

# Literatuurstudies over de mineralenvoorziening van herkauwers (XVII): NITRIET EN NITRAAT

A.M. van den Top

CVB documentatierapport nr. 49  
September 2005



Centraal Veevoederbureau

**© centraal veevoederbureau 2005**

Niets van deze uitgave mag worden verveelvoudigd en/of openbaar gemaakt door middel van druk, fotokopie, microfilm of op welke wijze ook, tenzij dan na schriftelijke toestemming van het Centraal Veevoederbureau.

Deze uitgave is met zorg samengesteld; het Centraal Veevoederbureau kan echter op geen enkele wijze aansprakelijk worden gesteld voor de gevolgen van het gebruik van de gegevens uit deze publicatie

# Literatuurstudies over de mineralenvoorziening van herkauwers (XVII): NITRIET EN NITRAAT

A. M. van den Top  
Adviesbureau VOER-RAAD  
Groenekan

CVB documentatierapport nr. 49  
September 2005

Centraal Veevoederbureau  
Postbus 2176  
8203 AD Lelystad  
Telefoon 0320 – 29 32 11  
Telefax 0320 – 29 35 38  
E-mail [cvb@pdv.nl](mailto:cvb@pdv.nl)  
Internet [www.cvb.pdv.nl](http://www.cvb.pdv.nl)



## WOORD VOORAF

De “Handleiding mineralenonderzoek bij rundvee in de praktijk” is al vele decennia een frequent geraadpleegde publicatie ten behoeve van de mineralen- en spoorelementenvoorziening van rundvee. Van deze uitgave verscheen in 1996 de 5<sup>e</sup> druk. Deze was grotendeels gelijk aan de 4<sup>e</sup> druk van 1990. Omstreeks 2000 concludeerde de Commissie Onderzoek Minerale Voeding (COMV), die verantwoordelijk is voor de inhoud van deze uitgave, dan ook dat een grondige actualisatie wenselijk was.

De commissie was van mening dat voor de vernieuwde Handleiding, zo mogelijk, de beschikbare wetenschappelijke literatuur opnieuw diende te worden geëvalueerd. Bovendien zou meer aandacht gegeven moeten worden aan de mineralenvoorziening van andere categorieën rundvee dan melkvee, alsook aan die van schapen en geiten. Tenslotte moesten de uitgangspunten voor de berekening van de behoeftenormen transparant beschreven te worden.

De beoogde actualisatie werd mogelijk toen het Ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit (LNV), Productschap Zuivel (PZ) en Productschap Diervoeder (PDV) bereid bleken gezamenlijk het project te subsidiëren.

De COMV besloot daarop het project als volgt uit te voeren:

- Verschillende door de COMV aangezochte deskundigen dienden in een (meestal Engels-talig) basisdocument de relevante literatuur samen te vatten en te evalueren.
- Vervolgens zouden deze documenten kritisch worden beoordeeld door (leden van) de commissie.
- Deze basisdocumenten dienden vervolgens te worden gebruikt voor het schrijven en inhoudelijk vaststellen van de verschillende hoofdstukken voor de nieuwe Handleiding.

De nieuwe Handleiding is sinds oktober 2005 beschikbaar, onder de titel ‘Handleiding mineralenvoorziening rundvee, schapen en geiten.’ Deze Handleiding wordt, net als de vijfde editie, uitgegeven via het Centraal Veevoederbureau (CVB) te Lelystad.

De COMV vond het gewenst dat de waardevolle basisdocumenten ook zouden worden uitgegeven. Daarmee is voor een ieder die dat wil traceerbaar wat de basis is geweest voor de tekst in de geactualiseerde Handleiding. Het Centraal Veevoederbureau was graag bereid deze documenten uit te geven als CVB-Documentatierapport. In verband hiermee hebben de auteurs en de leden van de COMV alle rechten overgedragen aan het Productschap Diervoeder, waarvan het CVB een dienst is.

Voor een overzicht van alle CVB-documentatierapporten die in dit verband verschijnen, wordt verwezen naar een bijlage achterin dit rapport.

Voor het schrijven van het onderhavige rapport over Nitriet en nitraat willen wij de auteur, dr. A.M. van den Top, hartelijk dankzeggen.

Utrecht/Lelystad, augustus 2005

Prof. dr. ir. A.C. Beynen  
Voorzitter Commissie Onderzoek Minerale Voeding

Dr. M.C. Blok  
Secretaris Commissie Onderzoek Minerale Voeding,  
Hoofd Centraal Veevoederbureau

*De auteur van dit rapport, dr. A.M. van den Top, wil de COMV, en in het bijzonder Dr. M.C. Blok, Ir. D.J. den Boer en Prof. Dr. A.Th. van 't Klooster, bedanken voor de kritische beoordeling van de conceptpublicatie en hun advies.*

## **SAMENSTELLING VAN DE COMMISSIE ONDERZOEK MINERALE VOEDING**

|                                  |   |
|----------------------------------|---|
| Prof. Dr. Ir. A. C. Beynen       | Afdeling Voeding, Faculteit Diergeneeskunde, Universiteit Utrecht , Utrecht |
| Dr. M. C. Blok                   | Veevoederbureau, Productschap Diervoeder, Lelystad / Den Haag               |
| Ir. D. J. den Boer               | Nutriënt Management Instituut (NMI), Wageningen                             |
| Ir. G. van Duinkerken            | Divisie Veehouderij, Animal Sciences Group van WUR, Lelystad                |
| Dr. Ir. A. W. Jongbloed          | Divisie Veehouderij, Animal Sciences Group van WUR, Lelystad                |
| Prof. Dr. A. Th. Van 't Klooster | Adviseur van de COMV  |
| Dr. Ir. W. M. van Straalen       | Schothorst Feed Research, Lelystad  |
| Dr. Ir. H. Valk                  | Divisie Veehouderij, Animal Sciences Group van WUR, Lelystad                |
| Dr. J. Veling                    | Gezondheidsdienst voor Dieren, Deventer                                     |

## INHOUDSOPGAVE

|   |    |
|---|----|
| Woord vooraf .....  | 3  |
| Samenstelling van de Commissie Onderzoek Minerale Voeding.....  | 4  |
| Afkortingen.....  | 6  |
| 1 Bronnen van nitraat.....  | 7  |
| 1.1 Voeders.....  | 7  |
| 1.2 Drinkwater.....   | 7  |
| 1.3 Overige bronnen.....  | 7  |
| 2 Gehalten in verschillende planten en voeders en oorzaken van variatie daarin.....                             | 9  |
| 2.1 Plantensoorten.....   | 9  |
| 2.2 Invloeden op het nitraatgehalte in planten en voeders.....  | 10 |
| 2.3 Gangbare gehalten in Nederlandse ruwvoerders.....   | 12 |
| 2.4 Met vergiftigingsverschijnselen geassocieerde gehalten in voedermiddelen en rantsoenen.....                 | 13 |
| 2.5 Maximaal toelaatbare gehalten.....  | 14 |
| 2.5.1 Voer.....   | 14 |
| 2.5.2 Drinkwater.....   | 14 |
| 2.5.3 Totaal in voer en drinkwater.....   | 16 |
| 2.5.4 Conclusie.....  | 16 |
| 3 Kinetiek en metabolisme van nitraat en pathogenese van nitraatvergiftiging.....                               | 19 |
| 3.1 Kinetiek, intermediaire stofwisseling en excretie.....  | 19 |
| 3.2 Invloeden van rantsoensamenstelling, voeding en voeropname op het optreden van nitraatvergiftiging.....     | 20 |
| 3.3 Invloeden van de toestand van het maagdarmkanaal op de nitraatstofwisseling.....                            | 22 |
| 4 Epidemiologie.....  | 23 |
| 5 Klinische verschijnselen.....   | 25 |
| 5.1 Acute vergiftiging.....   | 25 |
| 5.2 Effecten van acute vergiftiging op langere termijn en chronische vergiftiging.....                          | 25 |
| 6 Pathologie.....   | 27 |
| 7 Diagnose.....   | 29 |
| 8 Behandeling.....  | 31 |
| 9 Maatregelen ter preventie.....  | 33 |
| 9.1 Voeding en rantsoensamenstelling.....   | 33 |
| 9.2 Interacties in de pens.....   | 34 |
| 9.2.1 Interacties met wolfraam, L-cysteïne, zwavel, molybdeen en koper.....                                     | 34 |
| 9.2.2 Interacties met monensin en niet-eiwit stikstof.....  | 36 |
| 9.3 Conclusie.....  | 36 |
| 10 Volksgezondheidsaspecten.....  | 37 |
| 11 Literatuur.....  | 39 |
| BIJLAGE: Overzicht van de serie CVB-documentatie-rapporten 'Reviews on the mineral provision in ruminants'..... | 45 |

## AFKORTINGEN

| <b>Afkorting</b> | <b>Eenheid</b> | <b>Omschrijving</b>                         |
|------------------|----------------|---|
| DS               |                | Droge stof                                  |
| Hb               |                | Hemoglobine                                 |
| LG               | kg             | Lichaamsgewicht                             |
| MHb              |                | Methemoglobine                              |
| NADH             |                | Nicotinamide adenine dinucleotide           |
| NADPH            |                | Nicotinamide adenine dinucleotide phosphate |



# 1 BRONNEN VAN NITRAAT

## 1.1 Voeders

Vrijwel alle voeders voor herkauwers bevatten nitraat. Vergiftigingen worden ook nogal eens veroorzaakt door planten die de neiging hebben nitraat op te hopen [3] (zie Tabel 1). Klassiek zijn de nitraatvergiftigingen door stoppelknollen. Daarnaast kan nitraatvergiftiging veroorzaakt worden door zwaar bemest gras, hooi en voordroogkuil. Doorgedraaide groenten (o.a. radijs en sla) kunnen soms ook hoge  $\text{NO}_3^-$ -gehalten ( $> 5 \text{ g/kg DS}$ ) bevatten (zie paragraaf 2.5.1) en zouden, indien in grote hoeveelheden opgenomen, in principe dus ook gevaarlijk kunnen zijn [3;21;79]. Tot slot kan zich in verschillende onkruiden (o.a. vogelmuur en smalle weegbree<sup>1</sup>) veel nitraat ophopen. Een overzicht van nitraat-ophopende plantensoorten is gegeven in Tabel 1.

## 1.2 Drinkwater

Hoewel drinkwater als oorzaak van nitraatvergiftiging een ondergeschikte positie inneemt [3], kan ook drinkwater dat te hoge concentraties nitraat bevat tot nitraatvergiftiging aanleiding geven. In de literatuur worden vanuit het buitenland vergiftigingsgevallen gemeld waarin het water zeer hoge  $\text{NO}_3^-$ -gehalten bevatte ( $\text{mg NO}_3^-/\text{L}$ ): 792 en 1496 (melkvee) [34], 965-1005 en 8000-8800 (vleesvee) [87], 1500 (werkstieren) [64], 4800 en 7000 (vleesvee) [88]. Het is uiteraard zeer onwaarschijnlijk dat in Nederland dergelijke gehalten (onopgemerkt) voor zouden komen. Indien melkvee met een drinkwateropname van bijvoorbeeld 120 L/dag alleen zulk water zou (willen) drinken, zou dit een  $\text{NO}_3^-$ -opname van 95-1056 g/dier/dag betekenen. Een groot deel van de koppel zou hieraan kunnen sterven (zie paragraaf 2.5).

## 1.3 Overige bronnen

In principe kunnen ook andere nitraatbevattende stoffen nitraatvergiftiging bij herkauwers veroorzaken. Er zijn dan ook enkele gevallen gemeld van nitraatvergiftiging door het eten van pure, nitraat bevattende kunstmest. Aangezien de dieren in de gerapporteerde gevallen geen extra zout naast het gewone rantsoen (weidegras) ter beschikking stond, werd vermoed dat de dieren aangetrokken waren door de geur van de kunstmest en op zoek gegaan waren naar een zoutbron. Dit leidde tot plotselinge sterfte [36;88]. Enkele van de in paragraaf 1.2 genoemde extreem hoge  $\text{NO}_3^-$ -gehalten in drinkwater werden eveneens door kunstmest veroorzaakt. Om drinkpoelen voor vee in een harde ondergrond te realiseren, werd een mengsel van kunstmest, diesel en dynamiet tot ontploffing gebracht. Hierbij was in één geval zo'n 100 kg (nitraat bevattende) kunstmest niet ontploft. Doordat deze kunstmest langzaam oploste in het drinkwater, konden de genoemde zeer hoge  $\text{NO}_3^-$ -gehalten in het drinkwater ontstaan [88]. Ook vervuiling door een rubberfabriek<sup>2</sup> [34], slecht functionerende kleppen in een irrigatiesysteem met opgelost ammoniumnitraat (waardoor het irrigatiewater door rundvee als drinkwater gebruikt kon worden) en het verstrekken van kaaswei met een hoog nitraatgehalte ( $400\text{-}2800 \text{ mg NO}_3^-/\text{L}$ ; daarnaast stond schoon drinkwater<sup>3</sup> ter beschikking) [87] leidden tot hoge  $\text{NO}_3^-$ -gehalten in het drinkwater c.q. nitraatvergiftiging. Volle kunststof zakken nitraat-bevattende kunstmest die waren gebruikt als afdekking van voordroogkuil in een sleufsilos leidden eveneens tot nitraatvergiftiging van enkele dieren, aangezien één zak kapot gegaan en half leeggespoeld was [69].

<sup>1</sup> Wanneer deze onkruiden onder vergelijkbare omstandigheden worden verbouwd als Engels raaigras (*Lolium perenne*), kunnen deze onkruiden veel hogere  $\text{NO}_3^-$ -gehalten bevatten (2,4 tot 8,5 x zo veel) dan het gras [86].

<sup>2</sup> Geen nadere gegevens omtrent de aard van de vervuiling bekend.

<sup>3</sup> Geen nadere gegevens omtrent de  $\text{NO}_3^-$ -concentratie in het drinkwater bekend.



## 2 GEHALTEN IN VERSCHILLENDE PLANTEN EN VOEDERS EN OORZAKEN VAN VARIATIE DAARIN

### 2.1 Plantensoorten

Hoewel in principe elke plant (ook een gangbaar gras zoals Engels raaigras (*Lolium perenne*)) onder bepaalde omstandigheden nitraat kan ophopen [3], staat een aantal planten speciaal bekend om hun nitraatophopend vermogen. In Tabel 1 zijn de belangrijkste van deze plantensoorten weergegeven. Hierbij moet worden opgemerkt dat afhankelijk van groeistadium, bemesting en DS-opbrengst sterke verschillen kunnen voorkomen (zie paragraaf 2.2) [13].

**Tabel 1: Overzicht van in Nederland voorkomende c.q. verbouwde plantensoorten die onder bepaalde omstandigheden relatief veel nitraat ophopen [3;17;18;29;57;59;65;79;86]**

|                                 |  |
|---------------------------------|--|
| Akkerdistel                     | <i>Cirsium arvense</i>                         |
| Brandnetels                     | <i>Urtica spp.</i>                             |
| Doornappel                      | <i>Datura stramonium</i>                       |
| Duizendknoopfamilie             | <i>Polygonum spp.</i>                          |
| Ganzenvoet-familie              | <i>Chenopodium spp.</i>                        |
| Gerst                           | <i>Hordeum vulgare</i>                         |
| Gewone spurrie                  | <i>Spergula arvensis</i>                       |
| Haver                           | <i>Avena sativa</i>                            |
| Honingklavers                   | <i>Melilotus officinalis</i> en <i>M. Alba</i> |
| Italiaans raaigras              | <i>Lolium multiflorum</i>                      |
| Kaasjeskruid (rond)             | <i>Malva parviflora</i>                        |
| Kattenstaartamarant             | <i>Amaranthus caudatus</i>                     |
| Knopherik                       | <i>Raphanus raphanistrum</i>                   |
| Kool                            | <i>Brassica oleracea</i>                       |
| Koolzaad/raapzaad               | <i>Brassica napus</i>                          |
| Loogkruid                       | <i>Salsola kali</i>                            |
| Luzerne                         | <i>Medicago sativa</i>                         |
| Mariadistel                     | <i>Silybum marianum</i>                        |
| Meldesoorten                    | <i>Atriplex spp.</i>                           |
| Nachtschadefamilie <sup>4</sup> | <i>Solanum spp.</i>                            |
| Paardebloem                     | <i>Taraxacum officinale</i>                    |
| Papegaaienkruid                 | <i>Amaranthus retroflexus</i>                  |
| Radijs                          | <i>Raphanus sativus</i>                        |
| Rogge                           | <i>Secale cereale</i>                          |
| Sla                             | <i>Lactuca sativa</i>                          |
| Smalle weegbree                 | <i>Plantago lanceolata</i>                     |
| Spinazie                        | <i>Spinacea oleracea</i>                       |
| Stoppelknollen                  | <i>Brassica rapa rapa</i>                      |
| Studentenkruid                  | <i>Kochia scoparia</i>                         |
| Tarwe                           | <i>Triticum aestivum</i>                       |
| Tengere distel                  | <i>Carduus tenuiflorus</i>                     |
| Vlas                            | <i>Linum usitatissimum</i>                     |
| Voederbieten(blad)              | <i>Beta vulgaris</i>                           |
| Vogelmuur                       | <i>Stellaria media</i>                         |
| Zonnebloemen                    | <i>Helianthus annuus</i>                       |
| Zuringsoorten                   | <i>Rumex spp.</i>                              |

<sup>4</sup> Aardappels accumuleren weinig nitraat [31;79].

