

# Vermindering ammoniak- emissie door gebruik van biowassers

PROPRO-project Luchtzuivering  
vleesvarkensstallen

*Reduction of ammonia emission from pig  
houses using bioscrubbers*

Ing. G.H. Uenk  
Ir. G.J. Monteny  
Ir. T.G.M. Demmers  
M.G. Hissink

**imag-dlo**



CIP-GEGEVENS KONINKLIJKE BIBLIOTHEEK, DEN HAAG

Uenk, G.H.

Vermindering ammoniakemissie door gebruik van biowassers / G.H. Uenk, . . . [et al.]. – Wageningen : IMAG-DLO. – Ill. – (Rapport / Dienst Landbouwkundig Onderzoek, Instituut voor Mechanisatie, Arbeid en Gebouwen ; 93-27).

PROPRO-project „Luchtzuivering vleesvarkensstallen“. – Met lit. opg. – Met samenvatting in het Engels.

ISBN 90-5406-060-3 geb.

NUGI 849

Trefw.: ammoniak-emissie ; varkenshouderij.

© 1993

IMAG-DLO

Postbus 43 – 6700 AA Wageningen

Telefoon 08370-76300

Telefax 08370-25670

Alle rechten voorbehouden. Niets uit deze uitgave mag worden veelevoudigd, opgeslagen in een geautomatiseerd gegevensbestand, of openbaar gemaakt, in enige vorm of op enige wijze, hetzij elektronisch, mechanisch, door fotokopieën, opnamen of enig andere manier zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van de uitgever.

All rights 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 written permission of the publisher.

# Abstract

Within the framework of the field study project, (so called PROPRO) techniques to reduce the ammonia emission were demonstrated on farm scale.

During a two year period the reduction of ammonia emission by bioscrubbers and the fitting-in in pig farm management was studied.

Keywords: air-treatment, bioscrubbers, functioning at farm scale (pig houses), ammonia emission, and ammonia reduction efficiency.

# Voorwoord

In het kader van het PRaktijk Onderzoek PROject 'beperking ammoniakemissie veehouderijbedrijven' Noord-Brabant (PROPRO) is in het proefgebied Oisterwijk/Moergestel onderzoek uitgevoerd met als doel de reductie van de ammoniakuitstoot door bruikbare technieken en systemen te demonstreren en deze te toetsen op technische en economische aspecten en bedrijfsinpasbaarheid.

Het project is gefinancierd door het Financieringsoverleg Mest- en Ammoniak-onderzoek (FOMA). Het onderzoek werd gezamenlijk uitgevoerd door het Proefstation voor de Varkenshouderij en het IMAG-DLO. Heidemij Advies trad op als projectcoördinator.

In dit deelproject staat het onderdeel luchtzuivering door biowassers centraal. Op twee vleesvarkensbedrijven werd de lucht met biowassers behandeld. Uit het onderzoek is informatie verkregen die kan bijdragen aan een verdere ontwikkeling en introductie van deze luchtzuiveringstechniek.

Een woord van dank is verschuldigd aan de twee betrokken varkenshouders, voor hun gastvrijheid en medewerking.

Ir. A.A. Jongebreur  
directeur

# Inhoud

<b>Samenvatting</b>	6
<b>1 Inleiding</b>	8
<b>2 Materiaal en methode</b>	9
2.1 Werkingsprincipe biowassers	9
2.2 Onderzoeklokaties, gebruikte biowassers en technische voorzieningen	10
2.2.1 Oisterwijk	10
2.2.2 Moergestel	13
2.3 Onderzoekplan, meetprogramma en meetmethode	14
<b>3 Resultaten en discussie</b>	16
3.1 Locatie Oisterwijk	16
3.1.1 Tegenstroomwassers	16
3.1.1.1 Ammoniakverwijderingsrendement	16
3.1.1.2 Ventilatie-debiet en schoonmaken van de wasser	17
3.1.1.3 Spuiwatersamenstelling	18
3.1.1.4 Spuiwaterhoeveelheid	19
3.1.2 Kruisstroomwassers	20
3.1.2.1 Ammoniakverwijderingsrendement	20
3.1.2.2 Ventilatie-debiet en schoonmaken van de wasser	21
3.1.2.3 Spuiwatersamenstelling	21
3.1.2.4 Spuiwaterhoeveelheid	22
3.2 Locatie Moergestel	23
3.2.1 Ammoniakverwijderingsrendement	23
3.2.2 Ventilatie-debiet en drukval	25
3.2.3 Spuiwatersamenstelling	27
3.2.4 Spuiwaterhoeveelheid	28
<b>4 Conclusies en aanbevelingen</b>	30
4.1 Locatie Oisterwijk	30
4.2 Locatie Moergestel	31
4.3 Aanbevelingen	32
<b>Summary</b>	33
<b>Literatuur</b>	34
<b>Bijlage A</b>	35
<b>Bijlage B</b>	36
<b>Bijlage C</b>	37

# Samenvatting

Binnen het PRaktijk Onderzoek PROject 'beperking ammoniakemissie veehouderijbedrijven' Noord-Brabant (PROPRO) is op twee praktijkbedrijven onderzoek uitgevoerd naar de werking van biowassers voor de verwijdering van ammoniak uit lucht afkomstig uit vleesvarkenstallen.

Het onderzoek is uitgevoerd op 2 locaties. Er werden 3 verschillende typen biowassers onderzocht op technisch functioneren in relatie tot de ammoniakemissiereductie. Het ammoniakverwijderingsrendement van de biowassers op locatie Oisterwijk varieerde tussen 6 en 99%. Het rendement van de tegenstroomwasser (BTW-6) en de kruisstroomwasser (MKS-6) was bij een technisch goed functionerende installatie gemiddeld resp. 78 en 65%. Het herstel van de werking na het schoonmaken van de kruisstroomwasser verliep minder goed dan na het schoonmaken van de tegenstroomwasser.

Wat betreft het technisch functioneren van deze wassers was een regelmatige controle op de verdeling van het water over het pakkingsmateriaal (sproeiers) noodzakelijk. Vooral de periode na het schoonmaken van het pakkingsmateriaal moest de werking van de sproeiers en ook de spuiwaterhoeveelheid frequent gecontroleerd worden. Een eenvoudige controle hierop moet voor de praktijk mogelijk zijn en dient minimaal één keer per 2 weken plaats te vinden.

Het ammoniakverwijderingsrendement van de biowassers op locatie Moergestel lag gemiddeld boven de 90%. Bij deze tegenstroomwassers was het ventilatiedebiet door te hoge drukval over het pakkingsmateriaal, gedurende de zomer onvoldoende voor het handhaven van een goed stalklimaat. Door het pakkingsmateriaal op een andere wijze in de wasser te plaatsen en de keuze van een ander type pakkingsmateriaal, was de hoeveelheid lucht die verzet kon worden, uit het oogpunt van een goed stalklimaat aanvaardbaar.

Wat betreft het technisch functioneren van deze wasser gaf de vlotter door lekkage regelmatig aanleiding tot een hoog waterverbruik en dus grote spuihoeveelheden. De afvoer van spuiwater d.m.v. een trechter onder het pakkingsmateriaal was te variabel. Het plaatsen van een door een instelbare tijdsklok gestuurde pomp functioneerde goed en resulteerde in een constante spuihoeveelheid.

