

# Het effect van ventilatie en temperatuur op de ammoniak- emissie uit een rundveestal; het schatten van behandelingseffecten en nauwkeurigheden door tijdreeksanalyse

*The effect of ventilation rate and temperature  
on the ammonia emission from a cattle house;  
estimation of treatment effects and accuracies  
by time series analysis*

Ir. W.J. de Boer  
Dr.ir. N.W.M. Ogink

imag-dlo



CIP-GEGEVENS KONINKLIJKE BIBLIOTHEEK, DEN HAAG

Boer, W.J. de

Het effect van ventilatie en temperatuur op de ammoniakemissie uit een rundveestal : het schatten van behandelingseffecten en nauwkeurigheden door tijdreeksanalyse = The effect of ventilation rate and temperature on the ammonia emission from a cattle house: estimation of treatment effects and accuracies by time series analysis / W.J. de Boer, N.W.M. Ogink – Wageningen : IMAG-DLO. – Ill. (Rapport / Dienst Landbouwkundig Onderzoek, Instituut voor Milieu- en Agritechniek ; 94-15)

Met lit. opg. – Met samenvatting in het Engels.

ISBN 90-5406-084-0 geb.

NUGI 849

Trefw.: ammoniakemissie ; rundveestallen.

© 1994

IMAG-DLO

Postbus 43 – 6700 AA Wageningen

Telefoon 08370-76300

Telefax 08370-25670

Alle rechten voorbehouden. Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd, 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

De Boer, W.J and N.W.M. Ogink. The effect of ventilation rate and temperature on the ammonia emission from a cattle house; estimation of treatment effects and accuracies by time series analysis. DLO Institute of Agricultural and Environmental Engineering, Wageningen, February 1994, 31 pp. NL. ISBN 90-5406-084-0.

This report presents research into the effect of ventilation rate and temperature on the ammonia emission from an experimental cubicle house. Time series analysis indicated that both ventilation rate and temperature independently increased ammonia emission. Relative to a conventional slatted floor, a concrete sloped floor had a  $46 \pm 2\%$  lower emission and a slatted floor with epoxy top layer  $5 \pm 2\%$ . Time series analyses of difference series and absolute series illuminated the nature of random variation sources, showing that estimation accuracies can only to a limited extent be improved by differencing emissions between the units of this facility.

Key words: ammonia emission, estimation accuracy, time series analysis, ventilation rate

<b>5 Conclusies</b>	<b>29</b>
<b>Summary</b>	<b>30</b>
<b>Literatuur</b>	<b>31</b>

# Samenvatting

Uit onderzoek naar ammoniakemissie uit rundveestallen is gebleken dat, naast effecten van stalinrichting en mestbehandeling, het microklimaat de emissie beïnvloedt. Variaties in het microklimaat kunnen hierdoor een bron van onnauwkeurigheid zijn in de vergelijking van emissiereducerende behandelingen. Deze onnauwkeurigheid kan worden verminderd door een adequate beschrijving van de effecten van het microklimaat op de emissie. Het in dit rapport beschreven onderzoek heeft betrekking op de invloed hierop van het ventilatiedebiet en de temperatuur. In een proefaccommodatie waar gelijktijdig, maar onafhankelijk van elkaar, drie vloersystemen of stalinrichtingen kunnen worden getest, werd koppeling tussen beide grootheden zoveel mogelijk vermeden, zodat beiden effecten afzonderlijk konden worden geschat. Het onderzoek was tevens gericht op het verkrijgen van inzicht in de grootte en de aard van toevalsvariatie binnen en buiten de accommodatie. Inzicht hierin kan bijdragen tot een efficiëntere proefopzet.

Gedurende twee maanden werd de emissie uit de afdelingen met een dichte, hellende betonvloer (1) en een standaardroostervloer met epoxytroffeltoplaag (2) vergeleken met de emissie uit de afdeling met een standaardroostervloer (3), allen ingericht met ligboxen. Tijdreeksanalyse werd uitgevoerd op de uurverschillen in emissie, temperatuur en debiet tussen de referentie-afdeling enerzijds en elk van de overige afdelingen anderzijds. Daarnaast werden afzonderlijke reeksen geanalyseerd. Temperatuur en debiet beïnvloedden onafhankelijk van elkaar de emissie. Het temperatuureffect bij de verschilreeksen varieerde tussen de 9 en 12% emissietoename per °C verhoging, terwijl die uit de afzonderlijke reeksen varieerden tussen 0,3 en 2,6%. Het is onduidelijk of dit verschil tussen beide typen analyses veroorzaakt wordt door ontoereikende modeldefinities of door een verschil in de samenhang tussen temperatuur en andere emissiebepalende factoren. Meer ventileren leidde bij een dichte betonvloer tot een grotere toename van de ammoniakemissie dan bij een behandelde roostervloer. Een verhoging van het debiet met 50% in de afdelingen 1 en 2 ten opzichte van het debiet in afdeling 3 resulteerde in een emissietoename van respectievelijk 29 en 22% ten opzichte van de referentie. Tevens werd aangetoond dat de hoogte van het ventilatieniveau van invloed was op de emissieverschillen. Het vloertype beïnvloedde de emissie. De reductie ten opzichte van de vloer in de referentie-afdeling, bij gelijke temperatuur- en debietniveaus, bedroeg voor de dichte, hellende betonvloer  $46 \pm 1\%$  en voor de roostervloer met epoxytroffeltoplaag  $5 \pm 2\%$ .

