



PraktijkRapport Rundvee 46

# Ammoniakemissie uit de melkveestal bij beperkte weidegang in relatie tot melkureumgehalte



Maart 2004

**Rundvee**





## Colofon

### Uitgever

Animal Sciences Group / Praktijkonderzoek  
Postbus 2176, 8203 AD Lelystad  
Telefoon 0320 - 293 211  
Fax 0320 - 241 584  
E-mail [info.po.asg@wur.nl](mailto:info.po.asg@wur.nl)  
Internet <http://www.asg.wur.nl/po>

### Redactie en fotografie

Praktijkonderzoek

### © 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 1570 - 8616  
Eerste druk 2004/oplage 200  
Prijs € 17,50

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

## Referaat

ISSN 1570 - 8616

Duinkerken, G. van (ASG, divisie Praktijkonderzoek)  
Ammoniakemissie uit de melkveestal bij beperkte weidegang in relatie tot het melkureumgehalte (2004)  
PraktijkRapport Rundvee nr. 46  
24 pagina's, 10 figuren, 13 tabellen

De ammoniakemissie vanuit natuurlijk geventileerde melkveestallen kan met behulp van voedingsmaatregelen worden teruggedrongen. Dit geldt zowel voor bedrijfssituaties met summerfeeding als bedrijfssituaties met beperkte weidegang. Het melkureumgehalte is daarbij een goede indicator voor de emissiereductie. De ammoniakemissie vanuit de natuurlijk geventileerde ligboxenstal met roostervloer kan voor bedrijfssituaties met beperkte weidegang goed worden voorspeld met een emissiemodel met buitentemperatuur en tankmelkureumgehalte als verklarende variabelen. Uit dit model blijkt dat de stalemissie stijgt met ca. 2,6% bij toename van de buitentemperatuur met 1°C en dat de stalemissie exponentieel stijgt bij een toename van het tankmelkureumgehalte. Bij een niveau van 20 mg ureum per 100 g melk stijgt de stalemissie met ca. 2,5% bij stijging van het melkureumgehalte met 1 mg/100 g. Bij een niveau van 30 mg ureum per 100 g melk stijgt de stalemissie met ca. 3,5% bij stijging van het melkureumgehalte met 1 mg/100 g.

Trefwoorden: ammoniakemissie, melkureum, beperkte weidegang

## Abstract

On farms with summer feeding or with limited grazing, ammonia emission from naturally ventilated dairy cow barns can be reduced significantly by implementing nutritional measures. The urea concentration in bulk milk is a useful indicator of the reduction in emission. In a farm system with limited grazing, the ammonia emission from naturally ventilated dairy barns can be described by an emission model model in which the input variables are outdoor temperature and the urea concentration in milk. The model shows that when the outdoor temperature increases by 1°C, the emission from the barn increases by 2.6%. The emission increases exponentially with increasing milk urea concentrations. At a level of 20 mg urea per 100 g milk, increasing the milk urea concentration by 1 mg/100 g increases the ammonia emission by about 2.5%. At 30 mg urea per 100 g milk, increasing the milk urea concentration by 1 mg/100 g increases ammonia emission by about 3.5%.

Keywords: ammonia emission, milk urea, limited grazing



PraktijkRapport Rundvee 46

# Ammoniakemissie uit de melkveestal bij beperkte weidegang in relatie tot melkureumgehalte

Ammonia emission from the cow barn in  
a dairy farm system with limited grazing  
in relation to milk urea concentration

G. van Duinkerken (Praktijkonderzoek)  
M.C.J. Smits (Wageningen UR, A&F)  
L.B.J. Sebek (Praktijkonderzoek)  
P.F.G. Vereijken (Wageningen UR, Biometris)  
G. André (Praktijkonderzoek)  
G.J. Monteny (Wageningen UR, A&F)

Maart 2004

## Voorwoord

Voor u ligt het rapport "Ammoniakemissie uit de melkveestal bij beperkte weidegang in relatie tot het melkureumgehalte". Dit rapport is één van de publicaties uit het project "Voeding en ammoniak", waarin Praktijkonderzoek en IMAG<sup>1</sup> sinds 1998 samenwerken.

Het rapport gaat in op de mogelijkheden om de ammoniakemissie uit natuurlijk geventileerde melkveestallen te verminderen in een bedrijfssituatie met beperkte weidegang. Tevens wordt aangegeven hoe het melkureumgehalte in tankmelk is te gebruiken als graadmeter voor emissiereductie.

Het project "Voeding en ammoniak" is gefinancierd door het Ministerie van Landbouw, Natuurbeheer en Voedselkwaliteit en door het Productschap Zuivel.

In een klankbordgroep werden voortgang en resultaten van het onderzoek regelmatig bediscussieerd. Deze klankbordgroep bestond, naast medewerkers van Praktijkonderzoek en IMAG, uit:

- Machiel Blok                                Productschap Diervoeder
- Pim Bruins                                    Expertisecentrum LNV
- Wim Scherphof                              Expertisecentrum LNV
- Ad van Vuuren                              Animal Sciences Group van Wageningen UR, divisie Nutrition and Food
- Paul Witlox                                   Productschap Zuivel

De auteurs bedanken de leden van de klankbordgroep voor hun constructieve inbreng. Tevens is een woord van dank verschuldigd aan Gerard Verkade en Gerard de Bree van het "Voer- en emissiebedrijf" die een grote inbreng hebben gehad in de uitvoering van de experimenten, en aan Martin Wagemans en Klaas Blanken die een belangrijke rol speelden bij de metingen op het bedrijf.

G. van Duinkerken,  
projectleider "Voeding en ammoniak"

---

<sup>1</sup> IMAG is in 2003 met ATO gefuseerd tot een nieuwe onderzoeksorganisatie: Agrotechnology and Food Innovations (A&F)

## Samenvatting

Ammoniak ( $\text{NH}_3$ ) ontstaat wanneer ureum uit de urine wordt afgebroken door het enzym urease, dat onder andere aanwezig is in mest. Urine en mest komen met elkaar in contact op stalvloeren en in mestkelders, waardoor een melkveestal een belangrijke bron van ammoniakuitstoot is. Bepalend voor de mate van emissie zijn met name de ureumconcentratie in de urine en de temperatuur.

De ammoniakemissie vanuit natuurlijk geventileerde melkveestallen kan met behulp van voedingsmaatregelen worden teruggedrongen. Dit geldt zowel voor bedrijfssituaties met summerfeeding als bedrijfssituaties met beperkte weidegang. Het melkureumgehalte is daarbij een goede indicator voor de emissiereductie.

Voedingsmaatregelen die bijdragen aan verlaging van het melkureumgehalte, dragen tevens bij aan een verlaging van de ammoniakemissie uit de stal. Voorbeelden van dergelijke emissieverlagende maatregelen zijn: verlaging van het N-bemestingsniveau op grasland, later inscharen in weidepercelen en het bijvoeren van energierijke en eiwitarme voeders op stal (denk aan snijmais).

De ammoniakemissie vanuit de natuurlijk geventileerde ligboxenstal met roostervloer kan voor bedrijfssituaties met beperkte weidegang goed worden voorspeld met een emissiemodel met buitentemperatuur en tankmelkureumgehalte als verklarende variabelen. Uit dit model blijkt dat de stalemissie stijgt met ca. 2,6% bij toename van de buitentemperatuur met  $1^\circ\text{C}$  en dat de stalemissie exponentieel stijgt bij een toename van het tankmelkureumgehalte. Bij een niveau van 20 mg ureum per 100 g melk stijgt de stalemissie met ca. 2,5% bij stijging van het melkureumgehalte met 1 mg/100 g. Bij een niveau van 30 mg ureum per 100 g melk stijgt de stalemissie met ca. 3,5% bij stijging van het melkureumgehalte met 1 mg/100 g.

## Summary

Ammonia ( $\text{NH}_3$ ) originates from urea excreted with urine. Urea hydrolysis is catalysed by the enzyme urease, which is produced by micro organisms that are abundant in faeces and thus also present on fouled floors and in slurry pits. The main factors influencing the rate of ammonia volatilisation are urinary urea concentration and temperature. The ammonia emission from naturally ventilated dairy cow houses can be reduced significantly by implementing nutritional measures, both in situations with summer feeding or with limited grazing. A useful indicator of emission reduction is the urea concentration in bulk milk.

In a farm system with limited grazing, the ammonia emission from a naturally ventilated dairy barn can be described by an emission model in which the input variables are outdoor temperature and the urea concentration in milk. The model shows that when the outdoor temperature increases by  $1^\circ\text{C}$ , the emission from the barn increases by 2.6%. The emission increases exponentially with increasing milk urea concentrations. At a level of 20 mg urea per 100 g milk, increasing the milk urea concentration by 1 mg/100 g increases the ammonia emission by about 2.5%. At 30 mg urea per 100 g milk, increasing the milk urea concentration by 1 mg/100 g increases ammonia emission by about 3.5%.

# Inhoudsopgave

Voorwoord  
Samenvatting  
Summary

<b>1</b>	<b>Inleiding</b> .....	<b>1</b>
1.1	Aanleiding .....	1
1.2	Leeswijzer .....	1
<b>2</b>	<b>Materiaal en methoden</b> .....	<b>2</b>
2.1	Proefopzet .....	2
2.2	Stal en weidegang .....	2
2.3	Veestapel .....	3
2.4	Rantsoen .....	3
2.4.1	Bemonstering voer .....	3
2.5	Melk en melkureum .....	4
2.6	Urinesamenstelling .....	4
2.7	Mestsamenstelling .....	5
2.8	Waterverbruik .....	5
2.9	Emissiemeting .....	6
2.10	Statistische analyse .....	6
2.10.1	Modellerings .....	6
2.10.2	Betrouwbaarheids- en predictieintervallen .....	7
<b>3</b>	<b>Resultaten en discussie</b> .....	<b>8</b>
3.1	Aantal koeien .....	8
3.2	Voeding .....	8
3.3	Melkproductie en -samenstelling .....	10
3.4	Melkureum .....	10
3.5	Urinesamenstelling .....	13
3.6	Mestsamenstelling .....	13
3.6.1	Toplaag mest .....	13
3.6.2	Mengmestsamenstelling .....	13
3.7	Waterverbruik .....	14
3.8	Ammoniakemissie .....	15
3.8.1	Waarnemingen .....	15
3.8.2	Emissiemodel .....	15
3.8.3	Betrouwbaarheids- en predictieinterval .....	19
<b>4</b>	<b>Conclusies</b> .....	<b>21</b>
<b>5</b>	<b>Praktijktoepassing</b> .....	<b>22</b>
5.1	Scherpe stikstofbemesting op grasland .....	22
5.2	Later inscharen .....	22
5.3	Intensief management van gras/klaver .....	22
5.4	Eiwitarme en energierijke bijvoeding op stal .....	22
5.4.1	Lage OEB .....	23
5.4.2	Normvoeding voor DVE .....	23
5.4.3	Voldoende energievoorziening melkvee .....	23
	<b>Literatuur</b> .....	<b>24</b>

# 1 Inleiding

## 1.1 Aanleiding

Ammoniak ( $\text{NH}_3$ ) ontstaat wanneer ureum uit de urine wordt afgebroken door het enzym urease, dat onder andere aanwezig is in mest. Urine en mest komen met elkaar in contact op stalvloeren en in mestkelders, waardoor een melkveestal een belangrijke bron van ammoniakuitstoot is. Bepalend voor de mate van emissie zijn met name de ureumconcentratie in de urine en de temperatuur (Monteny, 2000).

Praktijkonderzoek en IMAG toonden in een eerdere studie aan dat de ammoniakemissie uit een natuurlijk geventileerde melkveestal flink kan worden teruggedrongen door een aangepaste voeding (Van Duinkerken et al, 2003; Smits et al, 2002). Het melkureumgehalte bleek bovendien een goede graadmeter voor de emissiereductie. Het betreffende onderzoek werd uitgevoerd in een situatie waarbij de koeien volledig waren opgesteld en werden gevoerd met ingekuilde ruwvoerders (graskuil en snijmaïs) en aanvullend krachtvoer. Dit systeem wordt ook wel "summerfeeding" genoemd.

