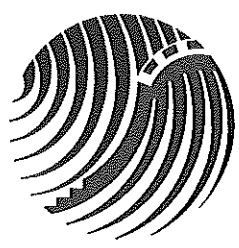


Praktijkonderzoek naar de ammoniakemissie van stallen XXXI

Verschillende huisvestingssystemen voor vleeskalveren

J.M.G. Hol
C.M. Groenestein

dlo



Praktijkonderzoek naar de ammoniakemissie van stallen XXXI

Verschillende huisvestingssystemen voor
vleeskalveren

J.M.G. Hol
C.M. Groenestein

Rapport 97-1001

© 1997

Dienst Landbouwkundig Onderzoek
Postbus 59, 6700 AB Wageningen

**Alle informatie beschikbaar bij
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.

Inhoud

Samenvatting	2
1 Inleiding	3
2 Materiaal en methode	4
2.1 Stal en bedrijfsvoering	4
2.2 Metingen	7
3 Resultaten en discussie	11
4 Conclusies	14
Literatuur	15
Bijlagen	

Samenvatting

Ammoniak is naast NO_x en SO_x een van de meest belangrijke verzurende componenten in ons milieu. De overheid heeft tot doel gesteld dat de emissie van ammoniak ten opzichte van het nivo in 1980 in het jaar 2000 met 50% en in 2005 met 70% afgenomen moet zijn. Om te bepalen of een systeem emissie-arm is, wordt de emissie hiervan vergeleken met die van een traditioneel systeem. In dit onderzoek werd van 6 april 1995 tot 6 mei 1996 gedurende twee rondes de ammoniakemissie gemeten vanuit vier verschillende huisvestingssystemen voor vleeskalveren: één afdeling voor individueel gehuisveste dieren en drie afdelingen met groepshuisvesting.

De afdeling met (traditionele) individuele huisvesting was voorzien van 44 boxen met een houten roostervloer. De boxen waren 0,8 m breed en 1,8 m lang. De mest werd opgevangen in een mestkanaal aan het eind van de boxen.

In de afdelingen met groepshuisvesting werden vijf dieren per hok van 2,5 X 3 m gehuisvest, op een roostervloer. Elke afdeling had 12 hokken en bood derhalve plaats aan 60 dieren. Eén van de afdelingen had een houten roostervloer boven een mestput en gold als een traditionele groepshuisvesting. De tweede afdeling was voorzien van kunststofroosters en de derde had U-vormige spoelgoten onder een houten roostervloer van waaruit de mest één of twee maal daags werd verwijderd. De eerste 6 tot 8 weken werden de dieren in de groepshuisvesting vanwege controle op gezondheid en voeropname individueel gehuisvest in babyboxen. De voeding bestond voor de individueel gehuisveste dieren uit twee maal daags melkpoeder met water (dieren die problemen hadden met de voeropname kregen één maal daags een beetje mais). De dieren in de groepshuisvesting kregen, vanaf een leeftijd van 6 à 7 weken, naast twee maal daags melk, één maal daags mais bijgevoerd. In totaal bedroeg dat per ronde per dier ca. 100 kg produkt.

De emissie uit de afdeling met groepshuisvesting, houten roosters en mestopslag onder de roosters (traditionele groepshuisvesting) was tijdens de eerste ronde op jaarbasis, uitgaande van 7% leegstand 2,7 kg NH_3 per dierplaats en tijdens de tweede ronde 2,4 kg NH_3 per dierplaats.

De emissie uit de afdeling met individuele huisvesting in boxen, houten roosters en mestopslag in een mestkanaal (traditionele individuele huisvesting) was tijdens de eerste ronde op jaarbasis, uitgaande van 7% leegstand 2,7 kg NH_3 per dierplaats en tijdens de tweede ronde 2,0 kg NH_3 per dierplaats. Ten opzichte van de traditionele groepshuisvesting (op basis van het daggemiddelde) betekende dit de eerste en tweede ronde respectievelijk 0% en 19% emissiereductie

De emissie uit de afdeling met groepshuisvesting, kunststof roosters en mestopslag onder de roosters was tijdens de eerste ronde op jaarbasis, uitgaande van 7% leegstand 3,0 kg NH_3 per dierplaats en tijdens de tweede ronde 2,7 kg NH_3 per dierplaats. In vergelijking met de de traditionele groepshuisvesting (op basis van het daggemiddelde) emitteerde deze afdeling de eerste en tweede ronde respectievelijk 10% en 8% meer.

De emissie uit de afdeling met groepshuisvesting, houten roosters en dagelijkse mestverwijdering via U-vormige spoelgoten onder de roosters was tijdens de eerste ronde op jaarbasis, uitgaande van 7% leegstand 2,6 kg NH_3 per dierplaats en tijdens de tweede ronde 2,0 kg NH_3 per dierplaats. In vergelijking met de de traditionele groepshuisvesting (op basis van het daggemiddelde) betekende dit voor deze afdeling de eerste en tweede ronde respectievelijk 9% en 17% emissiereductie.

Gezien de theoretische verbanden tussen emissie enerzijds en temperatuur en lichtsnelheid anderzijds was het verschil in emissie tussen de twee rondes klein bij een zo groot verschil in omstandigheden.

1 Inleiding

De meest belangrijke verzurende componenten van ons milieu zijn SO_2 , NO_x (NO en NO_2) en NH_3 , samen met hun reactieproducten, in het kort SO_x , NO_y , en NH_x genoemd. In 1989 was 81% van de verzuring door NH_x uit eigen land afkomstig en 94% daarvan kwam uit de landbouw. De bijdrage van NH_x aan de totale verzuring in Nederland bedroeg in 1989 46% (Heij en Schneider, 1991). De overheid heeft tot doel gesteld dat de emissie van ammoniak in 2000 met 50% en in 2005 met 70% afgenomen moet zijn (Notitie Mest- en Ammoniakbeleid, 1993). Om dit te kunnen realiseren wordt momenteel veel onderzoek verricht naar emissie-arme huisvestings-systemen voor landbouwhuisdieren.

Behalve via onderzoek komen er ook vanuit de praktijk ideeën en initiatieven om de ammoniakemissie terug te dringen. Om deze op waarde te schatten dient aan, in potentie emissie-arme huisvestingssystemen, onder normale bedrijfsomstandigheden, te worden gemeten. De aanvragen komen binnen bij de Begeleidingscommissie Ammoniak-emissiemetingen, die hieruit de aanvragen selecteert die wat betreft de NH_3 -emissievermindering perspectief bieden. Deze begeleidingscommissie bestaat uit vertegenwoordigers van de overheid en het landbouwbedrijfsleven. Het onderzoek wordt vervolgens uitgevoerd door de DLO-stalmeetploeg.

In dit kader werd onderzoek verricht naar de ammoniakemissie vanuit vier afdelingen met verschillende huisvestingssystemen voor vleeskalveren: een voor individuele huisvesting en drie voor groepshuisvesting. De afdeling voor (traditioneel) individueel gehuisveste dieren was voorzien van boxen met een houten roostervloer en een mestkanaal aan het eind van de boxen. Eén van de afdelingen met groepshuisvesting was traditioneel ingericht met een houten roostervloer en mestopslag onder de roosters. De tweede afdeling was voorzien van kunststof roosters in plaats van houten roosters en de derde afdeling had onder de houten roosters U-vormige spoelgoten van waaruit de mest één of twee maal daags werd verwijderd.

2 Materiaal en methode

2.1 Stal en bedrijfsvoering

Van 6 april 1995 tot 6 mei 1996 werd gedurende twee rondes de ammoniakemissie gemeten uit vier afdelingen met vleeskalveren. De kalveren werden op een leeftijd van één week opgelegd (nuka's). De eerste ronde (periode 1) duurde van 6 april tot 9 oktober 1995. Hierna werden de afdelingen schoongemaakt met water. De tweede ronde (periode 2) liep van 26 oktober 1995 tot 6 mei 1996. In afdeling 1, 2 en 3 waren de dieren in groepen gehuisvest. Afdeling 1 had een houten roostervloer met daaronder U-vormige spoelgoten waardoor de mest frequent verwijderd kon worden. Afdeling 2 was voorzien van een kunststofroostervloer met daarop metalen strips om uitglijden te voorkomen. Afdeling 3, met groepshuisvesting, diende als referentie en had evenals afdeling 1 een houten roostervloer. In afdeling 2 en 3 bevond zich onder de roosters een mesput. Deze drie afdelingen met groepshuisvesting waren verder identiek ingericht. In afdeling 4 waren de dieren individueel in boxen gehuisvest op een houten roostervloer. De mest werd opgevangen in een mestkanaal aan het eind van de boxen.

Iedere afdeling bestond uit 2 rijen hokken met in het midden een voergang. De afdelingen waren met elkaar verbonden door een loopgang aan de noordoostzijde van de afdeling en goed sluitende klapdeuren. In Bijlage A is een plattegrond van de afdelingen weergegeven.

