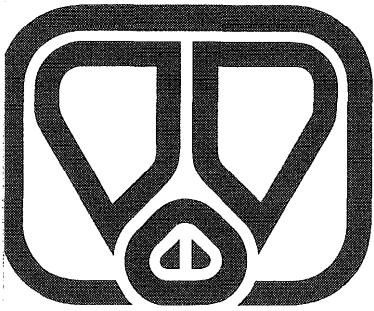


ir. N. Verdoes
ir. J.J. Zonderland

Het effect van een chemische luchtwasser op de ammoniakemissie uit een vleesvarkensstal

*The effect of a chemical
air scrubber on ammonia
emission from a growing-
finishing pig house*



Praktijkonderzoek Varkenshouderij

Redactie-adres
Postbus 83
5240 AB Rosmalen
tel: 073 - 528 65 55

Proefverslag nummer P 4.39
mei 1999
ISSN 0926 - 9541

Samenvatting

Het Praktijkonderzoek Varkenshouderij heeft in opdracht van Bovema Konstrukties B.V. uit Milsbeek de chemische luchtwasser als middel voor het reduceren van de ammoniakemissie uit varkensstallen onderzocht. Het principe van deze methode berust op de absorptie van ammoniak uit de ventilatielucht in een zuuroplossing wanneer de stallucht via de ventilator door een luchtwasser geblazen wordt. In de varkenshouderij vindt luchtwassing vooral plaats bij centrale afzuiging. Centrale afzuiging wordt vooral gerealiseerd in nieuwbouwsituaties.

De hoofddoelstelling van dit onderzoek was het bepalen van de procentuele reductie van de ammoniakemissie uit een vleesvarkensstal bij toepassing van deze luchtwastechiek (type ECO 95+). Daarbij zijn de dieren gehouden volgens de eisen uit het Varkensbesluit 1998 (totaal 1,0 m² oppervlak per dier met 60% dichte vloer).

Het onderzoek is uitgevoerd op het Varkensproefbedrijf 'Noord- en Oost-Nederland' in Raalte en liep van 21 september 1998 tot en met 30 december 1998. Met de onderzochte luchtwasser werd de ventilatielucht van een vleesvarkensafdeling met 54 dieren behandeld. De luchtwasser heeft gedurende de onderzoeksperiode storingsvrij gefunctioneerd.

De gemiddelde ammoniakconcentratie uit de proefafdeling was 10,87 mg/m³ (gemeten met een monitor van Bruël en Kjaer). De gemiddelde ammoniakconcentratie na chemische wassing was 0,13 mg/m³ (gemeten door middel van natchemische monsternamen). De reductie kon worden vastgesteld gedurende 91 van de 100 meetdagen. De reductie in deze meetperiode (herfst) varieerde van 90,4 tot 99,9% met een gemiddelde van 98,7%.

Summary

Commissioned by Bovema Inc. in Milsbeek (NL), the Research Institute for Pig Husbandry investigated the chemical scrubber as a means of reducing ammonia emission from growing-finishing pig houses. The scrubber is supposed to absorb ammonia from ventilation air into an acid solution. The acid fluid is sprayed onto a plastic filter medium, which is placed in the ventilation flow of the pig house. In pig husbandry air scrubbing is mainly applied in central extraction systems, which are often applied in new buildings.

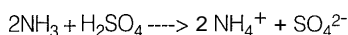
The principal aim of this research was to determine the reduction in ammonia emission from the growing-finishing pig house where pigs are housed according to law regulations as to animal welfare in 1998 (total surface per growing-finishing pig at least 1.0 m² with 60% of solid floor) and when applying this air scrubbing technique (type ECO 95+).

The research was conducted at the Experimental Pig Farm at Raalte from September 21 to December 30 1998. Ventilation air from a growing-finishing compartment containing 54 animals was treated with the scrubber. During the testing period the scrubber functioned without trouble.

The average ammonia concentration in the outlet air from the growing-finishing pig house was 10.87 mg/m³ (measured by a monitor of Bruël and Kjaer). The average ammonia concentration after treatment with the chemical air scrubber was 0.13 mg/m³ (measured by wet chemical analysis). The reduction could be measured during 91 of the 100 measuring days. During the measuring period (autumn), reduction varied from 90.4 to 99.9% with an average of 98.7%.