Het is de vraag in hoeverre de ammoniakemissie via voedingsmaatregelen kan worden teruggedrongen indien niet sprake is van summerfeeding, maar van een bedrijfsvoering met beperkte weidegang. Het weideseizoen lijkt namelijk in theorie een ongunstige periode voor wat betreft de ammoniakemissie uit de stal. Immers, zomers ligt de gemiddelde temperatuur hoger dan in het stalseizoen en bovendien bevatten rantsoenen met vers gras vaak een overmaat aan eiwit, waardoor sprake is van een hoge stikstofuitscheiding via de urine.

Als vervolg op het onderzoek van Van Duinkerken et al (2003) verrichtten Praktijkonderzoek en IMAG een studie naar de ammoniakemissie vanuit de melkveestal in een situatie met beperkte (8 à 9 uur per dag) weidegang. Onderzocht werd in hoeverre voedingsmaatregelen bijdragen aan een verlaging van de emissie. Tevens werd bekeken of het melkureumgehalte in de situatie met beperkte weidegang bruikbaar was als indicator voor de emissiereductie.

## 1.2 Leeswijzer

Hoofdstuk 2 van dit rapport beschrijft materiaal en methoden van de uitgevoerde studie. De resultaten worden beschreven en bediscussieerd in hoofdstuk 3. De conclusies van het onderzoek zijn gegeven in hoofdstuk 4, waarna het rapport wordt afgesloten met de toepassingsmogelijkheden voor de praktijk (hoofdstuk 5).



## 2 Materiaal en methoden

In het weideseizoen van 2000 is een experiment uitgevoerd op het zogenaamde "Voer- en emissiebedrijf" van de "Waiboerhoeve" in Lelystad. Dit hoofdstuk geeft een overzicht van de proefopzet, de faciliteiten op het proefbedrijf, de waarnemingen en de statistische analysemethode.

### 2.1 Proefopzet

Het experiment was opgezet met één behandelingsfactor (melkureumgehalte) op drie niveaus (15, 35 en 55 mg ureum/100 g melk). De drie behandelingsniveaus zijn elk drie maal herhaald, waarbij de volgorde binnen een herhaling door middel van loting is vastgesteld (zie tabel 2.1). Elke behandelingsperiode<sup>2</sup> duurde drie weken, waarvan de eerste twee weken als gewenningsperiode werden aangemerkt en de derde week als hoofdperiode. De laatste van de negen behandelingsperiodes duurde slechts twee in plaats van drie weken. Vanwege nat weer en slechte begaanbaarheid van de percelen in het najaar, kon toen niet langer beweiding plaats vinden. De dieren zijn daarom een week eerder opgesteld, waarbij het experiment is beëindigd. De totale duur van het experiment was daardoor 26 weken (kalenderweken 17 t/m 42 van 2000).

Voor het instellen van het gewenste niveau voor het melkureumgehalte werd gebruik gemaakt van de volgende instrumenten: (1) bemestingsniveau van het grasland, (2) niveau en soort van bijvoeding in de stal en (3) inschaarmoment in de graspercelen.

**Tabel 2.1** Volgorde van behandelingen

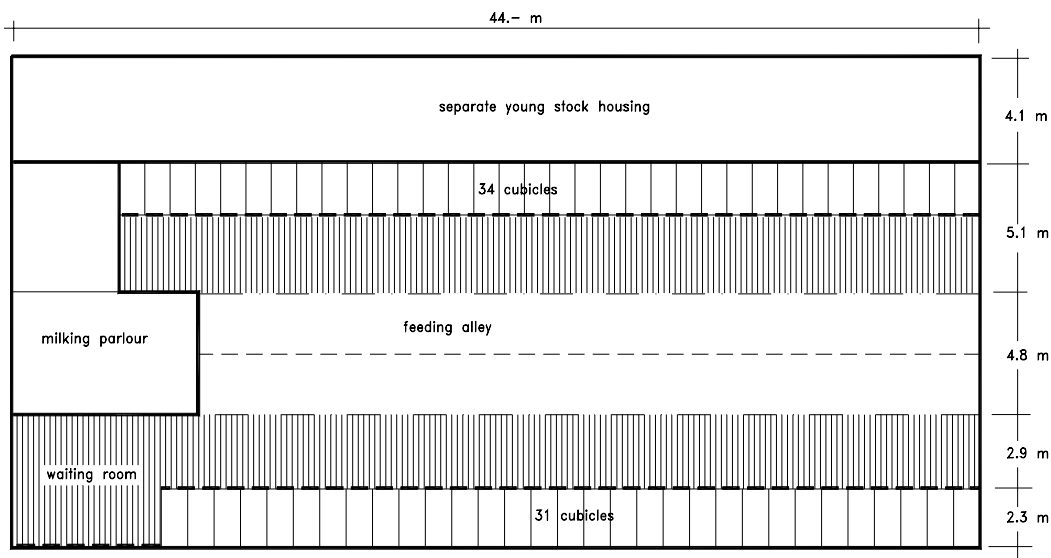
Volgnummer	Behandeling	Streefwaarde melkureum (mg/100 g)	Herhaling
1	U35	35	1
2	U15	15	1
3	U55	55	1
4	U35	35	2
5	U55	55	2
6	U15	15	2
7	U15	15	3
8	U35	35	3
9	U55	55	3

### 2.2 Stal en weidegang

Het onderzoek is uitgevoerd op het "Voer- en emissiebedrijf" van de "Waiboerhoeve" in Lelystad. Dit bedrijf heeft een 2-rijige natuurlijk geventileerde ligboxenstal met roostervloer zonder mestschuif. De lengteas van de stal is gesitueerd van noord naar zuid, met de melkstal aan de noordzijde. De voergang ligt in het midden van de stal met aan weerszijde respectievelijk 34 en 31 ligboxen (figuur 2.1). De oppervlakte van de roostervloer bedraagt 207 m<sup>2</sup>. Onder de roostervloer, de ligboxen en de voergang bevindt zich een mestkelder met een totale oppervlakte van ca. 605 m<sup>2</sup>, een diepte van 150 cm en een inhoud van ca. 908 m<sup>3</sup>. De mestkelder bestaat uit drie circuits (zie ook figuur 2.2). Aan de westzijde is het bovenste deel van de wand uitgevoerd met spaceboarding. De wand aan de oostzijde is volledig dicht. Op de nok bevindt zich over de lengterichting van de stal een luchtuitlaat met een lichtkoepel. De koeien worden twee maal daags gemolken in een 10 stands visgraat melkstal. Aan de westzijde van de melkstal bevindt zich een wachtruimte met roostervloer. Het jongvee is gehuisvest in een afzonderlijke jongveestal, gelegen aan de oostzijde van de melkveestal.

Het "Voer- en emissiebedrijf" heeft ca. 23 ha land ter beschikking, waarvan 18 ha gras en 5 ha snijmais. Ruim 14 hectare werd gebruikt voor weidegang van de proefgroep. Deze oppervlakte was ingedeeld in 13 percelen van 1,2 hectare per stuk. Er werd beperkt geweid (gemiddeld ca. 8,5 uur per dag) via een omweidingsstelsel met een gemiddelde verblijfsduur van drie opeenvolgende dagen per perceel. Voederwinning stond in dienst van de weidegang. Bemesting werd per perceel aangepast naargelang de streefwaarde voor melkureum die in een bepaalde periode gerealiseerd diende te worden.

<sup>2</sup> periode waarin een bepaald behandelingsniveau werd nagestreefd

**Figuur 2.1** Plattegrond van de melkveestal van het Voer- en emissiebedrijf

### 2.3 Veestapel

De HF-melkkoeien werden in één productiegroep gehouden, zowel op stal als in de wei. Droogstaande koeien verbleven gedurende de volledige proefperiode in een aparte groep en bleven dag en nacht in de wei, in een apart perceel. Pinken en kalveren bleven de gehele proefperiode in een volledig afgescheiden jongveestal. Droogstaande koeien en jongvee leverden dus geen bijdrage aan de ammoniakemissie vanuit de melkveestal.

Tien dagen voor de verwachte kalfdatum werden droogstaande koeien en vaarzen aan de groep met melkgevende koeien toegevoegd. Vanaf dat moment leverden ze dus wel een bijdrage aan de ammoniakemissie vanuit de melkveestal.

Gestreefd werd naar een groepsomvang van 52 koeien in de melkgevende groep, met zo min mogelijk variatie. Het afkalfpatroon was daarom zo veel mogelijk gespreid.

### 2.4 Rantsoen

Het ruwvoerrantsoen van de proefgroep bestond voor een belangrijk deel uit weidegras. Daarnaast vond bijvoeding op stal plaats met geconserveerd ruwvoer (snijmaiskuil en/of graskuil), indien nodig aangevuld met enig enkelvoudig krachtvoeder (zoals sojaschroot, droge bietenpulp e.d.). Het basisrantsoen op stal werd met behulp van een zelfrijdende voermengwagen gemengd en vervolgens verstrekt via 40 voerbakken (zogenaamde RIC systeem).

Aanvullend krachtvoeder (brok) werd individueel verstrekt via twee krachtvoerautomaten. De individuele krachtvoergiften werden aan het begin van elke drieweekse periode berekend, waarbij gestreefd werd naar normvoeding voor VEM en DVE. In de melkstal werd twee maal daags (tijdens het melken) een halve kilo krachtvoeder per koe verstrekt. De samenstelling van het krachtvoeder werd voor elke behandeling opnieuw ingesteld en was afgestemd op de behandeling.

#### 2.4.1 Bemonstering voer

Alle partijen ingekuuld ruwvoer werden bemonsterd en geanalyseerd op chemische samenstelling en voederwaarde. Op basis van deze analyse werden de partijen ruwvoer voor de verschillende behandelingen geselecteerd.

Bij het voeren van een mengsel werd wekelijks van elk voedermiddel (graskuil, snijmais, stro, sojaschroot e.d.) een monster genomen voor droge stof bepaling (in duplo). Deze bepaling is ten behoeve van het bepalen van de mengverhouding.

Van het basisrantsoen dat via de kunststoffen voerbakken werd verstrekt, werd dagelijks een monster genomen voor bepaling van droge stof (in duplo). Deze bepaling is ten behoeve van de berekening van de individuele voeropname.

Van ieder voedermiddel dat tijdens een behandeling is gevoerd, werd in de laatste week van de behandeling op tenminste twee dagen een representatief monster genomen. Deze monsters werden ingevroren en per behandeling samengevoegd. Van elke partij krachtvoer werd een representatief monster genomen. Voermonsters zijn ingezonden voor voederwaardebepaling door ALNN te Wargea.

Van elk perceel dat voor beweiding werd gebruikt, werd bij inscharen een representatief grasmonster genomen door het knippen van 25 "plukken" gras op een hoogte van 6 cm boven het maaiveld. De grasmonsters zijn gedurende 36 uur gedroogd bij 70 graden Celsius en vervolgens onder droge en donkere omstandigheden bewaard. Na afloop van de proef is van elk van de negen periodes een gepoold grasmonster gemaakt van het materiaal dat in de derde week van de betreffende periode is verzameld. Dit monster is ingezonden voor voederwaardebepaling. In tabel 2.2 is aangegeven welke bepalingen zijn uitgevoerd in de voermonsters.

