



Ammoniakemissie uit melkveestallen van Koeien & Kansen-bedrijven

Meetresultaten van één korte meetperiode
per bedrijf



augustus 2003

Rapport 17



Colofon

Uitgever

Animal Sciences Group/Praktijkonderzoek
Postbus 2176, 8203 AD Lelystad
Telefoon 0320 - 293 211
Fax 0320 - 241 584
E-mail koeienenkansen.pv@wur.nl.
Internet <http://www.koeienenkansen.nl>

Redactie

Koeien & Kansen

© Animal Sciences Group

Het is verboden zonder schriftelijke toestemming van de uitgever deze uitgave of delen van deze uitgave te kopiëren, te vermenigvuldigen, digitaal om te zetten of op een andere wijze beschikbaar te stellen.

Aansprakelijkheid

Animal Sciences Group aanvaardt geen aansprakelijkheid voor eventuele schade voortvloeiend uit het gebruik van de resultaten van dit onderzoek of de toepassing van de adviezen

Bestellen

ISSN 0169-3689
Eerste druk 2003/oplage 250
Prijs € 12,50

Losse nummers zijn schriftelijk, telefonisch, per E-mail of via de website te bestellen bij de uitgever.

'Koeien & Kansen'

is een samenwerkingsproject van 17 melkveehouders, PV, PRI, LEI, NMI, CLM en IMAG

Doel is het in de praktijk ontwikkelen, onderzoeken en demonstreren van duurzame melkveehouderij onder uiteenlopende omstandigheden op diverse grondsoorten



Ammoniakemissie uit melkveestallen van Koeien & Kansen-bedrijven

Meetresultaten van één korte meetperiode
per bedrijf

Instituut voor Milieu- en Agritechniek

J.W.H. Huis in' t Veld
M.C.J. Smits
G.J. Monteny

Voorwoord

Voor u ligt de rapportage van een onderzoek naar de ammoniakemissie uit diverse melkveestallen in Nederland. De bedrijven waar de metingen zijn uitgevoerd maken deel uit van het project Koeien & Kansen. Onderzoek naar de ammoniakemissie onder bedrijfsomstandigheden vormt een belangrijke basis voor de ontwikkeling en kennis over vermindering van de milieubelasting door de melkveehouderij. Het onderzoek is mede mogelijk gemaakt door financiering door het Ministerie van Landbouw, Natuurbeheer en Visserij.

Het onderzoek is uitgevoerd in samenwerking met projectmedewerkers van Koeien & Kansen, die verschillende bedrijfsdata hebben aangeleverd, en ook met de deelnemende veehouders die hun melkveestallen ter beschikking hebben gesteld aan het onderzoek. We zijn hen zeer erkentelijk voor de medewerking en hopen dat de gegevens een nuttige bijdrage leveren aan het tot stand komen van een duurzame melkveehouderij.

Dr.ir. C.E. van 't Klooster
Directeur Business Unit IMAG B.V.

Samenvatting

In het kader van het project Koeien & Kansen werd onderzoek verricht naar de stalemissie van ammoniak. Het doel is het kwantificeren van de ammoniakemissie uit de melkveestallen. De onderzochte bedrijven zijn onderverdeeld in vijf bedrijfssituaties. Hierbij is onderscheid gemaakt tussen gangbare- en biologische bedrijfsvoering, het vloertype (rooster-, dicht- en sleufvloer) en ten slotte tussen al dan niet beweiden.

Om de hoeveelheid ammoniak uit de natuurlijk geventileerde melkveestallen te bepalen is gebruik gemaakt van een tracergas. De toegepaste methode wordt de bronsterkte-tracermethode genoemd. Als tracergas voor de debietmetingen werd zwavel hexafluoride (SF₆) gebruikt. Een bekende hoeveelheid van dit gas werd zodanig in de stal vrijgelaten dat het zich vergelijkbaar met ammoniak vanaf de vloeren kon verspreiden. Met een verzamelleiding onder de nok werd een mengmonster van de stallucht genomen. In dit mengmonster werd de tracergas- en de ammoniakconcentratie gemeten. Uit deze concentraties en de hoeveelheid vrijgelaten tracergas werd de ammoniakemissie berekend.

De ligboxenstallen van drie aan het project deelnemende bedrijven bleken niet geschikt om met de toegepaste meetmethode emissiemetingen uit te voeren. Tevens waren op twee bedrijven uitbreidingsplannen voorzien voor de stallen zodat ook hier geen metingen zijn uitgevoerd. Als gevolg hiervan zijn op 13 meetlocaties, inclusief proefbedrijf "De Marke", stalemissiemetingen van ammoniak uitgevoerd.

In dit rapport zijn de meetresultaten gebruikt om vergelijkingen te maken tussen de bedrijfssituaties. Tevens zijn de resultaten gespiegeld aan de emissiefactoren zoals die in de Regeling Ammoniak en Veehouderij (RAV, 2002) zijn opgenomen.

De emissiemetingen zijn uitgevoerd tijdens verschillende perioden en onder verschillende omstandigheden. Om de emissiewaarden tussen bedrijven te kunnen vergelijken zijn de stalemissies gecorrigeerd naar een staltemperatuur van 15 °C, wat overeenkwam met de gemiddeld gemeten staltemperatuur van alle bedrijven.

Bij vergelijking tussen de bedrijfssituaties onderling bleek dat de ammoniakemissie uit de stallen van traditionele bedrijven (roostervloer) als gevolg van beweiding gemiddeld met 11% werd gereduceerd. Opgemerkt moet worden dat de ammoniakemissie tussen bedrijfssituaties niet strak was begrensd maar dat een duidelijke overlapping van ranges aanwezig was. Gezien deze spreiding was het verschil tussen wel en niet beweiden niet significant. De emissies van de stal met de dichte vloer en het biologische bedrijf (beiden zonder beweiding) kwamen redelijk overeen met de gemeten stalemissies op de traditionele bedrijven. De stal met sleufvloer met beweiding (De Marke) emitteerde weinig ammoniak.

Van de 13 onderzochte bedrijven kwam de stalemissie per dier van acht bedrijven redelijk overeen met de emissiefactor voor de betreffende huisvestingsstelsel. Bij drie bedrijven werd een stalemissie gemeten die 15-25% hoger was dan de emissiefactor. Een lage bezettingsgraad in de stal tijdens de meetperioden is hiervoor een mogelijke verklaring. Bij twee bedrijven werd een stalemissie gemeten die 50-60% hoger was dan de emissiefactor. Zowel in de vergelijking met de overige bedrijven, met de emissiefactor alsook ten opzichte van het melkureumgehalte bleken de gemeten emissieniveaus op deze twee bedrijven uitzonderingen te zijn. Naar alle waarschijnlijkheid is door de aanwezigheid van grote ventilatieopeningen en openstaande deuren tijdens de meetperioden dwarsventilatie in deze twee stallen opgetreden waardoor de ventilatie, en daarmee de ammoniakemissie is overschat. Als de emissiewaarden van de twee genoemde bedrijven buiten beschouwing worden gelaten dan is zowel de emissie van traditionele stallen met continu opstallen als met beweiding gemiddeld nagenoeg gelijk aan de emissiefactor. De gemiddelde reductie op de traditionele bedrijven door beweiding is nu 13%. Deze reductie is gebaseerd op een vergelijking van bedrijfsgemiddelden en is statistisch niet significant.

Het tankmelkureumgehalte varieerde weinig tussen bedrijven (range: 16-27 mg/ 100 g melk). De variatie in tankmelkureumgehalten binnen bedrijven was in de korte perioden waarin de ammoniakemissie werd gemeten vrijwel nihil. Er kon in dit onderzoek geen significant verband tussen het melkureumgehalte en de ammoniakemissie worden vastgesteld. Waarschijnlijk werden verschillen in ammoniakemissie tussen bedrijven in sterke mate bepaald door andere factoren en omstandigheden.

Momenteel wordt gewerkt aan een uitgebreidere analyse van de emissiecijfers. Hierbij worden ook de kwantitatieve gegevens van de voeding betrokken alsook een model om per bedrijf een jaarrond emissie per melkkoer te schatten. Op een beperkt aantal Koeien & Kansen-bedrijven is een tweede meetperiode gepland; dit om meer zicht te krijgen op de oorzaken van emissievariatie tussen en binnen bedrijven.

Inhoudsopgave

Voorwoord

Samenvatting

1	Inleiding	1
2	Materiaal en methode	3
2.1	Stallen	3
2.1.1	Onderzoekskader	3
2.1.2	Huisvesting	3
2.1.3	Ventilatie	3
2.2	Bedrijfsvoering	3
2.2.1	Algemeen	3
2.2.2	Voeding en productie	4
2.3	Metingen	5
2.3.1	Productiegegevens	5
2.3.2	Klimaat en emissie	5
2.4	Dataverwerking	7
3	Resultaten	8
3.1	Klimaat	8
3.2	Ammoniakconcentratie en –emissie	9
4	Discussie	11
4.1	Aard van het onderzoek en datakwaliteit	11
4.2	Vergelijking met RAV	11
4.3	Relatie emissie en ureumgehalte	13
5	Conclusie	17
	Literatuur	18
	Bijlagen	19

1 Inleiding

De melkrundveehouderij levert een belangrijke bijdrage aan de uitstoot (= emissie) van ammoniak (NH_3) in Nederland. Sinds 1980 is de emissie van ammoniak uit de landbouw met ongeveer 32% afgenomen (VROM, 2001). Dit is het gevolg van de afname van het aantal landbouwhuisdieren en van de maatregelen die veehouders hebben getroffen. Zo zijn de veehouders sinds begin jaren '90 verplicht mest emissiearm aan te wenden en mestopslagen af te dekken. Verder stimuleert de overheid de beperking van het stikstofverlies op bedrijfsniveau via het mineralen-aangifte-systeem MINAS.

In dit rapport wordt onderzoek beschreven naar de ammoniakemissie uit de melkveestallen van 13 melkveebedrijven. De bedrijven maken deel uit van het project "Koeien & Kansen". Het doel van dit project is om met de deelnemende veehouders tot een duurzame bedrijfsvoering te komen. Het hoofddoel is het versneld voldoen aan de MINAS-eindnorm. Daarnaast zijn er projectdoelen voor energie en gewasbescherming en worden per bedrijf doelen gesteld voor bedrijfseconomie, natuur, landschap en dierenwelzijn. Om de doelstellingen te bereiken zijn per bedrijf ontwikkelingsplannen opgesteld en wordt geregistreerd hoe het veranderingsproces verloopt. Tevens worden de effecten vastgelegd van de veranderende bedrijfsvoering op de feitelijke milieukwaliteit. Het project heeft een looptijd van zes jaar waardoor inzicht wordt verkregen in de lange termijn effecten van de aangepaste bedrijfsvoering op de bodemvruchtbaarheid, diergezondheid en bedrijfseconomie.

