

Naar een jaarrond-emissie van ammoniak uit melkveestallen

Gert-Jan Monteny (IMAG), Jos Huis in 't Veld (IMAG), Gert van Duinkerken (PV), Geert André (PV) en Frits van der Schans (CLM)



juni 2001

Inhoud

Inhoud.....	2
Samenvatting.....	3
Leeswijzer en verantwoording	4
1 Inleiding.....	5
2 Emissiefactoren melkveestallen in de UAV.....	6
3 Overzicht ammoniak-emissiemetingen aan melkveestallen	7
4 Case-studies traditionele ligboxenstallen voor melkvee	8
4.1 Kamerik.....	8
4.2 Lelystad	9
5 Case-studies emissie-arme stallen voor rundvee	11
5.1. Meetploeg	11
5.2 De Marke.....	11
6 Evaluatie en discussie	13
6.1 Beschikbare data	13
6.2 Traditionele ligboxenstallen	13
6.3 Sleufvloer	13
6.4 Jaarrond-emissie	14
6.5 Slotbeschouwingen	15
7 Conclusies en aanbevelingen	16
7.1 Conclusies.....	16
7.2 Aanbevelingen.....	16
Referenties.....	17
BIJLAGEN	19

Samenvatting

In het kader van de regelgeving op het gebied van ammoniakemissies is de Uitvoeringsrichtlijn Ammoniak en Veehouderij (UAV) een belangrijk referentiepunt.

Mede op basis van nieuwe inzichten en ontwikkelingen binnen het landbouwkundig onderzoek is door de ministeries van LNV en VROM het initiatief genomen voor een werkgroep met de opdracht om een inventarisatie te plegen van de kennis op het gebied van de ammoniakemissie vanuit rundveestallen. De metingen aan de traditionele ligboxenstal met roostervloer in Lelystad (PV/IMAG-onderzoek) zijn gebruikt om een regressiemodel te fitten, met onder andere de staltemperatuur en het ureumgehalte van de melk als verklarende variabelen voor de ammoniakemissie. De meetgegevens zijn de basis geweest voor een voorgestelde emissiefactor voor een ligboxenstal met roostervloer bij summerfeeding en zomerstalvoeding, en bij een melkureumgehalte van 20, 30 en 40 mg/100 g. Voorts is een mechanistisch model voor de ammoniakemissie uit melkveestallen, ontwikkeld door IMAG, gebruikt om een jaarrond-emissie te berekenen voor de overige vormen van beweiding (beperkt weiden/siëstabeweiding en onbeperkt weiden).

De metingen van de DLO-stalmeetploeg (siëstabeweiding; 30 mg ureum/100 g melk) vormden de basis voor een voorgestelde emissiefactor voor een ligboxenstal met sleufvloer, waarbij het IMAG-model werd gebruikt om eventuele temperatuurscorrecties uit te voeren en om een jaarrond-emissie te berekenen voor overige beweidingssystemen. Voor de berekening van de voorgestelde emissiefactoren voor de overige niveaus van melkureum is gebruik gemaakt van de in het PV/IMAG-onderzoek gevonden relatie tussen melkureum en emissie.

Hoewel het onvoldoende duidelijk is of de steekproeven (de beschikbare metingen) representatief zijn voor de populatie van Nederlandse melkveebedrijven, werden de volgende jaarrond-emissiefactoren (bij 30 mg ureum/100 g melk) voorgesteld:

- voor een traditionele ligboxenstal met roostervloer tussen 10,0 kg per dier (onbeperkt weiden) tot 13,5 kg per dier (zomerstalvoeding)
- voor een ligboxenstal met sleufvloer tussen 7,8 kg per dier (onbeperkt weiden) en 11,3 kg per dier (zomerstalvoeding).

Hieruit blijkt dat de emissiereductie door een sleufvloer aanzienlijk lager uitkomt dan tot nu toe werd aangenomen, te weten een reductie van 20% tegen een reductiepercentage van circa 50 uit vergelijkend onderzoek.

Op basis van deze studie wordt de aanbeveling gedaan om in een uitvoerig meetprogramma te komen tot een bredere dataset, d.w.z. dat metingen moeten worden uitgevoerd aan een grotere steekproef uit de huidige populatie van ligboxenstallen met en zonder sleufvloer, en bij verschillende niveaus van ureum in tankmelk. In dat kader wordt tevens voorgesteld om met voorrang te werken aan een herziening van het meetprotocol, zodat een grotere meetcapaciteit beschikbaar komt.

Leeswijzer en verantwoording

In dit rapport wordt een basis geleverd voor een jaarrond-emissie voor ammoniak vanuit ligboxenstallen voor melkvee. De metingen uitgevoerd door IMAG, PV en CLM zijn zoveel mogelijk als basis gebruikt voor het komen tot voorstellen voor een jaarrond-emissiefactor voor melkvee in een ligboxenstal met roostervloer en met een sleufvloer bij:

- ureumgehalten in de tankmelk van 20, 30 en 40 mg/100 g
- onbeperkt weiden, beperkt weiden/siëstabeweiding en summerfeeding/zomerstalvoeding

De omschrijving van de beweidingssystemen is als volgt:

- onbeperkt weiden: dieren lopen in de weide (20 uur per dag), met uitzondering van de tijd kort voor, tijdens en kort na het melken (2 uur 's morgens en 2 uur 's middag)
- beperkt weiden: dieren worden tussen beide melkbeurten overdag geweid (één periode van ca. 10 uur per dag in de weide) en blijven 's nachts op stal
- siëstabeweiding: dieren worden na elke melkbeurt een beperkte periode geweid (ca. 10 uur per dag in de weide, opgesplitst in 2 perioden)
- summerfeeding: de dieren worden permanent opgestald en krijgen daar kuilvoer (gras/mais) en krachtvoer
- zomerstalvoeding: de dieren worden permanent opgestald en krijgen daar vers gras, krachtvoer, en eventueel kuilvoer

In het rapport is gestreefd naar uniformering van de emissiewaarden door deze uit te drukken in kg ammoniak per dier per jaar. Bij de omrekening naar dierplaats dient de emissie met 0,9 te worden vermenigvuldigd, zijnde de gemiddelde stalbezetting. De eenheid "standaardkoe" of "N-equivalente melkkoe" is gedefinieerd als: aantal melkkoeien + aantal droge koeien + (aantal stuks jongvee * 0,65).

In dit rapport worden emissies gepresenteerd die gelden voor de stalperiode en de weideperiode. Deze periode kunnen ook worden geïnterpreteerd als respectievelijk 'winterperiode' en 'zomerperiode'. Uitgegaan is van een stalperiode die loopt van medio oktober tot medio april en 190 dagen lang is. De weideperiode is dan 175 dagen.

Verantwoording methodiek

Voor de jaarrond-emissiefactor voor een ligboxenstal met roostervloer is gebruik gemaakt van gegevens uit onderzoek te Lelystad (PV/IMAG-project). Deze gegevens, die betrekking hebben op summerfeeding, zijn gebruikt om een regressiemodel te fitten, met o.a. de staltemperatuur en het ureumgehalte van de melk als verklarende variabelen voor de ammoniakemissie. Dit model is gebruikt voor het berekenen van de emissiecijfers bij 20, 30 en 40 mg ureum/100 g melk. Voorts is een mechanistisch model voor de ammoniakemissie uit melkveestallen, ontwikkeld door IMAG, gebruikt om een jaarrond-emissie te berekenen voor de overige vormen van beweiding (inclusief een eventuele temperatuurcorrectie). Onderzoek van de DLO-stalmeetploeg (IMAG) is gebruikt voor het vaststellen van een jaarrond-emissie voor een ligboxenstal voor melkvee met sleufvloer bij siëstabeweiding en een melkureumniveau van 30 mg/100 g. De met het PV-regressiemodel berekende relatie tussen ureumgehalte en emissie voor een stal met roostervloer is ook toegepast op de data van de DLO-meetploeg voor het berekenen van de emissie bij siëstabeweiding, bij 20 en 40 mg ureum/100 g melk. Tenslotte is deze reeks met het IMAG-model omgerekend naar een jaarrond-emissie voor de sleufvloer bij de overige beweidingssystemen.

1 Inleiding

In het kader van de regelgeving op het gebied van ammoniakemissies is de Uitvoeringsregeling Ammoniak en Veehouderij (UAV) een belangrijk referentiepunt, onder andere voor vergunningverlening. De in deze UAV opgenomen ammoniakemissiefactoren per stalsysteem vormen ook een basis voor de berekening van de landelijke ammoniakemissie, doordat de in de rekenmethodiek gebruikte vervluchtigingsfactoren (ammoniakemissie als percentage van de uitgescheiden hoeveelheid stikstof) gebaseerd zijn op hetzelfde onderzoek als waarvan de emissiefactoren in de UAV zijn afgeleid.