Duidelijk is gebleken dat het technisch functioneren van de wassers het ammoniakverwijderingsrendement beïnvloedde. Storingen die optraden waren o.a. lekkende leidingen, kleppen en vlotters en verstopte leidingen en sproeiers. Deze storingen hadden tot gevolg dat de watercirculatie over het pakkingsmateriaal en de verversing van het waswater onvoldoende waren, waardoor de ammoniakverwijdering verminderde. Het pakkingsmateriaal in de biowasser moest regelmatig schoongemaakt worden. Door het invangen van stof in het pakkingsmateriaal nam de drukval toe en daalde het ventilatiedebiet. Door een toename van de drukval over het pakkingsmateriaal kon de ventilator niet meer het vereiste debiet verzetten.

Bij het reinigen van het pakkingsmateriaal werd een groot deel van de bacteriën dat zich op het materiaal bevindt verwijderd. Als gevolg van een lagere ammoniakbelasting aan het begin van een nieuwe mestronda kon de bacteriepopulatie met een olopende belasting meegroeien en was de invloed van het reinigen minder groot dan wanneer de

wasser in de loop van een mestronda werd schoongemaakt. Met het reinigen van het pakkingsmateriaal na elke mestronda kon het gedurende perioden met een hoge ventilatiebehoefte voorkomen, dat het pakkingsmateriaal zo snel dichtslabde dat de wasser tussentijds schoongemaakt moest worden. De werking van de wasser herstellde zich dan door het ontbreken van voldoende biologische activiteit en een grotere ammoniakbelasting minder goed.

Het gebruik van biowassers levert een hoeveelheid spuiwater op. Voor een afdeling van ca. 80 varkens bedroeg dit ca. 10 liter per uur.

# 1 Inleiding

In 1987 is het PRaktijk Onderzoek PROject 'beperking ammoniakemissie veehouderij-bedrijven' (PROPRO) Noord-Brabant gestart. Het project, dat gefinancierd werd door het Financieringsoverleg Mest- en Ammoniakonderzoek (FOMA), had tot doel het testen van in principe ammoniakemissie-arme systemen in de praktijk.

De veehouderij draagt in Nederland door de emissie van ammoniak in belangrijke mate bij aan de verzuring van het milieu. Voor de realisatie van de emissiereductiedoelstellingen voor ammoniak, n.l. 50 - 70% reductie in het jaar 2000, is het noodzakelijk dat, naast het bereiken van een reductie van de ammoniakemissie bij mesttoediening en mestopslag, ook een reductie van de stalemissie wordt bewerkstelligd (Richtlijn ammoniak en veehouderij, 1991; Hey en Schneider, 1991).

Bij het verminderen van de ammoniakemissie uit stallen kan onderscheid worden gemaakt tussen maatregelen die emissie van ammoniak uit de mest tegengaan en maatregelen om de stallucht te reinigen.

Bij het gebruik van luchtzuiveringstechnieken wordt ammoniak uit de stallucht verwijderd. Hiervoor zijn verschillende mogelijkheden beschikbaar, t.w. biofiltratie, biowassing en chemische wassing. Toepassing van deze systemen is alleen mogelijk bij mechanisch geventileerde stallen. Over het ammoniakverwijderingsrendement van deze technieken is nog maar weinig bekend. Uit semi-technisch onderzoek is bekend geworden dat met biofiltratietechnieken de ammoniakemissie met 70 - 99% gereduceerd kan worden (Demmers, 1992).

Binnen het PROPRO-deelproject 'Luchtzuivering varkensstallen' werden 3 typen biowasinstallaties op vleesvarkensbedrijven geplaatst. Deze wassers werden binnen het deelonderzoek van het IMAG-DLO, waarvan in dit rapport verslag wordt gedaan, onderzocht op de volgende onderdelen:

- het werkingsniveau (ammoniakverwijdering);
- de bedrijfsinpasbaarheid;
- eventuele knelpunten en oplossingen.

Het onderzoek binnen dit deelproject werd gezamenlijk uitgevoerd met het Proefstation voor de Varkenshouderij (PV). Het onderzoek van het PV richtte zich met name op de bedrijfsinpasbaarheid van de biowassers, waarbij vooral arbeidstechnische en economische aspecten werden onderzocht. De resultaten zijn beschreven in Proefverslag P1.93: 'Bedrijfsinpasbaarheid van biowassers' (Van de Sande-Schellekens en Backus, 1993)



## 2 Materiaal en methode

### 2.1 Werkingsprincipe biowassers

Het werkingsprincipe van biowassing is gebaseerd op twee processen, t.w. een fysisch/chemisch en een microbiologisch proces (Demmers, 1992).

Het fysisch/chemisch proces wordt gekarakteriseerd door stofoverdracht als gevolg van een concentratieverschil tussen de te verwijderen stof (ammoniak) in de lucht en in het water in de wasser (waswater) [1]. De drijvende kracht achter dit proces is groter, naarmate het concentratieverschil groter is. De stofoverdracht is een evenwichtsproces, wat inhoudt dat het evengoed in omgekeerde richting kan verlopen. De ammoniak wordt dan uit het water verwijderd (gestript).

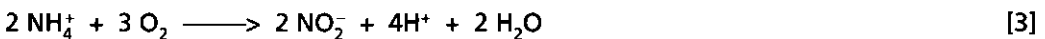


Na de overdracht naar het water wordt de ammoniak voor een deel gesplitst in ammonium en loog [2].



Hierdoor wordt de ammoniakconcentratie in het water verlaagd. Ook dit fysisch/chemisch proces is een evenwichtsproces. Als niets wordt gedaan om het ammonium ( $\text{NH}_4^+$ ) weg te nemen, zal ammoniak zich in het water tot een bepaald maximum ophopen.

Het laag houden van de ammoniumconcentratie in het waswater kan onder andere plaats vinden door microbiologische processen (nitrificatie). Het ammonium kan door specifieke micro-organismen (nitrobacter spp.) worden omgezet in nitriet [3] en vervolgens in nitraat [4] (nitrosomonas spp.).



Aangezien hoge concentraties ammonium, nitriet en nitraat het biologische proces verstoren, is het noodzakelijk dat deze concentraties in het waswater laag blijven. Dit kan door regelmatig een deel van deze stikstofzouten uit het systeem te verwijderen door water te spuien.

De pH van het waswater is een belangrijke factor die de nitrificatieprocessen en dus het ammoniakverwijderingsrendement van een biowasser beïnvloedt. Het pH-optimum voor nitrificerende bacteriën ligt tussen 7-8 (Focht en Verstraete, 1977). Boven pH 7,8 kan nauwelijks ammoniak uit lucht worden geabsorbeerd (Demmers en Scholtens, 1989); voor een goed rendement zal de pH lager moeten zijn dan deze waarde, of moet de ammoniumconcentratie vrijwel nul zijn.