Ook maïs (*Zea mays*) wordt nogal eens in deze groep gerangschikt [3;29;44;65], hoewel een ander rapport er juist op wijst dat deze plantensoort zelfs bij forse N-bemestingen<sup>5</sup> nog steeds lage  $\text{NO}_3^-$ -gehalten<sup>5</sup> bevat [13]. In het verleden zijn in verschillende van de genoemde onkruiden (met name papegaaienkruid en nachtschade-achtigen)  $\text{NO}_3^-$ -gehalten tot  $\pm 200$  g/kg DS vastgesteld [44;65]. Bij de granen zijn bij de groene, onrijpe stadia de hoogste  $\text{NO}_3^-$ -gehalten te verwachten, terwijl ook hergroei na het oogsten van granen ("opslag") tot hoge gehalten en, bij beweiding hiervan, tot nitraatvergiftiging kan leiden [56;85]. Overigens moet worden opgemerkt dat (a) vergiftigingen door planten als distels toch niet veel voor zulken komen omdat deze planten nauwelijks gegeten worden en (b) verschillende van de genoemde planten (bijvoorbeeld nachtschade-achtigen en doornappels) een hele schakering aan andere, sterke gifstoffen bevatten, die bij kunnen dragen aan klinische vergiftigingsverschijnselen c.q. het beeld van een pure nitraatvergiftiging kunnen vertroebelen.

In het buitenland zijn daarnaast sorghum(hybriden) (m.n. *Sorghum sudanense*, *S. vulgare* en *S. halepense*) berucht als oorzaak van nitraatvergiftiging [24], terwijl in dit verband ook andere planten, zoals *Arctotheca calendula* ("capeweed") [27], sojabonen (*Glycine max*), millet (*Pennisetum glauca*) en *Salsola pestifer* [29] genoemd worden.

In de literatuur worden stoppelknollen verschillende malen genoemd als oorzaak van nitraatvergiftiging. Hoewel geen exacte gegevens te verkrijgen zijn over het huidige areaal stoppelknollen in Nederland<sup>6</sup>, speelt dit gewas waarschijnlijk in de huidige rundveevoeding geen rol van enige betekenis meer en is dus het belang van deze plant als oorzaak van nitraatvergiftiging verwaarloosbaar klein geworden.

## 2.2 Invloeden op het nitraatgehalte in planten en voeders

Planten hebben voor hun DS-productie N nodig, dat voornamelijk als  $\text{NO}_3^-$  (uit meststoffen) of ook als  $\text{NH}_4^+$  (door mineralisatie van N uit organische meststoffen of bodemcomponenten) opgenomen wordt. Een tekort aan N leidt tot een dalende DS-opbrengst, een overmaat tot een stijging van het  $\text{NO}_3^-$ -gehalte in de plant [13;19].

Nitraatgehalten in planten zijn zeer variabel. Koel weer en minder zonneschijn leiden al binnen enkele uren tot een stijging van het nitraatgehalte in de plant (door remming van het licht-afhankelijke nitraatreductase); stijgt de temperatuur en komt er meer zonneschijn, dan zijn deze veranderingen binnen 6-8 uur weer omkeerbaar. Indien er voldoende zonneschijn is, worden de gedurende de nacht opgebouwde nitraatvoorraden in de plant overdag omgezet in eiwit. In 's morgens gemaaid gras zullen de nitraatconcentraties dan ook in het algemeen hoger zijn dan in gras dat later op de dag gemaaid is. Dit verschil (ongeveer een factor 2) treedt voornamelijk bij warme dagen op [3]. Watertekort en koude kunnen eveneens de plantengroei remmen [19;31]. Gaat het na een periode van droogte en/of koude regenen, dan kan eveneens plotseling het  $\text{NO}_3^-$ -gehalte van de planten stijgen doordat de planten snel groeien en veel  $\text{NO}_3^-$  opnemen [15;17]. Bij een bemesting van 200 kg N/ha/jaar en ongunstige weersomstandigheden werden  $\text{NO}_3^-$ -gehalten van 15 g/kg DS en hoger in het gras vastgesteld [65].

Gedurende het groeiseizoen stijgt het  $\text{NO}_3^-$ -gehalte van het gras tot een maximum in juni (net voor de bloei), waarna een afname plaats heeft. Doordat later in het seizoen (herfst) de DS-productie en de omzetting van nitraat-N in organisch gebonden N daalt (o.a. minder zonneschijn), terwijl door mineralisatie nog steeds N vrijkomt (relatief hoge bodemtemperatuur), overtreft het N-aanbod al snel de verwerking door de plant en kunnen in de herfst ook weer hoge  $\text{NO}_3^-$ -gehalten voorkomen [13;19]. Voor de laatste jaren is het verloop van het  $\text{NO}_3^-$ -gehalte in Nederlands vers gras en graskuilen gedurende het groeiseizoen weergegeven in Tabel 2. Bij nieuw ingezaaid grasland waaraan vooraf een aanzienlijke hoeveelheid

<sup>5</sup> Geen exacte waarde genoemd.

<sup>6</sup> Schatting van het LEI: enkele duizenden ha, waarvan ook nog een deel verbouwd wordt als groenbemester; in 1972 werd er nog  $\pm 70000$  ha verbouwd [67].

(organische) mest is toegediend kan het gras eveneens hoge nitraatconcentraties bevatten (60 g/kg DS) [19;38;85], en ook tot nitraatvergiftiging leiden [21]. Door de holle stand van het gras hebben de individuele grasplanten relatief veel N ter beschikking, waardoor gemakkelijk  $\text{NO}_3^-$ -ophoping optreedt [38].

**Tabel 2. Verloop van het  $\text{NO}_3^-$ -gehalte in Nederlands vers gras en voordroogkuilen gedurende de laatste jaren (BLGG, Oosterbeek)**

| Voersoort     | Jaar | Maanden                    |     |                         |      |                           |           |
|---------------|------|----------------------------|-----|-------------------------|------|---------------------------|-----------|
|               |      | april                      | Mei | Juni                    | Juli | augustus                  | september |
|               |      | $\text{NO}_3^-$ (g/kg DS)  |     |                         |      |                           |           |
| Vers gras     | 1999 | 0,2                        | 0,1 | 0,0                     | 0,1  | 0,0                       | 0,0       |
|               | 2000 | 2,6                        | 2,5 | 1,6                     | 0,6  | 0,0                       | 0,0       |
|               | 2001 | 0,0                        | 0,0 | 6,7                     | 0,6  | 2,1                       | 2,1       |
|               | 2002 | 0,0                        | 0,2 | 0,0                     | 0,0  | 0,0                       | 0,0       |
| Voordroogkuil |      | voorjaar (1 april-15 juni) |     | Zomer (16 juni-31 juli) |      | najaar (vanaf 1 augustus) |           |
|               | 1997 | 3,7                        |     | 5,8                     |      | 7,5                       |           |
|               | 1998 | 2,6                        |     | 3,0                     |      | 3,7                       |           |
|               | 1999 | 2,7                        |     | 4,7                     |      | 5,2                       |           |
|               | 2000 | 3,5                        |     | 3,9                     |      | 3,8                       |           |
|               | 2001 | 2,1                        |     | 3,9                     |      | 4,3                       |           |
|               | 2002 | 1,8                        |     | 3,9                     |      | 4,6                       |           |
|               | 2003 | 2,1                        |     | 3,8                     |      | 3,6                       |           |
|               | 2004 | 2,4                        |     | 3,4                     |      | 3,7                       |           |

Doordat de gehalten in het algemeen laag zijn (dit zal samenhangen met de afname van de N-bemesting als gevolg van de verscherpte mestwetgeving) zijn de absolute verschillen over de seizoenen, zeker in vers gras, niet groot. Alleen in vers gras uit 2001 is het eerder geschetste beeld met een piek in juni zichtbaar. Voor voordroogkuil is in vrijwel alle jaren een stijgende tendens van het  $\text{NO}_3^-$ -gehalte richting einde seizoen te zien. Voor de beoordeling van de gehalten over de jaren heen wordt verwezen naar paragraaf 2.3.

Binnen de plant bevatten de stengels in het algemeen de hoogste nitraatconcentraties, terwijl de concentraties in blad en zaden minder hoog zijn. In maïs is het gehalte in de kolven het laagst; tijdens de afrijping neemt het  $\text{NO}_3^-$ -gehalte van de plant als geheel dan ook af [83]. In grassen en granen kunnen in oudere groeistadia (relatief veel stengels, weinig eiwit-synthese in het blad) verhoudingsgewijs hoge nitraatconcentraties aanwezig zijn [3]. Bladrijke gewassen bevatten relatief meer organisch gebonden N dan stengelige gewassen. Dit kon aangetoond worden in een proef met Italiaans en Westerwolds raaigras (beide *Lolium multiflorum*<sup>7</sup>). Bij gelijke bemesting (225 kg N/ha) en maaitijdstip bevatte het gewone Italiaanse resp. Westerwolds raaigras 11,5 resp. 13,7 g  $\text{NO}_3^-/\text{m}^2$ . Het Westerwolds raaigras was veel eerder in de aar geschoten, waardoor relatief weinig blad gemaakt was. In bladeren zijn de gehalten aan organisch gebonden N het hoogst, doordat hier met name de eiwit-synthese plaatsvindt. Wortels en knollen bevatten lage concentraties nitraat. In stoppelknollen<sup>8</sup> waren de gehalten in bladschijven, bladstelen en knollen resp. 1,8, 4,0 en 1,6 g  $\text{NO}_3^-/\text{m}^2$  [13]. Deze verdeling geldt ook voor maïsplanten, met dien verstande dat in de kolven de laagste nitraatconcentraties te vinden zijn (lager dan in blad en stengel) [3]. Evenwel blijft het  $\text{NO}_3^-$ -gehalte van maïs zelfs bij hoge N-giften (bv. 300 kg N/ha) laag [13]. Recente gehalten voor snijmaïs zijn weergegeven in Tabel 3.

Binnen een partij voer kunnen eveneens aanzienlijke verschillen in nitraatgehalte optreden. Zo werden binnen een partij verdacht hooi 11-voudige verschillen in nitraatgehalte aangetroffen [15]. Dit kan ook samenhangen met verschillen in nitraatconcentraties op het veld. Indien gras van een plek met hoge nitraatconcentraties (bijvoorbeeld in de schaduw van

<sup>7</sup> Westerwolds raaigras is een eenjarige variëteit van Italiaans raaigras [22]

<sup>8</sup> 300 kg N/ha; DS-opbrengst ± 600 g/m<sup>2</sup>

bomen) in één baal terechtkomt, kan dit een zeer gevaarlijke partij voer worden, terwijl een mengmonster van meerdere balen nog acceptabele waarden te zien kan geven [17;24].

Tijdens het conserveren en bewaren van voordroogkuil of hooi kunnen nog nitraatverliezen optreden, afhankelijk van het DS-percentages en het suikergehalte. Hierbij geldt grofweg: hoe hoger het DS-percentages, hoe minder nitraatverlies. Bij voordroogkuil met een DS-percentages >40% blijft >60% van het  $\text{NO}_3^-$  aanwezig, terwijl dit bij kunstmatig gedroogd gras 80-90 % is [19]. Wordt tijdens het conserveringsproces nitriet gevormd (mislukte c.q. bedorven kuilen, overkuilen) dan maakt dit het geconserveerde produkt des te gevaarlijker [31], zeker als het snel na het inkuilen gevoerd wordt [63]. Anderzijds wordt het gevormde nitriet in de kuil binnen  $\pm$  3 weken weer omgezet in diverse N-bevattende gassen ( $\text{NO}$ ,  $\text{NO}_2$ ,  $\text{N}_2\text{O}_3$ ,  $\text{N}_2\text{O}_4$ ,  $\text{NH}_3$  of  $\text{N}_2$ ) die weliswaar gevaarlijk kunnen zijn bij (massale) inademing, maar als zodanig geen vergiftiging via het voer meer veroorzaken [65]. In suikerarme, instabiele kuilen kan  $\text{NO}_3^-$  echter ook min of meer geheel tot  $\text{NH}_3$  worden omgezet, terwijl het in suikerrijke, snel verzurende (of aangezuurde) voordroogkuilen<sup>9</sup> grotendeels aanwezig kan blijven [60;68]. De invloed van inkuilen van gras op het nitraat- c.q. nitrietgehalte is dus niet eenvoudig in te schatten. Tijdens het inkuilproces van stoppelknollen daalt het  $\text{NO}_3^-$  -gehalte eigenlijk altijd [67].

Tot slot kunnen ziekten van het gras, lage bodem-pH's en lage S-, Mo- en P-gehalten in de bodem<sup>10</sup> en het gebruik van bepaalde herbiciden (o.a. phenoxyacetaten, zoals 2-4 D (dichloorphenoxyacetaat)<sup>11</sup>) samengaan met een hogere nitraatopname door planten [24;31;65;83].

### 2.3 Gangbare gehalten in Nederlandse ruwvoerders

In het verleden (1980) zijn in Nederlandse grasmonsters bij een bemesting van 400 kg N/ha/jaar<sup>12</sup> in 16-30% van de monsters  $\text{NO}_3^-$  -gehalten > 7,5 g/kg DS gevonden. In 7% van de monsters werd > 15 g  $\text{NO}_3^-$ /kg DS gevonden [19]. In een voerproef (1977-1978) waarbij gras bemest werd met 1000-1100 kg N/ha/jaar uit kunstmest werden in vers gras  $\text{NO}_3^-$  -gehalten tussen de 30 en 40 g/kg DS vastgesteld [5]. Deze gehalten leidden overigens niet tot nitraatvergiftiging. Ten gevolge van de verscherpte mestwetgeving zijn de N-giften gedurende de laatste jaren echter duidelijk gedaald. Dit weerspiegelt zich in de  $\text{NO}_3^-$  -gehalten in het gras. Een overzicht hiervan is weergegeven in Tabel 3.

Zoals te zien is in Tabel 3 komen de gemiddelde  $\text{NO}_3^-$  -gehalten in vers gras en voordroogkuil al jaren niet meer boven de "kritische" grens van 5 g/kg DS (zie paragraaf 2.5). Hierbij moeten echter ook de hoogste gemeten waarden in de beoordeling betrokken worden. Enkele jaren geleden lagen de hoogste gemeten waarden nog royaal boven de grens van 5 g/kg DS. Sinds 1998 is sprake van een gestage daling. Hierdoor was in 2002 nauwelijks meer sprake van een overschrijding van genoemde kritische grens. Het gevaar van nitraatvergiftiging door voordroogkuil lijkt dan ook af te nemen. Bovendien worden de  $\text{NO}_3^-$  -gehalten in voordroogkuilen tegenwoordig standaard bepaald, waardoor de informatie direct voorhanden is. Dit laatste geldt niet voor vers gras, gehele plant silage (GPS) en snijmaiskuil. Verder zijn er voor deze produkten geen gegevens omtrent spreiding in gehalten bekend. Daardoor zijn de gemiddelden moeilijker te beoordelen. Zowel bij vers gras (bemesting vlak voor het maaien/beweiden, nieuw ingezaaid grasland) als bij GPS (nogal eens minder stabiele kuil, waardoor de  $\text{NO}_3^-$  -gehalten toch nog onverwacht hoog kunnen zijn) kun-

<sup>9</sup> Geen gehalte gegeven.

