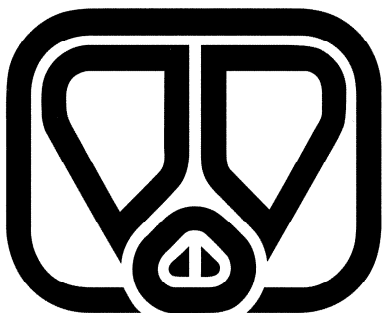


ing. M.G.M. Vrielink
ir. N. Verdoes
ing. J.P.B.F. van Gastel

Vermindering van de ammoniakemissie door een chemische luchtwasser

*Reducing the ammonia
emission with a
chemical airscrubber*



Praktijkonderzoek Varkenshouderij

Locatie:
Varkensproefbedrijf
"Noord- en Oost-Nederland"
Drosteweg 8
8101 NB Raalte
tel: 0572 - 35 21 74

Proefverslag nummer P 1.178
juli 1997
ISSN 0922 - 8586

INHOUDSOPGAVE

	SAMENVATTING	3
	SUMMARY	4
1	INLEIDING	5
2	MATERIAAL EN METHODE	6
2.1	Proefafdeling	6
2.2	Proefdieren en voeding	6
2.3	Ventilatie	6
2.4	Luchtwater	
2.5	Waarnemingen	8
3	RESULTATEN	10
3.1	Technisch functioneren en onderhoud	10
3.2	Ammoniakemissie	10
3.3	Controle ammoniakemissie	11
3.4	Geur	11
3.5	Energieverbruik	12
3.6	Zuurverbruik en spuivloeistof	12
3.7	Mestsamenstelling	13
3.8	Zwavelwaterstof	14
4	ECONOMISCHE EVALUATIE	15
4.1	Extra investeringen en jaarkosten van de investering	15
4.2	Totale extra jaarkosten	15
5	DISCUSSIE EN CONCLUSIES	18
	LITERATUUR	20

SAMENVATTING

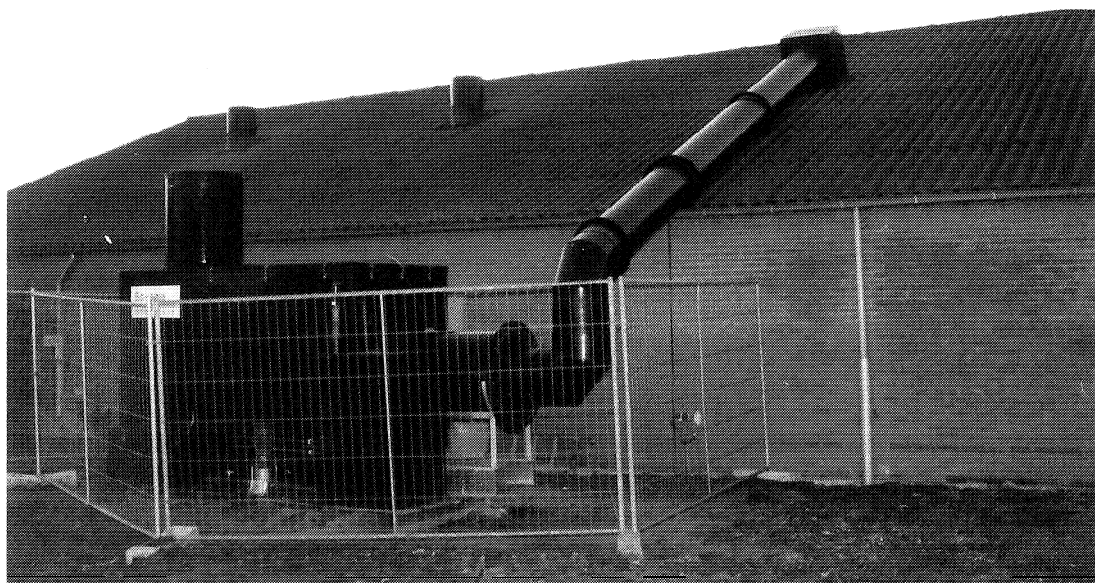
Het Praktijkonderzoek Varkenshouderij heeft in opdracht van Bovema Konstrukties B.V. uit Milsbeek de chemische luchtwasser als methode voor het reduceren van de ammoniakemissie uit varkensstallen onderzocht. Het principe van deze methode berust op de absorptie van ammoniak uit de ventilatielucht in een (zwavel)zuuroplossing. De stal-lucht wordt via de ventilator door de wasser geblazen. In deze wasser bevindt zich een wasserpakket, dat bestaat uit een groot oppervlak aan plastic vormdeeltjes. Dit grote oppervlak is nodig om de in de lucht aanwezige ammoniak voldoende tijd te geven om op te lossen in het mengsel van zuur en water, dat door het sproeisysteem over het pakket wordt versproeid. De hoofddoelstelling van dit onderzoek was het bepalen van de procentuele reductie van de ammoniakemissie uit een vleesvarkensstal bij toepassing van deze luchtwastechniek. Daarnaast is de storingsgevoeligheid onderzocht, is het zuur- en energieverbruik gemeten en is een kostenanalyse uitgevoerd. Ook zijn indicatieve metingen verricht ten aanzien van de reductie van de geuremissie en de toename van zwavelwaterstofconcentratie in de stal als gevolg van het afvoeren van sulfaatrijk spuiwater naar de mestput. Het onderzoek is uitgevoerd op het Varkensproefbedrijf 'Noord- en Oost-Nederland' in Raalte van 20 september 1996 tot en met 15 januari 1997. Met de onderzochte luchtwasser werd de ventilatielucht van een vleesvarkensafdeling

met 66 dieren behandeld. De luchtwasser heeft gedurende de onderzoeksperiode vrijwel storingsvrij gefunctioneerd. De gemiddelde ammoniakemissie uit de vleesvarkensstal werd gereduceerd met 90,7%, bij een gemiddelde pH van het waswater van 3,6. Om te voorkomen dat spuiwater als nevel uit de installatie verdwijnt verdient verbetering van de druppelvanger van de wasinstallatie aandacht. Er waren aanwijzingen voor het ontwijken van spuiwater via nevel: onder andere de constatering van een witte (zout) aanslag op de ventilatorkoker en een tekort op de stikstofbalans. Gemiddeld werd 41,5 liter spuivloeistof per vleesvarkensplaats per jaar, met een ammonium-stikstofgehalte van 4,84 g/l, afgevoerd naar de mestkelder. Toename van de zwavelconcentratie in de afdeling als gevolg van de toevoeging van sulfaathoudend spuiwater aan de mestkelder is niet aangetoond. Twee keer is indicatief geur gemeten. De gemeten reductie van de geuremissie was tijdens de eerste meting 27% en tijdens de tweede meting 66%. Nadere kwantificering van de geuremissiereductie wordt aanbevolen. De investering per dierplaats voor het gebruik van de chemische wasser in combinatie met centrale afzuiging is berekend op f 99,57. De totale extra jaarkosten per dierplaats voor het gebruik van de chemische wasser in combinatie met centrale afzuiging zijn berekend op f 32,-, waarvan f 9,84 benodigd is voor elektra.

SUMMARY

The Research Institute for Pig Husbandry investigated the chemical scrubber as a means of reducing ammonia-emission from fattening pig sheds commissioned by Bove-ma inc.. The scrubber is supposed to absorb ammonia from the ventilation air into a sulphuric acid solution. The acid fluid is sprayed onto a plastic filter medium, that is placed in the ventilation stream of the shed. The main aim of this research was to determine the reduction in ammonia emission from the fattening pig shed when applying this airwashing technique. Furthermore, the sensitivity to technical breakdown was examined, the acid and energy consumption was measured, and a cost-analysis was performed. Indicative measurements with respect to the reduction of odour emission and the increase in hydrogen sulphide concentration in the shed as a result of the withdrawal of sulphate rich drainage water from the manure pit were also performed. The research was performed at the Experiment Farm for Pig Husbandry at Raalte from September 20 1996 until January 15 1997. Ventilation air from a fattening pig room containing 66 animals was treated with the

scrubber. The functioning of the scrubber was practically flawless. The average ammonia emission from the fattening pig shed was reduced by 90.7%, at a mean washing water pH of 3.6. Improvement of the drip catcher needs further attention, in order to prevent the drainage water from leaving the installation as a spray. The detection of a white (saline) deposit on the ventilation shaft and a shortage in the nitrogen balance are indications that drainage water may disappear as a spray. On average 41.5 liters of drainage water with an ammonium-nitrogen content of 4.84 g/l were flushed into the manure pit per fattening pig per year. An increase in the hydrogen sulphide concentration in the room as a result of the addition of drainage water containing sulphate to the manure pit was not proven. The odour emission seemed to decrease by 27 - 66%. Further quantification of the odour emission reduction is recommended. The extra annual costs for the application of the chemical scrubber in combination with a central exhaustion unit are calculated to be f 32.-, of which f 9.84 are the extra electricity costs.

