

Handleiding Mineralenvoorziening Rundvee, Schapen, Geiten

Commissie Onderzoek Minerale Voeding

Woord vooraf

In 1963 verscheen de eerste editie van de "Handleiding mineralenonderzoek bij rundvee in de praktijk". Sindsdien zijn verschillende drukken verschenen (zie Colofon), waarin meer of minder ingrijpende aanpassingen plaatsvonden. De 5e druk die in 1996 verscheen, was grotendeels gelijk aan de 4e druk van 1990. Daarom trok de Commissie Onderzoek Minerale Voeding (COMV) omstreeks 2000 de conclusie dat de Handleiding diende te worden geactualiseerd, zo mogelijk op grond van een opnieuw evalueren van de beschikbare wetenschappelijke literatuur. Bovendien werd nadrukkelijk de behoefte gevoeld meer aandacht te geven aan de mineralenvoorziening van andere categorieën rundvee dan melkvee, alsook aan die van schapen en geiten. De COMV heeft tenslotte veel belang gehecht aan het transparant vermelden van de uitgangspunten voor de berekening van de behoeftenormen.

De bedoelde actualisatie werd mogelijk toen het Ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit (LNV), Productschap Zuivel (PZ) en Productschap Diervoeder (PDV) bereid bleken elk voor 1/3 dit project te subsidiëren. De commissie is de genoemde instanties hiervoor veel dank verschuldigd.

De COMV besloot het project als volgt uit te voeren. Dankzij de beschikbaar gestelde subsidie konden een aantal (ook externe) deskundigen worden aangezocht, die per hoofdstuk voor de uitvoering van het werk konden zorgen. Door deze deskundigen werd (met uitzondering van de hoofdstukken 1, 2, 10 en 22) eerst in een (meestal Engelstalig) basisdocument de relevante literatuur samengevat en geëvalueerd. In deze documenten zijn ook de uitgangspunten voor de berekening van de mineralenbehoefte gemotiveerd beschreven. Vervolgens zijn de documenten door verschillende commissieleden kritisch beoordeeld. De basisdocumenten worden door het Centraal Veevoederbureau in de vorm van CVB-Documentatierapporten uitgegeven, zodat voor een ieder traceerbaar is wat de basis is geweest voor de tekst in de geactualiseerde Handleiding. Op basis van deze documenten hebben de betrokken deskundigen vervolgens de hoofdstukken voor de onderhavige publicatie geschreven. De concepthoofdstukken zijn in de voltallige commissie grondig besproken, geamendeerd en uiteindelijk formeel vastgesteld. Tevens werd besloten een aantal gegevens in de vorm van Bijlagen op te nemen. De COMV maakt met veel waardering voor het door betrokkenen verrichte werk melding van de deskundigen die het schrijven van de basisdocumenten en de concepthoofdstukken voor hun rekening namen. Het betreft de heren Ir. D.J. den Boer (Nutriënten Management Instituut (NMI), Wageningen), Dr. A.M. van den Top (VOER-RAAD, Groenekan), Dr. Ing. J. Th. Schonewille (Afdeling Voeding, Faculteit Diergeneeskunde, Universiteit Utrecht, Utrecht), Dr. Ir. H. Valk (Divisie Veehouderij, Animal Sciences Group van WUR, Lelystad) en Dr. J. Veling (Gezondheidsdienst voor Dieren, Deventer). Tenslotte werd, om zoveel mogelijk eenheid in de redactie en lay-out van de hoofdstukken te krijgen, de tekst door Mevr. Dr. Ir. C.A. Makkink geredigeerd.

Omdat in deze nieuwe Handleiding ook andere herkauwers, m.n. schapen en geiten, expliciet aandacht krijgen, werd besloten de titel van de publicatie te wijzigen in 'Handleiding mineralenvoorziening rundvee, schapen, geiten.'

Deze publicatie voorziet, net als haar voorgangers, voorlichters en dierenartsen van informatie en adviezen over de aanpak van bedrijfsproblemen met betrekking tot productie en ziekten van vee waarbij een mineralentekort of -overmaat als oorzaak wordt vermoed.

Behalve als gids bij het analyseren en opheffen van klachten ten aanzien van de productie en ziekten, samenhangend met de mineralenvoorziening, zal deze nieuwe Handleiding ongetwijfeld ook zijn nut bewijzen voor het (de veehouderij) toeleverende bedrijfsleven en het hoger agrarisch- en diergeneeskundig onderwijs.

Deze Handleiding wordt, net als de vijfde editie, uitgegeven via het Centraal Veevoederbureau (CVB) te Lelystad. Daarbij zij opgemerkt dat, hoewel de COMV voor de inhoud van de Handleiding verantwoordelijk is, de auteurs en commissieleden alle rechten hebben overgedragen aan het Productschap Diervoeder, waarvan het CVB een dienst is.

Utrecht / Lelystad, augustus 2005

Prof. Dr. Ir. A.C. Beynen / Dr. M.C. Blok

Voorzitter en secretaris Commissie Onderzoek Minerale Voeding

Inhoudsopgave

1.	Inleiding		
	1.1	Werkwijze bij het mineralenonderzoek, opzet van de handleiding	13
	1.2	Gebruikte eenheden, begrippen en verdere uitgangspunten	14
	1.3	Overwegingen voor het vaststellen van de behoefte aan mineralen en spoorelementen	16
2.	Het mineralenaanbod		
	2.1	Minerale samenstelling van vers gras en graskuil	23
	2.2	Factoren die de minerale samenstelling van gras beïnvloeden	24
	2.3	Minerale samenstelling van snijmaïskuil en Gehele Planten Silage	30
	2.4	Krachtvoerders en mineralenmengsels	31
	2.5	Gewenst mineralenniveau op rundveebedrijven	32
	2.6	Bedrijfssystemen	33
	2.7	Mineralenbalans	35
	2.8	Interpretatie van voeranalyse	37
3.	Calcium		
	3.1.	Functie, voorkomen en huishouding	41
	3.2	Calciumbehoefte	42
	3.3	Beoordeling van de voorzieningstoestand	46
	3.4	Calciumtekort	46
	3.5	Calciumovermaat	47
	3.6	Opheffen en voorkómen van tekorten	47
4.	Fosfor		
	4.1	Functie, voorkomen en huishouding	51
	4.2	Fosforbehoefte	54
	4.3	Beoordeling van de voorzieningstoestand	57
	4.4	Fosfortekort	57
	4.5	Fosforovermaat	57
	4.6	Opheffen en voorkómen van tekorten en overmaten	57
5.	Magnesium		
	5.1	Functie, voorkomen en huishouding	61
	5.2	Magnesiumbehoefte	61
	5.3	Beoordeling van de voorzieningstoestand	64
	5.4	Magnesiumtekort	65
	5.5	Magnesiumovermaat	66
	5.6	Opheffen en voorkómen van tekorten	66

6.	Natrium		
	6.1	Functie, voorkomen en huishouding	71
	6.2	Natriumbehoefte	71
	6.3	Beoordeling van de voorzieningstoestand	74
	6.4	Natriumtekort	75
	6.5	Natriumovermaat	75
	6.6	Opheffen en voorkómen van tekorten	75
	6.7	Natriumvoorziening bij beweiden	76
7.	Kalium		
	7.1	Functie, voorkomen en huishouding	79
	7.2	Kaliumbehoefte	79
	7.3	Kaliumtekort	82
	7.4	Kaliumovermaat	82
8.	Chloor		
	8.1	Functie, voorkomen en huishouding	85
	8.2	Chloorbehoefte	85
	8.3	Beoordeling van de voorzieningstoestand	88
	8.4	Chloortekort	88
	8.5	Chloorovermaat	88
9.	Kation-anion verschil (KAV) in rundveerantsoenen		
	9.1	Algemeen	91
	9.2	KAV en preventie melkziekte	92
	9.3	KAV en melkgift	93
	9.4	KAV ter preventie van de vorming van urinestenen	93
10.	Zwavel		
	10.1	Functie, voorkomen en huishouding	95
	10.2	Zwavelbehoefte	95
	10.3	Beoordeling van de voorzieningstoestand	96
	10.4	Zwaveltekort	97
	10.5	Zwavelovermaat	97
	10.6	Opheffen en voorkómen van tekorten	97
11.	Koper		
	11.1	Functie, voorkomen en huishouding	101
	11.2	Koperbehoefte en factoren die de koperbehoefte beïnvloeden	101
	11.3	Beoordeling van de voorzieningstoestand	106
	11.4	Kopertekort	107
	11.5	Koperovermaat	108
	11.6	Bemonstering, opheffen en voorkómen van koper-tekorten	109
12.	Kobalt		
	12.1	Functie, voorkomen en huishouding	113
	12.2	Kobaltbehoefte	113
	12.3	Beoordeling van de voorzieningstoestand	115
	12.4	Kobalttekort	117
	12.5	Kobaltovermaat	117
	12.6	Opheffen en voorkómen van tekorten	117

13.	Jodium		
	13.1	Functie, voorkomen en huishouding	121
	13.2	Jodiumbehoefte	121
	13.3	Beoordeling van de voorzieningstoestand	123
	13.4	Jodiumtekort	123
	13.5	Jodiumovermaat	124
	13.6	Opheffen en voorkómen van tekorten	124
14.	Zink		
	14.1	Functie, voorkomen en huishouding	127
	14.2	Zinkbehoefte en factoren die de zinkbehoefte beïnvloeden	127
	14.3	Beoordeling van de voorzieningstoestand	130
	14.4	Zinktekort	130
	14.5	Zinkovermaat	130
	14.6	Opheffen en voorkómen van tekorten	131
15.	Mangaan		
	15.1	Functie, voorkomen en huishouding	133
	15.2	Mangaanbehoefte	133
	15.3	Beoordeling van de voorzieningstoestand	134
	15.4	Mangaantekort	135
	15.5	Mangaanoverschot	135
	15.6	Opheffen en voorkómen van tekorten	135
16.	IJzer		
	16.1	Functie, voorkomen en huishouding	139
	16.2	IJzerbehoefte	139
	16.3	Beoordeling van de voorzieningstoestand	142
	16.4	IJzertekort	142
	16.5	IJzerovermaat	142
	16.6	Opheffen en voorkómen van tekorten	143
17.	Seleen		
	17.1	Functie, voorkomen en huishouding	145
	17.2	Seleenbehoefte	145
	17.3	Beoordeling van de voorzieningstoestand	148
	17.4	Seleentekort	148
	17.5	Seleenovermaat	149
	17.6	Opheffen en voorkómen van tekorten	149
18.	Overige spoorelementen: fluor, chroom, nikkel en molybdeen		
	18.1	Functies, voorkomen en huishouding	153
	18.2	Fluor-, chroom-, nikkel- en molybdeenbehoefte	155
	18.3	Beoordeling van de voorzieningstoestand	155
	18.4	Tekorten	157
	18.5	Overmaat, vergiftigingsverschijnselen	157
	18.6	Opheffen en voorkómen van tekorten	158
	18.7	Maatregelen bij vergiftigingen	159

19.	Contaminanten: Cadmium, Lood, Kwik, Arseen en Radionucliden	
	19.1	Effecten in het lichaam 161
	19.2	Voorkomen 161
	19.3	Huishouding 163
	19.4	Beoordeling van de contaminantenbelasting 164
	19.5	Tekorten 166
	19.6	Vergiftigingsverschijnselen 166
	19.7	Radionucliden 167
20.	Nitraat en Nitriet	
	20.1	Bronnen van nitraat 173
	20.2	Invloeden op het nitraatgehalte van voeders 173
	20.3	Het ontstaan van nitraatvergiftiging 174
	20.4	Verschijnselen van nitraatvergiftiging 175
	20.5	Behandeling van nitraatvergiftiging 177
	20.6	Maximaal toelaatbare gehalten en het voorkómen van nitraatvergiftiging 178
	20.7	Overige maatregelen 179
21.	Kwaliteit van drinkwater	
	21.1	Inleiding 181
	21.2	Stoffen die een risico kunnen vormen voor de kwaliteit van veedrinkwater 181
	21.3	Te nemen maatregelen bij afwijkingen van de waterkwaliteit 185
	21.4	Doe-het-zelf-test, bemonstering, KKM 187
22.	Het klachtenbedrijf	
	22.1	Inleiding 193
	22.2	Inventarisatie 194
	22.3	Analyse en interventie 200
	22.4	Evaluatie 205
Literatuur		
	Bijlage 1: Mineralensamenstelling voeders	212
	Bijlage 2: Gehalten voedingszouten	216
	Bijlage 3: Interpretatie monsteruitslag dier	220
	Bijlage 4: Behoeftenormen div. diersoorten	221
	Bijlage 5: Maximale tolerantie per dier/dag of per kg DS	225
	Bijlage 6: Wettelijke maxima EU mineralen en sporelementen voor diervoeders	226

Personen die hebben meegewerkt aan deze uitgave

Deze uitgave is tot stand gekomen door de medewerking van de Commissie Onderzoek Minerale Voeding (COMV), die voor dit doel werd uitgebreid met enkele extra personen.