1 Inleiding

Door onderzoek en bedrijfsleven zijn een aantal technieken ontwikkeld om de ammoniakemissie in de varkenshouderij te reduceren (Den Brok et al., 1997). Dit betreft zowel bouwkundige technieken als aanzuren, koeling van mest of luchtzuivering. Eén van de mogelijkheden van luchtzuivering is het toepassen van chemische luchtwassers. In chemische luchtwassers wordt de uitredende stallucht gewassen met aangezuurd water. Wanneer het waswater is aangezuurd met zwavelzuur (H₂SO₄) treedt de volgende reactie op:



In tegenstelling tot ammoniak (NH₃) kan ammonium (NH₄⁺) niet uit het waswater vervluchtigen.

De chemische luchtwasser van Bovema Konstrukties B.V. uit Milsbeek (type LW15/70 en LW 15/70N) heeft een Groen Label-erkenning, bekend onder nummer BB 96.10.043. De Stichting Groen Label heeft vastgesteld dat bij toepassing van zowel biologische als chemische luchtwassers de ammoniakemissie uit varkensstallen met 70% afneemt. Deze bepaling is geschied op basis van onderzoeksresultaten in het (recente) verleden. De emissiewaarde voor vleesvarkensstallen is

vastgesteld op 0,8 kg ammoniak per dierplaats per jaar. Om aan te tonen dat er een hogere reductie (en dus een lagere emissiewaarde) gerealiseerd wordt, dient een meetrapport overlegd te worden. Twee jaar geleden heeft het Praktijkonderzoek Varkenshouderij metingen gedaan aan een chemische luchtwasser van Bovema, die anders gedimensioneerd was dan het Groen Label-erkende type. Aangetoond werd dat een reductie van 90% haalbaar is (Vrieling et al., 1997). Deze reductie werd echter vastgesteld gedurende te weinig meetdagen, vanwege storingen bij de gegevensverzameling. Voor dit nieuwe type luchtwasser werd daarom geen Groen Label-erkenning aangevraagd.

Inmiddels werd per 1 september 1998 het Varkensbesluit 1998 van kracht. Voor gespeende biggen en vleesvarkens zijn daarin de minimum-oppervlaktencriteria per dier verhoogd. Omdat door de Werkgroep Emissiefactoren verondersteld werd dat de ammoniakemissie per vleesvarken bij een groter totaal oppervlak (1,0 m² ten opzichte van 0,7 m²) en een groter aandeel dichte vloer (60% ten opzichte van 40%) zou toenemen, is de

emissiewaarde van een aantal systemen in de Uitvoeringsregeling Ammoniak en Veehouderij (UAV) verhoogd. Ook bij de biologische en chemische luchtwassers werd de emissiewaarde verhoogd: van 0,8 kg NH₃ naar 1,1 kg NH₃ per vleesvarkensplaats per jaar. Bovema Constructies B.V. heeft het Praktijkonderzoek Varkenshouderij opnieuw verzocht onderzoek te doen naar de efficiëntie van hun nieuwe type chemische luchtwasser (ECO 95+) bij de nieuwe huisvestingsnormen.

De Werkgroep Emissiefactoren heeft besloten dat er gegevens van één ronde (vleesvarkens) moeten worden overlegd. De ronde moest starten uiterlijk 21 september 1998. Verder is bepaald dat de uitgaande lucht natchemisch bemonsterd moest worden door een Sterlab vanwege de hoge relatieve luchtvochtigheid (90 tot 100%) en de zeer lage ammoniakconcentraties.

De doelstelling van het onderzoek is het bepalen van de reductie van de ammoniakemissie na chemische luchtwassing bij een totaal vloeroppervlak van 1,0 m² per vleesvarken, waarvan 60% dichte vloer.