De doelstelling van het IMAG bij aanvang van het onderzoek was het vastleggen van de stalemissie van de Koeien & Kansen-bedrijven en het monitoren van deze emissie in de tijd zodat de invloed van de veranderde bedrijfsvoering op de stalemissie van ammoniak kon worden vastgelegd. Bij het monitoren is een korte meetperiode (circa 1 week) gewenst om zodoende verschillende meetlocaties in een korte tijd te kunnen meten. Bij de gehanteerde meetmethodiek bleek, om technische redenen, een onderzoeksperiode van minimaal drie weken nodig om een betrouwbaar emissieresultaat vast te leggen. De benodigde meetperiode was derhalve langer dan verwacht. Om deze reden, in combinatie met de ontmoediging van frequent bedrijfsbezoek na het uitbreken van de MKZ-crisis, is de opzet aangepast en is gekozen voor een laagfrequenter meetstrategie. Als gevolg hiervan kon alleen aan de eerste doelstelling (vastlegging van stalemissie) worden voldaan en hebben, gedurende de verslagperiode, geen herhalingen in de tijd plaatsgevonden. De komende perioden zullen vervolgmetingen plaatsvinden op de bedrijven. In deze rapportage is de stalemissie van ammoniak van 13 Koeien & Kansen-bedrijven (inclusief proefboerderij De Marke) tijdens een éénmalige meetperiode vastgelegd.

In Smits *et al.* (2002) is een overzicht van het tot nu toe verrichte experimentele onderzoek naar ammoniakemissie bij melkvee beschreven. Daaruit blijkt de ammoniakemissie uit de stal op verschillende manieren beperkt kan worden. Naast stalmaatregelen (zoals een andere stalvloer) hebben ook de duur van de weidegang en voermaatregelen invloed op de ammoniakemissie vanuit de stal. Uit onderzoek van Duinkerken *et al.* (2003) is gebleken dat met praktische voermaatregelen een emissiereductie uit melkveestallen in Nederland van 20 à 25% ten opzichte van 1998 gehaald kan worden en dat de daling van het tankmelkureumgehalte daarbij een goede graadmeter van de emissiereductie kan zijn. Op De Marke is de ammoniakemissie van een stal met een hellende dichte vloer en van dezelfde stal met een sleufvloer gemeten. Daarbij werd het nutriëntenmanagement op De Marke geoptimaliseerd (Koskamp *et al.*, 2003). Op De Marke werden lage emissieniveaus gemeten doordat de mestkelder min of meer was afgesloten door de vloerconstructie en dankzij het scherpe nutriëntenmanagement. In al dit tot nu toe verrichte onderzoek werd steeds herhaald in de tijd gemeten aan één experimentele eenheid. Door Groot Koerkamp *et al.* (1998) werd gedurende enkele dagen op enkele melkveebedrijven met ligboxenstallen in Nederland, Duitsland, Engeland en Denemarken de ammoniakemissie gemeten met een eenvoudige meetmethode. In dat onderzoek werden geen detailgegevens verzameld ten aanzien van de voeding en het bedrijfsmanagement.

In het onderhavige rapport wordt voor het eerst de variatie in ammoniakemissie verkend op een aantal melkveebedrijven in Nederland die streven naar een duurzame bedrijfsvoering in de praktijk: de Koeien & Kansen-bedrijven. Dit op basis van uitvoerige emissiemetingen en bedrijfsgegevens (inclusief het melkureumgehalte) die op deze bedrijven verzameld zijn. In dit rapport worden de meetresultaten gerapporteerd op basis van eenvoudige beschrijvende statistiek en gespiegeld aan de emissiefactoren zoals die in de Regeling Ammoniak en Veehouderij (RAV, 2002) zijn opgenomen. Momenteel wordt gewerkt aan een uitvoeriger analyse van de emissiegegevens. Daarbij worden onder andere kwantitatieve gegevens van de voeding betrokken als ook een model om per bedrijf een jaarrondemissie per melkkoe te schatten. De rapportage van deze analyses is nog in voorbereiding.

Deze publicatie is ingedeeld in vijf hoofdstukken. In hoofdstuk 2 worden de materialen en methoden beschreven. Naast de verschillen in meetlocaties en bedrijfsvoeringen wordt de manier van meten en de

dataverwerking beschreven. In hoofdstuk 3 worden de gemeten resultaten vermeld terwijl in hoofdstuk 4 de resultaten van het onderzoek worden bediscussieerd. Tot slot zijn in hoofdstuk 5 de conclusies opgenomen.

2 Materiaal en methode

2.1 Stallen

2.1.1 Onderzoekskader

Het onderzoek werd uitgevoerd op de bedrijven van deelnemers aan het project Koeien & Kansen. De eerste meting werd gestart in november 2000 en de laatste meting werd gestopt in augustus 2003. In het project Koeien & Kansen is het streven om op 17 melkveehouderijbedrijven via diverse maatregelen te komen tot een zo optimaal mogelijke benutting van mineralen binnen het bedrijf, waardoor de verliezen drastisch worden beperkt. Door monitoring wordt de emissie van ammoniak (NH₃) gekwantificeerd, waarbij door koppeling aan de genomen maatregelen een analyse van het effect op de ammoniakemissie van die maatregelen kan plaatsvinden. In dit rapport worden de resultaten van de eerste serie metingen op de bedrijven weergegeven. Op een aantal bedrijven waren om diverse redenen (o.a. verbouwing, afwijkend ventilatiesysteem) geen metingen mogelijk (zie paragraaf 2.3.1). Naast de metingen in de stallen van de Koeien & Kansen-deelnemers is ook een meting uitgevoerd in de melkveestal van proefboerderij De Marke.

Voor het uitvoeren van de metingen was één meetwagen beschikbaar. De metingen op de verschillende locaties werden hierdoor niet gelijktijdig maar na elkaar, in verschillende seizoenen, uitgevoerd. Tijdens de metingen werd op 5 van de 13 onderzochte bedrijven, beperkte weidegang toegepast.

2.1.2 Huisvesting

De in het onderzoek betrokken ligboxstallen varieerden in afmeting en bezetting. Bijna alle stallen waren voorzien van een centrale voergang in de lengterichting van de stal. In veel gevallen waren mestkelders in de stal aanwezig voor de opslag van mest. De vloeruitvoering bestond veelal uit betonnen roostervloerelementen, al dan niet voorzien van een mestschuif. Op het bedrijf van Dekker was geen kelder aanwezig en werd de mest en urine frequent via een vlakke dichte vloer in een mestkanaal geschoven. Tweemaal per week werd de drijfmest vanuit dit kanaal naar een buiten de stal gelegen mestsilo gepompt. Op proefbedrijf De Marke was geen roostervloer aanwezig, maar een sleufvloer met mestschuiven.

2.1.3 Ventilatie

Alle onderzochte stallen werden natuurlijk geventileerd door middel van een open nok en ventilatieopeningen in de lengtegevels. Deze openingen waren voorzien van windbreekgas of ze waren geheel open (soms in combinatie met kleppen of gordijnen). Op één bedrijf (De Kleijne) waren beide openingen voorzien van spaceboarding. De openingen strekten zich uit aan beide zijden over de totale lengte van de stal met uitzondering van de plek waar de melkput was gesitueerd. Sommige melkveehouders regelden handmatig de stand van de kleppen of gordijnen afhankelijk van de weerssituatie. De open nok varieerde in breedte en was soms afgeschermd tegen regeninval.

2.2 Bedrijfsvoering

2.2.1 Algemeen

De algemene bedrijfsvoering op alle bedrijven kan als traditioneel c.q. conventioneel worden aangemerkt, ondanks verschillen zoals: al dan niet beweiden, dieraantallen, melkproductie, vloertype. Eén bedrijf dat als 'biologisch' wordt gekenmerkt (Bomers) vormt hierop een uitzondering. Het management was op ieder bedrijf verschillend.

Zoals eerder vermeld vonden de metingen na elkaar plaats waardoor het voorkwam dat de meting op het ene bedrijf plaatsvond in de winter met alle dieren opgesteld en op een ander bedrijf in de zomer waarbij de dieren beperkt werden geweid. De onderzochte stallen kunnen qua staluitvoering en bedrijfsvoering tijdens de metingen worden onderverdeeld in vijf groepen met verschillende situaties. In tabel 1 zijn de vijf voorkomende situaties omschreven en is weergegeven hoe vaak iedere situatie voorkwam bij de onderzochte bedrijven. In het vervolg zullen de bedrijfssituaties worden aangeduid met de afkortingen.

Tabel 1 Bedrijfssituatie, het aantal voorkomende bedrijven en het vloertype en beweiding tijdens de meetperiode

Bedrijfssituatie	n	Omschrijving
TRZb	6	Traditioneel: Roostervloer, Zonder beweiding tijdens de meetperiode
TRMb	4	Traditioneel: Roostervloer, Met beweiding tijdens de meetperiode
TDZb	1	Traditioneel: Dichte vloer, Zonder beweiding tijdens de meetperiode
TSMb	1	Traditioneel: Sleufvloer, Met beweiding tijdens de meetperiode
BRZb	1	Biologisch: Roostervloer, Zonder beweiding tijdens de meetperiode

2.2.2 Voeding en productie

Het rantsoen van de melkkoeien tijdens de metingen bestond veelal uit een mengsel van kuilgras en maïs. Het krachtvoer werd in de meeste gevallen verstrekt via in de stal aanwezige krachtvoerboxen. In tabel 2 zijn de opname van ruw- en krachtvoer per koe vermeld, evenals de verhouding tussen deze twee. Bij eventuele weidegang, vermeld in de laatste kolom, is de grasopname in de weide geschat (Galama *et al.*, 2002).

Tabel 2 Per bedrijf de situatie, opname van ruw- en krachtvoer, de verhouding tussen beide en de duur van de weidegang

Bedrijf	Situatie	Ruwvoeropname	Krachtvoeropname	Verhouding	Weidegang
		per koe, kg drogestof/dag		rv:kv	uur/dag
1. Boekel	TRZb	20,7	3,1	6,7	0
2. Bomers	BRZb	15,3	3,6	4,3	0
3. Dekker	TDZb	9,7	7,3	1,3	0
5. Hoefmans	TRZb	15,6	6,4	2,4	0
6. Van Hoven	TRZb	15,7	4,3	3,7	0
7. De Kleijne	TRMb	14,8	5,1	2,9	8
8. Kuks	TRMb	*	*	*	7
11. Miedema	TRZb	*	*	*	0
12. Pijnenborg-Van Kempen	TRMb	16,1	4,9	3,3	6½
13. Post	TRZb	14,5	6,5	2,2	0
16. De Vries	TRMb	12,4	8,1	1,5	10
17. Van Wijk	TRZb	13,2	7,3	1,8	0
18. De Marke	TSMb	14,5	4,0**	3,6	4½

* op moment van rapportage geen data beschikbaar of niet bepaald

** exclusief 2 kg ds mks per koe per dag

Mogelijk is bij Boekel de dagelijkse ruwvoeropname van 20,7 kg drogestof per koe wat overschat. Vier weken voor de metingen namen de melkkoeien aan ruw- en krachtvoer respectievelijk 17,3 en 3,5 kg drogestof per dag op. De ruwvoer:krachtvoer verhouding varieerde sterk tussen de bedrijven, t.w. van 1,3 tot 6,7. Met uitzondering van De Marke zijn op de bedrijven tijdens de metingen geen bijproducten gevoerd. Op twee bedrijven viel de meetperiode van ammoniakemissie niet exact samen met de registratie van de voeropname gegevens. De metingen bij Pijnenborg-Van Kempen zijn uitgevoerd tijdens de weeknummers 17 t/m 19, terwijl de voergegevens in week 16 en 20 waren geregistreerd. In tabel 2 zijn de gemiddelde gegevens van beide laatstgenoemde weken vermeld. Bij Van Wijk zijn de voergegevens van week 38 geregistreerd en vermeld in de tabel terwijl de emissiemetingen pas aan het einde van deze week zijn opgestart.