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	Nutriënten 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. Ing. J. Th. Schonewille*	Afdeling Voeding, Faculteit Diergeneeskunde, Universiteit Utrecht, Utrecht
Dr. Ir. W. M. van Straalen	Schothorst Feed Research, Lelystad
Dr. A.M. van den Top*	VOER-RAAD, Groenekan
Dr. Ir. H. Valk	Divisie Veehouderij, Animal Sciences Group van WUR, Lelystad
Dr. J. Veling	Gezondheidsdienst voor Dieren, Deventer

*: toegevoegd aan de COMV t.b.v. de totstandkoming van deze Handleiding

Lijst van gebruikte afkortingen

Afktoring	Verklaring
ADP	Adenosine difosfaat
AFCF	Hexacyanoferraat = Berlijns Blauw
Al	Aluminium
AMP	Adenosine monofosfaat
ASG	Animal Sciences Group
ATP	Adenosine trifosfaat
As	Arseen
Blgg	Bedrijfslaboratorium grond- en gewasonderzoek
Bq	Becquerel
BSK	Bedrijfsstandaardkoe
Ca	Calcium
Cd	Cadmium
Cl	Chloor
cm	Centimeter
Co	Kobalt
Cr	Chroom
Cs	Cesium
Cu	Koper
CVB	Centraal Veevoederbureau, Lelystad (NL)
DLV	Dienst Landbouwvoorlichting
DNA	Desoxyribonucleïnezuur
DVE	Darmverteerbaar eiwit
DS	Droge stof
EU	Europese Unie
F	Fluor
Fe	IJzer
FOS	Fermenteerbare organische stof
g	Gram
GPS	Gehele plant silage
GVE	Grootvee eenheden
ha	Hectare
Hb	Hemoglobine
HCO ₃ ⁻	Bicarbonaat
Hg	Kwik
Ht	Hematocriet
I	Jodium
I&R	Identificatie en registratie
K	Kalium
KAV	Kation-anionverschil
kg	Kilogram
KKM	Keten Kwaliteit Melk
L	Liter
LEI	Landbouw Economisch Instituut
LG	Lichaamsgewicht

Afkorting	Verklaring
LTO	Land- en tuinbouworganisatie
Mb	Myoglobine
meq	Milli-equivalenten
Mg	Magnesium
mg	Milligram
µg	Microgram
MHb	Methemoglobine
MINAS	Mineralen aangifte systeem
mL	Milliliter
mM	Millimolair
µM	Micromolair
MMA	Methylmalonzuur
mmol	Millimol
Mn	Mangaan
mond	Maand
Mo	Molybdeen
N	Stikstof
Na	Natrium
Ni	Nikkel
N _m	Minerale stikstof
N _{org}	Organisch gebonden stikstof
NMI	Nederlands Mineralen Instituut
NO ₂	Nitriet
NO ₃	Nitraat
nr.	Nummer
OEB	Onbestendig eiwit balans
P	Fosfor
PAK	Polycyclische aromatische koolwaterstoffen
Pb	Lood
pH	Zuurgraad
PR	Praktijkonderzoek Rundveehouderij
PTH	Parathyroid hormoon
Pu	Plutonium
RC	Ruwe celstof
RE	Ruw eiwit
Ri.	Richtlijn
RNA	Ribonucleïnezuur
RVET	Ruw vet
S	Zwavel
Se	Selenium
SO ₄	Sulfaat
Sr	Strontium
T3	Trijodothyronine
T4	Thyroxine
U	Units
UBN	Uniek bedrijfsnummer

Afkorting	Verklaring
VEM	Voedereenheden Melkvee
VEVI	Voedereenheden
VLG	Verwacht volwassen lichaamsgewicht
Zn	Zink
° D	graden Duitse hardheid

1. Inleiding

1.1 Werkwijze bij het mineralenonderzoek, opzet van de handleiding

In deze paragraaf wordt kort de opzet van de handleiding uiteengezet, en worden aanwijzingen gegeven voor het hanteren van de hierin verzamelde informatie.

Deze handleiding richt zich op de mineralenvoorziening van rundvee, schapen en geiten, met name op het opsporen van een mineralentekort of overmaat in de voeding, het opheffen alsook het zo mogelijk voorkómen daarvan. Hoewel primair gericht op de mineralenproblematiek valt er niet aan te ontkomen de nadelige invloeden op de productie en de gezondheid van rundvee, schapen en geiten vanuit een breder gezichtsveld te benaderen. Zo'n totaalbenadering is pas mogelijk indien men zich eerst de daartoe benodigde achtergrondkennis eigen heeft gemaakt. Vandaar dat de benadering van het klachtenbedrijf - of groep klachtenbedrijven - pas aan de orde komt in het afsluitende Hoofdstuk 22. Daarin wordt beschreven hoe een onderzoek naar de oorzaken van gezondheidsproblemen en productiestoornissen kan worden aangepakt. Uitgangspunt daarbij is om via een grondige analyse van het probleem (of de problemen) inzicht te krijgen in de vraag welke oorzaak of welke oorzaken daadwerkelijk daaraan ten grondslag liggen.

Voor zover deze oorzaken liggen op het gebied van een onjuiste mineralenvoorziening, kan in de hoofdstukken 2 t/m 18 de daarop betrekking hebbende informatie worden gevonden. Hierin wordt, naast een algemeen overzicht omtrent het mineralenaanbod aan het dier en de factoren die daarop invloed hebben, per mineraal enige achtergrondinformatie gegeven omtrent de functie, het vóórkomen en de huishouding van het mineraal/spoorelement binnen het dier. Met die kennis kan de gebruiker van deze handleiding zich een beter oordeel vormen over de bruikbaarheid en de beperkingen van de eveneens beschreven behoeftenormen en van de gepresenteerde criteria ter beoordeling van de voorzieningstoestand van het dier. Vervolgens wordt aandacht besteed aan het optreden van tekorten en overmaten, om tenslotte de mogelijkheden aan te geven voor correcties, zowel op korte als op lange termijn, inclusief het treffen van preventieve maatregelen.

Verder zijn speciale hoofdstukken gewijd aan ongewenste minerale contaminanten (Hoofdstuk 19), het ontstaan en de preventie van nitrietvergiftiging (Hoofdstuk 20) en aan de beoordeling van de kwaliteit van drinkwater voor vee (Hoofdstuk 21).

Aan deze hoofdstukken ligt in vrijwel alle gevallen een uitgebreide literatuurstudie ten grondslag, die per mineraal/spoorelement als CVB Documentatierapport wordt uitgegeven.

Ten opzichte van de voorgaande edities van de handleiding is speciale aandacht gegeven aan een transparante formulering van de behoeftenormen, waar mogelijk gebruikmakend van de zogeheten factoriële methode. Dit laat onverlet dat het gebruikers die andere inzichten hebben, vrij staat van de betreffende rekenregels af te wijken. Hetzelfde geldt voor de criteria ter beoor-

deling van de voorzieningstoestand. Uiteraard is het aan te raden om de gestelde eisen scherper in het oog te houden indien in een gebied of op een bedrijf klachten voorkomen, die mogelijk met de mineralenvoorziening in verband staan. Bij geconstateerde tekorten moet men ernaar streven deze in een kort tijdsbestek op te heffen, waarbij mogelijke overdoseringen moeten worden vermeden. Dit betekent evenwel niet dat men in gezonde gebieden onder alle omstandigheden moet streven naar een voor 100% voldoen aan alle beoordelingscriteria. Preventie dient zowel economisch als duurzaam te zijn: het nastreven van een volledige preventie kan soms zodanige financiële consequenties hebben dat deze niet van een veehouder kunnen worden verlangd. Hoewel deze nieuwe editie van de handleiding zich weliswaar het meest nadrukkelijk richt op de melkveehouderij, is ook expliciet aandacht gegeven aan andere groepen runderen, zoals jongvee en vleesvee, alsook aan schapen en geiten.

1.2 Gebruikte eenheden, begrippen en verdere uitgangspunten

De te bespreken minerale elementen zijn na introductie in de tekst verder aangeduid met hun chemische symbolen (zonder aanduiding van hun eventuele lading). Ook in samengestelde woorden is deze werkwijze gevolgd, bijvoorbeeld N-bemesting, Cu-gehalte. Voor begrippen als droge stof, ruw eiwit, ruw vet, en dergelijke zijn de gebruikelijke afkortingen (DS, RE, RVET) gehanteerd. Ook zijn de voederwaarden en eiwitwaarden van voedemiddelen, respectievelijk de energiebehoeften en eiwitbehoeften van het vee opgegeven in grootheden die in ons land gebruikt worden (VEM, VEVI, DVE en OEB; zie bijvoorbeeld het Tabellenboek Veevoeding (voedernomen landbouwhuisdieren en voederwaarde veevoerders, CVB).

De concentraties in dierlijk materiaal zijn doorgaans uitgedrukt in mol per kg of per liter. Voor concentraties in ander materiaal en voor hoeveelheden zijn de gebruikelijke gewichtsmaten gehanteerd.

Om begripsverwarring te voorkomen en uniformiteit in het gebruik van de informatie te bevorderen, worden hieronder de gebruikte termen gegeven voor de aanduiding van de verschillende groepen runderen:

kalf:	rund, jonger dan 1 jaar, niet bestemd voor kalvermesterij
pink:	vrouwelijk rund ouder dan 1 jaar, dat nog niet heeft gekalfd
jongvee:	kalveren plus pinken
vaars:	rund, 1 keer gekalfd
koe:	rund, 2 of meer malen gekalfd.

In de afzonderlijke hoofdstukken wordt voor de verschillende diercategorieën een aantal voorbeelden gegeven van de behoefte aan een bepaald mineraal. Daarbij wordt ook aangegeven van welke drogestofopname is uitgegaan. De diercategorieën en de daarbij aangehouden condities worden nader omschreven in Tabel 1.1.

Indien men voor andere situaties zelf de behoefte wil berekenen, wordt aangeraden (tenzij nauwkeurige gegevens over voederopname van de betreffen-

de dieren beschikbaar zijn) de gegevens te gebruiken uit de meest recente versie van het Tabellenboek Veevoeding van het CVB.

Tabel 1.1 Omschrijving van de in voorbeeldberekeningen gehanteerde condities.

Categorie	Gewicht (kg)	Groei (g/dag)	Melkgift (kg/dag)	DS-opname (kg)
Rundvee				
Vrouwelijk jongvee				
• 4 mnd oud	130	850		3,9
• 9 mnd oud	260	700		5,6
• 16 mnd oud	400	625		7,3
Melkvee				
• Droogstaand, 8-3 weken voor afkalven	650 ¹			11,5 ²
• Droogstaand, 3-0 weken voor afkalven	650 ¹			11,0 ²
• Melkgevend	650		20	18,5 ²
• Melkgevend	650		40	23,5 ²
Vleesstieren, tussentype ³				
• LG = 100 kg	100	1000		3,0
• LG = 250 kg	250	1200		6,0
• LG = 500 kg	500	1100		9,0
Rosé kalveren				
• LG = 150 kg	150	1150		4,5
• LG = 275 kg	275	1400		7,0
Schapen				
• Vleeslam, 40 kg, 300 g groei/dag	40	400		1,6
• Drachtige ooi, 8-0 weken voor aflammeren	75			1,9
• Zogende ooi (2 lammeren)	75		3	2,6
Geiten				
• Volwassen geit, 8-0 weken voor aflammeren	70			1,7
• Volwassen geit, melkgevend	70		4	3,2

- 1 Gewicht van het moederdier, exclusief vrucht, vruchtvliezen, vruchtwater en dergelijke
- 2 Uitgaande van rantsoenen met de volgende energiewaarden per kg DS: 800, 920, 920, en 970 VEM voor resp. droogstaand 8-3, droogstaand 3-0, melkgevend 20 kg en melkgevend 40 kg.
- 3 Zoals aangegeven door CVB (2004); kruislingen van vroegrijpe dieren en vleesrasstieren.

Ter bevordering van eenheid in taalgebruik - ook internationaal - wordt in de verdere tekst het begrip absorptie (en absorptiecoëfficiënt) gehanteerd wanneer het gaat om het deel (veelal uitgedrukt als percentage) van een verstrekt voedingsbestanddeel dat uit het maagdarmkanaal is/wordt opgenomen tijdens de passage van het voedsel door het maagdarmkanaal (zie paragraaf 1.3). Het onttrekken van bijvoorbeeld Ca aan het bot wordt aangeduid met resorptie.

1.3 Overwegingen voor het vaststellen van de behoefte aan mineralen en spoorelementen

De voorziening van herkauwers met mineralen en spoorelementen dient een optimale gezondheid en productie van de dieren te garanderen en tegelijkertijd de emissie naar het milieu te minimaliseren. Dit betekent dat er adviezen voor de voorziening (voedernormen) gegeven moeten worden en dat de dieren volgens de normen gevoerd moeten worden.

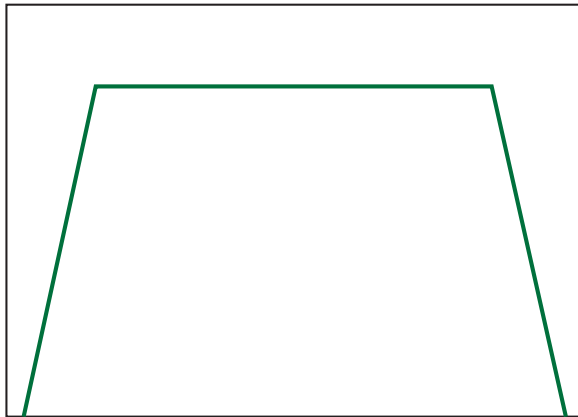
Figuur 1.1 geeft schematisch en vereenvoudigd het verband tussen de hoeveelheid opgenomen mineraal/spoorelement en de reactie van het dier in de vorm van gezondheid of productie. Bij (langdurige) lage voorzieningsniveaus zal het dier ziek worden dan wel is de productie laag. Ook bij hoge voorzieningsniveaus zal het dier ziek worden (intoxicatie) of is de productie onvoldoende. Binnen een groot bereik van opnameniveaus zal het dier een optimale, constante gezondheid en eventueel ook een optimale, constante productie laten zien. Dit is het bereik van opname waarbinnen het dier de absorptie en/of excretie van het mineraal/spoorelement kan aanpassen zodat noch deficiëntie noch intoxicatie kan ontstaan. Voor een volwassen, niet groeiend dier zal de balans nul zijn. Dat wil zeggen: de hoeveelheid mineraal/spoorelement in het dier blijft constant en de opgenomen hoeveelheid per tijdseenheid is gelijk aan de totale hoeveelheid die verloren gaat met feces, urine, zweet, huid, haren, nagels. In geval van deficiënte voorziening zal de balans negatief zijn (de hoeveelheid mineraal/spoorelement in het dier neemt af) en in geval van intoxicatie zal de balans positief zijn.

Een gezond, groeiend dier verkeert ook in positieve balans, aangezien mineralen/spoorelementen worden vastgelegd in aangezet weefsel. Een lacterend dier verliest naast de genoemde wegen eveneens mineralen/spoorelementen met de melk, maar het dier kan afgezien hiervan in balans zijn.