De vergelijking van de variabiliteit tussen de verschilreeksen en de afzonderlijke reeksen maakte duidelijk, dat een groot deel van de variabiliteit veroorzaakt werd door variatiebronnen die binnen de afdeling waren gelegen. Het bleek dat de nauwkeurigheid die bereikt kan worden door op hetzelfde tijdstip een behandeling te vergelijken met een referentie niet veel groter was dan die uit de afzonderlijke reeks van een afdeling. Een mogelijk efficiëntere proefopzet wordt verkregen door alle drie afdelingen te benutten voor het onderzoeken van behandelingen, waarbij van tijd tot tijd de referentie herhaald wordt. De meest optimale opzet hiervan kon echter op grond van de beschikbare gegevens onvoldoende diepgaand worden onderzocht.

verhouding hierdoor beïnvloed. Het effect van een temperatuurverschil werd gekwantificeerd met parameter  $\alpha$ . Voor afdeling (1:3) en (2:3) was  $\alpha$  respectievelijk 9 en 12%. Dit betekent dat een 1 °C lagere temperatuur in afdeling 1 en 2 t.o.v. afdeling 3, leidt tot een aanpassing van de emissieverhouding met respectievelijk een factor 0,92 en 0,89.

### 3.1.3 De invloed van de verhouding van het ventilatiedebiet

Met parameter  $\gamma$  werd het effect van debietverschillen tussen twee afdelingen gemodelleerd. De schattingen maken duidelijk dat een wijziging van de debietverhouding invloed heeft op de emissieverhouding tussen twee afdelingen. Voor afdelingen (1:3) en (2:3) werd het effect ( $\gamma$ ) op respectievelijk 0,63 en 0,49 geschat. Behalve dat het debiet invloed had op de emissie, geven de schattingen ook aan dat dit effect in afdeling (1:3) groter was dan in afdeling (2:3).

### 3.1.4 Kenmerken van de variabiliteit

De  $\Psi^2$  van het model voor afdeling (2:3) was iets hoger dan die van het model voor afdeling (1:3), nl. 2,13 om 1,68. Het modelleren van verschillen resulteerde voor de afdeling (2:3) in een grotere nauwkeurigheid van het model dan die voor de afdeling (1:3), de  $VC_e$  bedroeg respectievelijk 14,5 en 17,5%.

## 3.2 Schattingen voor afzonderlijke reeksen

Tabel 4 geeft de resultaten van de analyses van elke afdeling afzonderlijk weer. De schattingen voor het niveau en de uureffecten zijn weggelaten, omdat deze weinig relevant zijn in dit verband. De eerste kolom bij iedere afdeling geeft de schattingen voor de modellen, waarin simultaan het effect van temperatuur en debiet werd geschat. De schattingen voor het temperatuureffect  $\beta$  in afdeling 1 en 2 waren niet significant verschillend. De schatting voor  $\beta$  in afdeling 3 bleek niet significant. In alle afdelingen werd  $\gamma$  significant geschat, met in afdeling 1 het grootste effect,  $\gamma = 0,66$ , in afdeling 2,  $\gamma = 0,40$  en in afdeling 3,  $\gamma = 0,41$ . Het tijdreeksmodel voor afdeling 3 bezat de grootste nauwkeurigheid,  $VC_e = 16,4\%$ .

De tweede kolom bij iedere afdeling bevat de schattingen voor de modellen waar alleen de temperatuur in het transfermodel werd opgenomen. De schattingen voor  $\beta$  in de drie afdelingen waren niet significant verschillend. In afdeling 3 werd nu een significant effect geschat,  $\beta = 0,037$ . In afdeling 1 was de nauwkeurigheid,  $VC_e$ , in de tweede kolom veel hoger dan in de eerste kolom, respectievelijk 31,6% en 22,9%.

**Tabel 4** Parameterschattingen (met standaardfout) voor temperatuur ( $\beta$ ), debiet ( $\gamma$ ), AR(1)-proces ( $\phi$ ), de mate van afhankelijkheid ( $\Psi^2$ ), de innovatievariantie ( $\sigma_a^2$ ) en nauwkeurigheden ( $VC_c$ )

**Table 4** Estimates of parameters (with standard error) for the effect of temperature ( $\beta$ ), ventilation rate ( $\gamma$ ), AR(1)-proces ( $\phi$ ), dependency ( $\Psi^2$ ), innovation variance ( $\sigma_a^2$ ) and accuracies ( $VC_c$ ) of the three units with correction for hours.

Kolom <sup>1)</sup>	Afdeling 1		Afdeling 2		Afdeling 3	
	1	2	1	2	1	2
$\beta$ (ln(g/h))	0,021 (0,007)	0,033 (0,008)	0,026 (0,006)	0,028 (0,006)	0,003 (0,008)	0,037 (0,006)
$\gamma$ (ln(g/h))	0,66 (0,06)	–	0,40 (0,05)	–	0,41 (0,06)	–
AR(1) $\phi$	0,83 (0,02)	0,91 (0,01)	0,85 (0,01)	0,85 (0,01)	0,85 (0,02)	0,84 (0,02)
$\Psi^2$	3,27	5,66	3,67	3,70	3,59	3,47
$\sigma_a^2$	0,016	0,017	0,010	0,011	0,007	0,008
$VC_c$ (%)	22,9	31,6	19,5	20,2	16,4	16,4

<sup>1)</sup> Kolom 1: transfermodel bevat zowel temperatuur ( $\beta$ ) als ventilatiedebiet ( $\gamma$ ).  
Kolom 2: transfermodel bevat alleen temperatuur ( $\beta$ ).