Elke afdeling werd mechanisch geventileerd met twee ventilatoren in de nok van de stal met ieder een diameter van 45 cm (maximale capaciteit 12 000 m³/uur). Eén van de twee ventilatoren draaide continu, terwijl de tweede ingeschakeld werd als de staltemperatuur boven 10 °C kwam. Als de tweede ventilator niet draaide was de koker afgesloten met een vlinderklep. De ventilatie werd afhankelijk van de buitentemperatuur, de gezondheid en de leeftijd van de dieren gevarieerd. Tijdens de tweede ronde werd de lucht gedurende de eerste 8 weken niet mechanisch afgevoerd vanwege de lage buitentemperatuur en de vatbaarheid voor ziektes van de jonge dieren. Dit betekende dat de luchtverversing door natuurlijke ventilatie plaatsvond, waarbij de luchtsnelheid in de afdeling zeer laag was.

De luchtinlaat van de afdelingen bestond uit verstelbare deuren aan beide kopzijden van de afdeling. De maximale opening per deur was 1,80 m x 2,05 m. De deurstand werd tweemaal per dag ('s morgens en 's avonds na het voeren) handmatig ingesteld waarbij windrichting, windsnelheid, temperatuur alsmede gezondheid en leeftijd van de dieren bepalende factoren waren. Om dwarsventilatie te beperken werd op 29 mei 1995 voor iedere deuropening een gordijn geplaatst. De bovenste 0,68 m van dit gordijn was dicht en het onderste gedeelte bestond uit windbreekglas. De maximale inlaatopening bedroeg toen 1,80 m x 1,37 m.

In de afdelingen met groepshuisvesting werden 5 dieren in één hok gehuisvest (2,5 m x 3,0 m). Om navelzuigen en urinedrinken te voorkomen en om een goede controle te hebben op de gezondheid in de startperiode, werden de kalveren de eerste 6 tot 8 weken gehuisvest in individuele babyboxen (0,6 m x 1,5 m). Een afdeling met groepshuisvesting bestond uit twee rijen van 6 hokken; dit betekende 60 dierplaatsen per afdeling.

In afdeling 1 waren de houten roosterlatten 8,0 cm breed met een spleet van 2,8 cm. De U-vormige spoelgoten, vijf in aantal, lagen naast elkaar evenwijdig aan de voergang onder een afschot van 10 cm in de lengte van de afdeling. Mest en urine werden goot voor goot door handmatig spoelen uit de afdeling verwijderd. De spoeltijd per goot was ongeveer een minuut. Als spoelvroestof diende de kalvermest uit de mestopslag onder de goten. Spoelvroestof en verse mest kwamen ook weer in diezelfde opslag terecht. Door een stankslot aan het einde van de spoelgoten was er

geen luchtverbinding tussen de kelder en de afdeling. Gedurende de huisvesting in babyboxen werd alleen 's morgens na het voeren gespoeld. Dit gebeurde alleen in de eerste 3 goten (gezien vanaf de voergang) aangezien de overige 2 goten niet konden worden bevuild. Vanaf de groepshuisvesting, na 6 tot 8 weken, werden alle goten 's morgens en 's avonds na het voeren gespoeld.

De kunststof roosterlatten in afdeling 2 waren 6 cm breed met een spleet van 2,5 cm en hadden een licht bollend oppervlak. Door het gladdere en bolle oppervlak van de kunststofroosters zou minder urine en mest achter blijven dan op de houten roosters. Om uitglijden te voorkomen waren per hok loodrecht op de roosterlatten twee metalen strips bevestigd. Onder de roosters was een ondiepe mestkelder (60 cm diep) waar de mest en urine in viel. Wanneer het mestniveau tot aan de roosters was gestegen werd de kelder geleegd. Dit gebeurde 1 of 2 keer per ronde. De mest werd opgeslagen in de mestopslag die onder de spoelgoten gelegen was.

Afdeling 3 kan worden bestempeld als een traditioneel groepshuisvestingsstelsel. De houten roosterlatten waren hetzelfde als in afdeling 1. De opvang van mest en urine en het verwijderen van de mest uit de ondiepe kelder verliep hetzelfde als in afdeling 2.

Afdeling 4 kan worden bestempeld als een traditioneel, individueel huisvestingsstelsel. De kalveren waren gehuisvest in boxen van 0,8 m breed en 1,8 m lang. De afdeling bestond uit twee rijen van 22 boxen, dit betekende 44 dierplaatsen per afdeling. In de box lag een houten roostervloer waaronder een betonvloer lag die schuin afliep naar een 85 cm diep mestkanaal. Deze was 60 cm breed, waarvan 50 cm onder de box lag en 10 cm erachter. Via de betonvloer, of als de kalveren groter waren rechtstreeks, kwamen de mest en de urine in het mestkanaal terecht. Wanneer het mestkanaal vol was werd de mest afgelaten. Dit gebeurde 1 of 2 keer per ronde.

In Tabel 1 worden de belangrijkste aspecten van de huisvesting van de verschillende afdelingen overzichtelijk weergegeven.

Tabel 1. Kenmerken van de huisvestingsystemen in de vier afdelingen.

		Afdeling			
		1	2	3	4
huisvesting	tot 6-8 wk	individueel	individueel	individueel	individueel
	vanaf 6-8 wk	groep	groep	groep	individueel
	leefoppervlak per dier (m ²)	1,50	1,50	1,50	1,44
roostervloer	breedte lat (cm)	8	6	8	8
	breedte spleet (cm)	2,8	2,5	2,8	2,8
	materiaal soort	hout	kunststof	hout	hout
	opp. lat per dier (m ²)	1,1	1,1	1,1	1,1
mestopslag	type	spoelgoten	put	put	kanaal
	diepte (cm)	40	60	60	85
	opp. per dier (m ²)	1,5	1,5	1,5	0,5

Ammoniakemissie is sterk gerelateerd aan de grootte van het emitterend oppervlak (Monteny et al., 1997). Tabel 1 laat zien dat het oppervlak van de mestopslag in afdeling 4 het kleinst was. Dit impliceert niet dat ook het emitterend oppervlak hier het kleinst was. Zoals eerder beschreven liep de mest vanaf een schuin aflopende betonnen vloer het mestkanaal in. Deze betonnen vloer was dus ook emitterend

oppervlak. Dit gold zeker in het begin toen de dieren klein waren en ze zich bovendien om konden draaien, waardoor de mest verder van het mestkanaal op de betonnen vloer terecht kwam en de lengte van het met mest bevulde oppervlak toenam. Het potentieel emitterend oppervlak per dier werd zo 1,5 m². Voor afdeling 1 gold het omgekeerde. Daar was het mestoppervlak de eerste 6-8 weken kleiner dan het gezamenlijke oppervlak van de goten door de U-vorm en door het feit dat de dieren in de babyboxen slechts drie van de vijf goten konden bevullen. Het totale oppervlak van de latten was voor alle vier de afdelingen 1,1 m² per dier. Bovenstaande geeft aan dat de leefoppervlakken en de oppervlakken onder de roosters per dier gelijk waren. De manier van huisvesten bepaalde of deze oppervlakken geheel of gedeeltelijk met mest bevuld werden, waardoor NH₃ kan emitteren.

De dieren werden tweemaal per dag gevoerd, om ongeveer 6:30 uur en 18:00 uur. De dieren kregen het voor de sector van wit kalfsvlees gebruikelijke rantsoen. Dit betekende dat bij groepshuisvesting naast een mengsel van melkpoeder en water vanaf een leeftijd van 6 à 7 weken een hoeveelheid maaskuil werd bijgevoerd (in totaal ca. 100 kg produkt per dier met per kg produkt 13,7 g DVE, -7,2 g OEB en 295 VEVI, 32 % drogestof). De individueel gehuisveste dieren kregen in principe alleen melk, uit gezondheidsoverwegingen werd aan sommige dieren wat maaskuil verstrekt. De maaskuil werd 's morgens om ongeveer 10:00 uur verstrekt. In Tabel 2 staan de gemiddelde hoeveelheden melkpoeder per ronde en de hoeveelheid eiwit en energie in het voer. Aan het begin van de ronde werd alleen startvoer gebruikt; later werd dit geleidelijk vervangen door mestvoer I en II. De verhouding van de verschillende melkpoeders varieerde al naar gelang de behoefte van de dieren afhankelijk van het groeistadium. De eiwitgift liep op van 100 g ruw eiwit per dag bij aanvang tot 600 g per dag op het eind van de ronde. Aan energie werd in het begin 8 MJ per dag gegeven, oplopend tot 60 MJ per dag aan het eind. Het waterverbruik was gemiddeld 11,7 liter per dag en liep op van ongeveer 3 liter bij aanvang tot ongeveer 15 liter aan het eind van de ronde. Dit zijn gemiddelde gegevens berekend voor het gehele bedrijf waar naast de 224 kalveren in de beschreven vier afdelingen nog 210 kalveren in een andere stal werden gehouden.

Tabel 2. De gemiddelde hoeveelheid melkpoeder (kg per dier), het eiwitgehalte (%) en de hoeveelheid energie (MJ OE/kg) op bedrijfsniveau.