De emissiefactoren in de UAV worden uitgedrukt in kg NH₃ per dierplaats per jaar, waarbij veelal rekening wordt gehouden met leegstand tussen de verschillende mest- of opfokronden per jaar. Echter, voor de rundveehouderij heeft de emissiefactor uitsluitend betrekking op de stalperiode waarin de dieren op stal staan (190 dagen periode). De huidige emissiefactor (medio 2001) voor traditionele ligboxenstallen bedraagt 8,8 kg per dierplaats voor de stalperiode.

Mede op basis van nieuwe inzichten en ontwikkelingen binnen het landbouwkundig onderzoek is door de ministeries van LNV en VROM het initiatief genomen voor een werkgroep met de opdracht om een inventarisatie te plegen van de kennis op het gebied van de ammoniakemissie vanuit rundveestallen. De werkgroep zou een basis moeten aanleveren voor opname in de UAV van:

- een emissiecijfer op jaarbasis voor de rundveehouderij
- differentiatie van de emissie naar seizoen, voeding, stal- c.q. vloertype en beweidingssysteem

De werkgroep bestond uit onderzoekers van het Instituut voor Milieu en Agritechniek (IMAG), Praktijkonderzoek Veehouderij (PV) en Centrum voor Landbouw en Milieu (CLM). In de begeleidingscommissie hadden vertegenwoordigers zitting vanuit de ministeries LNV en VROM, het Expertisecentrum LNV en het Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu (RIVM). In bijlage 1 is de volledige samenstelling van de werkgroep en de begeleidingscommissie opgenomen.

In dit rapport wordt een overzicht gegeven van de onderzoeksresultaten op het gebied van ammoniakemissie vanuit diverse typen melkveestallen in Nederland. In Hoofdstuk 2 wordt een verkort overzicht gegeven van de huidige emissiefactoren voor rundvee. Vervolgens wordt een overzicht gegeven van de metingen die de afgelopen jaren zijn uitgevoerd aan melkveestallen (Hoofdstuk 3). Daarna wordt in detail ingegaan op beschikbare data voor traditionele (Hoofdstuk 4) en emissie-arme (Hoofdstuk 5) melkveestallen. In hoofdstuk 6 worden de beschikbare data bediscussieerd en wordt een voorstel gedaan voor emissiefactoren voor ligboxenstallen. Tenslotte worden in Hoofdstuk 7 conclusies getrokken en aanbevelingen gedaan.

2 Emissiefactoren melkveestallen in de UAV

In tabel 1 wordt een overzicht gegeven van de emissiefactoren voor rundveestallen zoals die zijn opgenomen in de UAV.

Tabel 1. Ammoniakemissie ('emissiefactor' in kg per dierplaats per stalperiode) voor melkveestallen (UAV – Staatscourant).

Stalsysteem	Emissiefactor	Opmerkingen
Grupstal + mengmest	3,0	max. 1,2 m ² vuil oppervlak
Rooster-/hellende vloer + giergeoot	4,4	met spoelsysteem
Hellende vloer + giergeoot	4,0	spoelsysteem, max. 3,75 m ² vuil opp.
Hellende vloer + giergeoot	4,4	max. 3 m ² vuil oppervlak
Sleufvloer + mestschuif	4,4	
Overige bedrijven	8,8	

De in tabel genoemde emissiefactoren hebben betrekking op een stalperiode van 190 dagen (Beoordelingsrichtlijn emissiearme stallen, 1996). Deze stalperiode betreft in het algemeen de periode tussen begin oktober en eind mei, maar is niet scherp gedefinieerd. Met uitzondering van de emissiefactor voor 'overige bedrijven', zijn de emissiefactoren voor de genoemde stalsystemen gebaseerd op metingen uitgevoerd door de DLO-stalmeetploeg.

3 Overzicht ammoniak-emissiemetingen aan melkveestallen

In tabel 2 wordt een overzicht gegeven van de ammoniakemissiemetingen die onder praktijkomstandigheden zijn uitgevoerd. De afgelopen jaren is ook veel onderzoek uitgevoerd in het kader van de ontwikkeling van emissie-arme systemen voor de rundveehouderij, o.a. op het IMAG-proefbedrijf "De Vijf Roeden" te Duiven. De betreffende resultaten worden in dit kader uitsluitend daar waar relevant in de discussie meegenomen.

De metingen aan de eerste zeven genoemde stalsystemen zijn uitgevoerd door de DLO-meetploeg. Het rapportnummer verwijst naar de DLO/IMAG-serie "(Praktijk)onderzoek naar de ammoniakemissie van stallen", in welk kader de meetploegactiviteiten worden gerapporteerd. Daarnaast zijn in de tabel de metingen uit het samenwerkingsproject "Voeding en ammoniak" van PV en IMAG, en van onderzoek van CLM op "De Marke" opgenomen.

Tabel 2. Overzicht emissiemetingen in de praktijk per stalsysteem.

Stalsysteem	Rapport	Meetperiode	Locatie	Ventilatie ^{*1)}
Grupstal voor melkvee	91-1002	21.12.90 – 21.05.91	Achterberg	MV
Potstal voor melkvee	93-1005	25.11.92 – 27.03.93	Oosterhesselen	MV
Potstal voor zoogkoeien	94-1006	14.01.94 – 13.04.94	Oosterhesselen	MV
Ligboxenstal, hellende vloer en sproeischuif (melkvee)	96-1006	01.02.95 – 18.04.95	Kraanmeer	NV; CO
Ligboxental met betonroosters – stalperiode (melkvee)	97-1006	01.01.96 – 31.07.96	Kamerik	NV; SF6
Ligboxental met sleufvloer – stalperiode (melkvee)	98-1006	26-01.98 – 29-04.98	Arriën/Ommen	NV; SF6
Ligboxenstal met sleufvloer – weideperiode (melkvee)	P2000-84 R2001-03	08.07.99 – 05.10.99	Arriën, Ommen	NV; SF6
Ligboxenstal met dichte vloer (De Marke; melkvee)	In voorbereiding	1994 – 1997	Hengelo (Gld.)	NV; CO ₂
Ligboxenstal met sleufvloer (De Marke; melkvee)	In voorbereiding	1997 – 1999	Hengelo (Gld.)	NV; CO ₂
Ligboxenstal met roostervloer – volledig opgesteld (melkvee)	In voorbereiding	16.03.98 – 16.04.00	Lelystad	NV; SF6

^{*1)} MV = mechanische ventilatie; NV = natuurlijke ventilatie; CO, SF₆, CO₂ = aanduiding tracergas voor debietsmeting