### 3.3 Modelcontrole

Tabel 5 geeft (op logschaal) de parameterschattingen bij model (2.9) waarin de capaciteit waarmee geventileerd werd, is gemodelleerd. Zowel voor afdeling (1:3) als (2:3) met respectievelijk  $\kappa = 0,24$  en  $-0,19$  bleek het effect van het gemiddelde ventilatieniveau van twee afdelingen significant. Parameter  $\eta_{0,\Delta}$  is het emissieverschil tussen twee afdelingen op logschaal bij een ventilatiedebiet van 1600 m<sup>3</sup>/h bij voor het overige gelijke omstandigheden.

**Tabel 5** De invloed van het gemiddelde ventilatieniveau. Parameterschattingen (met standaardfout) voor het niveau ( $\eta_{0,\Delta}$ ), het temperatuurverschil ( $\beta$ ), de verhouding van het debiet ( $\gamma$ ) en het gemiddelde ventilatieniveau ( $\kappa$  en  $\delta$ ).

**Table 5** The effect of the average ventilation rate level. Estimates of parameters (with standard error) for the general mean ( $\eta_{0,\Delta}$ ), temperature difference ( $\beta$ ), ratio ventilation rate ( $\gamma$ ) and average ventilation rate level ( $\kappa$  en  $\delta$ ).

Afdeling	$\eta_{0,\Delta}$ (ln(g/h))	$\beta$ (ln(g/h))	$\gamma$ (ln(g/h))	$\kappa$ (ln(g/h))	$\delta$
(1 : 3)	-0,75 (0,03)	0,08 (0,01)	0,56 (0,03)	0,24 (0,04)	1,27
(2 : 3)	0,06 (0,02)	0,12 (0,01)	0,52 (0,03)	-0,19 (0,03)	0,82

Tabel 6 geeft de parameterschattingen voor het model waarin de invloed van de gemiddelde staltemperatuur van twee afdelingen op de emissieverhouding in deze afdelingen werd gemodelleerd. Voor afdeling (1:3) werd een klein significant effect gevonden,  $\kappa = 0,03$ . Voor afdeling (2:3) werd geen effect gevonden.

**Tabel 6** De invloed van de gemiddelde staltemperatuur. Parameterschattingen (met standaardfout) voor het niveau ( $\eta_{0, \Delta}$ ), het temperatuurverschil ( $\beta$ ), de verhouding van het debiet ( $\gamma$ ) en de gemiddelde staltemperatuur ( $\kappa$  en  $\delta$ ).

**Tabel 6** The effect of the average in-house temperature level. Estimates of parameters (with standard error) for the general mean ( $\eta_{0, \Delta}$ ), temperature difference ( $\beta$ ), ratio ventilation rate ( $\gamma$ ) and the average in-house temperature level ( $\kappa$  en  $\delta$ ).

Afdeling	$\eta_{0, \Delta}$ (ln(g/h))	$\beta$ (ln(g/h))	$\gamma$ (ln(g/h))	$\kappa$ (ln(g/h))	$\delta$
(1 : 3)	-0,49 (0,02)	0,07 (0,01)	0,75 (0,04)	0,030 (0,010)	1,04
(2 : 3)	-0,07 (0,02)	0,11 (0,01)	0,45 (0,04)	-0,008 (0,005)	0,99



## 4 Discussie

### 4.1 Vloertype en reducties

De emissie in afdeling 1, die was uitgerust met een dichte, hellende betonvloer met epoxytroffeltoplaag, bedroeg 54% van de emissie in afdeling 3 met een standaardroostervloer. In afdeling 2 lag een standaardroostervloer met epoxytroffeltoplaag en was de emissie 95% van de emissie in de referentie-afdeling. Deze percentages gelden wanneer de omstandigheden in de drie afdelingen gelijk zijn, d.w.z. gelijke temperatuur en ventilatiedebiet. Verschillen in emissieniveaus worden dan veroorzaakt door het vloertype. Een dichte, hellende betonvloer lijkt dus een perspectiefvolle maatregel om de ammoniakuitstoot te reduceren: de geschatte reductie is 46%. Verder werd de indicatie verkregen dat een roostervloer met epoxytroffeltoplaag een klein emissiereducerend effect heeft, nl. 5%. Het 95%-betrouwbaarheidsinterval, (3%, 7%), ligt echter dicht tegen de grens dat geen effect geconstateerd kan worden.

### 4.2 Temperatureffect

#### 4.2.1 Verschilreeksen

Temperatuurverschillen ( $T_{t,\Delta} = T_{t,i} - T_{t,j}$ ) tussen afdelingen op hetzelfde tijdstip werden voornamelijk veroorzaakt door verschillen in debiet. In de perioden dat de ventilator in afdelingen 1 en 2 op 100% en 75% van de capaciteit draaide, waren de temperaturen hier lager dan in de referentie-afdeling, omdat hier minder werd geventileerd. Het gevolg was dat de emissie in afdeling 3 verhoudingsgewijs toenam ten opzichte van de emissie in afdeling 1 en 2. Voor elke graad temperatuurverschil werd de emissieverhouding tussen afdeling 1 en 2 enerzijds en afdeling 3 anderzijds met respectievelijk een factor 0,92 en 0,89 aangepast.