	Melkpoeder		Eiwit	Energie
	Ronde 1	Ronde 2		
start voer	32,9	40,3	23,1	17,8
mestvoer I	173,8	172,9	23,6	18,4
mestvoer II	163,9	173,0	16,1	18,4

Via ramen en lichtplaten in het dak kon buitenlicht de stal inkomen. Indien nodig werd tijdens het voeren de ruimte verlicht met TL-balken. De dieren werden tijdens het voeren gecontroleerd. Medicijnen werden individueel verstrekt of soms werd een kuur via de melk aan alle kalveren toegediend. Voordat de dieren in de groepshuisvesting werden losgelaten werden de dieren gesorteerd zodat een hok uit een redelijk uniforme groep bestond. Dieren die niet goed in een groep pasten werden individueel gehuisvest in de boxen in afdeling 4. Dit waren vaak dieren die de melk slecht dronken. Ook tijdens het verdere verloop van de ronde werden zo nu en dan dieren die absoluut niet meer in een groep pasten in de boxen gehuisvest. Daartoe werd een goed functionerend dier uit de boxen in de groep geplaatst. Hoewel de dieren in de boxen in principe alleen melk kregen, werden de overgeplaatste dieren en de dieren die de melk niet goed opnamen bijgevoerd met een weinig mais. Dit liep tijdens de tweede ronde op tot zo'n 14 dieren.

Tabel 3 geeft van het hele bedrijf de technische resultaten voor beide ronden weer.

Tabel 3. Gemiddelde produktiegegevens van de twee produktierondes en het landelijk gemiddelde (Kwantitatieve informatie veehouderij 1995-1996).

	ronde 1	ronde 2	landelijk
opleggewicht (kg)	47,0	48,3	42
eindgewicht (kg)	244,8	249,6	240
uitval (%)	1,6	2,1	3,0
mestduur (dagen)	187	193	189
groei per dag (g)	1058	1043	1048
voederconversie ¹	1,88	1,92	1,86

1: kg groei/kg melkpoeder, dus exclusief de mais

De resultaten waren vergelijkbaar met het landelijk gemiddelde zoals weergegeven in KWIN (1995-1996). Dit ondanks het feit dat gedurende de eerste twee maanden van de eerste ronde de dieren herstelden van een longvirus en dat tijdens beide rondes vanaf de leeftijd van 20 tot 22 weken bij 5-10% van de kalveren de groei enigszins stagneerde door de samenstelling van het startvoer. Deze kalveren kregen minder melk, wat meer mais en soms een beetje krachtvoer (kalverbrokken).

2.2 Metingen

De volgende variabelen werden continu gemeten:

- NH₃-concentratie van de uit- en ingaande lucht (mg/m³);
- ventilatiedebiet (m³/uur);
- temperatuur (T) van de uitgaande lucht, en buiten (°C);
- relatieve luchtvochtigheid (RV) van de uitgaande lucht, en buiten (%).
- temperatuurverschillen in de deuropening
- windrichting en windsnelheid

De NH₃-concentratie werd gemeten met behulp van een NO_x-monitor (Thermo Environmental Instrument's Chemiluminescence NO-NO₂-NO_x analyzer Model 42d). De meting is gebaseerd op de chemiluminescentie-reactie tussen NO en O₃:



Deze methode is uitgebreid beschreven door Scholtens (1993). Hier wordt volstaan met een korte beschrijving van het systeem en de meetopstelling.

Om NO te kunnen meten moet NH₃ eerst worden omgezet met een convertor. In de convertor passeert de luchtstroom een filter waarna het verhit wordt tot 775°C. Bij deze temperatuur wordt NH₃ aan een roestvrij stalen katalysator geoxideerd tot NO. De convertor is zo dicht mogelijk bij het monsternamepunt gemonteerd om de transportafstand van NH₃ tot een minimum te beperken. NH₃ adsorbeert makkelijk aan allerlei materialen en lost makkelijk op in water, waardoor bij een grote afstand tussen monsternamepunt en convertor metingen kunnen worden verstoord. De stallucht werd continu aangezogen via teflonslangen. Om condens in de slangen te voorkomen werden alle slangen met een verwarmingslint en isolatie omwikkeld. De monsternamepunten voor de bepaling van de NH₃-concentratie in de stal bevonden zich in de ventilatiekokers tussen de meet- en stalventilator. Bij de ventilatoren die continu draaiden werden de concentraties gemeten. Het monsternamepunt van de ingaande lucht werd aan de oostzijde van de stal gemeten. Het in de convertors gevormde stabiele NO werd door verwarmde en geïsoleerde teflonslangen naar de monitor geleid. De maximaal meetbare concentratie was 50 ppm.

Het ventilatiedebiet werd gemeten met behulp van meetventilatoren in de ventilatiekokers. Per omwenteling werden vier pulsen afgegeven. De pulsen werden geregistreerd. De relatie tussen het aantal pulsen en het debiet is bepaald met behulp van een windtunnel (Berckmans et al., 1991; Scholtens & van 't Klooster, 1993). De relatie tussen het ventilatiedebiet (m^3/uur) en het geregistreeerde aantal pulsen was :

$$V = 9,2 * (\text{aantal pulsen}/10 \text{ sec}) + 116$$

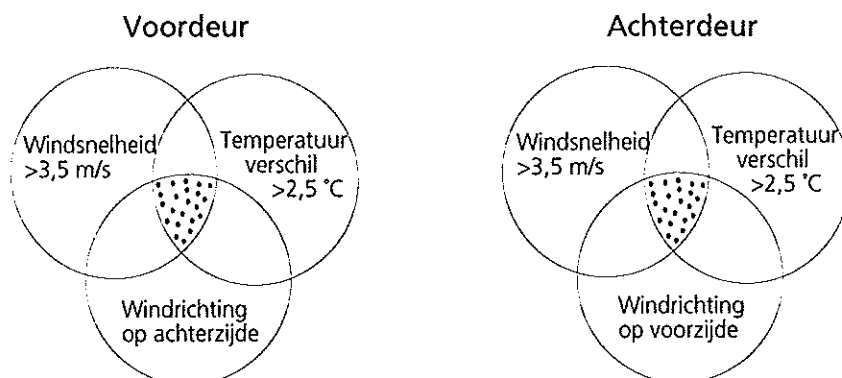
De temperatuur en de relatieve luchtvochtigheid werden continu gemeten met temperatuur- en luchtvochtigheidsensoren (Hygromer Rotronic®). De sensoren hingen in de afdelingen ter hoogte van de ventilator waar de ammoniakconcentratie werd gemeten en buiten.

De meetapparatuur werd bestuurd door een programmeerbare datalogger. Alle verzamelde gegevens werden hierin opgeslagen. Eén keer per 3,5 minuut werden alle variabelen gemeten. Na een uur werden de waarden gemiddeld en weggeschreven. Elke week werd de apparatuur gecontroleerd, de monitor gekalibreerd en zondig de filters voor de convertors vervangen. Tevens werd de algemene situatie in de stal genoteerd. De convertors werden voor en na de meetperioden geijkt. De monitor werd in de eerste meetperiode gekalibreerd met 41,2 ppm NO gas en met 39,8 ppm NO gas in de tweede meetperiode. De absolute afwijkingen tijdens de kalibraties waren gemiddelde per periode respectievelijk 4% en 2%. Uit de ijking van de convertors bleek dat voor de metingen in de eerste meetperiode gemiddeld 93% en in de tweede meetperiode 90%, van de aangeboden NH_3 als NO_x werd gemeten; na de metingen was dit respectievelijk 89% en 91%. Op basis van deze kalibratie- en ijkresultaten werden de meetwaarden gecorrigeerd. Voor de concentratie van de ingaande lucht is niet gecorrigeerd omdat er op verschillende plaatsen buiten de stal is gemeten. Naast het meten van de achtergrondconcentratie (gemiddeld $0,03 \text{ mg}/\text{m}^3$ en $0,08 \text{ mg}/\text{m}^3$) werd dit meetpunt gebuikt om te controleren of er zogenaamde luchtlekken waren.

De NH_3 -emissie is het produkt van de NH_3 -concentratie in de kokers en de hoeveelheid lucht die via die kokers de stal verlaat. Bij aanvang van de eerste ronde bleek dat niet alle lucht via de kokers de afdelingen verliet. Allereerst werd dit veroorzaakt doordat de klapdeuren tussen de afdelingen niet luchtdicht sloten. Hierdoor kon lucht van de ene afdeling naar de andere stromen. Dit werd verholpen door borstels en klemmen te monteren.