2 Materiaal en methode

2.1 Proefafdeling

Het onderzoek is uitgevoerd op het Varkensproefbedrijf "Noord- en Oost-Nederland" in een vleesvarkensafdeling met zes hokken. De afdeling was 12 m lang e5,5 m breed. De hokken hadden vanaf de voergang (1,0 m breed) gezien de volgende indeling: een hellende niet-onderkelderde betonnen vloer (3,0 m) en daarachter een mestkanaal voorzien van metalen driekantroosters (1,5 m inclusief mestspleet van 8 cm).

2.2 Proefdieren en voeding

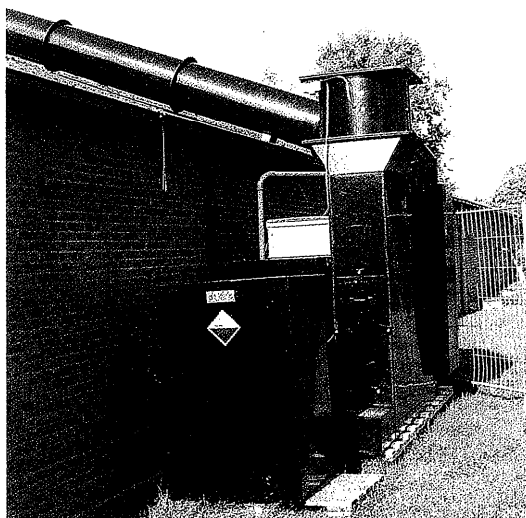
Het onderzoek werd uitgevoerd met 54 vleesvarkens van het kruisingstype Gy, x (Gy₂ x NL) of Gy, x NL. De dieren werden op 21 september 1998 gemengd opgelegd. De dieren werden opgelegd en afgeleverd volgens de beoordelingsrichtlijn emissie-arme stalsystemen (Stichting Groen Label, 1996). De eerste elf varkens werden op 16 december 1998 afgeleverd en de resterende dieren op 30 december 1998.

De dieren werden onbepikt met volledig mengvoer gevoerd via een brijbak (voor in het hok). De eerste vier weken was dit startvoer (EW 1,08; ruw-eiwitgehalte 169 g/kg). In week 5 werd er geleidelijk overgeschakeld op afmestvoer (EW 1,07; ruw-eiwitgehalte 160 g/kg). Vanaf week 6 kregen de dieren uitsluitend afmestvoer. Drinkwater was onbepikt beschikbaar. De gerealiseerde technische resultaten, zoals groei, voederconversie en uitval van de dieren staan vermeld in bijlage 1.

2.3 Ventilatie

Buitenlucht kwam via luchtinlaatopeningen in de zijmuur van de stal in de centrale gang, waar eventueel voor

verwarming plaatsvond. Vervolgens stroomde deze lucht in de ruimte boven de afdeling. In de afdeling was een ventilatieplafond aangebracht. In de afdeling vond eventueel naverwarming plaats. De ventilatorkoker voor de afvoer van de lucht was geplaatst boven het mestkanaal, achterin de afdeling. Vanaf deze ventilatorkoker met een doorsnede van 45 cm liep op het dak een buis in de richting van de chemische wasser, die zich buiten de stal naast de afdeling bevond (zie foto).



De chemische luchtwasser naast de vleesvarkensstal

Voor een schematische weergave van de ventilatieregeling wordt verwezen naar Vrieling et al. (1997). De stalventilator werd verwijderd en een vervangende ventilator met frequentieregelaar werd voor de wasser geïnstalleerd. De reeds aanwezige klimaatcomputer van de afdeling (stuursignaal 0 - 10 V), temperatuursensor en geijkte meetventilator werden benut. Op de dag van opleg werd een afdelingstemperatuur van 22°C nagestreefd, dalend naar 21°C vijftien dagen na opleg en 19°C dertig dagen na opleg. De resterende dagen van de ronde werd een afdelingstemperatuur van 19°C gehandhaafd. De instelling van de minimum- en maximumventilatie was respectievelijk 10 en 80 m³ per dier per uur. De bandbreedte varieerde afhankelijk van de buitentemperatuur van 4 tot 6°C.