Nitrificatie vindt plaats tussen temperaturen van 5-35 °C. Het optimum ligt tussen 25-35 °C. De invloed van de temperatuur op de nitrificatiesnelheid is groot. Beneden de 15 °C neemt de nitrificatiesnelheid snel tot lage waarden af.

Een biowasser is een compact apparaat. Voor een goede werking is een nauwkeurige afstemming van alle genoemde processen noodzakelijk.

Voor de overdracht van ammoniak van de lucht naar het water is slechts een korte tijd beschikbaar ( $\pm 1$  sec). Hierdoor is het noodzakelijk dat het contact tussen water en lucht zeer intensief is. Daarom is in de biowasser een contactmateriaal (pakkingsmateriaal) aangebracht. Over dit materiaal stroomt water dat wordt gerecirculeerd. Tevens wordt de te reinigen lucht er doorgeleid. Water moet in voldoende mate beschikbaar zijn en goed over dit pakkingsmateriaal verdeeld worden. Daarnaast moet de ammoniumconcentratie in het recirculerende water door de nitrificerende micro-organismen laag gehouden worden. Deze micro-organismen leven voor het grootste deel op het contactmateriaal. Om te kunnen (over)leven hebben ze een waterige omgeving, zuurstof, kooldioxide, ammoniak en sporenelementen nodig. Het pakkingsmateriaal is bedekt met een dun laagje bacteriën, dat altijd vochtig moet zijn. De waterrecirculatie dient mede hierom altijd te functioneren. Tevens moet in dit laagje zuurstof en kooldioxide aanwezig zijn. Deze worden, evenals de ammoniak, uit de lucht gehaald. Er moet dus altijd een luchtstroom langs het pakkingsmateriaal gaan.

Om de verdamping van water te compenseren is een continue aanvoer van water noodzakelijk.

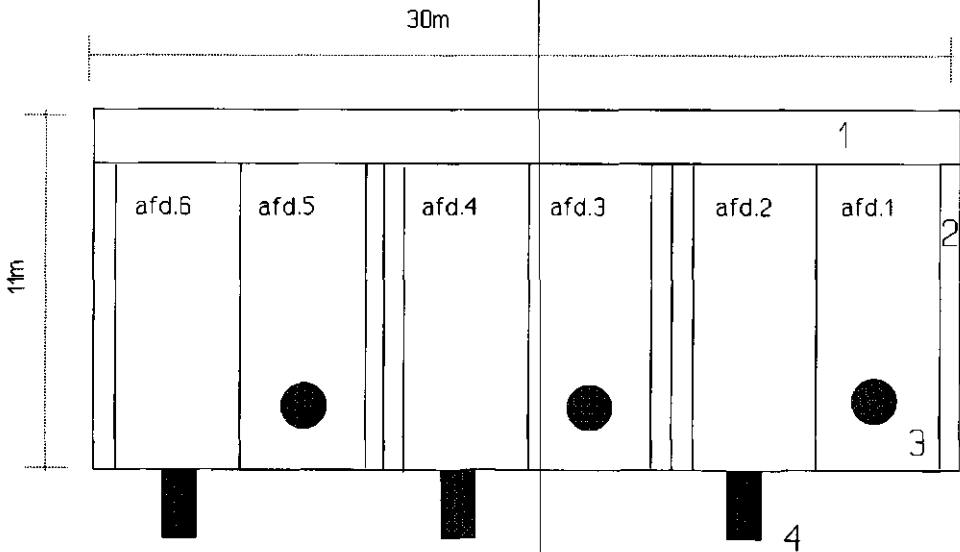
## **2.2 Onderzoeklokaties, gebruikte biowassers en technische voorzieningen**

### *2.2.1 Oisterwijk*

Op een varkenshouderijbedrijf met vlees- en fokvarkens te Oisterwijk werden in oktober 1990 zes biologische luchtwassers geplaatst, t.w. één wasser per afdeling van ca. 63 dierplaatsen.

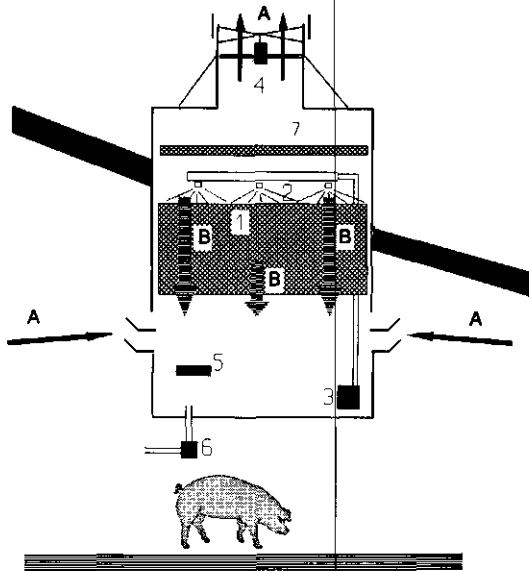
Er werden 2 verschillende type wassers gebruikt, n.l. 3 tegenstroomwassers (type BTW 6) en 3 kruisstroomwassers (type MKS 6). De tegenstroomwassers werden in de afdelingen 1, 3 en 5 geplaatst; de kruisstroomwassers werden gebruikt voor de luchtbehandeling van de afdelingen 2, 4 en 6 (figuur 1).

Bij een tegenstroomwasser (figuur 2) gaan de stallucht (A) en het waswater (B) in tegengestelde richting door het pakkingsmateriaal. Als pakkingsmateriaal werd tellerette (telpac) gebruikt. De laagdikte was ca. 0,7 m. Het materiaal werd los in de wasser gestort. Bij de inbouw van de tegenstroomwassers in het dak werd de aanwezige stalventilator verwijderd. Om het ventilatiepatroon van de oude situatie (ventilator in het dak achterin de afdeling) zo goed mogelijk te benaderen, werden de biowassers zover mogelijk achterin de afdeling geplaatst. De lucht werd op ca. 1,5 m hoogte boven de varkens weggezogen.



**Figuur 1** Schematische weergave stal (afd. 1 t/m 6), met plaatsing van drie kruis- en drie tegenstroomwassers. 1: centrale gang, 2: voergang, 3: tegenstroomwasser, 4: kruisstroomwasser.

**Figure 1** Schematic view of the pig house (department 1 to 6), with the location of the two different types of bioscrubbers (BTW-6 and MKS-6). 1: central passage, 2: feeding passage, 3: counter flow scrubber BTW-6, 4: cross flow scrubber MKS-6.



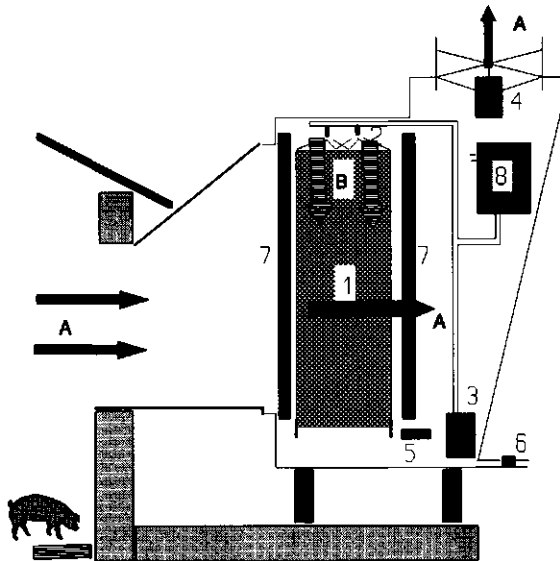
**Figuur 2** Schematische weergave van een tegenstroomwasser (BTW 6). 1: pakkingsmateriaal, 2: sproeileiding met sproeiers, 3: circulatiepomp, 4: ventilator, 5: waterreservoir met vlotter, 6: magneetklep voor spuifvoer, 7: vochtvanger.