Ten tweede kon er dwarsventilatie optreden. Dit betekent dat stallucht via de tegenover elkaar gesitueerde buitendeuren naar buiten kon stromen. Om dit te ondervangen werden eerdergenoemde gordijnen geplaatst. Deze maatregel kon dwarsventilatie voor een groot deel voorkomen, maar sloot dit niet uit wanneer er een flinke wind recht op een van de deuren stond. Daarom werden er bij de buitendeuren temperatuursensoren geplaatst: één aan de bovenkant van de inlaat net in de afdeling en één aan de onderkant net erbuiten. Wanneer de deur als inlaat fungeerde zullen beide sensoren de temperatuur van de buitenlucht meten en zal het temperatuurverschil klein zijn. Er vanuit gaande dat de stallucht warmer is dan de buitenlucht zal deze de afdeling aan de bovenkant van de opening de afdeling verlaten. Het temperatuurverschil tussen de sensoren zal dan oplopen. Om te bepalen of de debietsmetingen betrouwbaar waren, dat wil zeggen dat alleen lucht via de kokers de afdeling verliet, werd gebruik gemaakt van drie criteria: de windrichting, de windsnelheid en het temperatuurverschil tussen de sensoren bij de deur. Wanneer de wind met een snelheid groter dan $3,5 \text{ m/s}$ loodrecht op de achterdeur (of voordeur) stond en het temperatuurverschil tussen de sensoren groter was dan $2,5 \text{ }^\circ\text{C}$ werd verondersteld dat lucht lekte uit de voordeur (of achterdeur). De gemeten emissie-data werden dan niet gebruikt. Een windsnelheid van $3,5 \text{ m/s}$ komt overeen met een windkracht op de schaal van Beaufort van 2 à 3, wat gekwalificeerd wordt als een matige wind. Een temperatuurverschil van $2,5 \text{ }^\circ\text{C}$ is laag gezien het verschil tussen de binnen- en buitentemperatuur zoals aangegeven in Tabel 4. De

waarden van de criteria zijn met opzet scherp gesteld. Er werd vanuit gegaan dat beter wat goede cijfers onterecht verworpen zouden worden dan dat enkele slechte cijfers onterecht zouden worden meegenomen. In Figuur 1 is de situatie schematisch weergegeven. Het gestippelde gedeelte geeft weer onder welke omstandigheden de debietgegevens niet betrouwbaar werden geacht.



Figuur 1. Schematische weergave van de drie beslissingscriteria op basis waarvan beoordeeld werd of er sprake was van dwarsventilatie.

Op deze manier konden tijdens de eerste ronde 37 dagen niet meegenomen worden in de berekeningen; tijdens de tweede ronde waren dat 8 dagen. Door technische storingen in de meetapparatuur vielen tijdens de eerste ronde 32 en de tweede ronde 33 dagen uit. Verder werd een hele dag uitgesloten wanneer op een dag meer dan 4 uurswaarnemingen ontbraken. Voor het berekenen van de cumulatieve en de gemiddelde emissie werden deze ontbrekende waarden met behulp van een polynoom geïnterpoleerd. Eerder werd al vermeld dat aan het begin van de eerste periode geen betrouwbare metingen verricht konden worden omdat toen de tussendeuren nog lekten en de gordijnen nog niet geplaatst waren. Dit betrof 28 dagen. De tweede periode werd, zoals reeds aangegeven, de eerste tijd natuurlijk geventileerd. Dit besloeg een periode van 73 dagen. Deze ontbrekende waarden konden niet worden benaderd door interpolatie, omdat er geen goede meetdagen aanwezig waren. Om een reële schatting te kunnen maken van deze emissie is de emissie op dag 0 op een bepaalde waarde geschat, zie figuur 2 en 3 (kelders waren niet leeg). De waarden tussen dag 0 en de eerste betrouwbare meetdag werden verkregen via lineaire interpolatie.

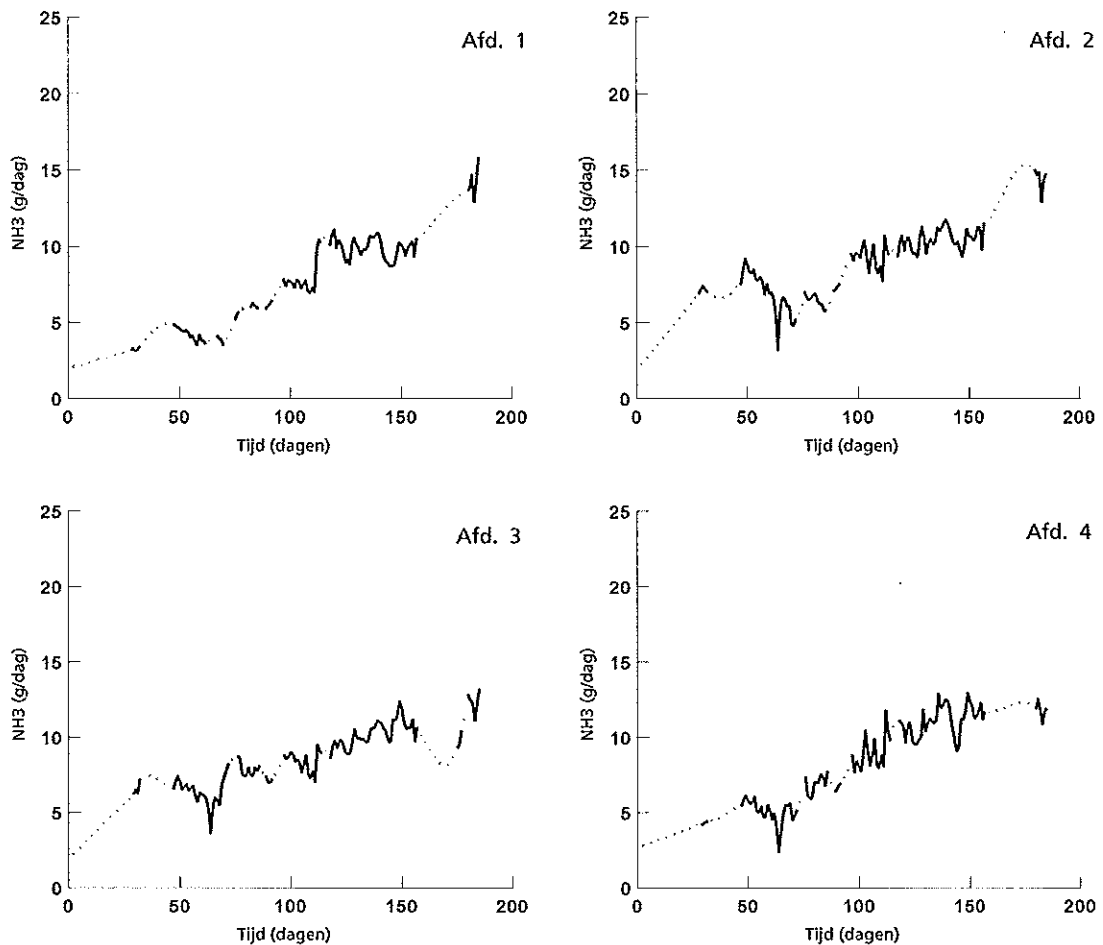
Tabel 4 laat zien dat de omstandigheden buiten en in de afdelingen de eerste ronde en de tweede ronde nogal verschillend waren. Bij een gemiddelde buiten-temperatuur van 15,9 °C werd de eerste ronde een staltemperatuur van 19 à 20 °C gemeten. Deze periode omvatte een warme zomer. De tweede ronde kende een zeer koude winter (KNMI-jaaroverzicht 1995-1996). De temperatuur in de afdelingen was 9 à 10 °C lager. In Bijlage B is weergegeven met wat voor ventilatiedebieten (indien goed gemeten) dit gerealiseerd is. Het gemiddelde van deze cijfers is niet in Tabel 4 weergegeven omdat dit door het eerder beschreven ventilatieregime een overschatting is van de hoeveelheid lucht die is afgevoerd. Wel is zichtbaar in de figuren in de bijlage dat het debiet per dierplaats in afdeling 4 de eerste ronde en aan het eind van de tweede ronde hoger uitkwam. Dit werd veroorzaakt door het feit dat tijdens die perioden overdag 100% geventileerd werd om de warmte af te voeren. Door het geringer aantal dieren in afdeling 4 was tijdens zo'n situatie het debiet per dierplaats hoger. Het verschil in staltemperatuur was niet navenant omdat op die momenten het verschil tussen de binnen- en buitentemperatuur klein was: meer ventilatie betekende niet dat de binnentemperatuur extra daalde.