<sup>10</sup> Geen nadere aanduiding gegeven.

<sup>11</sup> Dit herbicide verhoogt tevens de smakelijkheid van het gras, waardoor een dubbel gevaar ontstaat. Momenteel (september 2003) is echter niet duidelijk of dit middel nog toegelaten is voor landbouwkundig gebruik. Wel is het nog toegelaten als onkruidbestrijder in gazons (College Toelating Bestrijdingsmiddelen (CTB), Wageningen).

<sup>12</sup> Organische + kunstmest

nen nog steeds relatief hoge  $\text{NO}_3^-$ -gehalten voorkomen<sup>13</sup>. Tot slot is niet duidelijk in hoeverre het zetmeel in GPS en snijmaïs van betekenis is (vergeleken met bijvoorbeeld voordroogkuil met een gelijk nitraatgehalte), aangezien zetmeel een gunstige uitwerking kan hebben bij (het voorkómen van) nitraatvergiftiging.

**Tabel 3. Recente nitraatgehalten in Nederlandse ruwvoerders (gemiddelden en bereik).**

| Bron                  | Voersoort        | Aanvullende gegevens          | 1997                                | 1998     | 1999     | 2000     | 2001    | 2002    |
|-----------------------|------------------|-------------------------------|-------------------------------------|----------|----------|----------|---------|---------|
|                       |                  |                               | $\text{NO}_3^-$ -gehalten (g/kg DS) |          |          |          |         |         |
| BLGG, Oosterbeek      | GPS <sup>a</sup> | Gemiddelden                   | 1,1                                 | 0,0      | 0,0      | 0,5      | 0,0     | 0,0     |
|                       | Snijmaïskuil     |                               | 2,3                                 | 0,0      | 1,4      | 0,0      | 0,0     | 1,6     |
|                       | Vers gras        |                               |                                     |          | 0,1      | 1,8      | 3,4     | 0,2     |
|                       | Voordroogkuil    |                               | 4,8                                 | 2,9      | 3,4      | 3,6      | 2,9     | 2,7     |
| Den Boer <sup>b</sup> |                  | Bereik <sup>c</sup>           | 0,2-13,6                            | 0,2-14,7 | 0,0-11,2 | 0,3-10,7 | 0,2-7,1 | 0,2-5,4 |
|                       |                  | N uit kunstmest               | 206                                 | 220      | 193      | 154      | 118     | 110     |
|                       |                  | Werkzame N uit dierlijke mest | 97                                  | 103      | 117      | 112      | 126     | 116     |
|                       |                  | N-levering door gras-klover   |                                     |          | 11       | 13       | 17      | 38      |
|                       |                  | N-jaargift <sup>d</sup>       | 303                                 | 323      | 321      | 279      | 261     | 264     |

<sup>a</sup> gehele plant silage.

<sup>b</sup> D.J. den Boer, NMI, persoonlijke mededeling (gegevens van Koeien & Kansen-bedrijven).

<sup>c</sup> laagste en hoogste gemeten waarde; <sup>d</sup> bemesting van grasland (exclusief beheersgrasland)

## 2.4 Met vergiftigingsverschijnselen geassocieerde gehalten in voedermiddelen en rantsoenen

Nitraatvergiftiging is beschreven bij voeders c.q. rantsoenen met verschillende nitraatgehalten. In Tabel 4 wordt een overzicht gegeven. De voeders werden doorgaans onbeperkt verstrekt.

**Tabel 4. Nitraatgehalten in voedermiddelen die in de praktijk tot nitraatvergiftiging aanleiding gaven**

| Bron | Diercategorie                           | Voersoort  | Nitraatgehalte     |                   |
|------|---|--|--------------------|-------------------|
|      |   |  | G/kg               | g/kg DS           |
| [15] | Pinken en melkkoeien                    | Grashooi   |                    | 4-33              |
| [7]  | Melkvaarzen                             |  | 31                 |                   |
| [18] | Vleeskoeien, vaarzen, schapen en geiten | Grashooi en onkruiden  |                    | 6-60 <sup>a</sup> |
| [15] | Melkkoeien                              | Vers gras  |                    | 58                |
| [8]  | Vleeskoeien                             | Onrijp raapzaad  | 120                |                   |
| [21] | Pinken                                  | Vers gras (stalvoeding)  | 15-38 <sup>b</sup> |                   |
| [23] | Kalveren, melkkoeien                    | Vers gras + veel onkruid (beweiding)                                 |                    | 65 <sup>a,c</sup> |
| [24] | Rundvee                                 | Sorghum + enkele gevallen van voordroogkuil, haverstro en milletstro |                    | 1-100             |
| [30] | Vleesvee                                | Verse sorghum, onkruiden ( <i>Amaranthus</i> , <i>Kochia</i> )       | 30-49              |                   |
| [35] | Vaarzen                                 | Grashooi   | 22                 |                   |
|      |   | Gerstestro   | 34                 |                   |
| [69] | Vaarzen                                 | Hooi   | 28                 |                   |

<sup>13</sup> W. Westerveld, BLGG, Oosterbeek, persoonlijke mededeling

| Bron | Diercategorie       | Voersoort  | Nitraatgehalte |         |
|------|---------------------|--|----------------|---------|
|      |                     |  | G/kg           | g/kg DS |
| [49] | Vaarzen             | Hooi   |                | 45      |
| [50] | Kalveren            | Vers gras ( <i>Lolium multiflorum</i> "Tama" <sup>d</sup> )                                |                | 37      |
| [55] | Lacterende koeien   | Vers gras ( <i>Lolium multiflorum</i> )  |                | 55      |
| [59] | Kalveren            | Vers gras ( <i>Lolium multiflorum</i> "Tama" <sup>d</sup> )                                |                | 41-55   |
| [61] | Geitenlammeren      | Vers gras  |                | 34      |
| [62] | Rundvee             | Grasbrok   | 31             |         |
| [71] | Vaarzen             | Grashooi   | 16-46          |         |
| [81] | Kalveren            | Grashooi   |                | 30      |
| [85] | Rundvee (overzicht) | m.n. hooi (o.a. (tetraploïd) <i>Lolium multiflorum</i> ), daarnaast vers gras, gerstopslag |                | 2-45    |

<sup>a</sup> totaal van nitraat en nitriet.

<sup>b</sup> gehalte zoals opgegeven; op DS-basis zouden dit echter bijzonder hoge concentraties zijn ( $\pm 90$ -230 g/kg DS).

<sup>c</sup>  $\pm 4$  weken voor en tijdens het optreden van de vergiftiging was het koel, somber weer; plantmateriaal pas 2 dagen na de vergiftiging ingestuurd (inmiddels was het warmer en zonniger); de  $\text{NO}_3^-$ -gehalten op het moment van de vergiftiging zouden dus nog wel eens duidelijk hoger geweest kunnen zijn.

<sup>d</sup> tetraploïd Westerwolds raaigras [56]

Daarnaast is een vergiftiging van vaarzen met stoppelknollen beschreven waarin hoge nitrietconcentraties<sup>14</sup> werden aangetroffen (4,9 g/kg DS in blad en 9,4 g/kg DS in de knollen [52]). Ook een weide met nieuw ingezaaid Engels raaigras bleek een hoge concentratie (125 g/kg DS) nitraat/nitriet<sup>15</sup> te bevatten. Dit leidde tot nitraatvergiftiging bij melkvee [57].

## 2.5 Maximaal toelaatbare gehalten

### 2.5.1 Voer

Voor rundvee wordt 4-5 g  $\text{NO}_3^-$ /kg DS als maximaal toelaatbaar gehalte in het voer bij stalvoeding opgegeven [3;31]. Indien deze concentratie gedurende meerdere jaren aan koeien gevoerd werd konden geen nadelige effecten van nitraat worden waargenomen. In andere bronnen wordt 7,5 [19] of zelfs 10 g  $\text{NO}_3^-$ /kg DS [3;85] als grenswaarde bij stalvoeding aangegeven. Deze laatste waarde zou dan alleen gebruikt kunnen worden indien de koeien "volgens de norm" of "onder goede omstandigheden"<sup>16</sup> gevoerd worden. Voor grasvoeding (op stal of middels beweiding) wordt verwezen naar paragraaf 9.1. Overigens zijn de effecten van nitraat in voer en drinkwater additief. Beide bronnen moeten dus in de beoordeling van de nitraatbelasting van herkauwers worden betrokken [18].

Rundvee is gevoeliger voor  $\text{NO}_3^-$ -intoxicatie dan schapen, aangezien koeien MHB minder snel weer omzetten in Hb, en omdat schapen een grotere capaciteit hebben om  $\text{NO}_2^-$  om te zetten in  $\text{NH}_4^+$  [18].

### 2.5.2 Drinkwater

In gebieden waar de grond intensief wordt bemest zijn de nitraatgehalten in grond- en bronwater doorgaans verhoogd (500-3100 mg  $\text{NO}_3^-$  /L [80]). Vanzelfsprekend is dit wel weer afhankelijk van de soort mest, de verdeling van de mest op een bepaald perceel, de verdeling van de mest over de percelen heen, de hoeveelheid regen na de bemesting, de grondsoort en -structuur en dergelijke [76].

<sup>14</sup> In de tekst staat letterlijk dat de bladeren en de knollen hoge doses **nitriet** bevatten (4900 resp. 9400 mg/kg DS). Gezien het feit dat de stoppelknollen begraasd werden (en dus vers waren), is dit vermoedelijk een schrijffout en moet er "nitraat" staan.

<sup>15</sup> Wat precies bepaald is, is niet geheel duidelijk.

<sup>16</sup> "normgemäß" [3] of "unter guten Fütterungs- und Haltungsbedingungen" [31]; deze aanduidingen worden niet nader omschreven.



In een uitgebreid literatuuroverzicht, waarbij uitgegaan wordt van een geen-effect-spiegel (*no-effect level*) waarop een veiligheidsfactor 7 wordt toegepast, komen Birnbreier en Hilliger [4] tot aanbevelingen voor maximaal toelaatbare nitraat- en nitrietconcentraties in voer en drinkwater voor rundvee en schapen. Een samenvatting hiervan is weergegeven in Tabel 5. De veiligheidsfactor is in deze berekening opgenomen omdat de geen-effect-spiegels vastgesteld zijn op grond van proeven waarbij de dieren onder optimale omstandigheden gehouden werden en verhoudingsgewijs  $\text{NO}_3^-$ -arm voer kregen. Deze geen-effect-spiegels zijn daarom niet zonder meer bruikbaar als grenswaarden voor de  $\text{NO}_3^-$ -belasting. Hoewel in de toxicologie voor de berekening van maximaal toelaatbare concentraties uit geen-effect-spiegels doorgaans een veiligheidsfactor 10 wordt aangehouden, zijn deze auteurs van oordeel dat in het geval van  $\text{NO}_3^- / \text{NO}_2^-$ , gezien de omvang van het gegevensbestand, een factor 7 voldoende is. Hieruit volgt overigens wel dat de genoemde maximaal toelaatbare concentraties niet erg "hard" zijn.

**Tabel 5. Maximaal toelaatbare nitraat- en nitrietconcentraties in drinkwater en voer voor rundvee en schapen, afgeleid van de geen-effect-spiegels voor deze stoffen. Voor herkauwende dieren wordt uitgegaan van een veiligheidsfactor 7, waarna het maximaal toelaatbare gehalte wordt afgerond [4].**

| Categorie              | Stof            | Geen-effect-spiegel (mg/L) | Voorgestelde maximaal toelaatbare concentratie (mg/L) |
|------------------------|-----------------|----------------------------|---|
| Rundvee (herkauwend)   | $\text{NO}_3^-$ | 2000                       | 300   |
|                        | $\text{NO}_2^-$ | 200                        | 30  |
| Melk-gevoerde kalveren | $\text{NO}_3^-$ |                            | 200   |
|                        | $\text{NO}_2^-$ |                            | 30  |
| Schapen                | $\text{NO}_3^-$ | 2500                       | 300   |
|                        | $\text{NO}_2^-$ | 300                        | 40  |

Ook wordt een bereik van 100-1320 mg  $\text{NO}_3^-/\text{L}$  als "veilig" gehalte in drinkwater voor landbouwhuisdieren aangegeven [18]. Daartegenover wordt aangegeven dat acute nitraatvergiftiging voor kan komen bij gehalten  $>500$  mg  $\text{NO}_3^-/\text{L}$  [65;87]. Voor nitriet wordt ook wel aangegeven dat vergiftiging voor kan komen bij gehalten  $> 5$  mg/L [63] of  $> 50$  mg/L [65]. Bij de meeste adviezen is onduidelijk hoe deze tot stand zijn gekomen. De 5<sup>e</sup> editie van de 'Handleiding mineralenonderzoek bij rundvee in de praktijk' geeft voor  $\text{NO}_3^-$  respectievelijk  $\text{NO}_2^-$  in het drinkwater de kwalificaties "ongeschikt" bij gehalten  $> 200$  mg/L en  $> 1,0$  mg/L [12]. De grens voor  $\text{NO}_2^-$  is gebaseerd op de laagste concentratie waarbij geen effect op het vóórkomen van abortus werd gezien [53]. Voor  $\text{NO}_3^-$  wordt inmiddels door de Gezondheidsdienst voor Dieren een strengere norm gehanteerd. Deze heeft geen fysiologische, maar een aquatisch ecologische basis: bij  $\text{NO}_3^-$ -concentraties  $> 100$  mg/L beginnen bacteriën met de omzetting van  $\text{NO}_3^-$  in  $\text{NO}_2^-$ . Dit kan dus bijvoorbeeld ook in een voorraad drinkwater gebeuren, mits de juiste bacteriën aanwezig zijn [16]. In een andere bron wordt 50 mg  $\text{NO}_3^-/\text{L}$  als tolerantiegrens voor geiten aangegeven (gebaseerd op het optreden van schildklierveranderingen) [70].

Het is overigens van belang om op te merken dat de aanwezigheid van  $\text{NO}_2^-$  in water kan duiden op bacteriële verontreiniging [12].

Gezien het feit dat de totale  $\text{NO}_3^-$ -opname uit voer en water uiteindelijk bepalend is voor de kans op het optreden van nitraatvergiftiging, hoeft bij een lichte overschrijding van deze grenswaarden voor water niet direct te worden omgezien naar een andere drinkwaterbron. Wel is dan extra waakzaamheid ten aanzien van  $\text{NO}_3^-$ -vergiftiging geboden. Eén en ander zal dus afhangen van de gehalten in het rantsoen (zie paragraaf 2.5.3) en de aanwezigheid van andere risicofactoren voor  $\text{NO}_3^-$ -vergiftiging. Daarnaast zal natuurlijk moeten worden nagegaan waarom de gehalten aan  $\text{NO}_3^-$  en / of  $\text{NO}_2^-$  verhoogd zijn, en of het drinkwater mogelijk ook op andere punten (bijvoorbeeld  $\text{H}_2\text{S}$ ,  $\text{NH}_3$ ) als minder geschikt moet worden aangemerkt (riooloverstort!). Mocht dit het geval zijn, dan komen de  $\text{NO}_3^-$ - en  $\text{NO}_2^-$ -gehalten in een ander daglicht te staan en zal het drinkwater sneller als "ongeschikt" moeten

worden aangemerkt [12]. Vervanging van eigen bronwater door leidingwater kan dan geboden zijn (zie CVB-Docuntatierapport nr. 50).

Bij de beschreven  $\text{NO}_3^-$ -vergiftigingen door drinkwater (zie paragraaf 1.2) lagen de  $\text{NO}_3^-$ -gehalten 8-88 x hoger dan het op dit moment door de Gezondheidsdienst voor Dieren gehanteerde maximaal toelaatbare gehalte (100 mg/L). Nitraatrijk water smaakt koeien dus kennelijk niet zo slecht dat dit op zichzelf de drinkwateropname voldoende remt om  $\text{NO}_3^-$ -vergiftiging te voorkomen.