**Figure 2** Schematic view of counter flow scrubber BTW-6. 1: contact material, 2: sprinklers, 3: circulation pump, 4: fan, 5: water reservoir with float, 6: valve for discharge of waste water, 7: demister.

Bij een kruisstroomwasser (figuur 3) gaat de stallucht horizontaal (A) en het waswater verticaal (B) door het pakkingsmateriaal. Ook in deze biowasser werd tellerette (telpac) gebruikt. De laagdikte was ca. 0,5 m. Het materiaal werd los in de wasser gestort. De kruisstroomwassers werden buiten de stal op een betonnen fundering geplaatst. Bij het plaatsen van de wassers werd de bestaande ventilator uit het dak verwijderd. Door een (axiaal) ventilator bovenop de wasser werd de stallucht boven het achterste hok in de afdeling weggezogen.

Aan de tegenstroomwasser van afdeling 1 en de kruisstroomwasser van afdeling 2 werden een aantal voorzieningen aangebracht om de hoeveelheden in- en uitgaand water te kunnen volgen.

In de toevoerleidingen van het water (leidingwater) naar deze beide biowassers waren aanvankelijk magneetkleppen geplaatst, waarmee de watertoevoer via de waterleiding werd geregeld. Omdat dit slecht functioneerde (schuimvorming) werd dit vervangen door vaten met een vlotter en een watermeter. Hiermee kon de hoeveelheid water die de wassers in ging geregistreerd worden.



**Figuur 3** Schematische weergave kruisstroomwasser (MKS-6). 1: pakkingsmateriaal, 2: sproeileiding met sproeiërs, 3: circulatiepomp, 4: ventilator, 5: waterreservoir met vlotter, 6: magneetklep voor spuiwater, 7: luchtgeleideplaten, 8: magnodolbak.

**Figure 3** Schematic view of counter flow scrubber MKS-6. 1: contact material, 2: sprinklers, 3: circulation pump, 4: fan, 5: water reservoir with float, 6: valve for discharge of waste water, 7: conducting of the air, 8: magnodol reservoir.

De afvoer van spuiwater uit de wasser vond bij beide type wassers plaats door middel van een magneetklep (zie figuur 1 en 2), die door een tijd klok gestuurd werd. Zodra de magneetklep geopend werd, kon een deel van het waswater weglopen. De hoeveelheid water die gespuid werd kon gewijzigd worden door het langer of korter maken van de tijdsduur dat de magneetklep geopend was. De hoeveelheid spuiwater was afgeregeld op ca. 8 liter per uur. Het spuiwater van elke wasser werd afzonderlijk in vaten opge-

vangen. In elk vat bevond zich een niveauschakelaar, waarmee een pomp werd ingeschakeld zodra het vat vol was. Via een pulsenteller werd het aantal keren vastgelegd dat het vat werd leeggepompt. De spuihoeveelheid werd bepaald door het aantal pulsen te vermenigvuldigen met de inhoud van het vat. Vanuit deze vaten werd het spuiwater van de wasser overgepompt naar een grotere opslagtank, waarin ook het spuiwater van de overige 4 wassers (afdeling 3 t/m 6) werd opgeslagen. Van deze overige wassers werd alleen het gezamenlijke waterverbruik geregistreerd.

Het spuiwater werd door middel van een sproei-installatie op een naastliggend bouwlandperceel verregend of gebruikt om het pakkingsmateriaal uit de wassers te reinigen.

In de kruisstroomwassers werd als extra voorziening een bak met 'Magnodol' (calciumcarbonaat met natriumhydroxide) gevuld geplaatst om de pH te stabiliseren. Dit had tot doel om het nitrificatieproces volledig tot nitraat te laten verlopen, zodat het giftige nitriet als tussenprodukt niet meer voorkwam.

Het toepassen van een pH-stabiliseringsunit is overigens niet altijd succesvol, omdat het geen garantie biedt dat de nitrificatie altijd goed zal verlopen (Demmers, 1990).

In de loop van het experiment werd het telpac in de wassers bij de afdelingen 4 (kruisstroomwasser) en 5 (tegenstroomwasser) in geperforeerde kunststof zakken gedaan. Hierdoor kon het contactmateriaal bij het schoonmaken van de wasser sneller uit de wasser worden verwijderd. In de kruisstroomwasser bij afdeling 6 werden extra sproeiers geplaatst om het zelf-reinigend vermogen van het pakkingsmateriaal te vergroten.

### 2.2.2 Moergestel

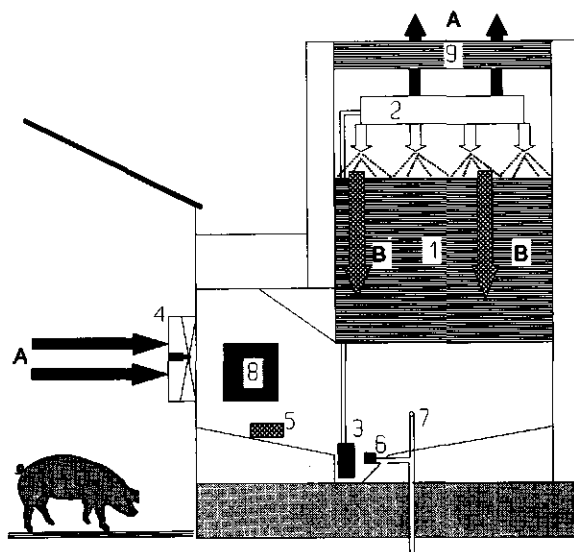
Op een varkenshouderijbedrijf te Moergestel met vlees- en fokvarkens werden in december 1990 zeven biologische luchtwassers geplaatst. Deze tegenstroomwassers werden geplaatst bij een vleesvarkensstal met afdelingen van elk ca. 80 dierplaatsen.

Bij dit type biowasser stromen de stallucht (A) en het waswater (B) in tegengestelde richting (verticaal) door het pakkingsmateriaal (figuur 4). In de wassers werd pakkingsmateriaal van het Bionet 2000-type gebruikt. De laagdikte bedroeg 1,36 m. In de loop van het onderzoek is er ook gebruik gemaakt een laagdikte van 0,68 m en in één wasser werd het polynette-materiaal vervangen door telpac. Het polynette-materiaal bestond uit pakketten met afmetingen van ( $l \cdot b \cdot h$ ) 0,75 m \* 0,50 m \* 0,68 m.