Tabel 4. Gemiddelde temperatuur (°C) in de afdelingen en buiten

	eerste ronde				tweede ronde			
	1	2	3	4	1	2	3	4
Staltemperatuur	20,0	20,0	19,6	19,6	10,3	11,8	9,7	9,2
Buitemtemperatuur	15,9				3,3			

3 Resultaten en discussie

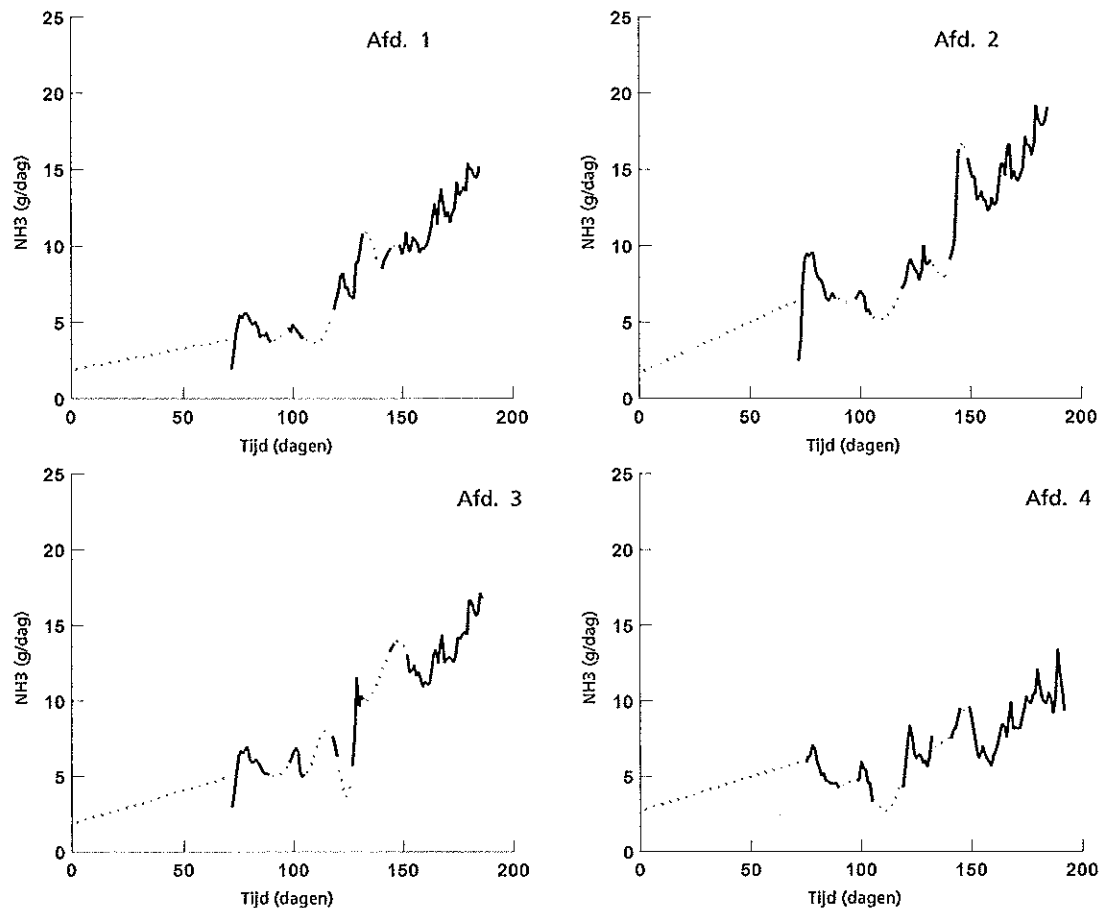
Figuur 2 geeft het verloop van de gemiddelde ammoniakemissie per dierplaats per dag weer tijdens de eerste ronde voor de vier afdelingen.



Figuur 2. Ammoniakemissie per dag per dierplaats gedurende de eerste ronde, met gemeten waarden (—) en geïnterpoleerde waarden (---).

De doorgetrokken lijn vertegenwoordigt de gemeten waarden en de stippellijn de geïnterpoleerde waarden. Voor alle vier de afdelingen nam de emissie toe naarmate de ronde vorderde. In afdeling 1 en 2 eindigde de emissie op een wat hoger nivo dan de emissie in afdeling 3 en 4. In Afdeling 1 met de spoelgoten steeg de emissie de eerste helft van de ronde daarentegen minder snel dan in de andere drie afdelingen. Gedurende deze periode werden maar twee van de drie goten met mest bevuild. Gemiddeld over de gehele ronde lagen de emissies van de afdelingen niet zo ver van elkaar af (Tabel 5).

Figuur 3 geeft het verloop van de gemiddelde emissie per dag per dierplaats tijdens de tweede ronde weer. Ook tijdens deze ronde nam vanuit alle afdelingen de emissie toe in de tijd. Ook hier leek de emissie uit afdeling 1 met de spoelgoten in het begin minder te stijgen dan later in de ronde. In afdeling 2 met de kunststofroosters steeg de emissie het snelst. De emissie vanuit afdeling 4 was in het begin weliswaar wat hoger dan die uit afdeling 1, maar bereikte nooit het nivo van 15 g/dag per dierplaats. Hetzij vermeld dat gedurende de tweede ronde een aantal dieren met groei-problemen in afdeling 4 waren geplaatst. De rol hiervan op de ammoniakemissie is echter niet bekend.



Figuur 3 Ammoniakemissie per dag per dierplaats gedurende de tweede ronde, met gemeten waarden (—) en geïnterpoleerde waarden (---).

Tabel 5 geeft de resultaten van de ammoniakemissiemetingen weer. Voor het berekenen van de emissie op jaarbasis is uitgegaan van 1,8 rondes per jaar van 189 dagen (KWIN 1995-1996). Dit betekent een leegstand van 25 dagen (7%) waarop de emissie verwaarloosbaar klein werd verondersteld.

Tabel 5 Ammoniakemissie per dierplaats per dag en per jaar (7% leegstand) voor beide rondes.

		Afdeling 1	Afdeling 2	Afdeling 3	Afdeling 4
Ronde 1	NH ₃ -emissie (g/dag)	7,2	8,7	7,9	7,9
	NH ₃ -emissie (kg/jaar)	2,4	2,9	2,7	2,7
Ronde 2	NH ₃ -emissie (g/dag)	6,0	7,8	7,2	5,8
	NH ₃ -emissie (kg/jaar)	2,0	2,7	2,4	2,0

De emissie op jaarbasis gedurende de eerste ronde voor afdeling 1 was 2,4 kg, afdeling 2 was dit 2,9 kg en voor afdeling 3 en 4 beide 2,7 kg NH₃ per dierplaats. Voor alle vier de afdelingen was de emissie de tweede ronde lager. Tabel 5 geeft voor deze ronde aan dat de emissie vanuit afdeling 4 het laagst was, maar dat op jaarbasis het verschil met afdeling 1 door afronding wegvalt, namelijk voor beide afdelingen 2,0 kg NH₃. Voor afdeling 2 was de emissie op jaarbasis 2,7 kg en voor afdeling 3 was dit 2,4 kg NH₃.

Een vergelijking van de traditionele groepshuisvesting en de traditionele individuele huisvesting op basis van de emissie per dag, leverde de eerste ronde geen verschil op en de tweede ronde 19% ten gunste van de individuele huisvesting. Afdeling 1, met

de spoelgoten, emitteerde de eerste en tweede ronde respectievelijk 9% en 17% minder dan afdeling 3. De emissie uit afdeling 2, met kunststofroosters lag beide ronden boven de emissie uit afdeling 3; respectievelijk 10% en 8% (de verschillen op jaarbasis komen niet overeen door afrondingsfouten).

Tussen de ronden waren de weersomstandigheden en de klimaatomstandigheden in de stal nogal verschillend. Tabel 4 illustreert dit: de eerste ronde omvatte de zomer en was gemiddeld ruim 12 °C warmer dan de tweede ronde die tijdens een koude winter verliep. Dit resulteerde in een daling van de staltemperatuur met 9 à 10 °C met een veel lagere luchtsnelheid in de afdeling. Elzing & Monteny (1997) vonden in een modelopstelling bij een halvering van de luchtsnelheid van 0,2 m/s tot 0,1 m/s bij gelijkblijvende temperatuur een reductie van de emissie van ca. 15%. Een afname van de temperatuur met 10 °C bij gelijkblijvende luchtsnelheid veroorzaakte een afname van de emissie van 45%. De daling van de emissie tussen de eerste en tweede ronde in onderhavig onderzoek varieerden van 9% voor afdeling 3 tot 27% voor afdeling 4. Gezien de theoretische verbanden tussen emissie enerzijds en temperatuur en luchtsnelheid anderzijds was het verschil in emissie tussen de twee ronden klein bij een zo groot verschil in omstandigheden.

4 Conclusies

De emissie uit de afdeling met groepshuisvesting, houten roosters en mestopslag onder de roosters (traditionele groepshuisvesting) was tijdens de eerste ronde op jaarbasis, uitgaande van 7% leegstand 2,7 kg NH₃ per dierplaats en tijdens de tweede ronde 2,4 kg NH₃ per dierplaats.

