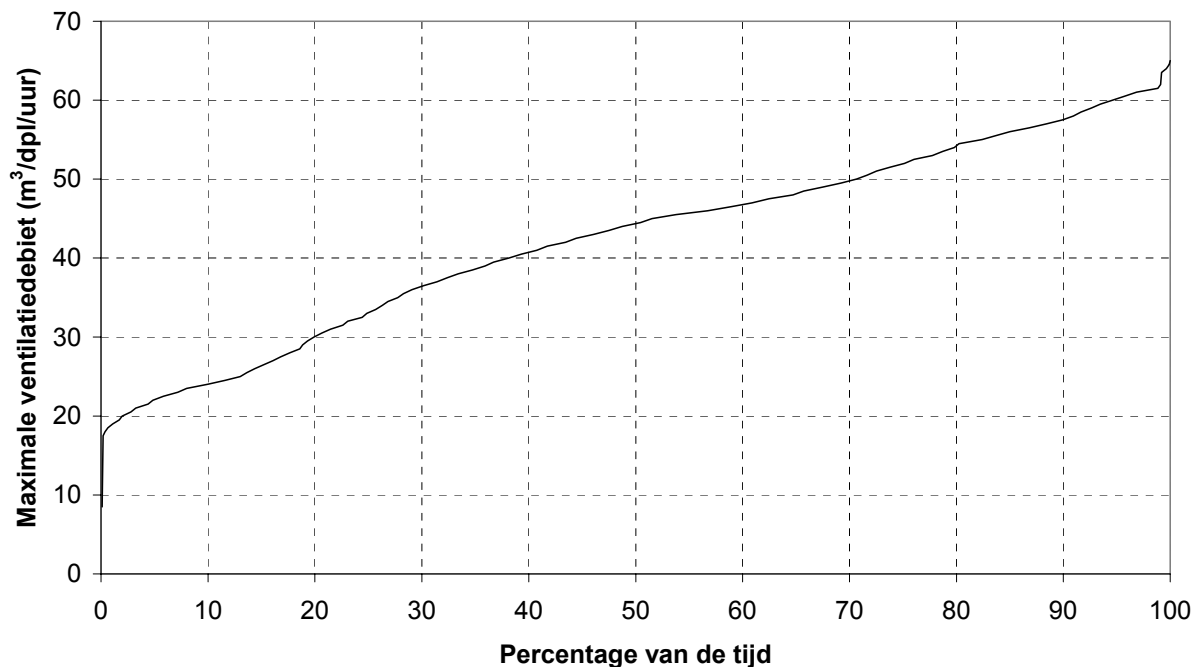
Aan de hand van een analyse van een zestal datasets van zogenaamde 'Groen Label' metingen aan mechanisch geventileerde stalsystemen voor vleesvarkens en vleeskuikens en aan de hand van een model dat het ventilatiedebiet en de ammoniakemissie voor vleesvarkens beschrijft, wordt het principe van het kleiner dimensioneren van wassers nader uitgewerkt.

Elke dataset bevat de gemeten uurgemiddelden van ventilatiedebiet en ammoniakemissie voor zowel een emissiebeperkend stalsysteem als voor een traditioneel stalsysteem (referentiemeting). Deze referentiemetingen van een traditioneel stalsysteem worden nader geanalyseerd in deze paragraaf. In Bijlage 1 worden de details van de verschillende datasets weergegeven.

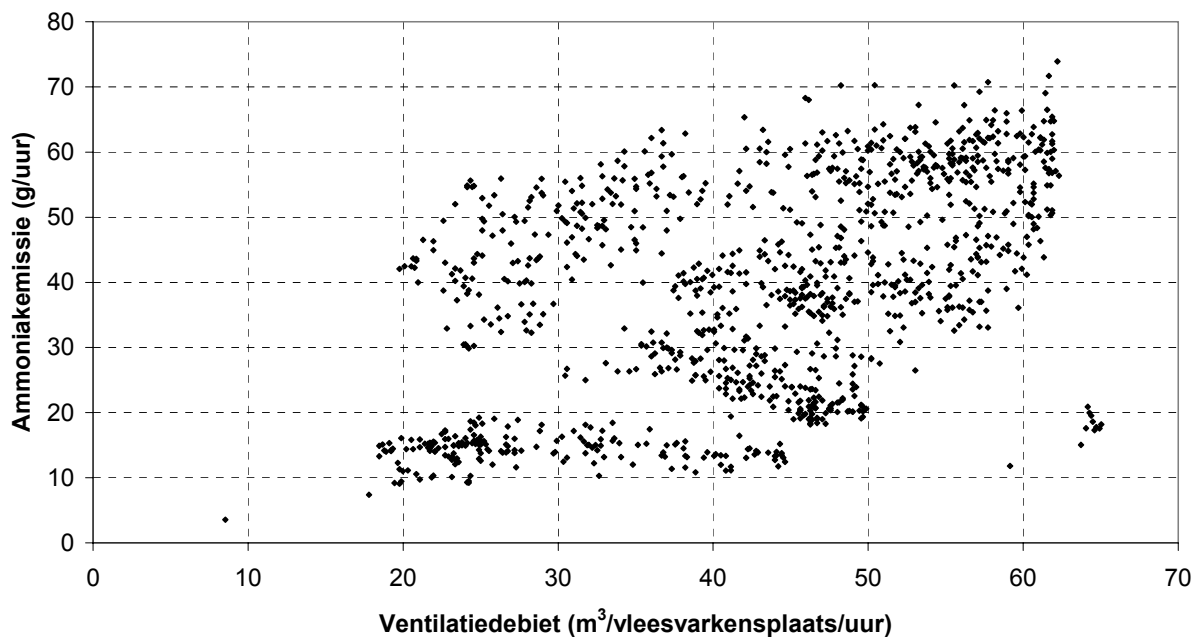
Groen Label metingen aan vleesvarkens: afzuiging per afdeling

De datasets 1 t/m 4 bevatten metingen die telkens uitgevoerd zijn aan 1 afdeling vleesvarkens. In Figuur 2 wordt ter illustratie voor één van deze datasets (dataset 2) weergegeven welk percentage van de tijd (x-as) het gemeten ventilatiedebiet van een afdeling **lager of gelijk** is aan een bepaalde waarde (y-as).

Uit Figuur 2 blijkt dat het maximale ventilatiedebiet ruim $60 \text{ m}^3/\text{vleesvarkensplaats}/\text{uur}$ bedraagt en volgens de gangbare dimensioneringspraktijk zal een luchtwasser dus hierop gedimensioneerd moeten worden. Wanneer een luchtwasser kleiner gemaakt wordt zal deze dus meer niet altijd in staat zijn om alle lucht te behandelen en zal een deel van de tijd een (kleine) hoeveelheid ongezuiverde lucht emitteren.



Figuur 2. Vleesvarkensafdeling. Percentage van de tijd dat het actuele ventilatiedebiet **lager of gelijk** is aan het maximale ventilatiedebiet (dataset 2).



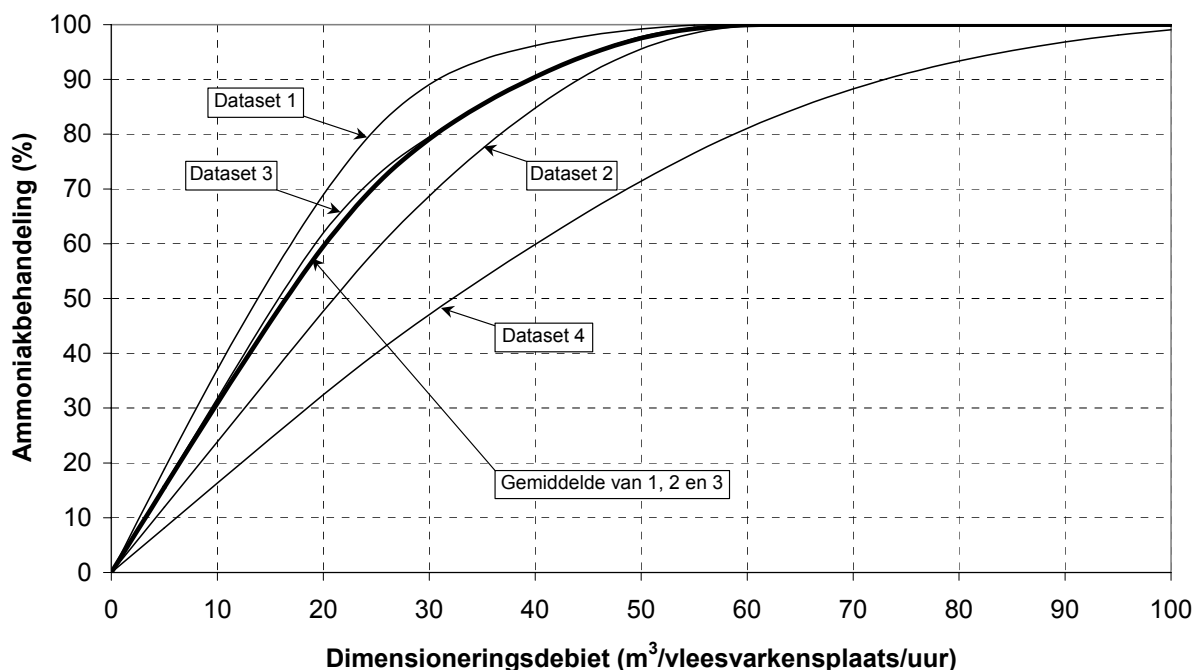
Figuur 3. Vleesvarkensafdeling. Ammoniakemissie uitgezet tegen ventilatie-debiet (dataset 2).

Echter, eigenlijk zijn we niet zozeer geïnteresseerd in het percentage van de *tijd* dat er pieken worden doorgelaten maar meer in de *hoeveelheid ammoniak* die tijdens piekbelastingen wordt doorgelaten. Bovendien is het ventilatie-debiet niet evenredig met de ammoniakemissie, zoals in Figuur 3 wordt weergegeven voor de meetset van 1 afdeling.

Daarom wordt in Figuur 4 voor telkens 1 vleesvarkensafdeling weergegeven welk deel van de totale ammoniakemissie in de wasser wordt behandeld, wanneer de luchtwasser kleiner gedimensioneerd zou worden. Het debiet door de luchtwasser zou bijvoorbeeld begrensd kunnen worden op een maximum te behandelen luchthoeveelheid, bijvoorbeeld met behulp van een 'bypass' klep. In Figuur 4 wordt dit verband voor alle vleesvarkens-datasets apart weergegeven (dataset 1 t/m 4); eveneens wordt het gemiddelde van dataset 1, 2 en 3 weergegeven. Voor dataset 1, 2 en 3 geldt dat bij een dimensioneringsdebiet van 60 m³/dierplaats/uur, juist 100% van de ammoniak in de luchtwasser wordt behandeld en er dus geen pieken worden doorgelaten. In de praktijk wordt een ventilatiesysteem meestal hoger gedimensioneerd, namelijk op een maximaal ventilatiecapaciteit van 80 m³/dierplaats/uur gehanteerd (een en ander hangt af van het gekozen luchtinlaatsysteem).

Het ventilatie-debiet van dataset 4 is veel hoger zodat, bij ongewijzigd ventilatieregime, een dimensioneringsdebiet van 100 m³/dierplaats/uur noodzakelijk is voor een volledige ammoniakbehandeling. Aangezien er in dataset 4 sprake is van slechts één meetronde met een relatief klein aantal dierplaatsen en het ventilatie-debiet veel hoger is dan in de praktijk gangbaar is,

wordt deze dataset beschouwd als zijnde niet representatief en verder buiten beschouwing gelaten; in de verdere analyse wordt daarom uitgegaan van het gemiddelde van dataset 1, 2 en 3. Overigens valt de gemiddelde ammoniakemissie per dierplaats van dataset 4 binnen de range van ammoniakemissies zoals die zijn gemeten voor dataset 1 t/m 3.



Figuur 4. Vleesvarkensafdeling. Deel van de totale ammoniakemissie dat in de luchtwasser behandeld wordt bij een begrenzing van het luchtdebiet door de luchtwasser. De dikke lijn geeft de gemiddelde waarde van dataset 1, 2 en 3 weer (valt grotendeels samen met dataset 3).

Voor de lijnen die in Figuur 4 worden weergegeven geldt dat de richtingscoëfficiënt van de raaklijn aan een punt van een lijn een maat is voor de effectiviteit van de luchtwasser. Met andere woorden: naarmate de lijn meer steil omhoogloopt, wordt er per m³ wasseromvang meer ammoniak behandeld. Uit Figuur 4 volgt dan dat een verlaging van de ontwerpcapaciteit zal resulteren in een hogere effectiviteit (de raaklijn gaat steiler lopen) en dat de kosten per kg NH₃ verwijdering en per dierplaats hierdoor waarschijnlijk zullen dalen.