### 2.5.3 Totaal in voer en drinkwater

Schattingen van het maximaal toelaatbare  $\text{NO}_3^-$ -gehalte in voer en drinkwater voor volwassen koeien<sup>17</sup> variëren van (g  $\text{NO}_3^-$  /dag) 80-100 [67], 90 [15] tot 150 [84] of 80-100 mg  $\text{NO}_3^-$  /kg LG<sup>18</sup> [63]. Bij al deze opgaven wordt geen of nauwelijks informatie gegeven hoe deze waarden tot stand gekomen zijn.

### 2.5.4 Conclusie

De totale dagelijkse  $\text{NO}_3^-$ -opname uit voer en drinkwater bepaalt de uiteindelijke belasting van het dier, en deze twee bronnen dienen dan ook samen beoordeeld te worden. Zolang één van beide niet bekend is, kan slechts bepaald worden wat het dier minimaal opneemt. Bovendien is de onderbouwing van alle geadviseerde maximaal toelaatbare gehalten nogal zwak. Er zullen echter altijd nog meer onzekerheden en onbekende grootheden zijn: het  $\text{NO}_3^-$ -gehalte van de verschillende (andere) componenten van het rantsoen en de verschillende andere factoren die de kans op het optreden van een  $\text{NO}_3^-$ -vergiftiging beïnvloeden, zoals DS-opname, wateropname, adaptatie van de pensflora aan nitraatrijk voer, snelheid van vrijkomen van nitraat uit het plantaardige materiaal, concentraties van interacterende elementen en voeropnamesnelheid. Als op de gevoerde voordroogkuil een analyse ten behoeve van de voederwaardeschatting is uitgevoerd, dan is tegenwoordig veelal ook het  $\text{NO}_3^-$ -gehalte daarvan bekend. Niet alle voeders zullen echter geanalyseerd zijn. Bovendien kunnen op een bedrijf verschillende drinkwaterbronnen aan de koeien ter beschikking staan. In de wei bijvoorbeeld oppervlaktewater, terwijl in de stal bijvoorbeeld leidingwater of water uit een eigen bron opgenomen kan worden. Deze overwegingen moeten bij het beoordelen van het  $\text{NO}_3^-$ -gehalte van de afzonderlijke componenten in gedachten gehouden worden. Anderzijds zal vaak maar één rantsoencomponent een te hoog  $\text{NO}_3^-$ -gehalte bevatten. Vergiftigingen door te hoge  $\text{NO}_3^-$ -gehalten in drinkwater zijn in Nederland nooit beschreven. Om toch enig houvast te bieden, lijkt het toch wenselijk om zowel voor voer als voor drinkwater maximaal toelaatbare  $\text{NO}_3^-$ -gehalten aan te houden.

Gezien de grote variatie in gevoeligheid van koeien voor nitraatvergiftiging lijkt het aanhouden van de hoogste waarden niet aan te raden. Voor rundvee kan 5-7,5 g  $\text{NO}_3^-$  /kg DS worden aangehouden als maximaal toelaatbaar gehalte in geconserveerd ruwvoer dat onbeperkt op stal verstrekt wordt. Voor beweiding kunnen de waarden zoals weergegeven in paragraaf 9.1 (Tabel 8) worden aangehouden, hoewel 10 g  $\text{NO}_3^-$  /kg DS ook als maximum wordt aangegeven [3]. Voor voer met hoge  $\text{NO}_3^-$ -gehalten worden meer gedetailleerde aanbevelingen gegeven in Tabel 9. Hoewel de gegevens betreffende de gehalten in drinkwater en de totale dagelijkse dosis uit voer en drinkwater niet uitblinken door een overtuigende onderbouwing, lijkt het raadzaam de totale dagelijkse dosis  $\text{NO}_3^-$  uit voer + drinkwater voor koeien niet boven 80-90 g/dag uit te laten komen.

#### Rekenvoorbeeld:

Gegeven: Een koe met een melkproductie van 40 kg/dag die 12 kg DS voordroogkuil, 12 kg mengvoer en 120 L drinkwater opneemt.

Stel dat de voordroogkuil 5 g  $\text{NO}_3^-$  /kg DS en het mengvoer geen  $\text{NO}_3^-$  bevat, dan is de  $\text{NO}_3^-$ -opname uit het rantsoen 60 g/dag. Om niet boven het totaal van 80-90 g/dag uit te komen,

<sup>17</sup> Geen informatie over het LG gegeven.

<sup>18</sup> Voor een koe van 650 kg LG zou dit dus een dagelijkse dosis van 52-65 g  $\text{NO}_3^-$  betekenen.

mag het water dan nog maximaal 20-30 g/dag leveren. Het  $\text{NO}_3^-$ -gehalte in het water mag dan maximaal 167-250 mg/L zijn. Blijft het  $\text{NO}_3^-$ -gehalte van het drinkwater onder het maximaal toelaatbare  $\text{NO}_3^-$ -gehalte van 100 mg/L zoals aangehouden door de Gezondheidsdienst voor Dieren, dan zijn dus bij dergelijke rantsoenen dus geen problemen met nitraat te verwachten. . Stellen we het  $\text{NO}_3^-$ -gehalte in de voordroogkuil op 7,5 g/kg DS, dan zou het drinkwater theoretisch geen  $\text{NO}_3^-$  meer mogen bevatten. Dit is uiteraard niet realistisch. Indien  $\text{NO}_3^-$ -gehalten in drinkwater rond de grens van 100 mg/L liggen, zal de opname van voordroogkuil of hooi (met  $\text{NO}_3^-$ -gehalten > 5,7 g/kg DS) dus beperkt moeten worden (afgerond 6 g/kg DS).

Ondanks de grote variatie in aangegeven maximaal toelaatbare gehalten aan  $\text{NO}_2^-$  in water (1-50 mg/L) lijkt het raadzaam de laagste waarde (1 mg/L) aan te houden. Dit is de waarde waarbij in Oost-Duits onderzoek (bij langdurige belasting) geen effect op de frequentie van optreden van abortus werd gezien [53]. Ook hierbij geldt weer dat kleine overschrijdingen eerder moeten leiden tot extra oplettendheid (nitraatvergiftiging) en het zoeken naar de oorsprong van het  $\text{NO}_2^-$  dan tot afkeuren van het drinkwater. Voor  $\text{NO}_3^-$  wordt het aanhouden van 100 mg/L als maximum toelaatbare concentratie aanbevolen.

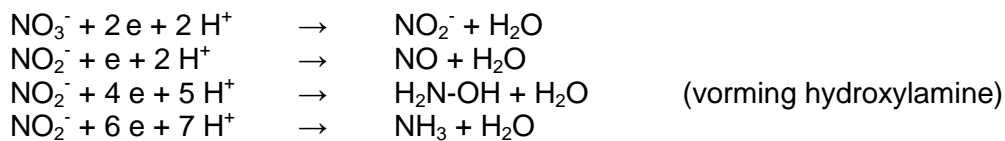
Voor schapen en geiten is nauwelijks informatie voorhanden. Omgerekend naar metabool gewicht zou de maximale dagelijkse dosis  $\text{NO}_3^-$  voor schapen en geiten van 70 kg LG zo'n 15-17 g/dag mogen zijn. Totdat meer specifieke resultaten beschikbaar zijn, wordt aangenomen dat het gehalte in voer ook op 5 g  $\text{NO}_3^-$  /kg DS (voor geconserveerde produkten) of op 10 g/kg DS (voor vers gras) gehouden kan worden. Slechts in één geval wordt een norm voor drinkwater voor geiten (50 mg/L) aangegeven. Drinkwater met dergelijke  $\text{NO}_3^-$ -gehalten was geassocieerd met veranderingen in de schildklieromvang en -functie (zie paragraaf 5.2). Aangezien het  $\text{NO}_3^-$ -gehalte in het drinkwater van de controlegeiten en de totale  $\text{NO}_3^-$ -opname in beide groepen in dit geval niet duidelijk was, zijn de uitkomsten van deze proef onvoldoende reden om 50 mg  $\text{NO}_3^-$ /L als bovengrens voor drinkwater voor kleine herkauwers aan te houden. Ook voor kleine herkauwers wordt derhalve 100 mg  $\text{NO}_3^-$  /L aangehouden. Voor  $\text{NO}_2^-$  lijkt 1 mg/L de beste aanbeveling. Bij overschrijdingen gelden weer dezelfde opmerkingen als boven.



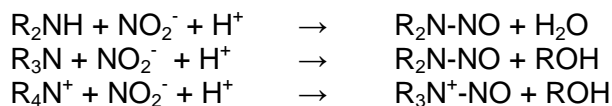
### 3 KINETIEK EN METABOLISME VAN NITRAAT EN PATHOGENESE VAN NITRAATVERGIFTIGING

#### 3.1 Kinetiek, intermediaire stofwisseling en excretie

Nitraat als zodanig is (voornamelijk) osmotisch actief en kan daardoor lokaal prikkelend op de slijmvliezen van het maagdarmkanaal werken [44]. In de pens wordt nitraat door nitraat-reducerende bacteriën intracellulair omgezet in nitriet [10]. Het hierbij betrokken nitraat-reductase heeft Mo nodig voor een goede werking [65;73]. Nitriet wordt weer verder omgezet (uiteindelijk tot ammoniak). Nitriet vormt in de omzettingssketen van nitraat naar ammoniak slechts een tussenstap. De volgende reacties kunnen in het lumen van het maagdarmkanaal en ten dele in de weefsels plaatsvinden (NADH en/of NADPH zijn hierbij waarschijnlijk de leveranciers van de H<sup>+</sup>-ionen) [44]<sup>19</sup>:



Vorming N-nitrosaminen (alleen bij pH 1-5)<sup>20</sup>:



De gevormde N-verbindingen zijn vrijwel allemaal lokaal prikkelend. Daarnaast kunnen zij acute vaso-, hepato- en nefrotoxische werkingen hebben [44;65]. Ook zijn er mutagene, teratogene en carcinogene werkingen aan toegeschreven [44]. Hydroxylamine is een antimetabool van pyridoxine en kan ook tot Mhb-vorming leiden [83]. Informatie over het kwantitatieve belang van elk van deze omzettingmogelijkheden van nitriet ontbreekt. Behalve dat nitriet in de pens kan worden omgezet in andere verbindingen, wordt het (evenals de meeste andere hier besproken N-verbindingen) zeer gemakkelijk vanuit het maagdarmkanaal (m.n. de pens) in het bloed opgenomen. In het bloed vormt nitriet waterstofperoxide volgens de volgende reactievergelijking:



Dit waterstofperoxide oxideert vervolgens het Fe in het Hb (van Fe<sup>2+</sup> naar Fe<sup>3+</sup>), waardoor Mhb ontstaat. Dit Mhb kan geen O<sub>2</sub> meer transporteren. Het normale Mhb-percentage in het bloed is 2-3% van het Hb-gehalte. De eerste, lichte klinische verschijnselen kunnen al optreden bij Mhb-percentages in het bloed vanaf 20% [63]. Wordt meer dan ± 50% van het Hb in korte tijd omgezet tot Mhb, dan kunnen zich ten gevolge van O<sub>2</sub>-tekort ernstige ziekteverschijnselen ontwikkelen (zie § 5).

Bovendien doet NO<sub>2</sub><sup>-</sup> de bloeddruk dalen (door een verslapping van de gladde spieren rond de bloedvaten [63]), waardoor de O<sub>2</sub>-voorziening van de weefsels verder verslechtert en de hartfrequentie oploopt. In een onderzoek bleek dat hoe meer nitraat in de pens vrijkomt, hoe hoger en hoe later de Mhb-piek in het bloed komt. Bij een maximaal percentage Mhb van 5-10% kwam de piek 1½ uur na het begin van het voeren, terwijl bij een maximaal percentage van >50% de Mhb-piek na ruim 3½ uur kwam. Het effect van opeenvolgende doses NO<sub>3</sub><sup>-</sup> is cumulatief: indien het Mhb-gehalte bij een volgende (vergelijkbare) dosis NO<sub>3</sub><sup>-</sup> nog niet weer

<sup>19</sup> Andere omzettingen van NO<sub>3</sub><sup>-</sup> dan die tot NO<sub>2</sub><sup>-</sup> worden niet vermeld.

<sup>20</sup> De normale pens-pH ligt meestal tussen 6 en 7; bij duidelijk lagere waarden is sprake van pensverzuring.

tot de rustwaarde is gedaald, zal de volgende MHB-piek nog hoger uitvallen. Als het dier overleeft, zijn de MHB-waarden ongeveer 8 uur na de toediening van nitraat weer normaal. Het lichaam bestrijdt de schadelijke invloed van waterstofperoxide op Hb door middel van MHB-reductase (dit enzym regenereert MHB tot Hb), katalase en glutathionperoxidase (omzetting van waterstofperoxide in zuurstof en water) [3;15;19;59]. Een uitgebreide beschrijving van de regeneratie van MHB tot Hb wordt gegeven in referentie [63].

De halfwaardetijden van  $\text{NO}_2^-$  en  $\text{NO}_3^-$  in schapen zijn respectievelijk  $\frac{1}{2}$  en ruim 4 uur [47;66]. In één bron wordt gemeld dat schapen een groter vermogen hebben om  $\text{NO}_2^-$  om te zetten in  $\text{NH}_4^+$  (zie paragraaf 2.5.1). Het lijkt daarom reëel om aan te nemen dat de halfwaardetijd van  $\text{NO}_2^-$  bij koeien langer is. Hierover zijn echter geen gegevens voorhanden. De uitscheiding van  $\text{NO}_2^-$  en  $\text{NO}_3^-$  verloopt met name via de urine [65]. Ook over het kwantitatieve belang van de  $\text{NO}_2^-$  en  $\text{NO}_3^-$  -uitscheiding via de urine zijn echter geen gegevens voorhanden.

### 3.2 Invloeden van rantsoensamenstelling, voeding en voeropname op het optreden van nitraatvergiftiging

De gevoeligheid van herkauwers voor nitraatvergiftiging is onder andere afhankelijk van de rantsoensamenstelling. Met name een verhoging van het zetmeelgehalte van het rantsoen kan beschermend werken tegen nitraatvergiftiging. In een experiment met vleeskoeien die belast werden met nitraat<sup>21</sup> kon dan ook een beschermende werking van het voeren van geplette korrelmaïs aangetoond worden [9]. Indien 3,2 kg maïs/dier/dag werd gevoerd was geen behandeling tegen nitraatvergiftiging nodig, terwijl 6 van de 8 dieren die geen of 1,6 kg maïs/dier/dag kregen behandeld moesten worden met methyleenblauw (zie Hoofdstuk 8). Het is niet geheel duidelijk of dieren in deze proef herhaald gebruikt zijn (adaptatie pens aan nitraat). Evenmin is duidelijk waarom een bron van relatief pensbestendig zetmeel (uit maïs) gebruikt is, aangezien het aannemelijk is dat het zetmeel in dit geval op pensniveau moet werken<sup>22</sup>. Tot slot zijn geen gegevens over de totale DS-opname (uit hooi en maïs) en het  $\text{NO}_3^-$  -gehalte in de maïs verstrekt, zodat een verdunningseffect van het bijvoeren van maïs op de  $\text{NO}_3^-$  -concentratie van het totale rantsoen niet kan worden uitgesloten. Wel komt uit deze proef naar voren dat het voeren van enkele kilogrammen graan voldoende zetmeel kan leveren om een forse nitraatbelasting het hoofd te bieden. Hoe groter het interval tussen het voeren van zetmeelrijke voeders en de nitraatbelasting hoe kleiner het beschermende effect zal zijn, aangezien na verloop van een aantal uren het gehalte aan fermenteerbare organische stof in de pens weer zal dalen [9]. De invloed van koolhydraten kon *in vitro* worden gedemonstreerd met behulp van fumaraat. Dit tussenproduct uit de citroenzuurcyclus komt meer beschikbaar bij zetmeelrijke voeding. Aan een mengsel van pensbacteriën<sup>23</sup> werd nitraat toegevoegd. Aangezien de  $\text{NO}_3^-$  -reductie sneller verliep dan de  $\text{NO}_2^-$  -reductie, hoopte zich  $\text{NO}_2^-$  in het medium op. De toevoeging van fumaraat stimuleerde de  $\text{NO}_2^-$  -reductie sterker dan de  $\text{NO}_3^-$  -reductie, waardoor de  $\text{NO}_2^-$  -concentraties sneller daalden [32]. Helaas is het effect van andere stoffen, zoals andere citroenzuurcyclusintermediären of vluchtige vetzuren, niet onderzocht, zodat het bewijsmateriaal voor de invloed van onbestendig zetmeel op nitraatvergiftiging mager blijft.