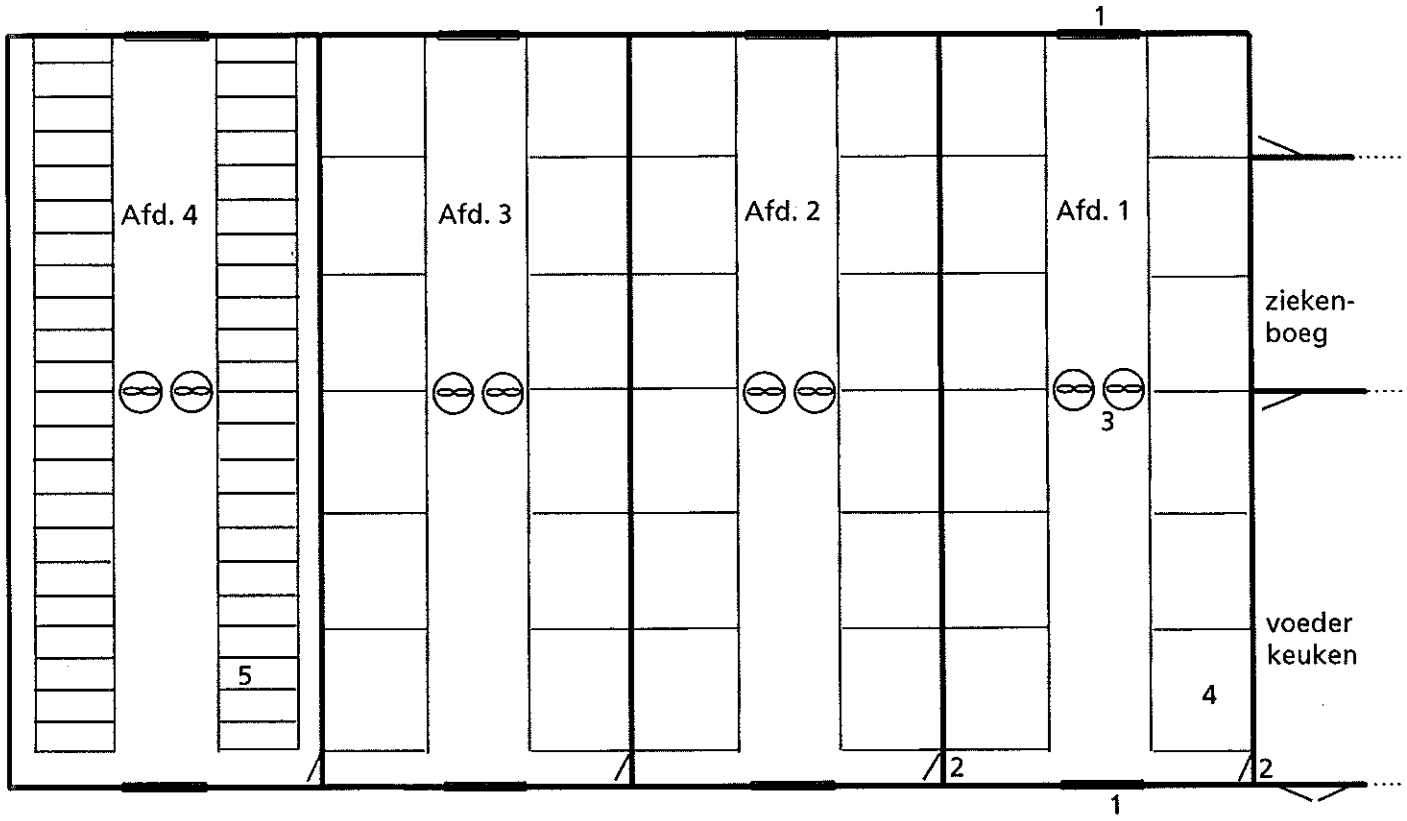
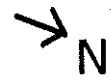
De emissie uit de afdeling met individuele huisvesting in boxen, houten roosters en mestopslag in een mestkanaal (traditionele individuele huisvesting) was tijdens de eerste ronde op jaarbasis, uitgaande van 7% leegstand 2,7 kg NH₃ per dierplaats en tijdens de tweede ronde 2,0 kg NH₃ per dierplaats. Ten opzichte van de traditionele groepshuisvesting (op basis van het daggemiddelde) betekende dit de eerste en tweede ronde respectievelijk 0% en 19% emissiereductie

De emissie uit de afdeling met groepshuisvesting, kunststof roosters en mestopslag onder de roosters was tijdens de eerste ronde op jaarbasis, uitgaande van 7% leegstand 3,0 kg NH₃ per dierplaats en tijdens de tweede ronde 2,7 kg NH₃ per dierplaats. In vergelijking met de de traditionele groepshuisvesting (op basis van het daggemiddelde) emitteerde deze afdeling de eerste en tweede ronde respectievelijk 10% en 8% meer.

De emissie uit de afdeling met groepshuisvesting, houten roosters en dagelijkse mestverwijdering via U-vormige spoelgoten onder de roosters was tijdens de eerste ronde op jaarbasis, uitgaande van 7% leegstand 2,6 kg NH₃ per dierplaats en tijdens de tweede ronde 2,0 kg NH₃ per dierplaats. In vergelijking met de de traditionele groepshuisvesting (op basis van het daggemiddelde) betekende dit voor deze afdeling de eerste en tweede ronde respectievelijk 9% en 17% emissiereductie.

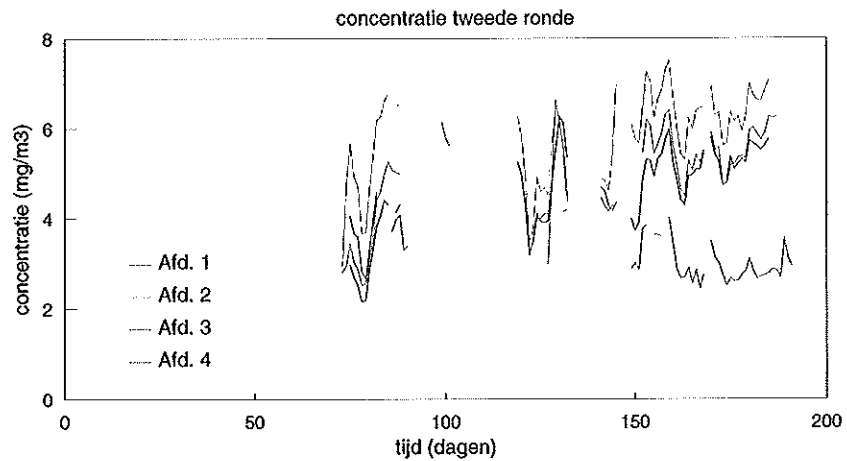
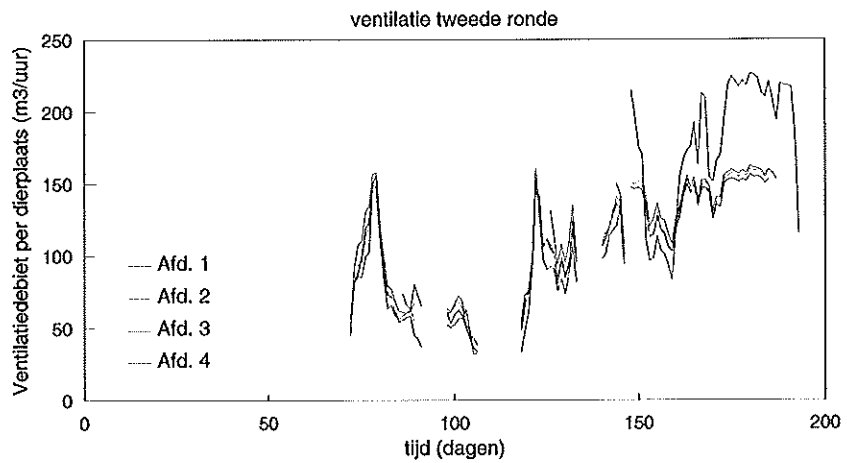
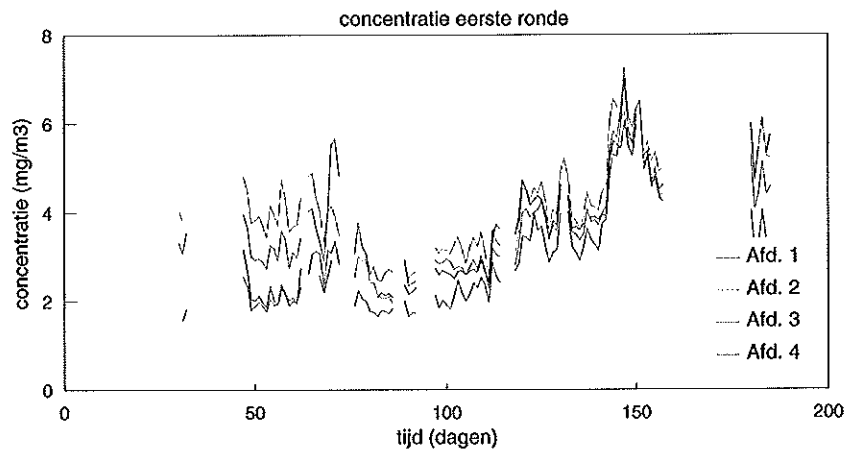
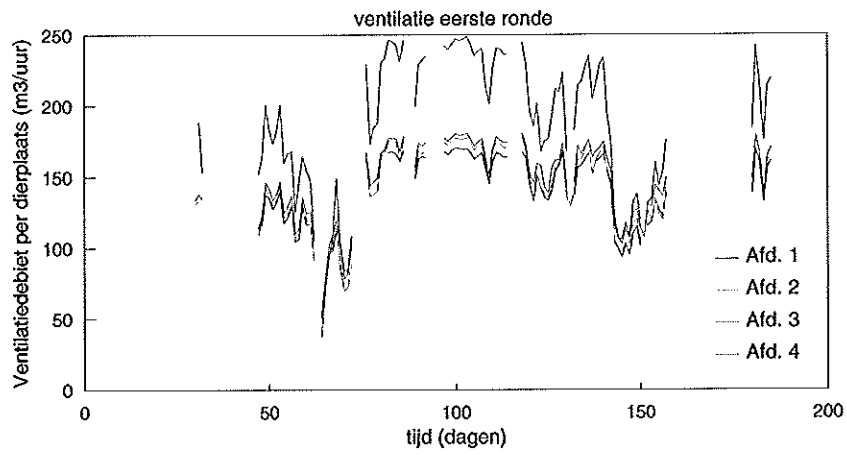
Literatuur