#### 4.2.2 Afzonderlijke reeksen

Temperatureffecten voor afzonderlijke reeksen lagen tussen de 2,1% en 3,8% (tabel 4). Schattingen uit eerder onderzoek in een andere stal (De Boer *et al.*, 1994) lagen rond de 7%. In dat onderzoek waren de schattingen voor het temperatureffect echter gebaseerd op data met een positieve correlatie tussen temperatuur en debiet. Wanneer slechts één van deze twee variabelen als verklarende variabele in het transfermodel wordt opgenomen, wordt in feite het gecombineerde effect van temperatuur en debiet geschat. Dit wordt geïllustreerd door de kolommen 1 en 2 uit tabel 4. In afdeling 3 met de sterkste positieve correlatie wordt, wanneer het debiet niet in het model is opgenomen, een sterk temperatureffect geschat. Wanneer beide variabelen wel worden opgenomen, blijkt het effect van temperatuur ( $\beta$ ) zelfs niet significant. Noem het gecombineerde effect van temperatuur en debiet bijvoorbeeld  $\lambda_\beta$  of  $\lambda_\gamma$ , afhankelijk van het feit of variabele  $T_{t,i}$  of  $\log(V_{t,i})$  wordt gemodelleerd. In voorgaand onderzoek werd juist  $\lambda_\beta$  geschat die naar verwachting groter zal zijn  $\beta$ . De 7% die in de literatuur wordt

## 4.4 Modelcontrole

### 4.4.1 Onafhankelijkheid van parameters

Theoretisch zijn de parameterschattingen van tabel 2 uit tabel 4 af te leiden. Als  $\beta$  en  $\gamma$  onafhankelijk zijn van de afdeling, geldt het vergelijkingstelsel (2.5).

De  $\gamma$ 's in afdeling 2 en 3 waren respectievelijk 0,40 en 0,41 en waren niet significant verschillend en zijn dus onafhankelijk van de afdeling. Op hun beurt verschillen zij niet significant van  $\gamma = 0,49$  voor de combinatie (2:3). In afdeling 1 en 3 is wel sprake van  $\gamma$ 's die significant van elkaar verschillen. Het verschil is 0,26 met een lsd-waarde 0,17. Dit betekent dat voor de combinatie (1:3) het model niet overeenkomstig de werkelijkheid is.

Stel dat in afdeling  $i$  en  $j$  het effect van de ventilatie respectievelijk  $\gamma_i$  en  $\gamma_j$  is. Dit betekent dat  $f(V_{t,\Delta}; \gamma)$  in (2.5) vervangen wordt door:

$$\begin{aligned} f(V_{t,i}; \gamma_i) - f(V_{t,j}; \gamma_j) &= f(V_{t,i}; \gamma_i) - f(V_{t,j}; \gamma_i) - f(V_{t,j}; \gamma_j) + f(V_{t,j}; \gamma_i) \\ &= f(V_{t,\Delta}; \gamma_i) - f(V_{t,j}; \gamma_j - \gamma_i) \end{aligned} \quad (2.10)$$

Als  $\gamma_i \neq \gamma_j$  dan is  $\gamma_i$  gelijk aan  $\gamma$  uit vergelijking (2.5). Het resterende effect wordt geschat door het debiet in afdeling  $j$  mee te fitten. Als  $\gamma_i = \gamma_j$  is (2.10) gelijk aan  $f(\cdot)$  in (2.5).

In de gevallen waar het onmogelijk is om via afzonderlijke reeksen de aanname, dat parameters onafhankelijk van de afdeling zijn, te controleren, dient model (2.10) te worden toegepast. In de situatie hier geeft tabel 4 enig uitsluitsel over de grootte van dit effect, nl.  $\gamma_3 - \gamma_1$  is  $0,41 - 0,66 = -0,25$ . Deze waarde wordt bevestigd door de waarde  $\kappa = 0,24$  in tabel 5, waarmee het effect van het gemiddelde ventilatiedebiet van afdeling 1 en 3 werd geschat.

Voor de afwijkende waarden van  $\beta$  in tabel 2 en 4 wordt volgens deze methode geen bevredigende verklaring gevonden.

### 4.4.2 Invloed van de ventilatiecapaciteit

Naast de verhouding van het debiet speelde ook de hoogte van het ventilatieniveau mee. Het effect  $\kappa$  bedroeg voor afdeling (1:3) en (2:3) respectievelijk 0,24 en -0,19;  $\delta$  is dan respectievelijk 1,27 en 0,82. Dit betekent dat bij een toenemende capaciteit van de ventilator en gelijke overige omstandigheden, in afdeling (1:3) de emissieverhouding toeneemt en in afdeling (2:3) afneemt. Bij hogere ventilatieniveaus gaf een roostervloer met epoxytroffeltoplaag dus een relatief hogere reductie dan een dichte vloer. In tabel 7 zijn op basis van het model voor vijf ventilatieniveaus de vermenigvuldigingsfactoren gegeven, waarmee berekend wordt hoe de emissie in afdeling 1 en 2 zich verhoudt tot die in afdeling 3.