Voor veel mineralen geldt dat het dier in zijn lichaam (bijvoorbeeld skelet of lever) een zodanige voorraad van een mineraal kan opslaan dat een kortdurende (en soms ook wel langer durende) negatieve balans niet direct tot deficiëntieverschijnselen leidt. Voor deze mineralen (bijvoorbeeld Ca, P en Cu) is het dus niet bezwaarlijk wanneer gedurende bepaalde perioden de voorziening niet in balans is met de behoefte. Uiteraard dienen de gemobiliseerde hoeveelheden dan in andere perioden wel weer te worden aangevuld.

Ter voorkoming van ongewenste emissie van het mineraal/spoorelement naar het milieu zou het opnameniveau juist voldoende hoog moeten zijn om deficiëntie te voorkomen. Hogere opnames tot aan het intoxicatieniveau leiden tot hogere excretieniveaus terwijl de gezondheid en productie van het dier ongewijzigd blijven.

Dieren worden dus idealiter juist boven het deficiëntieniveau gevoerd. Zoals hieronder toegelicht, wordt in de praktijk echter een veiligheidsmarge aangehouden en zal de voorziening ruim boven het deficiëntieniveau liggen. Afhankelijk van het mineraal/spoorelement en de voedingstoestand (voorraad van het mineraal/spoorelement) kan zoals opgemerkt een zekere periode onder het ideale niveau worden gevoerd zonder dat klinische deficiëntie ontstaat. In sommige gevallen kunnen hoge opnames van een mineraal/spoorelement leiden tot ongewenst hoge gehalten van het betreffende mineraal/spoorelement in dierlijke producten met het oog op humane consumptie.



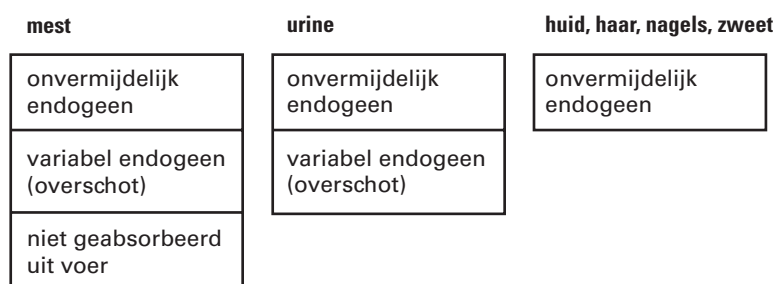
Figuur 1.1 Vereenvoudigd verband tussen de voorziening met een mineraal/spoorelement (X-as) en de gezondheid of productie (Y-as). Het deficiëntiegebied ligt onder de linker schuine lijn; het intoxicatiegebied onder de rechter schuine lijn. In het opnamebereik tussen het deficiëntie- en intoxicatiegebied is de gezondheid of productie optimaal en constant.

De basis van de voedernormen voor mineralen en spoorelementen, zoals gegeven in diverse bestaande documenten, is veelal niet transparant. Voedernormen kunnen gebaseerd zijn op voederproeven met de reactie van de dieren (bijvoorbeeld groei) als criterium. Ze kunnen ook gebaseerd zijn op berekeningen die aangeven hoeveel van het element nodig is voor onderhoud (compensatie van de onvermijdelijke verliezen) en voor productie (factoriële methode). Voedernormen kunnen ook gebaseerd zijn op de empirie; ze komen dan overeen met voorzieningsniveaus die in de praktijk niet tot problemen leiden. In sommige gevallen worden voedernormen beïnvloed door wettelijke bepalingen. De voedernormen in deze handleiding zijn – voor zover mogelijk – gebaseerd op de factoriële methode. Ter bevordering van transparantie zijn in CVB Documentatierapporten de originele bronnen van de gegevens vermeld; in deze rapporten worden ook de uitgangspunten toegelicht.

Volgens de factoriële methode is de totale behoefte aan een mineraal/spoorelement gelijk aan de som van de behoefte voor onderhoud en voor productie.

De netto behoefte voor onderhoud kan gelijk worden gesteld aan de onvermijdelijke verliezen met feces, urine etc. De onvermijdelijke verliezen zijn die verliezen die ook nog zouden optreden wanneer de opname van het mineraal/spoorelement met de voeding nul zou zijn. In deze (onrealistische) situatie zijn de endogene verliezen minimaal.

Normaliter bestaan de endogene verliezen (uitscheiding door het lichaam van eerder geabsorbeerde nutriënten) uit een onvermijdelijk en een variabel deel (zie Figuur 1.2). De verliezen worden met verschillende methoden gekwantificeerd bij een relatief laag opnameniveau, of worden op indirecte wijze afgeleid door te extrapoleren naar een opname gelijk aan nul. Dit betekent dat de direct gemeten of berekende endogene verliezen niet identiek zijn aan de onvermijdelijke verliezen, maar een benadering vertegenwoordigen.



Figuur 1.2 Verliezen met mest, urine en huid, haar/wol, nagels en zweet.

De netto behoefte voor productie is de hoeveelheid van het mineraal/spoorelement die in het product (vlees, melk, foetus) wordt vastgelegd.

De netto behoefte aan een mineraal/spoorelement voor onderhoud en productie wordt uitgedrukt als hoeveelheid (uitgedrukt in μg , mg of g) per dier per dag.

In deze handleiding is de netto behoefte voor onderhoud gedefinieerd als de totale onvermijdelijke verliezen. Aldus wordt de netto behoefte voor dieren (van één soort) gezien als een constante hoeveelheid per kg lichaamsgewicht per dag en daarmee als onafhankelijk van de voersamenstelling en levensfase. In dit verband kan opgemerkt worden dat de endogene verliezen met feces of urine als regel groter zijn naarmate de opname van een nutriënt hoger is. In feite is dus de behoefte voor onderhoud, oftewel de behoefte voor handhaving van een nutriëntbalans van nul, hoger wanneer het opnameniveau hoger is. Ook kunnen de endogene verliezen voor jonge groeiende dieren groter zijn dan voor volwassen dieren tijdens onderhoud.

De netto behoefte voor onderhoud en productie wordt uitgedrukt als het gemiddelde voor een groep dieren onderzocht binnen één onderzoek of als gemiddelde voor meerdere proeven van diverse onderzoekers. Het groeps-gemiddelde is weliswaar de beste schatter, maar individuele dieren zullen gety-peerd worden door een waarde onder of boven het gemiddelde.

Daarom wordt bij het opstellen van praktijknormen meestal een veiligheidsmarge ingebouwd. Dat gebeurt in veel gevallen ook in deze Handleiding, rekening houdend met eventuele andere veiligheden in de uitgangspunten van de normstelling. De biologische spreiding van veel processen is aanzienlijk, variatiecoëfficiënten van 30% zijn niet ongebruikelijk.

De bruto behoefte is de hoeveelheid (per kg lichaamsgewicht) die met de voeding verstrekt dient te worden. Dit betekent dat de mate van absorptie verdisconteerd moet worden:

bruto behoefte = totale netto behoefte : werkelijke absorptie

De fractionele werkelijke absorptie is gedefinieerd als:

(opname – (totale fecale excretie – endogeen verlies met feces)) : opname

In experimenten waarbij de absorptie van een mineraal wordt onderzocht, bepaalt men als regel de 'schijnbare absorptie'; dit is de opname minus de totale fecale excretie, gedeeld door de opname. Voor de bepaling van de werkelijke absorptie moet dus het endogene verlies met de feces gekwantificeerd worden.

De efficiëntie van de absorptie is niet constant en is als regel afhankelijk van het opnameniveau. Ook is er sprake van biologische variatie in absorptie.

Berekening van de bruto behoefte, zoals aangegeven, geeft in beginsel een minimale behoefte. De berekende bruto behoefte is een groepsgemiddelde. Voeren volgens de berekende bruto behoefte leidt op groepsniveau tot minder productie en/of tot een negatieve balans en uiteindelijk tot deficiëntiesymptomen bij maximaal de helft van de dieren binnen de koppel. Voor toepassing in de praktijk dient een zekere veiligheidsmarge te worden toegepast; we spreken nu van de voedernorm. De veiligheidsmarge die in de voedernorm is opgenomen dient om individuele dieren met een bruto behoefte boven het groepsgemiddelde adequaat te voorzien en ook om eventueel afwijkende praktijksituaties te ondervangen. Dit zijn ondermeer situaties waarin de werkelijke absorptie lager is dan de berekende bruto behoefte, of situaties waarin de netto behoefte hoger is dan in de factoriële methode.

De bruto behoefte zou in beginsel niet alleen met een veiligheidsfactor maar ook met een gezondheids- of productiefactor verhoogd kunnen worden; dit wanneer extra opname van het mineraal/spoorelement positieve effecten op de diergezondheid en/of productie heeft.

Het is duidelijk dat het selecteren van de basisgegevens en het opstellen van een voedernorm een arbitrair karakter hebben. Derhalve wordt in deze handleiding voor ieder mineraal/spoorelement de basis voor de voedernorm expliciet volgens onderstaande tabelvorm gegeven.

Basisgegevens voor vaststelling van de voedernorm voor een gegeven diersoort, diercategorie en mineraal/spoorelement (factoriële methode)

Netto behoefte onderhoud (onvermijdelijke verliezen met mest, urine, huid, haar/wol en zweet)	A
Netto behoefte voor productie (groei foetussen, melkproductie, groei)	B
Netto behoefte	A+B
Bruto behoefte (absorptie = x%)	$100 * (A+B) / x$
Voedernorm (veiligheidsfactor = y)	$y * (100 * (A+B) / x)$

In Bijlage 5 worden voor elk mineraal/spoorelement de maximaal toelaatbare gehalten in het rantsoen gegeven.

2. Het mineralenaanbod

Rundvee, schapen en geiten zijn voor de voeding – en daarmee ook voor de voorziening met mineralen – in belangrijke mate aangewezen op weidegras en op van grasland gewonnen ruwvoer, voornamelijk in de vorm van voordroogkuil. Daarnaast heeft snijmaïs een belangrijke plaats in de voedervoorziening van het Nederlandse rundvee. Tenslotte vormen krachtvoerders een bron van voedingsstoffen. Door de toevoeging van mineralen aan krachtvoerders kan men de voorziening met mineralen beter laten aansluiten op de behoefte van het dier onder de gegeven omstandigheden van voeding en productie. In Bijlage 1 is de gemiddelde minerale samenstelling gegeven van een aantal voeders.

Dit hoofdstuk behandelt achtereenvolgens:

- De minerale samenstelling van gras en graskuil en factoren die van invloed zijn op deze samenstelling.
- De minerale samenstelling van snijmaïs en krachtvoerders.
- Het gewenste mineralenniveau op rundveebedrijven en de invloed van bedrijfssystemen daarop.
- De mineralenbalans op dier- en bedrijfsniveau, en
- De interpretatie van de voeranalyse.

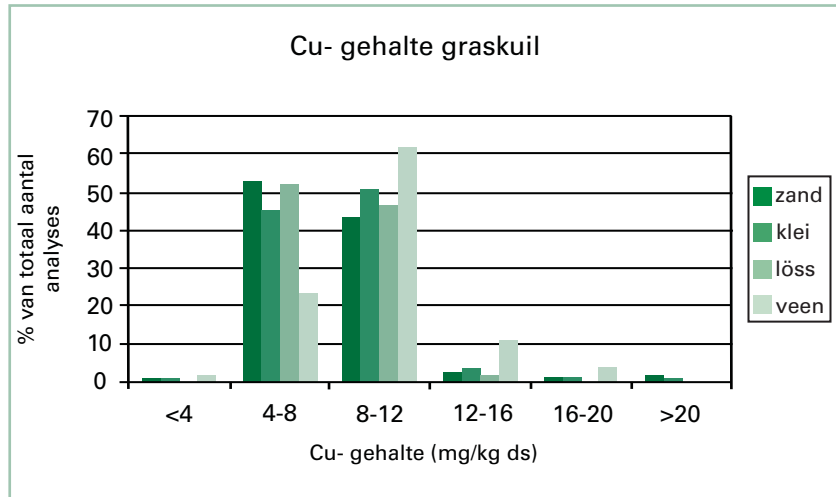
2.1 Minerale samenstelling van vers gras en graskuil

Er bestaat een grote spreiding in de mineralengehalten van vers en ingekuild gras (Tabel 2.1). Bovendien valt op dat Fe- en Co-gehalten in graskuil veel hoger zijn dan in vers gras. Vanwege de hogere Fe- en Co-gehalten in grond dan in gras, is dit mogelijk toe te schrijven aan grondverontreiniging van graskuil.

Tabel 2.1 Gemiddelde mineralengehalten en de 95% boven- en ondergrens van deze gehalten in vers gras en ingekuild gras (Analyses Blgg, 1999-2003).

Gehalte per kg DS	P	K	S	Ca	Mg	Na	Cu	Co	Se	Mn	Zn	Fe	Mo
	g	g	g	g	g	g	mg	µg	µg	mg	mg	mg	mg
gras vers	4,3	36,6	4,0	5,8	2,5	2,3	8,9	101	40	95	43	149	2,7
95% ondergrens	3,0	23,8	2,1	3,2	1,5	0,6	<5	26	<20	22	22	<100	<0,8
95% bovengrens	>6,0	49,1	>5,2	11,0	3,9	5,7	>13	>350	219	>180	87	385	>7,2
graskuil	4,2	34,1	2,8	5,0	2,3	2,3	7,8	164	52	98	42	443	2,1
95% ondergrens	3,1	22,4	1,8	3,2	1,5	0,7	5,0	<50	<20	28	22	105	<0,8
95% bovengrens	5,5	44,4	4,2	7,8	3,4	5,0	11,7	622	>240	>180	69	1861	4,7

De spreiding in mineralengehalten is soms ook afhankelijk van de grondsoort. Zo illustreert Figuur 2.1 bijvoorbeeld dat in graskuil Cu-gehalten gevonden worden beneden 5,0 mg/kg DS (95% ondergrens) en boven 11,7 mg/kg DS (95% bovengrens) en dat met name op veengrond regelmatig hogere Cu-gehalten gevonden worden dan op de overige gronden.



Figuur 2.1 Verdeling van Cu-gehalten in graskuil afhankelijk van de grondsoort (Analyses Blgg, 2000).