**Tabel 2.2** Analyses in voermonsters

Voedermiddel	Chemische analyse	Berekening
Graskuil	DS, RAS, RE, RC, NH <sub>3</sub> , SUI, VCOS (Tilley en Terry), Na, K, Ca, Mg en P	VEM, DVE, OEB
Snijmais	DS, RAS, RE, RC, ZET, VCOS (Tilley en Terry), Na, K, Ca, Mg en P	VEM, DVE, OEB
Vers gras	DS, RAS, RE, RC, SUI, VCOS (Tilley en Terry), NO <sub>3</sub> , Na, K, Ca, Mg en P	VEM, DVE, OEB
Enkelvoudig krachtvoer	DS, RAS, RE, RC, RVET, ZET, SUI, Na, K, Ca, Mg en P	VEM, DVE, OEB
Samengesteld Krachtvoer (brok)	DS, RAS, RE, RC, RVET, ZET, SUI, Na, K, Ca, Mg en P	Niet van toepassing

De voederwaarde (VEM, DVE en OEB) van samengesteld krachtvoer (brok) werd overgenomen van de opgave volgens de fabrikant.

## 2.5 Melk en melkureum

De individuele melkgiften zijn geregistreerd met behulp van elektronische melkmeters. De individuele melksamenstelling (vet en eiwit) is geregistreerd door wekelijks melkproductieregistratie (MPR) uit te voeren. Dit houdt in dat op woensdagavond en donderdagochtend per dier een melkmonster (stapelmonster) werd genomen en vervolgens geanalyseerd op het gehalte aan vet en eiwit.

Van elke tankmelkaflevering is een monster genomen en geanalyseerd op het gehalte aan ureum met behulp van de Traacs 800 auto-analyzer door het Melkcontrolestation in Zutphen.

Aanvullend is van elk melkmaal een representatief mengmonster van de melk van de proefgroep genomen via een naald in de centrale melkleiding. Voorafgaande aan het experiment is aangetoond dat het op deze wijze genomen melkmonster goed overeenkomt met een monster uit de tankmelk van het betreffende melkmaal. In het melkmonster per melkmaal is eveneens door het Melkcontrolestation in Zutphen het gehalte aan ureum bepaald met behulp van de Traacs 800 auto-analyzer.

## 2.6 Urinesamenstelling

Tijdens elke derde week per behandeling werden urinemonsters genomen op maandag, woensdag en vrijdag. 's Ochtends werden de monsters vóór het melken genomen en aan het einde van de middag net nadat de dieren binnen waren gehaald uit de weide (eventueel al tijdens het ophalen). Getracht werd om op beide tijdstippen van zoveel mogelijk dieren een urinelozing te bemonsteren. Per tijdstip werden zo mogelijk tenminste 12 urinemonsters verzameld van de proefgroep. De urine werd opgevangen met een steelpannetje aan een lange stok (ca. 2,5 m). De urine werd direct in monsterbuisjes (60 ml) gegoten en voorzien van een label. Direct na het opvangen werden de urinemonsters in een koelbox met bevroren koelelementen gedaan. Zodra alle monsters genomen waren, werden ze direct vanuit de koelbox ingevroren in de diepvries. Monsters werden in bevroren toestand getransporteerd naar het laboratorium van IMAG in Wageningen, waar uit de individuele monsters per tijdstip een mengmonster werd gemaakt. De mengmonsters werden geanalyseerd op: totaal-N, ureum-N, NH<sub>4</sub>-N, Na, K en pH.

## 2.7 Mestsamenstelling

Telkens werd bij aanvang van een behandeling het mestniveau in de mestkelder terug gebracht tot 75 cm mest, om eventuele effecten van mestniveau op de ammoniak emissie te vermijden. Het mestniveau werd teruggebracht door eerst de mest te mixen en vervolgens een deel over te pompen naar een mestopslag buiten de stal. Op overige momenten werd er niet gemixt, zodat de toplaag van de mest in de kelder voornamelijk afhankelijk was van het rantsoen en nauwelijks van de bufferwerking van de reeds aanwezige mest.

Spoelwater uit de melkstal kwam terecht in het mestkeldercircuit onder de voergang.

Per proefperiode werden er twee typen mestmonsters genomen: (1) een monster van de toplaag van de mest in de kelder aan het begin van elke proefweek en (2) een monster van de mengmest aan het einde van de proefperiode.

Aan het begin van elke week werd een monster genomen van de toplaag van de mest en werd het mestniveau gemeten. In de eerste week van elke behandeling vond de meting van het mestniveau plaats vóór het mixen.

Mestbemonstering en niveaumetingen vonden uitsluitend plaats in de kanalen onder beide roostervloeren via tien meetpunten (figuur 2.2). De mest die via de tien meetpunten werd verzameld, werd samengevoegd, gemengd en bij een temperatuur van 4 °C gekoeld bewaard tot het moment van analyse. De mest uit de toplaag werd in duplo geanalyseerd op pH, totaal-N en NH<sub>4</sub>-N. Na afloop van het mixen van de mest en na het overpompen van mest werd het mestniveau in beide kanalen onder de roostervloeren (tien meetpunten) opnieuw vastgelegd. De niveaumetingen zijn gebruikt voor het bepalen van de bruto mestproductie in de betreffende behandelingsperiode.

**Figuur 2.2** Plaats van de meetpunten voor mestbemonstering en bepaling van het mestniveau

Circuit 1		Circuit 2		Circuit 3	
	6 *	melkstal	melkstal	6 *	
	8 *			8 *	
	8 *			8 *	
	8 *			8 *	
	8 *			8 *	
	6			6	
ligboxen	roosters # #	voergang		# roosters	ligboxen

\* = meetpunt mestniveau

# = mixerput

6, 8 = afstand tussen de meetpunten (m)

Direct na het mixen en overpompen werden, vanuit beide kanalen onder de roosters, mestmonsters genomen met een bemonsteringsbuis. Deze werden samengevoegd in een emmer en goed gemengd. Van dit mengsel werden twee submonsters genomen voor analyse in duplo op pH, totaal-N, NH<sub>4</sub>-N, DS, Na en K. De samenstelling van deze monsters wordt als weerspiegeling van een behandelingsperiode beschouwd. Tevens is dat de samenstelling van de bulkvoorraad mest in de kelder bij aanvang van de aansluitende behandelingsperiode. Behandeling en analyse van de bulkmonsters waren gelijk aan die van de monsters van de toplaag. Telkens wanneer mest werd gemixt, overgepompt, bemonsterd of wanneer het mestniveau werd bepaald, werden datum en tijdstip genoteerd.

## 2.8 Waterverbruik

De afvoer van spoelwater naar de mestkelder kan een effect hebben op de ammoniakemissie. Om zicht te krijgen op het waterverbruik voor diverse doeleinden, zijn op diverse plaatsen watermeters geïnstalleerd.

De watermeterstanden zijn twee maal per week op vaste dagen (dinsdag en vrijdag) opgenomen. Daarbij zijn datum en tijdstip van meteropname genoteerd. Telkens werden in de derde week van een behandeling de meterstanden opgenomen op nagenoeg hetzelfde moment als waarop het mestniveau in de kelders werd gemeten. Op basis van de watermeterstanden zijn het drinkwaterverbruik en de afvoer van spoelwater naar de mestkelder berekend. De wachtruimte naast de melkstal werd niet schoon gespoten, maar bleef zoals de koeien hem achterlieten.

## 2.9 Emissiemeting

De ammoniakemissiemetingen werden semi-continu uitgevoerd met behulp van de zogenaamde interne tracergas ratiomethode. Deze methode is eerder uitvoerig beschreven door Scholtens en Huis in 't Veld (1997). Als tracergas wordt zwavel-hexafluoride ( $\text{SF}_6$ ) gebruikt. Dit tracergas wordt nabij de roostervloer in de stal geïnjecteerd via tracergasleidingen met uitlaatventielen, gemonteerd aan de achterrand van de ligboxen. In de nok van de stal wordt de stallucht bemonsterd met behulp van een leiding met meerdere luchtinlaten, zodat een representatief mengmonster wordt genomen. De stallucht wordt geanalyseerd op ammoniak (via een convertor en  $\text{NO}_x$  monitor) en  $\text{SF}_6$  (via een gaschromatograaf).

De bronsterkte van  $\text{NH}_3$ , dat is de ammoniakemissie, wordt vervolgens berekend met behulp van formule F2.1, ervan uitgaande dat  $\text{NH}_3$  en  $\text{SF}_6$  zich in de stallucht op identieke wijze verspreiden vanaf de bron.

$$\text{MF}_{\text{SF}_6} : \text{MF}_{\text{NH}_3} = \text{C}_{\text{SF}_6} : \text{C}_{\text{NH}_3} \quad [\text{F2.1}]$$

met:

$\text{MF}_{\text{SF}_6}$  = massaflux van het tracergas  $\text{SF}_6$  dat nabij de roostervloer is geïnjecteerd (g/uur)

$\text{MF}_{\text{NH}_3}$  = massaflux van  $\text{NH}_3$  vanaf de vloer en vanuit de kelder, d.w.z. de ammoniakemissie (g/uur)

$\text{C}_{\text{SF}_6}$  = concentratie van het tracergas  $\text{SF}_6$  in de stallucht ( $\text{mg}/\text{m}^3$ )

$\text{C}_{\text{NH}_3}$  = concentratie van  $\text{NH}_3$  in de stallucht ( $\text{mg}/\text{m}^3$ )

Alle meetapparatuur bevond zich in een mobiele container buiten de stal, de zogenaamde "meetshelter".

## 2.10 Statistische analyse

### 2.10.1 Modelling

Met behulp van dynamische regressieanalyse (Pankratz, 1991) is een schatting gemaakt van de effecten van de behandelingsfactor op de ammoniakemissie vanuit de stal. De methodiek is grotendeels analoog aan de methodiek zoals beschreven door Van Duinkerken et al (2003). De analyses zijn uitgevoerd op de gemeten emissiewaarden na logaritmische transformatie omdat enerzijds procentuele effecten meer voor de hand liggen dan absolute effecten en anderzijds om de variantie in de emissiemetingen te stabiliseren. In het onderzoek van Van Duinkerken et al (2003) is voor het effect van melkureumgehalte rekening gehouden met effecten van de waarde van deze variabele op de dag  $t$  en effecten van de waarde van deze variabele op voorgaande dagen  $t-1$ ,  $t-2$ , enzovoort. Verondersteld is dat het belang van effecten van voorgaande dagen afneemt en dat een exponentiële afname van deze effecten een afdoende beschrijving geeft. Verder bleek de correlatie tussen de residuen afdoende te kunnen worden beschreven met een autoregressie model van de orde 1 (AR(1) model). Op grond van genoemde bevindingen van Van Duinkerken et al (2003) is voor de proef met beperkte beweiding onderzocht in hoeverre een vergelijkbaar dynamisch regressiemodel de relatie tussen de ammoniakemissie en de verklarende variabelen afdoende beschrijft. Het gebruikte dynamisch regressie model heeft de volgende vorm:

$$Z_t = C + \omega_1 T_t + \frac{\omega_{21}}{1 - \delta_1 B} U_t + \frac{\omega_{22}}{1 - \delta_1 B} U_t^2 + \frac{\omega_3}{1 - \delta_2 B} I_t + \frac{1}{1 - \phi B} a_t \quad [\text{F2.2}]$$

met:

$Z_t$	log (ammoniak emissie) respons op dag $t$ , $t = 0, \dots, 182$ , met de ammoniakemissie uitgedrukt in kg/dier/175 dagen
$C$	constante
$T_t$	(buitentemperatuur -15) op dag $t$ , uitgedrukt in °C
$U_t$	melkureumgehalte op dag $t$ , uitgedrukt in mg/100 g
$I_t$	index voor mixen op dag $t$ met $I_t = 0$ bij niet mixen en $I_t = 1$ bij mixen
$\omega$	de regressieparameters voor de grootte van de effecten
$\delta$	de parameters voor het verval (decay) van de effecten
$\phi$	autocorrelatie coëfficiënt voor de residuele effecten
$a_t \sim N(0, \sigma_a^2)$	innovatie effect met variantie gelijk aan $\sigma_a^2$
$B$	backshift operator met $BX_t = X_{t-1}$

Onder het model volgt voor de variantie van de residuele effecten  $\sigma_{\text{totaal}}^2 = \frac{\sigma_a^2}{1 - \phi^2}$ . Voor het door het model

verklaarde percentage variantie geldt:  $\% \text{ verklaarde variantie} = 100(1 - \frac{\sigma_{\text{totaal}}^2}{\sigma^2})$  met  $\sigma^2$  de variantie van

de logaritmisches getransformeerde ammoniak emissie  $Z_t$ .