2.4 Luchtwasser

De stallucht werd via de ventilator door de wasser geblazen. De wasser was gedimensioneerd voor 4.320 m³ per uur (maximaal 80 m³ per varken x 54 varkens). De omkasting van de luchtwater bestond uit weer- en zuurbestendige kunststof HDPE-platen. Het wasserpakket (l x b x h = 90 cm x 44 cm x 150 cm) bestond uit plastic vormdeeltjes met een oppervlak van 100 m²/m³. Dit oppervlak was nodig om de in de lucht aanwezige ammoniak voldoende tijd te geven om op te lossen in het mengsel van zuur (96% technisch zuiver zwavelzuur) en water dat over het pakket verspreid werd door het sproeisysteem. Voordat het aangezuurde water over het pakket werd verspreid, werd het water gefilterd door een waterfilter dat zich in de watermengbak bevond. Dit filter diende ervoor om de vervuiling door het ingevangen stof uit het proceswater te halen, om verstoppingen te voorkomen. Het filter werd elke week schoongemaakt. Een schematische weergave van de wasser is te vinden in Vrieling et al. (1997) en in Hol et al. (1999). Het proceswater werd op een pH van 4 gehouden door de zuurgraad continu te meten. Aan de hand van deze meting werd aan het proceswater door het zuurpompe wel of geen zuur toegevoegd. Met behulp van de waterpomp is het aangezuurde water via het sproeisysteem op het wasserpakket gebracht. De gereinigde lucht verliet via een druppelvanger het systeem via een koker die aan de bovenzijde van de wasser was geplaatst.

In het leidingsysteem van de waterpomp is een spui-klep opgenomen. Deze klep werd door middel van een tijd klokje bediend, zodat elke dag proceswater werd afgevoerd. Dit was nodig omdat anders de zoutconcentratie (ammoniumsulfaat) in dit water te hoog werd. Via een waterleiding werd zo nodig water toegevoegd.

2.5 Waarnemingen

2.5.1 Technisch functioneren

In een logboek werden alle bijzonderheden, storingen, data van mestaflaat en cetera geregistreerd. Verder werd de chemische luchtwater wekelijks gecontro-

leerd op het functioneren van waterpomp, ventilatoren, waterfilter, spui-klep, zuurgraad van het proceswater in de wasser en zuurniveau in de zuuropslagtank. De natchemische monstername-apparatuur werd op alle werkdagen gecontroleerd.

2.5.2 Ammoniakemissie uit de afdeling

Gedurende het onderzoek werd de ammoniakemissie uit de afdeling continu gemeten. Verschillende malen per dag werd de ammoniakconcentratie met een B&K-monitor (Bruël en Kjaer, type 1302) gemeten en werd ook de temperatuur van de afgevoerde lucht in de ventilatorkoker gemeten. Gelijktijdig met de meting van de ammoniakconcentratie werd het ventilatiedebiet vastgesteld met behulp van een geijkte meetventilator in de ventilatorkoker. De meetopstelling werd volgens het protocol van het Praktijkonderzoek Varkenshouderij (éénmaal per tien dagen) gecalibreerd en onderhouden (Van 't Klooster et al., 1992). Tijdens deze proefperiode werd de B&K-monitor alleen gebruikt voor deze proef. Er was dus maar één meetpunt aangesloten. De ammoniakemissie werd gemeten vanaf de dag van opleg tot en met de dag waarop 50% of meer van de varkens waren afgeleverd.

Naast de B&K-meting is de uitgaande stallucht (dus vóór de luchtwater) ook bemonsterd met behulp van een NO_x-monitor. Deze meting geschiedde ook volgens de beoordelingsrichtlijn emissie-arme stalsystemen (Stichting Groen Label, 1996).

Bij de verwerking van de gegevens zijn de waarnemingen niet gebruikt wanneer er een aantoonbare reden gevonden was (onder andere in het logboek) dat de gegevens niet representatief waren. Totaal zijn er negen meetdagen verwijderd: de eerste dag van de mestronde, de laatste dag van de mestronde, een dag door geen debietmeting en zes dagen door storing bij de natchemische monstername (zie 3.1).