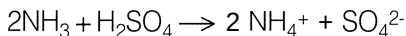


The chemical airscrubber on the Experiment Farm for Pig Husbandry at Raalte.

1 INLEIDING

De ammoniakemissie uit de veehouderij draagt bij aan de verzuring en vermessing van het milieu (Lekkerkerk et al., 1995). Ter bescherming van het milieu heeft de Nederlandse overheid zich tot doel gesteld de ammoniakuitstoot van de agrarische sector zodanig terug te brengen dat in het jaar 2005 de emissie 70% lager is dan de emissie in het jaar 1980 (Van Aartsen, 1995). Om deze doelstelling te kunnen realiseren zijn maatregelen vereist ten aanzien van de opslag en toediening van mest en de huisvesting van landbouwhuisdieren.

Eén van de mogelijkheden om de ammoniakemissie uit stallen te reduceren is het toepassen van chemische luchtwassers. In chemische luchtwassers wordt de uittredende stallucht gewassen met aangezuurd water. Indien het waswater is aangezuurd met zwavelzuur (H_2SO_4) treedt de onderstaande reactie op:



In tegenstelling tot ammoniak (NH_3) kan ammonium (NH_4^+) niet uit het waswater ontwijken.

Wanneer met behulp van luchtzuivering of stalaanpassingen de emissie van ammoniak kan worden beperkt tot een vastgestelde drempelwaarde, kan de stal in aanmerking komen voor een Groen Label-erkenning. De drempelwaarde voor Groen Label-erkenning ligt voor de verschillende diercategorieën globaal 50% beneden de emissiewaarde van traditionele stallen (Alders, 1993). Bij toepassing van een Groen Label-stal is de veehouder 15 jaar vrijgesteld van aanvullende investeringsverplichtingen ten aanzien van de reductie van de ammoniakemissie.

Omdat de ammoniakemissie op veehouderijbedrijven niet verder mag toenemen (stand-stillprincipe), schept emissie-arme huisvesting meer ruimte voor uitbreiding naarmate een grotere afname van de ammoniakemissie gerealiseerd wordt. Door een hoge ammoniakemissiereductie (circa 90%) kunnen bedrijven in een kritische omgeving blijven functioneren.

De chemische luchtwasser van Bovema Konstrukties B.V. uit Milsbeek heeft een Groen Label-erkenning, bekend onder nummer BB 96.10.043. De Stichting Groen Label heeft bepaald dat bij toepassing van zowel biologische als chemische luchtwassers, de ammoniakemissie uit varkensstallen met 70% afneemt. Met een verbeterde versie, waarbij het wasserpakket is vergroot, claimt Bovema een hogere reductie. Bovema Konstrukties B.V. heeft het Praktijkonderzoek Varkenshouderij opdracht gegeven het reductiepercentage van de ammoniakemissie te bepalen van deze luchtwasser. In overleg met de Werkgroep Emissiefactoren van de Stichting Groen Label is overeengekomen dat de procentuele reductie van de ammoniakemissie gedurende één vleesvarkensronde zou worden gemeten.

Naast het onderzoek naar de procentuele emissiereductie bij toepassing van chemische luchtwassers zijn enkele praktische vragen onderzocht, te weten:

- hoe storingsgevoelig is het proces?
- hoeveel zuur en energie wordt verbruikt?
- hoe groot is de toename van de jaarkosten?

Het onderzoek is uitgevoerd in de periode van 20 september 1996 tot en met 15 januari 1997 op het Varkensproefbedrijf "Noord en Oost-Nederland" in Raalte.

2 MATERIAAL EN METHODE

2.1 Proefafdeling

Het onderzoek werd uitgevoerd in een vleesvarkensafdeling. Deze was 12 m lang en 5,5 m breed en had zes hokken. De hokken hadden vanaf de voergang gezien (1,50 m breed) de volgende indeling: een hellende niet-onderkelderde betonnen vloer (2,8 m) en daarachter een mestkanaal, met daarboven metalen driekantroosters (1,2 m inclusief mestspleet van 8 cm). De metalen roosters hadden direct achter de hellende vloer een balk- en spleetbreedte van 12 mm en achterin het hok een balkbreedte van 12 mm en een spleetbreedte van 15 mm. Er werden per hok elf dieren gehuisvest.

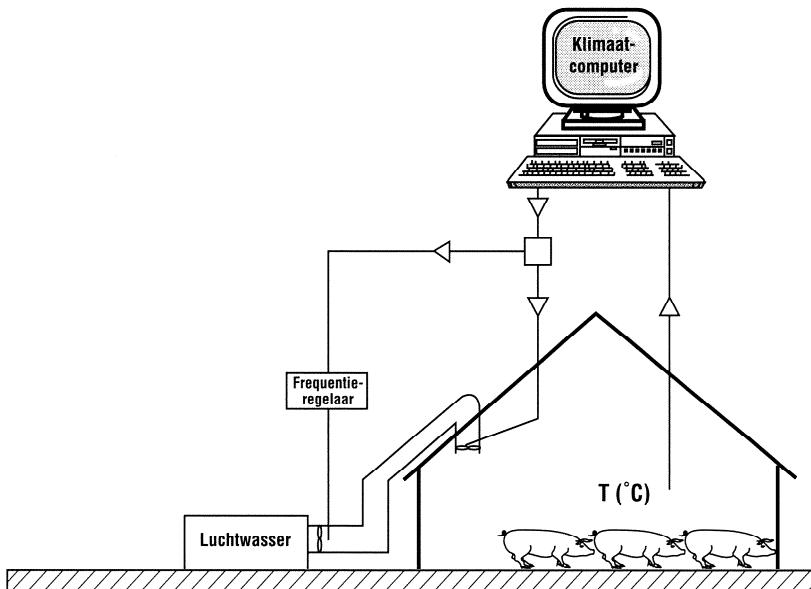
2.2 Proefdieren en voeding

Het onderzoek is uitgevoerd met vleesvarkens van het kruisingstype Gy, x (Gy, x NL) of Gy, x NL. De dieren werden gemengd opgelegd. De varkens werden opgelegd en afgeleverd met een gewicht van respectievelijk circa 25 kg en 115 kg, volgens de

beoordelingsrichtlijn emissie-arme stalsystemen (Werkgroep Emissiefactoren, 1996). De dieren werden onbeperkt 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 overgeschakeld op afmestvoer (EW 1,07; ruw eiwitgehalte 160 g/kg). Drinkwater was onbeperkt beschikbaar.

2.3 Ventilatie

De verse lucht kwam via luchtinlaatopeningen in de zijmuur en de kopgevel van de stal in de centrale gang. In de afdeling was een ventilatieplafond aangebracht. De ventilatorkoker voor de afvoer van de lucht was in het plafond geplaatst, boven het mestkanaal, achter in de afdeling. Vanaf deze ventilatorkoker op het dak liep een buis richting de chemische wasser, die zich buiten de stal naast de afdeling bevond (zie figuur 1). Er was een ventilator met frequentieregelaar voor de wasser geïnstalleerd. Deze ventilator werd via de frequentieregelaar aangestuurd



Figuur 1: Schematische weergave van de proefopstelling waarbij de luchtwasser aangesloten is op één afdeling.