De grote spreiding in de mineralengehalten van gras, zoals bijvoorbeeld in het Na, Co- en Se-gehalte, wordt veroorzaakt door een veelheid aan factoren. De belangrijkste factoren worden hieronder besproken.

2.2 Factoren die de minerale samenstelling van gras beïnvloeden

Bemesting

Variatie in bemesting speelt een grote rol in de minerale samenstelling van gras. Zo veroorzaakt een overmatig zware K-bemesting een, uit het oogpunt van K-voorziening van het vee, onnodig sterke stijging van het K-gehalte van het gras en een ongewenste daling van de gehalten aan Na, Ca en Mg. Door bemesting met Na-zouten kan het Na-gehalte van het gras gemakkelijk worden verhoogd. In mindere mate geldt dit ook voor Mg, terwijl het Ca-gehalte van het gras door bemesting met kalkmeststoffen nagenoeg niet wordt verhoogd. De effecten van bemesting met Na en Mg zijn in het algemeen geringer naarmate de K-toestand van de bodem hoger en de K-bemesting zwaarder is.

Een goede voorziening van grasland met S is van belang voor een optimale grasgroei. Gras neemt tussen de 30 en 50 kg S/ha/jaar op in de vorm van sulfaat. Vroeger was door een hoge S-depositie geen sprake van S-tekorten op grasland. De laatste decennia is de jaarlijkse S-depositie sterk gedaald waar-

door een aanvullende S-gift vaak gewenst is. Aangeraden wordt om de adviesgiften niet te overschrijden. Te hoge giften zijn weliswaar niet nadelig voor de opbrengst maar kunnen wel leiden tot een slechte opname van sporelementen (Mo en Se) door gras. Bovendien daalt de absorptie van koper en mogelijk ook van selenium door het dier bij een te hoog S-gehalte van het gras. Het is niet mogelijk om voor een nutriënt een eenduidige relatie te leggen tussen de bemestingstoestand van de grond en de mineralenvoorziening van het dier. Het is echter minder waarschijnlijk dat gebrek aan een nutriënt optreedt als de bemestingstoestand van de grond voor dat nutriënt hoog is (Tabel 2.2).

Tabel 2.2 Waardering bemestingstoestand van grasland bij bemonsteringsdiepte 0-10 cm. (Adviesbasis voor de Bemesting van Grasland en Voedergewassen, 2002).

Waardering	P (P-AL getal) ¹			K (K-getal) ¹		Mg (mg MgO/kg)
	Rivierklei	Löss	Overige gronden	Zand en dalgrond	Overige gronden	Zand, löss, dalgrond ²
laag	< 14	< 13	< 16	< 15	< 12	< 71
vrij laag	14-22	13-18	16-26	-	-	71-136
voldoende	23-30	19-26	27-35	15-23	12-18	137-219
ruim vold.	31-46	27-40	36-50	24-31	19-25	-
hoog	> 46	> 40	> 50	2-40	26-32	> 219
zeer hoog	-	-	-	> 40	> 32	-

Waardering	Na (mg Na ₂ O/100g)			Cu (mg Cu/kg)	Co (mg Co/kg)	S SLV ³ (kg S/ha)
	Zand	Klei, Löss	Veen	Alle grondsoorten	Alle grondsoorten	Zand ⁴
zeer laag	-	-	-	-	-	< 6
laag	< 2	-	-	< 2,0	< 0,11	6-11
vrij laag	2-4	< 5	< 9	2,0-4,9	0,11-0,29	12-17
voldoende	5-8	5-6	9-14	5,0-9,7	> 0,29	18-23
ruim vold.	9-11	7-9	15-21	-	-	-
hoog	> 11	> 9	> 21	> 9,8 ⁵	-	> 23
zeer hoog	-	-	-	-	-	-

¹ P-AL-getal en K-getal zijn waarderingskengetallen voor respectievelijk de fosfaat- en kali-toestand van de grond.

² Voor de overige gronden bestaat geen Mg-bemestingsadvies of waardering van het Mg-gehalte.

³ SLV is zwavel leverend vermogen.

⁴ Op kleigrond komen S-tekorten tot dusver vrijwel niet voor. Indien uit bijvoorbeeld versgras-analyses blijkt dat er toch een tekort optreedt dan kan het advies voor zandgrond gevolgd worden. Op veengrond kunnen in de eerste snede S-tekorten voorkomen. Zwavelbemesting wordt echter afgeraden, daar later in het seizoen door een hoge S-mineralisatie veel S vrijkomt.

⁵ Bij kopergehalten hoger dan 15 mg/kg bestaat gevaar voor kopervergiftiging bij sommige schapenrassen.

Het effect van N-bemesting op het mineralengehalte in het gras hangt af van het aanbod van de afzonderlijke mineralen in de bodem. Als het aanbod van een bepaald mineraal laag is, zal - door de hogere opbrengst als gevolg van de N-bemesting - het gehalte van dit mineraal in het gras lager zijn door verdunning over meer grasopbrengst. Echter, als het aanbod van een mineraal hoog is dan zal over het algemeen het effect van verdunning meer dan gecompenseerd worden door een verbeterde opname van nutriënten. Deze verbeterde opname kan het resultaat zijn van een verhoogde wortelactiviteit en/of een verhogend effect van de N-bemesting op de opname van een bepaald mineraal. Gedurende de opname van nutriënten door plantenwortels is er in het algemeen een positief opname-effect tussen ionen met een tegengestelde lading en een negatief opname-effect tussen ionen met een zelfde lading. Er is dus een positief opname-effect tussen nitraat (negatief geladen) en kationen (positief geladen) zoals calcium en magnesium en een negatief opname-effect tussen bijvoorbeeld K en Mg. In het algemeen verhoogt N-bemesting het gehalte in gras aan K, Ca, Mg, Na en Cu, behalve indien de bemestingstoestand van deze elementen onvoldoende is.

Op Praktijkcentrum Bosma Zathe is van 1995 tot 2000 onderzoek gedaan naar interacties tussen N- en P-bemesting op maaiproefvelden. Een voorbeeld van het effect van N-bemesting op het Mg- en Na-gehalte van gras is gegeven in Tabel 2.3.

Tabel 2.3 Invloed van de stikstofbemesting op het N-, Mg- en Na-gehalte in gras (g/kg DS) op zandgrond in Ureterp 1996 – 2000 (Den Boer, 2003).

N-bemesting (kg/ha/jaar)	N-gehalte gras	Mg-gehalte gras	Na-gehalte gras
0	24,3	3,1	1,7
150	25,0	2,9	2,3
300	31,2	3,1	3,7
450	37,1	3,4	5,0

Ook fosfaatbemesting kan een verhogend effect hebben op het kationen-mineralengehalte in gras (Tabel 2.4).

Tabel 2.4 Invloed van fosfaatbemesting op het P-, Ca- en Na-gehalte in gras (g/kg DS) op zandgrond in Ureterp in 1996 –2000 (Den Boer, 2003).

P ₂ O ₅ -bemesting (kg/ha/jaar)	P-gehalte gras	Ca-gehalte gras	Na-gehalte gras
0	3,3	4,9	2,7
50	3,7	5,2	3,1
100	4,0	5,6	3,5
200	4,4	5,5	3,4

Botanische samenstelling

De verschillen in mineralengehalten tussen grassen en klavers zijn voor sommige mineralen substantieel. Vooral het Ca-gehalte is hoger in klavers dan in grassen, daarnaast is meestal ook het Mg- en Co-gehalte in klavers hoger (Tabel 2.5). De Na- en Mn-gehalten zijn in klaver meestal wat lager.

Toenemende bemesting met N leidt tot minder klavers en overige kruiden, met als gevolg lagere gehalten aan Ca, Mg en de meeste sporelementen in het weidebestand.

Tabel 2.5 Typische gehalten aan Ca-, Mg-, Cu- en Co in Engels raaigras en witte klaver geogost in bladstadium (Whitehead, 1995).

	Ca (g/kg DS)	Mg (g/kg DS)	Cu (mg/kg DS)	Co (mg/kg DS)
Engels raaigras	4,0 – 8,0	1,0 – 3,0	3 – 15	0,03 – 0,20
Witte klaver	10,0 – 20,0	1,5 – 4,0	5 – 12	0,06 – 0,40

Ontwikkelingsstadium

Het P- en K-gehalte in gras neemt af met een toenemend ontwikkelingsstadium. Ook gehalten aan Mg, Zn, Cu, Mn, Co, Ni, Mo en Fe nemen af met een verder gevorderd ontwikkelingsstadium, echter niet in dezelfde mate als P en K. Afname in mineralengehalten bij een toenemend ontwikkelingsstadium wordt gewoonlijk veroorzaakt door een toename in de stengel:blad verhouding en de oud blad:nieuw blad verhouding, waarbij stengels en oud blad lagere mineralengehalten hebben dan jong blad. Bladeren zijn rijker aan bijvoorbeeld Ca, Mg en Cu dan stengels of bladscheden.

Daarnaast kunnen lagere gehalten ook het gevolg zijn van uitputting van de bodemvoorraad aan opneembare mineralen.

Grondsoort

Tussen grondsoorten zijn de verschillen in het mineralenpatroon van gras bij een gelijk bemestingsregime en een zelfde botanische samenstelling over het algemeen niet groot. Een uitzondering is bijvoorbeeld het Ca-gehalte in vers gras van goede kleigronden dat hoger is dan dat in gras van zandgronden. In het westelijk veenweidegebied zijn de Cu-gehalten in de grond en in graskuil op veel plaatsen hoog doordat in het verleden stadscompost is gebruikt.

Seizoens- en weersomstandigheden

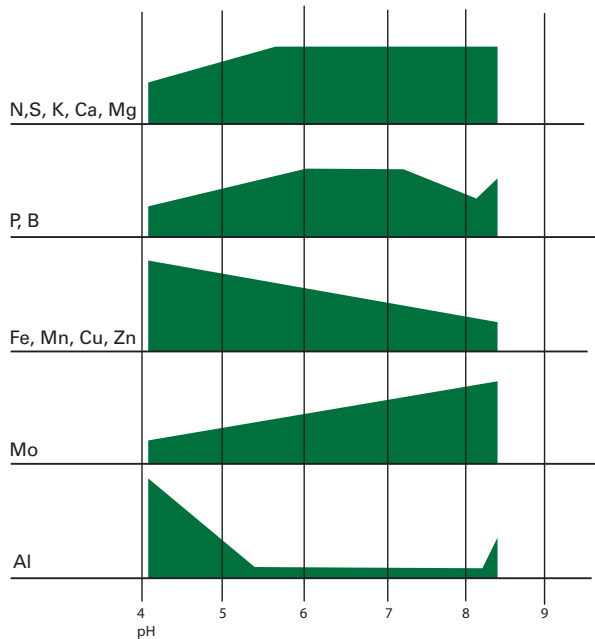
Temperatuur heeft invloed op de ionenopname. Temperatuur en licht zijn onder meer ook van belang bij de NO_3 -opname en -verwerking (reductie) door de plant. Mineralen als P en Mg, die door de plant actief worden opgenomen, zijn bij koude (en natte) gronden in het nadeel ten opzichte van bijvoorbeeld NO_3 en K, die 'vanzelf' met de vochtstroom worden opgenomen.

Eenwaardige kationen (K, Na) worden al bij lage temperaturen goed opgenomen door de planten, terwijl tweewaardige ionen als Ca en Mg pas bij hogere temperaturen goed worden opgenomen.

Dit heeft gevolgen voor de minerale samenstelling van het gras in voorjaar, zomer en herfst. Vooral in een koud voorjaar of een koude herfst kan dit tot een lage voorzieningsgraad leiden voor moeilijk opneembare mineralen. Het risico van een Mg-tekort is dan ook het grootst in het voorjaar en in het najaar. Een indirecte seizoensinvloed op de minerale samenstelling kan plaatsvinden via een verandering van de botanische samenstelling, bijvoorbeeld klaverontwikkeling.

Zuurgraad en ontwatering

Een hogere pH van de grond dan voor grasland gewenst is (pH 4,8 – 5,5), heeft een negatieve invloed op de opneembare gehalten van Fe, Cu, Zn, Mn en Co, terwijl de opneembare gehalten van Ca, Mg en Mo juist hoger zullen zijn (Figuur 2.2).



Figuur 2.2 pH en de beschikbaarheid van nutriënten (Praktijkids Bemesting, NMI).

Zowel een hoge als een lage pH van de grond zijn nadelig voor de Se-opname door gras. Het is dan ook belangrijk om de pH van de grond wat betreft waardering op 'goed' te handhaven (Tabel 2.6).

Tabel 2.6

**Waardering van de pH-KCl¹ bij bemonsteringsdiepte 0-10 cm
(Adviesbasis voor de Bemesting van Grasland en Voedergewassen, 2002).**

Waardering	Veen (≥ 25% org. stof)	Overige grondsoorten
	pH-KCl	pH-KCl
te laag	< 4,1 ²	< 4,4 ³
vrij laag	4,1 – 4,5 ²	4,4 – 4,7 ³
goed	4,6 – 5,2 ⁴	4,8 – 5,5 ⁴
vrij hoog	5,3 – 5,8 ⁴	5,6 – 6,1 ⁴
hoog	> 5,8 ⁴	> 6,1 ⁴

¹ pH-KCl: geeft de in Nederland gangbare extractiemethode aan

² Advies: bekalken tot pH-KCl 4,8

³ Advies: bekalken tot pH-KCl 5,0, bij gras/klaver bekalken tot pH-KCl 5,5

⁴ Advies: niet bekalken

Ook de ontwatering van de grond heeft invloed op de beschikbaarheid van nutriënten. Bij een slechte ontwatering van de grond zal bijvoorbeeld het met 2 procent azijnzuur extraheerbare Co-gehalte van de grond en het Co-gehalte van het gras aanmerkelijk toenemen. Zo kan het Co-gehalte van gras dat op een slecht doorluchte maar Co-arme grond groeit, veel hoger zijn dan het gehalte in gras van een goed doorluchte en ontwaterde Co-rijke grond.