Bovenstaand model is aangepast aan de waargenomen emissiewaarden voor het ureumgehalte in de tankmelk. Daarnaast is dit ook gebeurd voor het ureumgehalte in de ochtendmelk en de avondmelk om te evalueren of dit leidt tot verschillende of betere modellen voor de relatie tussen de emissie en de input.

### 2.10.2 Betrouwbaarheids- en predictieintervallen

Voor een beschrijving van de methodiek voor het afleiden van betrouwbaarheids- en predictieintervallen wordt verwezen naar Van Duinkerken et al (2003).

### 3 Resultaten en discussie

#### 3.1 Aantal koeien

Het gemiddeld aantal koeien in de proefgroep is per behandelingsperiode vermeld in tabel 3.1. Het gewenste aantal van 52 is goed benaderd.

**Tabel 3.1** Gemiddeld aantal koeien in de proefgroep per behandelingsperiode

Behandeling	Aantal koeien	Behandeling	Aantal koeien	Behandeling	Aantal koeien
U35-1	51,5	U35-2	49,8	U15-3	53,1
U15-1	51,3	U55-2	53,5	U35-3	52,7
U55-1	48,2	U15-2	55,3	U55-3	50,3

#### 3.2 Voeding

Naast beperkte weidegang van ca. 8 uur per dag werden de koeien op stal bijgevoerd. Tabel 3.2 geeft een overzicht van de bijvoeding op stal per behandelingsperiode.

**Tabel 3.2** Bijvoeding op stal per behandelingsperiode: gemiddelde per koe per dag

Behandeling	Graskuil (kg ds)	Snijmais (kg ds)	Mervobest (kg)	Raapzaadschroot (kg)	MgO (g)	Ureum (g)	Brok (kg)
U35-1	5,0	-	-	-	40	-	4,6
U15-1	-	7,0	0,5	-	20	-	4,3
U55-1	4,0	-	-	-	40	50	4,4
U35-2	5,0	-	-	-	40	-	4,3
U55-2	6,0	-	-	-	60	100	4,1
U15-2	-	7,0	-	-	-	-	3,7
U15-3	-	7,0	-	-	-	-	4,0
U35-3	6,0	-	-	1,0	50	-	3,7
U55-3	7,5	-	-	-	50	-	4,1

De samenstelling van de gebruikte voeders is gegeven in tabel 3.3 (weidegras), tabel 3.4 (bijvoeding via de RIC-voerbakken) en tabel 3.5 (brok).

**Tabel 3.3** Samenstelling en voederwaarde (VCOS in %, VEM per kg ds, overig in g/kg ds) van weidegras volgens analyse ALNN

Behandeling	RE	RC	RAS	VCOS	NO <sub>3</sub>	SUI	P	K	Ca	Na	Mg	VEM	DVE	OEB
U35-1	241	203	106	79,7	8,1	37	4,0	37,7	5,6	0,8	1,5	971	100	73
U15-1	233	195	106	81,1	3,3	41	3,6	30,8	7,5	1,2	1,5	987	102	63
U55-1	211	194	105	81,4	1,9	152	3,2	32,6	6,8	0,6	1,4	980	100	41
U35-2	221	210	103	79,9	2,4	127	3,2	30,0	7,3	1,3	1,6	967	100	49
U55-2	255	203	104	79,1	6,7	93	3,3	32,9	7,1	1,3	1,7	971	102	80
U15-2	228	205	109	78,4	4,4	103	3,0	31,7	7,5	1,4	1,8	942	98	54
U15-3	267	219	106	76,2	2,2	38	4,2	31,7	7,4	1,4	1,9	933	100	91
U35-3	282	204	107	76,9	4,8	55	4,1	34,7	7,6	1,3	1,8	950	102	104
U55-3	308	202	114	77,4	1,1	78	4,3	34,8	7,3	1,1	1,9	964	103	130

**Tabel 3.4** Samenstelling en voederwaarde (DS in g/kg, VCOS in %, NH<sub>3</sub> als fractie (%) van RE, VEM per kg ds, overig in g/kg ds) van bijgevoerde voedermiddelen volgens analyse ALNN

Behandeling	DS	RE	RC	RAS	RVET	VCOS	NH <sub>3</sub>	ZET	SUI	P	K	Ca	Na	Mg	VEM	DVE	OEB
<u>Graskuil</u>																	
U35-1	627	126	268	101	-	76,3	10	-	139	2,8	32,1	5,6	0,8	1,3	877	78	-6
U55-1	582	205	231	104	-	78,6	5	-	112	2,6	32,3	7,5	1,8	1,8	933	93	1
U35-2	584	139	276	108	-	75,2	8	-	98	3,1	35,5	6,0	0,8	1,4	854	76	6
U55-2	573	185	250	108	-	76,9	5	-	87	2,7	33,5	7,1	1,4	1,6	897	86	39
U35-3	477	139	259	115	-	78,1	7	-	110	3,3	27,8	7,0	1,5	1,4	889	73	6
U55-3	406	196	243	118	-	76,6	16	-	17	4,2	39,4	5,8	1,0	1,8	884	73	95
<u>Snijmais</u>																	
U15-1	330	74	175	47	-	76,2	-	388	-	2,3	10,3	1,6	0,0	1,0	966	46	-27
U15-2	310	69	204	53	-	74,3	-	309	-	2,5	11,2	2,0	0,0	1,1	932	46	-35
U15-3	293	77	220	58	-	71,4	-	274	-	1,9	11,6	2,4	0,0	1,0	883	44	-28
<u>Mervobest</u>																	
U15-1	884	485	58	71	29	-	-	-	114	6,9	24,5	4,0	0,2	3,7	1152	429	15
<u>Raapzaadschroot</u>																	
U35-3	866	375	132	78	49	-	-	-	108	13,2	14,4	7,9	0,0	5,4	1016	146	152

**Tabel 3.5** Samenstelling en voederwaarde (VEM per kg, overige gehalten in g/kg) van de brok volgens opgaaf fabrikant (Agrifirm)

Behandeling	DS	RAS	RE	RVET	RC	ZET	SUI	VEM	DVE	OEB
U35-1	891	78	192	45	109	88	86	940	90	50
U15-1	890	74	145	46	143	39	131	940	105	-15
U55-1	892	86	192	54	110	93	69	940	90	50
U35-2	894	88	192	53	105	84	75	940	90	50
U55-2	896	90	191	54	113	89	67	940	90	50
U15-2	898	74	155	44	152	51	114	940	110	-10
U15-3	890	76	155	46	145	43	124	940	110	-10
U35-3	899	85	182	53	112	81	79	940	90	40
U55-3	894	84	196	54	115	87	67	940	90	55



### 3.3 Melkproductie en -samenstelling

In tabel 3.6 is een overzicht gegeven van de melkgift, melksamenstelling en BSK van de proefgroep op basis van de wekelijkse melkproductieregistratie. Het gemiddelde productieniveau van de koppel komt overeen met een 305 dagen productie van 8500 tot 9000 kg melk met ca. 4,55% vet en 3,40% eiwit tijdens de proefperiode.

**Tabel 3.6** Gegevens van de wekelijkse melkproductieregistratie (MPR): melkgift, melksamenstelling en BSK, gemiddelden van de melkgevende koppel

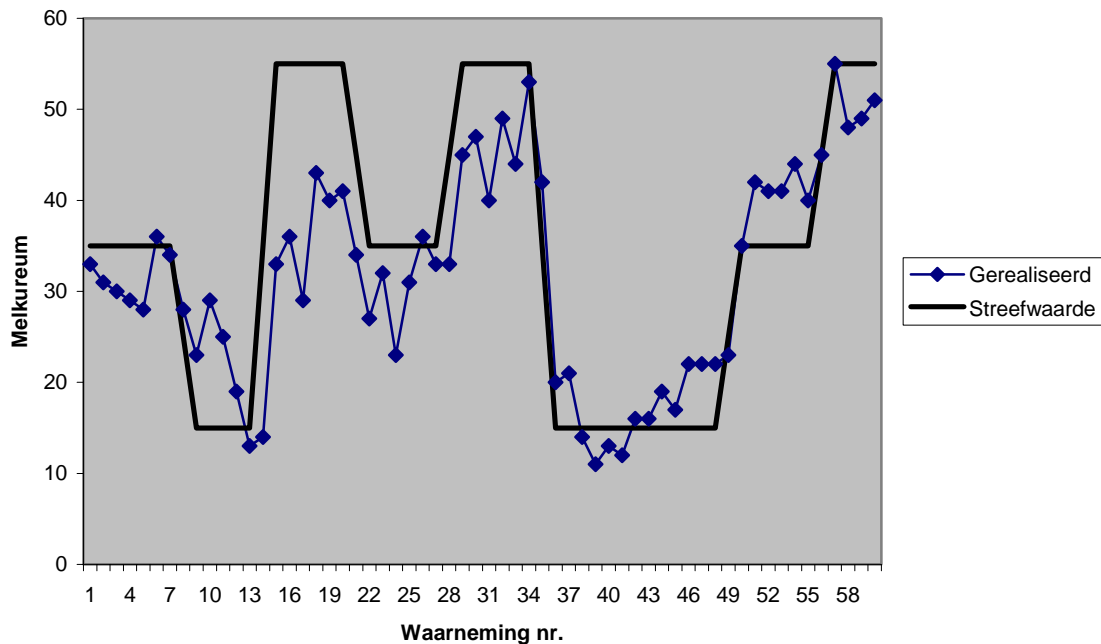
Behandeling	Behandelingsweek	Aantal dieren <sup>1)</sup>	Kg melk/dag	%vet	%eiwit	BSK
U35	1	51	27,9	5,10	3,37	41,0
U35	2	49	25,9	4,91	3,29	38,4
U35	3	49	26,2	4,48	3,21	38,7
U15	1	50	28,5	4,26	3,21	42,1
U15	2	52	27,4	4,57	3,26	40,7
U15	3	50	28,4	4,31	3,37	42,2
U55	1	50	27,1	4,27	3,39	40,8
U55	2	47	27,4	4,29	3,24	40,3
U55	3	45	25,9	4,33	3,22	37,8
U35	1	45	25,8	4,40	3,33	38,6
U35	2	45	26,7	4,37	3,27	39,9
U35	3	46	25,6	4,52	3,31	38,6
U55	1	44	25,8	4,47	3,37	39,1
U55	2	46	25,7	4,41	3,32	39,4
U55	3	48	25,6	4,37	3,28	39,0
U15	1	48	26,2	4,42	3,23	40,3
U15	2	50	20,8	4,30	3,33	32,5
U15	3	51	23,1	4,44	3,51	37,2
U15	1	50	23,1	4,51	3,46	37,2
U15	2	50	22,0	4,58	3,41	35,9
U15	3	51	23,4	4,56	3,43	38,3
U35	1	48	21,5	4,58	3,42	35,7
U35	2	49	22,3	4,48	3,35	37,6
U35	3	47	22,5	4,46	3,36	38,9
U55	1	48	22,8	4,62	3,45	37,6
U55	2	46	22,1	4,63	3,33	36,3

<sup>1)</sup> Betreft het aantal dieren waarop de MPR is gebaseerd. De proefgroep bevat doorgaans enkele dieren meer, zoals hoogdrachtige dieren kort voor afkalven.