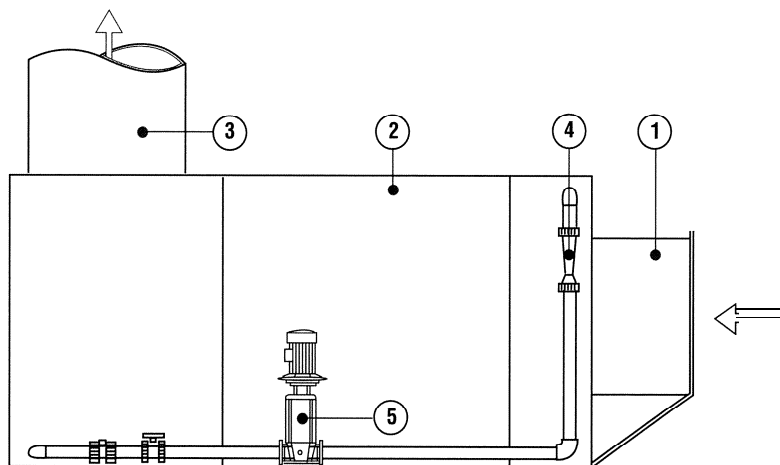
door het stuursignaal (0 - 10V) van de klimaatcomputer. In de ventilatorkoker was een geijkte meetventilator aanwezig om het debiet te bepalen. Op de dag van inleg werd een afdelingstemperatuur van 22°C nagestreefd, dalend naar 21°C vijftien dagen na opleg en naar 19°C dertig dagen na opleg. Vanaf dertig dagen na opleg tot het eind van de ronde werd een afdelingstemperatuur van 19°C nagestreefd. De instelling van de minimum- en maximumventilatie was respectievelijk 10 en 100 m³ per dier per uur (standaardinstellingen Varkensproefbedrijf). De bandbreedte varieerde afhankelijk van de buitentemperatuur van 4 tot 6°C.

2.4 Luchtwasser

In figuur 2 staat de wasser schematisch afgebeeld. De stallucht wordt via de ventilator door de wasser geblazen. In deze wasser bevindt zich een wasserpakket (l x b x h = 1,50 m x 1,50 m x 1,70 m) dat bestaat uit plastic vormdeeltjes met een specifiek oppervlak van 100 m²/m³. Dit grote oppervlak is 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 versproeid wordt door het sproei-systeem. Voordat het aangezuurde water over het pakket wordt versproeid, gaat het

door een waterfilter dat zich in de watermengbak bevindt. Dit filter dient ervoor om de vervuiling, die in het water ontstaat doordat het stof dat in de stallucht aanwezig is neerslaat in het water, uit het proceswater te halen. Er kunnen dan geen verstoppingen optreden in de terugslagklep, waterpomp, kraan, leidingen en sproeiers. Het filter dient iedere maand vervangen te worden door een nieuw filter. Het proceswater wordt op een pH van 4 gehouden door de zuurtegraad continu te meten. Aan de hand van deze meting wordt er aan het proceswater door het zuurpompje wel of geen zuur toegevoegd. Met behulp van de waterpomp wordt het aangezuurde water via het sproeisysteem op het wasserpakket gebracht. De gereinigde lucht verlaat via een druppelvang het systeem, via een koker die aan de bovenzijde van de wasser is geplaatst.

Bovema Konstrukties B.V. levert units (afmeting: l x b x h = 3,5 m x 1,5 m x 2,02 m) voor een maximale luchtverplaatsing van 15.000 m³ per uur (ventilator met een diameter van 71 cm). Bij een maximale luchtverversing van 80 m³ per dier per uur en een gelijkzijdigheidsfactor van 75% bij centrale afzuiging zou met één unit de ventilatielucht van 250 dieren behandeld kunnen worden. De omkasting van de luchtwasser bestaat uit kunststof HDPE-platen. Deze zijn weer- en



1 Luchttoevoer wasser; 2 Wasser; 3 Luchtafvoer wasser; 4 Waterhoeveelheidsmeter; 5 Waterpomp

Figuur 2: Schematische weergave van de luchtwasser.

zuurbestendig. De unit die op de proefafdeling was aangesloten, had dezelfde buitenmaten. Intern is het wasserpakket verkleind en aangepast voor de luchtzuivering van 66 dieren. De ventilator is vervangen door een ventilator met een diameter van 56 cm.

In het leidingsysteem van de waterpomp is een spui klep opgenomen. Deze klep wordt door middel van een tijd klokje elke dag een bepaalde tijd opengezet om proceswater af te voeren. Dit is nodig omdat anders de zoutconcentratie (ammoniumsulfaat) in dit water te hoog wordt. De fabrikant heeft deze hoeveelheid spui vloeistof voor vleesvarkens berekend op 40 liter per dierplaats per jaar. Ook wordt er dagelijks een hoeveelheid water in het systeem gebracht. De spui vloeistof kan aan de mest worden toegevoegd, echter niet in een ruimte waar dieren aanwezig zijn. In verband met toevoeging van ammoniumsulfaat aan de mestkelder bestaat de kans dat de concentratie H_2S in de stallucht toeneemt. Om dit effect nader te onderzoeken werd tijdens het onderzoek het spui water dagelijks in de mestput van de proefafdeling gebracht. In de praktijk dient dit dus te gebeuren in bijvoorbeeld mestopslagkanalen onder de centrale gang, of in mestsilo's.

2.5 Waarnemingen

Technisch functioneren

In een logboek werden alle bijzonderheden, zoals storingen, mestaflaatdata et cetera bijgehouden. Verder werd wekelijks gecontroleerd: het functioneren van de waterpomp, ventilatoren, waterfilter, spui klep, zuurgraad van het proceswater in de wasser en zuurniveau in de zuuropslagtank.

Ammoniakemissie uit de afdeling

Gedurende het onderzoek werd de ammoniakemissie uit de afdeling continu gemeten met een B&K-monitor (type 1302). Hiervoor werden verschillende malen per dag de ammoniakconcentratie en de temperatuur van de afgevoerde lucht in de ventilatorkoker gemeten. Ook werd bij elke meting het ventilatiedebiet vastgesteld met behulp van een meetventilator. De meetopstelling werd volgens het standaardprotocol van de meetploeg van het Praktijkonderzoek Varkens-

houderij gecalibreerd en onderhouden (Van 't Klooster et al., 1992). De ammoniakemissie werd gemeten vanaf de dag van opleg tot en met de dag waarop 50% of meer van de varkens waren afgeleverd.

Ammoniakemissie na de chemische wasser
De ammoniakconcentratie van de uitgaande lucht na 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 zuur geleid (wasrendement minimaal 95%). De wasflessen werden iedere maandag en donderdag verwisseld. De waarde van de ammoniakconcentratie werd op de wisseldagen een gemiddelde uit de geanalyseerde waarde van de voorgaande 3 tot 4 dagen en de volgende 3 tot 4 dagen. De flow van het pompje van de natchemische opstelling werd bij verwisseling van de monsters vastgelegd door de stand van de gekijkte flowmeter te noteren. De monsters werden vervolgens door het Sterlab INTRON geanalyseerd op NH_3 -N via potentiometrie (NEN-norm 6472).

Geur

Gedurende het onderzoek werden twee indicatieve geurmetingen uitgevoerd. Per meting werd een duplomonster vóór en een duplomonster ná de chemische wasser genomen. Dit gebeurde (gedurende 2 uur) volgens het meetprotocol voor geuremissies uit stallen (Van der Hoek et al., 1995). De monsters werden de volgende dag bij IMAG-DLO geanalyseerd via olfactometrie en een geurpaneel volgens NVN 2820.

Energieverbruik

Het energieverbruik van de waterpomp, de ventilator en de frequentieregelaar werd wekelijks via een gezamenlijke kWh-meter geregistreerd. Ook energieverbruik van de pH-sturing en het zuurdoseerpompje werd wekelijks via een gezamenlijke kWh-meter geregistreerd.

Verbruik zuur en hoeveelheid spui vloeistof
Voor de start van het onderzoek en bij afleveren van de laatste dieren werden het vloeistofniveau van het zuurvat en de stand van de watermeter van de spui vloeistof

genoteerd. Verder werd wekelijks van de spuivloestof een monster genomen, dat bij het Milieulaboratorium van IMAG-DLO te Wageningen werd geanalyseerd op droge stof (ds), zuurgraad (pH), ammonium ($\text{NH}_4\text{-N}$) en sulfaat (SO_4^{2-}). Aan de hand van de stikstofanalyses werd de werkelijk ingevangen hoeveelheid stikstof gecontroleerd.

Mestsamenstelling

Wekelijks werd onder ieder hok een mestmonster genomen uit het mestkanaal. Hiervan werd één mengmestmonster gemaakt, dat direct werd ingevroren en bij het IMAG-DLO werd geanalyseerd op droge

stof (ds), zuurgraad (pH), ammonium ($\text{NH}_4\text{-N}$), stikstof (N_{kj}), fosfor (P) en en sulfaat (SO_4^{2-}).