Wanneer de omvang van de luchtwasser bijvoorbeeld wordt gereduceerd met 25%, dus in plaats van een ontwerpdebiet van 60 m³/dierplaats/uur wordt de luchtwasser gedimensioneerd en begrensd op 45 m³/dierplaats/uur, volgt uit Figuur 4 dat nog steeds 95% van de uit de stal geëmitteerde ammoniak in de luchtwasser behandeld wordt. Wanneer aangenomen wordt dat het ammoniakverwijderingsrendement van de wasser ongewijzigd blijft, zal het netto ammoniakverwijderingsrendement dan $0,95 \times 0,95 = 90\%$ bedragen voor een chemische wasser en $0,70 \times 0,95 = 66\%$ voor een biologische wasser. Wanneer de omvang van de luchtwasser zou worden gehalveerd, dus begrensd op 30 m³/dierplaats/uur, wordt nog steeds 79% van de uit de

stal geëmitteerde ammoniak in de luchtwasser behandeld; het netto ammoniakverwijderingsrendement zal dan $0,95 \times 0,79 = 75\%$ bedragen voor een chemische wasser en $0,70 \times 0,79 = 55\%$ voor een biologische wasser.

Modelberekeningen aan vleesvarkens: centrale afzuiging

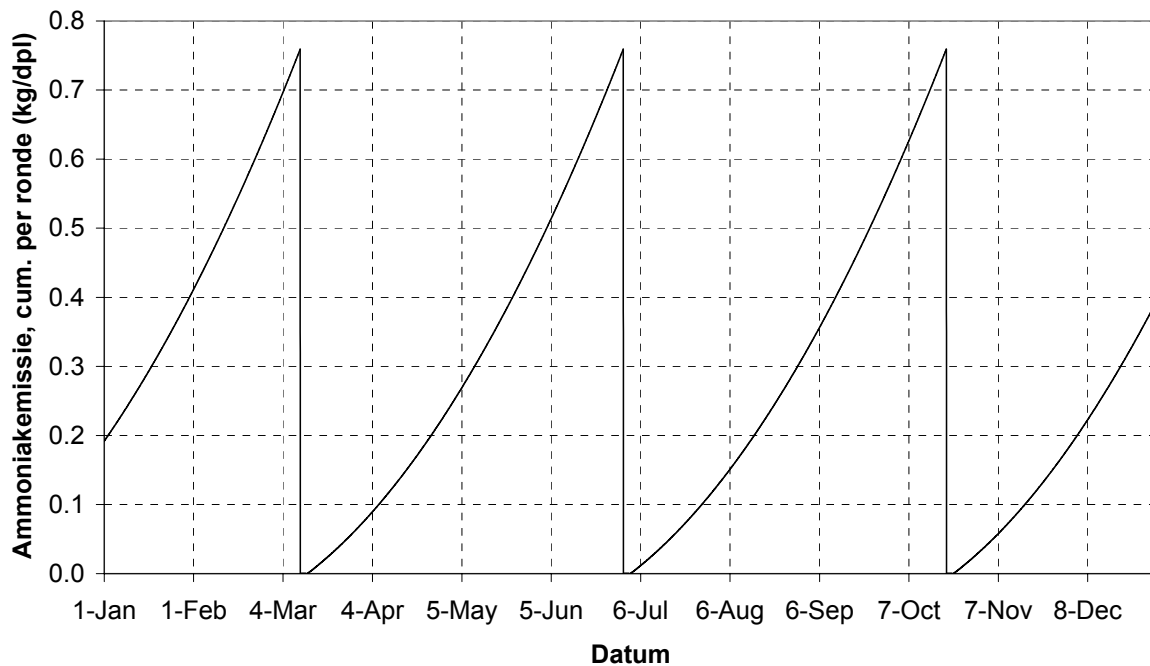
In voorgaande is aan de hand van metingen aan telkens 1 vleesvarkensafdeling een verband afgeleid tussen het luchtdebiet dat behandeld wordt en het deel van de totale hoeveelheid ammoniak dat in de wasser wordt behandeld (Figuur 4). De vraag is hoe dit verband eruit ziet wanneer de ventilatielucht van meerdere afdelingen waarvan de oplegdatum telkens verschilt, gezamenlijk wordt behandeld. Wanneer in de praktijk een wasser wordt toegepast zal namelijk meestal sprake zijn van een dergelijk centraal afzuigstelsel.

Om deze vraag te beantwoorden is een model opgesteld dat de ammoniakemissie van een centraal afzuigstelsel jaarrond simuleert door het ventilatiedebiet en de ammoniakconcentratie van de ventilatielucht van een reeks afdelingen te berekenen.

Het ventilatiedebiet van elke individuele afdeling wordt voor een referentiejaar voor Nederlands klimaatcondities (De Bilt) (Lund, 1984) berekend met behulp van het stalklimaat-simulatieprogramma ANIPRO (Van Ouwkerk, 1999). Dit programma berekent het ventilatiedebiet op grond van de buitentemperatuur en het groeistadium van de dieren, oftewel het dagnummer van de ronde. Deze simulatie wordt uitgevoerd voor respectievelijk 1 afdeling, een centraal afzuigstelsel met 6 afdelingen (elke 18 dagen wordt een afdeling opgelegd) en een centraal afzuigstelsel met 12 afdelingen (elke 9 dagen wordt een afdeling opgelegd). Een ronde duurt 110 dagen en na elke ronde is er 2 dagen leegstand; aangenomen wordt dat de maximale ventilatiecapaciteit $80 \text{ m}^3/\text{dierplaats}/\text{uur}$ bedraagt. Deze simulatie was reeds uitgevoerd door Van Wagenberg en Vermeij (2001) en de betreffende dataset is ons ter beschikking gesteld. In Bijlage 2 is het verloop van het ventilatiedebiet weergegeven voor de verschillende simulaties.

Mosquera *et al.* (2005) hebben met een analyse van een groot aantal datasets van 'Groen Label' metingen volgens het Rav-protocol voor ammoniak-emissiefactoren (VROM en LNV, 1996) laten zien dat tussen het ammoniakemissieniveau per dierplaats per jaar en het dagnummer van de ronde een lineair verband bestaat. Tevens bleek in deze analyse dat geen effect van seizoen op het emissiepatroon gedurende het jaar kon worden aangetoond. In Figuur 5 wordt de uit dit lineaire verband berekende ammoniakemissie voor 1 afdeling (gecumuleerd over een ronde) weergegeven gedurende een kalenderjaar, ervan uitgaand dat de totale ammoniakemissie $2,5 \text{ kg NH}_3/\text{vleesvarkensplaats}/\text{jaar}$ bedraagt.

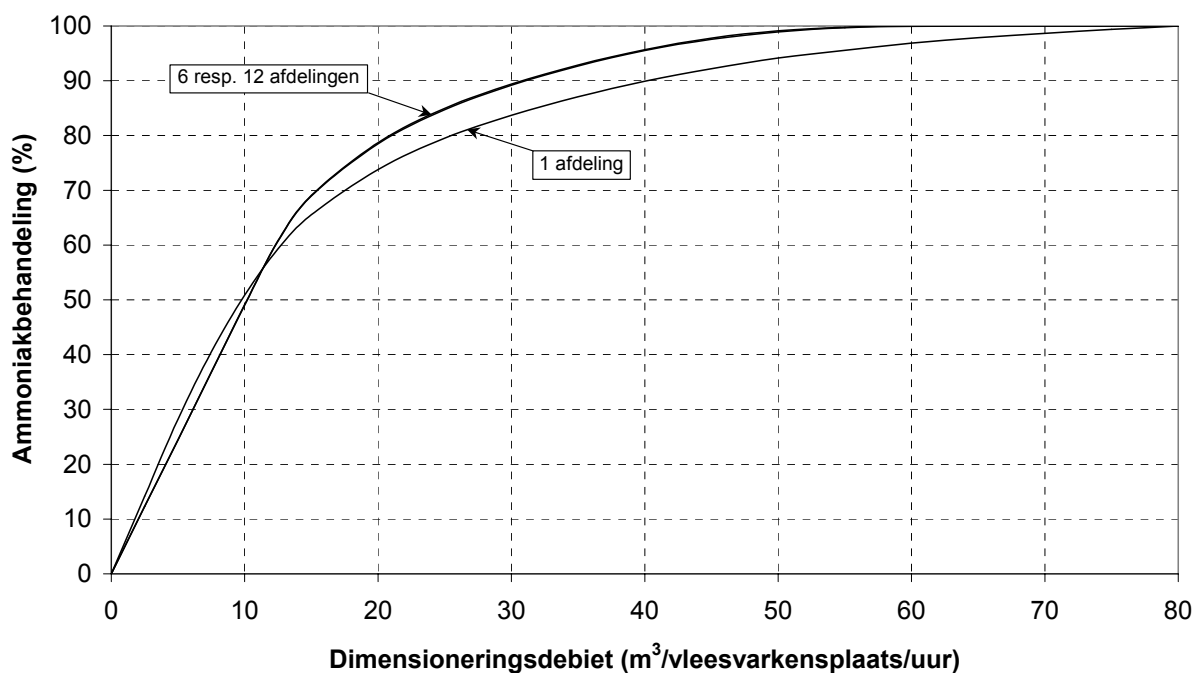
Met behulp van het berekende ventilatiedebiet uit Bijlage 2 en de ammoniakemissie per afdeling, zoals voor 1 afdeling is weergegeven in Figuur 5, kan voor iedere afdeling de ammoniakconcentratie van de ventilatielucht berekend worden gedurende het gehele jaar. In Bijlage 3 worden de resultaten van deze berekening weergegeven voor respectievelijk 1 afdeling, het gemiddelde van een centraal afzuigstelsel met 6 afdelingen en het gemiddelde van een centraal afzuigstelsel met 12 afdelingen.



Figuur 5. Vleesvarkens: 1 afdeling. Modellerings van de ammoniakemissie (kg/dierplaats), gecumuleerd over een ronde. Aangenomen wordt dat de ammoniakemissie 2,5 kg NH_3 /vleesvarkensplaats/jaar bedraagt.

Tenslotte wordt op dezelfde manier als met de datasets van de Groen Label metingen van 1 afdeling, voor centrale afzuiging berekend welk deel van de totale ammoniakemissie door de wasser behandeld wordt, wanneer de luchtwater kleiner gedimensioneerd zou worden. Dat verband is in Figuur 6 weergegeven voor de behandeling van ventilatielucht van 1 afdeling en voor een centraal afzuigstelsel met respectievelijk 6 en 12 afdelingen. De lijnen voor centrale afzuiging voor 6 en 12 afdelingen vallen samen in Figuur 6.

Het patroon van Figuur 6, volgend uit de modelberekeningen, komt overeen met het uit metingen afgeleide patroon van Figuur 4. Evenals voor de lijnen in Figuur 4, geldt voor de lijnen die in Figuur 6 worden weergegeven dat de richtingscoëfficiënt van de raaklijn aan een punt van een lijn een maat is voor de effectiviteit van de luchtwater. Met andere woorden: naarmate de lijn meer steil omhoogloopt, wordt er per m^3 wasseromvang meer ammoniak behandeld. Uit Figuur 6 volgt dan dat een verlaging van de ontwerpcapaciteit zal resulteren in een hogere effectiviteit (de raaklijn gaat steiler lopen) en dat de kosten per kg NH_3 verwijdering en per dierplaats hierdoor waarschijnlijk zullen dalen.



Figuur 6. Vleesvarkens. Modelling van de totale ammoniakemissie die in de luchtwasser behandeld wordt bij een begrenzing van het luchtdebiet door de luchtwasser. Weergegeven is de situatie bij behandeling van ventilatielucht van 1 afdeling en bij een centraal afzuigstelsel met respectievelijk 6 en 12 afdelingen. De lijnen voor 6 en 12 afdelingen vallen samen.

Uit Figuur 6 volgt dat bij een ventilatiesysteem per afdeling, een luchtwasser gedimensioneerd dient te worden op een capaciteit van 80 m³/dierplaats/uur om alle ammoniakhoudende lucht te behandelen. Voor een centraal afzuigstelsel, zowel voor 6 als voor 12 afdelingen, is een dimensionering van 60 m³/dierplaats/uur reeds voldoende, zo blijkt uit Figuur 6. Dit komt overeen met in de praktijk gehanteerde ventilatiedebieten voor afzuiging per afdeling en voor centrale afzuiging. Verder laat Figuur 6 voor een debiet hoger dan circa 10 m³/dierplaats/uur zien dat bij een bepaald gewenst ammoniakbehandelingspercentage de ventilatiecapaciteit van een centraal afzuigstelsel verder teruggebracht kan worden dan van een afzuigstelsel per afdeling. Voor een debiet lager dan circa 10 m³/dierplaats/uur is dit andersom. Het precieze ventilatiedebiet waarbij deze omslag plaatsvindt hangt af van de oplegdatum van de afdeling die in Figuur 6 als voorbeeld wordt genomen voor afzuiging per afdeling.

Wanneer de omvang van een luchtwasser, aangesloten op een centraal afzuigstelsel, wordt gereduceerd met 25%, dus in plaats van een ontwerpdebiet van 60 m³/dierplaats/uur wordt de luchtwasser gedimensioneerd en begrensd op 45 m³/dierplaats/uur, volgt uit Figuur 6 dat nog steeds 98% van de uit de stal geëmitteerde ammoniak in de luchtwasser behandeld wordt. Voor een chemische wasser (rendement: 95%) zou het netto ammoniakverwijderingsrendement dan 0,95 x 0,98 = 93% bedragen en voor een biologische wasser 0,70 x 0,98 = 68%. Wanneer de

omvang van de luchtwasser wordt gehalveerd, dus in plaats van een ontwerpdebiet van 60 m³/dierplaats/uur wordt de luchtwasser gedimensioneerd en begrensd op 30 m³/dierplaats/uur, volgt uit Figuur 6 dat nog steeds 89% van de uit de stal geëmitteerde ammoniak in de luchtwasser behandeld wordt; het netto ammoniakverwijderingsrendement zal dan $0,95 \times 0,89 = 85\%$ bedragen voor een chemische wasser en $0,70 \times 0,89 = 62\%$ voor een biologische wasser.