### 3.4 Melkureum

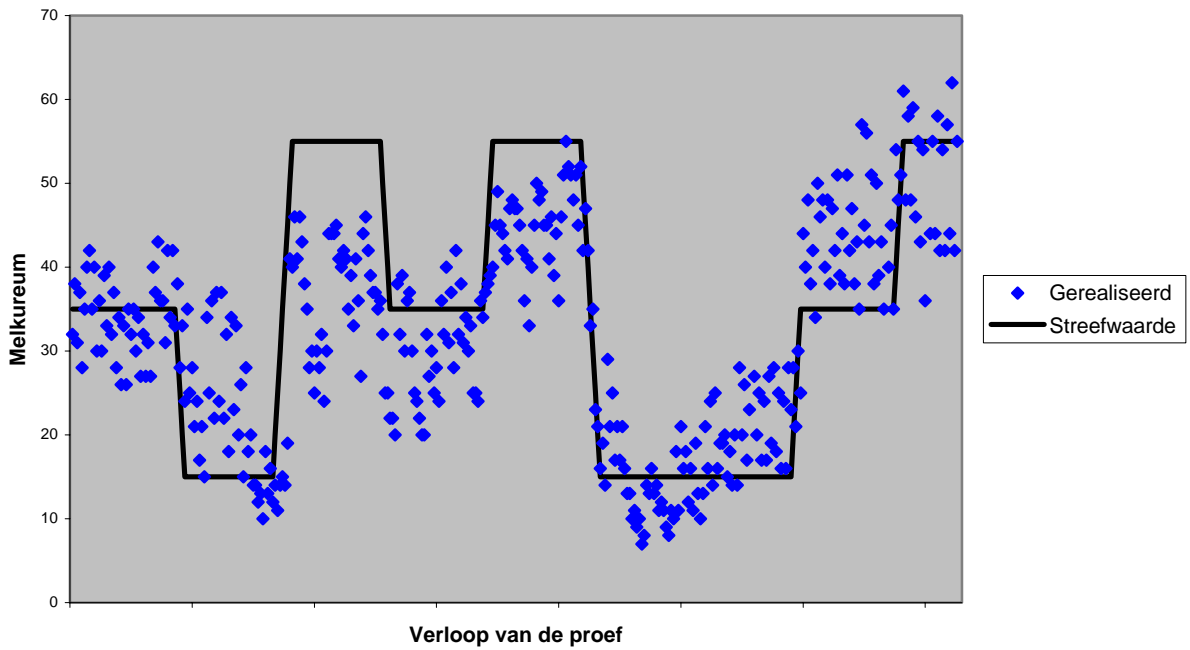
Figuur 3.1 geeft een overzicht van het verloop van het melkureumgehalte in de tankmelk per aflevering. Doorgaans vindt één aflevering per zes melkbeurten plaats, dat wil zeggen eens per drie dagen. In de figuur zijn zowel de streefwaarden als de gerealiseerde waarden opgenomen. De gewenste spreiding (15 tot 55 mg/100 g) is gedurende de proefperiode gerealiseerd. Een aantal afleveringen bevatten zelfs minder dan 15 mg ureum per 100 g melk. Het verloop van de gerealiseerde waarden is veel grilliger dan het verloop van de streefwaarden. Dit was ook te verwachten omdat met name bij weidegang moeilijk een stabiele situatie en een stabiele rantsoensamenstelling is te realiseren. Door wisselingen in grasaanbod, grassamenstelling en beweidingssomstandigheden ontstaan schommelingen in grasopname, rantsoensamenstelling en eiwitopname. Het melkureumgehalte vertoont als gevolg daarvan ook de nodige fluctuaties. Algemeen kan gesteld worden dat de streefwaarden redelijk goed zijn benaderd, maar dat bij behandeling U55 de gerealiseerde melkureumgehalten meestal lager lagen dan de streefwaarde.

**Figuur 3.1** Verloop van het ureumgehalte (mg/100 g) in tankmelkafleveringen gedurende de proef: streefwaarden en gerealiseerde waarden

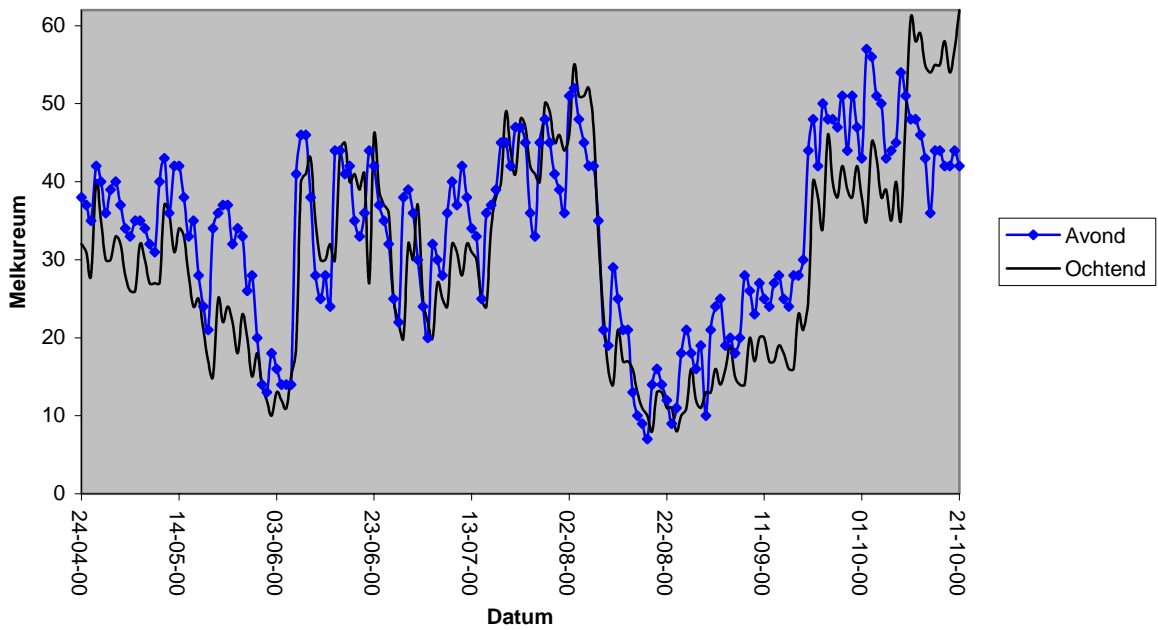


Figuur 3.2 geeft een indruk van het verloop van het melkureumgehalte op basis van de ureumbepalingen per melkmaal. Vanzelfsprekend vertoont deze figuur overeenkomsten met figuur 3.1. Echter, binnen een melkaflevering blijkt er sprake van een behoorlijke variatie in het melkureumgehalte tussen melkmalen. Doorgaans werd tijdens de avondmelkingen een hoger melkureumgehalte gemeten dan tijdens de ochtendmelkingen. Dit is een gebruikelijk beeld in situaties met beperkte weidegang, waarbij overdag wordt geweid en 's nachts op stal wordt bijgevoerd. De hoogste eiwitopname vindt dan overdag plaats. Omdat een hoge eiwitopname doorgaans binnen ca. vijf uur leidt tot een hoog melkureumgehalte (Van Duinkerken et al, 2003) wordt tijdens de avondmelking al een hoge waarde voor melkureum gevonden. Uitzonderingen hierop zijn de behandelingsperiodes waarbij het hoogste melkureumgehalte van 55 mg/100 g werd nagestreefd. Om dergelijke hoge waarden te realiseren was de bijvoeding op stal eiwitrijk (graskuil, eiwitrijk krachtvoer en eventueel ureum). In die gevallen bevatte ook de ochtendmelk een hoog ureumgehalte en was de waarde voor de ochtend vaak vergelijkbaar of soms zelfs hoger dan de waarde voor de avond (zie figuur 3.3).

**Figuur 3.2** Verloop van het melkureumgehalte (mg/100 g) per melkmaal gedurende de proef: streefwaarden en gerealiseerde waarden



**Figuur 3.3** Verloop van het melkureumgehalte (mg/100 g) van de avondmelk en de ochtendmelk gedurende de proef



### 3.5 Urinesamenstelling

De urinesamenstelling bepaalt in sterke mate de ammoniakemissie vanaf de stalvloer. Daarnaast bepaalt de urine mede de samenstelling van de toplaag van de mest in de kelder en die van de mengmest (Monteny, 2000). In tabel 3.7 is de gemiddelde urinesamenstelling per behandeling weergegeven.

**Tabel 3.7** Gemiddelde urinesamenstelling per behandeling (behandelingsgemiddelden van periodegemiddelden)

Behandeling	Totaal-N (g/kg)	Ureum-N (g/l)	NH <sub>4</sub> -N (g/l)	pH (-)	K (g/l)	Na (g/l)
U15	5,54	3,05	0,05	8,3	12,08	0,27
U35	7,10	5,32	0,04	8,4	12,85	0,31
U55	8,11	6,38	0,04	8,4	12,00	0,45

De gehalten aan ureum-N en totaal-N nemen toe met het niveau van tankmelkureum. Het natriumgehalte lijkt toe te nemen met het tankmelkureumniveau. Het kaliumgehalte vertoont geen duidelijke samenhang met het melkureumniveau.

### 3.6 Mestsamenstelling

#### 3.6.1 Toplaag mest

De samenstelling van de toplaag in de mestkelder bepaalt in sterke mate de ammoniakemissie vanuit de mestkelder (Monteny, 2000). In tabel 3.8 is de gemiddelde samenstelling van de toplaag van de mest in de kelder per behandeling weergegeven. De toplaag wordt vrijwel continu verversd door nieuwe urinelozingen en defaecaties. In de derde week van elke behandeling (proefperiode) zal een dier voedingsfysiologisch (en dus ook de excretie via mest en urine) vrijwel volledig zijn aangepast aan het bijbehorende rantsoen. Aan het einde van een proefperiode van drie weken geeft de toplaag naar verwachting een goed beeld van het behandelingseffect.

**Tabel 3.8** Gemiddelde samenstelling van de toplaag van de mest in de kelder aan het einde van de proefperiodes: per behandeling

Behandeling	Totaal-N (g/kg)	Ammonium-N (g/kg)	pH (-)
U15	4,23	1,43	6,9
U35	4,69	1,76	7,1
U55	4,97	1,93	7,2

De pH en de gehalten aan ammonium-N en totaal-N in de toplaag van de mest nemen toe met het tankmelkureumniveau. Eerder is al aangegeven dat ook de gehalten van ureum en totaal stikstof in de urine toenemen met het melkureumniveau. Deze parameters zijn direct verantwoordelijk voor de hogere ammoniakemissie bij hogere tankmelkureumniveaus.

#### 3.6.2 Mengmestsamenstelling

In tabel 3.9 is de gemiddelde samenstelling van de mengmest per behandeling weergegeven. De samenstelling van de mengmest aan het einde van een proefperiode werd mede bepaald door de mestsamenstelling in de voorgaande proefperiode(n). Dit vanwege het achterblijven van 75 cm mest in de kelder na het overpompen na elke proefperiode.

**Tabel 3.9** De gemiddelde samenstelling van de mengmest per behandeling

Behandeling	Totaal-N (g/kg)	Ammonium-N (g/kg)	pH (-)	DS (g/kg)	Na (g/kg)	K (g/kg)
U15	3,79	2,03	7,6	68,4	0,55	4,83
U35	3,83	2,11	7,5	65,4	0,62	4,82
U55	3,84	2,19	7,6	62,3	0,58	4,96

Uit tabel 3.9 blijkt dat de verschillen in mengmestsamenstelling tussen de proefbehandelingen klein zijn. Bij hogere tankmelkureumniveaus tenderen de ammoniumstikstof- en totaalstikstofgehalten wel naar hogere waarden en het drogestofgehalte naar lagere waarden. Aan het eind van een periode is gemiddeld ruim 80% van het mengmestvolume nog afkomstig uit de voorgaande periode(n). Daardoor worden de behandelingseffecten op de gehalten in de mengmest sterk genivelleerd. Aangezien de urinesamenstelling en de samenstelling van de toplaag in de mestkelder zich wel aanpassen bij een nieuw rantsoen (en deze vooral bepalend zijn voor de emissie), is de invloed van de verschillende varianten op de emissie ondanks de vrij constante mengmestsamenstelling toch goed meetbaar.