Zwavelwaterstof

Wekelijks werden acht uur lang, drie diffusiebuisjes (Drager, Hydrogen Sulphide 1 O/a-D) in de proefafdeling gehangen om de hoeveelheid H_2S in de afdeling te meten. Dit werd gedaan in verband met de toevoeging van het ammoniumsulfaat in de mestkelder. Sulfaat kan onder anaerobe omstandigheden in mest worden omgezet in H_2S . Het meetbereik van de diffusie-buisjes was 1,3 tot 40 ml $\text{H}_2\text{S}/\text{m}^3$ (ppm).

3 RESULTATEN

3.1 Technisch functioneren en onderhoud

De chemische luchtwasser heeft nagenoeg storingsvrij gefunctioneerd. Gedurende een aantal dagen bleek dat de software van het doseerpompje (pH-sturing) niet optimaal werkte. Na vervanging hebben zich hiermee geen problemen meer voorgedaan. Verder bleek dat de druppelvanger, die achter het wasserpakket was geïnstalleerd, na verloop van tijd dichtslibde en een hoge weerstand in het systeem veroorzaakte. Deze druppelvanger bestond uit een soort doek, die door stof en dergelijke kon dichtslibben. De druppelvanger is vervangen door een druppelvanger met een andere interne structuur die niet dichtslibde. Op ongeveer anderhalve maand na opleg van de dieren functioneerde de pH-sensor als gevolg van een storing niet goed. De sensor is daarop vervangen en er zijn geen storingen meer opgetreden.

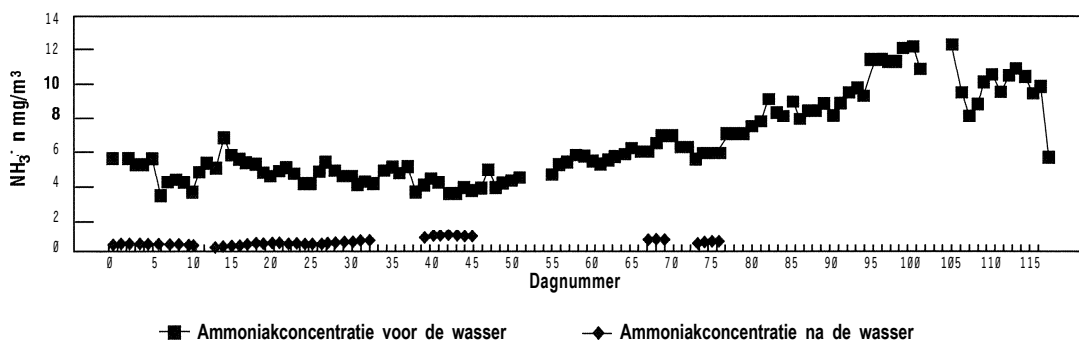
3.2 Ammoniakemissie

In figuur 3 is de ammoniakconcentratie gedurende de proefronde weergegeven vóór en na de chemische wasser.

De gemiddelde ammoniakconcentratie in de stal was $6,26 \text{ mg/m}^3$. De gemiddelde temperatuur was $21,1^\circ\text{C}$ en het gemiddelde ventilatiedebiet $2.188 \text{ m}^3/\text{uur}$. De gemiddelde ammoniakemissie zou, wanneer geen

chemische wasser was gebruikt, $1,49 \text{ kg}$ per dierplaats per jaar geweest zijn.

Bij de bepaling van de ammoniakconcentratie na de chemische wasser zijn er problemen opgetreden. Gedurende de eerste helft van de mestronde werd een lage concentratie gemeten: $0,2$ tot $0,5 \text{ mg/m}^3$. Dit lag in de lijn der verwachting. Eind oktober traden er storingen op bij de natchemische monstername. Er ontstond, waarschijnlijk door condensatie, vocht in de aanvoerslangen waardoor vooral de eerste fles na de monsterperiode voller was dan ervoor. Ook kwam door de vele neerslag vocht in het aanzuigpompje, waardoor dit niet goed meer functioneerde. De ammoniakcijfers gedurende deze periode zijn daarom verwijderd. Ook bleek dat bij zeer lage buitentemperaturen de vloeistof in de slangen soms was bevroren. Op een substantieel aantal dagen bleek de ammoniakconcentratie in de uitgaande lucht hoger te zijn dan in de ingaande lucht. Deze gegevens worden eveneens niet betrouwbaar geacht. Waarschijnlijk zijn er druppeltjes proceswater in de monsternameset terecht gekomen. Deze druppeltjes kunnen ontstaan door nevelvorming van de uitgestoten lucht. Deze nevel bevat opgelost ammoniumsulfaat. Ook aan de buitenzijde van de ventilatorkoker voor de uitgaande lucht (op de chemische wasser) werd een witte aanslag (ammoniumsulfaat) waargenomen.



Figuur 3: Ammoniakconcentratie in de proefronde vóór en na de chemische wasser.

Waarschijnlijk heeft de druppelvanger in de chemische wasser tijdelijk niet goed gefunctioneerd.

In figuur 4 staan de reductie van de ammoniakemissie van de chemische wasser en het ventilatiedebiet gedurende de proefperiode weergegeven. De reductie is aan het begin van de proefperiode hoog, maar vertoont daarna een lichte daling. Het ventilatiedebiet is over de gehele periode tamelijk constant. De oorzaak van de daling van de reductie naar ongeveer 80% is niet bekend. Onduidelijk is of bovengenoemde problemen hier ook reeds speelden. Daarna zijn nog enkele dagen betrouwbare gegevens voorhanden, die weer een reductie van meer dan 90% laten zien. De gemiddelde reductie, gemeten over slechts 45 meetdagen, bedraagt 90,7%.

3.3 Controle ammoniakemissie

Door middel van onderstaande benadering van de stikstofbalans is getracht de gemeten ammoniakemissie te controleren.

Ingaande N

De emissie van de proefafdeling bedroeg gemiddeld 298,68 g NH₃ per dag (gemeten met de B&K-monitor) over de proefperiode van 117 dagen. Dit is (298,68 g NH₃/dag x

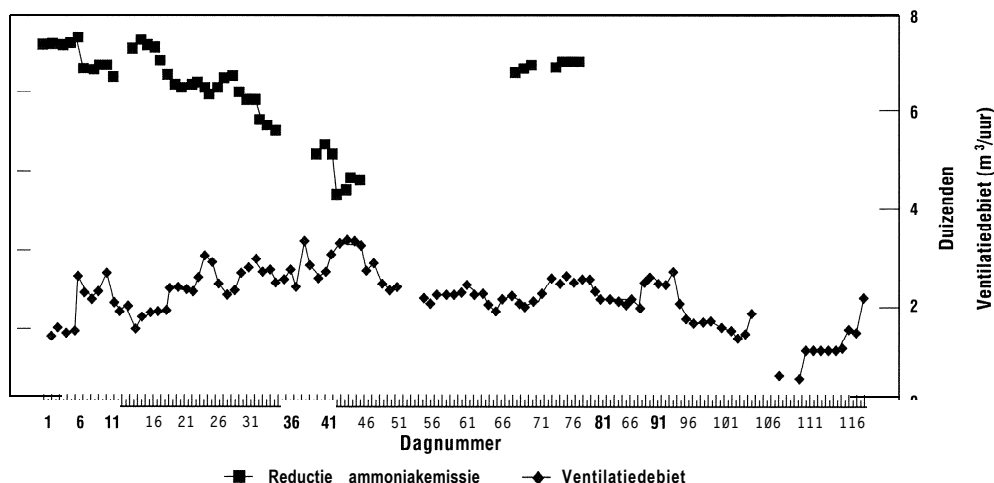
14/17 x 117 dagen) / 1.000 = 28,8 kg N. Bij 90,7% reductie is in totaal 0,907 x 28,8 = 26,1 kg N ingevangen.