Dit type wasser werd bij elke afdeling tegen de buitenmuur geplaatst. De ventilatoren in het dak werden vervangen door een ventilator in de achterwand boven de voergang.

Er werden voorzieningen aangebracht voor de registratie van het waterverbruik en de waterafvoer. Het waterverbruik werd opgenomen, via een aan de watertoevoerleiding gekoppelde watermeter.

Het spuiwater werd opgevangen in een put met een bekende inhoud. Vanuit deze put werd het spuiwater met een niveaugeschakelde pomp afgevoerd naar de riolering. Het aantal malen dat de pomp ingeschakeld werd, werd geregistreerd door een pulsenteller. Door het aantal pulsen te vermenigvuldigen met de inhoud van de put, kon de hoeveelheid spuiwater berekend worden.



**Figuur 4** Biologische wasser met Polynette pakkingsmateriaal. 1: pakkingsmateriaal, 2: sproeileiding met sproeiers, 3: circulatiepomp, 4: ventilator, 5: vlotter, 6: spuiwast, 7: noodoverstort, 8: controleluik, 9: vochtvanger.

**Figure 4** Bioscrubber with Polynette contact material. 1: contact material, 2: sprinklers, 3: circulation pump, 4: fan, 5: float, 6: pump for discharge of waste water, 7: overflow, 8: door for inspection, 9: demister.

In eerste instantie kon alleen het waterverbruik en de spuihoeveelheden van alle wassers gezamenlijk worden bepaald. Vanaf dag 60 was het mogelijk om de spui van twee biowassers afzonderlijk te meten. De registratie van de spuiafvoer functioneerde pas vanaf dag 250 naar behoren.

Omstreeks dag 420 werd de spuitechniek gewijzigd, omdat het spuidebiet niet goed kon worden beheerst. Er werd toen om spuiwater uit de wasser af te voeren op 2 wassers (afdeling 1 en 2) een pomp geïnstalleerd, die werd gestuurd door een tijd klok. Op deze wijze werd een constant spui volume gerealiseerd.

Ook werd een polyester kap boven op de wasser geplaatst om het luchtdebiet met een meetventilator te kunnen meten. Bij de ingebruikname van deze wassers was het bekend dat in de zomerperioden onvoldoende ventilatiecapaciteit aanwezig zou kunnen zijn. De drukval die de axiaalventilator maximaal kon overwinnen, zou waarschijnlijk lager zijn dan de drukval die in de wasser zou kunnen optreden.

### 2.3 Onderzoekplan, meetprogramma en meetmethode

Het onderzoekplan voor de verschillende locaties voorzag in de volgende drie fasen.

**Fase 1 (opstartperiode):** gedurende de eerste 2 maanden na het in gebruik nemen van de wassers werden deze met frequentie van één keer per week doorgemeten.

**Fase 2 (eerste jaar):** na de opstartperiode zou de meetfrequentie gedurende het eerste onderzoekjaar teruggebracht worden naar één keer per 3 weken.

Fase 3 (tweede jaar): het tweede onderzoekjaar zou dit teruggebracht worden naar één keer per 6 weken.

Op verzoek van de werkgroep voor de begeleiding van het onderzoek werd echter in het tweede onderzoekjaar dezelfde meetfrequentie als in het eerste jaar aangehouden.

De volgende metingen werden periodiek uitgevoerd.

#### *Locatie Oisterwijk*

Van de tegenstroomwasser bij afdeling 1 en de kruisstroomwasser bij afdeling 2, werden de in- en uitgaande concentraties aan ammoniak in de lucht bepaald en werd het luchtdebiet en het spuidebiet op het moment van de monsternamen gemeten.

Van alle 6 wassers werd het waterverbruik en de concentraties ammonium, nitriet en nitraat in het waswater bepaald en werden de pH en het zuurstofgehalte in het waswater gemeten.

#### *Locatie Moergestel*

Van de wasser bij afdeling 2 werden de in- en uitgaande ammoniakconcentraties in de lucht bepaald en werd het luchtdebiet op het moment van de monsternamen gemeten.

Van alle 7 wassers werd het waterverbruik en de concentraties ammonium, nitriet en nitraat in het waswater bepaald en werden de pH en het zuurstofgehalte in het waswater gemeten.

Aan het begin van het tweede onderzoekjaar (fase 3) werd het meetprogramma gewijzigd en werd van twee wassers de in- en uitgaande ammoniakconcentratie bepaald en het bijbehorende luchtdebiet en de drukval gemeten. Dit gebeurde om een ander type pakkingsmateriaal uit te testen. Van deze wassers werden het waterverbruik, hoeveelheid spuiwater en de samenstelling, pH en het zuurstofgehalte van het spuiwater bepaald.

#### *Beide locaties*

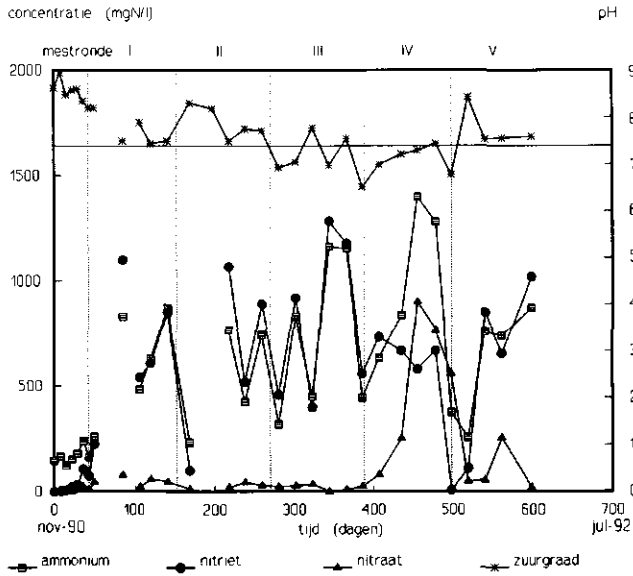
Voor de bepaling van de werking (de ammoniakbelasting en het ammoniakverwijderingsrendement) van de wassers werd het luchtdebiet per afdeling gemeten en de in- en uitgaande concentraties aan ammoniak bepaald. Het luchtdebiet werd met een mobiele meetventilator gemeten. Deze ventilator was in een windtunnel van het IMAG-DLO geïjkt. Uit het afgegeven aantal pulsen werd, aan de hand van de volgende formule, het debiet berekend:

$$\text{debiet (m}^3\text{/uur)} = 192.8 + 11.5 * \text{pulsen (pulsen/10s)}$$

De drukval werd gemeten met een manometer ("Dwyer Mark 11" model MM-80).

De ammoniakconcentraties van de in- en uitgaande luchtstroom van de wasser werd gemeten door een bepaalde hoeveelheid lucht te leiden door een buisje met salpeterzuur (concentratie 30 mmol.). Het  $\text{NH}_4^+\text{-N}$ -gehalte in deze vloeistof werd vervolgens in het laboratorium bepaald volgens NEN 6472.

In het waswater werden de ammonium- ( $\text{NH}_4^+\text{-N}$ , NEN 6472), nitriet- ( $\text{NO}_2^-\text{-N}$ , NEN 6474) en nitraatconcentratie ( $\text{NO}_3^-\text{-N}$ , NEN 6440) bepaald. De pH werd gemeten met een (WTW) glaselectrode en het zuurstofgehalte ( $\text{O}_2$ ) met een (WTW) elektrode.