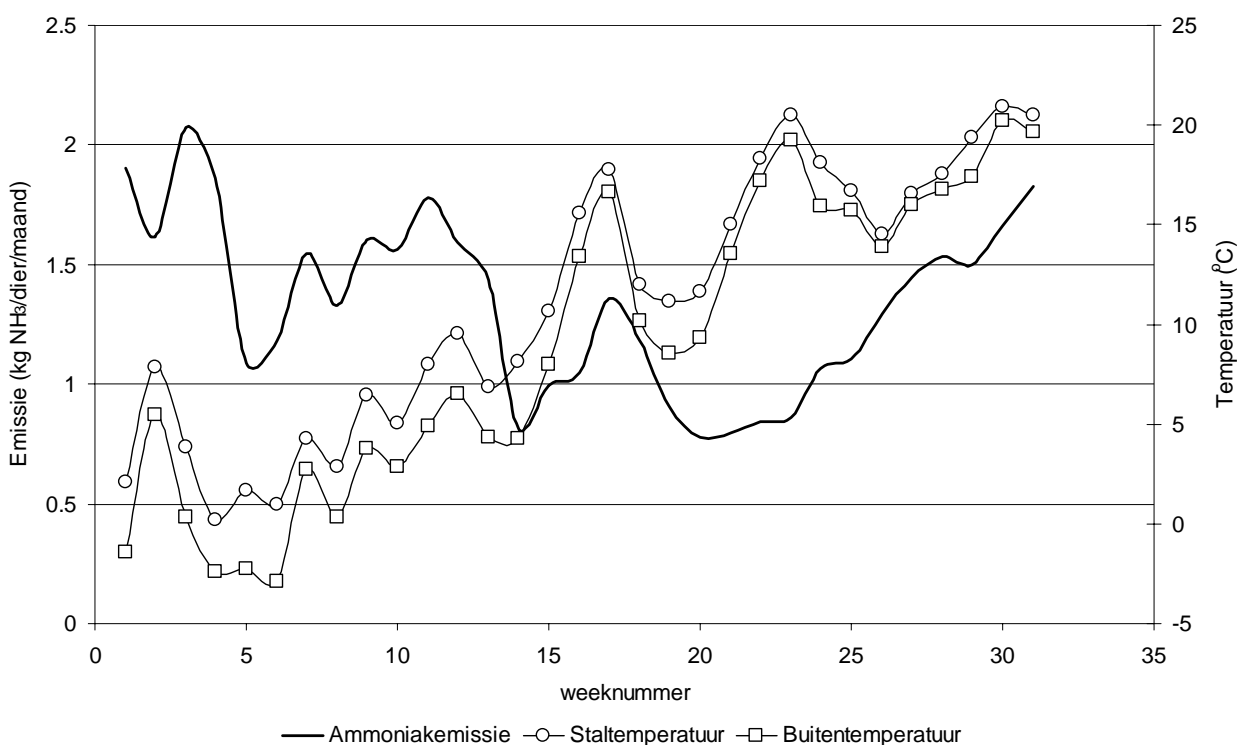
De grupstal met roosters (1 m² per dier; mengmestopslag in de kelder) is als zodanig als emissie-arm systeem opgenomen in de UAV. De potstallen voor melkvee en zoogkoeien hadden een ammoniakemissie die slechts weinig lager was dan de norm voor ligboxenstallen. De eerste drie genoemde stalsystemen uit tabel 2 worden in het kader van dit rapport niet verder uitgewerkt. In bijlage 2 wordt een volledig overzicht gegeven van de resultaten van de metingen aan de in tabel 2 genoemde ligboxenstallen. Daarbij zijn ook andere relevante gegevens opgenomen. In bijlage 3 zijn de details van het onderzoek op De Marke opgenomen.

4 Case-studies traditionele ligboxenstallen voor melkvee

In dit hoofdstuk worden twee cases van emissiemetingen aan traditionele ligboxenstallen voor melkvee nader toegelicht. De metingen te Kamerik zijn uitgevoerd door de DLO-stalmeetploeg; de metingen te Lelystad zijn afkomstig van een gezamenlijk onderzoek van PV en IMAG naar het effect van rantsoentype op de ammoniakemissie.

4.1 Kamerik

In figuur 1 wordt het verloop van de ammoniakemissie en van de stal- en buitentemperatuur gedurende de meetperiode (januari t/m juli 1997) te Kamerik weergegeven.



Figuur 1. Weekgemiddelde stalemissie, staltemperatuur en buitentemperatuur gedurende de meetperiode van 7 maanden in de natuurlijk geventileerde ligboxenstal te Kamerik (1997). De dieren werden ca. 12 uur per dag geweid, vanaf 22 april = week 17.

Het verloop van de ammoniakemissie is niet eenvoudig te interpreteren, omdat detailgegevens ontbreken. Aspecten zoals temperatuur, voeding en beweidingssysteem hebben naar alle waarschijnlijkheid een niet nader te kwantificeren invloed op het verloop van de emissie gehad. Opvallend is de hoge emissie (tussen 1,5 en 2 kg per koe per maand) tijdens de stalperiode. Naast de mogelijke genoemde effecten, heeft de nieuwe roostervloer hier waarschijnlijk een belangrijke rol gespeeld. De vloer was namelijk ca. 2 maanden voor aanvang van de metingen nieuw in de stal aangebracht. De pH van de vloer bij de productie (tot pH 13) kan gedurende langere tijd hoog blijven (Monteny, 2000), ook bij gebruik in een praktische situatie. De pH zal langzaam afnemen (uitlogen) als gevolg van het koeverkeer en het bevullen met mest en urine. Aangezien de emissie zeer sterk gerelateerd is aan de pH, is het waarschijnlijk dat de hoge pH van het vloeroppervlak – en dus van de plassen urine op de vloer – de hoge emissie tijdens de wintermaanden mede heeft bepaald.

Op basis van de meetcijfers werd een ammoniakemissie tijdens de stalperiode (190 dagen) van 8,9 kg per N-equivalente melkkoe berekend. De stalemissie tijdens de weideperiode (175 dagen) was 7,0 kg per N-equivalente melkkoe (zie bijlage 2 en Scholtens & Huis in 't Veld , 1997).

4.2 Lelystad

In een meerjarig project (1998-2002) van PV en IMAG wordt het effect van voedingsaanpassingen op de ammoniakemissie vanuit de stal onderzocht, evenals de bruikbaarheid van het ureumgehalte in tankmelk als graadmeter voor emissiereductie. Het melkureumgehalte is namelijk een goede indicator voor de stikstofexcretie via de urine (Ciszuk en Gebregziabher, 1994, Jonker et al, 1998, Schepers en Meijer, 1998). In dit rapport zijn de eerste resultaten uit het project opgenomen.

Materiaal en methoden

Een veestapel van 55 tot 57 Holstein-Friesian melkkoeien is gebruikt voor onderzoek naar het effect van voedingsaanpassingen op de ammoniakemissie vanuit een natuurlijk geventileerde melkveestal met ligboxen en een roostervloer (Voer- en emissiebedrijf, Walboerhoeve, Lelystad). De roostervloer was gelijk aan die gewoonlijk in de praktijk wordt aangetroffen (Scherphof, persoonlijke mededeling). Aanvullend is de relatie tussen het ureumgehalte in tankmelk (De Jong et al, 1992) en de ammoniakemissie uit de stal onderzocht.

De proef was gepland als factoriële 3²-proef in 3 herhalingen. Elke experimentele eenheid bestond uit een periode van 3 weken. De factoren waren Onbestendig Eiwitbalans (OEB) met als niveaus 0, 500 en 1000 g/dag per dier en snijmaisaandeel met als niveaus 0, 50 en 100%. Het aandeel snijmais is berekend als de drogestof hoeveelheid snijmais ten opzichte van de totale hoeveelheid drogestof ruwvoer. Bij 0 en 50% snijmais bestond het overige ruwvoer uit graskuil. Bij de voeding van de dieren werd telkens gestreefd naar normvoeding voor netto energie, uitgedrukt in VEM (Van Es, 1975; 1978) en Darm Verteerbaar Eiwit, DVE (Tamminga et al, 1994).

Bij de uitvoering zijn enkele behandelingen extra herhaald, namelijk wanneer er sprake was van ontbrekende waarnemingen (emissiemetingen). Volgorde van behandelingen werd aselekt bepaald. De factoriële instellingen zijn bij grote overgangen stapsgewijs gerealiseerd. Daarbij moet tevens worden opgemerkt dat instelling vooraf werd gebaseerd op analyses van volledige voerpartijen, terwijl achteraf voederwaardebepalingen zijn gedaan door actuele bemonstering en analyse.

Bij de statistische analyse is gebruik gemaakt van een dynamisch regressiemodel (Pankratz, 1991).

Resultaten en discussie

In tabel 3 staan voorspellingen voor de ammoniakemissie vanuit de stal, gebaseerd op de parameterschattingen uit het dynamische regressiemodel. De ammoniakemissie is telkens gestandaardiseerd voor een staltemperatuur van 15 °C en uitgedrukt in kg NH₃ per dier in 190 staldagen.