Uitgaande N

Dagelijks wordt er een hoeveelheid N door het spui afgevoerd. Over de gehele meetperiode is dit 894,6 liter. Dit spuiwater is geanalyseerd door het IMAG-DLO en bevat gemiddeld 4,84 g N/l. In totaal is er dus 894,6 l x 4,84 g N/l / 1.000 = 4,3 kg N over de gehele meetperiode afgevoerd. Verder zat er aan het einde van de proefperiode nog 6,96 g N/l (analyses IMAG-DLO) in de aanwezige spuivloeistof in het systeem. Dit is in totaal 2,5 m³ spuivloeistof in het systeem x 6,96 g N/l = 17,4 kg N. In totaal zit er 4,3 + 17,4 = 21,7 kg N in het afgevoerde spui en in de spuivloeistof in het systeem. Er is dus nog een verschil in de in- en uitgaande stikstofhoeveelheid van 26,1 - 21,7 = 4,4 kg N. Omdat een zoutaanslag op de ventilatorkoker is waargenomen is het aannemelijk dat dit verschil is veroorzaakt door de hoeveelheid stikstof die het systeem verlaat via nevel, door het niet goed functioneren van de druppelvanger.

3.4 Geur

De resultaten van de geurmetingen staan in tabel 1.



Figuur 4: Reductie van de ammoniakemissie van de chemische wasser en ventilatiedebiet in de proefperiode.

Tabel 1: Aantal geureenheden per m³ van de lucht vóór en na de chemische wasser

datum	plaats	monsternamen	monster 1 (ge/m ³)	monster 2 (ge/m ³)	gemiddeld (ge/m ³)	reductie percentage	debiet (m ³ /h)
17 okt.	ingaaende lucht		423	475	449	27	2.642
	uitgaende lucht		302	350	326		
19 dec.	ingaaende lucht		738	883	811	66	2.792
	uitgaende lucht		220	333	277		

Deze metingen van de geurconcentratie zijn indicatief. De gemeten reductie van de geuremissie varieert van 27 tot 66%. Deze getallen geven aan dat de wasser de potentie heeft om de geuremissie in redelijke mate te reduceren. Nader onderzoek is aan te bevelen.

3.5 Energieverbruik

Waterpomp, ventilator en frequentieregelaar
In totaal is er 3.007,5 kWh in 2.307,6 uren verbruikt door de waterpomp, ventilator en frequentieregelaar. Het energieverbruik gedurende de periode waarin de druppelvang was dichtgeslibd, is niet meegerekend.

De waterpomp had een geïnstalleerd vermogen van 1,1 kW. Het opgenomen vermogen bedroeg 0,8 kW. Normaliter wordt er in een wasserunit voor 250 dieren een waterpomp geïnstalleerd met een geïnstalleerd vermogen van 1,5 kW en een opgenomen vermogen van 1,35 kW. De gehanteerde waterpomp in de proefopstelling kan dus gebruikt worden voor $0,8 / (1,35 / 250) = 148$ dieren. Het energieverbruik bedraagt $0,8 \times 24 = 19,2$ kWh/dag. Dit is $19,2 \text{ kWh} / 148 \text{ dieren} \times 365 = 47,4$ kWh per dierplaats per jaar.

Het totale energieverbruik van de waterpomp, de ventilator en de frequentieregelaar bedraagt $3.007,5 \text{ kWh} / 2.307,6 \text{ uren} \times 24 \text{ uur} = 31,3 \text{ kWh/dag}$. Het verbruik van de frequentieregelaar is minimaal en te verwaarlozen. Het verbruik van de ventilator bedraagt dus $31,3 \text{ kWh} - 19,2 \text{ kWh} = 12,1 \text{ kWh/dag}$. Om te berekenen voor hoeveel dieren de ventilator gebruikt had kunnen worden, is er een inschatting gemaakt van de weerstanden die de ventilator dient te overwinnen. Allereerst is er de weerstand over het ventilatieplafond. Deze is ingeschat op 30 Pa.

Dan is er het traject van in de afdeling tot achter de ventilator. Dit is gemeten en bedroeg in de proefopstelling in Raalte 46 Pa bij 45% ventilatie. Verder bestaat er een weerstand over het wasserpakket. Deze is gemeten en bedroeg 36 Pa bij 50% ventilatie. De gemiddelde weerstand bij de proefopstelling bedroeg dus $30 + 46 + 36 = 112$ Pa. Bij deze weerstand kan de ventilator (diameter 56 cm) 16.480 m^3 lucht per uur verplaatsen. Bij een maximale ventilatiebehoefte van 100 m^3 per dier per uur zou deze ventilator bij bovenstaande weerstand gebruikt kunnen worden voor $16.480 \text{ m}^3 / 100 \text{ m}^3 = 164,8$ dieren.

Het energieverbruik van de ventilator bedraagt dus $12,1 \text{ kWh/dag} \times 365 \text{ dagen} / 164,8 \text{ dieren} = 26,8$ kWh per dierplaats per jaar.

Meetomvormer en pH-sturing

De meetomvormer en de pH-sturing hebben gedurende het onderzoek 399,9 kWh in 2.819,9 uren verbruikt. Dit is $3,4 \text{ kWh}$ per dag. De pH-sturing en de meetomvormer kunnen normaliter gebruikt worden voor 250 dieren. Het verbruik bedraagt dus $3,4 \text{ kWh} \times 365 \text{ dagen} / 250 \text{ dieren} = 5,0$ kWh per dierplaats per jaar.

3.6 Zuurverbruik en spuiwloeistof

Gedurende het onderzoek is er 72,0 liter 96% technisch zuiver zwavelzuur verbruikt. Dit is $72,0 \text{ liter} / 2.819,9 \text{ uren} \times 24 \text{ uren} \times 365 \text{ dagen} / 66 \text{ dieren} = 3,4$ liter zuur per vleesvarkensplaats per jaar.

Theoretisch is er 1,6 liter 96% technisch zuiver zwavelzuur nodig om 1 kg ammoniak te binden. Tijdens het onderzoek is gebleken dat de ammoniakemissie uit de proefafdeling slechts $1,49 \text{ kg NH}_3$ per dierplaats per

jaar bedroeg. Bij 90,7% rendement houdt dit een zuurverbruik in van $1,49 \times 1,6 \times 0,907\% = 2,2$ liter per vleesvarkensplaats per jaar. Toch is er meer zuur verbruikt. Het verschil tussen gemeten en theoretisch zuurverbruik kan verschillende oorzaken hebben. In de discussie wordt hierop nader ingegaan.

Gedurende het onderzoek is er $0,8946 \text{ m}^3 / (117,5 \text{ dagen van de proefronde} + 2 \text{ dagen na de ronde}) = 7,5$ liter per dag gespuid. Dit is $7,5 \times 365 \text{ dagen} / 66 \text{ dieren} = 41,5$ liter per vleesvarkensplaats per jaar. Dit is iets meer dan de 40 liter die door de fabrikant wordt aangegeven. Door de tijd klok, die de spuikelep bedient, nauwkeuriger af te stellen, kan er op jaarbasis exact 40 liter per dierplaats per jaar gespuid worden. Gedurende de eerste dagen van de proefronde was deze tijd te ruim ingesteld.

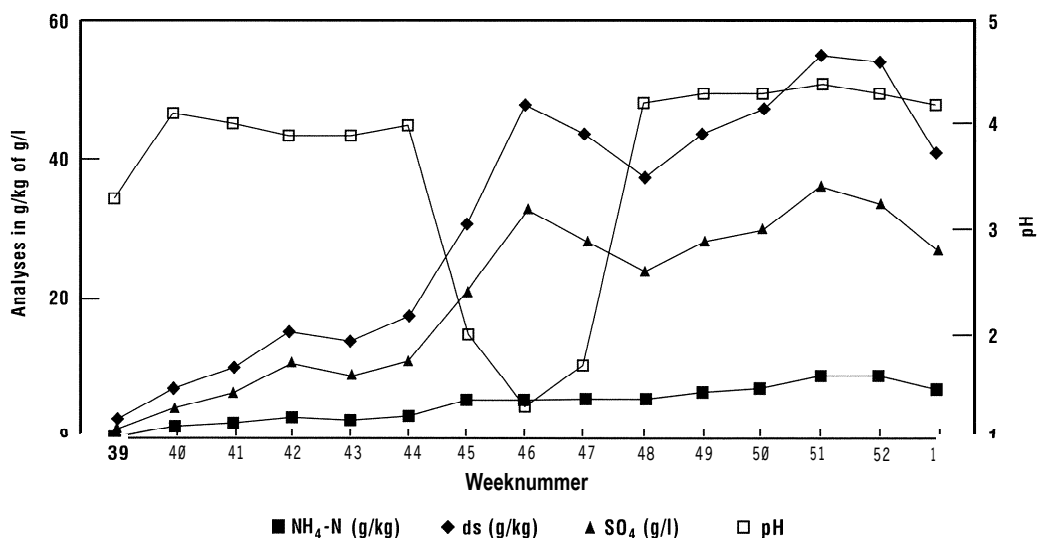
In figuur 5 staan de analyseresultaten weergegeven van de spuivloeistofmonsters die wekelijks genomen zijn. De gemiddelde pH van de spuivloeistof was 3,6. Dit gemiddelde ligt onder de pH van 4 omdat de pH-sensor in week 45 defect was, waardoor te veel zuur door het zuurdoseerpompje gedoseerd werd. Als gevolg hiervan was de pH van het spuiwater in week 46 en 47 respectievelijk 1,3 en 1,7. Doordat er in de loop van een mestperiode meer ammoniak wordt gepro-

duceerd, is er meer zwavelzuur nodig om de ammoniak te binden. Uit de figuur blijkt dat zowel de $\text{NH}_4\text{-N}$ als de hoeveelheid SO_4 na verloop van tijd toenamen. Het drogestofpercentage nam ook toe, vooral als gevolg van de hogere concentraties ammoniumsulfaat en mogelijk ook enig stof.