Zelfs wanneer de omvang van de wasser, aangesloten op een centraal afzuigstelsel, zou worden teruggebracht tot 1/5 van de op dit moment gangbare praktijk, dus begrensd op 12 m³/dierplaats/uur, wordt bij toepassing van een chemische wasser nog steeds voldaan aan de in de AMvB Huisvesting voorgeschreven emissiefactor van 1,2 kg NH₃/vleesvarkensplaats/jaar (VROM, 2001). Het netto ammoniakverwijderingsrendement bedraagt dan namelijk $0,95 \times 0,59 = 56\%$; uitgaand van een emissiefactor van 2,5 kg NH₃/vleesvarkensplaats/jaar voor een traditioneel huisvestingssysteem bedraagt de emissie bij een dusdanig gedimensioneerde chemische wasser dus 1,1 kg NH₃/vleesvarkensplaats/jaar.

Een afname van de omvang van een wasser zal een verlaging van de investeringskosten tot gevolg hebben; de investeringskosten zullen iets langzamer dalen dan de afname van de omvang van de wasser aangezien een aantal investeringskosten, bijvoorbeeld de procesregeling, onafhankelijk zijn van de wasseromvang. Aangenomen wordt dat een reductie van de omvang van een wasser met 50% tot gevolg heeft dat de investeringskosten met 35% dalen; deze verhouding wordt ook aangehouden voor andere reducties van de wasseromvang. Aangenomen wordt dat het energieverbruik van de wasser wel evenredig is met de wasseromvang. De kosten voor afzet/verwerking van spuiwater en de eventuele kosten van chemicaliën (chemische wasser) zijn evenredig met de hoeveelheid ammoniak die wordt verwijderd.

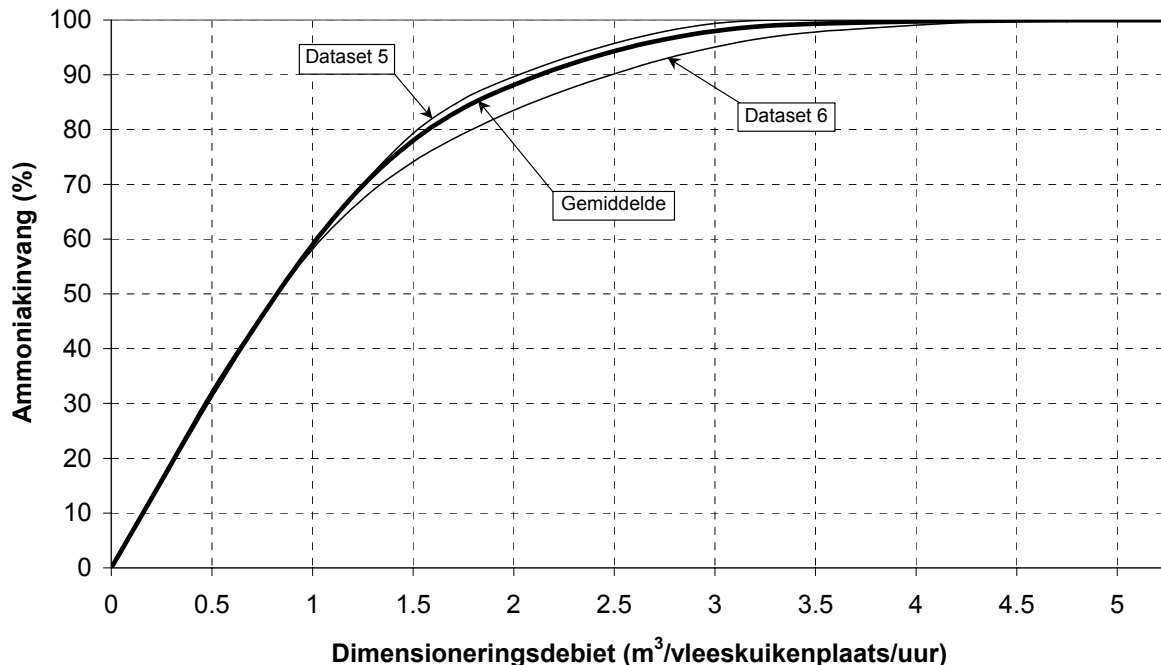
Met bovenstaande uitgangspunten kan uit Melse & Willers (2004) berekend worden dat door een reductie van de omvang van een chemische wasser tot 1/5 van de oorspronkelijke grootte, de exploitatiekosten van een chemische wasser zullen dalen van EUR 15,7 per dierplaats/jaar tot ongeveer EUR 5,9 per dierplaats/jaar (excl. BTW, op basis van een nieuwbouwstal). Dit betekent dat de exploitatiekosten van de chemische wasser met ruim 60% dalen.

Voor een biologische wasser met een ammoniakverwijderingsrendement van 70% geldt dat de omvang van de wasseromvang kan teruggebracht worden tot minder dan 1/3 om nog juist te voldoen aan de genoemde emissiefactor van 1,2 kg NH₃/vleesvarkensplaats/jaar. Met de uitgangspunten die hierboven zijn weergegeven kan uit Melse & Willers (2004) berekend worden dat de exploitatiekosten in dit geval zullen dalen van EUR 14,5 - 33,1 per dierplaats/jaar (Melse & Willers, 2004) tot ongeveer EUR 6,2 - 18,8 per dierplaats/jaar (excl. BTW, op basis van nieuwbouwstal). Dit betekent dat de exploitatiekosten van de biologische wasser met 40 tot 60% dalen.

Groen Label metingen aan vleeskuikens

Voor vleeskuikens kan op vergelijkbare wijze als voor vleesvarkens met behulp van dataset 5 en 6 worden weergegeven welk deel van de totale ammoniakemissie door de wasser behandeld wordt, wanneer het luchtdebiet door de wasser begrensd zou worden. Dit is Figuur 7 weergegeven voor

deze datasets; tevens wordt het gemiddelde van dataset 5 en 6 weergegeven. In de verdere analyse wordt uitgegaan van dit gemiddelde.



Figuur 7. Vleeskuikenstal. Deel van de totale ammoniakemissie dat in de luchtwasser behandeld wordt bij een begrenzing van het luchtdebiet door de luchtwasser.

Evenals voor de lijnen in Figuur 4 en 6, geldt voor de lijnen die in Figuur 7 worden weergegeven dat de richtingscoëfficiënt van de raaklijn aan een punt van een lijn een maat is voor de effectiviteit van de luchtwasser. Met andere woorden: naarmate de lijn meer steil omhoogloopt, wordt er per m³ wasseromvang meer ammoniak behandeld. Uit Figuur 7 volgt dan dat een verlaging van de ontwerpcapaciteit zal resulteren in een hogere effectiviteit (de raaklijn gaat steiler lopen) en dat de kosten per kg NH₃ verwijdering en per dierplaats hierdoor waarschijnlijk zullen dalen.

Het maximaal gemeten ventilatiedebiet van dataset 5 en 6 bedroeg 5,25 m³/vleeskuikenplaats/uur en een luchtwasser dient dus gedimensioneerd te worden op minimaal dit debiet om 100% van alle ammoniak door de luchtwasser te leiden. In de huidige praktijk wordt het ventilatiesysteem van een vleeskuikensstal overigens gedimensioneerd op een hoger ventilatiedebiet; de norm voor maximum ventilatie bedraagt 3,6 m³/uur per kg levend gewicht en bij een eindgewicht van 2,0 kg per vleeskuiken bedraagt de maximum ventilatie dan 7,2 m³/vleeskuikenplaats/uur.

Wanneer de omvang van de luchtwasser wordt gehalveerd, dus in plaats van een ontwerpdebiet van 5,25 m³/dierplaats/uur wordt de luchtwasser gedimensioneerd en begrensd op 2,6

m³/dierplaats/uur, volgt uit Figuur 7 dat nog steeds 95% van de uit de stal geëmitteerde ammoniak in de luchtwasser behandeld wordt. Voor een chemische wasser (rendement: 95%) zou het netto ammoniakverwijderingsrendement dan $0,95 \times 0,95 = 90\%$ bedragen en voor een biologische wasser $0,70 \times 0,95 = 66\%$.

Zelfs wanneer de omvang van de wasser met 85% zou worden teruggebracht tot een dimensioneringsdebiet van $0,75 \text{ m}^3/\text{dierplaats}/\text{uur}$, wordt bij toepassing van een chemische wasser nog juist voldaan aan de in de AMvB Huisvesting voorgeschreven emissiefactor van $0,045 \text{ kg NH}_3/\text{vleeskuikenplaats}/\text{jaar}$ (VROM, 2001). Het netto ammoniakverwijderingsrendement bedraagt dan namelijk $0,95 \times 0,46 = 44\%$; uitgaand van een emissiefactor van $0,080 \text{ kg NH}_3/\text{vleeskuikenplaats}/\text{jaar}$ voor een traditioneel huisvestingssysteem, bedraagt de emissie bij een dusdanig gedimensioneerde chemische wasser dus $0,045 \text{ kg NH}_3/\text{vleeskuikenplaats}/\text{jaar}$. Met behulp van dezelfde uitgangspunten als hiervoor vermeld voor vleesvarkens, kan uit Melse & Willers (2004) berekend worden dat een reductie van de omvang van een chemische wasser met 85% tot gevolg heeft dat de exploitatiekosten van een chemische wasser zullen dalen van EUR 0,50 tot ongeveer EUR 0,16 per dierplaats/jaar (excl. BTW, op basis van nieuwbouwstal). Dit betekent dat de exploitatiekosten van de chemische wasser met bijna 70% dalen.

Voor een biologische wasser met een ammoniakverwijderingsrendement van 70% geldt dat de omvang van de wassercapaciteit met ongeveer 80% kan worden verlaagd (dimensioneringsdebiet: $1,0 \text{ m}^3/\text{dierplaats}/\text{uur}$) om nog juist te voldoen aan de genoemde emissiefactor van $0,045 \text{ kg NH}_3/\text{vleeskuikenplaats}/\text{jaar}$. Met behulp van dezelfde uitgangspunten als hiervoor vermeld kan uit Melse & Willers (2004) berekend worden de exploitatiekosten van een biologische wasser hierdoor dalen van EUR 0,47 - 1,06 tot ongeveer EUR 0,17 - 0,59 per dierplaats/jaar (excl. BTW, op basis van nieuwbouwstal). Dit betekent dat de exploitatiekosten van de biologische wasser met 40 tot ruim 60% dalen.

Conclusie:

Door een verlaging van het dimensioneringsdebiet kan de kosteneffectiviteit (EUR/kg NH₃ verwijdering) van luchtwassers verhoogd worden. Het luchtdebiet door de wasser wordt dan begrensd waardoor af en toe een deel van de ventilatielucht ongezuiverd de stal verlaat via een 'by-pass'.

Bij een halvering van de wasseromvang neemt het ammoniakverwijderingsrendement naar verwachting af met 7 tot 10% bij vleesvarkens en met 4 tot 5% bij vleeskuikens. Om nog juist te kunnen voldoen aan de AMvB Huisvesting kan de benodigde luchtwascapaciteit waarschijnlijk worden teruggebracht met 70-80% (vleesvarkens) resp. 80-85% (vleeskuikens), hetgeen een verlaging van de exploitatiekosten betekent van 40-70%.

Bovenstaande relaties maken naar kosten en prestaties geoptimaliseerde bedrijfsoplossingen mogelijk. Hiervoor is noodzakelijk dat deze ontwikkeling gefaciliteerd wordt door aanpassing van wet- en regelgeving, op dit moment bestaat namelijk de verplichting om een luchtwasser te dimensioneren op het maximale ventilatiedebiet van een stal, en door uitvoering van nader experimenteel onderzoek om

vast te stellen of de beoogde emissiereductie van ammoniak daadwerkelijk wordt behaald bij de voorgestelde dimensioneringsgrondslagen.

2.2.2 Verlaging ventilatiedebiet stal

Een andere wijze om de kosten van een luchtwasser te beperken, is het verminderen van het ventilatiedebiet van een stal. Wanneer het ventilatiedebiet per dierplaats lager is, zal de omvang van de wasser eveneens kleiner zijn waardoor de exploitatiekosten zullen dalen.

Het ventilatiedebiet van een mechanisch geventileerde stal is in de eerste plaats gericht op het afvoeren van de warmte die in de stal wordt geproduceerd door de dieren. Het ventilatiedebiet wordt geregeld op grond van de temperatuur in de stal en het streven is de ventilatie zo in te stellen dat de ingestelde maximumtemperatuur in de stal juist bereikt wordt. Het maximum ventilatiedebiet wordt bepaald door de capaciteit van het ventilatiesysteem en het minimum ventilatiedebiet wordt bepaald door de hoeveelheid lucht die minimaal ververst moet worden om de luchtcondities in de stal met betrekking tot stof en ammoniak op een voor de dieren acceptabel niveau te houden (als indicator hiervoor wordt vaak CO₂ gehalte gebruikt).