Tabel 3. Ammoniakemissie in 190 staldagen (kg/dier), predictie per behandeling, locatie Lelystad

OEB (g/dier/dag)	Rantsoencomponent(en)		
	Graskuil	Graskuil-Snijmais	Snijmais
0	3,7	4,5	5,5
500	6,4	7,7	9,3
1000	8,5	10,3	12,4

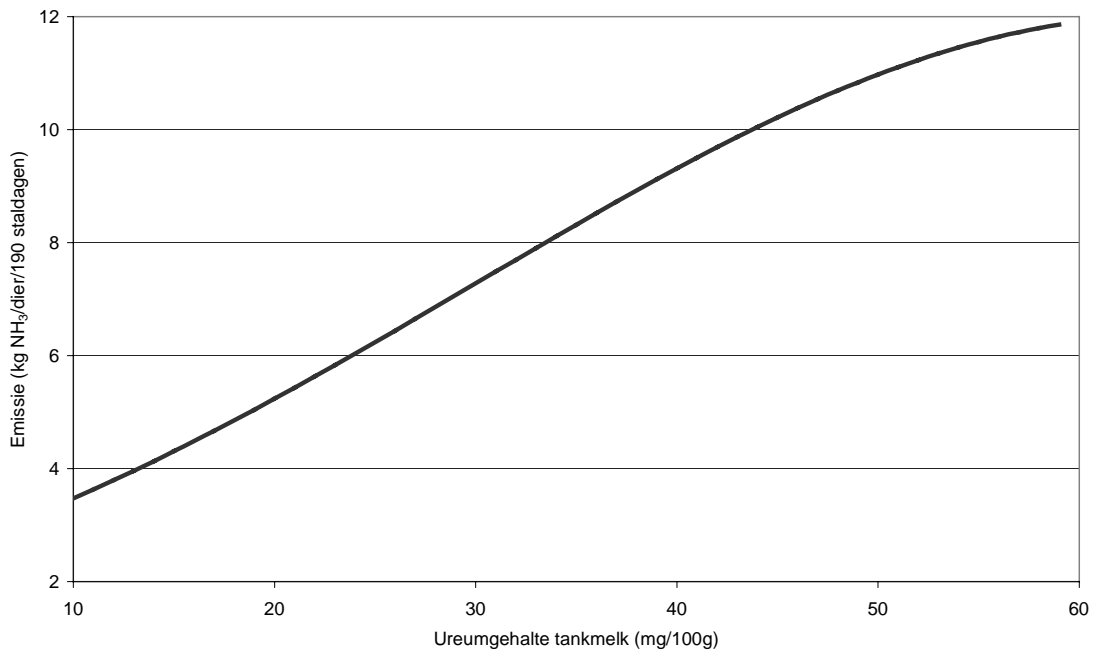
De emissie neemt toe naarmate de OEB hoger is. Een zelfde effect is eerder vastgesteld in onderzoek in een mechanisch geventileerde melkveestal (Smits et al, 1993).

Naast een effect van OEB op emissie is bij een zelfde OEB de emissie hoger naarmate het snijmaisaandeel hoger is. Het snijmaisaandeel is echter niet de causale factor. In het onderzoek was het snijmaisaandeel gestrengeld met de DVE-opname. De gemiddelde DVE-opname was bij 100% snijmais ca. 300 g/dier/dag hoger dan bij 50% snijmais en ca. 600 g/dier/dag hoger dan bij 0% snijmais. Dit heeft

niet te maken met voeding boven de DVE-norm, maar met name met een stijging van de voeropname bij vervanging van graskuil door snijmais in het rantsoen. Bij alle rantsoenen werd rond de DVE-norm gevoerd, echter bij rantsoenen met snijmais was de melkeiwitproductie en de daarvan afgeleide DVE-behoefte groter. De hogere opname aan DVE in rantsoenen met snijmais gaat gepaard met hogere verliezen aan stikstof in de stofwisseling. Immers, de efficiëntie van benutting van DVE is circa 64%. Het niet benutte deel van het DVE draagt bij aan de uitscheiding van ureum via de urine en daarmee aan de emissie van ammoniak.

In theorie speelt naast het eiwitniveau (DVE en OEB) van het rantsoen, tevens het ruwvoertype een rol bij de emissie van ammoniak. Rantsoenen met veel graskuil bevatten doorgaans een hoger gehalte aan kalium (en natrium) dan rantsoenen met veel snijmais. De urineproductie is daarom normaal gesproken op graskuilrantsoenen groter dan op snijmaistrantsoenen (Bannink et al, 1999). Bij een hogere urineproductie is de ureumuitscheiding via de urine meer verdund en wordt theoretisch een enigszins lagere stalemissie verwacht. Dit effect is onderzocht, maar was dusdanig klein dat het geen significante bijdrage leverde aan de emissievoorspellingen.

Figuur 2 geeft de relatie tussen het ureumgehalte in tankmelk en de predictie voor ammoniakemissie vanuit de stal. De emissie is wederom gestandaardiseerd voor een temperatuur van 15 °C en uitgedrukt in kg NH₃ per dier in 190 staldagen.



Figuur 2. Voorspelde ammoniakemissie op basis van het ureumgehalte in tankmelk, locatie Lelystad

Uit figuur 2 is af te leiden dat de ammoniakemissie uit de stal sterk is gecorreleerd met het ureumgehalte in tankmelk ($r^2=0,88$).

5 Case-studies emissie-arme stallen voor rundvee

In dit hoofdstuk worden de belangrijkste resultaten van emissie-onderzoek aan emissie-arme stallen voor rundvee gepresenteerd en geïnterpreteerd. Voor de rundveehouderij zijn, naast de grupstal, alleen de hellende vloer met sproeisysteem (CHV-stal; bijlage 2) en de sleufvloer met mestschuif in de UAV als emissie-arm systeem voor rundveestallen aangemerkt. Ten opzichte van de emissiefactor voor de stalperiode realiseren beide systemen een emissiereductie van 50% of meer. Aan de hellende vloer met spoelsysteem zijn alleen metingen tijdens de stalperiode verricht. Hierna wordt uitsluitend verder ingegaan op de sleufvloer, omdat dit emissie-arme systeem vooralsnog het meeste in de praktijk wordt gerealiseerd. Tevens worden de gegevens over de metingen op De Marke in de situatie met de dichte, hellende betonvloer gepresenteerd.

5.1. Meetploeg

Aan de sleufvloer zijn door de DLO-meetploeg metingen verricht tijdens zowel de stal – als de weideperiode (siëstabeweiding; bijlage 2). De vloer was voor het begin van de metingen reeds langere tijd in gebruik, zodat geen sprake zal zijn geweest van een eventueel effect van een nieuwe vloer op de ammoniakemissie zoals bij de metingen te Kamerik (zie paragraaf 4.1) werd verondersteld.

Op basis van de metingen zou de jaarrond-emissiefactor voor de sleufvloer op ca. 10 kg (4,4 voor de stal- en 5,5 voor de weideperiode) uitkomen. Uit bijlage 2 blijkt echter dat de staltemperatuur tijdens de stalperiode 12,2 °C bedroeg. Dit is aanmerkelijk hoger dan de gemiddelde staltemperatuur van 9,2 °C die op basis van de gegevens in bijlage 4 is berekend. Onder 'normale' omstandigheden zou de ammoniakemissie van de ligboxenstal met sleufvloer dus lager zijn dan uit de metingen werd afgeleid. In het in Hoofdstuk 4 genoemde regressiemodel voor de ammoniakemissie van de stal te Lelystad wordt uitgegaan van een toe- of afname van de ammoniakemissie met circa 3% per graad Celsius. Daarnaast vonden Monteny et al. (1998) in het ammoniakemissiemodel een temperatuur-effect van ca. 4% per graad Celcius. Uitgaande hiervan is een correctiefactor van 10% per 3 graden Celcius aangenomen (3,5% per graad Celcius). Daarmee zou de ammoniakemissie op 4,0 kg uitkomen. De temperatuur tijdens de weideperiode lag dicht bij de 'normale' waarde (18,1 °C), hetgeen betekent dat de emissie betrekking heeft gehad op 'normale' klimaatsomstandigheden.

5.2 De Marke

Door CLM zijn de onderstaande data aangeleverd over de ammoniakemissie tijdens de stal- en weideperioden in de seizoenen 1994/1995 tot en met 1998/1999. De gegevens over dieraantallen, ureumgehalten in de melk en temperaturen staan in bijlage 3.

Tabel 4. Ammoniakemissies per stal- en weideperiode op De Marke in de periode 1994-1999.

Periode	Emissie (g/dag)		Emissie (kg per periode)	
	Per 'standaardkoe'	Per dierplaats	Per 'standaardkoe'	Per dierplaats
<i>HELLENDE VLOER</i>				
Stal 94/95	15,7	14,6	3,0	2,8
Weide 95	21,6	17,7	3,8	3,1
Stal 95/96	15,3	13,1	2,9	2,5
Weide 96	22,8	18,2	4,0	3,2
Stal 96/97	19,0	16,4	3,6	3,1
Weide 97	16,9	12,2	2,9	2,1
<i>SLEUFVLOER</i>				
Stal 97/98	25,7	23,2	4,9	4,4
Weide 98	32,6	25,2	5,7	4,4
Stal 98/99	21,5	20,7	4,1	3,9
Weide 99	26,8	21,8	4,7	3,8

Uit bijlage 3 blijkt dat de temperatuur tijdens de sleufvloer-stalperioden met gemiddeld 7,2 °C iets lager was dan de 'normale' waarde voor een stalperiode. De ammoniakemissie zal tijdens de stalperioden derhalve onder 'normale' omstandigheden iets hoger zijn uitgekomen (+ 7% = gemiddeld 4,4 kg per dierplaats per stalperiode). De gemiddelde staltemperatuur tijdens de weideperioden (bijlage 3) lag iets onder de 'normale' waarden (1,5 graad Celcius), zodat de ammoniakemissie bij een 'normale' klimaatssituatie wordt geschat op 4,3 kg per dierplaats voor de weideperiode (+ 5%).