Overige factoren

Factoren die ook dienen te worden genoemd zijn de effecten van luchtverontreiniging, overstromingen (uiterwaarden) en bemesting met zuiverings-slib op de verontreiniging van het gewas met een aantal ongewenste bestanddelen. Deze stoffen zijn vooral uitwendig op het gewas aanwezig. De concentraties zijn het hoogst bij nagenoeg of geheel stilstaande gewasgroei. Als gevolg daarvan stijgen bijvoorbeeld in de herfst de gehalten aan Pb, F en Cd van het gras, waarbij in de winter soms ontoelaatbaar hoge concentraties kunnen worden gevonden.

Mineralenverliezen bij conservering van gras als hooi of silage

Bij conservering van gras in de vorm van hooi wordt het mineralengehalte meestal verlaagd door processen die plaatsvinden tijdens het drogen op het veld: verbrokkeling en uitspoeling.

Om de droogsnelheid te bevorderen, past men vaak handelingen toe als kneuzen, schudden en dergelijke. Hierbij kunnen kleine, reeds droge stukjes afbreken en verloren gaan. In dit opzicht lopen met name de bladeren van vlinderbloemigen gevaar. Deze drogen veel sneller en ze bevatten juist de hoogste gehalten aan mineralen.

Als na enkele dagen veldperiode plantendelen zijn afgestorven, dan is in deze delen de weerstand van de plant tegen uitspoeling van eiwit, suikers en mineralen gering. Door neerslag kan er dan verlies van voederwaarde en mineralen optreden.

Bij het winnen van voordroogkuil kunnen gedurende de veldperiode dezelfde verliezen optreden als hierboven beschreven voor hooi. Daarnaast kunnen na inkuilen perssapper verliezen optreden als gras te nat wordt ingekuild.

Het sap komt uit de kuil en bevat suikers, eiwit, mineralen en organische zuren.

Het voorgaande illustreert hoe uiteenlopende factoren invloed kunnen hebben op de minerale samenstelling van gras en graskuil. Het resultaat daarvan is een grote variatie in samenstelling, waarbij de hoogst voorkomende gehalten niet zelden een factor twee (of meer) hoger zijn dan de laagste. Een punt van voortdurende zorg hierbij is dat de laagste gehalten niet altijd voldoende zijn om in de behoefte van de dieren te voorzien, terwijl anderzijds hoge gehalten kunnen leiden tot overmaatverschijnselen en/of ontoelaatbare gehalten in dierlijke producten en mest. Voor veel mineralen is er gelukkig een breed traject tussen het noodzakelijke minimumgehalte om de behoefte van de dieren te dekken en het gehalte waarbij overmaat optreedt. Zo liggen bijvoorbeeld voor de elementen Na, Cl en Zn de behoeftenorm en de toxische grens erg ver uit elkaar. Voor F en Se liggen deze grenzen veel dichterbij elkaar.

2.3 Minerale samenstelling van snijmaïskuil en Gehele Planten Silage

Graan (tarwe, triticale) wordt regelmatig geteeld als tussengewas tussen snijmaïs en gras. Het gewas wordt dan in juli in zijn geheel in deegrijp stadium geoogst en ingekuuld als Gehele Planten Silage (GPS). Vervolgens vindt dan de inzaai van gras plaats. In snijmaïskuil en GPS zijn de gehalten aan P, K, S, Ca, Mg, Na en de meeste spoorelementen duidelijk lager dan in graskuil (Tabel 2.7).

Tabel 2.7. Gemiddelde mineralgehalten en de 95% boven- en ondergrens van de mineralgehalten in ingekuilde snijmaïs en GPS (Analyses Blgg, 1999-2003).

Gehalte per kg DS	P	K	S	Ca	Mg	Na	Cu	Co	Se	Mn	Zn	Fe	Mo
	g	g	g	g	g	g	mg	µg	µg	mg	mg	mg	mg
snijmaïs	2,0	12,0	1,0	1,5	1,2	0,2	3,9	57	16	28	38	120	0,4
95% ondergrens	1,5	8,2	0,8	0,9	0,9	0,1	2,1	40	<6,0	10	19	<75	0,2
95% bovengrens	2,9	15,9	1,3	2,5	1,8	1,8	>6,0	≥80	≥36	>60	>60	277	1,1
GPS	3,0	15,8	1,5	3,1	1,5	0,5	4,7	73	34	61	48	229	1,3
95% ondergrens	2,1	6,9	<1,0	1,1	0,9	<0,1	<3,0	26	<10	<20	16	<100	<0,5
95% bovengrens	4,1	29,4	2,7	≥6,0	2,8	>2,6	7,9	277	>140	190	>100	776	>3,0

Naast de bemesting zijn ook het maïsras en de rijpheid bij het oogsten van invloed op het mineralengehalte in de snijmaïskuil. De teelt kan gericht zijn op het realiseren van een hoog zetmeelgehalte. Het zetmeelgehalte neemt toe naarmate de maïs rijper geoogst wordt en het kolfaandeel hoger is. De kolf bevat een groot deel van het fosfor en het magnesium, terwijl de opslag van kalium en calcium overwegend plaatsvindt in de stengel en het blad.

2.4 Krachtvoerders en mineralenmengsels

In enkelvoudige droge krachtvoerders zijn de mineralengehalten in sojaschroot en melasse vrij hoog, waarbij in sojaschroot het Na-gehalte en in melasse het P-gehalte laag is. In bietenpulp zijn de mineralengehalten laag, behalve voor Ca en Mg.

Enkelvoudige vochtrijke krachtvoerders als aardappelen, voederbieten, maïskolvensilage en bietenperspulp bevatten lage mineralengehalten, met uitzondering van het Ca-gehalte in bietenperspulp. Het mineralengehalte in bierbostel is daarentegen weer hoger, behalve het K- en Na-gehalte. Bij de samenstelling van het rantsoen en de beoordeling van het mineralenaanbod aan het dier dient men steeds bedacht te zijn op deze onderlinge verschillen in mineralengehalten van voeders.

De gemiddelde minerale samenstelling van een aantal voeders is gegeven in Bijlage 1.

Mengvoerders

De mineralengehalten in mengvoerders zijn afhankelijk van de gebruikte grondstoffen. Eiwitrijke mengvoerders bevatten vaak ook een hoger P-gehalte. Indien de mineralenvoorziening via het ruwvoer tekortschiet kan men door de toevoeging van mineralen aan mengvoerders de voorziening met mineralen beter laten aansluiten op de behoefte van het dier. Aan mengvoerders zijn standaard spoorelementen als Mn, Zn, Cu, Co, Se en I toegevoegd. Voor mineralenarme rantsoenen met veel snijmaïs zijn er speciale mengvoerders met extra toevoegingen.

Mineralenmengsels

In de praktijk wordt het risico van mineralentekorten veelal ondervangen door het gebruik van mineralenmengsels. Bij het gebruik van enkelvoudige droge of vochtrijke krachtvoerders is het risico van mineralentekorten zeer reëel. Het gebruik van een mineralenmengsel kan dan noodzakelijk zijn. Macro-elementen zoals Mg, Ca en Na komen in de gebruikte mineralenmengsels in kleine hoeveelheden voor. Deze elementen kunnen met magnesiumoxide, krijt of zout aangevuld worden.

In een aantal gevallen worden deze mengsels alleen gebruikt als risicodekking en is in het geheel geen aanvulling nodig. Soms is een aanvulling van één of enkele mineralen nodig.

Mineralenmengsels bevatten vaak een groot aantal mineralen en spoorelementen. De kans op een overmaat en negatieve interacties tussen verschillende elementen is hierdoor aanwezig. In de praktijk komen veelvuldig ruime voorzieningsgraden van Cu en Zn voor. Deze elementen komen vaak in relatief grote hoeveelheden voor in gebruikte mineralenmengsels. Koper en zink zijn spoorelementen waarvan de aanvoer naar de bedrijven voornamelijk plaatsvindt via het mengvoer en via mineralenmengsels. Deze elementen komen grotendeels via de mest op het land terecht, hetgeen kan leiden tot ophoping. Het is van groot belang dat bedrijven erop letten alleen die mineralen en spoorelementen aan te voeren die voor de voorziening van het vee nodig zijn.

2.5 Gewenst mineralenniveau op rundveebedrijven

Bij beschouwingen over minimaal gewenste en nog toelaatbare gehalten in het ruwvoer zijn de volgende aspecten van belang:

- de behoefte van de dieren voor onderhoud en productie
- de hoeveelheid en type(n) ruwvoer die de dieren opnemen, c.q. de rantsoenopbouw
- de biologische beschikbaarheid van de verstrekte mineralen
- de gevoeligheid van de betreffende diersoort c.q. het ras voor overmaat
- de overdracht van minerale bestanddelen en sporelementen naar dierlijke producten bestemd voor menselijke consumptie
- de toenemende noodzaak om op bedrijfsniveau de mineralenbalans in evenwicht te houden.

Voor een goede basisvoorziening is een voldoende aanbod vanuit ruwvoerders het meest wenselijk. Een aanvulling vanuit krachtvoer of een mineralenmengsel is vaak noodzakelijk, maar niet al het vee kan deze aanvulling altijd opnemen. Voor de mineralenvoorziening uit ruwvoer zal de bemesting van het grasland met Na op de meeste grondsoorten voortdurend aandacht blijven vragen. Voor dit element is het aanleggen van een bodemvoorraad niet mogelijk, waardoor de onttrekking door het gewas regelmatig moet worden aangevuld. Ook moet de bodemvoorraad van Mg, Cu en Co regelmatig worden aangevuld. De aan te vullen hoeveelheid is afhankelijk van de bodemvruchtbaarheid en van de grondsoort. De voorziening van het vee met Mg en Cu is echter niet alleen afhankelijk van het gehalte in het gewas. Kalium heeft een negatieve invloed op de absorptie van Mg uit het voer. Het S- en Mo-gehalte beïnvloedt de absorptiemogelijkheden van Cu.

De opbouw van het rantsoen uit de verschillende voedermiddelen heeft een grote invloed op het mineralenaanbod. Indien er veel snijmaïs wordt gevoerd, is de voorziening aanzienlijk lager dan bij een rantsoen met grotendeels grasproducten. Een aanvulling kan noodzakelijk zijn. Bij de afzonderlijke elementen wordt hierop – waar relevant – in de volgende hoofdstukken nader ingegaan.

Wanneer maïssilage een groot deel van de totale opname aan drogestof uitmaakt, is aanvulling met een eiwitrijk krachtvoeder gewenst. Wanneer daarvoor een maïskernbrok (met eveneens aangepaste mineralengehalten) gebruikt wordt, corrigeert men tegelijk voor de lage mineralengehalten in deze silage. Om de behoefte van het dier te dekken, is een bepaald gehalte in het voer noodzakelijk. Indien de opname minder is dan verwacht, door bijvoorbeeld kreupelheid, is de voorziening van de mineralen toch niet gegarandeerd. Een voldoende opname is daarom een voortdurend aandachtspunt.

Het mineralengehalte in het voer geeft informatie over de aangeboden hoeveelheid van een mineraal. Het aanbod kan zowel uit anorganische zoutverbindingen bestaan als uit organische verbindingen. De organische verbindingen bestaan doorgaans uit chelaten met aminozuren of andere organische moleculen. Voor deze chelaten wordt vaak een hogere biologische beschikbaarheid

van de gebonden mineralen geclaimd. De wetenschappelijke onderbouwing hiervan is echter veelal beperkt. In de praktijk wordt – vanwege de hogere prijs van organisch gebonden mineralen - in mineralenmengsels vaak voor anorganische zouten gekozen.

2.6 Bedrijfssystemen

Het aanbod aan mineralen is, behalve van de rantsoenopbouw, ook sterk afhankelijk van de gehanteerde bedrijfsopzet. Met name in de zomerperiode zijn er grote verschillen tussen bedrijven. Op bedrijven met onbeperkte beweiding is het mineralenaanbod heel anders dan op bedrijven die summerfeeding toepassen. Onderstaand worden een aantal bedrijfssystemen belicht. Hierbij wordt de mineralenvoorziening vanuit het ruwvoer beschouwd. Een aanvulling met mineralen vanuit krachtvoer of een mineralenmengsel moet worden afgestemd op het mineralenaanbod vanuit het ruwvoer.

Gangbaar

Bedrijven die in de zomermaanden onbeperkte beweiding toepassen zijn voor het mineralenaanbod voor een groot deel afhankelijk van de samenstelling van vers gras. In Tabel 2.8 is het mineralenaanbod uit ruwvoerders voor een aantal rantsoenen vergeleken met dat bij onbeperkt weiden. De voorziening met mineralen bij onbeperkt weiden is op 100 procent gesteld. Dit hoeft niet gelijk te zijn aan de behoeftenorm van het vee. Bij onbeperkte beweiding is er vanuit gegaan dat er naast weidegras geen ander ruwvoer is verstrekt. In Tabel 2.8 is uitgegaan van gemiddelde mineralengehalten zoals weergegeven in de Tabellen 2.1 en 2.7.

Tabel 2.8 Mineralenaanbod via ruwvoerders in procenten van het aanbod bij onbeperkt weiden.

Rantsoen	P	K	S	Ca	Mg	Na	Cu	Co	Se	Mn	Zn	Fe	Mo
Onbeperkt weiden ¹	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Beperkt weiden ²	74	70	65	67	74	65	72	84	76	70	84	107	63
Beperkt weiden: gras-klaver ³	75	72	66	114	100	64	72	141	96	67	79	129	71
Winter: gras-rantsoen ⁴	60	54	41	50	58	52	55	95	75	59	71	169	43
Winter: maïs-rantsoen ⁵	41	32	24	27	42	18	38	56	41	31	67	88	19

¹ 16 kg DS gras

² 8 kg DS gras + 2 kg DS graskuil + 4 kg DS snijmaïskuil

³ 8 kg DS gras-klaver + 2 kg DS kuil gras-klaver + 4 kg DS snijmaïskuil

⁴ 8 kg DS graskuil + 4 kg DS snijmaïskuil

⁵ 2 kg DS graskuil + 10 kg DS snijmaïskuil

Bij beperkt weiden is naast weidegras ook graskuil en snijmaïs opgenomen. Hierdoor is het aanbod van bijna alle mineralen in het ruwvoer lager dan bij onbeperkt weiden. Het mineralenaanbod ligt 15 tot 40 procent lager dan bij onbeperkt weiden. Alleen het Fe-gehalte is iets hoger. De graskuil bevat vaak veel Fe, waardoor het aanbod stijgt. Indien er in een weide met gras-klaver beperkt wordt geweid zal het aanbod van de meeste mineralen hoger zijn dan bij beperkte beweiding in een weide zonder klaver. De grootste verschuiving vindt plaats bij Ca en Co. Klaver bevat duidelijk meer Ca en Co dan gras.