2.3 Metingen

2.3.1 Productiegegevens

Tijdens de meetperioden werden door de veehouders dagelijks de stalbezetting en de melktijden geregistreerd. Naast melkkoeien was ook dikwijls jongvee in de stal aanwezig. De melkcontrole gegevens werden, evenals de voergegevens, verkregen uit de projectadministratie van Koeien & Kansen. Voor Pijnenborg-Van Kempen en Van Wijk gelden voor de melkproductieregistratie dezelfde restricties als bij de voergegevens. In tabel 3 is voor de onderzochte bedrijven de meetperiode en stalbezetting tijdens de emissiemetingen vermeld. Indien van toepassing is tevens de gemiddelde beweidingperiode van het melkvee tijdens de meetperioden weergegeven. Tijdens de meetperiode bij Hoefmans gingen tussen 10:30 en 17:30 uur gemiddeld 6 droogstaande koeien en 28 pinken naar buiten. Tot slot zijn in de tabel de gemiddelde dagelijkse melkproductie per koe en de gemiddelde gehalten aan ureum in de tankmelk (mg per 100 gram melk) vermeld.

Tabel 3 Per bedrijf de meetperioden, gemiddelde stalbezetting met melkvee en jongvee, de gemiddelde beweidingtijden en de gemiddelde melkproductie tijdens de melkcontrole en het ureumgehalte van de tankmelk

Bedrijf	Situatie	Meetperiode (Mmm-JJ)	Aantal dieren		Weidegang (uren)		Melkproductie per koe,kg/dag	Melkureum mg/100g
			melkvee	jongvee	overdag	's avonds		
1.Boekel	TRZb	Jan-02	56	6	-	-	26,2	25
2.Bomers	BRZb	Nov-00	106	12	-	-	18,5	22
3.Dekker	TDZb	Feb-02	122	91	-	-	23,3	18
5.Hoefmans	TRZb	Nov-01	76	56	droogst+pinken	-	26,1	14
6.Van Hoven	TRZb	Nov-01	76	11	-	-	26,8	21
7.De Kleijne	TRMb	Jul-01	67	-	9:00-14:00	19:00-22:00	24,1	21
8.Kuks	TRMb	Jul-02	89	-	10:30-17:30	-	**	27
11.Miedema	TRZb	Apr-02	109	7	-	-	**	21
12.Pijnenborg-V. Kempen	TRMb	Mei-02	83	10	10:00-16:30	-	25,2	22
13.Post	TRZb	Mrt-02	57	35	-	-	29,8	16
16.De Vries	TRMb	Okt-01	54	-	9:30-16:30	19:00-22:00	25,6	23
17.Van Wijk	TRZb	Sep-01	72	-	-	-	28,2	24
18.De Marke	TRMb	Jun-02	77	25	8:00-12:30	-	29,7	18

** op moment van rapportage geen data beschikbaar

De melkproductie is ontleend aan de melkcontrolegegevens tijdens de meetperioden. De melkproductie op het biologische bedrijf is wat lager dan op de traditionele bedrijven.

Op vijf bedrijven (De Kleijne, Kuks, Pijnenborg-Van Kempen, De Vries en De Marke) werd tijdens de metingen beweiding van de melkkoeien toegepast waardoor de dieren tevens vers gras konden opnemen. De beweidingduur varieerde tussen 4½ en 10 uren per dag. Bij De Kleijne en De Vries werd het siësta beweidingssysteem toegepast. Daarbij gingen de dieren twee keer daags naar de weide.

2.3.2 Klimaat en emissie

Er werden emissiemetingen uitgevoerd op 13 Koeien & Kansen-bedrijven en op proefbedrijf De Marke. Van de 17 Koeien & Kansen-bedrijven bleken de stallen van Van Laarhoven en Schepens (nummers 9 en 14) op voorhand niet geschikt om met de beschikbare meetmethode de emissie van ammoniak te bepalen. Bij Van Laarhoven was de stal aan beide zijden te open waardoor veel dwarsventilatie optrad. Bij dwarsventilatie wordt op de plaats waar de stallucht wordt bemonsterd, vlak onder de nok, geen stalluchtmonster verzameld dat representatief is voor de lucht dat de stal verlaat. De gehanteerde meetmethode is hierdoor niet toepasbaar. De stal van Schepens is een zogenaamde openfront stal. Ook van dit staltype was het onmogelijk een representatief stalluchtmonster te verzamelen. De stallen van Menkveld-Wijnbergen en Sikkenga-Bleeker (nummers 10 en 15) worden verbouwd en om deze reden waren in deze stallen nog geen voorzieningen aangebracht om emissiemetingen te kunnen doen. De

stallen van Eggink, Hoefmans en Pijnenborg-Van Kempen hadden weliswaar ook grote ventilatieopeningen, met kans op dwarsventilatie, maar door de aanwezigheid van gordijnen was de mogelijkheid aanwezig om de openingen kleiner te maken. Tijdens de metingen bleek, aan de hand van rookproeven, dat ook in de stal van Eggink teveel dwarsventilatie optrad zodat de data van dit bedrijf niet geschikt waren voor verdere verwerking. De meetperiode op dit bedrijf vond plaats in de zomerperiode en de dieren verbleven continu in de stal. Door de hoge temperaturen (gemiddelde staltemperatuur van 20 °C met maxima tot 30 °C) was het in verband met deiergezondheid, niet acceptabel om door middel van de gordijnen de ventilatieopeningen verder te verkleinen.

De metingen zijn gestart halverwege 2000 en hebben in 2001 ruim een half jaar stil gelegen in verband met de MKZ-crisis. Per bedrijf was de meetperiode 3 à 4 weken. Aan het einde van de verslagperiode waren alle geschikte bedrijven éénmaal bezocht en gemeten.

Gedurende de meetperioden zijn de volgende variabelen continu gemeten:

- relatieve luchtvochtigheid RV (%) van de stal- en buitenlucht;
- temperatuur T (°C) van de stal- en buitenlucht;
- ammoniakconcentratie (NH₃ in ppm) van de gemiddelde stallucht die de stal via de nok verliet en de achtergrondconcentratie;
- tracergasconcentratie (zwavel hexafluoride: SF₆ in ppb) van de gemiddelde stallucht en de achtergrondconcentratie.

Klimaat

De temperatuur (°C) en de relatieve luchtvochtigheid (%) werden continu gemeten met temperatuur- en vochtsensoren (Rotronic Hygromer®). De nauwkeurigheid van deze sensoren was ± 1,0 °C en ± 2 %. De metingen werden gedaan op twee plaatsen in de stal en op één plaats buiten de stal. De sensoren in de stal hingen in een diagonale lijn op éénderde en tweederde van de stallengte op ongeveer 2,5 meter hoogte. De temperatuur en de relatieve luchtvochtigheid van de buitenlucht werden gemeten in de schaduw aan de noordzijde van de stal op circa 2 meter hoogte. De sensoren werden regelmatig gecontroleerd.

Eind 2001 is een meteomast in gebruik genomen en daar waar het mogelijk was werd vervolgens ook de windrichting en windsnelheid tijdens de metingen geregistreerd. De windvaan was van het type W200P en de anemometer van het type A100R beide van fabrikant Vector Instruments.

Concentratiemetingen

De ammoniakconcentratie werd continu gemeten met behulp van een NO_x-monitor (Advanced Pollution Instrumentation Inc., model 200A). Het meetprincipe van de monitor staat beschreven in Scholtens (1993). Iedere week werd de monitor gekalibreerd met een gecertificeerd ijkgas. Volgens het gebruikte meetprincipe was het signaal van de monitor lineair met de ammoniakconcentratie.

Voor de bepaling van het SF₆ tracergas werd gebruik gemaakt van een ander analyse-apparaat namelijk een gaschromatograaf (Fisons Instruments, model 8000). Ook dit apparaat werd wekelijks gekalibreerd met een gecertificeerd ijkgas van SF₆.

De stallucht werd bemonsterd via een ¼" polyethyleen verzamelleiding. Deze verwarmde en geïsoleerde leiding hing in de lengte van de stal en in het midden onder de nok op circa 3 à 4 meter hoogte. Afhankelijk van de stallengte werden op 3 tot 5 punten stallucht aangezogen. Op ieder aanzuigpunt was een kritisch capillair aangebracht zodat de aangezogen hoeveelheid stallucht op ieder punt circa 600 ml/min was.

Aan de buitenkant van de stal, meestal aan de westzijde, werd de buitenlucht bemonsterd op 2 à 3 meter hoogte. Ook deze PE-leiding werd verwarmd en geïsoleerd.

De meetapparatuur was geïnstalleerd in een mobiele meetwagen. De meetopstelling was geautomatiseerd door middel van PC gestuurde data acquisitieapparatuur. De klimaat gegevens en de ammoniakconcentraties werden continu gemeten en per 5 minuten opgeslagen. Van het tracergas werd iedere vijf minuten één monster aangeboden, geanalyseerd en het resultaat opgeslagen. Dit was afwisselend een stal- of achtergrondmonster. Wekelijks werd de stal bezocht voor controle van de meetinstallatie. Alle veranderingen en werkzaamheden werden genoteerd in een logboek.

In de meetwagen werd met behulp van twee thermische Mass Flow controllers (MFC) zuiver SF₆-gas en perslucht met elkaar gemengd. Het tracergasmengsel werd op verschillende plaatsen verdeeld in de melkveestal, via ¼" polyethyleenslangen (PE) gedoseerd. De doseerpunten bevonden zich zo dicht mogelijk bij de ammoniakbron (roostervloer en mestkelder) in de stal. Ieder doseerpunt was voorzien van

een roestvrijstalen capillairhouder met een glazen kritisch capillair van 500 ml/minuut. Hierdoor werd de dosering van het tracergas gelijkmatig over de stal verdeeld.

2.4 Dataverwerking

Ammoniakconcentraties werden gecorrigeerd voor de rendementen van de converters en de monitor-kalibraties. De tracergasconcentraties werden gecorrigeerd voor de gaschromatograaf kalibraties. Missende waarnemingen (als gevolg van kalibraties en storingen van de apparatuur) van gasconcentraties en klimaat werden niet geïnterpoleerd.