2.5.3 Ammoniakemissie na de chemische wasser

De ammoniakconcentratie van de lucht uit de chemische wasser werd door middel van natchemische monsternames bepaald. Een deelstroom van de uitgaande lucht uit de chemische wasser werd daarbij door twee in serie geschakelde wasflessen met circa 100 ml zuur geleid (wasrendement minimaal 95%). Een constante luchtstroom naar de wasflessen werd afgezogen vanuit de ruimte tussen de druppelvanger en de uitlaatkoker van de chemische luchtwater. De wasflessen werden iedere maandag en donderdag verwisseld. Op deze wisseldagen werd de ammoniakconcentratie bepaald als het gemiddelde van de voorgaande drie tot vier dagen en de volgende drie tot vier dagen. De flow van het pompe van de natchemische opstelling werd bij verwisseling van de monsters vastgelegd door de stand van de geijkte flowmeter te noteren. De monsters werden vervolgens door het Sterlab INTRON geanalyseerd op NH₄-N via potentiometrie (NEN 6472). Half oktober werd na enige problemen (zie paragraaf

3.1) omgeschakeld van zwavelzuur naar salpeterzuur als meetzuur in de wasflessen, om te kunnen controleren of er vloeistofdruppeltjes vanuit de chemische was-

ser in de wasflessen terecht kwamen (door de concentratie van sulfaat te bepalen).

3 Resultaten en discussie

3.1 Technisch functioneren natchemische metingen en luchtwasser

Er zijn in deze meetperiode enkele kleine storingen waargenomen bij de natchemische monsternamete van de lucht uit de luchtwasser. In de eerste helft van oktober 1998 liep de concentratie van de gezuiverde lucht op tot 4 - 5 mg/m³. Waarschijnlijk heeft er toen enige doorslag plaatsgevonden van zeer fijne druppeltjes uit het wasserpakket door de druppelvanger naar de monsternameset voor natchemische meting. Het is echter niet opgetreden in de mate zoals vermeld werd in eerder onderzoek (Vrieling et al., 1997). Ook werd éénmaal ijsvorming geconstateerd in de toevoerslangen naar de monsternametes en in de flessen zelf. Tijdens de ronde zijn een aantal maatregelen genomen, waaronder het isoleren van het slangetje tussen de wasser en de meetopstelling en het aanbrengen van een thermolint bij de wasflessen, om bevroren van het meetzuur te voorkomen.

De chemische luchtwasser heeft gedurende de gehele periode storingsvrij gefunctioneerd. Bovengenoemde problemen met doorslag van druppeltjes staan echter niet geheel los van het functioneren van de chemische luchtwasser. Blijkbaar is het mogelijk dat fijne druppeltjes door de druppelvanger naar buiten treden. Dit fenomeen is ook geconstateerd door Vrieling et al. (1997) en Hol et al. (1999). Er is in die periode ook enige schuimvorming geconstateerd in de chemische luchtwasser. De oorzaak daarvan was moeilijk te achterhalen. Het is ook niet met zekerheid te zeggen of deze schuimvorming verband houdt met de doorslag van fijne druppeltjes. Omdat vanaf 14 oktober salpeterzuur in de natchemische opstelling werd gebruikt, kon worden gecontroleerd of er doorslag vanuit de chemische luchtwasser in

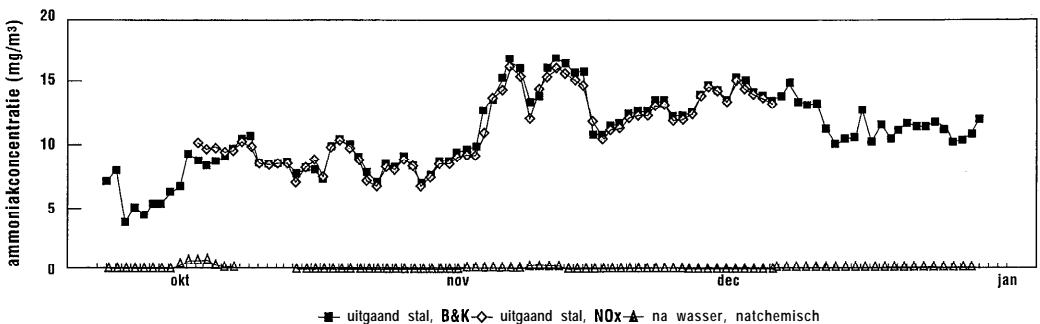
de monsternametes optrad. Begin november werd in een steekproef geconstateerd dat in de eerste monsternamete 90% van de ammoniak voortkwam in de vorm van ammoniumsulfaat. In de tweede monsternamete was dat 67%. Dit betekent dat de gemeten concentraties aan ammoniak in de uitgaande lucht na de wasser voor het grootste deel bestonden uit ammoniak in vloeistofvorm en voor het kleinste deel uit ammoniak in gasfase.