**Figuur 10** Ammonium-, nitriet-, nitraatconcentratie en pH van het waswater van de kruisstroomwasser bij afdeling 2.

**Figure 10** Ammonia, nitrite, nitrate concentration and pH in the waste water of the bioscrubber in compartment 1.

gehad. Alleen gedurende de zomerperioden (dag 200-300 en vanaf dag 550) werd af en toe nitraat gevormd. De temperatuur van het waswater kan een belangrijke rol spelen bij het nitrificatieproces. Bij een temperatuur lager dan 14 °C kan ophoping van nitriet optreden.

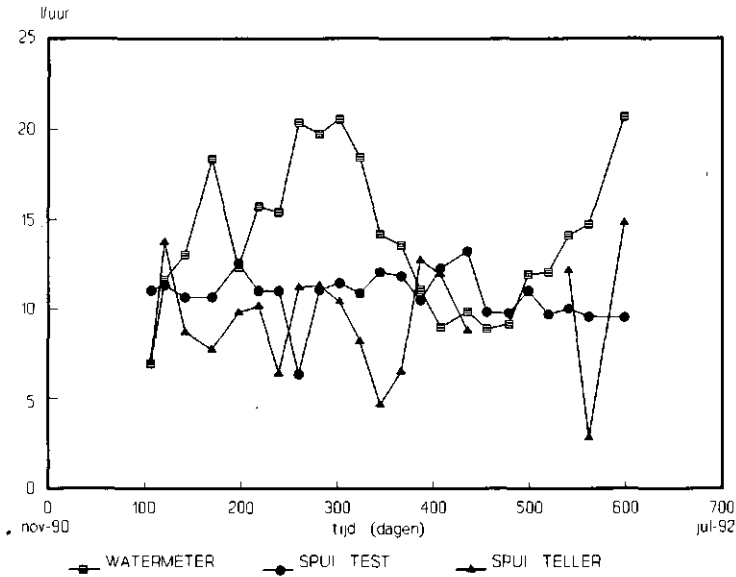
De verwachting was dat zonder pH-buffering de nitraatvorming uit zou blijven. Bij deze (kruisstroom)wassers lag de pH van het waswater rond de 7. Waarschijnlijk vond buffering plaats door afbraak van stofdeeltjes (voer) uit de stallucht. Een hogere pH heeft een nadelige invloed op het nitrificatieproces en met name op de nitraatvorming. Op het moment dat nitraat gevormd werd, daalde de concentratie van het giftige nitriet. De periode dat nitraat gevormd werd was echter relatief kort. Alleen gedurende de zomerperioden werd bij enkele wassers af en toe nitraat gevormd.

Ook was het moeilijk om een constant waterdebiet door de magnodolbak te realiseren. In de loop van de tijd daalde het debiet door het ophopen van slib in de Magnodol-korrels. Ook werden magnodolkorrels uit de bak met het water meegevoerd, wat leidde tot verstoppingen in de sproeiers waardoor de wasser slecht kon functioneren.

### 3.1.2.4 Spuiwaterhoeveelheid

In figuur 11 worden de gemiddelde waarde (tussen 2 metingen) van de in- en uitgaande hoeveelheden aan water 'watermeter' en spuihoeveelheden 'spui teller' in liters per uur weergegeven. De spuitest was een momentopname ter controle op de spuihoeveelheid. Het waterverbruik was gemiddeld ca. 14 liter per uur en varieerde tussen de 7 en 20 liter per uur. De spuihoeveelheid was gemiddeld ca. 11 liter per uur. Gedurende de zomermaanden (dag 200 tot 300 en na dag 550) lag het waterverbruik, als gevolg van een grotere verdamping, hoger dan de hoeveelheden water die werden gespuid.





**Figuur 11** Waterverbruik en spuihoeveelheden van de kruisstroomwasser bij afdeling 2.  
**Figure 11** Water intake and waste water production of the bioscrubber in compartment 2.

### 3.2 Locatie Moergestel

In de onderstaande figuren worden de resultaten ten aanzien van rendement, luchtdebiet, drukval, spuiwatersamenstelling en waterverbruik van de biowassers met Bionet-pakkingsmateriaal weergegeven.

#### 3.2.1 Ammoniakverwijderingsrendement

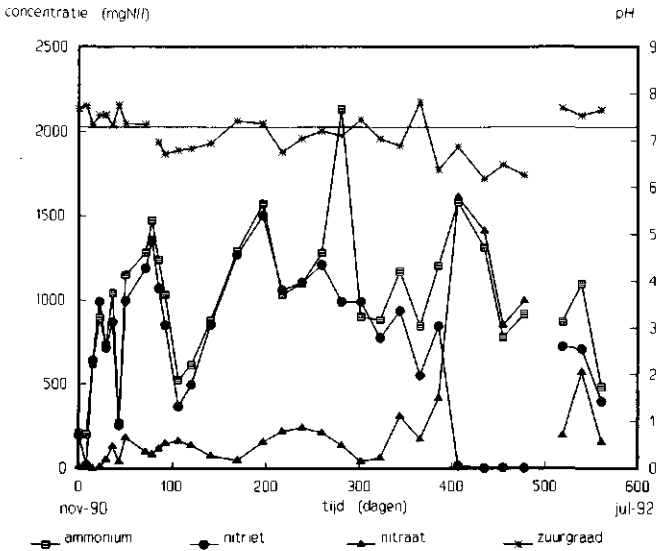
In figuur 12 worden het rendement en de ammoniakbelasting van de wasser bij afdeling 2 weergegeven. De verticale lijnen in de figuur geven het opleggen van een nieuwe mestronde weer. Duidelijk is te zien, dat tijdens een mestronde de ammoniakbelasting, (ammoniakconcentratie \* debiet) opliep.

Deze wasser behaalde al snel na de ingebruikname een goed rendement. Omstreeks dag 200 werden alle 7 wassers buiten gebruik gesteld, omdat er niet voldoende geventileerd kon worden. De wasser bij afdeling 2 werd omstreeks dag 260 weer opgestart. Het rendement was binnen 3 weken na opstarten, wat samenviel met het opleggen van een nieuwe mestronde (mestronde III), hoger dan 90%. Opgemerkt dient te worden dat het waterverbruik dermate hoog was dat deze rendementen ook verwacht mochten worden. Na dag 400 werd de spuitechniek verbeterd, waardoor een goed regelbare spuihoeveelheid werd verkregen. Op dag 410 werd de dikte van het pakkingsmateriaal teruggebracht van 1,2 tot 0,6 m. Met een spuihoeveelheid van ca. 10 liter per uur en een dunnere laag pakkingsmateriaal lag het rendement tussen 80 en 90%.