Voor een adequate afweer tegen de schadelijke invloed van  $\text{NO}_2^-$  (zie Hoofdstuk 3) zijn NADH en NADPH<sub>2</sub> nodig, die onder andere gevormd worden bij de katabole koolhydraat-

<sup>21</sup> ± 400 kg LG; hooi (9 g  $\text{NO}_3^-$ /kg) *ad lib* + 0,5 kg mengvoer; eenmalige belasting met 0,3 g Na- $\text{NO}_3$ /kg LG = 0,2 g  $\text{NO}_3^-$ /kg LG via pensfistel; de berekende hoeveelheid Na $\text{NO}_3$  werd opgelost in 500 mL water en in één keer toegediend.

<sup>22</sup> Een groter aanbod van onbestendig zetmeel in de pens zou (via verhoogde concentraties aan vluchtige vetzuren en citroenzuurcyclusintermediären) kunnen leiden tot meer NADH en NADPH<sub>2</sub>. Dit zou op zijn beurt weer tot een snellere afbraak van nitriet en een betere afweer tegen de oxidatie van het Hb kunnen leiden [3].

<sup>23</sup> Op een zetmeel/cellulose-bodem.

stofwisseling. Als dieren te weinig voer krijgen zal de productie van NADH en NADPH<sub>2</sub> geringer zijn en zullen deze afweersystemen dan ook minder goed werken. Daardoor zijn zij ook gevoeliger voor nitraatvergiftiging [3;44]. Zodra er weer voer beschikbaar komt zullen hongerige dieren bovendien sneller en minder selectief eten (ook de relatief nitraatrijke stengels (zie paragraaf 2.2) worden opgenomen), waardoor zij eerder een piekbelasting van nitraat zullen krijgen. Ook de rangorde binnen de koppel kan hierbij van belang zijn. De dieren laag in de rangorde (jonge dieren) zullen bij beperkte voeding genoeg moeten nemen met de minder smakelijke, stengelrijkere delen van het voer. Ook dit kan bijdragen tot een hogere nitraatbelasting [7].

Zoals uiteengezet door Geurink en anderen [19] zijn tenminste 4 factoren van invloed op de nitrietvorming in de pens en de MHB-vorming in het bloed:

1. De hoeveelheid opgenomen NO<sub>3</sub><sup>-</sup>.

Er bestaat een exponentiële relatie tussen de NO<sub>3</sub><sup>-</sup>-opname en de NO<sub>2</sub><sup>-</sup>-vorming in de pens. Naarmate meer NO<sub>3</sub><sup>-</sup> vrijkomt in de pens zal het MHB-percentagesnel en tot een hoger niveau stijgen [20].

2. Gewenning aan NO<sub>3</sub><sup>-</sup>.

Door toename van de nitraatreducerende capaciteit van de pensflora stijgen de nitrietconcentratie in de pens en het MHB-gehalte in het bloed bij gelijkblijvende nitraatbelasting. Na een belasting gedurende 3-4 dagen (één keer per dag NO<sub>3</sub><sup>-</sup>-rijk voer) blijven deze gehalten op een constant, hoger niveau. Dit verklaart waarom nitraatvergiftiging meestal pas optreedt na enkele malen NO<sub>3</sub><sup>-</sup>-rijk voeren [37]. Anderzijds leiden gehalten van 30-40 g NO<sub>3</sub><sup>-</sup> in vers gras ook bij langdurige opname echter niet tot nitraatvergiftiging [5]. Hoewel NO<sub>3</sub><sup>-</sup> uit vers gras minder snel wordt opgenomen (zie de punten 3 en 4) zijn dit toch gevaarlijk hoge waarden. Het is niet duidelijk waarom de koeien die dit gras opnamen geen nitraatvergiftiging opliepen.

3. De opnamesnelheid van NO<sub>3</sub><sup>-</sup>.

Als voeders een gelijk NO<sub>3</sub><sup>-</sup>-gehalte in de DS hebben maar sterk verschillen in DS-gehalten (bijvoorbeeld vers gras en hooi), dan zal de opname van het gras (en dus van het nitraat) veel langzamer verlopen dan van het hooi. Op het grasrantsoen zal de kans op nitraatvergiftiging dus kleiner zijn. Ook zal bij gelijke totale dagelijkse opname van NO<sub>3</sub><sup>-</sup> een hoge concentratie in een kleine hoeveelheid DS gevaarlijker zijn dan andersom. Dit vanwege de snellere toename van de nitraat- en nitrietspiegels in de pens [20].

4. De voersoort.

Bij geconserveerde producten (voordroogkuil en hooi) hebben de celmembranen hun selectieve permeabiliteit verloren, in tegenstelling tot die van vers gras. Hierdoor diffundeert het NO<sub>3</sub><sup>-</sup> veel sneller de pens in dan het geval is bij intacte celmembranen. Hierdoor zijn geconserveerde producten gevaarlijker dan vers gras met een vergelijkbaar NO<sub>3</sub><sup>-</sup>-gehalte. Bij het (her)kauwen van vers gras zullen lang niet alle celmembranen binnen korte tijd beschadigd raken [20]. Ook tussen grassen met vergelijkbare NO<sub>3</sub><sup>-</sup>-gehalten bestaan verschillen. Zo bleek NO<sub>3</sub><sup>-</sup> uit kropaar (*Dactylis glomerata*) sneller vrij te komen dan uit Engels raaigras (*Lolium perenne*), wellicht door een andere celwandstructuur (en daardoor een verschil in kapot gaan van cellen en celmembranen tijdens kauwen en herkauwen) [19].

Tenslotte is melding gemaakt van de invloed van de pens-pH op de omzetting van NO<sub>3</sub><sup>-</sup> in NO<sub>2</sub><sup>-</sup> [85]. Bij een pens-pH van 7-8 verloopt de omzetting sneller dan bij een pH van 5-6. Aangezien in de betreffende bron tevens sprake is van verschillende ruwvoerders (pH 7-8: hooi; pH 5-6: gras), is het waarschijnlijk dat de volgende punten hiermee verstrengeld zijn:

- Hooi is geconserveerd en gras niet (zie punten 3 en 4 hierboven)
- Gras kan meer oplosbare koolhydraten bevatten doordat deze niet bij de conservering verloren zijn gegaan. Deze koolhydraten kunnen de nitrietafbraak weer versnellen en de afweersystemen tegen de MHB-vorming versterken (zie boven). Tevens zouden deze oplosbare koolhydraten de pens-pH sneller / verder kunnen doen dalen.

Of er dus een zelfstandig effect van de pens-pH op de nitraat- en nitriethuishouding is, is aan de hand van deze bron [85] niet uit te maken.

### **3.3 Invloeden van de toestand van het maagdarmkanaal op de nitraatstofwisseling**

De met diarree gepaard gaande veranderingen in de maagdarmflora leiden in het algemeen tot een stijging van het aantal nitraat-reducerende bacteriën, waardoor dieren met diarree gevoeliger zijn voor nitraatvergiftiging. Ook storingen in de activiteit van de voormagen (b.v. scherp in) zouden hieraan mee kunnen werken [3], terwijl men ook bij rantsoenovergangen, zoals bij de overgang van stal- naar weideperiode, alert moet zijn [28]. Dit geldt uiteraard des te sterker als de omstandigheden gunstig zijn voor nitraatophoping in het weidegras (zie paragraaf 2.2).



## 4 EPIDEMIOLOGIE

Nitraatvergiftiging komt met name tijdens de stalperiode voor. Dit wordt waarschijnlijk vooral veroorzaakt doordat  $\text{NO}_3^-$  uit verse groenvoeders minder snel vrijkomt dan uit geconserveerde produkten. Ook regen na een periode van droogte en/of koude, het inscharen in nieuw ingezaaid grasland of grasland dat zeer kort geleden bemest is (zeker indien het koel, somber weer is), een slechte voedingstoestand van de dieren, het plotseling ter beschikking stellen van een ruime hoeveelheid nitraatrijk voer aan hongerige dieren (onregelmatige voeding) en het laag in de rangorde staan van de dieren zijn risicofactoren voor het optreden van deze vergiftiging (zie ook paragraaf 3.2). Eind zeventiger jaren van de vorige eeuw is in Oost-Duits inventariserend onderzoek in 12% van monsters van groenvoeders en hakvruchten een  $\text{NO}_3^-$ -gehalte van  $> 5$  g/kg DS (zie paragraaf 2.5.1) vastgesteld [77]. Hoewel geen exacte gegevens ter beschikking staan, lijkt dit percentage in de huidige Nederlandse ruwvoeders lager te zijn (zie Tabel 3).

Nitriet wordt met name in de pens gevormd. Melk-gevoerde kalveren zijn dan ook minder gevoelig voor hoge doses nitraat in het rantsoen. Dit kon aangetoond worden bij kalveren op rantsoenen<sup>24</sup> die 0,02, 0,42, 2,04, 5,52 of 10,1 mg  $\text{NO}_3^-$  /L bevatten [2]. Hoewel het percentage MHB in de 10,1 mg/L-groep significant hoger was dan in de 0,02 en 0,42 mg/L-groepen, waren de verschillen in absolute zin klein (1,5 tegenover 1,0-1,1%). Tussen de verschillende groepen konden geen verschillen in groei, voerconversie of slachtkwaliteit aangetoond worden. Dit komt overeen met de waarneming dat in spontane vergiftigingsgevallen wel de volwassen koeien, maar niet de (zogende) kalveren aangetast waren [36]. Anderzijds werd in kalveren op een kunstmelkrantsoen met toegevoegd nitraat (1,6 of 3,1 g  $\text{NO}_3^-$  /L) een verhoging van het MHB-gehalte in het bloed vastgesteld (in beide groepen  $\pm 30\%$  MHB na 30 dagen), terwijl na een verhoging tot 6,2 g  $\text{NO}_3^-$  /L van de 30<sup>e</sup> tot de 35<sup>e</sup> dag één kalf in nood geslacht moest worden [43]. Daar echter  $\text{NH}_4\text{NO}_3$  als  $\text{NO}_3^-$ -bron gebruikt is, kan het ammoniak een extra toxische werking gehad hebben. Jonge, pas gespeende kalveren (2 maanden oud) bleken echter weer gevoeliger voor nitraatvergiftiging dan oudere kalveren die hetzelfde hooi kregen [81].

---

<sup>24</sup> Melk- en weipoeder en lactose; extra  $\text{NO}_3^-$  uit  $\text{KNO}_3$ ; proefduur 8 weken



## 5 KLINISCHE VERSCHIJSSELEN

### 5.1 Acute vergiftiging

Klinische verschijnselen van nitraatvergiftiging kunnen al vanaf enkele uren na opname van nitraatrijk voer optreden. Hierbij kunnen bruine of bleke slijmvliezen, ademhalingsmoeilijkheden (zware benauwdheid), snelle ademhaling, tympanie, frequent urine laten lopen, speeksel, oedeem van gewrichten, uitdroging, snelle pols, hoge temperatuur, sufheid, blindheid, spiertrillingen, problemen met lopen c.q. slingeren worden waargenomen. Het bloed is doorgaans chocoladebruin verkleurd, maar dit hoeft niet altijd het geval te zijn. De dood door verstikking kan (zelfs zonder voorafgaande symptomen) snel intreden [7;8;15;19;29;64;88]. Aangezien zwaar bemest gras doorgaans niet alleen  $\text{NO}_3^-$ -rijk is maar ook  $\text{K}^+$ -rijk, kunnen ook (door een daardoor veroorzaakt Mg-tekort) verschijnselen van melk- en/of kopziekte een rol spelen [85].

### 5.2 Effecten van acute vergiftiging op langere termijn en chronische vergiftiging

Abortus wordt vaak genoemd als nasleep van acute nitraatvergiftiging. Dit kan optreden tot 3 weken na een acute vergiftiging [17] en in elk stadium van de dracht [24;63]. Ook kwam relatief veel abortus voor op bedrijven met een  $\text{NO}_3^-$ -concentratie in het drinkwater van 80-200 mg/L [53]. Het is echter niet bekend of dit een causaal verband is. Daarnaast kan onder deze omstandigheden vaker mummificatie van foeten optreden [34]. Hoe abortus opgewekt wordt door nitraatvergiftiging is niet geheel duidelijk, maar er wordt verondersteld dat door de maternale methemoglobinemie een foetale hypoxie en vervolgens het afsterven van de foetus wordt veroorzaakt [18;39;51]. In een begrazingsproef met koeien waarbij ofwel 60 ofwel 180 kg N/ha/maand<sup>25</sup> op graspercelen werd gebracht, werd geen effect op embryo-overleving of -groei vastgesteld [45].

Bij chronische belasting met subletale doses kan de melkproductie langere tijd lager zijn en kunnen de vitamine A-reserves in de lever met 50% afnemen. De vitamine E-reserves en de I-stofwisseling kunnen eveneens nadelig beïnvloed worden [31;63]. De oorzaak hiervan is niet duidelijk. Wel zouden slechtere vitamine A- en E-reserves op hun beurt weer een negatieve invloed op de vruchtbaarheid kunnen hebben. Overigens kon niet altijd een effect van  $\text{NO}_3^-$  op de vitaminestofwisseling worden aangetoond [34;48].

Bij geiten en schapen lijkt een verhoogde nitraatopname de schildklierfunctie te kunnen beïnvloeden. Bij opname van drinkwater met een  $\text{NO}_3^-$ -gehalte van 40-50 mg/L (schildklierhypertrofie (struma)) [70] of via  $\text{NO}_3^-$ -rijk gras (34 g/kg; schildklierhypotrofie) [61] veranderde de omvang van de schildklier. Enkele gegevens over de thyroxinespiegels zijn weergegeven in Tabel 6.

**Tabel 6. Thyroxinespiegels in lammeren en geiten met verschillende nitraatbelasting [70].**

| Categorie                                    | Thyroxinespiegels ( $\mu\text{g}/\text{dL}$ ) |
|--|---|
| Lammeren met struma uit de probleemkoppel    | 3,99  |
| Lammeren zonder struma uit de probleemkoppel | 4,11  |
| Lammeren uit de controlekoppel               | 5,96  |
| Moedergeiten uit de probleemkoppel           | 3,80  |
| Moedergeiten uit de controlekoppel           | 8,26  |

<sup>25</sup> Als  $\text{NH}_4\text{NO}_3$

Aangezien echter geen opgave van het  $\text{NO}_3^-$  -gehalte in het water van de controlegeiten is gedaan, is bepaling van het effect van de  $\text{NO}_3^-$  -belasting niet goed mogelijk. In het tweede artikel worden geen gegevens over thyroxinespiegels gegeven. In schapenlammeren kon geen effect op de snelheid van thyroxinesecretie worden vastgesteld bij toevoeging van 25 g  $\text{NO}_3^-$  /kg rantsoen<sup>26</sup>.

---

<sup>26</sup> Mais/sojaschroot-rantsoen;  $\text{NO}_3^-$  -gehalte basisvoer niet gegeven.

## 6 PATHOLOGIE

Bij dieren die aan nitraatvergiftiging zijn gestorven, kunnen verschijnselen als pensverstopping (stro), subepicardiale bloedingen en bloedingen in de luchtpijp (pathognomonisch?), stuwung van longen, nieren en pens, lebmaag en darmen, alsmede tekenen van gastroenteritis worden waargenomen [15;29;33;64]. Het karkas kan bruin verkleurd zijn, maar dit hoeft lang niet altijd het geval te zijn. Indien wel aanwezig, kan de verkleuring ook weer binnen 5 uur na de dood verdwenen zijn. Verder valt een zeer snelle ontbinding met gasvorming in de weefsels op. Hierbij kunnen vaak *Clostridia* worden aangetoond, die kennelijk snel prolifereren onder de zuurstofloze omstandigheden die bij deze vergiftiging optreden. Een verwarring met een *Clostridium*-infectie is dan ook zeer wel mogelijk [11].