De ammoniakemissie uit de melkveestallen werd berekend volgens de bronsterktetracer-methode. Bij deze methode wordt uitgegaan van de aanname dat het tracergas (SF_6) en het gas waarvan de bronsterkte bepaald moet worden (NH_3), zich op dezelfde wijze vanaf het bronniveau (roostervloer en eventueel mestkelder) door de stal verdelen (Scholtens en Huis in 't Veld, 1997). In dat geval is de verhouding van de bronsterktes van beide gasen af te leiden uit de verhouding van de gemeten gasconcentraties.

Randvoorwaarden voor de bronsterktetracer-methode zijn dat:

- het tracergas bij de ammoniakbron wordt geïnjecteerd;
- een goede menging plaatsvindt tussen het tracergas en ammoniak;
- een representatief luchtmonster wordt genomen daar waar de meeste lucht de stal verlaat.

De volgende vergelijking beschrijft de berekeningswijze van de ammoniakemissie volgens de bronsterkte-tracermethode in de praktijk:

$$Q_{\text{NH}_3}^{\text{NTP}}(i, j) = \frac{Q_{\text{SF}_6}^{\text{NTP}}(i, j)}{C_{\text{SF}_6}^{\text{V}}(i, j)} * C_{\text{NH}_3}^{\text{V}}(i, j) = K_M * C_{\text{NH}_3}^{\text{V}}(i, j) \quad (1)$$

met:

$Q_{\text{NH}_3}(i, j)$:	NH_3 -bronsterkte op uur i van dag j [ml/min];
K_M :	mengfactor [m^3/min];
$Q_{\text{SF}_6}(i, j)$:	uurgemiddeld SF_6 -injectieniveau tijdens uur i van dag j [ml/min];
$C_{\text{NH}_3}(i, j)$:	uurgemiddelde NH_3 -concentratie tijdens uur i van dag j [ml/m^3];
$C_{\text{SF}_6}(i, j)$:	uurgemiddelde SF_6 -concentratie tijdens uur i van dag j [ml/m^3];
V :	verschilmeting tussen binnen- en buitenlucht;
$i = 1 \dots 24$:	uur op een dag;
$j = 1 \dots N$:	nummer van een meetdag in de meetperiode;
NTP:	normaaltemperatuur (273,15 K) en -druk (1013,25 hPa)

De NH_3 -bronsterkte werd berekend door het SF_6 -injectieniveau (ml/min) te vermenigvuldigen met de verhouding tussen NH_3 - en SF_6 -verschilmetingen (ml/m^3) tussen binnen- en buitenlucht. De aldus berekende ammoniakemissie werd verondersteld gelijk te zijn aan de NH_3 -bronsterkte van de stal. De mengfactor K_M (m^3/min) werd berekend uit de verhouding tussen het SF_6 -injectieniveau en de gemeten verschilconcentratie van SF_6 binnen en buiten de stal. Aangenomen is dat de berekende mengfactor K_M (zie vergelijking 1) overeenkomt met de hoeveelheid lucht die de stal verliet. Deze waarde wordt derhalve geïnterpreteerd als het ventilatiedebiet.

De ammoniak-bronsterkte in ml/min werd als volgt omgerekend naar de ammoniakemissie in g/uur:

$$E(i, j) = Q_{\text{NH}_3}^{\text{NTP}}(i, j) * \rho^{\text{NTP}} * \frac{60}{1000} \quad (2)$$

met:

$E(i, j)$:	ammoniakemissie op uur i van dag j [g/uur];
ρ :	soortelijk gewicht van ammoniak [g/l];
60:	aantal minuten in een uur;
1000:	omrekeningsfactor van mg naar g.

De ammoniakemissies werden uitgedrukt in gram NH_3 per koe per dag. Indien jongvee in de stal aanwezig was, werd deze op basis van de forfaitaire excretie van stikstof, met de factoren 0,32 (jongvee < 1 jaar) en 0,65 (jongvee 1-2 jaar) omgerekend naar melkkoeien (Tamminga *et al.*, 2000).

3 Resultaten

3.1 Klimaat

In tabel 4 zijn per locatie de gemiddeld berekende ventilatie en de gemiddelde temperatuurgegevens tijdens de meetperioden weergegeven.

Tabel 4 Gemiddelde ventilatie en temperatuur van de buitenlucht en de stallucht tijdens de meetperioden

Bedrijf	Ventilatie per koe, m ³ /uur	Temperatuur	
		stal °C	buiten °C
1. Boekel	1699	11,6	9,8
2. Bomers	1088	11,3	7,6
3. Dekker	1739	8,9	5,5
5. Hoefmans	1986	11,8	10,2
6. Van Hoven	798	11,2	7,5
7. De Kleijne	983	22,3	21,5
8. Kuks	988	22,2	21,0
11. Miedema	1036	10,6	8,5
12. Pijnenborg-Van Kempen	1658	16,1	13,7
13. Post	1113	11,9	8,6
16. De Vries	1603	16,1	15,1
17. Van Wijk	994	17,9	15,4
18. De Marke	2289	19,2	18,9

De ventilatie in de onderzochte stallen varieerde tussen 800 en ruim 2000 m³ per koe en per uur (gemiddeld: 1380). De laatste jaren bestaat de tendens tot het realiseren van grotere ventilatie debieten vooral vanuit het oogpunt van diergezondheid. De grote openingen maken het mogelijk dat ook bij lage windsnelheden nog voldoende frisse lucht in de stal komt. De lage ventilatie uit de stal van Van Hoven is deels te verklaren door de ligging van het bedrijf in een heuvelachtig gebied en door de lage gemiddelde windsnelheid van 0,8 m/s die tijdens de metingen op dit bedrijf is gemeten.

De grote variatie in ventilatie tussen de stallen kan verschillende oorzaken hebben. Met name de grote van de ventilatieopeningen (soms in combinatie met openstaande deuren) en de breedte van de nokopening zullen van invloed zijn geweest op de ventilatie. Ook de windsnelheid en –richting hebben een grote directe invloed op de ventilatie. Een mogelijke oorzaak van de hoge ventilatie op de bedrijven Pijnenborg-Van Kempen en De Vries kan zijn dat de grote staldeuren open stonden wanneer de koeien buiten liepen.

Over het algemeen was de ventilatie in de stal voldoende om een temperatuur in de stal te realiseren die slechts enkele graden hoger was dan de buitentemperatuur. Bij Dekker, Van Hoven en Post was het temperatuurverschil (binnen minus buiten) met ruim 3 °C het hoogst. Bij Dekker werd één van de twee klimaatsensoren op zonnige dagen, meestal tussen 12:00 en 17:00 uur, beïnvloed door indirect zonlicht via de lichtdoorlatende dakplaten. De afwijkende data van deze sensor werden verwijderd.

Ook de gemeten relatieve luchtvochtigheid van de stal- en buitenlucht (bijlage A) geven een indicatie dat op de bedrijven voldoende werd geventileerd. Op de meeste bedrijven bleef de gemeten vochtigheid van de stallucht lager dan de vochtigheid van de buitenlucht. Tijdens de metingen in oktober bij De Vries (veengrond) was de gemeten vochtigheid binnen en buiten de stal met 93,7% gelijk. Dit zal met name veroorzaakt zijn door de hoge vochtigheid van de buitenlucht. Tijdens de metingen bij De Kleijne en op de De Marke, die plaatsvonden in respectievelijk juli en juni bij gemiddelde buitentemperaturen van rond 20 °C, was de gemeten vochtigheid van de stallucht hoger dan van de buitenlucht. Bij hoge staltemperaturen verloopt een groot deel van de warmteafgifte van de melkkoeien via verdamping van water. Tijdens de aanwezigheid van de koeien in de stal moet de verdamping hoog zijn geweest, temeer omdat de koeien een deel van de dag buiten liepen. Tijdens de metingen op deze bedrijven was de vochtigheid van de buitenlucht met respectievelijk 72,0 en 76,4% het laagst.

3.2 Ammoniakconcentratie en –emissie

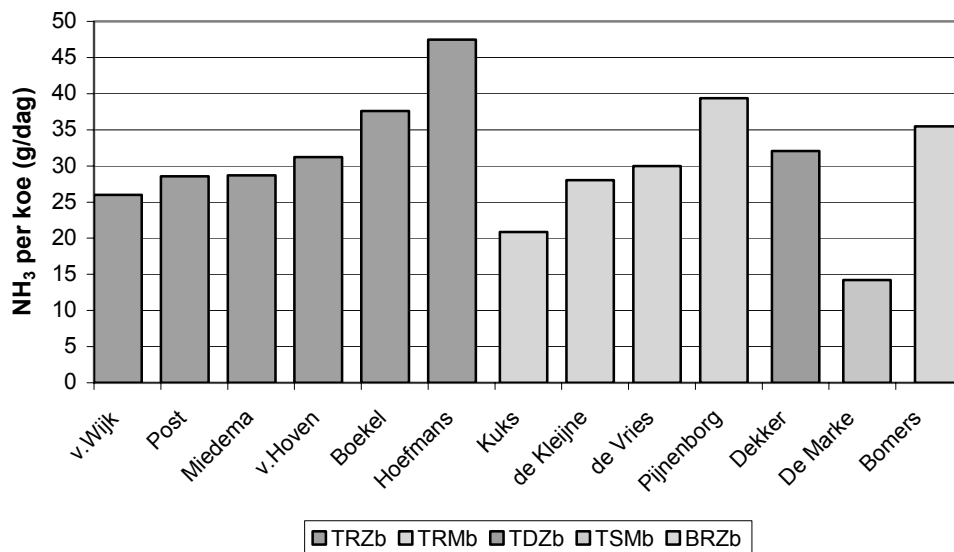
De resultaten van de gemeten ammoniakconcentraties en de ammoniakemissies zijn per bedrijf weergegeven in tabel 5. Het is duidelijk dat de hoogte van de gemeten ammoniakconcentratie geen enkele indicatie geeft voor de uiteindelijke ammoniakemissie. In deze rapportage wordt de ammoniakemissie uit de stal vergeleken tussen de bedrijven en niet binnen één bedrijf. Voor vergelijking van de onderlinge emissieniveaus tussen bedrijven is in de meest rechtse kolom de ammoniakemissie gecorrigeerd naar een staltemperatuur van 15 °C. Deze temperatuur komt overeen met de gemiddelde staltemperatuur van alle metingen. Bij het corrigeren is gebruik gemaakt van de in het ammoniakemissiemodel van Monteny *et al.* (1998) opgenomen temperatuurseffect van 4% per graad Celsius.