Het actuele ventilatiedebiet wordt naast de warmteproductie van de dieren in de stal eveneens bepaald door de warmte die van buiten de stal wordt aangevoerd met de ventilatielucht (zowel voelbare als latente warmte). Wanneer de buitentemperatuur toeneemt, zal het ventilatiedebiet van de stal toenemen om de temperatuur in de stal gelijk te houden; wanneer de buitentemperatuur afneemt, zal het ventilatiedebiet van de stal afnemen tot het ingestelde minimum ventilatiedebiet. Voor vleesvarkens geldt dat het ventilatiedebiet in de praktijk varieert van 10 - 90 m³/dierplaats/uur (gemiddeld 35 m³/dierplaats/uur) (Mol, 2003). De huidige norm voor het minimale ventilatiedebiet bij vleesvarkens bedraagt gemiddeld 12 m³/dierplaats/uur (Klimaatplatform, 2002).

Koeling en recirculatie

Wanneer door koeling van de ingaande lucht en/of door koeling van de vloer voldoende warmte kan worden afgevoerd, kan het gemiddelde ventilatiedebiet van een vleesvarkensstal dus maximaal teruggebracht worden met een factor drie van gemiddeld 35 tot 12 m³/vleesvarken/uur. Het ventilatiedebiet kan nog verder teruggebracht worden dan het gangbare minimum ventilatiedebiet, door niet alleen de lucht te koelen, maar de lucht eveneens in een gesloten systeem te recirculeren en de voor de dieren schadelijke stoffen (stof, NH₃, geur, CO₂, waterdamp) uit de lucht te verwijderen in een luchtconditioneringsunit. Door dit verlaagde debiet kunnen wassers waarschijnlijk kleiner worden uitgevoerd zodat de kosten van luchtwassing afnemen. Het ontwikkelingsstadium van stalontwerpen waarin conditionering en recirculatie van lucht plaatsvinden bevinden zich nog in een experimenteel stadium.

Puntafzuiging

In stallen voor vleesvarkens en vleeskalveren treedt ammoniakemissie op vanaf de dichte vloer, vanaf de roosters en vanuit de mestkelder die zich onder de stal bevindt en via de roosters in contact staat met de lucht in de stal. De ammoniakconcentratie van de lucht die zich direct boven de dichte vloer bevindt is ongeveer 2 tot 3 maal zo laag als de ammoniakconcentratie van de lucht

die zich direct boven de roosters of in de mestkelder bevindt (Aarnink & Wagemans, 1997). De totale luchtinhoud van de stal wordt als gevolg van het in de regel aanwezige mechanische ventilatiesysteem opgemengd en verlaat via het luchtafvoerkanaal de stal. Deze luchtstroom kan eventueel in een wasser behandeld worden.

Wanneer puntafzuiging zou worden toegepast, waarbij boven of onder het rooster selectief een relatief kleine luchthoeveelheid wordt afgezogen, wordt een relatief kleine luchtstroom verkregen met een relatief hoge ammoniakconcentratie. Door deze luchtstroom te behandelen in een luchtwater en de overige ventilatielucht niet door de wasser te leiden, kan volstaan worden met een veel kleinere luchtwater dan wanneer het totale ventilatiedebiet behandeld wordt, terwijl de totale ammoniakverwijdering nog steeds hoog is. Hierdoor kan de kosteneffectiviteit (EUR/kg NH₃ verwijdering) van de luchtwater verhoogd worden.

In stalsystemen waarbij geen mechanische afzuiging wordt toegepast, zoals natuurlijk geventileerde rundveestallen, is het op dit moment nauwelijks mogelijk om luchtbehandelingstechnieken in te zetten. Echter, puntafzuiging schept voor dergelijke stalsystemen eveneens mogelijkheden door het goedkope natuurlijke ventilatiesysteem intact te laten en slecht op beperkte schaal direct boven of onder de rooster op mechanische luchtverversing toe te passen

Mogelijk zal als gevolg van puntafzuiging de totale hoeveelheid ammoniak die in de stal vrijkomt toenemen doordat de luchtsnelheid en luchtverversing aan het emitterende oppervlak toenemen. Wanneer deze lucht echter in een wasser behandeld wordt zal de netto-emissie van de stal afnemen. Nader onderzoek is noodzakelijk om de invloed van puntafzuiging op de ammoniakproductie vast te stellen.

Conclusie:

Door verlaging van het ventilatiedebiet (koeling/recirculatie/puntafzuiging) kunnen de kosten van luchtwassering sterk worden verminderd.

De markt heeft dit reeds opgepakt maar heeft nog ondersteuning vanuit het onderzoek nodig alvorens een marktrijp systeem kan gerealiseerd worden.

2.3 Energieverbruik

Zoals reeds opgemerkt in paragraaf 2.1, dragen de kosten voor het elektriciteitsverbruik in belangrijke mate bij aan de exploitatiekosten van luchtwassersystemen.

Het elektriciteitsverbruik is voornamelijk afkomstig van een waterpomp die het water in de luchtwater recirculeert en er zo voor zorgt dat het pakkingsmateriaal wordt vochtig gehouden en afbraakproducten worden afgevoerd. In het algemeen draaien deze pompen 24 uur per dag.

Het energieverbruik van de pompen kan verminderd worden door gebruik te maken van:

- een pakkingsmateriaal dat water 'vasthoudt' zodat dat dit slechts af en toe bevochtigd hoeft te worden in plaats van continu
- een drukloos systeem voor bevochtiging: in plaats van gebruik te maken van sproeiers die een bepaalde waterdruk nodig hebben wordt bijvoorbeeld gebruik gemaakt van een geperforeerde waterverdelingsplaat waar water doorheen druppelt en zo het onderliggende pakkingsmateriaal wordt bevochtigd

- een wasser die opgebouwd is uit een aantal parallel geschakelde modules: bij lage luchtdebieten wordt een aantal modules automatisch buiten werking gesteld (luchttoevoer en watertoevoer worden gesloten); bij hogere debieten worden alle modules weer gebruikt.

Sommige leveranciers van luchtwassers maken reeds gebruik van een of meerdere van de bovenstaand genoemde mogelijkheden, andere niet. Wij zijn van mening dat bij de marktpartijen de nodige kennis en ervaring aanwezig is om het initiatief te nemen tot een verdere optimalisatie van het energieverbruik.

Bedacht moet worden dat eventuele wijzigingen van de op dit moment gangbare wasserontwerpen getoetst zullen moeten worden aan de hand van metingen door een onafhankelijke instantie.

Conclusie:

Er zijn mogelijkheden om het hoge energieverbruik van luchtwassystemen te verlagen. Het bedrijfsleven beschikt over de nodige kennis en motivatie om dit te realiseren.

2.4 Spuiwater

2.4.1 Chemische wasser

Vanwege de relatief kleine hoeveelheid spuiwater die bij een chemische wasser wordt geproduceerd zijn de afzet/verwerkingskosten van dit spuiwater relatief laag en dragen deze slechts in beperkte mate bij aan de totale exploitatiekosten. Daarom wordt niet ingegaan op de mogelijkheden tot alternatieve verwerking hiervan.

2.4.2 Biologische wasser

Zoals reeds opgemerkt in paragraaf 2.1, dragen de kosten voor afzet of verwerking van het spuiwater van een biologische wasser in belangrijke mate bij aan de exploitatiekosten. Door de hoeveelheid spuiwater te verlagen kunnen deze kosten verlaagd worden.

Er bestaan verschillende mogelijkheden om de hoeveelheid spuiwater uit een biologische wasser te beperken (Melse & Willers, 2004):

Denitrificatie

In een biologische luchtwasser wordt nitraat en nitriet gevormd dat zich ophoopt in het spuiwater. De afzetkosten van het spuiwater zijn voornamelijk gebaseerd op de hoeveelheid stikstof die zich in die vorm in het spuiwater bevindt. Wanneer de biologische luchtwasser wordt gecombineerd met een denitrificatie-bassin, worden nitraat en nitriet in principe omgezet naar onschadelijk N_2 en kan het water grotendeels gerecirculeerd in plaats van geloosd worden.

Uiteindelijk zal wel enig spuiwater resteren, maar dat zal een veel kleiner volume betreffen en een veel lager stikstofgehalte hebben zodat dit water tegen veel lagere kosten afgezet of, wanneer N -Kjeldahl < 200 mg/l, zonder emissie-beperkende maatregelen aangewend kan worden (VROM, 1998). Bedacht moet worden dat tijdens denitrificatie naast N_2 ongewenste gassen kunnen

ontstaan zoals N_2O (een zeer sterk broeikasgas) zodat een goede procescontrole en -sturing (zie hoofdstuk 4) noodzakelijk is.

In de praktijk wordt denitrificatie van het recirculatiewater van biologische wassers reeds toegepast. De indruk bestaat echter dat de procescontrole en -sturing hierbij vaak tekort schiet wat als gevolg heeft dat de ammoniakverwijdering van de wasser groot gevaar loopt.

Concentreren / recirculeren

Een andere manier om de hoeveelheid spuiwater te reduceren is het concentreren van het spuiwater, bijvoorbeeld met behulp van membraantechnologie. De bedoeling is om zo een concentraat en een permeaat te maken. Het concentraat, met een relatief klein volume, zal als meststof afgezet moeten worden; het permeaat, met een relatief groot volume en grotendeels ontdaan van nitriet en nitraat, kan in de luchtwasser worden gerecirculeerd. Nader onderzoek is noodzakelijk om deze techniek verder te ontwikkelen en te bepalen of de extra kosten van concentrering opwegen tegen de verlaging van de afzetkosten van het spuiwater.

Conclusie:

De kosten van spuiwaterafzet (biologische wasser) kunnen omlaaggebracht worden door gebruik van nitrificatie of membraantechnologie. Voor toepassing nitrificatie is goede procescontrole, voor toepassing membraantechnologie is nader onderzoek noodzakelijk.

3 Toelatingsprocedure

Wanneer het Ministerie van VROM een willekeurig luchtwassysteem erkent als emissiearm stalsysteem wordt het systeem opgenomen in de Regeling ammoniak en veehouderij (Rav) (VROM, 2002) en wordt aan het systeem een emissiefactor voor ammoniak toegekend. Wanneer het gaat om een luchtwasser met een ammoniakverwijderingsrendement van 70% of lager, wordt het systeem normaliter opgenomen in de Rav na uitvoering van een theoretische toetsing van het ontwerp door een onafhankelijke instelling; in de praktijk wordt deze toetsing meestal uitgevoerd door Agrotechnology & Food Innovations. Wanneer de leverancier van de luchtwasser een erkenning nastreeft voor een ammoniakverwijderingsrendement hoger dan 70% (bijvoorbeeld 90 of 95%), dan dient de werking van het systeem daadwerkelijk aangetoond te worden aan de hand van een uitgebreid meetprogramma volgens een vastgesteld protocol (bekend als het 'Groen Label' protocol); in dit geval voldoet een theoretische toetsing niet. De theoretische toetsing is destijds ingevoerd om de erkenning van een wasser te vergemakkelijken door geen meetprogramma meer voor te schrijven voor een wasser met een ammoniakverwijderingsrendement van 70% of lager.

In de theoretische toetsing wordt op theoretische basis bepaald of het ontwerp van de leverancier naar alle waarschijnlijkheid zal voldoen aan de vereiste ammoniakverwijdering. Een dergelijke toetsing bestaat uit twee elementen:

- Op grond van de eigenschappen van het in de wasser gebruikte pakkingsmateriaal en de door de leverancier beschreven procescondities wordt theoretisch afgeleid hoe groot de wasser dient te zijn om onder optimale omstandigheden bij een constante belasting het gewenste ammoniakverwijderingsrendement te bereiken.
- Aangezien in de praktijk geen sprake is van optimale condities en omdat luchtdebiet en ammoniakconcentratie variëren, wordt de theoretisch berekende wasseromvang vermenigvuldigd met een veiligheidsfactor van 1,5 á 2. De hieruit volgende wasseromvang wordt vereist gesteld om te garanderen dat de wasser ook onder praktijkcondities kan voldoen aan het vereiste ammoniakverwijderingsrendement.

Deze procedure kent echter een drietal beperkingen:

- Vaak zijn de **eigenschappen** van het in de wasser gebruikte **pakkingsmateriaal** slechts deels bekend, waardoor een theoretische berekening van de wasseromvang alleen kan gemaakt worden door hiervoor aannames te doen.
- De **veiligheidsfactor** die gehanteerd wordt heeft geen theoretische basis en bovendien zijn in het algemeen geen metingen beschikbaar om de waarde van de gebruikte veiligheidsfactor te ondersteunen. Wanneer de op dit moment gehanteerde veiligheidsfactor te hoog zou blijken te zijn, worden de kosten van luchtwassing hierdoor in sterke mate verhoogd. Aan de andere kant zou in de praktijk kunnen blijken dat de gehanteerde veiligheidsfactor te laag is.
- Eén van de problemen die kan optreden bij de toepassing van luchtwassers is vroegtijdige **verstopping van het filtermateriaal** als gevolg van ophoping van stof of het optreden van biomassa-groei in het systeem. Een theoretische evaluatie is echter niet voldoende om vast te stellen of het ontwerp en de procesvoering deze verstopping in voldoende mate zullen

voorkomen bij praktijktoepassing van het systeem. Hiervoor zijn de verschillen in luchtconditie tussen de verschillende stallen te groot. In de huidige theoretische beoordeling wordt er daarom niet getoetst op het aspect van verstopping van het pakkingsmateriaal en wordt de verantwoordelijkheid hiervoor geheel bij de leverancier neergelegd.