Uit de gegevens in tabel 4 blijkt dat de ammoniakemissie van de hellende betonvloer gemiddeld lager was dan van dezelfde stal met een sleufvloer. In beide gevallen was er op De Marke sprake van een vrij eiwitarme voeding, inherent aan het karakter van het bedrijf. Dit leidde tot een gemiddeld ureumgehalte van 18 mg/100 g in de stalperiode en 20 mg/100 g in de weideperiode. De ammoniakemissie zal daardoor naar verwachting lager liggen dan de gemiddelde emissie op praktijkbedrijven.

Uit de gegevens blijkt tevens dat in nagenoeg alle gevallen de ammoniakemissie van de stal tijdens de weideperiode hoger was dan tijdens de stalperiode. Kennelijk wordt de lagere emissie als gevolg van het feit dat de dieren tijdens de weideperiode een aantal uren per dag buiten lopen gecompenseerd door de toename van de emissie als gevolg van de hogere temperaturen tijdens de weideperiode.

6 Evaluatie en discussie

6.1 Beschikbare data

In het algemeen kan worden opgemerkt dat de afgelopen jaren een beperkt aantal datasets beschikbaar is gekomen die kunnen dienen als basis voor een eventuele herziening c.q. verfijning van de emissiefactor voor melkveestallen. De hierna gepresenteerde suggesties dienen derhalve in dat kader te worden gezien. Voor een verder onderbouwing zijn meer metingen per systeem (stal- en weideperiode, inclusief beweiding) noodzakelijk. Daarbij dient met voorrang aandacht te worden besteed aan alternatieve meetprotocollen voor het vaststellen van emissiefactoren voor natuurlijk geventileerde rundveestallen, waarbij uitgegaan wordt van kortere meetperioden per locatie. Hiertoe zijn reeds binnen DLO-onderzoeksprogramma 309 (werktitel: "Gasvormige emissies in de veehouderij") voorstellen in voorbereiding, maar deze activiteit dient – gezien het belang van een grondige onderbouwing van emissiefactoren in de toekomst – te worden geïntensiveerd.

6.2 Traditionele ligboxenstallen

Het meten van de ammoniakemissie van traditionele ligboxenstallen is onderwerp geweest van een tweetal onderzoeken, te weten de metingen van de DLO-stalmeetploeg te Kamerik (stalperiode en een deel van de weideperiode) en het PV/IMAG-onderzoek te Lelystad naar de relatie tussen melkveevoeding en ammoniakemissie (metingen met de dieren permanent op stal). Gezien de discussie rond de invloed van diverse emissiebestemmende parameters (de temperatuur, het voer en waarschijnlijk vooral de vloer) op de ammoniakemissie te Kamerik kan deze dataset niet of slechts in beperkte mate worden gebruikt voor een evaluatie van de emissie voor traditionele melkveestallen. De dataset uit het PV/IMAG-onderzoek vormt in dit verband een betere basis. In tabel 5 is een selectie gemaakt uit bijlage 5 van de meest relevante combinaties van aantal staldagen, staltemperatuur en melkureumgehalte. De gemiddelde staltemperatuur tijdens de stal- en de weideperiode is afgeleid uit bijlage 4.

Tabel 5. Ammoniakemissie per dier en per dierplaats (bij 90% stalbezetting) bij diverse combinaties van aantal staldagen, staltemperatuur en melkureumgehalte: predictie voor locatie Lelystad

Staldagen	Staltemperatuur (°C)	Ureum (mg/100 g melk)	Emissie (kg per aantal staldagen)	
			Per dier	Per dierplaats
190	9,2	40	7,93	7,14
190	9,2	30	6,20	5,58
190	9,2	20	4,46	4,02
175	18,1	40	9,34	8,41
175	18,1	30	7,30	6,57
175	18,1	20	5,25	4,73

6.3 Sleufvloer

Uit onderzoek op De Marke (sleufvloer) werden gecorrigeerde stalemissies afgeleid van 4,4 kg per dierplaats voor de stalperiode en 4,3 kg per dierplaats voor de weideperiode. De dieren op De Marke hadden echter een veel groter vloeroppervlak ter beschikking. Uitgaande van een bevuild vloeroppervlak van 446 m² (V.d. Schans, persoonlijke mededelingen) en een gemiddeld aantal van 90 'standaardkoeien' was per dier bijna 5 m² bevuild vloeroppervlak in de stal aanwezig. In de stal te Arriën was dit 3,3 m² per dierplaats en de gegevens van het onderzoek te Arriën zijn derhalve gebruikt voor het formuleren van een voorstel voor de emissiefactor voor de sleufvloer. De emissie voor de weideperiode kan – met het oog op de gemiddelde temperatuur tijdens de metingen – direct worden gebruikt voor een voorgestelde emissiefactor voor een situatie met siëstabeweiding en beperkt weiden (gemiddeld 10 uur per dag in de weide, bijlage 2). Gegevens over het ureumgehalte van de tankmelk werden tijdens deze metingen overigens niet verzameld. Aangenomen wordt dat dit gehalte rond de 30 mg/100 g melk heeft gelegen. Het ureumgehalte van de melk tijdens de metingen op De Marke lag rond de 20 mg/100 g.

6.4 Jaarrond-emissie

Op basis van de hiervoor gepresenteerde cijfers is een tabel samengesteld met de meest aannemelijke waarden voor de ammoniakemissie tijdens de stalperiode en de weideperiode voor de traditionele ligboxenstal en de ligboxenstal met sleufvloer, bij verschillende beweidingssystemen (tabel 7). De emissiecijfers voor stalperiode in de traditionele ligboxenstal zijn afkomstig vanuit het PV/IMAG-onderzoek (paragraaf 4.2) en zijn hetzelfde voor alle beweidingssystemen. Ook de emissiecijfers voor de weideperiode voor summerfeeding zijn uit dit onderzoek afgeleid. Aangenomen is dat deze waarden ook geldig mogen worden verklaard voor de weideperiode bij zomerstalvoeding, hoewel hiervoor geen onderbouwende data beschikbaar zijn. Voor de emissiecijfers voor de weideperiode bij de overige beweidingssystemen is gebruik gemaakt van tabel 6 met correctiefactoren, opgesteld met het stalemissiemodel van Monteny (2000).

Tabel 6. Relatieve ammoniakemissie uit de stal bij verschillende beweidingssystemen.

Beweidingssysteem	Beweiding (uren)	Relatieve emissie (%) t.o.v.	
		Summerfeeding	Beperkt weiden
Onbeperkt weiden	20	52	69
Beperkt weiden (incl. Siëstabeweiding)	10	76	100
Summerfeeding en zomerstalvoeding	0	100	132

Voor de ammoniakemissie in de weideperiode voor een stal met sleufvloer is uitgegaan van de metingen van de DLO-stalmeetploeg (30 mg ureum), waarbij sprake was van siëstabeweiding. De, voor de temperatuur gecorrigeerde, gemeten emissie is vervolgens omgerekend, via tabel 6, tot emissiecijfers voor de overige beweidingssystemen. Tenslotte zijn de emissiecijfers voor de overige ureumgehalten berekend met de voor de roostervloer (PV/IMAG-onderzoek; Tabel 7) geldende relatie tussen ureumgehalte en emissies.

Tabel 7. Temperatuur-gecorrigeerde ammoniakemissie (stalperiode, weideperiode en jaarrond, in kg per dier) voor ligboxenstallen voor melkveestallen met roostervloer en sleufvloer.