### 3.7 Waterverbruik

Water is hoofdzakelijk gebruikt voor reiniging en als drinkwater. Water dat in de mestkelder terecht kwam bestond uit afvalwater van de reiniging van melkwinningsapparatuur, spuitwater om de melkstal en omgeving te reinigen, spuitwater om de afkalfstal te reinigen, morswater van de koeien (hoeveelheid onbekend) en water van de toilet en van de wasbakken. Het toevoegen van afvalwater aan de mestopslag vergrootte de totale hoeveelheid mengmest. Ook werd daardoor de mest verdund. Drinkwater is opgenomen in de stal en in de weide: beide zijn geregistreerd. De hoeveelheid morswater die in de weide ontstond is onbekend. Na een hevige regenbui kunnen plassen ontstaan. Ook de hoeveelheid water die uit deze plassen of met vochtig gras wordt opgenomen is onbekend. De drinkwateropname in de weide is enigszins overschat doordat hierin de wateropname door een aantal weidende droogstaande koeien is begrepen. Het totale waterverbruik in de proefperiode is 1167 m<sup>3</sup>, gemeten met de hoofdmeter. Gemeten met de afzonderlijke watermeters blijkt een totaal waterverbruik van 1140 m<sup>3</sup>. Het verschil tussen het totaal van de hoofdmeter en het totaal van de afzonderlijke watermeters is 27 m<sup>3</sup> en is te verklaren door het verbruik van water door een aantal niet gemeten objecten, o.a. het toilet, de wasbak bij de ingang van de stal en het spoelwater voor de afkalfstal. In het verschil zitten ook de afwijkingen van alle watermeters. Deze restposten blijken klein. Totaal kwam er over de gehele proefperiode 235 m<sup>3</sup> in de mestopslag terecht. Dit was omgerekend ca. 1,3 m<sup>3</sup> per dag en ca. 25 liter per koe per dag. Tabel 3.10 geeft een overzicht van het drinkwaterverbruik en spoelwaterverbruik per behandeling. Opvallend is de stijging van het spoelwater in de laatste twee behandelingsperiodes. Dit wordt veroorzaakt door een hoger verbruik van water voor het schoonspuiten. Dit is mogelijk verklaarbaar doordat de melkstal in het najaar doorgaans meer bevuild wordt als gevolg van dunnere mest. Variatie in de drinkwateropname kan verklaard worden via wisselingen in weersomstandigheden, opname van vocht via voedermiddelen en de opname van Na, K en RE. De opname van Na, K en RE stimuleert de opname van water en de productie van urine (Bannink et al, 1999).

**Tabel 3.10** Gemiddeld drink- en spoelwaterverbruik (liter/dier/dag) per behandeling

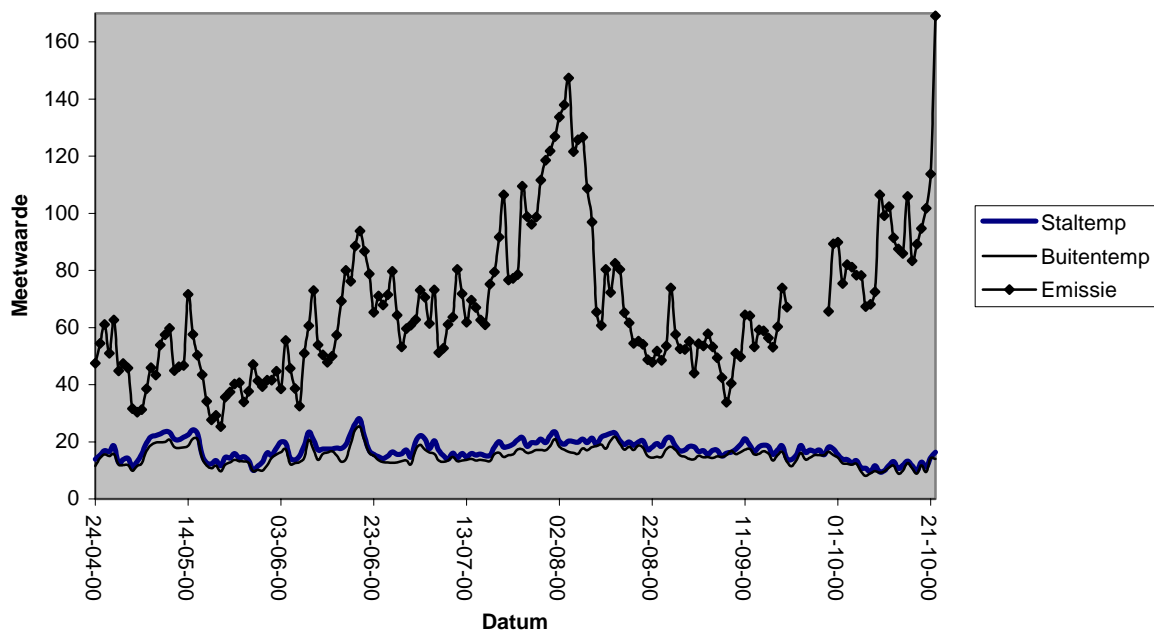
Behandeling	Spoelwater	Drinkwater
U35	23	87
U15	24	64
U55	24	97
U35	24	86
U55	24	97
U15	24	75
U15	24	60
U35	29	67
U55	32	86

### 3.8 Ammoniakemissie

#### 3.8.1 Waarnemingen

Figuur 3.4 geeft het verloop van de daggemiddelden voor ammoniakemissie uit de stal, staltemperatuur en buitentemperatuur. Er is sprake van een forse variatie in de daggemiddelde ammoniakemissie. In de tweede helft van september is sprake van enkele missende emissiewaarnemingen als gevolg van technische problemen met de meetapparatuur.

**Figuur 3.4** Daggemiddelden voor ammoniakemissie (g/uur) uit de stal, staltemperatuur (°C) en buitentemperatuur (°C)



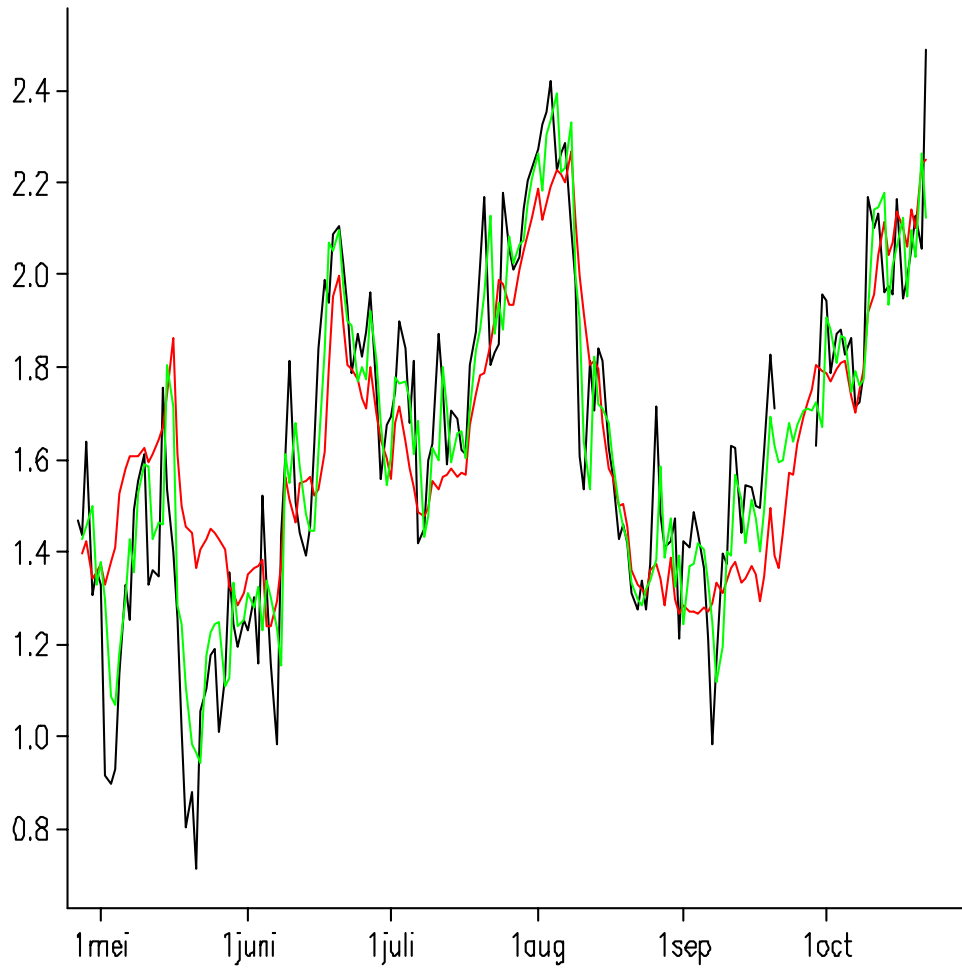
#### 3.8.2 Emissiemodel

Een model voor schatting van de ammoniakemissie is gebaseerd op de ureumgehalten in de tankmelk. Eerst is daarbij het algemene dynamische regressiemodel (zie hoofdstuk 2) aangepast aan de logaritme van de emissiewaarden. Met behulp van Genstat (Genstat 5 Committee, 1993) zijn voor de residuen van het AR(1) model de autocorrelatiefunctie en de partiële autocorrelatiefunctie berekend. Op grond van de grafieken<sup>3</sup> van de autocorrelatie en partiële autocorrelatie functie waren er geen aanwijzingen dat de residuen na aanpassing van het AR(1) model nog langer gecorreleerd zijn. Op grond daarvan is geconcludeerd dat de residuen met een AR(1) model kunnen worden beschreven.

Voor een indruk van de kwaliteit van het model zijn in figuur 3.5 de som van de gefitte "fixed termen" in het model, alsmede de log-emissiewaarden (omgerekend naar kg NH<sub>3</sub> per koe over een periode van 175 dagen) uitgezet tegen de tijd. De rode lijn is de modelfit en laat zien dat vooral in het eerste deel van de proefperiode sprake is van behoorlijke discrepantie met de gemeten waarden (zwarte lijn) en dat de kwaliteit van het model als beschrijving van de dagemissies beperkt is. In het begin van de proefperiode kan de discrepantie oplopen tot 0,4 of hoger, hetgeen correspondeert met procentuele fouten van 40% of meer voor de emissiewaarden.