Zo leidt de procedure van theoretisch toetsing er mogelijk toe dat wassers veel groter worden gedimensioneerd dan noodzakelijk zou zijn wanneer voldoende informatie beschikbaar is. Om de ontbrekende gegevens met betrekking tot de eigenschappen van het gebruikte pakkingsmateriaal alsnog vast te stellen en om de waarde van de veiligheidsfactor te onderbouwen is het echter noodzakelijk metingen uit te voeren aan functionerende wassersystemen, op laboratorium- dan wel op praktijkschaal. In het kader van controle en vergunninghandhaving (zie ook hoofdstuk 4) worden in de regel weinig metingen gedaan aan in de praktijk draaiende wassers zodat ook vanuit deze hoek een terugkoppeling naar de theoretische toetsing ontbreekt.

Conclusie:

Vanwege beperkingen aan de theoretische toetsing van waterontwerpen die uitgevoerd wordt in het kader van opname van een systeem in de Rav, wordt gebruik gemaakt van een veiligheidsmarge die er toe leidt dat de omvang van een wasser sterk toeneemt. Het is wellicht kostenefficiënter om de huidige toetsingsprocedure aan te vullen met of te vervangen door een meet- en monitoringsprogramma op laboratorium- en/of praktijkschaal. Dit zou er namelijk toe kunnen leiden dat wassers kleiner gedimensioneerd kunnen worden waardoor investerings- en exploitatiekosten dalen en tegelijkertijd de goede werking van de systemen wordt gewaarborgd door monitoring in de praktijk. De huidige procedure van theoretische toetsing dient daarom geëvalueerd en eventueel aangepast te worden

De problematiek van dit hoofdstuk wordt in meer detail besproken in de publicatie van Melse & Willers (2005) die in Bijlage 4 is opgenomen.

4 Procesbewaking en handhaving

Om er zeker van te zijn dat luchtwassystemen in de praktijk naar behoren functioneren en blijven functioneren, is het noodzakelijk dat er een doeltreffend systeem van controle en onderhoud wordt toegepast. Het is niet voldoende te weten dat een luchtwassysteem goed functioneert op het moment dat het juist geïnstalleerd is. Voor de luchtwassystemen die opgenomen zijn in de Regeling ammoniak en veehouderij (VROM, 2002) geldt dat de veehouder verplicht is een onderhoudscontract en een adviescontract af te sluiten met de leverancier van de luchtwasser. In dit contract moeten in ieder geval de volgende zaken geregeld zijn (Scholtens, 1996; Stichting Groen Label, 2000):

- Jaarlijkse controlebeurt door de leverancier
- Wekelijkse controle van pH waswater, waswaterdebiet en verdeling over pakket, spui- en ventilatiedebiet
- Incidenteel reinigen van het luchtwassysteem

Daarnaast moet de werking van het systeem door een onafhankelijke inspectie worden gecontroleerd waarbij metingen worden uitgevoerd van het spuidebiet, de pH en het spuiwatergehalte van NH_4^+ en SO_4^{2-} (chemische water) respectievelijk N-totaal, NO_2^- en NO_3^- (biologische water).

Desalniettemin wordt bovenstaand meetprogramma in de praktijk vaak niet (volledig) uitgevoerd en is door het ontbreken van rendementsmetingen voor de gebruiker en de handhaver onduidelijk of het systeem naar behoren werkt.

Daarom bestaat er een grote behoefte aan meetsystemen die een integraal onderdeel vormen van het luchtwassysteem en in staat zijn om (semi-)continu het proces te monitoren, de meetgegevens op te slaan en in geval van problemen alarm te slaan.

Trefwoorden van een dergelijk monitoringssysteem zijn:

- robuust
- onderhoudsarm
- fraudebestendig
- eenvoudig op afstand uitleesbaar (bijvoorbeeld via GSM-modemverbinding) zodat ook de vergunninghandhaver controles kan uitvoeren
- betaalbaar
- voldoende betrouwbaar.

Het meetsysteem dient in ieder geval een (semi-)continue meting van de ingaande en uitgaande ammoniakconcentratie te omvatten; daarnaast moet het monitoringssysteem kunnen registreren of de installatie in normaal bedrijf is (o.a. draaiuren pompen, ventilator). Indien mogelijk dienen ook belangrijke procesparameters met betrekking tot het spuiwater gemeten te worden (pH, elektrische geleidbaarheid en spuiwaterdebiet). Voor (semi-)continue meting van de ammoniakverwijdering dient een geschikte sensor ontwikkeld te worden; voor de overige metingen is reeds geschikte apparatuur beschikbaar.

In het geval er gebruikt wordt gemaakt van een systeem dat het luchtdebiet door de water begrenst met behulp van een 'by-pass' (zie paragraaf 2.2.1), dienen de parameters daarvan te

worden geregistreerd. Voor het opzetten van het automatisch procesbewakingssysteem is reeds voldoende apparatuur en kennis beschikbaar.

Conclusie:

Er is behoefte aan een robuust, betrouwbaar, fraudebestendig en betaalbaar procesbewakingssysteem (registratie en alarmering) dat eveneens t.b.v. vergunninghandhaving kan gebruikt worden.

Voor (semi-)continue meting van de ammoniakverwijdering dient daarom een nieuwe sensor ontwikkeld te worden; voor overige metingen is reeds geschikte apparatuur beschikbaar.

5 Geur

Naast ammoniakverwijdering wordt in een luchtwasser ook een deel van de geur verwijderd. Het geurverwijderingsrendement van wassers bedraagt circa 40-50% voor een biologische wasser en circa 30% voor een chemische wasser (Ogink & Lens, 2000; Mol & Ogink, 2002); het geurverwijderingsrendement is daarmee veel lager dan het ammoniakverwijderingsrendement voor gangbare wassystemen dat voor biologische wassers circa 70% en voor chemische wassers circa 95% bedraagt. Ook blijkt dat het geurverwijderingsrendement in de tijd sterk kan variëren (Melse & Mol, 2004).

Gezien de nadruk die steeds meer gaat liggen op het verlagen van geuremissie uit de veehouderij is het wenselijk dat de gemiddelde geurverwijdering van luchtwassers wordt verhoogd en dat fluctuaties worden voorkomen.

Voor het verhogen van het geurverwijderingsrendement worden verschillende mogelijkheden gezien (Melse & Willers, 2004):

- Naschakeling van bestaande technieken, bijvoorbeeld een biofilter, of een oxidatiestap (bijvoorbeeld UV licht of chemisch).
- Verbetering van de huidige generatie wassers door aanpassingen van de processturing en het ontwerp. Vooralsnog zijn de processturing en het ontwerp alleen gericht geweest op optimalisatie van de ammoniakverwijdering, zodat hier nog winst valt te behalen voor verbetering van de geurverwijdering.
- Ontwikkeling van nieuwe luchtwestechnieken en (nageschakelde) technieken die niet alleen gericht zijn op NH_3 verwijdering, maar ook op geurverwijdering. Dergelijke nieuwe technieken zouden als alternatief voor de huidige luchtwassers kunnen toegepast worden.

Op dit moment is Agrotechnology & Food Innovations als projectpartner betrokken bij een recentelijk ingediend EU-project dat zich richt op verlagen van de geuremissie van de veehouderij door middel van luchtbehandeling. Het is de bedoeling om bovenstaande ideeën daarin verder uit te werken.

Conclusie:

Er bestaan mogelijkheden om het relatief lage geurverwijderingsrendement van wassers te verhogen. Er is op dit gebied echter nog weinig onderzoek gedaan. Het is van belang om hieraan prioriteit te geven binnen de onderzoeksagenda.

6 Conclusie

Met betrekking tot toepassing van luchtwassers binnen de intensieve veehouderij bestaan de volgende knelpunten:

1. De hoge investerings- en exploitatiekosten van ammoniakwassers, die grootschalige toepassing van luchtwassers binnen de intensieve veehouderij in de weg staan.
2. Beperkingen van de huidige procedure die wordt toegepast voor toelating van wassersystemen met een ammoniakrendement van $\leq 70\%$ in de Regeling ammoniak en veehouderij.
3. Het ontbreken van voldoende procesbewaking van in de praktijk draaiende luchtwassers waardoor handhaving moeilijk is.

In Tabel 5 worden deze aspecten nader uitgewerkt en aangegeven wordt op welke manier deze knelpunten opgelost kunnen worden, op welke termijn deze oplossingen kunnen worden toegepast en wat het belang van het oplossen van het betreffende knelpunt is om het gebruik van luchtwassers succesvol ingang te kunnen doen vinden binnen de Nederlandse intensieve veehouderij.

Tabel 5. Knelpunten en oplossingen met betrekking tot toepassing van luchtwassers binnen de intensieve veehouderij.

Knelpunt	Oplossing	Termijn	Belang
1. Hoge kosten			
- Dimensionering	Pieken doorlaten	kort	+++
	Koelen, recirculatie, puntafzuiging	middellang	+
- Energieverbruik	Innovatie bevochtigingssysteem	middellang	+
- Afzet spuiwater (*)	Denitrificatie	middellang	+
	Membraantechnologie	lang	+
2. Toelatingsprocedure Rav bij rendement $\leq 70\%$	Uitbreiden/vervangen door meetprogramma	kort	++
	Opzetten en effectueren monitoringsprotocol	middellang/ lang	+++
3. Procesbewaking onvoldoende, handhaving moeilijk	Ontwikkeling geschikte NH ₃ -sensor	middellang/ lang	++
	Automatische meting van spuiwater parameters	kort	++
	Ontwikkeling procesbewakings- en registratiesysteem	middellang	++

(*) Dit geldt specifiek voor een biologische wasser.

Ad 1:

Met name het kleiner dimensioneren van wassers ('pieken doorlaten') heeft grote potenties om kosten te verlagen: door het luchtdebiet door de wasser te begrenzen en een deel van de ventilatielucht ongezuiverd de stal te laten verlaten via een 'by-pass' kan een sterke verlaging van de omvang en dus van de kosten van luchtwassystemen bereikt worden. Het gevolg voor het gemiddelde ammoniakverwijderingsrendement lijkt slechts gering.

Zo leidt halvering van de op dit moment gangbare dimensionering voor een chemische wasser waarschijnlijk tot een daling van het ammoniakverwijderingsrendement van slechts 7 tot 10% bij vleesvarkens en 4 tot 5% bij vleeskuikens. Om nog juist te kunnen voldoen aan de AMvB Huisvesting kan, uitgaand van een emissiefactor van 2,5 kg NH₃/vleesvarkensplaats/jaar en 0,080 kg NH₃/vleeskuikenplaats/jaar, de luchtwascapaciteit worden teruggebracht met 70-80% (vleesvarkens) resp. 80-85% (vleeskuikens). De exploitatiekosten, als optelsom van de vaste kosten van de investering en de gebruikskosten, zullen hierdoor naar verwachting dalen met 40 tot 60% voor een biologische wasser en 60 tot 70% voor een chemische wasser.

Bovenstaande ontwikkeling is alleen mogelijk indien deze gefaciliteerd wordt door aanpassing van wet- en regelgeving: op dit moment bestaat namelijk de verplichting om een luchtwasser te dimensioneren op het maximale ventilatiedebiet van een stal. Daarnaast is aanvullend onderzoek nodig om enerzijds experimenteel vast te stellen of de gewenste emissiereducties inderdaad behaald worden wanneer wassers kleiner worden gedimensioneerd in combinatie met een by-pass systeem en anderzijds vast te stellen op welke manier een dergelijk luchtwassysteem gecombineerd kan worden met een betrouwbaar en fraudebestendig registratie- en controlesysteem (zie Ad 3).

Ad 2:

De theoretische toetsing ten behoeve van toelating van ammoniakwassers met een rendement van 70% of kleiner kent een aantal beperkingen. In deze toetsing wordt gebruik gemaakt van een veiligheidsmarge die er toe leidt dat de omvang van een wasser met een factor 1,5 tot 2 toeneemt. Het is wellicht kostenefficiënter om de huidige toetsingsprocedure aan te vullen met of te vervangen door een meet- en monitoringsprogramma op laboratorium- en/of praktijkschaal. Dit zou er namelijk toe kunnen leiden dat wassers kleiner gedimensioneerd worden waardoor investerings- en exploitatiekosten dalen. De huidige procedure van theoretische toetsing dient daarom geëvalueerd en eventueel aangepast te worden. De goede werking van luchtwassystemen in de praktijk dient tenslotte gewaarborgd te worden door doeltreffende controle en monitoring (zie Ad 3).

Ad 3:

Om de goede werking van een luchtwassysteem in de praktijk te waarborgen bestaat behoefte aan een robuust, betrouwbaar, fraudebestendig en betaalbaar procesbewakingssysteem (registratie en alarmering) dat eveneens ten behoeve van vergunninghandhaving kan gebruikt worden.