In een winterrantsoen dat hoofdzakelijk uit graskuil bestaat, is het mineralenaanbod nog lager. Het aanbod van de meeste mineralen ligt 40 tot 60 procent lager dan bij onbeperkt weiden. De kans op mineralentekorten bij alleen ruwvoer is daarom in de stalperiode veel groter dan in de weideperiode. Daarbij komt nog een duidelijk lagere drogestof-opname uit ruwvoer in de winterperiode dan bij onbeperkt weiden. Ook bij een stalrantsoen met veel graskuil is het Fe-aanbod sterk verhoogd.

De opname van mineralen uit ruwvoer is nog veel lager indien het winterrantsoen hoofdzakelijk bestaat uit snijmaïskuil (eventueel in combinatie met GPS). Met name Ca en Na zijn belangrijke mineralen, die maar zeer beperkt in een snijmaïsrantsoen voorkomen. Ook het Mo-aanbod is sterk gedaald. Dit heeft een gunstige invloed op de kopervoorziening. In de praktijk wordt naast een grote eiwitaanvulling ook een mineralenaanvulling verstrekt bij een rantsoen dat hoofdzakelijk snijmaïskuil (en eventueel GPS) bevat.

Biologisch

Bij een biologische bedrijfsvoering veranderen een aantal factoren uit paragraaf 2.2. Met name de bemesting en het ontwikkelingsstadium van het gras veranderen. Ook de botanische samenstelling van het grasland is onder meer door de veelvuldige teelt van gras-klaver in een biologische bedrijfsvoering anders dan bij de meeste gangbare bedrijven. In Tabel 2.9 is de gemiddelde samenstelling van graskuil van 10 biologische bedrijven uit het project Bioveem opgenomen. Ter vergelijking is tevens de gemiddelde samenstelling van gangbare graskuil gegeven.

Ondanks de afwijkende bedrijfsvoering wijken de mineralengehalten in gras-

Tabel 2.9 Gemiddelde mineralengehalten in graskuil, van grasland zonder beheersbeperkingen, van 10 bedrijven uit het project Bioveem¹ (Plomp, 2003) en de gemiddelde gehalten van gangbare graskuil.

	P	K	S	Ca	Mg	Na	Cu	Co	Se	Mn	Zn	Fe	Mo
gehalte per kg DS	g	g	g	g	g	g	mg	µg	µg	mg	mg	mg	mg
Graskuil, Bioveem	3,9	31,7	2,8	6,4	2,5	1,5	8,3	280	42	120	39	414	3,1
Graskuil, gangbaar	4,2	34,1	2,8	5,0	2,3	2,3	7,8	164	52	98	42	443	2,1

¹ Onderzoeks- en demonstratieproject waaraan biologische melkveebedrijven deelnemen

kuil op bedrijven met een biologische bedrijfsvoering weinig af van de gemiddelde graskuilsamenstelling in Tabel 2.1. Het gehalte aan een aantal mineralen, zoals P en K, is iets lager. Dit kan door een lagere voorzieningsgraad in de bodem worden veroorzaakt. Ook de snedezwaarte kan hierin een rol spelen. Met name de Ca- en Co-gehalten zijn hoger dan gemiddeld. Dit duidt erop dat veel monsters grasklavermengsels zijn.

2.7 Mineralenbalans

Het aanbod aan mineralen en spoorelementen dient afgestemd te zijn op de behoefte van het dier. Het opstellen van een mineralenbalans op dierniveau is een belangrijk hulpmiddel om te weten in hoeverre het aanbod aan bepaalde mineralen of spoorelementen is afgestemd op de behoefte. De variatie in mineralengehalten in ruwvoerders kan aanzienlijk zijn (Tabel 2.1 en 2.7). Vanwege deze variatie is analyse van de afzonderlijke partijen nodig. Met krachtvoerders en mineralenmengsels kan het aanbod dan beter worden afgestemd op de behoefte.

Een mineralenbalans op dierniveau geeft inzicht in de aanvoer van mineralen naar het dier en de vastlegging ervan in het dier en in de melk. Het overschot komt via de mest en de urine weer op het land terecht. Bij een lage absorptie moet het aanbod groter zijn. Het overschot is daardoor ook groter. Een te hoog aanbod leidt echter tot een onnodig hoog overschot.

In de praktijk komen vaak ruime voorzieningsgraden van Cu en Zn voor. Deze elementen komen veelal in relatief grote hoeveelheden voor in gebruikte mineralenmengsels. Deze aanvoerpost leidt vervolgens tot een overschot op de balans. Voor een duurzame bedrijfsvoering is een evenwicht voor de elementen Cu en Zn gewenst.

Een mineralenbalans kan ook worden gemaakt op bedrijfsniveau. Heel bekend zijn de mineralenbalansen voor N en P_2O_5 . De N-bemesting op grasland is onder invloed van het Mineralen Aangifte Systeem (MINAS) sterk verminderd. Deze tendens is in onderstaande mineralenbalans duidelijk zichtbaar en zet zich in de periode tot 2004 nog verder door.

Tabel 2.10 Mineralenboekhouding van een melkveebedrijf voor N en P₂O₅; gemiddelde van LEI-steekproefbedrijven 1993-1994, 1999-2000 en 2002¹.

	kg N/ha			kg P ₂ O ₅ /ha		
	1993-1994	1999-2000	2002	1993-1994	1999-2000	2002
Aanvoer						
dierlijke mest	25	15	19	14	7	10
kunstmest	290	210	143	30	25	17
voer	136	161	132	55	62	51
diversen	10	4	35	2	2	9
totaal aanvoer	461	390	329	101	96	87
Afvoer						
verkoop vee	15	25	18	10	14	6
melk	65	65	70	25	25	34
ruwvoer ²	7	2	20	2	2	6
dierlijke mest	7	16	13	2	7	5
diversen	2	11	16	0	2	7
totaal afvoer	96	119	137	39	50	58
overschot	365	271	192	62	46	29

¹ Door de omschakeling naar een nieuw systeem heeft het LEI nog geen uitsplitsing beschikbaar van de melkveebedrijven in sterk gespecialiseerde melkveebedrijven en overige melkveebedrijven. De cijfers over 2002 zijn daardoor niet geheel vergelijkbaar met die van de eerdere jaren. De omschakeling betreft tevens de overgang van (mei-mei) boekjaar naar kalenderjaar.

² Inclusief voorraadmutatie.

In het kader van MINAS hebben bijna alle veehouders gewerkt aan een verlaging van de N-bemesting. Hierdoor is het RE-gehalte van met name gras sterk gedaald. Door de verplichting om de mest in het groeiseizoen toe te dienen is het kaliaanbod aan het gras gestegen. Daarnaast is op veel bedrijven de mestgift op grasland toegenomen. Het kaligehalte in de mest is wat gedaald. Per saldo is de kalivoorziening op grasland op veel percelen ruimer geworden. Dit kan resulteren in hoge kaligehalten in gras, die tot een overmaat kunnen leiden. Door de negatieve interactie met Mg neemt het risico van een Mg-tekort toe. De mineralenbalans laat ook voor fosfaat een daling van het overschot zien. Door de lagere aanvoer van stikstof en fosfaat is de samenstelling van de rundveemest veranderd. Tabel 2.11 geeft de gemiddelde samenstelling van dunne rundermest uit de Adviesbasis voor de Bemesting van Grasland en Voedergewassen van respectievelijk 1998 en 2002. De samenstelling van 1998 heeft betrekking op analyses uit de jaren 1992-1996 en de samenstelling van 2002 op de jaren 1999-2001. De stikstof-, fosfaat- en kaligehalten in de mest zijn gedaald.

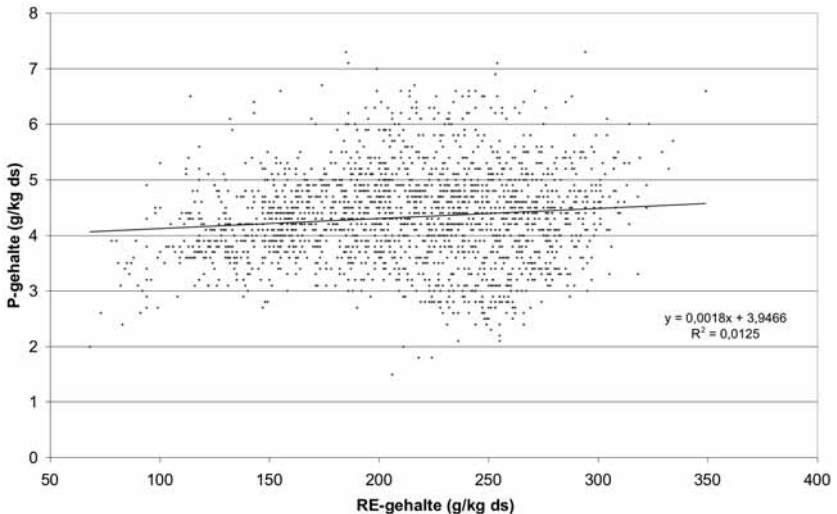
Tabel 2.11 Gemiddelde samenstelling van dunne rundermest in kg per 1000 kg product in 1998 en in 2002.

Dunne mest rundvee	Droge stof	Org. stof	N- totaal	N _m ¹	N _{org} ¹	P ₂ O ₅	K ₂ O	MgO	Na ₂ O
1998	90	66	4,9	2,6	2,3	1,8	6,8	1,3	0,8
2002	86	64	4,4	2,2	2,2	1,6	6,2	1,3	0,7

¹ N_m is de minerale stikstof in de mest en N_{org} de organisch gebonden stikstof

2.8 Interpretatie van voeranalyse

Door analyse van vers gras, graskuil, snijmaïs en eventuele andere ruwvoerders kan worden nagegaan in hoeverre de minerale samenstelling daarvan voldoet aan de eisen die de dieren stellen. De analysecijfers als zodanig geven echter niet aan welke factoren geleid hebben tot het gevonden mineralenniveau in het betreffende monster. Voor het nemen van maatregelen om in de toekomst een betere samenstelling te krijgen is dit echter wel van belang. Ongewenste afwijkingen van de gemiddelde samenstelling, zoals weergegeven in de Tabellen 2.1 en 2.7, kunnen worden geanalyseerd aan de hand van de in paragraaf 2.2 genoemde factoren. Extra informatie over de samenstelling van het gras kan uit het gehalte aan ruw eiwit (RE) en ruwe celstof (RC) worden gehaald.

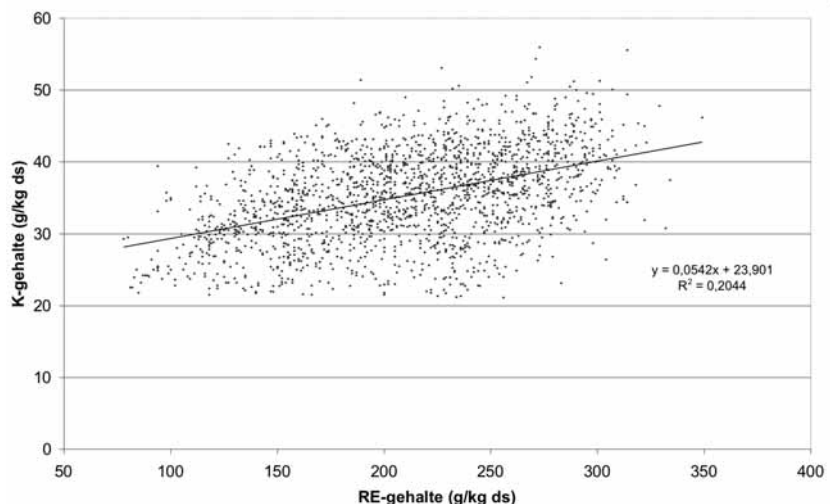


Figuur 2.3 Relatie RE- en P-gehalte in vers gras (Analyses Blgg, 2000)

In tegenstelling tot vroegere bevindingen duiden analyses van vers gras (Figuur 2.3) niet op een relatie tussen het RE- en het P-gehalte in vers gras. Uit proefveldgegevens blijkt wel een zwak positief verband tussen het RE- en P-gehalte bij eenzelfde N-bemestingsniveau. Dit is ook te verwachten omdat in de eiwitrijke celinhoud van het gras veel P voorkomt. Er dient echter rekening mee gehouden te worden dat het P-gehalte ook afhankelijk is van andere factoren zoals droogte, de P-bemesting en bodemvruchtbaarheid voor P (P-AL-getal).

Een hoog RC-gehalte duidt op een oud en volgroeid gewas. In dit gewas komen meer stengels voor, waardoor het gehalte aan mineralen daalt (zie paragraaf 2.2: Ontwikkelingsstadium).

Uit Figuur 2.4 blijkt een zwak positief verband tussen het RE- en K-gehalte. Dit mag ook verwacht worden. Een hoog RE-gehalte duidt op een ruime stikstofvoorziening van het gewas. Stikstof wordt voornamelijk opgenomen in de vorm van het anion NO_3^- . Zoals beschreven in paragraaf 2.2 (Seizoens- en weersomstandigheden), wordt het kation K gemakkelijk met de vochtstroom opgenomen. Bij een voldoende K-aanbod in de bodem mag dus naast een ruime nitraatopname een verhoogde K-opname door het gewas verwacht worden. K verdringt hierbij Na en ook Mg en Ca. Dat het verband in Figuur 2.4 niet sterker is duidt erop dat er enerzijds versgras-monsters geanalyseerd zijn met een relatief lage N-voorziening en een ruime K-voorziening. Anderzijds duiden versgras-analyses met een hoog RE-gehalte en een laag K-gehalte op een ruime N-voorziening en een beperkte K-voorziening.