Bij hoge ventilatiedebieten en voor het overige gelijke omstandigheden geeft een roostervloer met epoxytroffeltoplaag een lagere reductie dan de dichte vloer. Bij 3200 m<sup>3</sup>/h is de reductie 16% ( $1 - 0,95 * 0,88$ ). De dichte vloer geeft dan een reductie van 36% ( $1 - 0,54 * 1,18$ ).

**Tabel 7** Vermenigvuldigingsfactoren bij vijf verschillende ventilatieniveaus voor afdeling (1:3) en (2:3).

**Table 7** Multiplication factors for five different levels of ventilation rate for unit (1:3) and (2:3).

Ventilatieniveau (m <sup>3</sup> /h)	Vermenigvuldigingsfactoren	
	Afdeling (1:3)	Afdeling (2:3)
1600	1,00	1,00
2400	1,10	0,93
3200	1,18	0,88
4000	1,24	0,84
4800	1,30	0,81

Conclusie is dat reducties door het toepassen van een bepaald vloertype beïnvloed worden door de hoogte van het debiet. Wanneer natuurlijk ventileren overeenkomt met 4800 m<sup>3</sup>/h bij mechanisch ventileren, wordt tussen een dichte betonvloer met 30% reductie en een behandelde roostervloer met 23% reductie weinig verschil gevonden. Bij 3200 m<sup>3</sup>/h zijn de verschillen echter veel groter.

Bij het beoordelen voor praktijkdoeleinden van de ammoniakemissie van vloeren in onderzoekstallen is het dus van belang dat gemeten wordt onder omstandigheden die vergelijkbaar zijn met de praktijk. Op dit moment wordt als criterium enkel de temperatuur gehanteerd. Mocht deze vertaalslag van proefomstandigheden naar praktijk voor het ventilatiedebiet niet kloppen, dan wordt onder verkeerde omstandigheden geëxperimenteerd en worden keuzen gemaakt, die onder praktijkomstandigheden niet aan de verwachtingen, opgedaan in de onderzoekstal, voldoen.

#### 4.4.3 Invloed van het temperatuurniveau

Evenals de hoogte van het ventilatiedebiet speelde ook het niveau van de temperatuur een rol bij het verklaren van de emissieverhoudingen tussen afdelingen. Daarnaast valt op dat de waarde 0,03 voor  $\kappa$  bij afdeling (1:3) in tabel 6 goed overeenkomt met wat op grond van de schattingen uit tabel 4 verwacht had mogen worden.

#### 4.5 Verstremgeling van ventilatiedebiet en temperatuur

De eerste kolom bij elke afdeling in tabel 3 geeft simultane schattingen voor  $\beta$  en  $\gamma$ . In afdeling 3 waren temperatuur,  $T_{c,i}$ , en ventilatiedebiet,  $\log(V_{t,i})$ , als gevolg van de proefopzet bijna volledig verstremgeld. Voor temperatuur werd geen significant effect geschat,  $\beta = 0,003$ . Het effect van ventileren ( $\gamma$ ) was 0,41. Dat beide effecten geschat worden, geeft aan dat de verstremgeling niet volledig is: beneden de 8 °C en boven de 18 °C draaide de ventilator met een constante snelheid, zodat hier de temperatuur onafhankelijk van het niveau van het debiet varieerde. Uit deze temperatuurtrajecten was de informatie afkomstig voor de schatting van  $\beta$ . Wanneer in dit gebied de temperatuur weinig varieert of wanneer weinig gegevens beschikbaar zijn, zal voor  $\beta$  een lage (niet significante) schatting gevonden worden.

Wanneer het debiet niet werd meegefit, werd voor  $\beta$  een significante schatting verkregen, nl. 0,037. Een deel van het ventilatie-effect werd nu door temperatuur geschat.

De nauwkeurigheid van beide modellen,  $VC_{\epsilon} = 16,4\%$ , lijkt aan te geven dat beide even goed zijn en dat volstaan kan worden met een model zonder ventilatiedebiet. De standaardfout van  $\gamma$  geeft echter aan dat dit effect zeker in het model thuis hoort. Dat de nauwkeurigheid van het model zonder debiet niet slechter is dan die van het model met debiet, werpt de vraag op of de  $VC_{\epsilon}$  een goed criterium is om de vergelijkbaarheid van modellen te beoordelen. Door het grote aantal waarnemingen valt het relatief kleine effect van de temperatuur in het niet bij de individuele variaties. In het algemeen geldt dat een significant effect soms uit het model kan worden weggelaten, zonder dat de nauwkeurigheid veel wordt beïnvloed.

In afdeling 1 en 2 werd de verstrengeling van temperatuur en debiet door het constant houden van het ventilatiedebiet in periode 2 en 3 gedeeltelijk doorbroken. Beide effecten gaven bij simultaan fitten significante schattingen. De  $\beta$ 's in de tweede kolom bij elke afdeling waren iets hoger dan die in de eerste kolom.

De verklaring is dat  $\log(V_{t,i})$  en  $T_{t,i}$  positief gecorreleerd zijn en beide een positief effect op de emissie hebben. Bij het modelleren van slechts één van deze variabelen zal een deel van het effect van de ene variabele in de schatting van de andere terecht komen. Dit betekent dat bij het fitten van een reeks afzonderlijk, met alleen  $T_{t,i}$  als verklarende variabele, het gecombineerde effect  $\lambda\beta$  groter is dan de  $\beta$  die gevonden wordt bij simultaan fitten van  $T_{t,i}$  en  $\log(V_{t,i})$ .