Gezien de voorgestelde ontwikkeling van systemen die gebruik maken van een 'by-pass' (zie Ad 1) en het op scherp stellen van de dimensioneringsgrondslagen van wassers (zie Ad 2) wordt de wenselijkheid van effectieve controle en handhaving alleen nog maar vergroot.

Voor (semi-)continue meting van de ammoniakverwijdering dient een nieuwe sensor ontwikkeld te worden; voor overige metingen is reeds geschikte apparatuur beschikbaar.

Het is realistisch om te veronderstellen de exploitatiekosten van luchtwassystemen (EUR/dierplaats/jaar) als gevolg van het doorlaten van piekbelastingen met 40 tot 70% kunnen verlaagd worden. Hierdoor kan een impuls worden gegeven aan de toepassing van luchtwassers binnen de Nederlandse veehouderij. De realisatie van een dergelijke nieuwe generatie luchtwassystemen behoeft een gezamenlijke inspanning van overheid, onderzoek en bedrijfsleven.

Literatuur

- Aarnink, A.J.A.; Wagemans, M.J.M. (1997) Ammonia volatilization and dust concentrations as affected by ventilation systems in houses for fattening pigs. Transactions of the ASAE, vol. 40 (4), pp. 1161-1170.
- Bodde, R. (2000) Prefab stal vrijwel zonder uitstoot van ammoniak. Boerderij / Varkenshouderij 85, no. 12, pp. 20-21.
- Ellen, H.; Evers, E.; Bosma, A.J.J.; Leeuw, de, M.T.J. (2004) Kosteneffectiviteit luchtwassers. Animal Sciences Group/Praktijkonderzoek, Lelystad. *In voorbereiding*.
- Groenestein, C.M.; Huis in 't Veld, J.H.W. (1996) Praktijkonderzoek naar de ammoniakemissie van stallen XXVII. Vleesvarkensstal met koeling van mestoppervlak in de kelder. Rapport 96-1003. IMAG-DLO, Wageningen.
- Hol, J.M.G.; Groot Koerkamp, P.W.G. (1998) Praktijkonderzoek naar de ammoniakemissie van stallen XXXX. Vleeskuikenstal met verwarming en koeling van de vloer met strooisel. Rapport 98-1004. IMAG-DLO, Wageningen.
- Huis in 't Veld, J.H.W.; Groenestein, C.M. (1995) Praktijkonderzoek naar de ammoniakemissie van stallen XXIV. Vleesvarkensstal met verdunning van mest door opvang in ammoniakvrije vloeistof. Rapport 95-1007. IMAG-DLO, Wageningen.
- Klimaatplatform (2002) Klimaatinstellingen varkensstallen. Varkens 77, 3 september 2002.
- Lund, H. (1984) Test Reference Years (TRY). Weather data sets for computer simulations of solarenergy systems and energy consumption. Technical University of Denmark, Thermal Insulation Laboratory, Kongens Lyngby, Denmark.
- Melse, R.W.; Mol, G. (2004) Odour and ammonia removal from pig house exhaust air using a biotrickling filter. Water Sci Tech Vol 50 No 4 pp 275 - 282.
- Melse, R.W.; Willers, H.C. (2004) Toepassing van luchtbehandelingstechnieken binnen de intensieve veehouderij. Fase 1: Techniek en kosten. Rapport 029. Agrotechnology & Food Innovations, Wageningen UR, Wageningen. ISBN 90-6754-739-5.
- Melse, R.W.; Willers, H.C. (2005) Theoretical Evaluation of Ammonia Scrubbers for Governmental Approval. 7. Internationale Tagung "Bau, Technik und Umwelt in der wirtschaftlichen Nutztierhaltung", März 2-3, 2005, Braunschweig, Deutschland.
- Mol, G. (2003) Persoonlijke mededeling. Cijfers zijn gebaseerd op database van door IMAG gemeten ventilatiedebieten (gepubliceerd in diverse rapporten). IMAG, Wageningen.
- Mol, G.; Ogink, N. W. M. (2002) Geuremissies uit de veehouderij II. Overzichtsrapportage 2000-2002. Rapport 2002-09. IMAG, Wageningen.
- Mosquera, J.; Hol, J.M.G.; Ogink, N.W.M. Analyse ammoniakemissieniveaus van praktijkbedrijven in de varkenshouderij (1990-2003). Rapport 312. Agrotechnology & Food Innovations, Wageningen UR, Wageningen. ISBN 30-6754-874.
- Ogink, N. W. M.; Lens, P. N. (2001) Geuremissies uit de veehouderij I. Overzichtsrapportage 1996-1999. Rapport 2001-14. IMAG, Wageningen.
- Satter, I.H.G.; Hol, J.M.G.; Huis in 't Veld, J.H.W.; Groenestein, C.M. (1997) Praktijkonderzoek naar de ammoniakemissie van stallen XXXIV. Vleesvarkensstal met mestverwijdering door spoelen met dunne mestfractie via spoelgoten. Rapport 97-1004. IMAG-DLO, Wageningen.

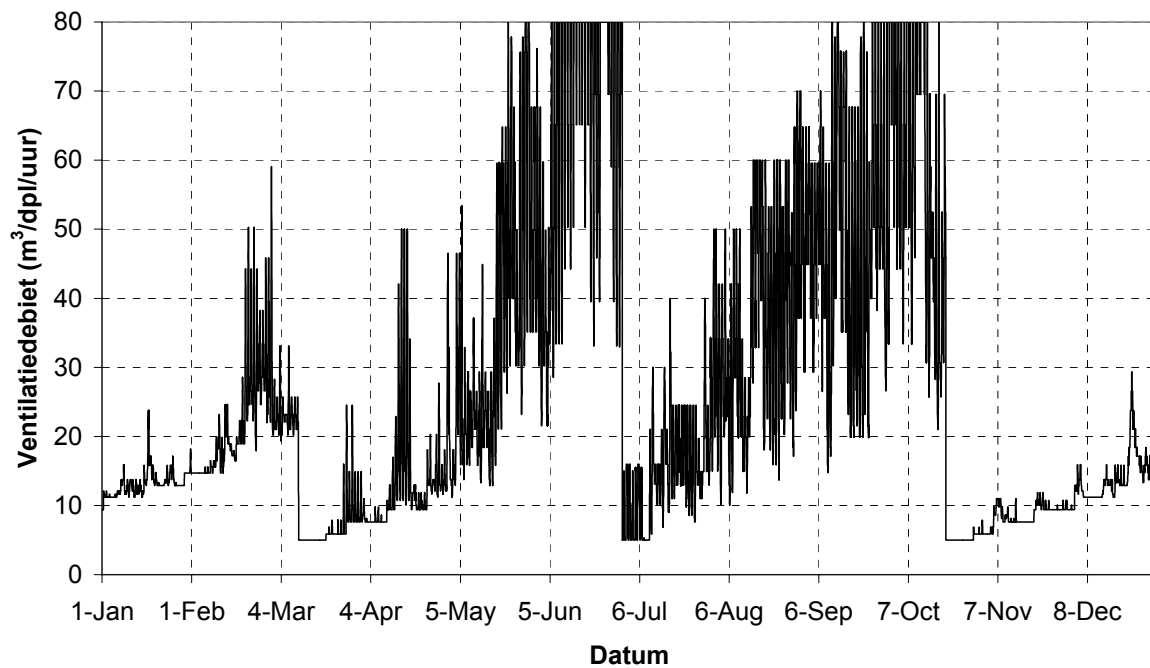
- Tolsma, A. (2000) BB Air system. Biological and bacterial air recycling system. Symposium "De varkensstal van de toekomst", georganiseerd door IMAG, PV en WU. 8 juni 2000, WICC, Wageningen.
- Van Ouwerkerk, E.N.J. (1999) ANIPRO klimaat- en energiesimulatiesoftware voor stallen. Nota V99-109. IMAG, Wageningen.
- Van Wagenberg, A.V.; Vermeij, I. (2001) Energiegebruik en kosten van centrale afzuiging en afzuiging per afdeling in varkensstallen. ISSN 0169-3689. Rapport 218. Praktijkonderzoek Veehouderij, Lelystad.
- VROM (1998) Vrijstellingsregeling waterige fracties en reinigingswater 1998 (DWL/97580839). Staatscourant 1998, nr. 26.
- VROM (2001) Ontwerp-Besluit ammoniakemissie huisvesting veehouderij. Staatscourant 23 mei 2001, nr. 99, en de hierbij behorende wijzigingen van recenter datum (ook bekend onder de naam "AMvB Huisvesting").
- VROM (2002) Regeling ammoniak en veehouderij (Rav). Staatscourant 1 mei 2002, nr. 82.
- VROM en LNV (1996) Beoordelingsrichtlijn in het kader van Groen Label stallen, uitgave maart 1996. Publicatie van de Ministeries van Volksgezondheid, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer en Landbouw, Natuurbeheer en Visserij, Den Haag.
- Wever, A.C.; Huis in 't Veld, J.W.H. (1999) Onderzoek naar de ammoniakemissie van stallen XLV. Vleeskuikenstal met isolatie en ventilatie volgens het VEA-concept. Rapport 99-09. IMAG, Wageningen.

Bijlage 1

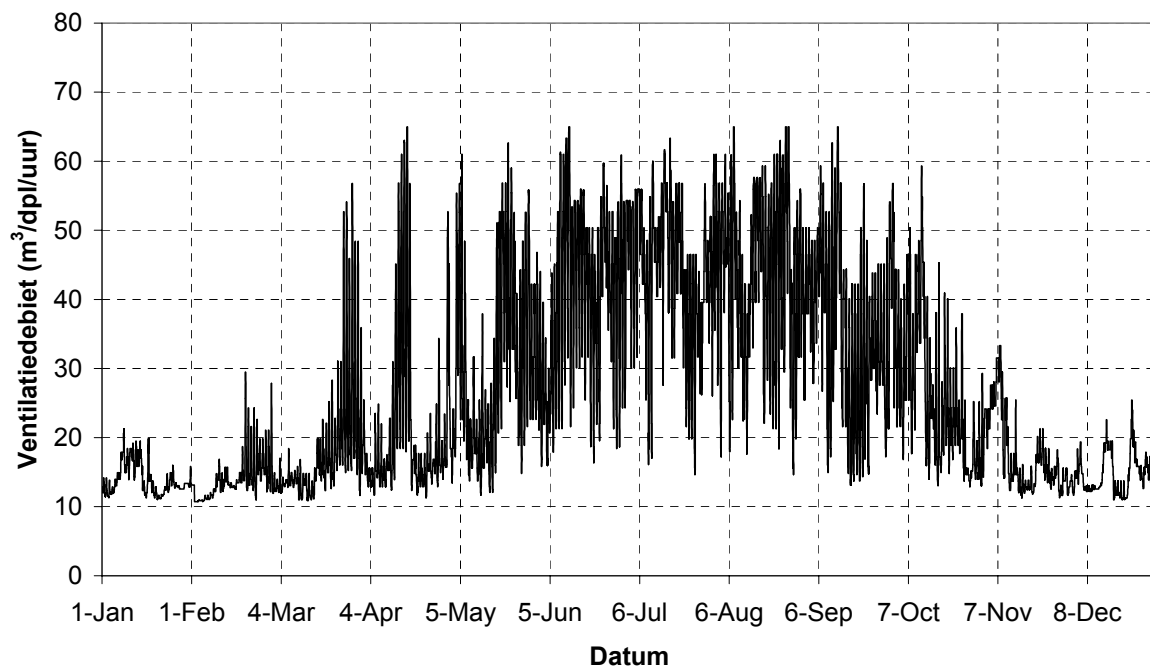
Tabel B. Omschrijving datasets traditionele stalsystemen.