## 7 DIAGNOSE

Als plotselinge sterfte het belangrijkste (of zelfs enige) symptoom is, is het niet eenvoudig om direct de diagnose “nitraatvergiftiging” te stellen. Nitraatanalyses in het voer kunnen aangeven of het  $\text{NO}_3^-$  gehalte in het voer gevaarlijke waarden aanneemt, maar aangezien de gehalten binnen een partij en tussen partijen sterk kunnen wisselen, geven deze waarden niet altijd voldoende informatie. Bovendien kan de individuele gevoeligheid van dieren voor een bepaalde dosis nitraat sterk wisselen, o.a. afhankelijk van hun fysiologische status (zie Hoofdstuk 3). Bij vers gras kan het  $\text{NO}_3^-$  - gehalte op dezelfde plaats in de wei zelfs binnen een dag sterk variëren [3].

De snelste en meest eenvoudige methode om deze waarschijnlijkheidsdiagnose bij het levende dier te stellen is het beoordelen van het vaginaslijmvlies. De kleur hiervan verandert bij toenemende MHb-gehalten in het bloed van rozerood naar bruin. Aangezien deze verkleuring reeds optreedt bij MHb-percentages vanaf  $\pm 20\%$  terwijl ernstige vergiftigingsverschijnselen pas optreden bij een MHb-percentage boven  $\pm 50\%$ , kan tijdens opname van nitraatrijk voer het optreden van nitraatvergiftiging in een vroeg stadium onderkend worden. Hierdoor kan, indien nodig, tijdig worden ingegrepen. Met het observeren van het vaginaslijmvlies moet worden begonnen voordat het MHb-gehalte te hoog is geworden, dus  $\pm 1$  uur na het begin van het voeren van verdacht voer. Dit is vooral belangrijk indien kort tevoren ook nitraatrijk voer gevoerd is en de pensflora dus versneld nitraat zal reduceren (zie paragraaf 3.2) [19].

De diagnose kan echter niet gesteld worden door bepaling van het MHb-gehalte in het bloed, aangezien enerzijds MHb weer snel geregenereerd wordt tot hemoglobine<sup>27</sup>, en anderzijds vele stoffen in staat zijn om Hb te oxideren tot MHb. De diagnose moet dan ook gesteld worden door het aantonen van hoge nitraatconcentraties in lichaamsvloeistoffen. Hiervoor komt bij levende dieren plasma- of serumnitraat in aanmerking. In één onderzoek van een aantal melkveebedrijven zonder nitraatvergiftiging was het plasma- $\text{NO}_3^-$  -gehalte, in ieder geval bij  $\text{NO}_3^-$  -gehalten  $<20$  g/kg DS in het rantsoen, goed gecorreleerd met het  $\text{NO}_3^-$  -gehalte in het voer<sup>28</sup>[26]. Op melkveebedrijven zonder problemen met nitraatvergiftiging lag het merendeel van de plasmawaarden tussen 10 en 30  $\mu\text{M}$  [25;26]. Dat de gehalten echter wel sterk kunnen wisselen, blijkt uit andere onderzoeken. Enerzijds konden bij plasma-nitraatgehalten van 121-565  $\mu\text{M}$  geen verschijnselen van acute nitraatvergiftiging worden vastgesteld [54], terwijl anderzijds bij experimentele en spontane vergiftigingen plasmawaarden tussen 50 en 22840  $\mu\text{M}$  gerapporteerd zijn [25]. Bij dode dieren komen pensinhoud [31], oogvocht of cerebrospinale vloeistof in aanmerking. Nitrietgehalten  $>0,05$  mg/L in pensvocht van schapen worden als indicatie voor nitraatvergiftiging gezien [44]. Voor oogvocht wordt de diphenylamine-test gebruikt. Dit is een kwalitatieve test, waarbij in geval van nitraatvergiftiging een blauwverkleuring optreedt [34]. De concentraties in oogvocht blijven na de dood langere tijd stabiel [6]. Indien het  $\text{NO}_3^-$  -gehalte in oogvocht kwantitatief bepaald wordt, dient dit tussen de 10 en 20 mg/L te liggen [71].

Het nitraatgehalte in de melk stijgt als het gehalte in het voer toeneemt. Er bestaat geen eenduidigheid of dit verband exponentieel [1] of min of meer lineair is [38]. Ook in de urine kan nitraat met behulp van een teststrookje worden aangetoond [8]. Waarden boven 0,5 mg  $\text{NO}_3^-$  /L zouden op nitraatvergiftiging wijzen [44].

<sup>27</sup> Om dit proces stop te zetten is wel aanbevolen om hemolyse te induceren door het bloed direct na afname 1:7 met water te verdunnen [11]

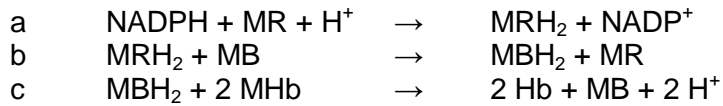
<sup>28</sup> Plasma  $\text{NO}_3^-$  -gehalte ( $\mu\text{mol/L}$ ; bedrijfsgemiddelde) =  $9,6 + 1,48 \times \text{voer-NO}_3^-$  -gehalte (g/kg DS);  $r = 0,91$ ;  $p < 0,001$ ;  $\pm 470$  koeien





## 8 BEHANDELING

Bij klinische gevallen van nitraatvergiftiging is een direct ingezette behandeling met methyleenblauw (1% oplossing, 1 mg methyleenblauw/kg LG intraveneus) de aangewezen therapie<sup>29</sup> [8;14;29]. De reductie van MHb met behulp van methyleenblauw verloopt als volgt<sup>30</sup> [65]:



Vitamine C en menadion zijn ongeschikt [14]. Naast de reeds genoemde dosis zijn ook wel hogere doses (4-20 mg/kg LG) en concentraties (2-5%) methyleenblauw aanbevolen [15;23;31;34;78]. Gezien het zeer snelle en -in veel gevallen- dodelijke verloop is het noodzakelijk dat de behandelende dierenarts methyleenblauw altijd in voldoende hoeveelheden bij zich heeft [46;78]. Eventueel moet deze behandeling na 6-8 uur herhaald worden [34]. Daarnaast kunnen eventueel bloeddruk- en circulatieondersteunende maatregelen noodzakelijk zijn [63].

---

<sup>29</sup> Het klinisch herstel treedt dan vaak binnen enkele minuten op.  
<sup>30</sup> MB = methyleenblauw; MR = methemoglobinereductase



## 9 MAATREGELEN TER PREVENTIE

### 9.1 Voeding en rantsoensamenstelling

Tegenwoordig worden de  $\text{NO}_3^-$ -gehalten in voordroogkuil standaard vooraf bepaald (BLGG). Hierdoor zijn de gehalten (op het moment van bemonstering) in het algemeen bekend voordat er gevoerd wordt. Vooral droge (> 40% DS), eiwitrijke kuilen (ruw eiwit >  $\pm$  22% in de DS) kunnen gevaarlijk zijn [85]. In minder stabiele kuilen moet rekening gehouden worden met veranderingen van de  $\text{NO}_3^-$ -gehalten na de monsternamen.

Als leidraad kan dienen dat een volwassen koe in de stalperiode  $\pm$  90 g  $\text{NO}_3^-$  per dag kan verwerken [15;85]. Daarop gebaseerd worden bij verschillende aangenomen  $\text{NO}_3^-$ -gehalten in hooi of voordroogkuil de in Tabel 7 aangegeven maximale hoeveelheden aanbevolen [15;85]. Hierbij is het  $\text{NO}_3^-$ -gehalte van drinkwater en krachtvoerders op 0 gesteld. Indien deze andere rantsoencomponenten ook  $\text{NO}_3^-$  van enige betekenis bevatten<sup>31</sup>, zal hiermee rekening gehouden moeten worden.

**Tabel 7. Maximaal te verstrekken hoeveelheden DS uit hooi of voordroogkuil per koe per dag**

|                                      | $\text{NO}_3^-$ -gehalte (g/kg DS) |    |    |     |     |     |     |
|--------------------------------------|------------------------------------|----|----|-----|-----|-----|-----|
|                                      | 5                                  | 10 | 15 | 20  | 25  | 30  | 35  |
| totaal kg DS (hooi of voordroogkuil) | 10 <sup>c</sup>                    | 9  | 6  | 4,5 | 3,6 | 3   | 2,6 |
| hooi <sup>a</sup> (kg)               | 12                                 | 11 | 7  | 5,5 | 4   | 3,5 | 3   |
| voordroogkuil <sup>b</sup> (kg)      | 20                                 | 18 | 12 | 9   | 7   | 6   | 5   |

<sup>a</sup> 83% DS; <sup>b</sup> 50% DS; <sup>c</sup> ad libitum opname; de nitraat opname blijft onder het maximaal toelaatbare.

Het verdient tevens aanbeveling ruwvoerders met hoge nitraatgehalten (10-35 g/kg DS; bij beperkte voeding) over 3 of meer porties per dag te verdelen en naast deze producten enkele kilogrammen zetmeelrijk voer te verstrekken [85]. Hierbij kan bijvoorbeeld gedacht worden aan tarwe.

Volgens Geurink en anderen [19] mag met voordroogkuil en hooi per maaltijd maximaal 3-5 g  $\text{NO}_3^-$  /100 kg LG gegeven worden, terwijl bij voeding van vers gras op stal maximaal 6-12 g  $\text{NO}_3^-$  /100 kg LG per maaltijd gegeven mag worden. Het eerste advies zou bij 3 maaltijden per dag goed overeen komen met het boven genoemde maximum van 90 g/dag. Overigens is dit (al oude) advies uiteraard vooral geënt op de situatie in een grupstal met maaltijdvoeding. De genoemde maximale dagelijkse dosis van 90 g is in een loopstalsituatie makkelijker hanteerbaar.

Bij onbeperkte voeding worden de maximaal aanvaardbare  $\text{NO}_3^-$  gehalten aanbevolen zoals die zijn weergegeven in Tabel 8. Ze zijn hoger dan de waarden die elders worden aanbevolen (5 g/kg DS voor hooi en voordroogkuil en 10 g/kg DS voor beweiding [3]). Ook hierbij moet weer rekening gehouden worden met de in paragraaf 2.5 genoemde factoren die op de gevoeligheid voor nitraatvergiftiging van invloed zijn.

**Tabel 8. Maximaal aanvaardbare  $\text{NO}_3^-$ -gehalten in enkele voeders bij onbeperkte verstrekking [19]<sup>a</sup>**

| Voersoort                   | Maximaal aanvaardbaar $\text{NO}_3^-$ -gehalte (g/kg DS) |
|-----------------------------|--|
| Gras, beweiding             | 20   |
| Gras, stalvoeding           | 15   |
| Stoppelknollen <sup>b</sup> | $\pm$ 10   |
| Voordroogkuil               | 7,5  |
| Hooi                        |  |

<sup>31</sup> Bijvoorbeeld als er wei of nitraatrijk drinkwater gevoerd wordt.

<sup>a</sup> Bij het gebruik van deze waarden dient rekening gehouden te worden met de grote variatie in  $\text{NO}_3^-$ -gehalten die vaak binnen een partij voorkomt en de belasting met  $\text{NO}_3^-$  en  $\text{NO}_2^-$  via het drinkwater.

<sup>b</sup> Deze worden –om het advies van de auteurs geheel te citeren- voor de volledigheid vermeld.

Deze opgaven stemmen min of meer met andere overeen: Oost-Duitse aanbevelingen geven aan dat bij  $\text{NO}_3^-$ -gehalten van 10-20 g/kg DS de  $\text{NO}_3^-$ -gift beperkt moet worden tot 20 g/100 kg LG/dag. Partijen voer met  $\text{NO}_3^-$ -gehalten > 20 g/kg DS mogen niet als enig ruwvoer gevoerd worden [40], maar moeten gemengd worden met (ruw)voer met lagere  $\text{NO}_3^-$ -gehalten [82;85].

Worden in een partij voer hoge  $\text{NO}_3^-$ -gehalten aangetroffen en wordt het voer over een aantal maaltijden per dag verdeeld, dan moet het nitraatrijke voer beperkt worden verstrekt. Een schema hiervoor wordt gegeven in Tabel 9 [12]. Over het effect van (volledig) gemengd voeren van  $\text{NO}_3^-$ -rijke voeders met andere,  $\text{NO}_3^-$ -arme voeders (wat op zich een goede maatregel is) zijn geen proefgegevens voorhanden.

**Tabel 9. Maximaal aanvaardbare DS-opname per maaltijd bij verschillende  $\text{NO}_3^-$ -gehalten in hooi, voordroogkuil, vers gemaaid gras en stoppelknollen.**

| $\text{NO}_3^-$ -gehalte (g/kg DS) | Maximaal aanvaardbare DS-opname per maaltijd in kg/100 kg LG |                                |                             |
|------------------------------------|--|--------------------------------|-----------------------------|
|                                    | hooi, voordroogkuil <sup>a</sup>                             | vers gemaaid gras <sup>b</sup> | Stoppelknollen <sup>a</sup> |
| < 7,5                              | Onbeperkt  | Onbeperkt                      | Onbeperkt                   |
| 7,6-10,0                           | 0,40   | Onbeperkt                      | Onbeperkt                   |
| 10,1-12,5                          | 0,30   | Onbeperkt                      | 0,50                        |
| 12,6-15,0                          | 0,25   | Onbeperkt                      | 0,40                        |
| 15,1-17,5                          | 0,20   | 0,60                           | 0,30                        |
| 17,6-20,0                          | 0,18   | 0,50                           | 0,25                        |
| 20,1-22,5                          | 0,15   | 0,40                           | 0,20                        |
| 22,6-25,0                          | 0,12   | 0,35                           | 0,17                        |
| 25,1-30,0                          | 0,10   | 0,25                           | 0,15                        |
| 30,1-35,0                          | 0,08   | 0,20                           | 0,12                        |
| 35,1-40,0                          | 0,07   | 0,17                           | 0,10                        |
| 40,1-45,0                          | 0,06   | 0,15                           | 0,08                        |
| 45,1-50,0                          | 0,06   | 0,12                           | 0,07                        |

<sup>a</sup> maximaal één portie per uur; <sup>b</sup> maximaal één portie per twee uur

Bevat gras te veel  $\text{NO}_3^-$  en kan men kiezen tussen beweiden en conserveren, dan verdient beweiding of stalvoeding van het verse gras de voorkeur [19]. Mocht in een enkel geval getwijfeld worden tussen hooien en inkuilen, dan heeft inkuilen de voorkeur, aangezien de  $\text{NO}_3^-$ -gehalten dan doorgaans verder dalen dan bij hooien [85].

## 9.2 Interacties in de pens

### 9.2.1 Interacties met wolfram, L-cysteïne, zwavel, molybdeen en koper

In *in vitro* studies is aangetoond dat toevoeging van wolfram (W)<sup>32</sup> de reductie van nitraat tot nitriet kan remmen. Toediening van orale doses van 2 g W/dag<sup>31</sup> [41] of tot 6,6 mg W/kg LG/dag (voor een koe van 650 kg LG zou dit 4,3 g W/dag c.q. 6,9 g  $\text{Na}_2\text{WO}_4$  betekenen) [42] aan koeien lieten inderdaad een sterke remming van de nitrietophoping in de pens zien. Aangezien W weinig toxisch is, zou de toevoeging van W aan herkauwers op nitraatrijke rantsoenen mogelijkheden bieden ter voorkoming van nitraatvergiftiging [41]. Koeien die 6,6

<sup>32</sup> Als  $\text{Na}_2\text{WO}_4$

mg W/kg LG<sup>31</sup> via het voer kregen, toonden na een eenmalige toediening<sup>33</sup> van 240 mg NO<sub>3</sub><sup>-</sup>/kg LG nauwelijks een stijging van het NO<sub>2</sub><sup>-</sup>-gehalte in de pens, terwijl na een eenmalige dosis van 500 mg NO<sub>3</sub><sup>-</sup>/kg LG het NO<sub>2</sub><sup>-</sup>-gehalte in de pens licht steeg tot een maximum van ± 0,5 mM. Ter vergelijking: zonder W-toediening piekte het NO<sub>2</sub><sup>-</sup>-gehalte in de pens al na ± 1 uur bij ± 2 mM na eenmalige toediening van 120 mg NO<sub>3</sub><sup>-</sup>/kg LG. Binnen een dag na het stoppen van de W-behandeling begonnen de NO<sub>2</sub><sup>-</sup>-gehalten in de pens van koeien op een NO<sub>3</sub><sup>-</sup>-rijk rantsoen weer te stijgen [42]. Dit betekent dat aan koeien op dergelijke rantsoenen voortdurend W moet worden toegediend.