Tabel 5 Ammoniakstalconcentratie en -emissie en de op staltemperatuur (15 °C) gecorrigeerde ammoniakemissie

Bedrijf	Situatie	Ammoniak		
		concentratie	emissie	emissie gecorrigeerd
		ppm	per koe, g/dag	per koe, g/dag
1. Boekel	TRZb	1,19	33,2	37,6
2. Bomers	BRZb	2,02	30,9	35,5
3. Dekker	TDZb	1,31	26,1	32,1
5. Hoefmans	TRZb	1,50	42,1	47,5
6. Van Hoven	TRZb	2,34	27,1	31,2
7. De Kleijne	TRMb	2,92	39,4	28,1
8. Kuks	TRMb	2,12	29,3	20,9
11. Miedema	TRZb	1,55	24,4	28,7
12. Pijnenborg-Van Kempen	TRMb	1,68	41,2	39,4
13. Post	TRZb	1,57	25,5	28,5
16. De Vries	TRMb	1,51	31,1	30,0
17. Van Wijk	TRZb	2,49	29,4	26,0
18. De Marke	TSMb	0,48	17,1	14,2

De metingen op de bedrijven met beweiding vonden plaats in de zomer met gemiddeld gemeten staltemperaturen boven 15 °C. De gemeten emissies zijn hierdoor hoger dan de naar 15 °C gecorrigeerde emissies. Tijdens de metingen op het biologisch bedrijf (Bomers) en op het bedrijf met de dichte vloer (Dekker) was de staltemperatuur laag en zijn de gemeten emissies lager dan de naar 15 °C gecorrigeerde emissies.

Tussen de bedrijven met dezelfde bedrijfssituatie (traditioneel met en zonder beweiding) kwam een hoge spreiding voor. In figuur 1 zijn de naar 15 °C gecorrigeerde emissies gerangschikt per bedrijfssituatie.



Figuur 1 Gecorrigeerde ammoniakemissie (bij T stal = 15 °C) van de bedrijven gerangschikt naar bedrijfssituatie

Het is duidelijk dat de ammoniakemissie van de vijf bedrijfssituaties elkaar overlapt. Tussen de twee bedrijfssituaties waar meerdere metingen zijn uitgevoerd blijken wat betreft de stalemissie van ammoniak geen strakke grenzen te bestaan. Tabel 6 geeft per bedrijfssituatie de gemiddeld gemeten- en gecorrigeerde (T stal = 15 °C) ammoniakemissie weer. Bij de traditionele bedrijven met roostervloeren en zonder en met beweiding is tevens de hoogste en laagste stalemissie per bedrijf vermeld.

Tabel 6 Gemiddelde en de minimaal en maximaal gemeten ammoniakemissie en de op staltemperatuur (15 °C) gecorrigeerde ammoniakemissies per bedrijfssituatie

Bedrijfssituatie	Ammoniakemissie per koe, g/dag			
	gemeten		T gecorrigeerd	
	gemiddeld	min-max	gemiddeld	min-max
TRZb: Traditioneel: zonder beweiding (n=6)	30,3	29,4-42,1	33,3	26,0-47,5
TRMb: Traditioneel: met beweiding (n=4)	35,3	29,3-41,2	29,6	20,9-39,4
TDZb: Traditioneel: zonder beweiding, dichte vloer (n=1)	26,1	-	32,1	-
TSMb: Traditioneel: met beweiding, sleufvloer (n=1)	17,1	-	14,2	-
BRZb: Biologisch: zonder beweiding (n=1)	30,9	-	35,5	-

Bij bedrijfssituatie TRZb blijkt de ammoniakemissie van Hoefmans ruim 42% hoger te zijn dan de gemiddelde ammoniakemissie bij deze situatie. In dezelfde situatie maar dan met beweiding is bij Pijnenborg-Van Kempen met 33%, de grootste afwijking ten opzichte van het gemiddelde gemeten.

Uit de gecorrigeerde emissiecijfers in bovenstaande tabel blijkt dat de gemiddeld gemeten stalemissie op traditionele bedrijven met roostervloeren en beweiding, 11% lager is dan op traditionele bedrijven met dezelfde vloeruitvoering maar zonder beweiding. Gezien de grote spreiding is er statistisch geen aantoonbaar verschil tussen wel of niet beweiden ($p > 0,1$). Doordat het gemeten, gemiddelde verschil gebaseerd is op vergelijkingen tussen bedrijven moet een nuance aangebracht worden. Beter is om het effect van wel of niet beweiden te bepalen binnen bedrijven.

Het biologische bedrijf (Bomers) en het bedrijf met de dichte vloer (Dekker) emitterden slechts weinig hoger (6,6%) en lager (3,6%) dan het gemiddelde van de traditionele bedrijven zonder beweiding.

De sleufvloer in de stal op De Marke zorgde voor een snelle afvoer van urine en een nagenoeg volledige afsluiting van de onderliggende mestkelder zodat de gemeten emissie uit deze stal met beweiding zeer laag was.

4 Discussie

4.1 Aard van het onderzoek en datakwaliteit

Het onderzoek had de vorm van een monitoringsstudie, aansluitend bij de opzet van het project Koeien & Kansen. Daarbij was het oorspronkelijk de bedoeling dat de emissiemetingen hoogfrequent (1 meetweek per bedrijf; 2-3 meetperioden per bedrijf per jaar) zouden plaatsvinden, zodat een goed beeld zou kunnen worden verkregen van de stalemissie in verschillende perioden van het jaar. Bij de toegepaste meetmethode bleek, om technische redenen, per locatie een gemiddelde onderzoeksperiode nodig van circa drie weken, hetgeen langer was dan oorspronkelijk de bedoeling. Om deze reden en door het ontraden van intensief bedrijfsbezoek als gevolg van de MKZ-crisis is gekozen voor langere meetperioden. Hierdoor werd per bedrijf één emissieniveau over een langere meetperiode bepaald, zonder dat sprake was van een herhaling op bedrijfsniveau. Daarmee kon niet worden ingegaan om trends in de emissies als gevolg van ingezet en uitgevoerd optimaal management te kwantificeren. De vastgelegde emissieniveaus per bedrijf kunnen wel worden vergeleken met de emissiefactoren voor vergelijkbare huisvestingssystemen zoals vermeld in de Regeling Ammoniak en Veehouderij (RAV, 2002).

4.2 Vergelijking met RAV

Uitgaande van de in tabel 1 gepresenteerde bedrijfskenmerken kunnen de bedrijven 1 en 4 t/m 17 qua stalrichting worden gezien als traditionele melkveebedrijven met roostervloer en mestopslag onder de roosters en/of ligboxen. Bedrijven 3 (Dekker) en 18 (De Marke) kunnen ook als zodanig worden gekenmerkt, met dien verstande dat de vloeruitvoering anders was (respectievelijk dichte vloer en sleufvloer). Bedrijf 2 (Bomers) wordt gekenmerkt door een biologische bedrijfsvoering. Tenslotte waren de melkkoeien tijdens de metingen bij De Kleijne, Kuks, Pijnenborg-Van Kempen, De Vries en De Marke overdag buiten.

In de Regeling Ammoniak en Veehouderij zijn voor rundvee jaarrond-emissiefactoren opgenomen. Een stal met roostervloer met onderliggende mestkelder (bedrijfssituatie TRZb en TRMb) en een stal met een vlakke vloer (bedrijfssituatie TDZb) vallen onder de categorie overige huisvestingssystemen. De jaarrondemissie (dus weide- en stalseizoen) uit dergelijke stallen bedraagt, indien beweiding wordt toegepast, 9,5 kg ammoniak per dierplaats per jaar en bij permanent opstallen 11,0 kg ammoniak per dierplaats per jaar. Uitgaande van 365 dagen bedraagt de emissie per dierplaats respectievelijk 26,0 (met beweiding) en 30,1 (permanent opstallen) gram ammoniak per dag. Voor een loopstal met sleufvloer en mestschuif (bedrijfssituatie TSMB) geldt een jaarrond emissiefactor van 7,7 (met beweiding) en 9,2 (permanent opstallen) kg ammoniak per dierplaats per jaar. De dagelijkse emissie per dierplaats is dan respectievelijk 21,1 en 25,2 gram ammoniak. De RAV kent (nog) geen onderscheid tussen gangbare en biologische veehouderij. Bedrijfssituatie BRZb is hierdoor vermeld bij de overige huisvestingssystemen.

Het is normaal dat de feitelijk gemeten emissie uit huisvestingssystemen iets afwijkt van de, onder gestandaardiseerde omstandigheden vastgelegde, emissiefactor. Enkele factoren die de emissie vanuit stal beïnvloeden zijn: de temperatuur, ventilatiedebiet, voersamenstelling en beweidingduur. Tevens is bij de feitelijk gemeten emissie gebruik gemaakt van het aantal in de stal aanwezige dieren, waarbij eventueel aanwezig jongvee is omgerekend. De bezettingsgraad in de onderzochte stallen was altijd lager dan 100%. Bij de emissiefactoren daarentegen wordt uitgegaan van het aantal aanwezige dierplaatsen in de stal. Ook het ventilatiedebiet uit een natuurlijk geventileerde stal is van vele factoren afhankelijk, zoals onder andere: het temperatuurverschil binnen en buiten de stal, de windsnelheid en de windrichting ten opzichte van de stal en de dimensies van de ventilatieopeningen van de stal. Deze mogelijke kwantitatieve relaties zullen in een afzonderlijke rapportage worden beschreven.

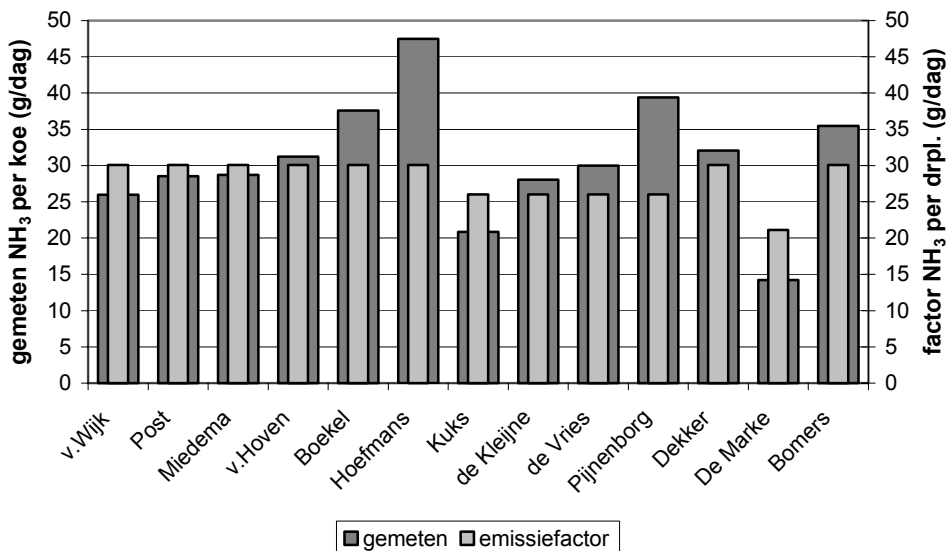
In tabel 7 zijn de emissiefactoren van de gemeten huisvestingssystemen weergegeven en ook de gemeten ammoniakemissies per huisvestingssysteem, gecorrigeerd voor een staltemperatuur van 15 °C. Zoals vermeld zijn in de RAV jaarrond-emissiefactoren weergegeven. De emissiefactor heeft dan betrekking op een stalseizoen en een weideseizoen al dan niet met beweiding. De feitelijke metingen op de Koeien & Kansen-bedrijven zijn uitgevoerd in een stal- of een weideseizoen.