Dataset	Meetperiode	Diersoort	Aantal dierplaatsen	Referentie
1	Ronde 1: 13-3 t/m 9-7-1996	Vleesvarkens	130	Satter <i>et al.</i> , 1997
	Ronde 2: 17-7 t/m 18-11-1996	Vleesvarkens	130	
2	15-7 t/m 9-11-1995	Vleesvarkens	110	Groenestein & Huis in 't Veld, 1996
3	Ronde 1: 4-6 t/m 10-10-2002	Vleesvarkens	80	In voorbereiding
	Ronde 2: 23-10-2002 t/m 16-1-2003	Vleesvarkens	80	
4	1-6 t/m 28-9-1994	Vleesvarkens	64	Huis in 't Veld & Groenestein, 1995
5	Ronde 1: 22-7-1998 t/m 31-08-1998	Vleeskuikens	41.040	Wever & Huis in 't Veld, 1999
	Ronde 2: 16-10-1998 t/m 23-11-1998	Vleeskuikens	40.630	
6	Ronde 1: 11-07-1997 t/m 20-08-1997	Vleeskuikens	11.925	Hol & Groot Koerkamp, 1998
	Ronde 2: 02-09-1997 t/m 13-10-1997	Vleeskuikens	10.900	
	Ronde 3: 25-10-1997 t/m 05-12-1997	Vleeskuikens	11.000	
	Ronde 4: 24-07-1998 t/m 02-09-1998	Vleeskuikens	10.865	

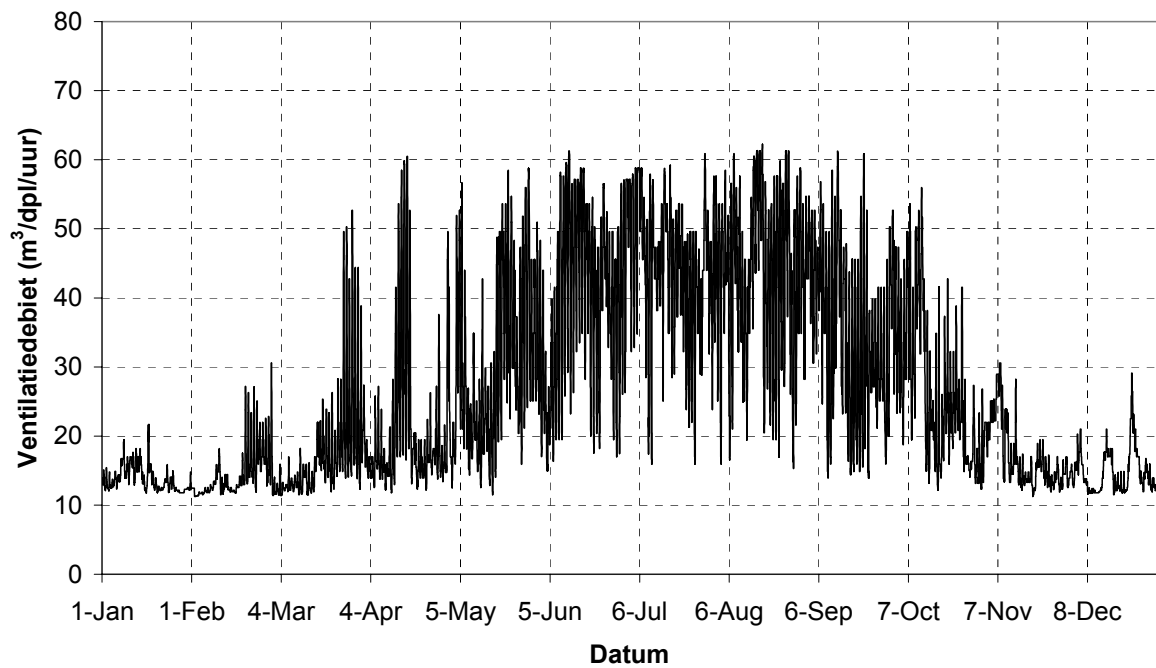
Bijlage 2



Figuur A. Simulatie van het ventilatiedebiet van 1 afdeling met vleesvarkens (elke 112 dagen wordt de afdeling opgelegd).

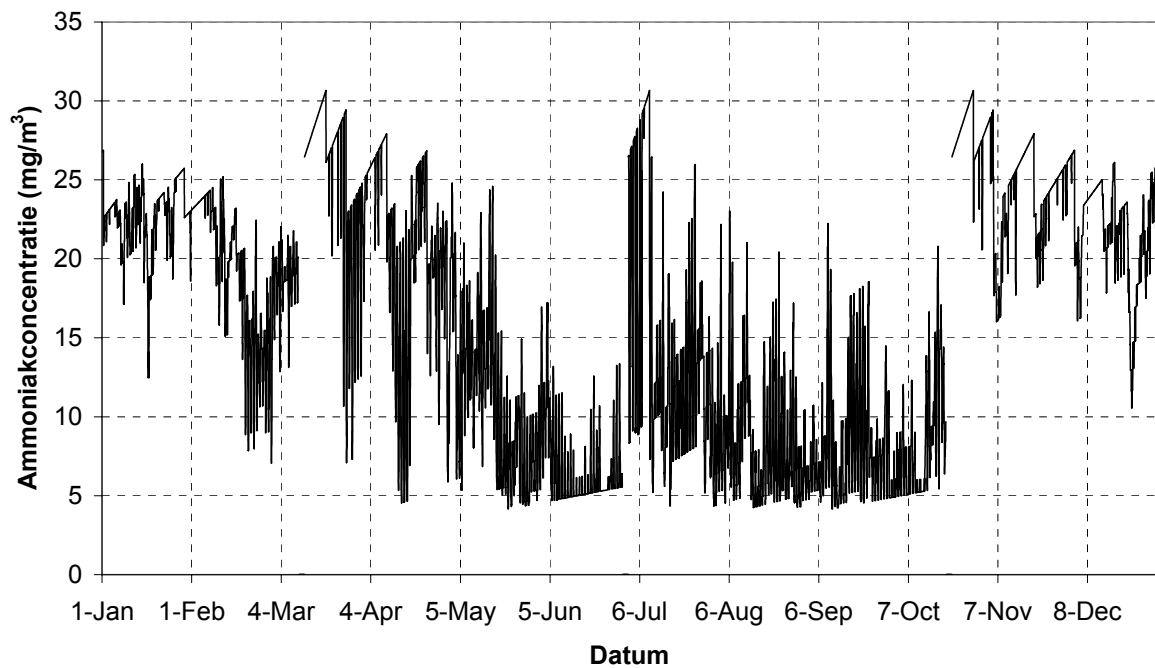


Figuur B. Simulatie van het gemiddelde ventilatiedebiet van een centraal afzuigstelsel voor 6 afdelingen met vleesvarkens (elke 18 dagen wordt een afdeling opgelegd).

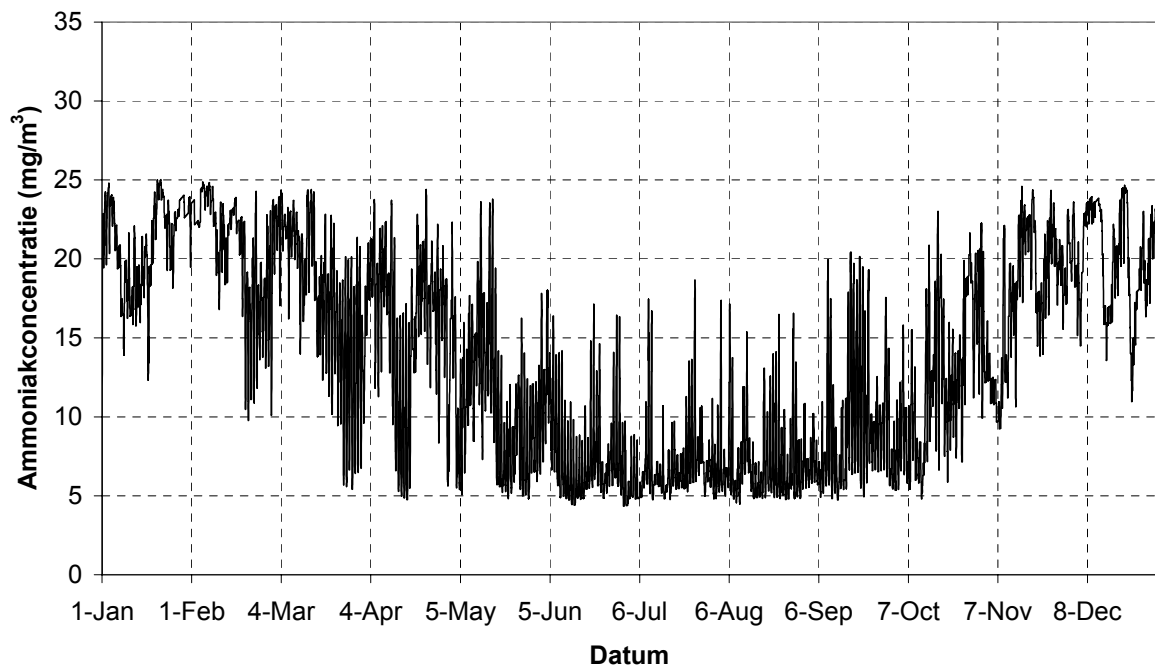


Figuur C. Simulatie van het gemiddelde ventilatie-debiet van een centraal afzuigstelsel voor 12 afdelingen met vleesvarkens (elke 9 dagen wordt een afdeling opgelegd).

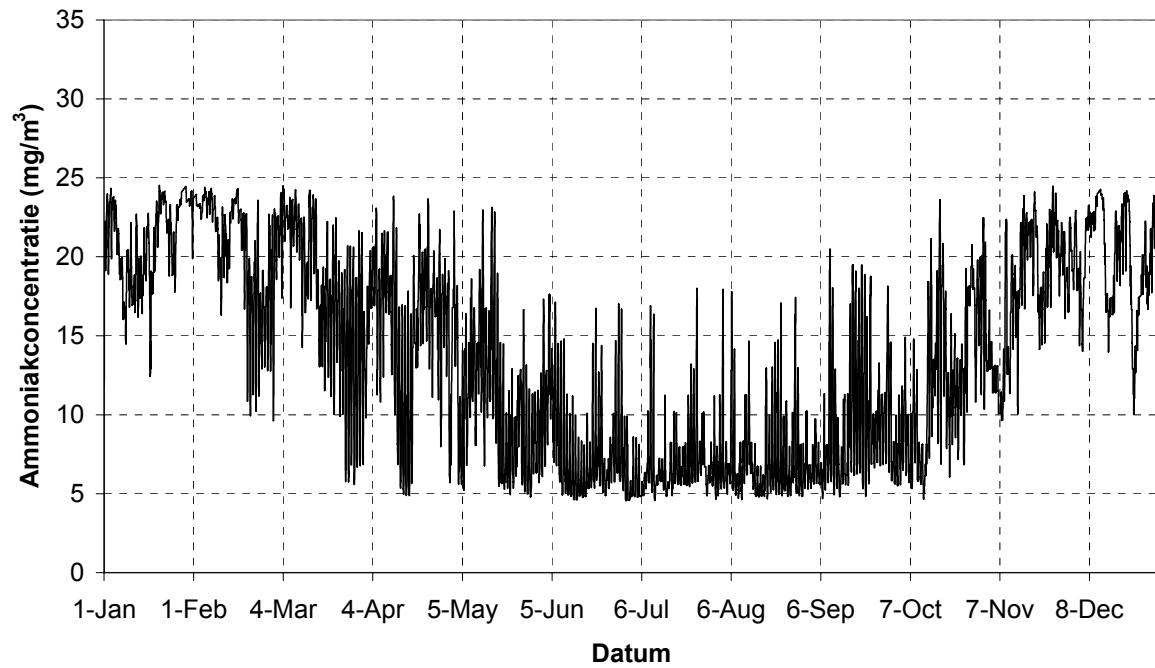
Bijlage 3



Figuur D. Simulatie van de ammoniakconcentratie van de ventilatielucht van 1 afdeling met vleesvarkens (elke 112 dagen wordt de afdeling opgelegd).



Figuur E. Simulatie van de ammoniakconcentratie van de ventilatielucht van een centraal afzuigstelsel voor 6 afdelingen met vleesvarkens (elke 18 dagen wordt een afdeling opgelegd).



Figuur F. Simulatie van de ammoniakconcentratie van de ventilatielucht van een centraal afzuigstelsel voor 12 afdelingen met vleesvarkens (elke 9 dagen wordt een afdeling opgelegd).

Bijlage 4

Theoretical Evaluation of Ammonia Scrubbers for Governmental Approval

(Theoretische Evaluation von Ammoniak-wäschern für die staatliche Genehmigung)

by

Roland W. Melse and Hans C. Willers

**Paper presented at the 7. Internationale Tagung "Bau, Technik und Umwelt
in der wirtschaftlichen Nutztierhaltung", März 2-3, 2005, Braunschweig,
Deutschland**

Theoretische Evaluation von Ammoniak-wäschern für die staatliche Genehmigung

Theoretical evaluation of ammonia scrubbers for governmental approval

MELSE, ROLAND W.; WILLERS, HANS C.

WAGENINGEN UR, AGROTECHNOLOGY & FOOD INNOVATIONS (A&F), PO BOX 17, 6700 AA WAGENINGEN, NETHERLANDS; E-MAIL: ROLAND.MELSE@WUR.NL

SCHLÜSSELWÖRTER: AMMONIAK ENTFERNUNG, WÄSCHER, VIEHHALTUNG
KEYWORDS: AMMONIA REMOVAL, SCRUBBER, ANIMAL HUSBANDRY

Zusammenfassung

In den Niederlanden sind rund 200 Biowäscher und Säurewäscher im Einsatz um die Ammoniak Emission von Ställen zu reduzieren. Das Genehmigungsverfahren für die Markteinführung eines neuen Wäscher-systems besteht aus einer theoretischen Evaluation des Wäscherkonzeptes, wenn die NH₃ Entfernung $\leq 70\%$ beträgt (normalerweise ein Biowäscher), und aus einem Messprogramm, wenn die NH₃ Entfernung $\geq 70\%$ beträgt (normalerweise ein Säurewäscher mit 90-95% NH₃ Entfernung). Allerdings ist die theoretische Evaluation aufgrund der schlechten Qualität oder den Mangel an bestimmten Inputparametern eingeschränkt, was eine Überdimensionierung des Wäschers zur Folge hat mit daran verbundenen hohen Investitions- und Gebrauchskosten. Es ist wahrscheinlich kostensparender um die momentan notwendige theoretische Evaluation durch ein experimentelles Untersuchungsprogramm zu ersetzen. Das würde voraussichtlich zu kleineren Wäschergrößen führen. Gleichzeitig kann eine ausreichende Ammoniak Entfernung unter Praxisbedingungen durch regelmäßige Instandhaltung und ein Wartungsprogramm, welches zur Kontrolle des Wäschers sowieso ausgeführt werden muss, garantiert werden.