Vloersysteem en beweidingssysteem	Emissie (kg per dier)								
	Stalperiode			Weideperiode			Jaarrond		
Ureumgehalte (mg/100 g melk)	20	30	40	20	30	40	20	30	40
<i>ROOSTERVLOER</i>									
Onbeperkt weiden	4,5	6,2	7,9	2,7	3,8	4,8	7,2	10,0	12,7
Beperkt weiden (incl. siëstabeweiding)	4,5	6,2	7,9	4,1	5,5	7,0	8,6	11,7	14,9
Summerfeeding en zomerstalvoeding	4,5	6,2	7,9	5,3	7,3	9,3	9,8	13,5	17,2
<i>SLEUFVLOER</i>									
Onbeperkt weiden	<u>2,9</u>	<u>4,0</u>	<u>5,1</u>	<u>2,8</u>	<u>3,8</u>	<u>4,8</u>	<u>5,7</u>	<u>7,8</u>	<u>9,9</u>
Beperkt weiden (incl. siëstabeweiding)	<u>2,9</u>	<u>4,0</u>	<u>5,1</u>	<u>4,0</u>	<u>5,5</u>	<u>7,0</u>	<u>6,9</u>	<u>9,5</u>	<u>12,1</u>
Summerfeeding en zomerstalvoeding	<u>2,9</u>	<u>4,0</u>	<u>5,1</u>	<u>5,3</u>	<u>7,3</u>	<u>9,3</u>	<u>8,2</u>	<u>11,3</u>	<u>14,4</u>

Toelichting: de **vetgedrukte** cijfers direct afkomstig van of gebaseerd op emissiemetingen. De *cursieve* cijfers zijn berekend met het emissiemodel van Monteny (2000). De onderstreepte cijfers zijn afgeleid van de relatie tussen ureumgehalte en emissie voor de stal met roostervloer (summerfeeding/zomerstalvoeding).

Voor de omrekening van de emissie per dier naar dierplaats dienen de getallen met een factor 0,9 (90% stalbezetting) te worden vermenigvuldigd. In de melkveehouderij is het gemiddelde ureumgehalte in de tankmelk ca. 30 mg/100 g (Smits, persoonlijke mededelingen).

6.5 Slotbeschouwingen

Op basis van het voorgaande wordt voorgesteld de emissiefactor voor een traditionele ligboxenstal met roostervloer aanzienlijk naar beneden bij te stellen. Afhankelijk van het ureumgehalte in de tankmelk wordt de range nu 4,5 tot 7,9 kg per dier per stalperiode. Dit is gelijk aan of lager dan de thans gebruikte emissiefactor in de UAV (8,8 kg ammoniak per dierplaats per 190 staldagen = 7,9 kg per dier per 190 staldagen). Deze factor is rond 1980 voorgesteld. Hoewel geen informatie bekend is over het bijbehorende ureumgehalte, mag worden aangenomen dat dit toen hoger was dan op dit moment, vooral omdat de rantsoensamenstelling en het voermanagement de laatste decennia zodanig zijn verbeterd dat meer rekening wordt gehouden met verliezen naar het milieu. De thans voorgestelde lagere emissies voor de stalperiode liggen derhalve in de lijn der verwachting.

Ten aanzien van het onderzoek aan de stal te Lelystad dient te worden opgemerkt dat dit op nagenoeg alle aspecten heeft plaatsgevonden onder praktijkomstandigheden. Alleen de ventilatie van de stal was niet geheel conform de praktijk, aangezien in de stal geen dwarsventilatie mogelijk was. Bovendien was de wandhoogte van de stal vrij hoog. Echter, het gemeten ventilatiedebiet lag met een gemiddelde van rond de 900 m³ per dier per uur binnen de range die in de praktijk wordt gevonden. Het gemiddelde ventilatiedebiet tijdens de metingen in Arriën (sleufvloer) was ongeveer 800 m³ per dier per uur. Voorts valt uit het voorgaande af te leiden dat de voorgestelde emissiefactor voor de sleufvloer slechts 20% lager uitkomt dan de emissiefactor voor een zelfde stal met roostervloer. Dit is een aanmerkelijk lager percentage dan op basis van eerder IMAG-onderzoek werd vastgesteld. Swierstra et al. (1999) rapporteerden een reductie van ca. 50%, gemeten in een direct vergelijkingsonderzoek met experimentele kleine eenheden te Duiven. De oorzaken van dit verschil moet worden gezocht in enerzijds de in het onderhavige rapport gebruikte basis voor de vergelijking van de emissie van een roostervloer en een sleufvloer, en anderzijds in de karakteristieke opzet van de experimentele eenheden waarin het IMAG-onderzoek heeft plaatsgevonden. Bij het eerste aspect valt op te merken dat de emissiecijfers voor een stal met roostervloer en een stal met sleufvloer afkomstig zijn van twee onderzoeken die op verschillende locaties zijn uitgevoerd. Ondanks dat voor de belangrijkste invloedsfactor (temperatuur) is gecorrigeerd, valt niet uit te sluiten dat verschillen in andere invloedsfactoren (o.a. stalgeometrie, dierbezetting) tussen de beide locaties een verschillend effect op het niveau van de gemeten emissie hebben gehad. De omvang en het effect van deze tussen-bedrijfsvariatie is op basis van de huidige datasets niet in te schatten. Ten aanzien van het onderzoek in de experimentele eenheden kan worden opgemerkt dat hier mogelijk een effect van de lay-out van het ventilatiesysteem ten opzichte van de vloer een rol kan hebben gespeeld. Anders dan in praktijkstallen was de luchtinlaat in de experimentele eenheden zodanig dat de luchtstroming parallel aan de loopgang was. De inlaatlucht kon hierdoor makkelijker dan in een praktijkstal direct via de roosterspleten in de kelder komen en op die manier zorgen voor een hogere emissies. Aangezien dit effect vooral invloed zal hebben gehad op de emissie bij een roostervloer en niet of in mindere mate bij de sleufvloer, is de emissiereductie van de sleufvloer daar vergeleken met een hoog niveau van de emissie van de roostervloer.

Tevens blijkt dat de voorgestelde emissiefactoren voor een ligboxenstal met roostervloer en sleufvloer voor de weideperiode gelijk zijn, terwijl voor de sleufvloer een lagere emissie mocht worden verwacht. De uitkomsten dienen te worden bezien in het licht van de eerder gemaakte opmerkingen rond de beperkte beschikbaarheid van gemeten gegevens. Een uitgebreidere dataset zal leiden tot meer inzicht in gemiddelde emissiecijfers en de spreiding daaromheen van de betreffende vloersystemen.

Uit de in dit rapport gepresenteerde cijfers blijkt onder andere dat een emissiearme vloer bij permanent opstallen leidt tot ongeveer dezelfde jaarrond-emissie als een normale vloer met beweiden. Het permanent opstallen van melkkoeien leidt, ten opzichte van beperkt en onbeperkt weiden in de weideperiode, voor een ligboxenstal met roostervloer tot een verhoging van de jaarrond ammoniakemissie vanuit de stal van gemiddeld respectievelijk 15% en 35%.

7 Conclusies en aanbevelingen

7.1 Conclusies

Op basis van de – beperkte – beschikbare meetcijfers van de ammoniakemissie uit ligboxenstallen voor melkvee kunnen de volgende conclusies worden getrokken:

- Op basis van onderzoek dat onder voor de praktijk representatieve omstandigheden is uitgevoerd, ligt de jaarrond-emissie (bij 30 mg ureum per 100 g melk) van een traditionele ligboxenstal met roostervloer voor melkvee gemiddeld tussen 10,0 kg per dier (onbeperkt weiden) tot 13,5 kg per dier (summerfeeding/zomerstalvoeding).
- Op basis van onderzoek dat onder voor de praktijk representatieve omstandigheden is uitgevoerd, ligt de jaarrond-emissie (bij 30 mg ureum per 100 g melk) van een ligboxenstal met sleufvloer voor melkvee gemiddeld tussen 7,8 kg per dier (onbeperkt weiden) en 11,3 kg per dier (summerfeeding/zomerstalvoeding).
- De emissiereductie door een sleufvloer is op basis van deze cijfers aanzienlijk lager dan tot nu toe werd aangenomen, t.w. een reductie van 20% tegen een oorspronkelijk reductiepercentage van ca. 50.
- De ammoniakemissie vanuit natuurlijk geventileerde melkveestallen is via voedingsaanpassingen sterk te beïnvloeden. Met name door verlaging van de OEB van het rantsoen, leidend tot een lager ureumgehalte in de urine en de melk, is een forse emissiereductie haalbaar.
- Het uitvoeren van onderzoek aan een grotere steekproef van de populatie van Nederlandse melkveebedrijven zal leiden tot een vergroting van het inzicht in het gemiddelde emissieniveau van de diverse typen stallen tijdens de stal- en weideperiode en in de variatie tussen bedrijven.