Het is op dit moment niet mogelijk het debiet onafhankelijk van de temperatuur te wijzigen. Deze effecten zullen voor een deel verstrengeld blijven. Om vast te stellen wat het effect van ventileren op de emissie is (onafhankelijk van de temperatuur), zal de stal moeten worden bijgewarmd. In de voorbeelden die gebruikt worden om het effect van het debiet op de emissie aan te geven, zal de samenhang met temperatuur en de gevolgen voor de emissie moeten worden verdisconteerd. Daar waar dat niet gebeurt, zijn getalenvoorbeelden dus hoogstens indicatief voor het optreden van mogelijke effecten. Men moet in gedachten houden welke en in welke mate overige instelvariabelen mee veranderen.

## 4.6 Variaties en onnauwkeurigheden

### 4.6.1 *Gemeenschappelijke variatiebronnen*

De milieu-onderzoekstal is zo ingericht dat op hetzelfde moment drie behandelingen worden toegepast en met elkaar worden vergeleken. Afdeling 3 fungeert tijdens alle experimenten als referentie; in de overige afdelingen wordt per periode van behandeling gewisseld. Wanneer precies bekend is hoe de hoogte van de ammoniakemissie (zowel kwantitatief als kwalitatief) beïnvloed wordt door (omgevings-) variabelen, kunnen behandelingen op elk willekeurig tijdstip toegepast worden en hoeft ook de referentie niet op hetzelfde tijdstip plaats te vinden. De emissie op een bepaald moment wordt voor deze invloeden gecorrigeerd, zodat behandelingsverschillen nauwkeurig vastgesteld kunnen worden. Bij de huidige stand van zaken echter, is het slechts gedeeltelijk bekend welke variatiebronnen van belang zijn en op welke wijze ze de emissie beïnvloeden. Het lijkt redelijk te veronderstellen, dat door het gelijktijdig toepassen van twee behandelingen én een referentie, behandelingsverschillen nauwkeuriger kunnen

worden vastgesteld dan wanneer deze behandelingen na elkaar zouden plaatsvinden. Voor variatiebronnen die buiten de stal zijn gelegen, geldt dat zij, bij afwezigheid van interacties, elke afdeling op dezelfde wijze en in dezelfde mate zullen beïnvloeden. Bij het model dat op verschilwaarnemingen berust, hoeft dan niet gecorrigeerd te worden voor de effecten van deze omgevingsvariabelen. Verschillen in emissie worden alleen toegeschreven aan verschillen tussen behandelingen en de nauwkeurigheid waarmee die vastgesteld kunnen worden, wordt bepaald door variatiebronnen van binnenuit. Dit model zal dan nauwkeuriger zijn dan het model voor de waarnemingen zelf, omdat het laatste model slechts beperkt weet te corrigeren voor systematische effecten en in het geheel niet voor toevallige variaties. Wanneer het deel van de variabiliteit, dat niet voorspelbaar is bij een analyse op verschillen, kleiner is dan bij een analyse per afdeling, heeft de gekozen proefopzet zin gehad. Criteria om dit te beoordelen zijn, de innovatievariantie,  $\Psi^2$  en  $\text{var}(v)$  of i.p.v. varianties op logschaal de variatiecoëfficiënten op de oorspronkelijke schaal.

#### 4.6.2 *Nauwkeurigheid: verschilreeksen versus afzonderlijke reeksen*

In het model voor verschilwaarnemingen zijn de uureffecten niet significant. De modellen voor de afzonderlijke reeksen bevatten daarentegen 23 extra variabelen, waarmee het tijdstip van de dag wordt gemodelleerd. Gekozen is om het deel van de variabiliteit dat veroorzaakt wordt door 'uren' als vaste effecten op te nemen (modelleren in het noisemodel d.m.v. een seasonal-ARMA-proces behoort ook tot de mogelijkheden). Op deze wijze zijn variaties en dus nauwkeurigheden vergelijkbaar.

De variatiecoëfficiënt van de tijdreeksmodellen voor afdeling 1, 2 en 3 (eerste kolom) bedroeg respectievelijk 22,9%, 19,5% en 16,4%. In het geval dat de reeksen onafhankelijk zijn, wordt de nauwkeurigheid van een verschil berekend als de wortel uit de som van de gekwadrateerde variatiecoëfficiënten. Op grond van deze reeksen zijn de theoretisch berekende nauwkeurigheden voor een verschil tussen afdeling 1 en 2 enerzijds en afdeling 3 anderzijds respectievelijk 28,2% ( $\sqrt{(22,9^2 + 16,4^2)}$ ) en 25,5% ( $\sqrt{(19,5^2 + 16,4^2)}$ ). Het model voor verschilreeksen (2.7) leverde voor afdeling (1:3) en (2:3) echter respectievelijk 17,5% en 14,5% op. Het modelleren van verschillen resulteert voor beide afdelingen in een nauwkeurigheid die onder de op basis van afzonderlijke, onafhankelijke reeksen berekende nauwkeurigheid ligt. De verwachting was, dat de nauwkeurigheid van een verschilreeks ruim onder die voor de afzonderlijke reeksen zou liggen. De mate waarin de nauwkeurigheid in dit geval echter werd verbeterd, is niet opzienbarend. Conclusie is dat door op hetzelfde moment behandelingen toe te passen de vergelijking niet veel nauwkeuriger wordt. Dit betekent dat variaties voor een deel onafhankelijk van de afdeling zijn en vooral veroorzaakt worden door variatiebronnen die binnen de afdelingen zelf zijn gelegen.