3.7 Mestsamenstelling

In figuur 6 en 7 staan de analyseresultaten weergegeven van de mestmonsters die wekelijks genomen zijn.

Uit figuur 6 blijkt dat de hoeveelheden $\text{NH}_4\text{-N}$ en N_{ki} na verloop van tijd toenamen. Naarmate de dieren ouder worden, wordt er meer $\text{NH}_4\text{-N}$ en N_{ki} in de mest uitgescheiden. Bovendien wordt er dagelijks een kleine hoeveelheid $\text{NH}_4\text{-N}$ via de spuivloeistof aan de mest toegevoegd. Standaardmest heeft een $\text{NH}_4\text{-N}$ - en een N_{ki} -gehalte van respectievelijk 6,2 en 10,4 g/kg (Hendriks en Vrielink, 1997). De mest in de proefafdeling had een gemiddeld $\text{NH}_4\text{-N}$ - en N_{ki} -gehalte van respectievelijk 6,2 en 10,1 g/kg. Verder blijkt uit figuur 6 dat ook de hoeveelheid SO_4 na verloop van tijd toenam. De toename van de hoeveelheid SO_4 kan verklaard worden door het toevoegen van de spuivloeistof aan de mest in de afdeling. De lichte stijging van het P-gehalte kan verklaard worden uit het



Figuur 5: Analyseresultaten spuivloeistof.

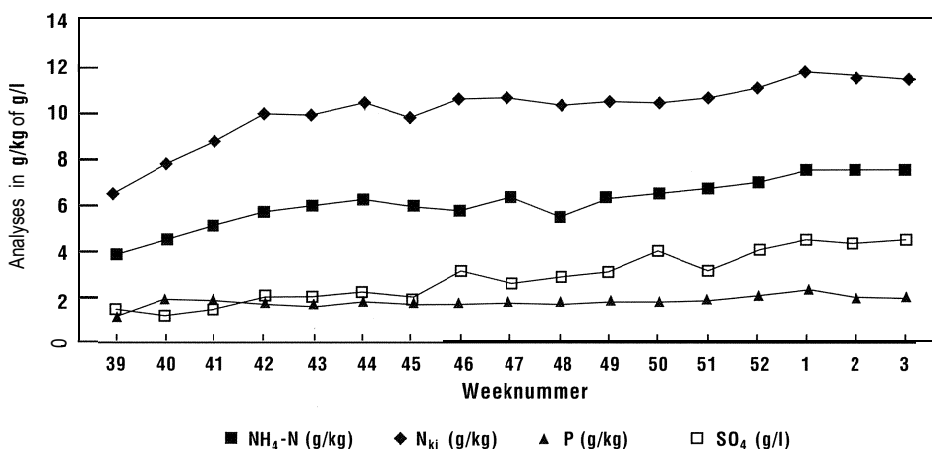
feit dat naarmate de dieren ouder worden, de P-behoefte afneemt. Bij een constant P-gehalte in het voer wordt er bij het ouder worden van de dieren meer P uitgescheiden

In figuur 7 staan de ds-gehalten en de pH van de mestmonsters weergegeven. De mest had een hoog drogestofpercentage van gemiddeld 14,6%. De pH van de mest bleef gedurende de gehele ronde constant. Gemiddeld was de pH van de mest 7,2.

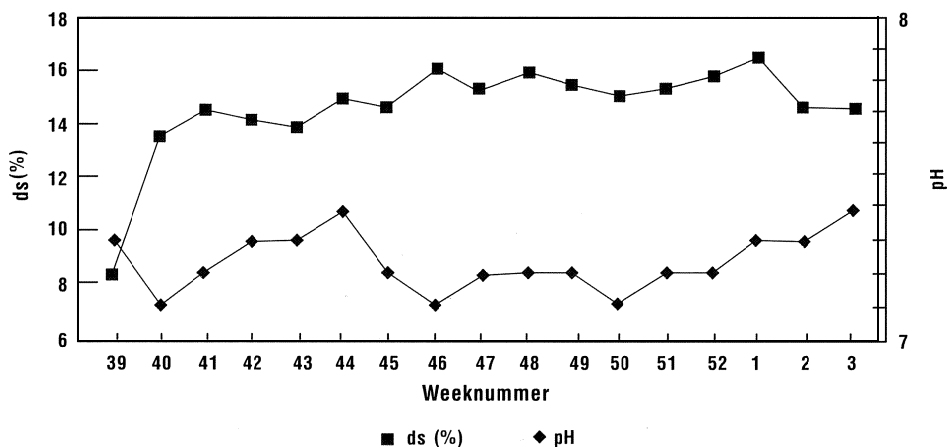
3.8 Zwavelwaterstof

Ondanks de toename van de hoeveelheid SO_4 in de mest, bleek dit geen meetbare stij-

ging van H_2S -gas in de proefafdeling tot gevolg te hebben. De gebruikte diffusie-buisjes hadden een meetbereik van 1,3 tot 40 ml $\text{H}_2\text{S}/\text{m}^3$ (ppm). Dit is het laagste meetbereik dat in diffusie-buisjes verkrijgbaar is. Gedurende het gehele onderzoek bleek de H_2S -concentratie in de proefafdeling kleiner te zijn dan 1,3 ppm. Normaliter bedraagt het H_2S -gehalte in vleesvarkensstallen 200 ppb (Barber and Mc Quitty, 1974). Deze waarde kon niet gemeten worden. Een sterke stijging (dus boven de 1,3 ppm) is echter ook niet waargenomen.



Figuur 6: Analyseresultaten ($\text{NH}_4\text{-N}$, N_{kj} , P en SO_4) mestmonsters.



Figuur 7: Analyseresultaten (ds en pH) mestmonsters.

4 ECONOMISCHE EVALUATIE

4.1 Extra investeringen en jaarkosten van de investering

Er is een economische analyse gemaakt van de extra investeringen en extra jaarkosten die noodzakelijk zijn voor het gebruik van de chemische luchtwater. Hierbij is een vergelijking gemaakt met de referentiestal, zoals die beschreven is door Bens et al. (1994). Ook is gebruik gemaakt van gegevens afkomstig uit KWIN 1996-1997 en resultaten uit dit onderzoek.

De referentiestal voor vleesvarkens bevat 23 afdelingen voor 80 dieren. In totaal zijn dat 1840 dieren. Elke afdeling heeft aan beide kanten van de voergang vier hokken voor elk tien dieren. Elk hok heeft voorin een smal mestkanaal, vervolgens een bolle onderkelderde dichte vloer en daarna een breed mestkanaal. De mestkanalen zijn 1,50 m diep.

Voor de toepassing van chemische luchtwassers zal er in de praktijk veelal gekozen worden voor centrale afzuiging. Dit houdt in dat er een centraal afzuigkanaal naast, of in de nok van de stal wordt geplaatst. Er worden geen ventilatoren meer per afdeling geplaatst. Bij gebruik van luchtwassers is de ventilator voor de waterunit geplaatst. Per afdeling dient meet- en regelapparatuur (meetventilatoren, diafragmaschuiven et

cetera), voor centrale afzuiging geïnstalleerd te worden.