7.2 Aanbevelingen

Op basis van het voorafgaande worden de volgende aanbevelingen gedaan:

- In een uitvoerig meetprogramma dient te worden gekomen tot een bredere dataset, d.w.z. dat metingen moeten worden uitgevoerd aan een grotere steekproef uit de huidige populatie van ligboxenstallen met en zonder sleufvloer, en bij verschillende niveaus van ureumgehalte in de tankmelk. Daarmee kan een solide basis worden gelegd onder forfaitaire emissiefactoren.
- Gezien het beperkte aantal metingen dat bij het huidige meetprotocol voor het vaststellen van emissiefactoren voor natuurlijk geventileerde rundveestallen met de beschikbare meetcapaciteit kan worden gerealiseerd, dient met voorrang te worden gewerkt aan een herziening van het meetprotocol met als doel het kunnen uitvoeren van meer metingen met behoud van voldoende nauwkeurigheid.
- Maatregelen in de sfeer van zowel huisvesting, voeding als beweiding zijn belangrijk bij het verminderen van de ammoniakemissie van melkveestallen. Het ware te overwegen bij de ontwikkeling van het beleid na te gaan hoe met dit gegeven rekening kan worden gehouden.

Referenties

Bannink, A., H. Valk and A.M. van Vuuren, 1999. Intake and excretion of urine production by lactating dairy cows. *J. Dairy Sci.* 82: 1008-1018.

Beoordelingsrichtlijn emissiearme stalsystemen, 1996. Uitgave maart 1996 door Stichting Groen Label, Deventer.

Ciszuk, P. and T. Gebregziabher, 1994. Milk urea as an estimate of urine nitrogen of dairy cows and goats. *Acta Agric. Scand.* 44: 87-95.

De Jong, E.A.M., H. Klomp, G. Ellen and H. van Hemert, 1992. Evaluation of a segmented-flow method for the routine determination of urea in milk. *Neth. Milk Dairy J.* 46:115.

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

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

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

Huis in 't Veld, J.W.H., en R. Scholtens, 1998. Praktijkonderzoek naar de ammoniakemissie van stallen XXXII: natuurlijk geventileerde ligboxenstal met sleufvloer voor melkkoeien. DLO-rapport 98-1006, 16 pp. (excl. bijlagen).

Huis in 't Veld, J.W.H., G.J. Monteny en R. Scholtens, 2000/2001. Onderzoek naar de ammoniakemissie van stallen XLVIII: natuurlijk geventileerde ligboxenstal met sleufvloer voor melkvee tijdens de zomerperiode. IMAG-rapport 2000-84/2001-03, Wageningen, 20 pp (excl. bijlagen).

Jonker, J.S., R.A. Kohn and R.A. Erdman, 1998. Using milk urea nitrogen to predict nitrogen excretion and utilization efficiency in lactating dairy cows. *J. Dairy Sci.* 81: 2681-2692.

Monteny, 2000. Modelling of ammonia emissions from dairy cow houses. Wageningen University and Research/IMAG-report 2000-11, PhD-thesis, 156 pp.

Monteny, G.J., D.D. Schulte, A. Elzing en E.J.J. Lamaker, 1998. A conceptual mechanistic model for the ammonia emissions from free stall cubicle dairy cow houses. *Transactions of the ASAE* 41(1): 193-201.

Pankratz, A., 1991. *Forecasting with Dynamic Regression Models*. Wiley & Sons. New York.

Schepers, A.J. and R.G.M. Meijer, 1998. Evaluation of the utilization of dietary nitrogen by dairy cows based on urea concentration in milk. *J. Dairy Sci.* 81: 579-584.

Scherphof, W. *Persoonlijke mededelingen*. Expertisecentrum LNV, Ede.

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. DLO-rapport 96-1006, Wageningen, 20 pp.

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. DLO-rapport 97-1006, Wageningen, 35 pp.

Smits, M.C.J., H. Valk, A. Elzing, J.W.H. huis in 't Veld en A. Keen, 1993. Prospects for reducing ammonia emission from a cubicle house for dairy cattle by altering the feed. IMAG-DLO rapport 93-31, Wageningen.

Smits, M.C.J.. Persoonlijke mededelingen. Instituut voor Milieu en Agritechniek (IMAG), Wageningen.

Swierstra, D., C.R. Braam en M.C.J. Smits, 1999. Grooved floor system for cattle housing: ammonia emission reduction and good slip resistance. In: Proceedings ASAE/CSAE-SCGR Annual International Meeting, Paper no. 994012, July 18-22, Toronto (CAN).

Tamminga, S., W.M. van Straalen, A.P.J. Subnel, R.G.M. Meijer, A. Steg, C.J.G. Wever and M.C. Blok, 1994. The Dutch protein evaluation system: the DVE/OEB-system. *Livest. Prod. Sci.* 40: 139-155.

Wijziging Uitvoeringsregeling Ammoniak en Veehouderij, 2000, (Wijziging UAV), Interimwet Ammoniak en Veehouderij, Ministerie van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer en het Ministerie van Landbouw, Natuurbeheer en Visserij, Staatscourant 139, Den Haag, p. 16-18.

Van Es, A.J.H., 1975. Feed evaluation for dairy cows. *Livest. Prod. Sci.* 2, 95-107.

Van Es, A.J.H., 1978. Feed evaluation for ruminants. I. The systems in use from May 1978 onwards in the Netherlands. *Livest. Prod. Sci.* 5, 331-345.

BIJLAGEN

- BIJLAGE 1 SAMENSTELLING WERKGROEP EN BEGELEIDINGSCOMMISSIE
- BIJLAGE 2 OVERZICHT DETAILS EMISSIEMETINGEN LIGBOXENSTALLEN
- BIJLAGE 3 OVERZICHT DETAILS EMISSIEMETINGEN DE MARKE
- BIJLAGE 4 OMREKENING 30-JARIGE BUITENTEMPERATUUR NAAR STALTEMPERATUUR
- BIJLAGE 5 OVERZICHT BEREKENDE AMMONIAKEMISSIE MELKVEESTAL

BIJLAGE 1 SAMENSTELLING WERKGROEP EN BEGELEIDINGSCOMMISSIE

WERKGROEP:

IMAG: Gert-Jan Monteny (projectleider)
Jos Huis in 't Veld
PV: Gert van Duinkerken
Geert André
CLM: Frits van der Schans

BEGELEIDINGSCOMMISSIE:

LNV: Peter Munters (voorzitter)
John Verkerk
VROM: Krystof Krijt
Germt de Vries
EC-LNV: Hay Hendriks
Pim Bruins
RIVM: Klaas van der Hoek

BIJLAGE 2 OVERZICHT DETAILS EMISSIEMETINGEN LIGBOXENSTALLEN

Stalsysteem	Bezetting	NH ₃ emissie (per 190 dgn)			Ruwvoer (%)		Meet omstandigheden			beweiding uren
		Totaal	per dier	per N-eq.koe **	Gras	Mais	Melkprod. kg/koe.dag	Vloeropp. m ² /dierpl.	T stal °C.	
Ligboxenstal, hellende vloer en sproeischuif	Dierplaatsen: 86 Aantal dieren: 77,7 N-eq. koeien: 75,5	302	3,9	4,0	23	63	20,7	4,0	9,8	
Ligboxenstal met betonroosters	Dierplaatsen: 60 Aantal dieren: 55,4 N-eq. koeien: 49,4	440	7,9	8,9	73	27	22,1	3,5	6,9	
Ligboxenstal met betonroosters (zomerperiode)	Dierplaatsen: 60 Aantal dieren: 50,8 N-eq. koeien: 46,7	327*	6,4*	7,0*			28,1	3,5	17,0	7:30-17:30
Ligboxenstal met sleufvloer (stalperiode)	dierplaatsen: 97 aantal dieren: 87,7 N-eq. koeien: 84	369	4,2	4,4	35	65	29,4	3,3	12,2	
Ligboxenstal met sleufvloer (zomerperiode)	dierplaatsen: 95 aantal dieren: 73,5 N-eq. koeien: 73,5	399*	5,5*	5,5*			27,1	3,3	18,9	siësta 8:30-14:00 19:30-24:00
Ligboxenstal met roostervloer (volledig op stal)	dierplaatsen: 65 aantal dieren: 56.5 N-eq. koeien: -			Zie paragraaf 4.2.			29,2	3,7	12,4	

*: weideperiode van 175 dagen

** : aantal melkkoeien + aantal droge koeien + (aantal stuks jongvee * 0,65)

BIJLAGE 3 OVERZICHT DETAILS EMISSIEMETINGEN DE MARKE

Periode	Dagen	Melk- koeien	Droge koeien	Jong- vee	Koe *	Temperatuur (°C)		Ureum (mg/100 g melk)
						Stal	Buiten	
<i>HELLENDE VLOER</i>								
Stal 94/95	192	71	12	17	94	6,0	NB	NB
Weide 95	174	69	12	7	86	17,1	NB	NB
Stal 95/96	210	66	12	18	90	6,1	NB	17
Weide 96	155	67	10	12	84	17,5	15,8	24
Stal 96/97	210	69	8	22	91	8,0	5,0	18
Weide 97	155	63	6	8	74	18,7	17,5	18
<i>SLEUFVLOER</i>								
Stal 97/98	210	68	16	17	94	7,2	5,3	18
Weide 98	153	71	7	8	83	16,6	16,1	19
Stal 98/99	209	73	14	16	98	7,3	5,5	19
Weide 99	155	70	9	8	84	16,9	15,4	22

NB: niet bepaald

*: koe = 'standaardkoe' = aantal melkkoeien + aantal droge koeien + (aantal jongvee * 0,64)

BIJLAGE 4 OMREKENING 30-JARIGE BUITENTEMPERATUUR NAAR STALTEMPERATUUR

Deze omrekening is gebaseerd op persoonlijke mededelingen van Scherphof, EC-LNV.