3.2 Ammoniakemissie

In figuur 1 is de ammoniakconcentratie (daggemiddelden) gedurende de proefronde weergegeven vóór (gemeten met twee typen monitoren) en na de chemische luchtwasser. De waarnemingen zijn gestart op 22 september en geëindigd op 29 december 1998.

De gemiddelde temperatuur in de gehele ronde was 22,5°C en het gemiddelde ventilatiedebiet 1.621 m³/uur (= 30,0 m³ per uur per varken). De ammoniakconcentratie (met B&K-monitor) in de uitgaande stallucht was gemiddeld 10,87 mg/m³. Er zijn met deze B&K-monitor gemiddeld 36,8 waarnemingen per dag gedaan (spreiding 14 tot 88). De gemiddelde ammoniakemissie zou, wanneer geen chemische luchtwasser was gebruikt en wanneer deze mestronda representatief werd geacht voor een geheel jaar, 2,56 kg per dierplaats per jaar geweest zijn.

De controlemetingen (met de NOx-monitor) voor de ammoniakconcentratie zijn op 2 oktober 1998 gestart. Bij de controle op 17 december 1998 werd geconstateerd dat de gegevens niet op de juiste manier waren vastgelegd. Daarom zijn de gegevens vanaf de voorgaande controle op 7 december 1998 verwijderd. Er



Figuur 1 Ammoniakconcentratie in de proefronde vóór (met B&K- en NOx-monitor) en na de chemische luchtwasser (natchemische methode)

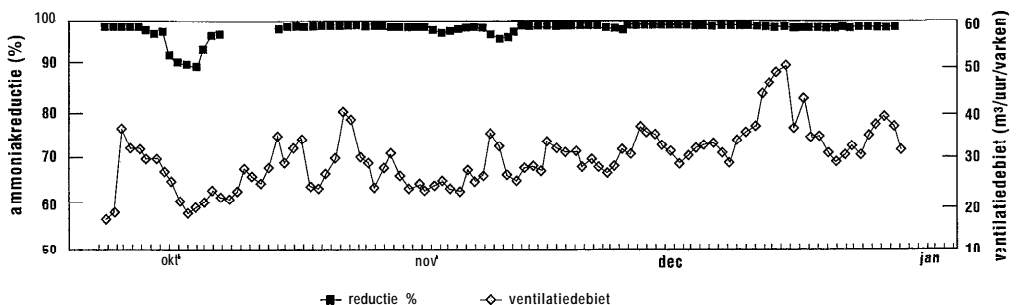
zijn met deze monitor elke dag 48 waarnemingen ver-richt. De NO_x-waarden volgen de B&K-waarden vrij nauwkeurig, maar liggen over het algemeen iets lager. Gedurende de dagen dat beide concentraties bekend zijn (gedurende 65 dagen), zijn de gemiddelde waarden: 11,34 mg/m³ voor de B&K-monitor en 11,05 mg/m³ voor de NO_x-monitor (dus 2,5% minder). Hierbij dient opgemerkt te worden dat de B&K-monitor gemiddeld 36,8 waarnemingen realiseerde (circa 1,5 waarneming per uur) en de NO_x-monitor 47,6 waarnemingen per dag (circa 2 per uur). Omdat de waarnemingen dus niet op dezelfde tijdstippen zijn gepleegd, zijn ze niet geheel vergelijkbaar.