Een verhoogd Mo-gehalte deed het W-effect echter weer teniet. Een gehalte van 11 mg Mo/kg DS in het rantsoen neutraliseerde het effect van dagelijkse W-doses tot 6,6 mg W/kg LG volledig, terwijl bij een Mo-gehalte van 6 mg/kg DS de W-dosis al gauw zo'n 4 mg/kg LG moest zijn om enig effect op het NO<sub>2</sub><sup>-</sup>-gehalte in de pens te sorteren. Bij een Mo-gehalte van 1 mg/kg DS veroorzaakte 2 mg W/kg LG al een sterke daling van het NO<sub>2</sub><sup>-</sup>-gehalte in de pens [42]. Aangezien de Mo-gehalten in Nederlandse voordroogkuilen gemiddeld ± 2,5 mg/kg DS bedragen (met maxima rond de 5 mg/kg DS) terwijl zulke hoge doses als 11 mg Mo/kg DS in Nederland niet voorkomen, zouden doses tussen 4 en 6 mg W/kg LG voldoende moeten zijn om het Mo-effect tegen te gaan.

Wolfram wordt met name via de mest en de urine uitgescheiden. In de bovengenoemde proeven waren de W-concentraties in melk 0,22 mg/kg (2,2 mg W/kg LG/dag) en 1,4 mg/kg (6,6 mg W/kg LG/dag) [42]. Zowel de effecten van W-residuen in melk op de volksgezondheid als de milieueffecten van uitgescheiden W zijn onduidelijk. Aangezien W-verbindingen echter noch als diergeneesmiddel noch als veevoederadditief zijn toegelaten, zijn verdere overwegingen hieromtrent overbodig<sup>34</sup>.

In een proef met schapen<sup>35</sup> die via een pensfistel al dan niet extra NO<sub>3</sub><sup>-</sup> en L-cysteïne toegevend kregen, leidde de toediening van de hoogste dosis L-cysteïne<sup>36</sup> tot een significante verlaging van de plasma NO<sub>2</sub><sup>-</sup>- en Mhb-concentraties [72]. Enkele gegevens betreffende de gehalten aan NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, NO<sub>2</sub><sup>-</sup> en Mhb in het bloed zijn weergegeven in Tabel.10.

**Tabel 10. Enkele gegevens over de gehalten aan NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, NO<sub>2</sub><sup>-</sup> en Mhb in het bloed van schapen na belasting met NO<sub>3</sub><sup>-</sup> en/of L-cysteïne op 6 uur na toediening van het NO<sub>3</sub><sup>-</sup>-supplement [72]**

|  | HN                | HN/HC             | LN                | LN/LC             |
|--|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| Plasma NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mM) | 9,13 <sup>b</sup> | 8,40 <sup>b</sup> | 3,77 <sup>c</sup> | 3,30 <sup>c</sup> |
| Plasma NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> (mM) | 0,11 <sup>b</sup> | 0,02 <sup>c</sup> | 0,02 <sup>c</sup> | 0,03 <sup>c</sup> |
| Mhb (%)                                  | 34,3 <sup>b</sup> | 10,4 <sup>c</sup> | 3,5 <sup>c</sup>  | 2,9 <sup>c</sup>  |

<sup>a</sup> HN = hoog nitraat; LN = laag nitraat; HC = hoog cysteïne; LC = laag cysteïne<sup>30,31</sup>; <sup>b,c</sup> waarden in één rij met verschillende aanduiding verschillen significant

Vergelijkbare gegevens werden verkregen in *in vitro* proeven met pensinhoud van schapen [73]: zowel toegevoegd S, L-cysteïne, W als Cu<sup>37</sup> onderdrukten de NO<sub>2</sub><sup>-</sup>-vorming uit NO<sub>3</sub><sup>-</sup> in vergelijking met pensinhoud zonder deze toevoegingen. Het (vermoedelijk) onderliggende mechanisme van deze interacties wordt besproken in 9.3.

<sup>33</sup> De genoemde eenmalige doses van 120, 240 en 500 mg NO<sub>3</sub><sup>-</sup>/kg LG komen voor een koe van 650 kg LG overeen met 78, 156 en 325 g NO<sub>3</sub><sup>-</sup>/dag. De hoogste twee doses zouden zonder verdere maatregelen waarschijnlijk snel een (dodelijke) NO<sub>3</sub><sup>-</sup>-vergiftiging veroorzaken.

<sup>34</sup> Bureau Registratie Diergeneesmiddelen (BRD), Wageningen, september 2003

<sup>35</sup> Op een rantsoen van grashooi en luzernebrok; extra NO<sub>3</sub><sup>-</sup> als NaNO<sub>3</sub>. Hoog versus laag NO<sub>3</sub><sup>-</sup>-groep : 1,5 g versus 0,75 g NaNO<sub>3</sub>/kg<sup>0,75</sup> LG.

<sup>36</sup> Hoog versus laag L-cysteïne: 0,55 versus 0,275 g L-cysteïne/ kg<sup>0,75</sup> LG.

<sup>37</sup> Zwavel als Na<sub>2</sub>S, W als Na<sub>2</sub>WO<sub>4</sub>, Cu als CuSO<sub>4</sub>.

### 9.2.2 Interacties met monensin en niet-eiwit stikstof

Bij vaarzen op een nitrietrijk<sup>38</sup> rantsoen (stoppelknollen, zie paragraaf 2.5) wekte de toediening van monensin<sup>39</sup> een klinische nitraatvergiftiging op [52]. Ook in een ander geval van nitraatvergiftiging (door grashooi) hadden alleen de getroffen dieren monensin (1200 mg monensin/kg supplement) en een niet-eiwit stikstof supplement<sup>40</sup> gekregen [71]. De dieren die geen supplement ontvingen waren niet aangetast<sup>41</sup>. Het mechanisme van deze interactie is niet duidelijk.

## 9.3 Conclusie

Molybdeen is een essentieel bestanddeel van nitraatreductase. Wolfram kan (als Mo-homoloog) Mo echter hieruit verdringen, waardoor nitraatreductase minder goed werkt en de nitrietconcentraties in de pens lager zullen zijn. Een soortgelijk effect zal optreden bij relatief lage Mo-gehalten in de pens door lage Mo-concentraties in het voer. Hierdoor zijn ook de invloeden van S (uit sulfiden, sulfaten en L-cysteïne) en Cu te verklaren, aangezien deze samen met Mo thiomolybdaten kunnen vormen (zie CVB-Documentatierapport nr. 41). Hierdoor zal de hoeveelheid beschikbaar Mo in de pens dalen en het nitraatreductase minder goed werken, met lagere NO<sub>2</sub><sup>-</sup>-concentraties in de pens als gevolg.

Praktisch gezien zijn de Mo- en S-gehalten in het voer echter een gegeven, en het is doorgaans zeker niet wenselijk om het S-gehalte gedurende langere tijd drastisch te verhogen (ter voorkoming van nitraatvergiftiging) omdat dan de Cu-voorziening van het dier in gevaar kan komen. Verlaging van het Mo-gehalte is ook niet goed mogelijk. Bovendien is het moeilijk de gewenste aanpassingen in getallen uit te drukken. Toediening van W blijft dan over als (theoretische) mogelijkheid ter voorkoming van nitraatvergiftiging, in de genoemde doses. Aangezien toediening van W-verbindingen aan dieren echter wettelijk niet is toegestaan, kan geen van de in paragraaf 9.2 genoemde interacties in de praktijk benut worden ter voorkoming van nitraatvergiftiging.

Het voeren van nitraatrijke rantsoenen aan dieren die ook monensin verstrekt krijgen moet worden ontraden.

Met behulp van de in paragraaf 9.1 besproken maatregelen met betrekking tot rantsoensamenstelling en voeding kunnen problemen door nitraat grotendeels voorkomen worden. De in paragraaf 9.2 besproken interacties leveren geen duidelijke, in alle opzichten (praktische haalbaarheid, wettelijke toelating) bruikbare maatregelen ter preventie van nitraatvergiftiging.

---

<sup>38</sup> In de tekst staat letterlijk dat de bladeren en de knollen hoge doses **nitriet** bevatten (4900 resp. 9400 mg/kg DS). Gezien het feit dat de stoppelknollen begraasd werden (en dus vers waren), is dit vermoedelijk een schrijffout en moet er "nitraat" staan.

<sup>39</sup> Lage dosering, niet gegeven.

<sup>40</sup> Roughage Buster-80; geen samenstelling gegeven.

<sup>41</sup> Het is niet duidelijk of deze dieren wel hetzelfde (verdachte) hooi kregen als de aangetaste dieren.

## 10 VOLKSGEZONDHEIDSASPECTEN

Er bestaat een positief verband tussen de nitraatgehalten in het voer en het nitraatgehalte in melk [1;19;58]. Ook het nitrietgehalte van de melk kan stijgen bij nitraatrijke voeding [19], hoewel in andere onderzoeken (voeding tot 60 g  $\text{NO}_3^-$  /dier/dag gedurende 9 dagen) geen  $\text{NO}_2^-$  in de melk kon worden gemeten [58]. Hoewel deze verbindingen op zichzelf ook al schadelijk kunnen zijn voor de mens<sup>42</sup>, zijn de concentraties in de meeste gevallen dermate laag dat melk geen wezenlijke bijdrage aan de nitraat- of nitrietbelasting van de mens levert [58]. Daarnaast zouden met name de in de melk uitgescheiden hydroxylaminen en nitrosaminen hierbij potentieel van belang kunnen zijn, aangezien van een aantal van deze stoffen carcinogene, mutagene en teratogene<sup>43</sup> effecten bekend zijn [34;65]. Gegevens over uitscheiding van deze stoffen in melk en schadelijke effecten voor de mens van uit melk afkomstige stoffen uit deze groep zijn echter nauwelijks voorhanden, laat staan dat er kwantitatieve informatie beschikbaar is. De schaarse informatie duidt erop dat hydroxylaminen en nitrosaminen, zelfs als ze onder proefomstandigheden in hoge doses aan herkauwers gevoerd worden, niet of nauwelijks in de melk verschijnen [74;75]. Het gezondheidsrisico voor de mens van hydroxylaminen en nitrosaminen uit melk van herkauwers lijkt dan ook uiterst klein.

---

<sup>42</sup> Uit  $\text{NO}_2^-$  in het voedsel kunnen bijvoorbeeld bij het koken van het voedsel of bij de vertering in de darmen weer nitrosamines gevormd worden [80].

<sup>43</sup> Bijvoorbeeld de ontwikkeling van spina bifida (open ruggetje) [80].





## 11 LITERATUUR

- (1) Baranova M, Mal'-a-P, Burdova O. Prestup dusicnanov a dusitanov do milieka dojníc cestou traviaceho traktu. Transfer of nitrates and nitrites to the milk of dairy cows through the digestive system. *Veterinarni Medicina* 1993; 38: 581-588.
- (2) Berende PLM, Terluin RW, Wal PP. High doses of nitrate in rations for milk-fed calves. 1. Effect on zootechnical characteristics, methemoglobin formation and nitrate and nitrite in some organs. *Zeitschrift für Tierphysiologie, Tierernährung und Futtermittelkunde* 1979; 42: 312-321.
- (3) Berschneider F, Wiesner E, Willer S, Neuffer K. Untersuchungen zur Frage der Nitrat-toleranz bei ständiger Verabreichung von Grünfütter mit erhöhtem Nitrat- und Nitritgehalt im Hinblick auf die Vermeidung von Schädwirkungen und Leistungsdepressionen bei Wiederkäuern. *Tierzucht* 1979; 33: 362-366.
- (4) Birnbreier E, Hilliger HG. Toleranzkonzentrationen für Nitrat und Nitrit im Tränkwasser von Rindern und Schafen. *Übersichten zur Tierernährung* 1993; 21: 1-29.
- (5) Boer DJd. Nitraatgehaltes in gras en de gezondheid van weidend melkvee bij extreme stikstofbemesting. *Stikstof* 1980; 8: 382-387.
- (6) Boermans HJ. Diagnosis of nitrate toxicosis in cattle, using biological fluids and a rapid ion chromatographic method. *American Journal of Veterinary Research* 1990; 51: 491-495.
- (7) Brown CM, Burrows GE, Edwards WC. Nitrate intoxication. *Veterinary and Human Toxicology* 1990; 32: 481-482.
- (8) Buret Y. Cas clinique: intoxication aiguë par les nitrates dans un élevage de vaches allaitantes  
Clinical case: acute poisoning by nitrates in a herd of milking cows. *Bulletin des G. T. V* 1991; 1: 67-68.
- (9) Burrows GE, Horn GW, McNew RW, Croy LI, Keeton RD, Kyle J. The prophylactic effect of corn supplementation on experimental nitrate intoxication in cattle. *Journal of Animal Science* 1987; 64: 1682-1689.
- (10) Callaway TR, Edrington TS, Anderson RC, Genovese KJ, Poole TL, Elder RO. *Escherichia coli* O157:H7 populations in sheep can be reduced by chlorate. *Journal of Food Protection* 2003; 66: 194-199.
- (11) Cawley GD, Collings DF, Dyson DA. Nitrate poisoning. *Veterinary Record* 1977; 101: 305-306.
- (12) Commissie Onderzoek Minerale Voeding. Handleiding mineralenonderzoek bij rundvee in de praktijk. 1996.
- (13) Darwinkel A. Ophoping van nitraatstikstof in gewassen. *Bedrijfsontwikkeling* 1976; 7: 487-490.
- (14) Dijk Sv, Lobsteyn AJH, Wensing T, Breukink HJ. Treatment of nitrate intoxication in a cow. *Veterinary Record* 1983; 112: 272-274.

- (15) Dinkla ETB. Enkele gevallen van nitraatvergiftiging bij runderen in de provincie Groningen. Tijdschrift voor Diergeneeskunde 1976; 101: 1096-1099.
- (16) Dokkum HPv, Counotte GHM, Meijer GAL, Hovenkamp-Obbema IRM. Achtergrond-document Referentiewaarden Waterkwaliteit-Diergezondheid. GD, ID-DLO, Hoogheemraadschap Uitwaterende Sluizen in Hollands Noorderkwartier, TNO-MEP; 1998.
- (17) Edwards WC, McCoy CP. Nitrate poisoning in Oklahoma cattle. Veterinary Medicine and Small Animal Clinician 1980; 75: 457-458.
- (18) Egyed MN, Hanji V. Factors contributing to recent outbreaks of acute nitrate poisoning in farm ruminants. Israel Journal of Veterinary Medicine 1987; 43: 50-55.
- (19) Geurink JH, Kemp A, Malestein A. Nitraatvergiftiging bij rundvee: oorzaak en preventie  
Nitrate poisoning in cattle: cause and prevention. Bedrijfsontwikkeling 1982; 13: 141-145.
- (20) Geurink JH, Malestein A, Kemp A, Klooster ATv'. Nitrate poisoning in cattle. 3. The relationship between nitrate intake with hay or fresh roughage and the speed of intake on the formation of methemoglobin. Netherlands Journal of Agricultural Science 1979; 27: 268-276.
- (21) Gezondheidsdienst voor dieren. Een geval van nitraatvergiftiging bij jongvee. Tijdschrift voor Diergeneeskunde 1985; 110: 856.
- (22) Glas H. Grassen in woord en beeld, 4 ed. Doetinchem: Uitgeversmaatschappij C. Missest b.v.-Groep Landbouw; 1986.
- (23) Grimm R. Akute Nitratvergiftung bei Rindern auf der Weide. Tierärztliche Umschau 1974; 29: 647-650.
- (24) Haliburton JC, Edwards WC. Nitrate poisoning in Oklahoma cattle during the winter of 1977-1978. Veterinary and Human Toxicology 1978; 20: 401-403.
- (25) Hambitzer R, Sommer H. Nitrat- und Nitritwerte im Blutplasma von Milchkühen und ihre Beziehungen zum Blutprofil. Nitrate and nitrite in relation to other blood constituents of dairy cows. Tierärztliche Umschau 1986; 41: 634-641.
- (26) Hambitzer R, Velke H, Ramm K, Sommer H. Bewertung der Nitratbelastung von laktierenden und trockenstehenden Milchkühen anhand der Nitratwerte im Blutplasma und eines Blutprofils. Evaluation of the nitrate intake of lactating and dry dairy cows from the nitrate level in blood plasma and a blood profile. Tierärztliche Umschau 1987; 42: 775-776.
- (27) Harris DJ, Rhodes HA. Nitrate and nitrite poisoning in cattle in Victoria. Australian Veterinary Journal 1969; 45: 590-591.
- (28) Heinke I. Vorbereitung der Weideaustriebes der Rinder und die Verhütung von Nitrat-Nitrit Vergiftungen und Weidetetanie. Tierzucht 1973; 27: 122-123.
- (29) Hibbs CM. Cyanide and nitrate toxicoses of cattle. Veterinary and Human Toxicology 1979; 21: 401-403.