Eén chemische waterunit kan volgens Bovema de lucht behandelen van 250 dieren. Voor de standaardstal betekent dit één unit per drie afdelingen. Er dienen dus $1.840 / 250 = 7,36$ luchtwassers geplaatst te worden. Bij plaatsing van acht luchtwassers is er dan een kleine overcapaciteit beschikbaar.

In tabel 2 staan de extra investeringen die nodig zijn voor de toepassing van chemische luchtwassers.

De investering per dierplaats is dus $f 183.215,- / 1.840 = f 99,57$.

De extra jaarkosten voor investeringen bedragen $f 30.230,47$. Dit is $f 16,43$ per vleesvarkensplaats.

4.2 Totale extra jaarkosten

De totale extra jaarkosten, exclusief BTW, van de chemische luchtwater zijn als volgt op te splitsen:

- 1 Elektra
- 2 Zuur
- 3 Waterfilters
- 4 Onderhoudscontract
- 5 Waterverbruik
- 6 Mestafzetkosten.
- 7 Extra investeringen

Tabel 2: Extra investeringsbedragen (exclusief BTW) en jaarkosten bij toepassing van de chemische luchtwater

	investering	afschrijving %	rente %	onderhoud %	jaarkosten
Wasserunits (offerte)*	f 200.000,-	10	7	3	f 33.000,-
Centrale afzuiging (offerte)**	f 10.240,-	10	7	3	f 1.689,60
Ventilatieper afdeling (KWIN)	-f 27.025,-	10	7	3	-f 4.459,13
Totaal	f 183.215,-				f 30.230,47

* 8 units voor 23 afdelingen à 80 dieren. Waterunit; waterpomp, ventilator, pH-sturing en frequentieregelaar inbegrepen.

** Exclusief de ventilatoren. Deze zijn bij de waterunits al berekend.

1 Elektra

De waterpomp verbruikt 47,4 kWh per dierplaats per jaar, de ventilator 26,8 kWh per dierplaats per jaar en de meetvormer met pH-sturing 5,0 kWh per dierplaats per jaar. In totaal verbruikt de wasser 79,2 kWh per dierplaats per jaar. Dit is $79,2 \times f 0,20 = f 15,84$ per dierplaats per jaar. Normaliter wordt er ook energie verbruikt voor ventilatie. Dit is ongeveer f 6,- per dierplaats per jaar. De totale extra elektrakosten bedragen hierdoor f 9,84 per dierplaats per jaar. Het voordeel van centrale afzuiging is in deze berekening niet meegenomen.

2 Zuur

Bij een gemiddelde ammoniakemissie van 2,5 kg NH₃ per dierplaats per jaar is er, bij 90,7% rendement van de installatie, $2,5 \times 1,6 \times 0,907 = 3,6$ liter zuur per dierplaats nodig. Dit is $3,6 \times f 0,50/l = f 1,80$ per dierplaats per jaar.

3 Waterfilters

De waterfilters worden iedere maand vervangen. De kosten bedragen f 1,- per dierplaats per jaar.

4 Onderhoudscontract en halfjaarlijkse inspectie STERLAB

Eén keer per jaar komt een onderhoudsmonteur een aantal specialistische onderhoudswerkzaamheden uitvoeren. De wasser, ventilator en spuikep worden gereinigd en gecontroleerd op een juiste werking. Twee

keer per jaar komt een onafhankelijk STERLAB laboratorium de samenstelling van het proceswater op zuurgraad (pH), ammonium (NH₄-N) en sulfaat (SO₄) inspecteren. Het laboratorium rapporteert vervolgens de bevindingen aan de gebruiker, het lokale gezag en aan de producent. De kosten voor het onderhoudscontract en de halfjaarlijkse inspectie door een STERLAB bedragen f 1,50 per dierplaats per jaar.

5 Waterverbruik

Naast de hoeveelheid spuiwater die dagelijks wordt geproduceerd, wordt een groot gedeelte van het water in de wasser verdampt. Dit bedraagt ongeveer 300 liter per dierplaats per jaar (opgave Bovema). Dit water dient dus ook per dierplaats aan het systeem toegevoegd te worden. De totale kosten bedragen $300 + 41,5$ liter spuiwater - $3,6$ liter zuur = $337,9$ liter water x f 2,14 per 1.000 liter = f 0,72 per dierplaats per jaar.

6 Extra mestafzetkosten

Tijdens het onderzoek werd er gemiddeld 41,5 liter per dierplaats per jaar gespuid. Dit verhoogt de mestafzetkosten met $41,5 \text{ liter} \times f 17,-/m^3 \text{ mestafzetkosten} / 1.000 = f 0,71$ per dierplaats per jaar.

7 Jaarkosten extra investeringen

De jaarkosten van de extra investeringen bedragen f 30.230,47. Dit is f 16,43 per dierplaats per jaar. (zie paragraaf 4.1).

Tabel 3: Totale extra jaarkosten (exclusief BTW) per dierplaats per jaar van de chemische luchtwasser

Kosten per dierplaats per jaar		
Elektra	f	9,84
Zuurverbruik	f	1,80
Waterfilters	f	1,00
Onderhoudscontract/inspectie	f	1,50
Waterverbruik	f	0,72
Extra mestafzetkosten	f	0,71
Extra jaarkosten investering*	f	16,43
Totaal	f	32,00

* Toepassing chemische luchtwasser in combinatie met centrale afzuiging.

In tabel 3 staan de totale extra jaarkosten van de chemische luchtwasser weergegeven. De totale jaarkosten bedragen f 32,- per dierplaats per jaar.

De ammoniakemissie wordt 2,2 kg gereduceerd (90,7% van 2,5 kg). De extra jaarkosten per kg ammoniakreductie zijn dus

$f\ 32,- / 2,2\ \text{kg} = f\ 14,55$ per kg. Dit is vergelijkbaar met het koeldekstelsysteem voor vleesvarkens (BB 96.04.035 V1) volgens Verdoes et al. (1996). De kosten per dierplaats per jaar zijn in absolute zin wel hoger dan het koeldekstelsysteem. Per afgeleverd vleesvarken kost het systeem van de luchtwasser circa f 10,67 en per kg karkas circa f 0,13.

5 DISCUSSIE EN CONCLUSIES

Ammoniakreductie

De ammoniakreductie kon slechts gedurende 45 dagen worden vastgesteld, vooral tijdens het begin van de mestperiode. Het zou juist interessant geweest zijn om te zien of de chemische luchtwasser ook aan het einde van de mestperiode (bij hogere ammoniakconcentraties, zie figuur 3) tot eenzelfde hoge reductie kon komen.

Uit figuur 4 kan gesuggereerd worden dat er een verband bestaat tussen de ventilatiehoeveelheid en het reductiepercentage. Het is echter met de overgebleven gegevens moeilijk een duidelijk verband tussen de ventilatiehoeveelheid en de ammoniakreductie vast te stellen.

Extra investering

In paragraaf 4.1 zijn de extra investeringen en jaarkosten van de investering berekend. De berekeningen zijn gemaakt aan de hand van de referentiestal voor vleesvarkens met 23 afdelingen voor 80 dieren. Opgemerkt wordt dat er door toepassing van acht wassers bij de referentiestal een overcapaciteit beschikbaar is. Theoretisch zijn acht wassers geschikt voor 2.000 dierplaatsen. Indien de berekening in paragraaf 4.1 gemaakt zou zijn voor een stal met 25 afdelingen voor 80 dieren (2.000 dierplaatsen), dan zou de berekening gunstiger zijn, waardoor zowel de extra investering als de extra jaarkosten lager worden. Door een juiste afstemming van het aantal wassers en het aantal dierplaatsen dalen de kosten.

Zuurverbruik

Tijdens het onderzoek is er omgerekend 3,4 liter zuur per vleesvarkensplaats per jaar verbruikt. Bij de gemeten ammoniakconcentratie van 1,49 kg NH₃, per dierplaats per jaar en bij het bereikte rendement van 90,7%, is er theoretisch 1,49 x 1,6 liter zuur/kg ammoniak x 90,7% rendement = 2,2 liter zuur per vleesvarkensplaats nodig. Dit houdt in dat er gedurende het onderzoek meer zuur verbruikt is dan dat theoretisch

nodig zou zijn. Een deel van dit hoge verbruik kan verklaard worden door het feit dat de pH-sensor even defect was, waardoor er meer zuur gedoseerd werd dan noodzakelijk was. De pH-elektrode was slechts een korte tijd defect, zodat het hogere zuurverbruik niet alleen hierdoor verklaard kan worden. Mogelijk zijn er ook andere basische componenten in de wasser ingevangen. Indien alleen NH₃ ingevangen zou worden zou de N/SO₄²⁻ molverhouding in het waswater theoretisch 2 : 1 zijn. De gemeten molverhouding in het waswater bedroeg 1,7 : 1 (N/SO₄²⁻). Er is dus relatief meer sulfaat aanwezig dan noodzakelijk voor de aanwezige hoeveelheid stikstof. Mogelijk is er ook nog een hoeveelheid SO₄²⁻ afgevoerd met de nevel, door het niet goed functioneren van de druppelvanger.