De gegevens over de ammoniakconcentratie van de lucht uit de chemische luchtwasser zijn gedurende de dagen dat er aanwijsbare storingen waren (begin oktober 1998, zie paragraaf 3.1) verwijderd. Ze werden niet betrouwbaar geacht. De ammoniakconcentratie in de lucht na de chemische luchtwasser was gemiddeld 0,134 mg/m³ (met een spreiding van 0,038 tot 0,797). Relatief hoge waarden in de ammoniakconcentratie van de uitgestoten lucht na wassing werden gemeten begin oktober. Het is waarschijnlijk dat ook in die tijd al de problemen aanwezig waren die verwoord zijn in paragraaf 3.1. In de periode van 1 tot 5 oktober is er extra vloeistof in de wasflessen (tot zelfs in de derde fles) terecht gekomen. In het vervolg van de meetperiode is dit niet meer voorgekomen. Waarschijnlijk heeft er condensvorming plaatsgevonden in de slangen van de meetset voor natchemische monstername. In figuur 2 zijn de reductie van de ammoniakemissie (per dag) van de chemische wasser en het gerealiseerde ventilatiedebiet per dier gedurende de proefperiode weergegeven. De reductie kon worden vastgesteld gedurende 91 meetdagen, waarin de reductie varieert van 90,4 tot 99,9% met een gemiddelde van 98,7%. Vanwege de hogere ammoniak-

concentratie in de uitgeblazen lucht begin oktober vertoont de reductie daar een duidelijke dip. Als de periode van 1 tot 5 oktober niet meegenomen zou worden (zie boven) komt de reductie gemiddeld boven 99% uit. Hol et al. (1999) troffen het probleem van doorslag van fijne druppeltjes vooral aan bij een laag ventilatiedebiet. In figuur 2 is te zien dat het ventilatiedebiet begin oktober inderdaad laag geweest is.

De ammoniakemissie uit deze proefafdeling na chemische wassing zou 0,03 kg per dierplaats per jaar zijn, wanneer deze mestrondre representatief werd geacht voor een geheel jaar. Begin november vertoonde de ammoniakconcentratie een piek (zie figuur 1) tot 15 à 16 mg/m³, waardoor de luchtwasser zwaarder werd belast. Gedurende die tijd loopt de reductie ook enigszins terug. Er is alleen gemeten in een ronde in de herfst. In figuur 2 is te zien dat de maximale ventilatie van 80 m³ per uur per varken niet bereikt werd. Bekend is dat de ammoniakemissie in een zomerperiode hoger is vanwege de hogere temperaturen. Er kan dan ook verwacht worden dat de reductie in zomerperiodes iets lager zal uitvallen dan de reductie gemeten in dit onderzoek.

Er werd een constante luchtstroom naar de wasflessen afgezogen. Theoretisch is het beter om de hoeveelheid afgezogen lucht naar de natchemische monstername evenredig te laten variëren met het ventilatiedebiet, zodat een proportionele meting wordt verkregen. De monstername-apparatuur was daar technisch niet op berekend. In figuur 2 is te zien dat het ventilatiedebiet over de gehele mestrondre redelijk constant is (lagere temperaturen toen de dieren zwaarder werden). De afwijking vanwege het niet proportioneel meten wordt dan ook als gering aangemerkt.



Figuur 2: Reductie van de ammoniakemissie door de chemische wasser en het ventilatiedebiet (m³/uur/varken) in de proefperiode

4 Conclusies en betekenis voor de praktijk

4.1 Conclusies

- De chemische luchtwasser heeft storingsvrij gefunctioneerd en heeft weinig onderhoud en toezicht. De ammoniakreductie kon gedurende 91 dagen worden vastgesteld in een mestperiode van 100 dagen.
- De chemische luchtwasser (type ECO 95+) reduceerde de ammoniakemissie in deze meetperiode (herfst) met gemiddeld 98,7% bij een stalsysteem waarin de dieren gehouden zijn volgens het Varkensbesluit 1998.