- Berckmans, D., Ph. Vandenbroeck & V. Goedseels, 1991. Sensor for continuous measurement of the ventilation rate in livestock buildings. *Indoor Air* 3:323-336.
- Elzing, A & G.J. Monteny, 1997. Ammonia emissions from a dairy-cow house: development of a scale model and the effect of urea concentration, temperature and air velocity. To be published in *Transaction of the ASAE*.
- Heij, G.J. & T. Schneider, 1991. Dutch priority programme on acidification. Final report second phase Dutch priority programme on acidification no. 200-09.
- K.N.M.I., 1995. Jaaroverzicht van het weer in Nederland jaar 1995. Jaargang 92 nr 13, De Bilt.
- K.N.M.I., 1996. Jaaroverzicht van het weer in Nederland jaar 1996. Jaargang 93 nr 13, De Bilt.
- Kwantitatieve Informatie Veehouderij 1995-1996. Informatie en Kennis Centrum Veehouderij, Publikatie nr. 6-96, Ede, 290 pp.
- Monteny, G.J., D.D. Schulte, A. Elzing & E.J.J. Lamaker, 1997. A conceptual mechanistic model for the ammonia emissions from cubicle dairy cow houses. To be published in *Transaction of the ASAE*.
- Notitie Mest- en Ammoniakbeleid derde fase. Tweede kamer, vergaderjaar 1992-1993, 19882, nr 34, SDU-Uitgeverij, 's-Gravenhage, 55 pp.
- Scholtens, R., 1993. NH₃-converter + NO_x-analyzer. In: E.N.J. van Ouwerkerk (Ed.): Meetmethoden NH₃-emissie uit stallen. Onderzoek inzake de mest- en ammoniakproblematiek in de veehouderij 16, DLO, Wageningen, p. 19-22.
- Scholtens, R. & C.E. van 't Klooster, 1993. Meetventilator. In: E.N.J. van Ouwerkerk (Ed.): Meetmethoden NH₃-emissie uit stallen. Onderzoek inzake de mest- en ammoniakproblematiek in de veehouderij 16, DLO, Wageningen, p. 59-62.

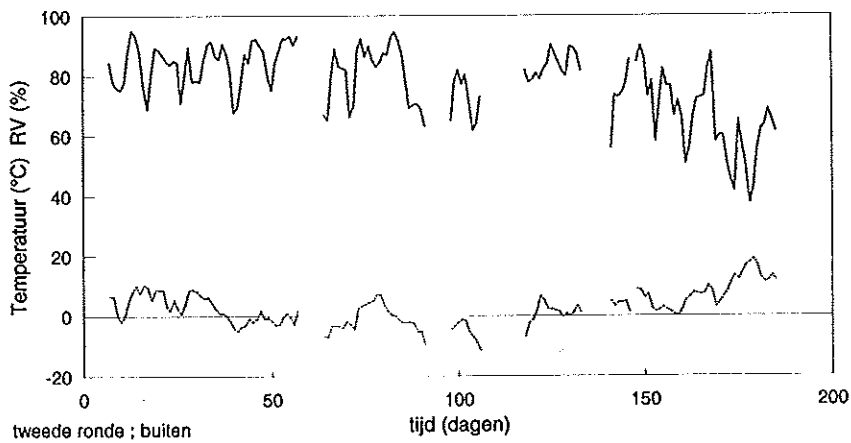
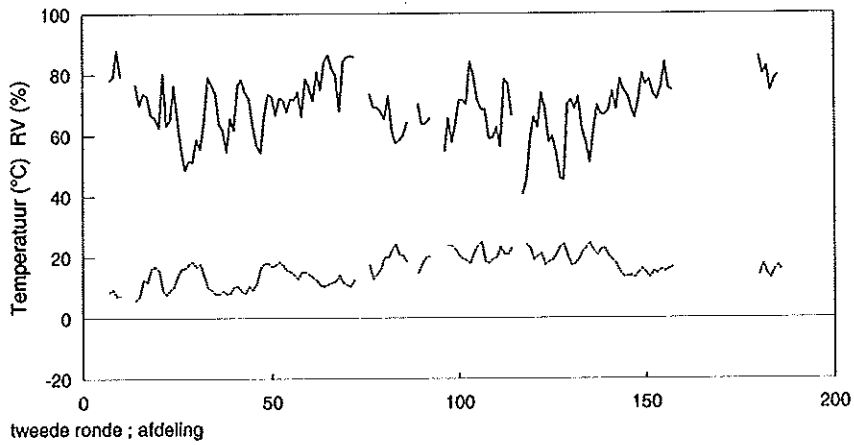
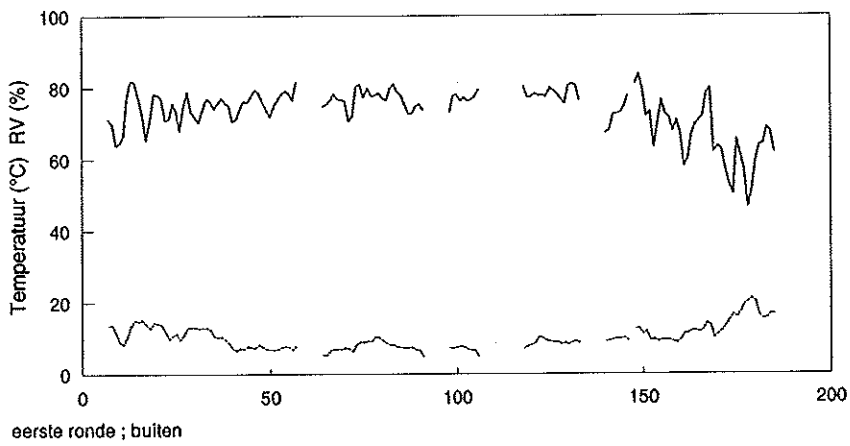
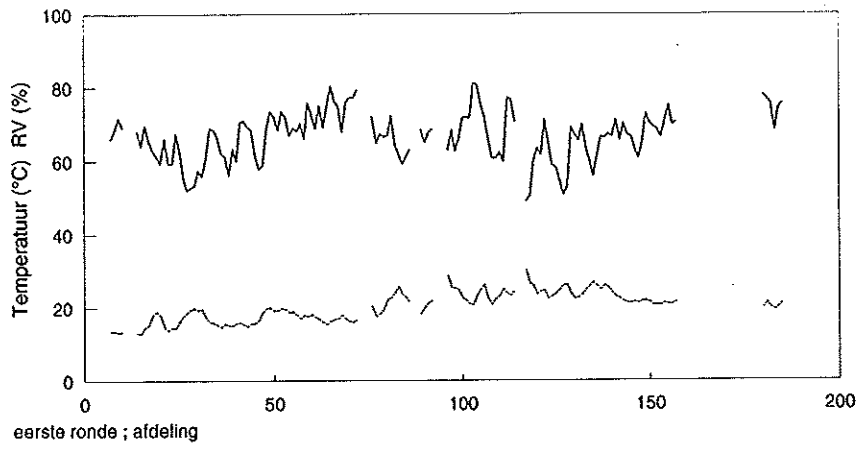


Legenda:

- 1 : luchtinlaat
- 2 : tussendeuren
- 3 : nokventilatoren
- 4 : hok voor groepshuisvesting
- 5 : box voor individuele huisvesting



getrokken lijn = RV stippellijn = temperatuur



Praktijkonderzoek naar de ammoniakemissie van stallen publikatieoverzicht

Groenestein, C.M. en H. Montsma, 1991 - Praktijkonderzoek naar de ammoniakemissie van stallen I: slachtkuikenstal met vloerventilatie. Wageningen, DLO, rapport 91-1001, 14 pp. excl. bijlage.

Groenestein, C.M. en H. Montsma, 1991 - Praktijkonderzoek naar de ammoniakemissie van stallen II: grupstal voor melkvee. Wageningen, DLO, rapport 91-1002, 14 pp. excl. bijlage.