Summary

In the Netherlands, about 200 biological and acid scrubbers are in operation for reduction of ammonia emission from animal houses. The procedure for governmental approval of market introduction of a new scrubber system consists of a theoretical evaluation of the scrubber design if NH₃ removal $\leq 70\%$ (usually a bioscrubber), and of a measuring program if NH₃ removal $> 70\%$ (usually an acid scrubber with 90-95% removal). However, the theoretical evaluation appears to have shortcomings due to the poor quality or absence of required input parameters, which may lead to oversized scrubbers resulting in high investment and operational costs. This can only be overcome by conducting a measuring program. It might be more cost-effective to replace the currently required theoretical evaluation by an experimental and monitoring program. This would probably lead to smaller scrubber size. Sufficient ammonia removal under field conditions can be guaranteed through a maintenance and inspection program that has to be carried out anyway to check if the scrubber is properly operated.

Introduction

In the Netherlands, intensive livestock farmers are obliged to implement low-emission housing systems in order to reduce ammonia emissions. Before field implementation, each system has to be acknowledged by the Ministry of Spatial Planning, Housing and the Environment (VROM). After acknowledgement, a system is included in an official list of approved systems, called the RAV list ('Regeling Ammoniak en Veehouderij') (VROM, 2002). This list includes treatment techniques for exhaust air of mechanically ventilated animal houses, *i.e.* biological scrubbers (or: biotrickling filters) and acid scrubbers. Presently, approximately 45 biological and 160 chemical scrubbers are in operation for ammonia removal in Dutch livestock farming.

Both biological and acid scrubbers consist of a reactor that is filled with packing material. Water is sprayed on top of the packed bed and partly recirculated. Another part is discharged and replaced by fresh water. Air contaminated with ammonia is forced through the filter bed resulting in intensive contact between air and water enabling ammonia transfer from gas to liquid phase.

In a biological scrubber, ammonia transfer from gas to liquid phase is followed by microbial oxidation to nitrite and nitrate (nitrification). It is assumed that the maximum ammonia removal capacity of biological scrubbers is 70% at reasonable water discharge rates because the capacity is restricted by the biochemical equilibria of nitrification. In an acid scrubber, ammonia is captured by the acid, forming an ammonium salt. Only sulphuric acid is allowed for this purpose in the Netherlands. A minimum water discharge rate is required to prevent precipitation of ammonium sulphate. In a well-designed chemical scrubber operating at a sufficiently low pH, ammonia removal percentages of 95% or higher can be achieved. An analysis of the state-of-the-art of biological and acid scrubbers is given in Scholtens (1996) and Melse & Willers (2004).

Approval procedures

Biological scrubbers

If a manufacturer wants to introduce a new type of air scrubber to the Dutch market, there are several routes to governmental approval. If the ammonia removal of the new air scrubber is **lower than or equal to 70%**, as is usually the case for a biological scrubber, the current protocol requires a **theoretical evaluation** of the air scrubber design, assuming that the system design is similar to air scrubbers that have already been implemented and tested in field. The evaluation is carried out by an independent research institute and reported to the manufacturer. The principles of the theoretical evaluation are described in this paper. If the evaluation study proves the new system theoretically meets the asserted ammonia removal percentage, the system is usually included in the next publication of the RAV list.

The reason for implementing a theoretical evaluation procedure was that it is less expensive than an elaborate monitoring program, thus facilitating market introduction of new scrubber designs by both existing and new manufacturers. However, when a manufacturer claims an ammonia removal percentage for a biological scrubber of over 70%, a theoretical evaluation is not considered sufficient and additional measurements are necessary (see below).

Acid scrubbers

A theoretical evaluation is not sufficient and it is compulsory to carry out a **monitoring program** if the asserted ammonia removal of the new system is **greater than 70%, e.g. 90% or 95%**. This is usually the case for acid scrubbers. The protocol for this monitoring program, formerly known as the Dutch "Groen Label" measurements, requires semi-continuous ammonia removal measurements are carried out during two rounds at one farm. For fattening pigs this means two measurement periods four months each, one in winter- and one in summertime.

Currently, a new protocol for admittance of new systems to the RAV list is in preparation that is expected to be made effective in 2005. The new protocol will probably reduce the measurement efforts for approval of high ammonia removal systems.

Theoretical evaluation

Design parameters

In order to carry out a theoretical evaluation, the concerning manufacturer of the scrubber system needs to supply all available information on the design and characteristics of the scrubber. This information is summarised in Table 1.

The ammonia load of the scrubber is calculated from the number of animals and the ammonia emission rates that are stated in the RAV (VROM, 2002) for conventional housing systems without low-emission measures. As an example, some of these figures from the current RAV are mentioned in Table 2 for pig and poultry species.

Mass transfer

The theoretical evaluation is based on theoretical and experimental derived relations regarding mass transfer in packed columns. The main part is an estimation of the **theoretical scrubber size** by calculating the Height of Transfer Unit (HTU) and the Number of Transfer Units (NTU) at a known basal area (A):

$$\text{Theoretical scrubber size [m}^3\text{]} = \text{HTU [m]} \times \text{NTU [-]} \times A \text{ [m}^2\text{]}$$

HTU is a measure of the efficiency of mass transfer in the system and is calculated from the packing characteristics, including specific area (m^2/m^3), packing factor (m^3/m^3), sphericity, and from the coefficients for dissociation, diffusion and partition of ammonia. NTU is a measure for the removal percentage that is aimed at; for 70% removal, NTU is 1.2 and for 95%, NTU is 3. Finally, the rates of the gas and liquid flow determine if conditions are suitable for the required ammonia removal. These conditions can be expressed as the wetting fraction of the packing and the percentage of flooding. All of these calculations are described in engineering handbooks, such as Sinnott (1999).

To correct for non-ideal circumstances and variations in air flow and ammonia concentration, the estimated required column height is usually multiplied with a **safety margin** of 1.5 to 2 to be sure that the intended ammonia removal will also be achieved in a field application:

$$\text{Actual scrubber size [m}^3\text{]} = \text{Theoretical scrubber size [m}^3\text{]} \times \text{Safety margin [-]}$$

Tab. 1: Information required for theoretical evaluation of acid or biological scrubber

<p>* Functional description of scrubbing system including general design criteria such as: intended ammonia removal (%), what air is to be treated? (pigs, poultry), flow directions: counter-current? cross-current?</p> <p>* Scrubbing section</p> <ul style="list-style-type: none">- maximum air flow (m^3/h)- water recirculation flow (m^3/h), water discharge flow (m^3/h)- distribution of water (technical design, type of spray nozzles, specification etc.)- packing material: brand name, type, characteristics such as specific surface area and packing factor (m^2/m^3), HTU value (m), sphericity (-), bed porosity (-), pressure drop etc.- packing section: volume (m^3), cross sectional surface (m^2), height (m) etc.- volume of recirculation water reservoir <p>* Dust and suspended materials</p> <ul style="list-style-type: none">- which precautions have been taken to prevent clogging of the packing? is dust removed from the air before entering the packing?- how often the packing material needs to be cleaned?- can accumulated matter be removed from the recirculation reservoir? <p>* Specific info for biological scrubbers: If a separate biological section exists, separate from the scrubbing section:</p> <ul style="list-style-type: none">- maximum ammonia removal capacity of system ($\text{g NH}_3/\text{m}^2/\text{uur}$)- specific surface of packing material of biological section(s) (m^2/m^3)- volume of biological section(s) (m^3)- water flow through biological section (m^3/uur)- temperature range of operation (winter, summer, measures to be taken) <p>* Specific info for acid scrubbers</p> <ul style="list-style-type: none">- what acid is used?- dosing system: technical description, control system, setpoints- pH and EC measurements: can readings be checked? calibration?- how can freezing of acid supply be prevented? <p>* Miscellaneous</p> <ul style="list-style-type: none">- detailed description of all monitoring and controlling systems that are used for operation
--

Tab. 2: Example of ammonia emission numbers for some pig and poultry species (VROM, 2002)

Animal species (code)	Emission (kg NH ₃ /animal place/year)
Dry and pregnant sows (D 1.3.13)	4,2
Farrowing sows (incl. piglets until weaning) (D 1.2.16)	8,3
Weaned piglets (D 1.1.15.1)	0,6
Growing-finishing pigs (D 3.4.1)	2,5
Rearing pullets (battery housing) (E 1.10)	0,045
Layer breeders (battery housing) (E 2.13)	0,100
Broilers (E 5.6)	0,080

Discussion

The procedure of using a theoretical evaluation in order to simplify the process of governmental approval, has three major shortcomings.

For many common **random packings**, e.g. Pall rings, Raschig rings etc., characteristics have been experimentally determined in the past. Based on these **packing characteristics** the HTU value can be calculated as described above. However, many scrubber manufacturers design scrubbers with **structured packings** because in general structured packings have a lower pressure drop and a higher mass transfer efficiency. This results in a lower HTU and thus a smaller scrubber size. Unfortunately, the characteristics of many of these structured packings are not known. Whether a theoretical calculation of HTU can be made in such cases, depends on the amount and quality of the additional information that is given by the applicant, e.g. lab experiences, measurements etc. and on the differences between the design of the new scrubber compared to the design of scrubbers that have already been approved and tested in the field.

The second shortcoming is the lack of a sound theoretical basis for the value of the applied **safety margin**. Usually no measurements are available to support this value. However, the application of the safety margin determines the required scrubber size to a large extent and thus substantially influences investment and operational costs.

Finally, the aspect of **bed clogging** and dust removal cannot be sufficiently assessed in a theoretical study, because of the large variation in dust emissions between animal houses. Therefore, this aspect is not included in the theoretical evaluation and the manufacturer of the scrubber is held responsible for taking sufficient measures to prevent accumulation of solids in the system. In our opinion, the packing of a well designed scrubber should not have to be cleaned more than twice a year to prevent clogging.

To overcome the shortcomings of the theoretical evaluation, it is necessary to improve the quality of the input parameters. The characteristics of a new packing material can be determined in a laboratory-scale setup using synthesized air. A valid value for a safety margin, however, can only be determined by long term measurements of a full scale scrubber application under field conditions.

Furthermore, even well designed and approved systems, it needs to be operated properly to guarantee sufficient ammonia removal. Malfunction of scrubbers in the field may occur, e.g. due to clogging and tunnelling, inhibition by high ammonia and nitrite concentrations (biological scrubber), and insufficient acid supply (acid scrubber). Therefore, it is necessary that the operation of a scrubber system is embedded in a service and maintenance contract and that, at least on a yearly basis, inspection is carried out by an independent authority (see Stichting Groen Label, 1999, 2000). The maintenance contract and the inspection visits imply ammonia removal measurements, sampling and analysis of the drain water, and inspection of process control parameters. Although maintenance contracts and yearly inspections for air scrubbers are mandatory in the Netherlands, often they are not implemented endangering the success of ammonia removal by air scrubbing.

Conclusion

The theoretical evaluation of scrubber design, which is used for approval by Dutch authorities, has some shortcomings that still necessitate to conduct a measuring program. This program consists of laboratory experiments and long-term ammonia removal measurements for the approval procedure, and of monitoring ammonia removal of the scrubber during field operation.

It might be more cost-effective to replace the currently required theoretical evaluation by an experimental and monitoring program. The use of a safety margin that may wrongfully lead to oversized scrubbers and high investment and operational costs can thus be avoided. Sufficient ammonia removal under field conditions should be guaranteed through maintenance and inspection.

Literature

- MELSE, R.W.; WILLERS, H.C. (2004) Toepassing van luchtbehandelingstechnieken binnen de intensieve veehouderij. Fase 1: Techniek en kosten. Rapport 029. Agrotechnology & Food Innovations, Wageningen UR, Wageningen. ISBN 90-6754-739-5. Available at <http://www.stalemissies.nl>
- SCHOLTENS, R. (1996) Inspectie van luchtwassystemen voor mechanisch geventileerde varkensstallen. Intern verslag. IMAG, Wageningen
- SINNOT, R.K. (1999) Coulson & Richardson's Chemical Engineering. Volume 6. Butterworth-Heinemann, Oxford, UK. ISBN 0 7506 4142 8
- STICHTING GROEN LABEL (1999) Bijlagen behorende bij biologische luchtwassers, d.d. 4 november 1999. Secretariaat Stichting Groen Label, Rijswijk.
http://www.infomil.nl/contents/pages/22434/bijlage_behorende_bij_biologische_luchtwassers.pdf
- STICHTING GROEN LABEL (2000) Bijlagen behorende bij chemische luchtwassers, d.d. 15 juni 2000. Secretariaat Stichting Groen Label, Rijswijk.
http://www.infomil.nl/contents/pages/22434/bijlage_behorende_bij_chemische_luchtwassers.pdf
- VROM (2002) Regeling ammoniak en veehouderij. Staatscourant 1 mei 2002, nr. 82.
<http://www.infomil.nl/contents/pages/23155/ravmei2002.pdf>