4.2 Betekenis voor de praktijk

Er zijn vanwege de Interimwet Ammoniak en Veehouderij in Nederland bepaalde gebieden waarin de vrijge-

komen productieruimte voor ammoniak opgevuld mag worden met een uitbreiding van het aantal dieren. In die situaties worden vaak luchtwassers toegepast vanwege de lage emissie, zeker bij die bedrijven waar centrale afzuiging mogelijk is. Het spuiwater met zouten mag bij de mest worden gevoegd, echter niet in de ruimten waar dieren verblijven. Een voordeel van luchtwassers is dat de stal intern (zoals in hokuitvoeringen, kelderuitvoeringen, roosters et cetera) niet aangepast hoeft te worden. Er zijn Groen Label-erkende systemen (gebaseerd op eenvoudige bouwtechnische aanpassingen) beschikbaar met lagere jaarkosten per vleesvarkensplaats. Gelet echter op de jaarkosten per kilogram ammoniakreductie kan een chemische luchtwasser goed concurreren met de overige Groen Label-systemen.

Literatuur

Brok, G.M. den, N. Verdoes, A.I.J. Hoofs en C.E.P van Brakel 1997. *Varkensstallen met een lage ammoniakuitstoot*. Praktijkonderzoek Varkenshouderij, Rosmalen. Proefverslag P2.32.

Hol, J.M.G., A.C. Wever en P.W.G. GrootKoerkamp 1999. *Behandeling van lucht uit een traditionele stal voor vleeskuikens met een chemische wasser*. Instituut voor Milieu- en Agritechniek (IMAG-DLO), Wageningen. Nota P 99-23.

Klooster, C.E. van 't, B.P. Heitlager en J.P.B.F. van Gastel 1992. *Measurement systems for emissions of ammonia and other gasses at the Research Institute for*

Pig Husbandry. Praktijkonderzoek Varkenshouderij, Rosmalen. Report P3.92.

NEN 6472 Water, september 1983. *Fotometrische bepaling van het gehalte aan ammonium*. Nederlands Normalisatie-Instituut, Delft.

Stichting Groen Label. *Beoordelingsrichtlijn emissie-arme stalsystemen*. Maart 1996.

Vrielink, M.G.M., N. Verdoes en J.P.B.F. van Gastel 1997. *Vermindering van de ammoniakemissie door een chemische luchtwasser*. Praktijkonderzoek Varkenshouderij, Rosmalen. Proefverslag Pl. 178.

Bijlagen

Bijlage 1: Technische resultaten van de dieren in de proefafdeling

aantal dieren opgelegd	54
aantal dieren afgeleverd	54
sterfte (%)	0
begingewicht (kg)	23,0
eindgewicht (kg)	110,1
geslacht gewicht (kg)	86,8
groei (g/dag)	897
voeropname (kg/dag)	2,42
voederconversie	2,69
EW-opname per dag	2,59
EW-conversie	2,89
vleespercentage	53,4
classificatie	1 AA, 43 A en 10 B

© 1999, Praktijkonderzoek Varkenshouderij, Rosmalen

Niets uit deze uitgave mag worden vermenigvuldigd of openbaar gemaakt door middel van druk, fotokopie, microfilm of op welke andere wijze dan ook zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van de uitgever.

Reeds eerder verschenen proefverslagen

Proefverslag P 4.37

Buisvoerbakken voor gespeende biggen: de Groba Groepsfeeder®. A.I.J. Hoofs en Peet-Schwering, C.M.C. van der, januari 1999.

Proefverslag P 4.38

Arbeidsbelasting, fysieke klachten en ziekteverzuim bij varkenshouders. E. Hartman, Roelofs, P.F.M.M. en Oude Vrielink, H.H.E., maart 1999.

Exemplaren van proefverslagen kunnen worden verkregen door f 10,- per verslag over te maken op Postbanknummer 51.73.462 ten name van het Proefstation voor de Varkenshouderij, Lunerkampweg 7, 5245 NB ROSMALEN, onder vermelding van het gewenste verslagnummer. Buitenlandse abonnees betalen f 15,- per P 4-verslag (dit is inclusief verzendkosten) én f 15,- overschrijvingskosten per bestelling.