- (30) Hibbs CM, Stencel EL, Hill RM. Nitrate toxicosis in cattle. *Veterinary and Human Toxicology* 1978; 20: 1-2.
- (31) Hoernicke E, Berschneider F, Ebert K. Ursachen und Bedeutung eines erhöhten Nitrat-Nitrit-Gehaltes in Grünfutter und Weidegras  
Causes and implications of increased nitrate-nitrite content in green forage and pasture grass. *Monatshefte für Veterinärmedizin* 1974; 29: 782-787.
- (32) Iwamoto M, Asanuma N, Hino T. Effects of nitrate combined with fumarate on methanogenesis, fermentation, and cellulose digestion by mixed ruminal microbes *in vitro*. *Animal Science Journal* 1999; 70: 471-478.
- (33) Johannsen U, Kuhnert M. Diagnostische Probleme der Nitrat-Nitrit-Vergiftung der Rinder. *Archiv für experimentelle Veterinärmedizin* 1969; 23: 375-384.
- (34) Jones TO. Nitrate/nitrite poisoning in cattle. *In Practice* 1988; 10: 199-201.
- (35) Jones TO, Jones DR. Nitrate/nitrite poisoning of cattle from forage crops. *Veterinary Record* 1977; 101: 266-267.
- (36) Kelch WJ, Kerr LA. Nitrate toxicosis in cattle due to careless handling of fertilizer. *Large Animal Practice* 1997; 18: 41-42.
- (37) Kemp A, Geurink JH, Haalstra RT, Malestein A. Nitrate poisoning in cattle. 2. Changes in nitrite in rumen fluid and methemoglobin formation in blood after high nitrate intake. *Netherlands Journal of Agricultural Science* 1977; 25: 51-62.
- (38) Kemp A, Geurink JH, Malestein A, Klooster AThv'. Stickstoffdüngung des Grünlandes und Nitratvergiftung beim Rind. Nitrogen fertilization of grassland and nitrate poisoning of cattle. *Tierzüchter* 1978; 30: 297-300.
- (39) Klooster AThv', Taverne MAM, Malestein A, Akkersdijk EM. On the pathogenesis of abortion in acute nitrite toxicosis of pregnant dairy cows. *Theriogenology* 1990; 33: 1075-1089.
- (40) Knabe O, Weiland G, Knabe B. Frischverfütterung von Grünfutterstoffen unter Beachtung des  $\text{NO}_3/\text{NO}_2$ -Gehaltes. *Archiv für Tierernährung* 1979; 29: 519.
- (41) Korzeniowski A, Geurink JH, Kemp A. Nitrate poisoning in cattle. 5. The effect of tungsten on nitrite formation by rumen microbes. *Netherlands Journal of Agricultural Science* 1980; 28: 16-19.
- (42) Korzeniowski A, Geurink JH, Kemp A. Nitrate poisoning in cattle. 6. Tungsten (wolfram) as a prophylactic against nitrate-nitrite intoxication in ruminants. *Netherlands Journal of Agricultural Science* 1981; 29: 37-47.
- (43) Krutsch HW. Wirkung der Nitrate aus dem Trinkwasser auf den Organismus der Kälber. The toxic effects of nitrates contained in the drinking water of calves. *Tierärztliche Umschau* 1979; 34: 398,400,402.
- (44) Kühnert M. Neuere Erkenntnisse der Nitrat/Nitrit- und der Ammoniak-Vergiftung bei Wiederkäuern. Recent findings on nitrate-nitrite and ammonia poisoning of ruminants. *Monatshefte für Veterinärmedizin* 1981; 36: 34-36.

- (45) Laven RA, Biggadike HJ, Allison RD. The effect of pasture nitrate concentration and concentrate intake after turnout on embryo growth and viability in the lactating dairy cow. *Reproduction in Domestic Animals* 2002; 37: 111-115.
- (46) Leermakers AN. Een geval van nitraatvergiftiging bij pinken. Nitrate poisoning in store cattle. *Tijdschrift voor Diergeneeskunde* 1975; 100: 1277.
- (47) Lewicki J, Garwacki S, Wiechetek M. Nitrate and nitrite kinetics after single intravenous dosage in sheep. *Small Ruminant Research* 1994; 13: 141-146.
- (48) Lichtenwalner RE, Fontenot JP, Tucker RE. Effect of source of supplemental nitrogen and level of nitrate on feedlot performance and vitamin A metabolism of fattening beef calves. *Journal of Animal Science* 1973; 37: 837-847.
- (49) Logtenberg HLC, Grooten HHG. Nitraat vergiftiging, niet door knollen veroorzaakt. *Tijdschrift voor Diergeneeskunde* 1969; 94: 719-720.
- (50) Low ICS. Nitrite poisoning of calves grazing "Grassland Tama" ryegrass. *New Zealand Veterinary Journal* 1974; 22: 60-61.
- (51) Malestein A, Geurink JH, Schuyt G, Schotman AJH, Kemp A, Klooster Av. Nitrate poisoning in cattle. 4. The effect of nitrate dosing during parturition on the oxygen capacity of maternal blood and the oxygen supply to the unborn calf. *Veterinary Quarterly* 1980; 2: 149-159.
- (52) Malone P. Monensin sodium toxicity in cattle. *Veterinary Record* 1978; 103: 477-478.
- (53) Medrea N, Dumitrescu I, Toader O, Tachescu A. Der toxische Abort beim Rind infolge Nitrat-Nitrit-Vergiftung. Toxic abortion in cows due to nitrate-nitrite poisoning. *Monatshefte für Veterinärmedizin* 1984; 39: 195-196.
- (54) Mehnert E, Hudec R. Beitrag zur Bestimmung des Nitratgehaltes in Futtermittel- und Blutproben; Determination of nitrate content of feed samples and blood samples. *Archiv für experimentelle Veterinärmedizin* 1978; 32: 63-68.
- (55) Murphy SA, Power EP. Poisoning of dairy cows by a high nitrate concentration in Italian ryegrass. *Irish Veterinary Journal* 1995; 48: 395-397.
- (56) Neilson FJA. Nitrite and nitrate poisoning with special reference to "grasslands tama" ryegrass. *New Zealand Veterinary Journal* 1974; 22: 12-13.
- (57) Nicholls TJ. Nitrate/nitrite poisoning of cattle on ryegrass pasture. *Australian Veterinary Journal* 1980; 56: 95-96.
- (58) Nijhuis H, Heeschen W, Lorenzen PC. Tierexperimentelle Untersuchungen zur Ermittlung der carry over-Rate von Nitrat in die Milch nach oraler Aufnahme beim laktierenden Rind. Animal studies for the determination of the carry-over of nitrate into milk after oral intake by the lactating cow. *Milchwissenschaft* 1982; 37: 30-32.
- (59) O'Hara PJ, Fraser AJ. Nitrate poisoning in cattle grazing crops. *New Zealand Veterinary Journal* 1975; 23: 45-53.
- (60) Ohff R, Weissbach F. Untersuchungen über den Abbau von Nitrat bei der Futterkonservierung. *Archiv für Tierernährung* 1979; 29: 520.

- (61) Prasad J. Effect of high nitrate diet on thyroid glands in goats. *Indian Journal of Animal Sciences* 1983; 53: 791-794.
- (62) Purcell DA, Raven AM, Thompson RH. High nitrogen grass cubes as a source of nitrite poisoning in cattle. *Research in Veterinary Science* 1971; 12: 598-600.
- (63) Raake W, Lörcher W. Nitrat-Nitritvergiftung beim Rind. Ursachen, klinische Symptome und Therapieverschlage. *Tierartzliche Praxis* 1975; 3: 27-35.
- (64) Sarathchandra G, Albert A, Muralimanohar B, Venugopalan AT. Borewell water nitrate toxicosis in cattle. *Indian Veterinary Journal* 1997; 74: 750-751.
- (65) Schmid A. Nitrat-Nitritvergiftung von Haus- und Nutztieren. *Tierartzliche Praxis* 1977; 5: 141-152.
- (66) Schneider NR, Yeary RA. Nitrite and nitrate pharmacokinetics in the dog, sheep, and pony. *American Journal of Veterinary Research* 1975; 36: 941-947.
- (67) Schukking S. Inkuilen van stoppelknollen. *Bedrijfsontwikkeling* 1972; 3: 999-1001.
- (68) Schukking S, Keuning JA. Het inkuilen van nitraatrijk gras. *Stikstof* 1980; 8: 368-372.
- (69) Sierens G. Nitraatvergiftiging bij rundvee. *Vlaams Diergeneeskundig Tijdschrift* 1971; 40: 30-35.
- (70) Simon C, Bostedt H, Adams W. Juvenile Struma in einem Ziegenbestand Nordwestdeutschlands. Juvenile goiter in a herd of goats in Northwest Germany. *Schweizer Archiv fur Tierheilkunde* 2000; 142: 339-347.
- (71) Slenning BD, Galey FD, Anderson M. Forage-related nitrate toxicoses possibly confounded by nonprotein nitrogen and monensin in the diet used at a commercial dairy heifer replacement operation. *Journal of the American Veterinary Medical Association* 1991; 198: 867.
- (72) Takahashi J, Ikeda M, Matsuoka S, Fujita H. Prophylactic effect of L-cysteine to acute and subclinical nitrate toxicity. *Animal Feed Science and Technology* 1998; 74: 273-280.
- (73) Takahashi J, Johchi N, Fujita H. Inhibitory effects of sulphur compounds, copper and tungsten on nitrate reduction by mixed rumen micro-organisms. *British Journal of Nutrition* 1989; 61: 741-748.
- (74) Terplan G. Nitrosamine in Milch un Milchprodukten. *Wiener tierartzliche Monatschrift* 1978; 65: 371-376.
- (75) Terplan G. Zum Vorkommen von Nitrosaminen in Futtermitteln und Milch. *Deutsche Tierartzliche Wochenschrift* 1980; 87: 236-237.
- (76) Thijel AA, Burford JR. Effect of the application of cow slurry to grassland on nitrate levels in soil and soil water contents. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 26: 1203-1213.
- (77) Thomas S. Nitratproblematik in der Milchviehfutterung. *Archiv fur Tierernahrung* 1979; 29: 521.

- (78) Vermunt J, Risser R. Nitrate toxicity in cattle. *New Zealand Veterinary Journal* 1987; 35: 136-137.
- (79) Walker R. Naturally occurring nitrate/nitrite in foods. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 1975; 26: 1735-1742.
- (80) Walters AH. Nitrate in water, soil, plants and animals. (A viewpoint). *International Journal of Environmental Studies* 1973; 5: 105-115.
- (81) Wegen PJMv, Anker SJvd. Nitraatvergiftiging bij een koppel jonge kalveren Nitrate poisoning in a herd of young calves. *Tijdschrift voor Diergeneeskunde* 1981; 106: 69-71.
- (82) Weissbach F, Hein E. Fütterungsschaden durch nitrathaltige Futtermittel und ihre Verhütung. *Archiv für Tierernährung* 1976; 26: 726-727.
- (83) Wiesner E. Nitrat-Nitrit-Vergiftungen beim Rind. Nitrate-nitrite poisoning in cattle. *Übersichten zur Tierernährung* 1985; 13: 83-112.
- (84) Wiesner E, Berschneider F, Neuffer K, Willer S, Waldeck B. Zur Frage der Nitrattoleranz bei Milchkühen. *Archiv für Tierernährung* 1979; 29: 520.
- (85) Willemsen W. Vergiftigingsverschijnselen bij rundvee door te veel nitraat in gras. *Bedrijfsontwikkeling* 1972; 3: 543-547.
- (86) Wilman D, Derrick RW. Concentration and availability to sheep of N, P, K, Ca, Mg and Na in chickweed, dandelion, dock, ribwort and spurrey, compared with perennial ryegrass. *Journal of Agricultural Science* 1994; 122: 217-223.
- (87) Yeruham I, Shlosberg A, Hanji V, Bellaiche M, Marcus M, Liberboim M. Nitrate toxicosis in beef and dairy cattle herds due to contamination of drinking water and whey. *Veterinary and Human Toxicology* 1997; 39: 296.
- (88) Yong C, Brandow RA, Howlett P. An unusual cause of nitrate poisoning in cattle. *Canadian Veterinary Journal* 1990; 31: 118.

## **BIJLAGE: OVERZICHT VAN DE SERIE CVB-DOCUMENTATIE-RAPPORTEN 'REVIEWS ON THE MINERAL PROVISION IN RUMINANTS'**

- CVB Documentation report Nr. 33: Reviews on the mineral provision in ruminants I: Calcium metabolism and requirements in ruminants (A.M. van den Top)
- CVB Documentation report Nr. 34: Reviews on the mineral provision in ruminants II: Phosphorous metabolism and requirements in ruminants (H. Valk)
- CVB Documentation report Nr. 35: Reviews on the mineral provision in ruminants III: Magnesium metabolism and requirements in ruminants (J.Th. Schonewille and A.C. Beynen)
- CVB Documentation report Nr. 36: Reviews on the mineral provision in ruminants IV: Sodium metabolism and requirements in ruminants (J.Th. Schonewille and A.C. Beynen)
- CVB Documentation report Nr. 37: Reviews on the mineral provision in ruminants V: Potassium metabolism and requirements in ruminants (J.Th. Schonewille and A.C. Beynen)
- CVB Documentation report Nr. 38: Reviews on the mineral provision in ruminants VI: Chlorine metabolism and requirements in ruminants (J.Th. Schonewille and A.C. Beynen)
- CVB Documentation report Nr. 39: Reviews on the mineral provision in ruminants VII: Cation Anion Difference in Dairy Cows (J.Th. Schonewille and A.C. Beynen)
- CVB Documentation report Nr. 40: Reviews on the mineral provision in ruminants VIII: Iron metabolism and requirements in ruminants (A.M. van den Top)
- CVB Documentation report Nr. 41: Reviews on the mineral provision in ruminants IX: Copper metabolism and requirements in ruminants (A.M. van den Top)
- CVB Documentation report Nr. 42: Reviews on the mineral provision in ruminants X: Cobalt metabolism and requirements in ruminants (A.M. van den Top)
- CVB Documentation report Nr. 43: Reviews on the mineral provision in ruminants XI: Iodine metabolism and requirements in ruminants (A.M. van den Top)
- CVB Documentation report Nr. 44: Reviews on the mineral provision in ruminants XII: Zinc metabolism and requirements in ruminants (A.M. van den Top)
- CVB Documentation report Nr. 45: Reviews on the mineral provision in ruminants XIII: Manganese metabolism and requirements in ruminants (A.M. van den Top)
- CVB Documentation report Nr. 46: Reviews on the mineral provision in ruminants XIV: Selenium metabolism and requirements in ruminants (A.M. van den Top)
- CVB Documentation report Nr. 47: Reviews on the mineral provision in ruminants XV: Fluorine, chromium, nickel and molybdenum metabolism and requirements in ruminants (A.M. van den Top)
- CVB Documentation report Nr. 48: Reviews on the mineral provision in ruminants XVI: Contaminants: Cadmium, lead, mercury, arsenic and radio nuclides (A.M. van den Top)
- CVB Documentation report Nr. 49 (in Dutch): Literatuurstudie over de mineralenvoorziening van herkauwers XVII: Nitraat en nitriet (A.M. van den Top)
- CVB Documentation report Nr. 50 (in Dutch): Literatuurstudie over de mineralenvoorziening van herkauwers XVIII: Kwaliteit van drinkwater (A.M. van den Top)