Montsma, H. en C.M. Groenestein, 1992 - Praktijkonderzoek naar de ammoniakemissie van stallen III: biggenopfokstal met frekwente en restloze mestverwijdering. Wageningen, DLO, rapport 92-1001, 12 pp. excl. bijlage.

Groenestein, C.M. en H. Montsma, 1993 - Praktijkonderzoek naar de ammoniakemissie van stallen IIIa: aanvullend onderzoek aan een biggenopfokstal met frekwente en restloze mestverwijdering. Wageningen, DLO rapport 93-1001, 9 pp excl. bijlage.

Groenestein, C.M. en B. Reitsma, 1992 - Praktijkonderzoek naar de ammoniakemissie van stallen IV: kraamopfokstal met gladde hellende vloer, giergoot en mestschuiven. Wageningen, DLO, Rapport 92-1002, 14 pp. excl. bijlage.

Reitsma, B. en C.M. Groenestein, 1994 - Praktijkonderzoek naar de ammoniakemissie van stallen IVa: aanvullend onderzoek aan een kraamopfokstal met gladde hellende vloer, giergoot en mestschuiven. Wageningen, DLO, Rapport 94-1003, 13 pp. excl. bijlage.

Groenestein, C.M. en B. Reitsma, 1992 - Praktijkonderzoek naar de ammoniakemissie van stallen V: vleesvarkensstal met dikstrooiselsysteem. Wageningen, DLO, Rapport 92-1003, 18 pp. excl. bijlage.

Groenestein, C.M. en H. Montsma, 1992 - Praktijkonderzoek naar de ammoniak uit stallen VI: vleesvarkensstal met diepstrooiselsysteem. Wageningen, DLO, Rapport 92-1004, 20 pp. excl. bijlage.

Montsma, H. en C.M. Groenestein, 1993 - Praktijkonderzoek naar de ammoniakemissie van stallen VII: konijnenstal met mestscheiding, frekwente mestverwijdering en luchtafzuiging boven de giergoot. Wageningen, DLO rapport 93-1002, 14 pp. excl. bijlage.

Reitsma, B. en C.M. Groenestein, 1993 - Praktijkonderzoek naar de ammoniakemissie van stallen VIII: vleesvarkensstal met overdrukventilatie en luchtverdeling via slangen. Wageningen, DLO rapport 93-1003, 14 pp. excl. bijlage.

Groenestein, C.M. en H. Montsma, 1993 - Praktijkonderzoek naar de ammoniakemissie van stallen IX: kraamzeugenstal met mestverwijdering door spoelen met dunne mestfractie via spoelgoten. Wageningen, DLO rapport 93-1004, 13 pp.

Groenestein, C.M. en B. Reitsma, 1993 - Praktijkonderzoek naar de ammoniakemissie van stallen X: potstal voor melkvee. Wageningen, DLO, Rapport 93-1005, 15 pp. excl. bijlage.

Groenestein, C.M. en J.M.G. Hol, 1994 - Praktijkonderzoek naar de ammoniakemissie van stallen XI: zeugenstal met gereduceerd roosteroppervlak. Wageningen, DLO, Rapport 94-1001, 12 pp. excl. bijlage.

Reitsma, B., J.M.G. Hol en C.M. Groenestein, 1994 - Praktijkonderzoek naar de ammoniakemissie van stallen XII: kraamzeugenstal met mestverwijdering door schuiven over een gecoate putvloer.
Wageningen, DLO, Rapport 94-1002, 11 pp. excl. bijlage.

Groenestein, C.M., 1994 - Praktijkonderzoek naar de ammoniakemissie van stallen XIII: zeugenstal met mestverwijdering door schuiven over een gecoate putvloer.
Wageningen, DLO, Rapport 94-1004, 11 pp. excl. bijlage.

Hol, J.M.G. en C.M. Groenestein, 1994 - Praktijkonderzoek naar de ammoniakemissie van stallen XIV: biggenopfokstal met mestverwijdering door spoelen met dunne mestfractie via spoelgoten.
Wageningen, DLO rapport 94-1005, 12 pp. excl. bijlage.

Groenestein, C.M. en J.W.H. Huis in 't Veld, 1994 - Praktijkonderzoek naar de ammoniakemissie van stallen XV: potstal voor zoogkoeien.
Wageningen, DLO, Rapport 94-1006, 14 pp. excl. bijlage.

Reitsma, B., J.M.G. Hol en C.M. Groenestein, 1994 - Praktijkonderzoek naar de ammoniakemissie van stallen XVI: vleesvarkensstal met mestverwijdering door schuifsystemen.
Wageningen, DLO, Rapport 94-1007, 19 pp. excl. bijlage.

Hol, J.M.G., R. Bleijenberg en C.M. Groenestein, 1994 - Praktijkonderzoek naar de ammoniakemissie van stallen XVII: vleeskuikenouderdierenstal met halfroostervloer.
Wageningen, DLO rapport 94-1008, 11 pp. excl. bijlage.

Hol, J.M.G. en C.M. Groenestein, 1995 - Praktijkonderzoek naar de ammoniakemissie van stallen XVIII: compactbatterij voor leghennen met tweemaal daags verwijderen van natte mest.
Wageningen, DLO rapport 95-1001, 11 pp. excl. bijlage.

Reitsma, B. en C.M. Groenestein, 1995 - Praktijkonderzoek naar de ammoniakemissie van stallen XIX: hellingstal voor vleesvarkens.
Wageningen, DLO, Rapport 95-1002, 13 pp. excl. bijlage.

Hol, J.M.G. en C.M. Groenestein, 1995 - Praktijkonderzoek naar de ammoniakemissie van stallen XX: stal voor guste en dragende zeugen met mestopslag onder betonroosters.
Wageningen, DLO rapport 95-1003, 10 pp. excl. bijlage.

Groenestein, C.M. en B. Reitsma, 1995 - Praktijkonderzoek naar de ammoniakemissie van stallen XXI: zeugenstal met mestverwijdering door spoelen met dunne mestfractie via spoelgoten.
Wageningen, DLO, Rapport 95-1004, 14 pp. excl. bijlage.

Reitsma, B., C.M. Groenestein en J.W.H. Huis in 't Veld, 1995 - Praktijkonderzoek naar de ammoniakemissie van stallen XXII: zeugenstal, kraamzeugenstal en biggenopfokstal met reductie van mestoppervlak en verdunning van mest.
Wageningen, DLO, Rapport 95-1005, 23 pp. excl. bijlage.

Hol, J.M.G., J.W.H. Huis in 't Veld en C.M. Groenestein, 1995 - Praktijkonderzoek naar de ammoniakemissie van stallen XXIII: Bandbatterij voor leghennen met geoptimaliseerde mestdroging.
Wageningen, DLO rapport 95-1006, 12 pp. excl. bijlage.

Huis in 't Veld, J.W.H. en C.M. Groenestein, 1995 - Praktijkonderzoek naar de ammoniakemissie van stallen XXIV: vleesvarkensstal met verdunning van mest door opvang in ammoniakvrije vloeistof.
Wageningen, DLO, Rapport 95-1007, 15 pp. excl. bijlage.

Reitsma, B., J.M.G. Hol en C.M. Groenestein, 1996 - Praktijkonderzoek naar de ammoniakemissie van stallen XXV: zeugenstal, kraamzeugenstal en biggenopfokstal met pH-verlaging van de mest door spoelen met aangezuurde dunne mestfractie.
Wageningen, DLO, Rapport 96-1001, 26 pp. excl. bijlage.

Reitsma, B. en C.M. Groenestein, 1996 - Praktijkonderzoek naar de ammoniakemissie van stallen XXVI: zeugen- en kraamzeugenstal met mestverwijdering door schuiven en reductie van mestoppervlak.
Wageningen, DLO, Rapport 96-1002, 15 pp. excl. bijlage.

Groenestein, C.M. en J.W.H. Huis in 't Veld, 1996 - Praktijkonderzoek naar de ammoniakemissie van stallen XXVII: vleesvarkensstal met koeling van mestoppervlak in de kelder.
Wageningen, DLO, Rapport 96-1003, 15 pp. excl. bijlage.

Reitsma, B. en C.M. Groenestein, 1996 - Praktijkonderzoek naar de ammoniakemissie van stallen XXVIII: biggenopfokstal met mestverwijdering door hellende mestband.
Wageningen, DLO, Rapport 96-1004, 15 pp. excl. bijlage.

Hol, J.M.G. en C.M. Groenestein, 1996 - Praktijkonderzoek naar de ammoniakemissie van stallen XXIX: scharrelstal voor leghennen.
Wageningen, DLO, Rapport 96-1005, 12 pp. excl. bijlage.

Scholtens, R., J.J.C. van der Heiden-de Vos en J.W.H. Huis in 't Veld, 1996 - Praktijkonderzoek naar de ammoniakemissie van stallen XXX: natuurlijk geventileerde ligboxenstal voor melkvee met hellende dichte vloer en zelfrijdende sproeischuiven.
Wageningen, DLO, Rapport 96-1006, 15 pp. excl. bijlage.