#### 4.6.3 *Slotopmerkingen*

De bevindingen uit paragraaf 4.6.2 werpt de vraag op of het noodzakelijk is om de referentie gelijktijdig te doen plaatsvinden met de overige behandelingen of dat volstaan kan worden met het af en toe herhalen van de referentie. In het laatste geval kan de

'referentie-afdeling' in bepaalde perioden gebruikt worden om gelijktijdig een derde behandeling te onderzoeken. De vergelijking vindt dan niet alleen met waarnemingen op hetzelfde moment plaats, maar ook in de tijd. Er is weinig reden om te veronderstellen dat deze vergelijking slechter uitpakt dan nu. In hetzelfde tijdsbestek kunnen dan meer behandelingen worden onderzocht met tijdwinst als gevolg. Opgemerkt kan worden, dat het lang meten aan een afdeling weinig nieuwe informatie oplevert (zie De Boer, 1993). Een belangrijke kanttekening bij bovenstaande overweging is, dat een trend, d.w.z. het langzaam stijgen of dalen van de emissie in de tijd, afwezig moet zijn of dat er afdoende voor wordt gecorrigeerd. Een mogelijk efficiëntere proefopzet wordt verkregen door in alle drie afdelingen behandelingen te onderzoeken, waarbij van tijd tot tijd de referentie herhaald wordt. Dit schema dient in z'n geheel herhaald te worden.

Tenslotte zijn de variatiebronnen binnen de afdelingen van belang. Gedacht wordt aan het gedrag van de groep, tot stand gekomen door gedragingen van individuele dieren. Dat de groep dieren voor elke afdeling zoveel mogelijk gelijk gehouden wordt (d.m.v. gewicht en leeftijd), kan betekenen dat gemiddeld de emissie wel ongeveer dezelfde is, maar hoeft niet in te houden dat de variabiliteit in de emissie tussen groepen synchroon loopt. Indien er niet geëxperimenteerd wordt met het ventilatiedebiet, zal veelal een analyse op basis van daggemiddelden volstaan. Het op uurbasis ontbreken van volledige synchronisatie van activiteiten en processen die tot toevalsvariatie leiden, is dan mogelijk minder relevant. Waarschijnlijk gaat het namelijk vooral om processen en activiteiten die binnen een dag optreden; soms wat eerder, soms wat later. (In dit verband kunnen de tijdstippen waarop urinelozingen plaatsvinden genoemd worden.) Aangezien het onderhavige onderzoek uitging van een analyse op basis van uurgemiddelden kan er geen uitspraak gedaan worden over hoe, in geval van daggemiddelden de nauwkeurigheid van verschilreeksen zich verhoudt tot die van afzonderlijke reeksen.

## 5 Conclusies

Met een dichte, hellende betonvloer werd een ammoniakemissiereductie bereikt van  $46\% \pm 1\%$  ten opzichte van een onbehandelde roostervloer; voor een roostervloer met epoxytroffeltoplaag bedroeg de reductie  $5\% \pm 2\%$ .

Door de gedeeltelijke ontstrengeling van temperatuur en debiet in beide onderzoekafdelingen konden de effecten van beide factoren geschat worden. Zowel staltemperatuur als debiet beïnvloedden de emissie positief. De orde van grootte van het temperatuureffect verschilde tussen de analyse op basis van verschilreeksen en die op basis van afzonderlijke reeksen. Het temperatuureffect bij de verschilreeksen varieerde tussen de 9 en 12% per °C temperatuurverschil, terwijl die uit de afzonderlijke reeksen varieerde tussen 0,3 en 2,6% per °C. Het is niet duidelijk of dit valt toe te schrijven aan ontoereikende modeldefinities of dat hier een verschil in de samenhang tussen temperatuur en andere emissiebepalende factoren bij beide typen analyses een rol heeft gespeeld.

Meer ventileren in de afdeling met de dichte, hellende betonvloer leidde tot een hogere ammoniakemissie dan bij een behandelde roostervloer. Een verhoging van het debiet met 50% in de afdeling met een dichte, hellende betonvloer en die met een roostervloer met toplaag ten opzichte van het debiet in de referentie-afdeling, resulteerde in een toename van de emissie met respectievelijk 29 en 22% ten opzichte van die in de referentie. Tevens werd aangetoond dat de hoogte van het ventilatieniveau van invloed was op de emissieverhoudingen tussen afdeling 1 en 2 enerzijds en afdeling 3 anderzijds. Hoe bovenstaande resultaten zich laten vertalen naar de praktijk, is niet duidelijk omdat er niet vanuit gegaan kan worden dat de experimentele opstelling de praktijksituatie weergeeft. Op dit moment wordt als criterium enkel de temperatuur gehanteerd.

Het gelijktijdig onderzoeken van behandelingen en een referentie leidde bij een analyse op basis van verschilreeksen tot een nauwkeuriger vergelijking. De nauwkeurigheid was echter niet veel groter dan de berekende nauwkeurigheid op basis van afzonderlijke, onafhankelijke reeksen. Een mogelijk efficiëntere proefopzet wordt verkregen door alle drie afdelingen te benutten om behandelingen te onderzoeken, waarbij van tijd tot tijd de behandeling in de referentie-afdeling herhaald wordt. Hoe dit optimaal kan worden uitgevoerd, moet nog diepgaand worden onderzocht.