Energieverbruik

De energiekosten bedragen 30% van de totale extra jaarkosten per dierplaats per jaar. Met name de waterpomp verbruikt veel energie. Bij lage ventilatiebehoeftes ('s winters) zouden bepaalde units tijdelijk uitgeschakeld kunnen worden. De uitgeschakelde units verbruiken dan geen energie. Stel dat 's winters gedurende anderhalve maand, twee van de acht units uitgeschakeld worden. Er kan dan gemiddeld 6 x 15.000 m³/uur = 90.000 m³/uur geventileerd worden. Bij een standaardstal met 1.840 dieren is dit gemiddeld 49 m³ per vleesvarkensplaats. Dit levert alleen wat betreft de waterpomp een besparing op van 1 1/2 x 30 dagen x 1,35 kW x 24 uur x 2 wassers = 2.916 kWh x f 0,20 = f 583,20. Dit is f 0,32 per dierplaats per jaar.

Bij de berekening van de energiekosten voor ventilatie is gerekend met een maximale ventilatiebehoefte van 100 m³ per dier per uur. Bij een maximale ventilatiebehoefte van 80 m³ per dier per uur, zou de in dit onderzoek gebruikte ventilator (diameter 56 cm, 16.480 m³ luchtverplaatsing per uur), de lucht voor 16.480 / 80 = 206 dieren kunnen verversen. Bij een maximale ventilatiebehoefte van 80 m³ per dier per uur bedraagt

het energieverbruik $12,1 \text{ kWh/dag} \times 365 \text{ dagen} / 206 \text{ dieren} = 21,4 \text{ kWh}$ per dierplaats per jaar. Dit is een verschil van 5,4 kWh per dierplaats per jaar ten opzichte van de gehanteerde maximale ventilatiebehoefte van 100 m^3 per dier per uur.

Door verlaging van de luchtweerstand in het totale systeem kan het energieverbruik verder geminimaliseerd worden. Door de toepassing van één unit per stal bestaat de verwachting dat het energieverbruik lager wordt door een hogere efficiency. Door de toepassing van grotere units zou bijvoorbeeld dezelfde pH-sturing die op dit moment gebruikt wordt voor 250 dieren, gebruikt kunnen worden voor bijvoorbeeld 1.000 dieren. Dit verlaagt eveneens de energiekosten per dierplaats.

Zwavelwaterstof

De reden voor het feit dat in de praktijk het spuiwater niet in de mestkelder in de afdeling teruggebracht mag worden is het gevaar van vrijkomen van zwavelwaterstofgas. Tijdens het onderzoek werd er slechts een kleine hoeveelheid (circa 7 liter/dag) spuiwaterstof aan de mestkelder in de proefafdeling toegevoegd. Door middel van diffusie-buisjes werd er geen stijging van het H_2S -gas waargenomen. Dit wil echter niet zeggen dat de spuiwaterstof zonder meer in een ruimte gedeponneerd kan worden waar dieren aanwezig zijn. Allereerst is er gedurende slechts één ronde zwavelwaterstofgas gemeten. Het is best mogelijk dat er in een volgende ronde wel een stijging van zwavelwaterstofgas wordt gemeten, omdat de 'ophoping' dan groter is. Verder is het een feit dat in de praktijk met meerdere luchtwassersystemen wordt gewerkt. Indien het spui van al deze luchtwassersystemen in één afdeling wordt gebracht, bestaat er een grote kans op vrijkomen van zwavelwaterstofgas. Het probleem is kleiner wanneer de spui-

hoeveelheden gelijk verdeeld zouden kunnen worden over de mestkelders van alle afdelingen. Ook bestaat er een vrij grote kans op het ontstaan van zwavelwaterstofgas na mixen van de mest waaraan spuiwaterstof is toegevoegd. Kortom; het spuiwater kan het beste worden afgevoerd naar een mestopslag buiten de stal.

Conclusies

De chemische luchtwasser heeft nagenoeg storingsvrij gefunctioneerd en heeft weinig onderhoud en toezicht. Verbetering van de druppelvanger verdient aandacht om te voorkomen dat er nevelvorming achter het wasserpakket ontstaat.

De ammoniakemissie werd door het systeem met 90,7% gereduceerd. Ook is uit metingen gebleken dat de wasser de potentie heeft om geur te reduceren. De extra totale jaarkosten voor het gebruik van de chemische luchtwasser in combinatie met centrale afzuiging zijn berekend op **f** 32,- per dierplaats. Bij een ammoniakreductie van 2,3 kg betekent dit **f** 14,55 extra jaarkosten per kg ammoniakreductie.

Betekenis voor de praktijk

Het voordeel van de chemische luchtwasser is dat door de hoge reductie de kans groter is dat men meer dieren mag gaan houden. Dit geldt vooral in gebieden waar de vrijgekomen productieruimte voor ammoniak opgevuld mag worden. Bij toepassing van een chemische luchtwasser bij bestaande stallen dient het luchtafvoersysteem veranderd te worden. Intern, zoals in hokuitvoeringen, kelderuitvoeringen, roosters et cetera hoeft de stal niet aangepast te worden. Voor nieuwbouw zijn er op dit moment andere, goedkopere systemen beschikbaar. Deze systemen hebben echter een hogere emissiefactor.

LITERATUUR

Aartsen, J.J. van 1995. De minister van Landbouw, Natuurbeheer en Visserij. *De integrale Notitie Mest- en ammoniakbeleid*. Ministerie van Landbouw, Natuurbeheer en Visserij, 's-Gravenhage.

Barber, E.M. and J.B. Mc Quitty 1974. *Hydrogen Sulfide Evolution from anaerobic swine manure*. Department of Agricultural Engineering, Faculty of Agriculture and Forestry, University of Alberta, Canada.

Bens, P.A.M., A.G. Altena, G.B.C. Backus, B.H.P. Frederix, A.W. de Vos en G.J.M. van der Zanden 1994. *Afschrijving van varkensstalen*. Informatie en Kennis Centrum Veehouderij, Ede.

Hendriks, J.G.L. en M.G.M. Vrielink 1997. *Effect van voedingsmaatregelen (pH-verlaging mest) in combinatie met eenvoudige huisvestingsmaatregelen op de ammoniak-emissie bij vleesvarkens*. Praktijkonderzoek Varkenshouderij, Rosmalen. Proefverslag in voorbereiding.

Hoek, K.W. van der, J.H.G. Tuinte, H.J.M. Hendriks, F.J.J. Jansen, J. Oosthoek, W. Scherphof en A.M. van de Weerdhof 1995. *Meetprotocol voor geuremissies uit stallen*. Werkgroep Emissiefactoren.

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. Research Institute for Pig Husbandry, Rosmalen. Report P3.92.

KWIN, Projectgroep KWIN 1996. *Kwantitatieve Informatie Veehouderij 1996- 1997 (KWIN)*. Praktijkonderzoek Rundvee, Schapen en Paarden (PR), Lelystad.

Lekkerkerk, L.J.A., G.J. Heij, M.J.M. Hootsmans 1995. *Dutch priority programme on acidification. Ammoniak: de feiten*. Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu, Bilthoven.

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

NVN 2820 Luchtkwaliteit maart 1995. Aanvulling februari 1996. *Sensorische geurmetingen met een olfactometer*. Nederlands Normalisatie-Instituut, Delft.

Verdoes, N., J.A.M. Voermans en C.E.P. van Brakel. *New Housing Systems for Pigs: Dutch Policy, Ammonia Emission and Costs*. International Conference on Air Pollution from Agricultural Operations. February 7-9 1996, Kansas City, Missouri, United States. p. 103-109.

Werkgroep Emissiefactoren. *Beoordelingsrichtlijn emissie-arme stalsystemen*. Maart 1996.