Maand	Buiten-temperatuur (°C)	Binnen-temperatuur (°C)
Januari	2,0	6,0
Februari *	2,3	6,3
Maart	4,7	8,7
April	7,8	11,8
Mei	11,9	15,9
Juni	15,0	19,0
Juli	16,5	20,5
Augustus	16,5	20,5
September	14,2	18,2
Oktober	10,5	14,5
November	6,1	10,1
December	3,4	7,4

*: 28 dagen

Op basis van deze gegevens is de gemiddelde staltemperatuur gedurende de stalperiode en de weideperiode respectievelijk 9,2 en 18,1 graden Celcius.

BIJLAGE 5 OVERZICHT BEREKENDE AMMONIAKEMISSION MELKVEESTAL

In de onderstaande tabellen is de voorspelde ammoniakemissie van de locatie Lelystad weergegeven bij verschillende staltemperaturen en een gemiddeld ureumgehalte in tankmelk van respectievelijk 20, 30 en 40 mg/100 g melk. Ook de 30-jarig gemiddelde temperatuur van de stalperiode (9,2 °C) en de zomerperiode (18,1 °C) zijn weergegeven. Tevens is onderscheid gemaakt tussen de emissie per dier en per dierplaats. De emissie per dierplaats is daarbij berekend uitgaande van een stalbezetting van 90%. Tenslotte is onderscheid gemaakt tussen de emissie in 190 staldagen (lengte stalperiode) en in 175 dagen (lengte zomerperiode). Let wel: alle cijfers, dus ook die voor de zomerperiode, gelden voor een situatie waarin de koeien volledig zijn opgesteld en worden gevoerd met geconserveerd ruwvoer (summerfeeding).

Tabel 5.1 Ammoniakemissie (kg) per dier en per dierplaats (bij 90% stalbezetting) per 190 staldagen bij diverse staltemperaturen (°C) en een ureumgehalte in tankmelk van 40 mg/100 g melk: predictie voor locatie Lelystad.

Staltemp. (°C)	Ureum (mg/100 g melk)	Emissie (kg per 190 staldagen)	
		Per dier	Per dierplaats
5	40	7,07	6,36
6	40	7,26	6,54
7	40	7,47	6,72
8	40	7,68	6,91
9	40	7,89	7,10
9,2	40	7,93	7,14
10	40	8,11	7,30
11	40	8,34	7,50
12	40	8,57	7,71
13	40	8,81	7,93
14	40	9,06	8,15
15	40	9,31	8,38
16	40	9,57	8,62
17	40	9,84	8,86
18	40	10,12	9,10
19	40	10,40	9,36
20	40	10,69	9,62

Tabel 5.2 Ammoniakemissie (kg) per dier en per dierplaats (bij 90% stalbezetting) per 190 staldagen bij diverse staltemperaturen (°C) en een ureumgehalte in tankmelk van 30 mg/100 g melk: predictie voor locatie Lelystad.

Staltemp. (°C)	Ureum (mg/100 g melk)	Emissie (kg per 190 dagen)	
		Per dier	Per dierplaats
5	30	5,52	4,97
6	30	5,68	5,11
7	30	5,84	5,25
8	30	6,00	5,40
9	30	6,17	5,55
9,2	30	6,20	5,58
10	30	6,34	5,70
11	30	6,52	5,86
12	30	6,70	6,03
13	30	6,89	6,20
14	30	7,08	6,37
15	30	7,28	6,55
16	30	7,48	6,73
17	30	7,69	6,92
18	30	7,90	7,11
19	30	8,13	7,31
20	30	8,35	7,52

Tabel 5.3 Ammoniakemissie (kg) per dier en per dierplaats (bij 90% stalbezetting) per 190 staldagen bij diverse staltemperaturen (°C) en een ureumgehalte in tankmelk van 20 mg/100 g melk: predictie voor locatie Lelystad.

Staltemp. (°C)	Ureum (mg/100 g melk)	Emissie (kg per 190 staldagen)	
		Per dier	Per dierplaats
5	20	3,97	3,58
6	20	4,09	3,68
7	20	4,20	3,78
8	20	4,32	3,89
9	20	4,44	3,99
9,2	20	4,46	4,02
10	20	4,56	4,11
11	20	4,69	4,22
12	20	4,82	4,34
13	20	4,96	4,46
14	20	5,09	4,58
15	20	5,24	4,71
16	20	5,38	4,85
17	20	5,53	4,98
18	20	5,69	5,12
19	20	5,85	5,26
20	20	6,01	5,41

Tabel 5.4 Ammoniakemissie (kg) per dier en per dierplaats (bij 90% stalbezetting) per 175 staldagen bij diverse staltemperaturen (°C) en een ureumgehalte in tankmelk van 40 mg/100 g melk: predictie voor locatie Lelystad.

Staltemp. (°C)	Ureum (mg/100 g melk)	Emissie (kg per 175 staldagen)	
		Per dier	Per dierplaats
5	40	6,51	5,86
6	40	6,69	6,02
7	40	6,88	6,19
8	40	7,07	6,36
9	40	7,27	6,54
10	40	7,47	6,72
11	40	7,68	6,91
12	40	7,90	7,11
13	40	8,12	7,30
14	40	8,34	7,51
15	40	8,58	7,72
16	40	8,82	7,94
17	40	9,06	8,16
18	40	9,32	8,39
18,1	40	9,34	8,41
19	40	9,58	8,62
20	40	9,85	8,86

Tabel 5.5 Ammoniakemissie (kg) per dier en per dierplaats (bij 90% stalbezetting) per 175 staldagen bij diverse staltemperaturen (°C) en een ureumgehalte in tankmelk van 30 mg/100 g melk: predictie voor locatie Lelystad.

Staltemp. (°C)	Ureum (mg/100 g melk)	Emissie (kg per 175 staldagen)	
		Per dier	Per dierplaats
5	30	5,09	4,58
6	30	5,23	4,71
7	30	5,37	4,84
8	30	5,52	4,97
9	30	5,68	5,11
10	30	5,84	5,25
11	30	6,00	5,40
12	30	6,17	5,55
13	30	6,34	5,71
14	30	6,52	5,87
15	30	6,70	6,03
16	30	6,89	6,20
17	30	7,08	6,37
18	30	7,28	6,55
18,1	30	7,30	6,57
19	30	7,48	6,74
20	30	7,69	6,92

Tabel 5.6 Ammoniakemissie (kg) per dier en per dierplaats (bij 90% stalbezetting) per 175 staldagen bij diverse staltemperaturen (°C) en een ureumgehalte in tankmelk van 20 mg/100 g melk: predictie voor locatie Lelystad.

Staltemp. (°C)	Ureum (mg/100 g melk)	Emissie (kg per 175 staldagen)	
		Per dier	Per dierplaats
5	20	3,66	3,29
6	20	3,76	3,39
7	20	3,87	3,48
8	20	3,98	3,58
9	20	4,09	3,68
10	20	4,20	3,78
11	20	4,32	3,89
12	20	4,44	4,00
13	20	4,56	4,11
14	20	4,69	4,22
15	20	4,82	4,34
16	20	4,96	4,46
17	20	5,10	4,59
18	20	5,24	4,72
18,1	20	5,25	4,73
19	20	5,39	4,85
20	20	5,54	4,98