Tabel 7 Emissiefactoren zoals vermeld in de RAV (2002) en de werkelijk gemeten ammoniakemissies van de voorkomende bedrijfssituaties, gecorrigeerd voor een staltemperatuur van 15 °C

Huisvestingssysteem	Bedrijfssituatie	Ammoniakemissie		
		Regeling Ammoniak en Veehouderij per drpl., kg/jaar	per drpl., g/dag	gemeten per koe, g/dag
Overige huisvestingssystemen opstallen	TRZb	11,0	30,1	33,3
	TDZb	11,0	30,1	32,1
	BRZb	11,0	30,1	35,5
Stal met sleufvloer en mestschuif	beweiden TRMb	9,5	26,0	29,6
	beweiden TSMb	7,7	21,1	14,2

Bij vergelijking tussen de gemiddeld gemeten emissie per bedrijfssituatie met de emissiefactoren blijkt dat bedrijfssituatie TRZb 10,6 % hoger uitkomt dan de emissiefactor. De gemiddeld gemeten emissie van bedrijfssituaties TRMb en BRZb waren respectievelijk 13,8 en 17,9% hoger dan de emissiefactor. Het gemiddelde van bedrijfssituatie TDZb (dichte vloer; Dekker) was met 6,6% iets hoger dan de emissiefactor terwijl situatie TSMb (sleufvloer; De Marke) 32,7% minder emitteerde dan de emissiefactor.

In figuur 2 zijn de emissiefactoren van de gemeten huisvestingssystemen weergegeven en ook de gemeten ammoniakemissies van de bedrijven, gecorrigeerd voor een staltemperatuur van 15 °C.

**Figuur 2** Per bedrijf de gemeten ammoniakemissie (gecorrigeerd naar Tstal=15 °C) en de corresponderende emissiefactor

De gemeten en gecorrigeerde ammoniakemissies uit de stallen van Post, Miedema, Van Hoven, De Kleijne en Dekker bleken minder dan 10% af te wijken van ammoniakemissies zoals deze voor de betreffende huisvestingssystemen vermeld staan in de RAV. Bij Van Wijk en Kuks waren de gemeten stalemissies 14 en 20% lager dan de emissiefactor. Op 3 bedrijven (Boekel, Bomers en De Vries) bleek de gemeten emissie tussen 15 en 25% hoger te zijn dan de emissiefactoren. Een lage dierbezetting in de stal tijdens de metingen is een mogelijke verklaring voor deze verschillen. Bij een lage dierbezetting, waarbij een gedeelte van de stal is afgezet, is het emitterend kelderoppervlak per dier groter. Het emitterend roosteroppervlak per koe zal in deze situatie gelijk blijven. Boekel had bijvoorbeeld slechts een bezettingsgraad van 62%. Op twee bedrijven (Hoefmans en Pijnenborg-Van Kempen) was de gemeten emissie tussen de 50 en 60% hoger dan de emissiefactoren voor deze huisvestingssystemen. Mogelijk zijn op deze bedrijven andere zaken van invloed geweest op de metingen. De twee genoemde bedrijven waren voorzien van zeer grote ventilatieopeningen, en dien ten gevolge hoge ventilatiedebieten (tabel 4). Uit eerder onderzoek (Elzing *et al.*, 1992) is vastgesteld dat de productie van ammoniak hoger wordt naarmate de luchtsnelheid boven de bron toeneemt. In de onderzochte stallen zijn geen luchtsnelheden gemeten, maar bij een hoge ventilatie is de kans op hogere luchtsnelheden boven de bronnen groter dan bij lage ventilatiedebieten. Een andere mogelijkheid is dat dwarsventilatie door de twee stallen is opgetreden. Bij dwarsventilatie is de concentratie van NH₃ en SF₆ in de stallucht, op de plaats van de monsternamen, niet representatief voor de lucht die de stal verlaat. Dit komt met name doordat in deze gevallen de meeste stallucht, laag via de

ventilatieopeningen de stal verlaat en niet hoog via de nok waar de monsternamen plaatsvindt. Door de verstoorde situatie wordt het ventilatiedebiet overschat met als gevolg een te hoge ammoniakemissie. Het is onduidelijk welke van bovenstaande factoren de hoge ammoniakemissie uit beide stallen heeft veroorzaakt. In de geplande tweede meetronde zal dit nader bestudeerd worden.

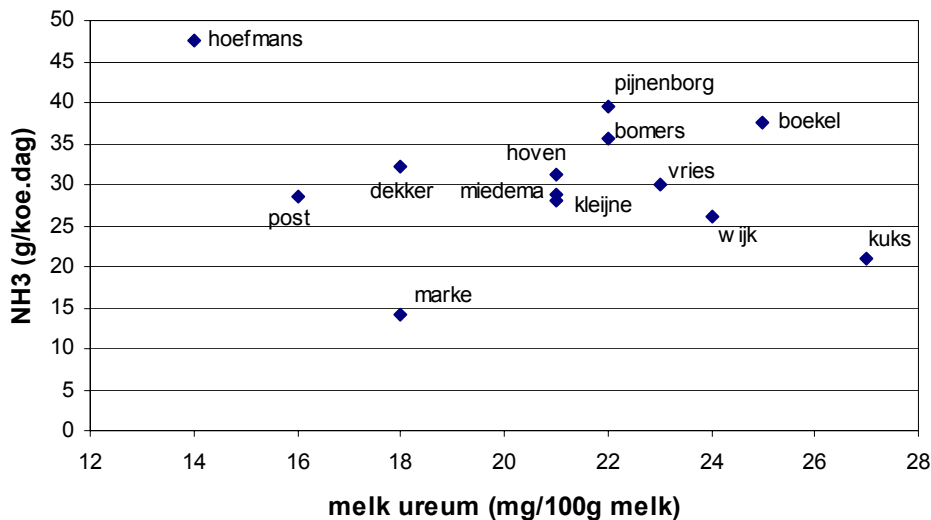
Zonder de hoge emissies uit de stallen van Hoefmans en Pijnenborg-Van Kempen, is de gemiddelde emissie per bedrijfssituatie weergegeven in tabel 8. De gecorrigeerde ammoniakemissies van bedrijfssituaties TRZb en TRMb zijn dan nagenoeg gelijk aan de emissiefactoren voor de betreffende huisvestingssystemen. De gemiddeld gemeten stalemissie op bedrijven met beweiding was 13% lager dan de gemiddeld gemeten stalemissie op bedrijven waar geen beweiding werd toegepast. Door de hoge spreiding tussen de bedrijven is dit geen significant verschil ($p > 0,1$).

Tabel 8 Gemiddelde ammoniakemissie per bedrijfstype zonder de stalemissie van Hoefmans en Pijnenborg-Van Kempen

Bedrijfssituatie	Ammoniakemissie		RAV emissiefactor per dierplaats, g/dag
	gemeten per koe, g/dag	gecorrigeerd per koe, g/dag	
TRZb: Traditioneel: zonder beweiding (n=5)	27,9	30,4	30,1
TRMb: Traditioneel: met beweiding (n=3)	33,3	26,3	26,0

4.3 Relatie emissie en ureumgehalte

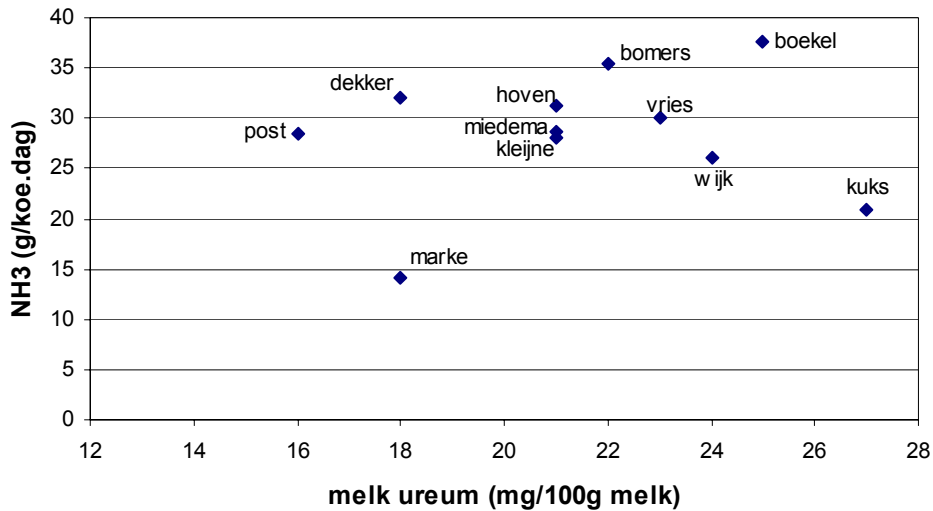
Van Duinkerken *et al.* (2003) concludeerden in een eerder onderzoek op één onderzoeksbedrijf dat de ammoniakemissie vanuit de stal positief is gecorreleerd met het melkureumgehalte en ook met de temperatuur. In het door hen ontwikkelde model met melkureum en temperatuur als verklarende parameters bedraagt het percentage verklaarde variantie 76% ($R^2=0,76$).



Figuur 3 Gemeten ammoniakemissie uit de stal (gecorrigeerd naar $T_{stal}=15\text{ }^{\circ}\text{C}$) en het ureumgehalte in de tankmelk

Figuur 3 geeft de relatie weer tussen de gemeten ammoniakemissie en het gemiddelde ureumgehalte in de tankmelk op de onderzochte Koeien & Kansen-bedrijven. Met name de gemeten emissie bij Hoefmans wijkt sterk af. Gezien het zeer lage ureum (14 mg/100 g melk) zou de ammoniakemissie uit de stal van Hoefmans volgens verwachting het laagst moeten zijn in plaats van het hoogst. Ook bij Pijnenborg-Van Kempen werd een iets hogere emissie gemeten dan op basis van het ureumgehalte zou worden verwacht. Bij Kuks daarentegen werd ondanks een hoog ureumgehalte in de tankmelk een relatief lage ammoniakemissie gemeten. Op basis van de in figuur 3 getoonde waarden werd geen correlatie gevonden tussen de ammoniakemissie en de ureumconcentratie in de tankmelk.