# Literatuur

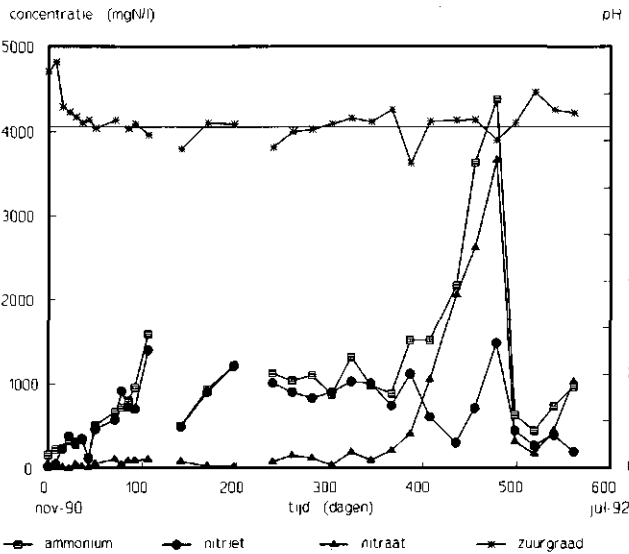
- Demmers, T.G.M., 1990. Het effect van een pH-bufferende toeslagstof op de nitrificatie in een biowasser. IMAG-DLO, nota P-517, 13 pp.
- Demmers, T.G.M., 1992. Ammoniakverwijdering uit stallucht door middel van biowassers. *Procestechnologie* (9), p. 37-41.
- Demmers, T.G.M., 1992. Beknopte gebruikershandleiding voor biowassers. IMAG-DLO Wageningen, rapport 92-12, 14 pp.
- Demmers, T.G.M. en R. Scholtens, 1989. Bestrijding van ammoniakemissie met behulp van biowassers. IMAG-nota 422 (HAB), 16 pp.
- Focht, D.D. and W. Verstraete, 1977. Biochemical ecology of nitrification and Denitrification. *Adv. Microb. Ecol.* 1, p. 135-214.
- Handboek voor de Varkenshouderij, 1993. Informatie en Kenniscentrum Veehouderij, Afdeling Varkenshouderij, zesde herziene druk, Rosmalen, 362 pp.
- Heij, G.J. en T. Scheider, 1991. Dutch Priority Programme on Acidification, Final Report Second Phase Dutch Priority Programme on Acidification, RIVM no. 299-09, 24 pp.
- Richtlijn Ammoniak en Veehouderij 1991 (richtlijn in het kader van de hinderwet), 1991. Ministerie van Landbouw, Natuurbeheer en Visserij en Ministerie van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer, Den Haag, 36 pp.
- Sande-Schellekens, A.L.P. van de, en Backus, G.B.C., 1993. Ervaringen met biowassers op vleesvarkensbedrijven in PROPRO. Proefverslag P1.93, Proefstation voor de Varkenshouderij, Rosmalen, 56 pp.

# Bijlage A



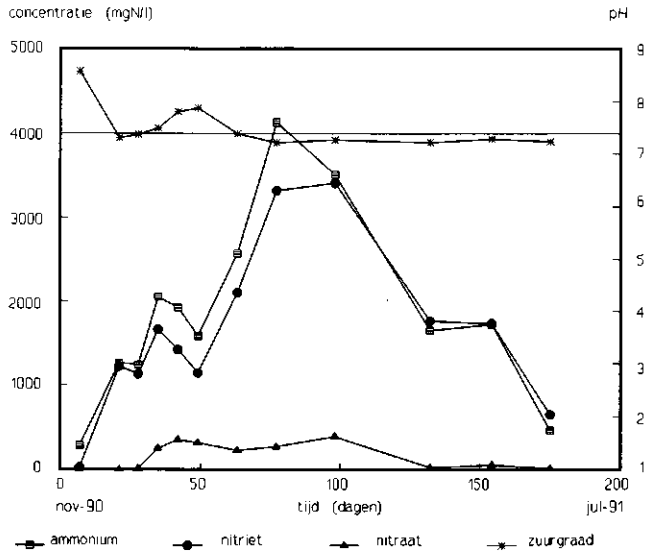
**Figuur 19** Ammonium-, nitriet- en nitraatconcentratie en pH in het waswater van de tegenstroomwaser in afdeling 3.

**Figure 19** Ammonia, nitrite, nitrate concentration and pH in the waste water of the bioscrubber in compartment 3.

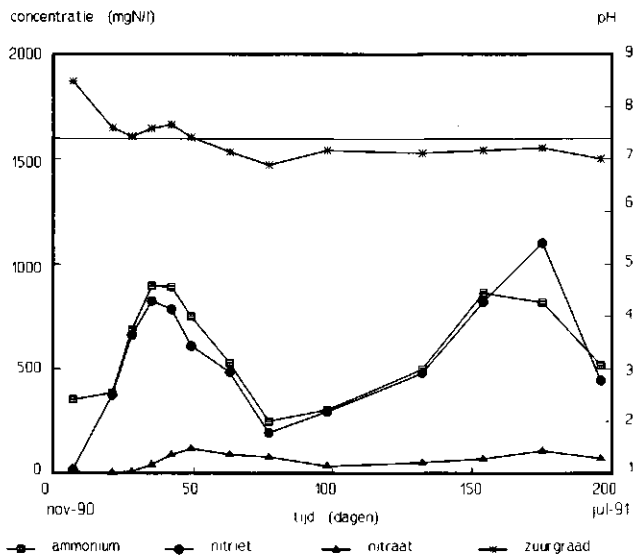


**Figuur 20** Ammonium-, nitriet- en nitraatconcentratie en pH in het waswater van de tegenstroomwaser in afdeling 5

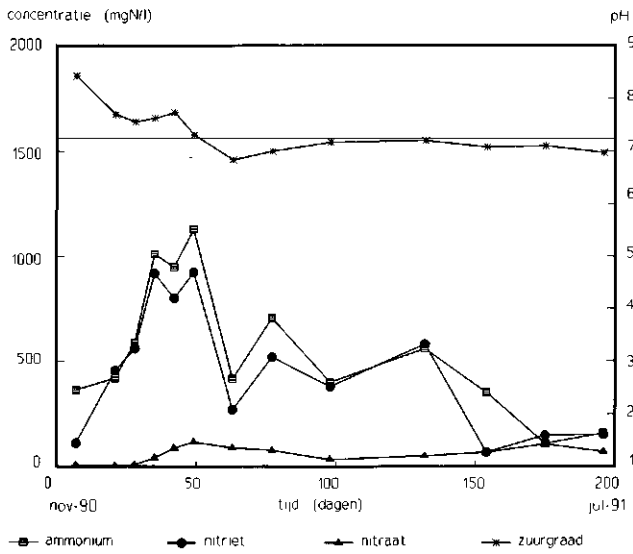
**Figure 20** Ammonia, nitrite, nitrate concentration and pH in the waste water of the bioscrubber in compartment 5.



**Figuur 25** Ammonium-, nitriet- en nitraatconcentratie en pH in het waswater van de biowasser bij afdeling 5.  
**Figure 25** Ammonia, nitrite, nitrate concentration and pH in the waste water of the bioscrubber at compartment 5.