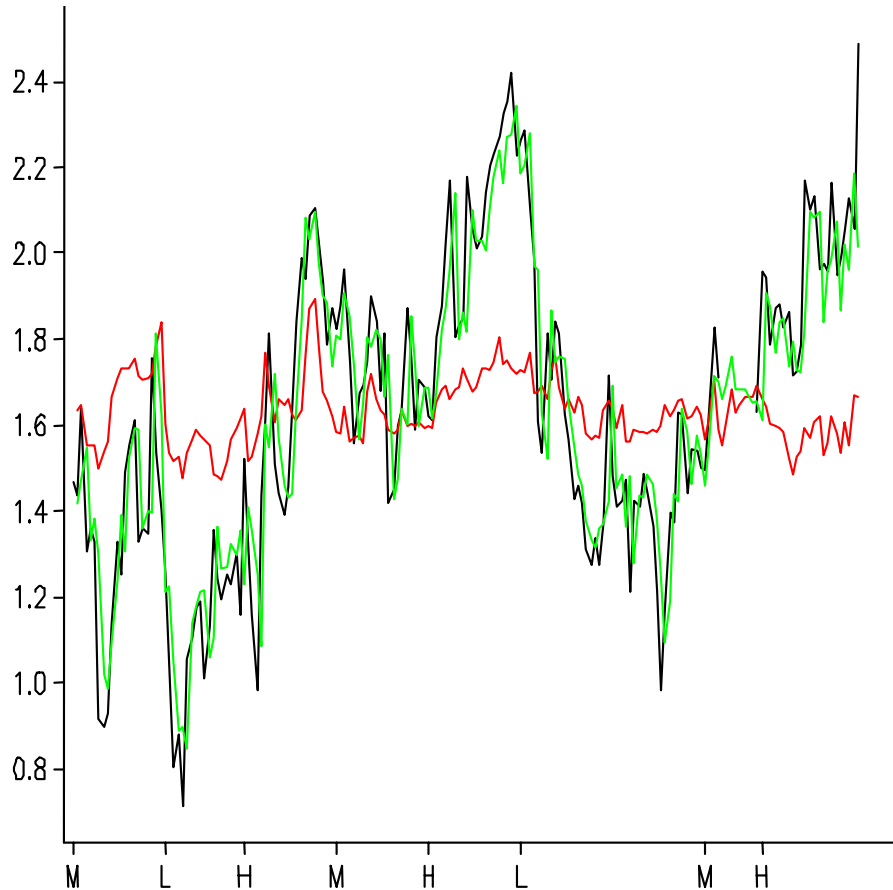
<sup>3</sup> deze gedetailleerde grafieken zijn niet in het rapport opgenomen

**Figuur 3.5** Profiel van de fit van fixed modeltermen (rode lijn) en de fit inclusief AR deel (groene lijn) bij gebruik van het emissiemodel op basis van het ureumgehalte in tankmelk. De log-emissiewaarden (zwarte lijn) zijn omgerekend naar kg NH<sub>3</sub> per koe over een periode van 175 dagen



Verder bleek uit de statistische analyse dat rekening moet worden gehouden met uitdoofeffecten omdat het weglaten van de uitdoofeffecten resulteert in een slechte fit. Dit is geïllustreerd in figuur 3.6 waarin de modelfit (rode lijn) is opgenomen voor de situatie waarbij geen rekening is gehouden met uitdoofeffecten. De rode lijn wijkt ernstig af van zwarte lijn van de emissiewaarden.

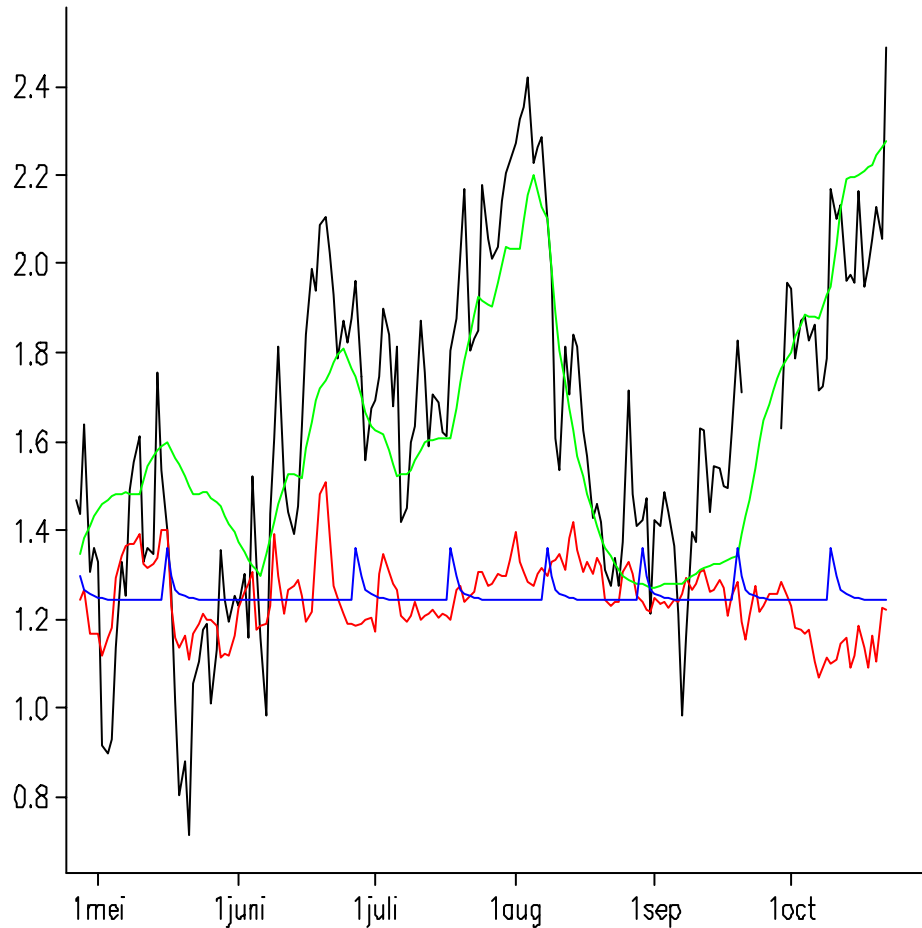
**Figuur 3.6** Profiel van de fit van fixed modeltermen (rode lijn) en de fit inclusief AR deel (groene lijn) bij gebruik van het emissiemodel op basis van het ureumgehalte in tankmelk, maar zonder uitdoofeffecten. De log-emissiewaarden (zwarte lijn) zijn omgerekend naar kg NH<sub>3</sub> per koe over een periode van 175 dagen



Voor een indruk van het belang van de bijdragen van de verschillende componenten aan de gefitte modelwaarden is in figuur 3.7 het verloop van deze bijdragen in de tijd weergegeven. Het effect van  $U_t^2$  (ureumgehalte in kwadraat) verklaart het meest, gevolgd door het effect van  $T_t$  (buitentemperatuur -15) en als laatste het effect van mestmixen en overpompen ( $I_t$ ). De bijdrage van dit laatste effect is relatief onbelangrijk en dooft snel uit in de dagen na mestmixen. Tegen deze achtergrond lijkt weglaten van het mengeffect uit het model niet bezwaarlijk.



**Figuur 3.7** Verloop van bijdragen van de afzonderlijke fixed modeltermen (groen = effect van melkureumgehalte; rood = effect van temperatuur; blauw = effect van mestmixen en overpompen) en het verloop van de log-emissiewaarden (zwarte lijn) bij gebruik van het emissiemodel op basis van het ureumgehalte in tankmelk. De log-emissiewaarden zijn omgerekend naar kg NH<sub>3</sub> per koe over een periode van 175 dagen



In tabel 3.11 zijn de schattingen van de modelparameters uit het aangepaste dynamisch regressiemodel opgenomen, alsmede het percentage verklaarde variantie in de log getransformeerde emissiewaarden.

**Tabel 3.11** Schattingen voor de modelparameters, inclusief de berekende standaardfout

Parameter	Schatting	Standaardfout	Parameter	Schatting	Standaardfout
$C$	1,25	0,20	$\omega_3$	0,11	0,06
$\omega_1$	0,026	0,006	$\phi$	0,72	0,06
$\delta_1$	0,85	0,05	$\sigma_a^2$	0,0216	
$\omega_{21}$	-0,0013 <sup>1)</sup>	0,0022	$\sigma_{\text{totaal}}^2$	0,044	
$\omega_{22}$	0,000088	0,000042	$\sigma^2$	0,130	
$\delta_2$	0,45 <sup>1)</sup>	0,49	% verklaarde variantie	66	

<sup>1)</sup> Parameterschatting die o.b.v. een t-toets voor de verhouding van schatting en standaardfout niet aantoonbaar van 0 verschilt

Het uiteindelijke model, inclusief parameterschattingen wordt als volgt uitgeschreven:

$$Z_t = 1,25 + 0,026 * T_t - \frac{0,0013}{1 - 0,85 * B} U_t + \frac{0,000088}{1 - 0,85 * B} U_t^2 + \frac{0,11}{1 - 0,45 * B} I_t + \frac{1}{1 - 0,72 * B} a_t \quad [\text{F3.1}]$$

Uit de geschatte regressiecoëfficiënt voor de buitentemperatuur blijkt dat per graad temperatuurstijging sprake is van een circa 2,6% hogere ammoniakemissie. Verder blijkt mestmixin en overpompen op de dag zelf tot zo'n 11% hogere emissie te leiden. Het effect van mestmixin dooft echter snel uit. Deze effecten komen goed overeen met de door Van Duinkerken et al (2003) gevonden effecten van staltemperatuur en mestmixin in een bedrijfssituatie met summerfeeding.

In de praktijk is het gedurende het weideseizoen niet gebruikelijk om zo frequent en intensief mest te mixen en eventueel te verpompen als tijdens het experiment. Voor toepassing van het model in de praktijk zal in de meeste gevallen daarom gewerkt kunnen worden met de aanname  $I_t = 0$ . Onder deze aanname gelden de volgende rekenregels:

$$\text{Stalemissie (kg NH}_3\text{/dier/weideperiode van 175 dagen)} = e^Z \quad [\text{F3.2}]$$

met:

$$Z = 1,25 + 0,026 * (\text{TEMP} - 15) - 0,0087 * U + 0,00058667 * U * U \quad [\text{F3.3}]$$

met:

Z     natuurlijke logaritme van de ammoniakemissie uit de stal (kg NH<sub>3</sub>/dier/weideperiode van 175 dagen)

TEMP   buitentemperatuur (°C)

U     ureumgehalte in tankmelk (mg/100 g)

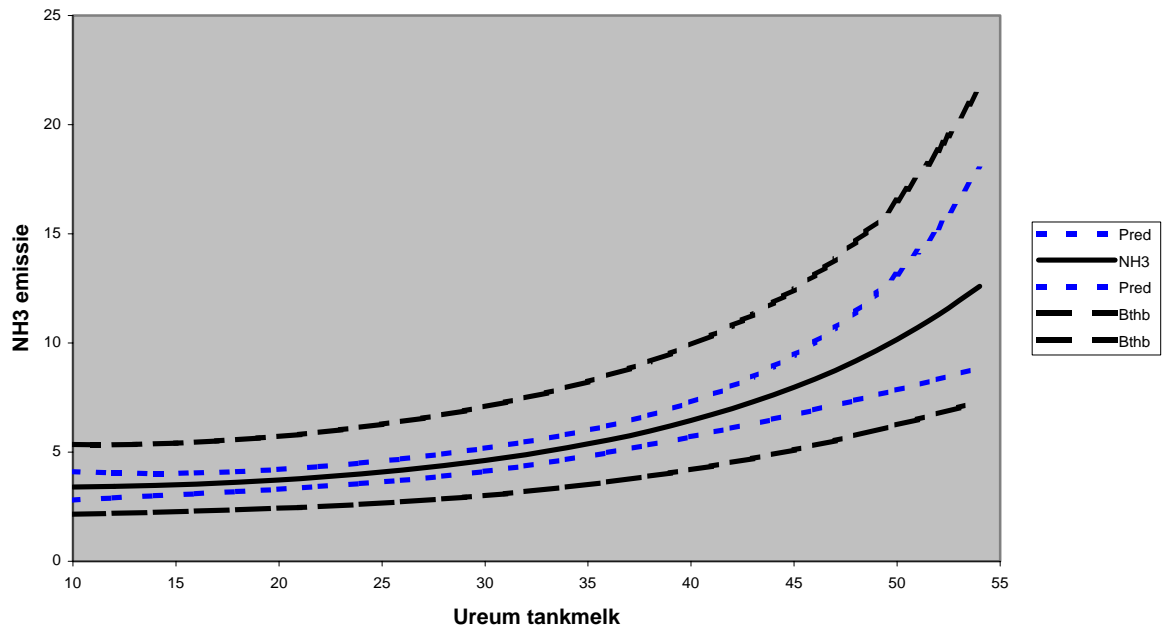
Uit vervolganalyses bleek dat modellen op basis van het ureumgehalte in ochtendmelk en avondmelk minder goed voorspelden dan het model op basis van het ureumgehalte in tankmelk.