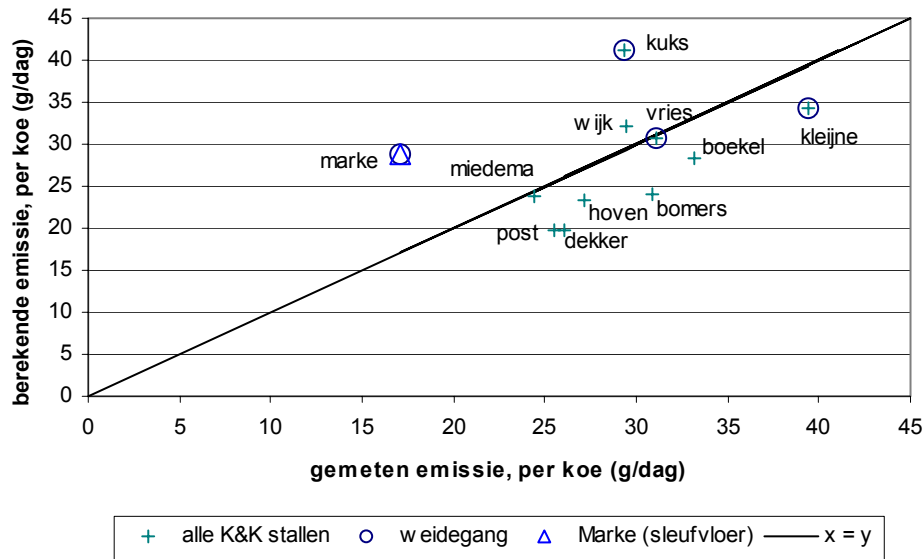
In figuur 4 is de relatie tussen de gemeten ammoniakemissie en de melkureumconcentratie weergegeven zonder de gegevens van de bedrijven van Hoefmans en Pijnenborg-Van Kempen, waar hoge ammoniakemissies werd gemeten.



Figuur 4 Gemeten ammoniakemissie uit de stal (gecorrigeerd naar $T_{\text{stal}}=15^{\circ}\text{C}$) en het ureumgehalte in de tankmelk, zonder de resultaten van Hoefmans en Pijnenborg-Van Kempen

Ook nu is geen duidelijke relatie aantoonbaar. Dat van Duinkerken wel een verband aantoonde en bij de gezamenlijke Koeien & Kansen-bedrijven geen relatie werd vastgelegd is vooral te verklaren uit het feit dat het onderzoek van Van Duinkerken plaatsvond in één stal met één veestapel en een constant management waarbij het ureumgehalte varieerde over een zeer brede range (14-54 mg/100 g melk). Het onderhavige onderzoek vond plaats in verschillende stallen met verschillende dieren en verschillend management. Tevens was de variatie in tankmelkureumgehalten op de Koeien & Kansen-bedrijven beperkt: het gemiddelde varieerde tussen de bedrijven van 16 tot 27 mg/100 g melk. De variatie in tankmelkureumgehalten binnen de bedrijven was in de korte perioden waarin de ammoniakemissie werd gemeten vrijwel nihil. Waarschijnlijk werden verschillen in ammoniakemissie tussen bedrijven in sterke mate bepaald door andere factoren en omstandigheden. Op een beperkt aantal Koeien & Kansen-bedrijven is een tweede meetperiode gepland om meer zicht te krijgen op de oorzaken van emissievariatie tussen en binnen bedrijven.

Van Duinkerken *et al.* (2003) stelden een model samen waarbij het ureumgehalte in de tankmelk en de buitentemperatuur de basis vormde van voorspelling van de ammoniakemissie. De met dit model voorspelde ammoniakemissie is in figuur 5 uitgezet tegen de gemiddeld gemeten ammoniakemissie per koe (gecorrigeerd naar een buitentemperatuur van 15°C), waarbij de resultaten van Hoefmans en Pijnenborg-Van Kempen niet zijn meegenomen. In figuur 5 is tevens de lijn $x = y$ weergegeven (diagonaal). Deze lijn geeft de 'ideale situatie' weer: de berekende emissie is dan gelijk aan de gemeten emissie.



Figuur 5 Berekende emissie uitgezet tegen de gemeten emissie (gecorrigeerd naar $T_{\text{buiten}}=15^{\circ}\text{C}$)

De gemeten emissies van de meeste bedrijven komen redelijk overeen met de, door het model voorspelde, emissies. De gemeten stalemissie bij Kuks was 29% lager dan de voorspelde emissie. Er werd op dit bedrijf gemeten tijdens een periode met beperkte beweiding (7 uur per dag). De ammoniakemissie volgens de regressie van Van Duinkerken *et al.* (2003) gaat uit van permanent verblijf in de stal. Door beperkte weidegang zal de ammoniakemissie naar schatting 10 à 20% lager zijn dan zonder weidegang. Voor de afwijking bij Kuks is, afgezien van de correctie voor beperkte weidegang, niet direct een verklaring te vinden. Het ureumgehalte in de tankmelk was op dit bedrijf met 27 mg per 100 g melk het hoogst van de onderzochte bedrijven waardoor een hogere ammoniakemissie zou worden verwacht. De voorspelde emissie uit de stal met sleufvloer (De Marke) is hoger dan de gemeten emissie. Dit is waarschijnlijk veroorzaakt door het feit dat de regressie van Van Duinkerken gebaseerd is op experimenten in een ligboxenstal met een roostervloer en mestkelder waardoor het minder goed toepasbaar is voor een stal met een afwijkend (emissiearm) vloertype. Bij Dekker is ook bij een afwijkend vloertype (vlakke dichte vloer met mestschuiven) gemeten. Van een vlakke dichte vloer mag geen emissiereductie verwacht worden ten opzichte van een roostervloer (Braam *et al.*, 1997). De berekende emissie uit deze stal komt redelijk overeen met de gemeten emissie (21,8 t.o.v. 26,1 gram per koe per dag).

De gemeten ammoniakemissie, van 17,1 g per koe per dag, uit de stal met de sleufvloer op De Marke (5 uur weidegang) is veel lager dan een eerder gemeten emissie uit een andere stal met dit vloertype. Huis in 't Veld *et al.* (2001) registreerden met een vergelijkbaar meetsysteem, tijdens een zomerperiode, een emissie van 31,4 g ammoniak per koe per dag in een ligboxenstal met sleufvloer (10 uur weidegang). Van dit onderzoek zijn geen gehalten van melkureum bekend. Het beschikbare vloeroppervlak was in dit onderzoek met 3,3 m² per dierplaats intensief bezet mede doordat bijna alle dierplaatsen bezet waren. Het totaal bevuild oppervlak in de stal van De Marke was met 4,1 m² per dierplaats (Koskamp *et al.* 2003) weliswaar groter maar de stal was niet volledig bezet omdat het jongvee buiten liep. Een gedeelte van de stal was dus tijdens de metingen leeg. De gemiddelde staltemperaturen tijdens beide onderzoeken waren gelijk. De lage gemeten emissie op De Marke zal mede zijn veroorzaakt door de lagere bezetting en door het naar alle waarschijnlijkheid lagere gehalte aan melkureum als gevolg van het geoptimaliseerde nutriëntenmanagement, hoewel dit laatste door het ontbreken van melkureumdata in het eerdere onderzoek van Huis in 't Veld *et al.* (2001) niet is te controleren.

Eerdere ammoniakmetingen op De Marke zijn gerapporteerd door Koskamp *et al.* (2003). In tabel 9 zijn de eerder meetresultaten en omstandigheden samengevat naast de meetresultaten in het onderhavige onderzoek. In september 1997 is in de melkveestal de toen aanwezige dichte hellende vloer met giergoot vervangen door de huidige sleufvloer. In het weideseizoen van 1998 werd uit de stal een gemiddelde ammoniakemissie gemeten van 26,3 gram per koe per dag. Een jaar later werd een gemiddelde stalemissie tijdens het weideseizoen gemeten van 22,1 gram per koe per dag. Deze emissiegetallen zijn niet gecorrigeerd voor temperatuur. Tijdens beide meetperiodes gingen de dieren tweemaal daags naar buiten (totaal 8 uren weidegang). De toegepaste meetmethode was gebaseerd op de CO₂-productie van de aanwezige dieren. In december 1999 is naast deze meetmethode ook de huidige meetmethode met SF₆ tracergas toegepast om de stalemissie te bepalen. Het emissieresultaat was met de CO₂-methode 11% lager dan met de SF₆-methode. In de zomer van 2000 zijn de ventilatieopeningen in de zijmuren van de stal

aangepast. De aanwezige spaceboarding en kozijnen met ramen werden verwijderd. Het totale 'open' oppervlak in de zijmuren werd hierdoor meer dan verdubbeld. Via een gordijn kan dit oppervlak weer worden verkleind. Voor de meetserie die in dit rapport is beschreven is in de zomer van 2002 gemeten. De ongecorrigeerde stalemissie was 18,1 gram per koe per dag met een weidegang van gemiddeld 4½ uur per dag. Ondanks het verhogen van het ventilatie-debiet en het verkorten van de weidegang wordt de tendens van een afnemende stalemissie voortgezet. Met name het veranderende (voer)management is hier waarschijnlijk de oorzaak van.

Tabel 9 Vergelijking van eerder gerapporteerde emissiemetingen en omstandigheden op De Marke (melkveestal met sleufvloer) met de in dit rapport weergegeven meting op dit bedrijf

Bron	Weideseizoen 1998 Koskamp <i>et al.</i> , 2003	Weideseizoen 1999 Koskamp <i>et al.</i> , 2003	Weideseizoen 2002 dit rapport
Melkureumgehalte (mg/100 ml)	19	21	18
NH ₃ -emissie per koe (g/d)	26,3	22,1	18,1
Ventilatie luchtinlaat	Spaceboarding	Spaceboarding	Deels open zijwanden
Weidegang (uur)	8 (siësta)	8 (siësta)	4½
Meetmethode	CO ₂	CO ₂	SF ₆

Door Groot Koerkamp *et al.* (1998) werd gedurende 24 uren op enkele melkveebedrijven met ligboxenstallen in Nederland, Duitsland, Engeland en Denemarken de ammoniakconcentratie gemeten en de ammoniakemissie berekend met de CO₂-methode. Men vond een zeer grote variatie in zowel de concentraties als de emissies. De gemeten emissies, omgerekend per koe in grammen per dag, waren respectievelijk: 48,0 in Nederland, 31,7 in Duitsland, 29,9 in Engeland en 23,7 in Denemarken. In dit onderzoek werden geen detailgegevens verzameld ten aanzien van de voeding en het bedrijfsmanagement. De gemeten stalemissies op de Koeien & Kansen-bedrijven zijn in alle bedrijfssituaties ruim lager dan de 48,0 g per koe per dag die Groot Koerkamp *et al.* (1998) vastlegde.

5 Conclusie

Op 13 bedrijven is, gedurende meetperioden van enkele weken, de ammoniakemissie uit de melkveestal gemeten. De bedrijven verschilden in bedrijfsvoering en management, maar konden onderverdeeld worden in vijf bedrijfssituaties. De gemeten emissiecijfers voor deze vijf situaties konden vervolgens onderling worden vergeleken en ook met de emissiefactoren zoals ze vermeld zijn in de Regeling Ammoniak en Veehouderij (2002).

Om een vergelijking van de emissiewaarden tussen de bedrijven mogelijk te maken zijn de stalemissies gecorrigeerd naar een staltemperatuur van 15 °C, wat overeenkwam met de gemeten gemiddelde staltemperatuur van alle bedrijven.