# Rapportenoverzicht 1994

- 94-1 Bleijenberg, R. en J.P.M. Ploegaert 1994 – Handleiding voor de IMAG-DLO meetmethode ter bepaling van ammoniakemissies uit mechanisch geventileerde stallen.  
Wageningen, IMAG-DLO rapport, 77 pp. f 40,00
- 94-2 Hendriks, J.G.L. en J.F.M. Huijsmans 1994 – Trekkkrachtbehoefte van sleepvoeten- en zodebemestertechnieken op grasland.  
Wageningen, IMAG-DLO rapport, 44 pp. f 35,00
- 94-3 Elderen, E. van en G.H. Kroeze 1994 – Operational decision making for arable and grassland farms.  
Wageningen, IMAG-DLO rapport, 74 pp. f 35,00
- 94-4 Huis in 't Veld, J.W.H., Kroodsmā, W. en W.J. de Boer 1994 – Vermindering ammoniakemissie uit een ligboxenstal door spoelen van een hellende betonvloer.  
Wageningen, IMAG-DLO rapport, 24 pp. f 30,00
- 94-5 Arts, W.B.M., Verwijs, B.R. en J. van Maanen 1994 – De invloed van berijding op de fysische bodemconditie van zandgrond en de gevolgen daarvan voor de grasproductie.  
Wageningen, IMAG-DLO rapport, 69 pp. f 35,00
- 94-6 Boer, W.J. de, Keen, A. en G.J. Monteny 1994 – Het effect van spoelen op de ammoniakemissie uit melkveestallen. Het schatten van behandelingseffecten en nauwkeurigheden door tijdreeksanalyse.  
Wageningen, IMAG-DLO rapport, 32pp. f 30,00
- 94-7 Huis in 't Veld, J.W.H., Boer, W.J. de en W. Kroodsmā 1994 – Ammoniakemissiereductie door spoelen van een hellende, gecoate betonvloer in een rundveestal.  
Wageningen, IMAG-DLO rapport, 25 pp. f 30,00
- 94-8 Breemhaar, H.G. en A. Bouman 1994 – Mechanische oogst en schoning van nieuwe oliehoudende gewassen.  
Wageningen, IMAG-DLO rapport, 34 pp. f 30,00
- 94-9 Breuer, J.J.G. en N.J. van de Braak 1994 – Een statisch en dynamisch simulatiemodē voor klimaatprocessen en energiestromen in kassen.  
Wageningen, IMAG-DLO rapport, 60 pp. f 40,00
- 94-10 Breuer, J.J.G. en N.J. van de Braak 1994 – Effect van grondbuiskoeling en indirecte verdampingskoeling op de ventilatie in kassen.  
Wageningen, IMAG-DLO rapport, 29 pp. f 30,00
- 94-11 Lokhorst, C. Smits, A.C., Niekerk, Th. van en A.M. van de Weerdhof 1994 – Programma van eisen voor de inrichting van volièrestallen voor leghennen.  
Wageningen, IMAG-DLO rapport, 51 pp. f 30,00
- 94-12 Straelen, B.C.P.M. van 1994 – Remsystemen voor landbouwwagens.  
Wageningen, IMAG-DLO rapport, 65 pp. f 30,00
- 94-13 Swierstra, D., Huis in 't Veld, J.W.H., Kroodsmā, W. en M.C.J. Smits 1994 – Ammoniakemissie en stroefheid van roostervloeren en dichte vloeren in ligboxenstallen voor rundvee.  
Wageningen, IMAG-DLO rapport, 24 pp. f 30,00



- 94-16 Ketelaar-de Lauwere, C.C. en E. Benders, 1994 – De invloed van het additioneel verstrekken van krachtvoer in de selectiebox en het melken op de bezoeken van koeien aan het automatisch melksysteem  
Wageningen, IMAG-DLO rapport, 24 pp. f 30,00
- 94-18 Burgers, B.C.H. , van Dieën, J.H. en H.M. Toussaint, 1994 – Arbeidsongeschiktheid in de agrarische sector in Nederland  
Wageningen, IMAG-DLO rapport, 72 pp. f 45,00
- 94-19 Porskamp, H.A.J., Michielsen, J.M.G.P. en J.F.M. Huijsmans, 1994 – Emissie-beperkende spuittechnieken voor de fruitteelt (1992) : onderzoek depositie en emissie van gewasbeschermingsmiddelen  
Wageningen, IMAG-DLO rapport, 43 pp. f 40,00
- 94-21 Uenk, G.H., Monteny, G.J., Demmers, T.G.M. en M.G. Hissink, 1994. – Praktijk-onderzoek naar het drogen van leghennenmest in een droogtunnel en het effect op de ammoniak-, geur- en stofemissie  
Wageningen, IMAG-DLO rapport, 31 pp. f 30,00
- 94-23 Porskamp, H.A.J., Michielsen, J.M.G.P. en J.F.M. Huijsmans, 1994 – Emissie-beperkende spuittechnieken voor de fruitteelt (1993) : onderzoek emissie van gewasbeschermingsmiddelen  
Wageningen, IMAG-DLO rapport, 31 pp. f 40,00

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)