Figuur 2.4 Relatie RE- en K-gehalte in vers gras (Analyses Blgg, 2000)

Sluismans heeft in 1963 een formule ontwikkeld waarbij het K-gehalte in het gras afgeleid kan worden uit onder andere het RE-gehalte van het gras en de K-voorziening vanuit de bodem. Op grond hiervan is een gewenst K-gehalte berekend voor een optimale groei van het gewas. De door Sluismans uitgevoerde regressie-analyse dient met de nodige voorzichtigheid geïnterpreteerd te worden. Van der Paauw en anderen (1943) hebben veel proefveldonderzoek uitgevoerd naar de benodigde K-bemesting voor het realiseren van een optimale grasgroei bij een uiteenlopende bodemvruchtbaarheid voor K. Hierop is het K-bemestingsadvies gebaseerd. Dit advies is later geactualiseerd (Den Boer en Vergeer, 2000). Bij een laag K-getal is een hogere kalibemesting noodzakelijk dan bij een ruim voldoende of hoog K-getal (Tabel 2.2).

Het K-bemestingsadvies is weergegeven in de Adviesbasis voor de Bemesting van Grasland en Voedergewassen. Een hoog RE-gehalte in het gewas in combinatie met een laag K-gehalte of omgekeerd kan aanleiding zijn om na te gaan of de K-bemesting van het geanalyseerde gras op de juiste wijze is uitgevoerd.

Ca

3. Calcium

3.1 Functie, voorkomen en huishouding

Calcium (Ca) is één van de belangrijkste botmineralen. Vrijwel alle Ca in het lichaam bevindt zich in het bot (98-99%). De kleine hoeveelheid Ca die zich buiten het bot bevindt, is echter van levensbelang voor het dier. Zo is Ca nodig voor bloedstolling, voor het samentrekken van spieren en voor het regelen van uiteenlopende celfuncties.

Verreweg het meeste Ca in het lichaam van dieren is als een Ca-fosfaat-complex in het bot opgeslagen. Bij jonge dieren, waarbij de botombouw nog actief is, gaan per tijdseenheid aanzienlijke hoeveelheden Ca en P uit het bot over in het bloedplasma (botresorptie), die vervolgens in wisselende hoeveelheden weer kunnen neerslaan in de organische matrix van nieuw gevormd bot (botmineralisatie). Met het ouder worden van de dieren neemt de botombouw af (botrijping), vooral wanneer de Ca- en P-voorziening ruim is. Er heeft derhalve uitwisseling plaats van Ca in het bloed, respectievelijk weefselvocht met Ca in het bot. Het skelet vervult zo een bufferfunctie in de Ca-huishouding. Bij oudere melkkoeien kan deze uitwisseling zo gering worden dat het bot nauwelijks nog een bufferfunctie vervult.

Het Ca-gehalte van bloedplasma bedraagt bij herkauwers gemiddeld 2,5 mM. Door een samenspel van hormonen en vitamine-D-metabolieten wijkt het gehalte gewoonlijk maar weinig af van dit gemiddelde. Stijgt het plasma-Ca-gehalte, door welke oorzaak dan ook, tot boven 2,8-3,0 mM dan spreekt men van hypercalcemie, bij een gehalte beneden 2,0 mM van hypocalcemie. Van het in het voer aanwezige Ca wordt uit het darmkanaal een wisselende hoeveelheid geabsorbeerd. Welk deel geabsorbeerd wordt is afhankelijk van de gehalten aan Ca in het voer en de vitamine D-voorziening, de netto behoefte van het dier, de leeftijd van het dier en de voersamenstelling (aanwezigheid van oxaalzuur, langketenige vetzuren).

Bij een hoog Ca-gehalte in het voer zal een kleiner deel van het Ca worden geabsorbeerd. Het lichaam "streeft" ernaar om zoveel Ca op te nemen als het nodig heeft. Dit is van bijzonder belang bij herkauwers omdat deze dieren eventueel teveel opgenomen Ca veelal niet met de urine kunnen uitscheiden. Dit is met name het geval indien ruwvoer een belangrijk deel van het rantsoen uitmaakt en de urine sterk alkalisch is (zie Hoofdstuk 9). Omgekeerd leidt een toename van de netto Ca- en P-behoefte tot een stijging van de absorptie uit de darminhoud. Dit is van bijzonder belang bij het op gang komen van de melkproductie na het afkalven. Melk van koeien en geiten bevat 1,2 g Ca/kg; bij schapen is dit 1,7 g/kg. De eerste biest kan dubbel zoveel bevatten. Voor de aanpassing van de absorptie aan de sterk toenemende behoefte bij het op gang komen van de lactatie is echter tijd nodig.

Dit resulteert in een negatieve Ca-balans aan het begin van de lactatie. Omdat de botresorptie ook enige tijd nodig heeft om het tekort aan “vrij” Ca op te vangen, kan dan hypocalcemie ontstaan.

Jonge dieren absorberen Ca en P uit de darm efficiënter dan oudere dieren en de absorptie past zich ook sneller aan de behoefte aan. Voorwaarde voor een goede Ca-absorptie uit de darm is een voldoende voorziening met vitamine D. Dit vitamine ondergaat in achtereenvolgens de lever en de nier omzettingen waardoor zeer actieve metabolieten ontstaan die de darmwandcellen aanzetten tot grotere absorptie. Ook de Ca-resorptie uit het bot wordt door vitamine D-metabolieten geactiveerd. Naast vitamine D-metabolieten zijn ook hormonen betrokken bij de regulering van de Ca- en P-huishouding. Het belangrijkste hormoon is het parathyroid hormoon (PTH) dat wordt afgescheiden door de bij schildklieren wanneer het Ca-gehalte van het plasma onder de normaalwaarde daalt. Dit hormoon werkt stimulerend op de botresorptie en stimuleert ook de nier tot het activeren van vitamine D. Stijgt het plasma Ca-gehalte tot boven de normaalwaarde dan neemt het gehalte van een ander hormoon, het calcitonine, in het bloed toe. Dit hormoon, dat wordt geproduceerd door de schildklier, heeft een tegengestelde werking aan PTH: het stimuleert de vastlegging van Ca en P in het bot. De regulering van de Ca-huishouding is kenmerkend gericht op het constant houden van het Ca-gehalte van het bloedplasma. Hypocalcemie kan indirect een gevolg zijn van hypomagnesemie. Een onvoldoende Mg-voorziening gedurende langere tijd, bijvoorbeeld tijdens de droogstand, heeft tot gevolg dat het Ca-mobiliserend vermogen (de snelheid waarmee een Ca-onttrekking aan het bloed gecompenseerd kan worden) afneemt. Bij Mg-gebrek wordt waarschijnlijk de PTH-werking onderdrukt en is de vitamine D-activering in de nier verminderd. Hierdoor ontbreekt dan de stimulans tot botresorptie van Ca, wat resulteert in een verlaagd Ca-gehalte in het plasma. Een wederzijdse beïnvloeding van Ca en Mg bij hun absorptie uit het maag-darmkanaal van herkauwers is overigens praktisch van weinig belang.

3.2 Calciumbehoefte

De Ca-behoefte van herkauwers verschilt per diersoort en -categorie. De Ca-behoefte van jonge, groeiende dieren en melkgevende koeien is het hoogst en die van volwassen, droogstaande koeien het laagst. De factoren waarmee de Ca-behoefte van runderen, schapen en geiten kan worden berekend, zijn aangegeven in Tabel 3.1. Voor de onderbouwing van deze factoren wordt verwezen naar CVB Documentatierapport nr. 33. De opgegeven factoren zijn afgeleid met behulp van gegevens uit de literatuur en dienen te worden beschouwd als schattingen teneinde de minimale Ca-behoefte te kunnen berekenen. Op grond van deze factoren (Tabel 3.1) is de Ca-behoefte berekend voor diverse categorieën rundvee, schapen en geiten (Tabel 3.2). In deze normen is geen veiligheidsfactor begrepen.

Voorwaarde voor een goede Ca-huishouding is een voldoende voorziening met vitamine D. Vitamine D komt in de groene plant niet voor, maar wordt in een droger gewas tijdens de veldperiode gevormd door de werking van ultraviolette straling. Bovendien wordt bij het buiten lopende dier, eveneens onder

invloed van ultraviolet licht, in de huid vitamine D gevormd. Een andere, belangrijke bron van vitamine D is het mengvoer. Gezien de huidige korte veldperioden bij de conservering van gras en de tendens om melkkoeien meer en meer op stal te houden is het de vraag of de voorziening van ons rundvee met vitamine D steeds voldoende is. Deze vraag geldt evenwel met name voor vleesvee en voor dieren, die op stal weinig of geen mengvoer krijgen.

Van oudsher wordt waarde toegekend aan de verhouding waarin Ca en P in het rantsoen voorkomen. Uit recentere onderzoek blijkt echter niet dat de Ca/P-verhouding een speciale betekenis heeft zolang de voorziening met Ca en P en met vitamine D voldoende is.

Van de stoffen die met Ca neerslagen vormen (fytinezuur en oxaalzuur), is hooguit oxaalzuur van enig belang. Fytinezuur wordt in de voormagen afgebroken. Alleen wanneer grote hoeveelheden oxaalzuur worden opgenomen, zal de Ca-huishouding verstoord kunnen worden. Dit zou bijvoorbeeld kunnen gebeuren als hongerige dieren ingeschaard worden in een wei met veel zuring bij een beperkte drinkwatervoorziening. In extreme gevallen kan dit tot een melkziekte-achtig beeld leiden.

Op de gebruikelijke rundveerantsoenen zal slechts een betrekkelijk klein gedeelte van het Ca in de vorm van onoplosbare Ca-zouten met de mest worden uitgescheiden. Wordt aan koeien een rantsoen met meer dan 5-6% ruw vet in de DS verstrekt dan kan de Ca-opname in principe negatief beïnvloed worden door de vorming en uitscheiding van Ca-zepen met de mest. De resultaten van proeven op dit gebied zijn echter niet eenduidig. Wordt het vet in de vorm van Ca-zepen van langketen vetzuren verstrekt, dan moet bij het samenstellen van het rantsoen ook rekening gehouden worden met het Ca-gehalte van dergelijke supplementen. Dit bedraagt al snel $\pm 10\%$ op gewichtsbasis. Bij een toevoeging van 4% Ca-zepen (op DS-basis) betekent dit dus een toevoeging van 4 g Ca/kg DS aan het rantsoen. Bij een pH beneden de 5 (zoals in de maag en het begin van de twaalfvingerige darm) zijn de meeste Ca-zepen min of meer volledig gedissocieerd, waardoor het Ca ook daadwerkelijk geabsorbeerd kan worden.

Tabel 3.1 Factoren voor het berekenen van de Ca-behoefte van runderen, schapen en geiten.

Factor	Runderen		Schapen	Geiten
	Melkvee	Vleesvee		
Onderhoud (g/dag) ¹	0,0079*LG + 0,66*DS - 0,74		0,228 + 0,623*DS	
Dracht (g/dag) ²				
8-3 weken voor geboorte	6,4		1,2	1,2
3-0 weken voor geboorte	9,3		2,4	2,4
Groei (g/kg groei) ³	9,83 x VLG ^{0,22} x LG ^{-0,22}		6,75 x VLG ^{0,28} x LG ^{-0,28}	9,83 x VLG ^{0,22} x LG ^{-0,22}
Melk (g/kg)	1,2		1,7	1,2
Werkelijke absorptie (%) ⁴	68	68	68	68

¹ LG = lichaamsgewicht (kg); DS = droge stofopname (kg/dag).

² De aanzet per dag wordt berekend met behulp van de formules:

koe: $0,02456 \times e^{((0,05581-0,00007 \times d) \times d)}$; $-0,02456 \times e^{((0,05581-0,00007 \times (d-1)) \times (d-1))}$

schaap: $10^{(2,499-0,7406 \times e^{(-0,01535 \times d)})}$

d = aantal dagen; in de tabel zijn voor schapen en geiten de behoeften voor een tweelingdracht vermeld, wat betekent dat de uitkomst van de formule met een factor 1,975 is vermenigvuldigd.

³ VLG = verwacht volwassen gewicht (kg); LG = actueel lichaamsgewicht (kg).

Voor het VLG kunnen de volgende waarden worden aangehouden:

Runderen: melkvee en jongvee 650 kg; vleesvee: vroegrijp type en tussentype 1100 kg, laatrijp type 1150 kg; rosé kalveren 1100 kg;

Schapen: oeien 75 kg; rammen 115 kg;

Geiten: geiten 70 kg, bokken 100 kg.

⁴ Gezien het feit dat de schijnbare Ca-absorptie op Ca-arme rantsoenen kan oplopen tot 83,8% en de werkelijke absorptie daar per definitie nog boven ligt, zit er in de hier berekende normen dus nog een veiligheidsmarge.