### 3.8.3 Betrouwbaarheids- en predictieinterval

De analyses die zijn uitgevoerd om de relatie tussen ammoniak emissie en het ureum gehalte van de tankmelk vast te stellen hebben geresulteerd in model 3.1. Op grond van dit model zijn voorspellingen berekend voor de ammoniak emissie bij gegeven waarden van het ureumgehalte in de tankmelk en bij een dagtemperatuur van 15°C. Essentieel is een indicatie van de nauwkeurigheid van de voorspellingen. Als maat voor de nauwkeurigheid worden betrouwbaarheids- en predictieintervallen genomen. Van essentieel belang daarbij is voor welk doel de voorspellingen worden gebruikt, zodat de relevante bronnen van variatie bij de nauwkeurigheidberekeningen worden meegenomen. Omdat de berekeningen gebaseerd zijn op emissie data van het "Voer- en emissiebedrijf", zijn de berekende intervallen geldig voor de situatie van dat bedrijf. De berekende intervallen behoeven niet valide te zijn bij gebruik voor andere bedrijven omdat bij de berekeningen de variatie tussen bedrijven niet kon worden meegenomen.

In figuur 3.8 zijn voor het model 3.1 de berekende mediane ammoniak emissie, alsmede de onder en bovengrenzen van het 95% betrouwbaarheidsinterval voor de mediane emissie en het 95% predictieinterval van de individuele waarnemingen van de emissie gegeven.

**Figuur 3.8** Mediane ammoniakemissie (NH<sub>3</sub>), 95% betrouwbaarheidsinterval (Bthb) en 95% predictieinterval (Pred) voor model 3.1; NH<sub>3</sub> emissie in kg/dier/175 dagen en melkureum in mg/100 g



## 4 Conclusies

### *Uit dit onderzoek*

- De ammoniakemissie vanuit de natuurlijk geventileerde ligboxenstal met roostervloer kan voor bedrijfssituaties met beperkte weidegang goed worden voorspeld met een emissiemodel met buitentemperatuur en tankmelkureumgehalte als verklarende variabelen.  
Uit dit model blijkt dat:
  - de stalemissie stijgt met ca. 2,6% bij toename van de buitentemperatuur met 1°C.
  - de stalemissie exponentieel stijgt bij een toename van het tankmelkureumgehalte. Bij een niveau van 20 mg ureum per 100 g melk stijgt de stalemissie met ca. 2,5% bij stijging van het melkureumgehalte met 1 mg/100 g. Bij een niveau van 30 mg ureum per 100 g melk stijgt de stalemissie met ca. 3,5% bij stijging van het melkureumgehalte met 1 mg/100 g.
- Het mixen en overpompen van mest leidde in het onderzoek tot een stijging van de ammoniakemissie vanuit de stal met ca. 11% op de dag van mestmixen.

### *Algemeen*

- De ammoniakemissie vanuit natuurlijk geventileerde melkveestallen kan met behulp van voedingsmaatregelen worden teruggedrongen. Dit geldt zowel voor bedrijfssituaties met summerfeeding als bedrijfssituaties met beperkte weidegang. Het melkureumgehalte is daarbij een goede indicator voor de emissiereductie. Voedingsmaatregelen die bijdragen aan verlaging van het melkureumgehalte, dragen tevens bij aan een verlaging van de ammoniakemissie uit de stal. Voorbeelden van dergelijke emissieverlagende maatregelen zijn: verlaging van het N-bemestingsniveau op grasland, later inscharen in weidepercelen en het bijvoeren van energierijke en eiwitarme voeders op stal (denk aan snijmais).

## 5 Praktijktoeepassing

Uit het in dit rapport beschreven onderzoek blijkt dat bij beperkte weidegang van het melkvee nog steeds een flinke uitstoot van ammoniak vanuit de stal plaatsvindt, ondanks het feit dat de dieren overdag niet in de stal zijn. Er zijn echter goede mogelijkheden om de stalemissie terug te dringen, omdat de emissie snel terugloopt bij lagere melkureumwaarden. In feite betekent dit dat alle maatregelen die bijdragen aan een lager melkureumgehalte, ook de ammoniakuitstoot terugdringen. De mogelijkheden om eiwitarm te voeren en daarmee het melkureum te verlagen zijn voldoende aanwezig bij beperkte beweiding. Een scherpe stikstofbemesting op grasland, niet te vroeg inscharen en een eiwitarme bijvoeding zetten zeker zoden aan de dijk.

### 5.1 Scherpe stikstofbemesting op grasland

Om voldoende opbrengst van het grasland te krijgen is een goede stikstofbemesting belangrijk. De stikstofbemesting heeft betrekking op de kunstmestgift en het voor die snede werkzame deel van eerder gegeven organische mest. Er kan bewust of onbewust teveel stikstof bemest worden. Teveel bemesten kan optreden als gevolg van onderschatting van het stikstof leverend vermogen (NLV-klasse) van de grondsoort of door geen stikstofcorrectie na droogte toe te passen. Door bemesting boven het stikstofbemestingsadvies neemt de hoeveelheid eiwit in het gras toe. Ook vlinderbloemigen zoals klaver geven door stikstofbinding uit de lucht een verhoging van het eiwitgehalte van het gewas. Tenzij daarvoor wordt gecorrigeerd via andere rantsoencomponenten of via het oogsttijdstip, leidt dit doorgaans tot een verhoging van het melkureumgehalte. Aanscherping (verlaging) van de bemesting is dus een middel om het melkureumgehalte te verlagen. In het veenweidegebied zal echter door een sterke mineralisatie van stikstof in de bodem ook bij een lage N-bemesting nog regelmatig eiwitrijk gras gewonnen worden.

### 5.2 Later inscharen

Het moment van inscharen is van invloed op het eiwitgehalte van het gras. Bij inscharen na relatief weinig groeidagen bevat gras in het algemeen een hoog gehalte aan (onbestendig) eiwit. Het voeren of beweiden van dergelijk jong gras geeft daarom in de regel een hoger melkureumgehalte dan het gebruik van gras uit een later groeistadium. Opgemerkt dient te worden dat in het veenweidegebied de botanische samenstelling van het gras meer variatie vertoont dan in andere gebieden. Dit gaat doorgaans samen met een lagere verteerbaarheid en energiewaarde. Door later te oogsten kan de voederwaarde en smakelijkheid dan nog verder achterblijven. Bovendien treedt op veengronden een sterke mineralisatie van stikstof uit de bodem op, met name in de nazomer. Zelfs bij wat "ouder" gewas en bij een laag bemestingsniveau kan het eiwitgehalte van het gras daardoor nog hoog zijn. Melkveebedrijven in dit soort gebieden zullen er daarom slechts gedeeltelijk in slagen om een relatief laag melkureumgehalte te realiseren.

### 5.3 Intensief management van gras/klaver

Op melkveebedrijven wordt in toenemende mate gebruik gemaakt van gras/klaver mengsels, vooral op zand- en kleigronden. Klaver heeft het vermogen om stikstof uit de lucht te binden en is daarom goed bruikbaar bij afnemende bemesting op grasland. Het is echter lastig om het klaveraandeel in de zode op een stabiel niveau te houden. In het voorjaar komt de ontwikkeling van klaver traag op gang en is het geoogste gewas vaak relatief eiwitarm. In de zomer neemt onder invloed van warmere en drogere omstandigheden het klaveraandeel en daarmee het eiwitgehalte van het gewas toe. Het is bij het gebruik van gras/klaver mengsels daarom van belang met deze variatie rekening te houden en bijvoorbeeld in de nazomer te zorgen voor eiwitarme bijvoeding (bijv. snijmaïs).

### 5.4 Eiwitarme en energierijke bijvoeding op stal

Bij beperkte weidegang nemen melkkoeien doorgaans dagelijks ongeveer 8 tot 10 kg ds gras op. Bij een gangbaar voeropname niveau van rond de 20 kg ds per dag, betekent dit dat ongeveer 10 tot 12 kg ds op stal wordt bijgevoerd. Deels bestaat dit uit ruwvoer zoals snijmaïs en deels uit krachtvoerders.

Voor de totale eiwitopname en het melkureumgehalte is het daarom belangrijk naar de samenstelling van het totale rantsoen, dus inclusief de bijvoeding, te kijken. Om een hoge stikstofefficiëntie door het melkvee te realiseren is het belangrijk om te streven naar een lage Onbestendig Eiwit Balans (OEB), normvoeding voor DVE en een goede energievoorziening.

#### *5.4.1 Lage OEB*

Grofweg kan gesteld worden dat een verlaging van het eiwitniveau in het rantsoen leidt tot een verlaging van het melkureumgehalte. Verlaging van het eiwitniveau in het rantsoen dient vooral gericht te zijn op een verlaging van de OEB richting 0 g/dier/dag. Een deel van de verlaging van de OEB kan gerealiseerd worden via het ruwvoer (gebruikmaking van eiwitarme ruwvoerders zoals snijmaïs, verlaging van N-bemesting op grasland en gras later oogsten), een ander deel via vermindering van het gebruik van eiwitrijk krachtvoer. De mogelijkheden die bedrijven hebben om via het ruwvoer de OEB te verlagen zijn onder andere afhankelijk van de mogelijkheden om het bouwplan te wijzigen of het eiwitgehalte van het ruwvoer te beïnvloeden. Op veengronden zijn die mogelijkheden doorgaans meer beperkt dan bij de overige grondsoorten.

#### *5.4.2 Normvoeding voor DVE*

Een overmaat aan darmverteerbaar eiwit in het rantsoen kan niet door het vee benut worden en draagt bij aan stikstofexcretie via de urine en een verhoogd melkureumgehalte. Normvoeding voor DVE is daarom belangrijk bij het streven naar een laag ureumgehalte in melk. Typische grasbedrijven (bijv. veenweidegebied) zullen vanwege het hoge eiwitgehalte in gras, geconfronteerd kunnen worden met een overmaat aan DVE in het basisrantsoen. Verlaging van het DVE-aanbod tot beneden de norm is voor de praktijk niet aan te bevelen. Doorgaans leidt dit tot productiederving (met name van melkeiwit), tenzij aan de aminozuursamenstelling van het rantsoen gerichte aanpassingen mogelijk zijn. Overigens is er ook bij normvoeding voor DVE nog sprake van ureumuitscheiding als gevolg van de eiwitvertering. DVE wordt namelijk slechts voor ongeveer 64% in de stofwisseling benut. Het niet benutbare deel draagt bij aan de ureumuitscheiding via de urine en de melk.

#### *5.4.3 Voldoende energievoorziening melkvee*

Melkkoeien die in een negatieve energiebalans verkeren (dit zijn met name nieuwmelkte koeien), gebruiken een deel van de glucogene aminozuren als energiebron. De stikstof die daarbij vrijkomt, draagt bij aan de uitscheiding van ureum via urine en melk. Door te zorgen voor een voldoende voorziening van melkvee met (glucogene) energie kan dit proces zo veel mogelijk voorkomen worden. Goede glucogene energiebronnen zijn onder andere snijmaïs, granen en aardappelproducten. Het kan daarom zinvol zijn dit soort producten in te passen in de bijvoeding naast beperkte weidegang.

## Literatuur

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

Duinkerken, G. van, G. André, M.C.J. Smits, G.J. Monteny, K. Blanken, M.J.M. Wagemans en L.B.J. Šebek, 2003. Relatie tussen voeding en ammoniakemissie vanuit de melkveestal. Praktijkrapport Rundvee 25. Praktijkonderzoek Veehouderij, Lelystad

Genstat 5 Committee, 1993

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

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.

Smits, M.C.J., G. van Duinkerken en G.J. Monteny, 2002. Mogelijkheden van ammoniakemissie beperkende voermaatregelen in de melkveehouderij. Gezamenlijk rapport IMAG en Praktijkonderzoek Veehouderij (PV). Nota P 2002-36, juni 2002, IMAG, Wageningen, Nederland.