**Figuur 26** Ammonium-, nitriet- en nitraatconcentratie en pH in het waswater van de biowasser bij afdeling 6.  
**Figure 26** Ammonia, nitrite, nitrate concentration and pH in the waste water of the bioscrubber at compartment 6.



**Figuur 27** Ammonium-, nitriet- en nitraatconcentratie en pH in het waswater van de biowasser bij afdeling 7.

**Figure 27** Ammonia, nitrite, nitrate concentration and pH in the waste water of the bioscrubber at compartment 7.

# Verschenen rapporten

- 93-1 Huis in 't Veld, J.W.H., Kroodsmā, W. en S. van Westreenen – Vermindering ammoniakemissie uit een ligboxenstal door spoelen van de roosters.  
Wageningen, IMAG-DLO rapport, 16 pp., f 25,00
- 93-2 Elzing, A. en D. Swierstra. – Ammoniakemissiemetingen in een modelsysteem van een varkensstal; de invloed van vloerbevulling en het vloertype.  
Wageningen, IMAG-DLO rapport, 24 pp., f 25,00
- 93-3 Elzing, A. en W. Kroodsmā – De relatie tussen ammoniakemissie en stikstofconcentratie in de urine van melkvee.  
Wageningen, IMAG-DLO rapport, 22 pp., f 25,00
- 93-5 Dieën, J.H. van – Functional load of the low back.  
Wageningen, IMAG-DLO rapport, 150 pp., f 40,00
- 93-6 Boer, W.J. de – Box Jenkins tijdreeksanalyse, toegepast op de resultaten van ammoniakemissiemetingen in een rundveestal.  
Wageningen, IMAG-DLO rapport, 32 pp., f 30,00
- 93-7 Hoeksma, P., Scholtens, R. en A.J. van den Berg – Een milieuvriendelijk bedrijfs-systeem voor de varkenshouderij.  
Wageningen, IMAG-DLO rapport, 26 pp., f 30,00
- 93-8 Smits, M.C.J., Kroodsmā, W., Swierstra, D. en W.J. de Boer – Opzet van het onderzoek inzake beperking van de ammoniakemissie in de Milieu-onderzoekstal.  
Wageningen, IMAG-DLO-rapport, 32 pp., f 35,00
- 93-9 Drost, H. en D. van der Drift – Vergelijkend arbeidshygiënisch onderzoek in twee huisvestingssystemen voor leghennen. Onderzoek naar omgevingscomponenten en ODTs-symptomen.  
Wageningen, IMAG-DLO rapport, 54 pp., f 40,00
- 93-10 Uenk, G.H., Demmers, T.G.M. en M.G. Hissink – Luchtsamenstelling onder de overkapping van mestilo's vóór en na het mixen van de mest.  
Wageningen, IMAG-DLO rapport, 22 pp., f 25,00
- 93-11 Aarnink, A.J.A., Houwers, H.W.J., Ouwerkerk, E.N.J. van en P.B. Hangelbroek – Vooronderzoek naar een milieu- en welzijnsvriendelijk huisvestingssysteem voor vleesvarkens. Mestscheiding, vloerkoeling en grote groepen dieren.  
Wageningen, IMAG-DLO rapport, 41 pp., f 40,00
- 93-12 Kasper, G.J. – Literatuuronderzoek naar het droogproces van gemaaid gras en de invloed van technische factoren hierop.  
Wageningen, IMAG-DLO rapport, 34 pp. f 30,00
- 93-13 Vollebregt, H.J.M. en T. de Jong – Experimenteel onderzoek aan indirecte verdampingskoeling.  
Wageningen, IMAG-DLO rapport, 56 pp. f 35,00
- 93-14 Hendrix, A.T.M. – Taaktijden voor de groenteteelt onder glas.  
Wageningen, IMAG-DLO rapport, 95 pp. f 40,00
- 93-15 Loeffen, H. – CO<sub>2</sub>-productiesnelheid als maat voor groei van de champignon *Agaricus bisporus*.  
Wageningen, IMAG-DLO rapport, 75 pp. f 35,00

- 93-16 Swierstra, D. en M.J.M. van den Elzen. – Verhardingen voor containerteelt buiten: technische eisen en ontwerpvarianten.  
Wageningen, IMAG-DLO rapport, 61 pp. f 35,00
- 93-17 Frénay, J .W., Waltje, H. en H. Zilverberg. – Duurzaamheid van beton in agrarische milieu.  
Wageningen, IMAG-DLO rapport, 108 pp. f 50,00
- 93-18 Ketelaar-de Lauwere, C.C., Benders, E. en P.J.M. Huijsmans. – De reactie van koeien als de krachtvoerverstrekking in de stal afhankelijk wordt gesteld van die in de AMS-ruimte. De invloed van verschillende stalindelingen.  
Wageningen, IMAG-DLO rapport, 19 pp. f 35,00
- 93-19 Huijs, J.P.G. en P. Knies. – Toepassingsmogelijkheden voor warmtekrachtkoppeling als onderdeel van de uitrusting op glastuinbouwbedrijven.  
Wageningen, IMAG-DLO rapport, 43 pp. f . . .
- 93-20 Jong, T., et al. – Ontwerp van klimaatbeheersingsapparatuur voor gesloten kassystemen.  
Wageningen, IMAG-DLO rapport, 24 pp. f 35,00
- 93-21 Dingemans, E.C.F.M., Buré, R.G. en G. van Putten. – De invloed van opfokomstandigheden op het sociale gedrag van zeugen in groepen.  
Wageningen, IMAG-DLO rapport, 81 pp. f 35,00
- 93-22 Smits, M.C.J., Ooster, A. van 't en E.N.J. van Ouwerkerk. – Beperking van de warmtebelasting in een ligboxenstal voor melkvee. Een oriënterend onderzoek.  
Wageningen, IMAG-DLO rapport, 36 pp. f 30,00
- 93-23 Hoeksma, P., Oosthoek, J., Verdoes, N. en J.A.M. Voermans. – Reductie van ammoniakemissie uit varkensstallen door mestspoelen met beluchte spoelvlloeistof.  
Wageningen, IMAG-DLO rapport, 56 pp. f 40,00
- 93-24 Waaijenberg, D. en J.W. Frénay. – Kunststofkas met tuiconstructie: ontwerp, uitvoering en toetsing van een prototype.  
Wageningen, IMAG-DLO rapport, 43 pp. f 40,00
- 93-25 Drost, H. en D.W. van der Drift. – Aerial contaminants in aviary and battery housing systems for laying hens.  
Wageningen, IMAG-DLO rapport, 28 pp. f 30,00.
- 93-26 Os, E.A. van, Klomp, G. en N.J. van de Braak. – Onderzoek geïntegreerde wateropslag met biologische reiniging van recirculatiewater en energie-opslag.  
Wageningen, IMAG-DLO rapport, 34 pp. f 35,00

De rapporten kunt u schriftelijk bestellen door overmaking van het genoemde bedrag op Postbanknummer 3514771 ten name van IMAG-DLO te Wageningen, onder vermelding van het rapportnummer.

Reports must be ordered by transferring the appropriate amount (in Dutch Guilders) to the IMAG-DLO account, no. 3514771, at the Postbank, Wageningen, quoting the relevant report number(s)