Uit vergelijking tussen de bedrijfssituaties bleek dat:

- er overlap van de range in ammoniakemissie tussen de vijf bedrijfssituaties aanwezig was;
- de gemiddelde ammoniakemissie uit de stallen van traditionele bedrijven (roostervloer) met beweiding 11% lager was dan de gemiddelde ammoniakemissie van dezelfde soort bedrijven waar geen beweiding werd toegepast, door de grote spreiding was echter geen statistisch verschil aantoonbaar ($p > 0,1$);
- de emissie op het bedrijf met de dichte vloer en op het biologische bedrijf zonder beweiding in dezelfde range lag met de emissie gemeten op de traditionele bedrijven;
- de stal met sleufvloer met beweiding weinig ammoniak emitteerde.

Uit vergelijking van de gemeten emissies op 13 Koeien & Kansen-bedrijven met de emissiefactoren bleek dat:

- de stalemissie van vijf bedrijven minder dan 10% afweek van de emissiefactoren voor de betreffende huisvestingssystemen;
- op twee bedrijven een ammoniakemissie werd gemeten van respectievelijk 14 en 20% lager dan de emissiefactor;
- op drie bedrijven een stalemissie werd gemeten die 15-25% hoger was dan de emissiefactor. De lage bezettingsgraad in de stal tijdens de meetperioden is hiervoor een mogelijke verklaring;
- op twee bedrijven een stalemissie werd gemeten die 50-60% hoger was dan de emissiefactor. Zowel in de vergelijking met de overige bedrijven, met de emissiefactor alsook op basis van de relatie tussen melkureumgehalte en ammoniakemissie, bleken deze twee laatstgenoemde bedrijven uitzonderingen te zijn. Door de aanwezigheid van grote ventilatieopeningen en openstaande deuren werden op deze bedrijven hoge ventilatiedebieten vastgesteld. Mogelijk is hierdoor een toename van de luchtsnelheid in de stal ontstaan waardoor de ammoniakproductie is toegenomen. Een andere mogelijkheid is dat op de bedrijven dwarsventilatie heeft plaatsgevonden waardoor de ventilatie, en daarmee de ammoniakemissie is overschat.

Indien de emissiewaarden van de twee laatstgenoemde bedrijven buiten beschouwing werden gelaten dan bleek dat:

- de gemeten emissies van traditionele Koeien & Kansen-bedrijven met continu opstallen en met beweiding gemiddeld overeenkwamen met de bijbehorende emissiefactoren in de huidige nationale ammoniakregelgeving; tussen bedrijven waren er wel verschillen; de Koeien & Kansen-bedrijven hebben een bovengemiddeld mineralenmanagement. Op grond hiervan zou een lagere emissie verwacht mogen worden dan de nationale emissiefactoren. De gemiddelde melkproductie op de bedrijven is echter ook hoger dan het landelijk gemiddelde. Dit kan tot een wat hogere emissie geleid hebben.
- de gemiddelde stalemissie op traditionele Koeien & Kansen-bedrijven waar beweiding werd toegepast 13% lager was dan de gemiddelde stalemissie op traditionele bedrijven zonder beweiding. Dit verschil was niet significant ($p > 0,1$).

Het tankmelkureumgehalte varieerde weinig tussen bedrijven (range: 16-27 mg/ 100 g melk). De variatie in tankmelkureumgehalten binnen bedrijven was in de korte perioden waarin de ammoniakemissie werd gemeten vrijwel nihil. Er kon in dit onderzoek geen significant verband tussen het melkureumgehalte en de ammoniakemissie worden vastgesteld. Waarschijnlijk werden verschillen in ammoniakemissie tussen bedrijven in sterke mate bepaald door andere factoren en omstandigheden. Op een beperkt aantal Koeien & Kansen-bedrijven is een tweede meetperiode gepland; dit om meer zicht te krijgen op de oorzaken van emissievariatie tussen en binnen bedrijven.

Literatuur

- Braam, C.R., J.J.M.H. Ketelaars and M.C.J. Smits, 1997. Effect of floor design and floor cleaning on ammonia emission from cubicle houses for dairy cattle. *Neth. J. Agr. Sci.* (45): 49-64.
- Duinkerken, G. van, G. André, M.C.J. Smits, G.J. Monteny, K. Blanken, M.J.M. Wagemans en L.B.J. Sebek, 2003. De relatie tussen voeding en ammoniakemissie vanuit de melkveestal. *PraktijkRapport Rundvee 25*. PV Lelystad.
- Elzing, A, W. Kroodsmas, R. Scholtens en G.H. Uenk, 1992. Ammoniakemissiemetingen in een model-systeem van een rundveestal: Theoretische beschouwingen. Wageningen, IMAG, Rapport 92-3, 25 pp.
- Groot Koerkamp, P.W.G., J.H.M. Metz, G.H. Uenk, V.R. Phillips, M.R. Holden, R.W. Sneath, J.L. Short, R.P. White, J. Hartung, J. Seedorf, M. Schröder, K.H. Linkert, S. Pederson, H. Takai, J.O. Johnsen en C.M. Wathes, 1998. Concentrations and Emissions of Ammonia in Livestock Buildings in Northern Europe. In: *Journal of Agricultural Engineering Research*. Volume 70 Number 1. Special Issue. Silsoe U.K.
- Galama, P.J., A.G. Evers, G.J. Gotink, M.H.A. de Haan, C.J. Hollander, G.C.P.M. Van Laarhoven en E.A.A. Smolders, 2002. Vee in balans: Versneld naar Minas-eindnormen (deel 2). Rapport 12 Koeien & Kansen. PV Lelystad.
- Huis in 't Veld, J.W.H., G.J. Monteny en R. Scholtens, 2001. Onderzoek naar de ammoniakemissie van stallen XLVIII: Natuurlijk geventileerde ligboxenstal met sleufvloer tijdens zomerperiode. Wageningen, IMAG, Rapport 2001-03, 19 pp. excl. bijlage.
- Koskamp, G. et al., 2003. Ammoniakemissie op De Marke. CLM- Rapport 32, Utrecht (in druk).
- Monteny, G.J., D.D. Schulte, A. Elzing en E.J.J. Lamaker, 1998. A conceptual mechanistic model for the ammonia emission from free stall cubicle dairy cow houses. *Transactions of the ASAE* 41 (1): 193-201.
- Scholtens, R. en J.W.H. Huis in 't Veld, 1997. Praktijkonderzoek naar de ammoniakemissie van stallen XXXVI: Natuurlijk geventileerde ligboxenstal met betonroosters voor melkvee. Wageningen, DLO, Rapport 97-1006, 35 pp. excl. bijlage.
- Scholtens, R., 1993. NH₃-converter + NO_x-analyser. In: E.N.J. van Ouwkerk (Ed.): *Meetmethoden NH₃-emissie uit stallen. Onderzoek inzake de mest- en ammoniakproblematiek in de veehouderij 16*, DLO, Wageningen, p. 19-22.
- Smits, M.C.J., G. van Duinkerken en G.J. Monteny, 2002. Mogelijkheden van ammoniakemissie beperkende voermaatregelen in de melkveehouderij. Wageningen IMAG, Nota P 2002-36.
- Tamminga, S., A.W. Jongbloed, M.M. van Eerdt, H.F.M. Aarts, F. Mandersloot, N.J.P. Hoogervorst en H. Westbroek, 2000. De forfaitaire excretie van stikstof door landbouwhuisdieren. Rapport ID Lelystad 00-2040R, 2000.
- VROM, 2001. Verzuring en grootschalige luchtverontreiniging Landbouw. Informatieblad. Oktober 2001. Ministerie VROM, Den Haag.
- RAV, 2002. Regeling ammoniak en veehouderij. Ministerie van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer, Staatscourant nr.82, Den Haag, p. 16.

Bijlagen

Bijlage A Gegevens tijdens de meetperiode

	Eenheid	Boekel	Bomers	Dekker	Hoefmans	Van Hoven	De Kleijne	Kuks	Miedema	Pijnenborg – van Kempen	Post	De Vries	Van Wijk	De Marke
Meetperiode	start	22-01-02	08-11-00	12-02-02	30-10-01	20-11-01	09-07-01	31-07-02	04-04-02	23-04-02	08-03-02	15-10-01	21-09-01	28-06-02
	eind	05-02-02	21-11-00	04-03-02	13-11-01	29-11-01	09-08-01	05-08-02	14-04-02	12-05-02	20-03-02	22-10-01	03-10-01	09-07-02
	aantal dagen	15	14	21	15	10	21	6	11	20	13	8	13	12
	uren %	93	94	40	78	100	100	100	92	52	85	100	85	92
Stalbezetting	N-eq	62	114	166	103.5	87	67	89	113.2	89.1	77.7	54	72	73
NH ₃ -conc stal	ppm	1.08	2.02	1.31	1.50	2.34	2.92	2.012	1.55	1.68	1.56	1.57	2.49	0.48
NH ₃ -conc buiten	ppm	0.03	0.32	0.20	0.14	0.06	0.30	0.08	0.04	0.10	0.05	0.24	0.62	0.03
SF ₆ -conc stal	ppb	6.79	6.34	3.25	4.31	10.74	12.78	9.13	6.31	4.50	8.73	9.65	11.40	3.93
SF ₆ -conc buiten	ppb	0.15	0.66	0.17	0.44	0.36	0.51	0.19	0.09	0.18	0.19	0.8	1.41	0.07
Km-factor	m ³ /uur	104264	122978	288718	202638	69433	65857	87960	117304	147733	83255	86579	71552	167080
	m ³ /koe.uur	1682	1088	1739	2026	798	983	988	1036	1658	1072	1603	994	2289
NH ₃ emissie	g/uur	85.4	145.5	180.7	181.5	98.3	108.8	108.7	115.1	152.9	82.0	69.9	88.2	55.0
	g/koe.dag	33.1	30.9	26.1	1986	27.1	39.0	29.3	24.4	41.2	25.4	31.1	29.4	18.1
	kg/koe.175 dgn	5.8	5.4	4.6	7.6	4.7	6.8	5.1	4.3	7.2	4.4	5.4	5.1	3.2
	kg/koe.190 dgn	6.3	5.9	5.0	8.3	5.2	7.4	5.6	4.6	7.8	4.8	5.9	5.6	3.4
Temp. stal	°C	11.6	11.3	9.3	11.8	11.2	22.3	22.2	10.6	16.1	11.9	16.1	17.9	19.2
Temp. buiten	°C	9.8	7.6	5.5	10.2	7.5	21.5	21.0	8.5	13.7	8.6	15.1	15.4	18.9
RV stal	%	81.6	81.0	76.5	84.1	88.1	76.1	85.5	70.2	80.7	79.1	92.4	83.4	79.8
RV buiten	%	86.9	86.1	88.9	84.9	92.6	71.6	87.3	79.4	84.4	87.2	92.8	88.2	76.4
Windsnelheid	m/s	5.6	2.7			0.8		1.0	3.0	1.6	5.3			1.7