Tabel 3.2 **Calciumbehoefte van verschillende categorieën herkauwers.**

Categorie	DS-opname	Bruto behoefte	Norm ¹⁰	
	(kg)	(g/dier/dag)	(g/dier/dag)	(g/kg DS)
Rundvee				
Vrouwelijk jongvee				
• 4 mnd oud, 130 kg LG, 850 g groei/dag ¹	3,9	22	22	5,6
• 9 mnd oud, 260 kg LG, 700 g groei/dag ²	5,6	20	20	3,5
• 16 mnd oud, 400 kg LG, 625 g groei/dag ³	7,3	21	21	2,8
Melkvee (LG = 650 kg) ⁴				
• Droogstaand, 8-3 weken voor afkalven ⁵	11,5	27	27	2,4
• Droogstaand, 3-0 weken voor afkalven ⁵	11	31	31	2,8
• Melkgevend, 20 kg/dag ⁶	18,5	60	60	3,2
• Melkgevend, 40 kg/dag ⁶	23,5	100	100	4,2
Vleesstieren, tussentype ^{7, 8}				
• LG = 100 kg, groei 1000 g/dag	3	28	28	9,2
• LG = 250 kg, groei 1200 g/dag	6	32	32	5,3
• LG = 500 kg, groei 1100 g/dag	9	32	32	3,6
Rosé kalveren				
• LG = 150 kg, groei 1150 g/dag	4,5	31	31	6,8
• LG = 275 kg, groei 1400 g/dag	7	36	36	5,2
Schape				
• Vleeslam, 40 kg LG, 300 g groei/dag ⁹	1,6	5,8	5,8	3,6
• Drachtige ooi (LG 75 kg), 3-0 weken voor aflammeren	1,9	5,6	5,6	2,9
• Zogende ooi (LG 75 kg), 3 kg melk/dag, 2 lammeren	2,6	10	10	3,9
Geiten (volwassen 70 kg LG)				
• Volwassen geit, 8-3 weken voor lammeren	1,7	3,7	3,7	1,9
• Volwassen geit, melkgevend, 4 kg/dag	3,2	10	10	3,2

- ¹⁻³ Bij de berekening wordt uitgegaan van het gewicht op resp. 4, 9 en 16 maanden leeftijd: 130 kg, 260 kg en 400 kg (zie Tabellenboek Veevoeding, editie 2004, CVB, Lelystad).
- ⁴ Voor melkvee wordt uitgegaan van rantsoenen met de volgende energiewaarden per kg DS: 800, 920, 920, en 970 VEM voor resp. droogstaand 8-3, droogstaand 3-0, melkgevend 20 kg en melkgevend 40 kg.
- ⁵ De DS-opname van droogstaande koeien is gebaseerd op waarnemingen in voederproeven van Praktijkonderzoek ASG te Lelystad en Schothorst Feed Research te Lelystad.
- ⁶ De DS-opname van lacterende koeien is gebaseerd op de voeropnamecapaciteit van melkvee en de verzadigingswaarde van gangbare rantsoenen voor de beschreven klassen melkvee.
- ⁷ Zoals aangegeven door CVB (2004); kruislingen van vroegrijpe dieren en vleesrasstieren.
- ⁸ Er is gerekend met een verwacht volwassen gewicht van 1100 kg.
- ⁹ Er is gerekend met een verwacht volwassen gewicht van 115 kg.
- ¹⁰ Hierin is geen (berekende) veiligheidsfactor begrepen (zie ook voetnoot 4 bij Tabel 3.1).

3.3 Beoordeling van de voorzieningstoestand

Een te laag Ca-gehalte in het bloed kan bij runderen optreden rond het afkalven, maar doorgaans niet bij tekorten in het rantsoen gedurende een langere periode. Het Ca-gehalte in het bloed is dus alleen geschikt als maatstaf bij melkziekte of tetanie.

Omdat een andere bruikbare maatstaf in het dier ontbreekt, zal een tekort aan Ca in de eerste plaats opgespoord moeten worden door bepaling van Ca, P en Mg in het opgenomen rantsoen. Het is dan tevens van belang na te gaan of een tekort wellicht ook veroorzaakt kan zijn doordat het voer onvoldoende vitamine D bevat. Bepaling van vitamine D in het voer is te duur voor een routinematige toepassing.

3.4 Calciumtekort

Gezien de mogelijkheden van het dierlijk lichaam tot regulering van de Ca-huishouding zal een tijdelijk Ca-tekort in het rantsoen niet onmiddellijk leiden tot klachten of gebrekverschijnselen. Bij een absoluut tekort aan Ca (en P) in het voer zal bij jonge dieren de mineralisatie van het bot gestoord zijn en bij volwassen dieren ontkalking van het bot optreden. De veranderingen kunnen zowel algemeen als plaatselijk voorkomen. Het voer zal overigens zelden zo weinig van deze elementen bevatten dat klinisch waarneembare afwijkingen optreden. Is echter ook de absorptie uit de darm niet optimaal, zoals dat het geval zal zijn bij een vitamine D-tekort, dan zijn storingen het gevolg. Deze zijn in ons land wel gezien bij jongvee en meststieren die het gehele jaar binnen worden gehouden en die zowel Ca-arm (bijvoorbeeld snijmaïs) als vitamine D-arm werden gevoerd (dit leidde tot rachitis). Ook bij geitenlammeren trad dit beeld binnen enkele weken na de geboorte op door het opfokken met kunstmelkvoeder dat geen (magere) melkpoeder bevatte.

Een relatief zeer ruime voorziening met Ca en P geeft aanleiding tot verharding van het bot. De botresorptie zal dan uiterst gering zijn en de opname uit de darm zeer inefficiënt, ook bij normale vitamine D-verstrekking. Deze toestand kan men bij oudere koeien aantreffen aan het einde van de droogstand. Wanneer vervolgens met de biest relatief grote hoeveelheden Ca worden afgegeven, dan is de aanvoer vanuit de darm en het bot onvoldoende om een tijdelijke daling van het Ca-gehalte van het plasma te voorkomen. De Ca-gehalten van het plasma kunnen dalen tot onder 1,5 mM, wat gepaard kan gaan met het optreden van melkziekte. Melkziekte is het gevolg van het onvermogen van een koe om bij het op gang komen van de lactatie voldoende Ca te mobiliseren, of van een tekortschieten van de regulatie van de Ca-huishouding. Het is dus niet een gevolg van een tekort aan Ca in het lichaam; eerder van een te royale Ca-voorziening respectievelijk slechte Mg-voorziening in de droogstand. De ziekte komt vooral voor bij oudere, melkrijke koeien, zelden bij tweedekalfs koeien en vrijwel nooit bij vaarzen. Bij melkziekte worden de koeien traag, voelen koud aan en kunnen moeilijk overeind komen. Er komt geen mest en urine af en het kalven zet niet door. Onbehandelde melkziekte kan uiteindelijk tot de dood leiden.

Melkziekte komt bij melkkoeien soms ook voor tijdens de lactatie. De oorzaak is vaak niet duidelijk. Gedacht wordt aan een krappe Mg-voorziening, al dan niet in combinatie met een verstoring van de Ca-absorptie in de darm door bijvoorbeeld sterke rantsoenwisselingen of darminfecties. De behandeling is dezelfde als bij melkziekte rond het afkalven.

Bij schapen kan tetanie ten gevolge van Ca-tekort bij een groot aantal dieren min of meer tegelijk optreden. Het betreft vaak drachtige dieren. Na een plotselinge stress (voerverandering, transport) zijn de dieren rusteloos, schrikachtig en vertonen een slingerende gang. Later kan het beeld op dat van melkziekte bij het rund gaan lijken. De dieren kunnen met de achterpoten naar achteren gestrekt liggen en extreem dorstig zijn. Uiteindelijk kunnen ze eraan sterven.

3.5 Calciumovermaat

Behalve de hiervoor reeds genoemde nadelige aspecten van een te ruime Ca-voorziening tijdens de droogstand, kunnen zeer extreme hoeveelheden Ca en P in het rantsoen leiden tot een minder goede opneembaarheid van spoorelementen door het dier. Op klachtenbedrijven, waar vaak meerdere factoren marginaal zijn, is het daarom van belang de voorziening met Ca en P niet te ver boven de behoeftenormen te laten uitgaan. Dit laatste geldt uiteraard ook voor bedrijven waar (nog) geen klachten zijn. Indien P volgens de norm wordt gevoerd, dient de Ca-voorziening niet te royaal te zijn. Door een grote overmaat aan Ca wordt de P-absorptie namelijk lager. Verstrekking van Ca boven de norm wordt wel gebruikt om de P-uitscheiding via de mest te verhogen en dus de P-uitscheiding via de urine te verlagen, zodat minder snel urinestenen zullen ontstaan.

3.6 Opheffen en voorkómen van tekorten

Dieren die lijden aan melkziekte of tetanie moeten worden behandeld met een Ca-Mg-borogluconaat-infuus. Voor een koe is de dosis 7-10 g Ca, voor een schaap en een geit een kwart daarvan. De toediening dient strikt intraveneus en onder controle van de hartslag uitgevoerd te worden. Nabehandeling met een Ca-preparaat (via de bek) is nodig om het dier gedurende de eerste uren van extra Ca te voorzien. Hiermee wordt per keer 100 g Ca verstrekt. Er zijn geen wezenlijke verschillen in Ca-beschikbaarheid tussen de verschillende Ca-bronnen vastgesteld. Na de behandeling moet het dier smakelijk, Ca-rijk voer ter beschikking krijgen.

Is er op een bedrijf met klachten een puur tekort aan Ca geconstateerd, dan kan dit voor de langere termijn in de meeste gevallen het best worden gecorrigeerd door de verstrekking van Ca-zouten, al dan niet in de vorm van speciale krachtvoerders. Daarbij is het zinvol na te gaan of het gebruikelijke mineralenmengsel in het krachtvoer wel juist is, of dat een andere samenstelling moet worden gekozen. Voor het opheffen van tekorten geeft men boven de aangegeven behoefte (Tabel 3.2) aan een volwassen koe gedurende enkele weken circa 20 g Ca per dag, een pink 12 g Ca en een kalf 6 g Ca. Verder kan men door het kie-

zen van andere (ruw)voedermiddelen de Ca-voorziening van het vee in belangrijke mate beïnvloeden. Zo zijn de meeste ruwvoerders uit de akkerbouwsector, zoals vlinderbloemigen (luzerne, klaver, erwten- en bonenloof) en kruisbloemigen (mergkool, spruitkool, stoppelknollen), en ook (citrus)pulp, rijk aan Ca. Snijmaïs en granen zijn zonder uitzondering Ca-arm.

Vaak zal een probleem met de Ca-stofwisseling op een bedrijf zich uiten als een melkziekteprobleem, terwijl mogelijk ook meer dieren aan de nageboorte blijven staan en baarmoederontsteking krijgen. Het voorkómen van melkziekte begint al tijdens de voorafgaande lactatie. Aan het eind van de lactatie en tijdens de droogstand moet vervetting van de koeien vermeden worden. In de laatste weken van de droogstand moeten de gehalten aan Ca niet bewust verhoogd worden, terwijl het Mg-gehalte van het rantsoen gecontroleerd en eventueel aangevuld moet worden. Voor wat betreft het effect van het voeren van een rantsoen met een negatief kation-anion-verschil aan het einde van de droogstand wordt verwezen naar Hoofdstuk 9. Om een goede voeropname rond het kalven te stimuleren moeten de koeien gedurende deze laatste periode van de droogstand al gewend worden aan het ruwvoer van de melkgevende dieren. Op de dag van kalven moet het dier zo min mogelijk afgezonderd worden van de koppel en hetzelfde voer krijgen als waar het al aan gewend is.

Bekalking van de grond heeft slechts een geringe verhogende invloed op het Ca-gehalte van het gras. Mocht een verhoging van het Ca-gehalte van het gewas gewenst zijn, dan kan het inzaaien van een gras-klavermengsel overwogen worden.

4. Fosfor

4.1 Functie, voorkomen en huishouding

4.1.1 Functie en voorkomen

Na calcium (Ca) is fosfor (P) het meest voorkomende mineraal dat aanwezig is in het lichaam van landbouwhuisdieren. Een volwassen koe bevat 4 tot 5 kg P, waarvan ongeveer 80 tot 85% is opgeslagen in het bot en de tanden. In het bot komt het meeste P voor in de vorm van Ca-fosfaat-complexen zoals het amorf tricalciumfosfaat en het kristallijne hydroxyapatiet. Hydroxyapatiet is ruimtelijk verankerd in de organische botmatrixstructuur. Dit P kan in tekortsituaties of door hormonale regulatie worden gemobiliseerd. In het begin van de lactatie vindt een sterke botmobilisatie plaats om aan de sterk stijgende Ca-behoefte voor melkproductie te voldoen. Daarbij wordt tevens P gemobiliseerd, dat –voor zover nodig- wordt gebruikt om in de P-behoefte te voorzien. Het eventueel overtollige P zal uitgescheiden worden. In de loop van de lactatie en de daarop volgende droogstand dient het gemobiliseerde P echter weer te worden aangevuld. Naast de functie van het instandhouden van het botweefsel, fungeert het in het bot opgeslagen P bij (volwassen) dieren dus ook als P-reservoir. De mogelijkheid om P te mobiliseren uit bot neemt af naarmate de dieren ouder worden. Alhoewel de literatuur niet helemaal eenduidig is, en de mate van mobilisatie mogelijk afhankelijk is van de P-status van de dieren, kan worden aangenomen dat ongeveer 30 tot 40% van het P dat in het bot aanwezig is, kan worden gemobiliseerd.

Fosfor is verder betrokken bij een breed scala aan enzymatische reacties in het energiemetabolisme en bij de energieoverdracht in de cel (ATP, ADP, AMP en dergelijke). Fosfor is ook een component van de fosfolipiden. Dit zijn belangrijke bouwstenen van de membranen om en in de cel, en als zodanig betrokken bij de instandhouding van de structuur van de lichaamscellen. Tevens is P onderdeel van DNA en RNA. Verder is P van belang bij de regulering van het zuur-base-evenwicht in het lichaam.

Naast de vele functies die P vervult in het lichaam, is P in het maagdarmkanaal van herkauwers ook een essentieel nutriënt voor de pensmicroben. Het P-gehalte van de micro-organismen in de pens varieert van 2-6% op drogestofbasis; het P is hier vooral aanwezig in nucleïnezuren (80%) en fosfolipiden (10%). Fosfor is verder specifiek nodig voor de synthese van enzymen die betrokken zijn bij de afbraak van celwandbestanddelen in de pens. Daarnaast is P nodig voor de synthese van microbiële ruw eiwit; dit heeft een N/P-verhouding van ongeveer 7:1. Uitgaande van een microbiële ruweiwitsynthese van 150 g per kg fermenteerbaar organische stof betekent dat een vastlegging van 3,4 g microbiële P/kg fermenteerbare organische stof.

4.1.2 Huishouding

Absorptie

Fosfor wordt als fosfaat in de dunne darm geabsorbeerd, met name aan het begin daarvan. Er zijn aanwijzingen dat bij herkauwers vitamine D minder invloed heeft op de P-absorptie dan bij monogastrische dieren. De lage pH in de lebmaag en aan het begin van de dunne darm brengt het fosfaat in oplossing, zodat absorptie kan plaatsvinden. Bij herkauwers is de mate van P-absorptie niet afhankelijk van de Ca-absorptie. In verschillende onderzoeken is gevonden dat in een situatie van P-tekort de absorptie van P maximaal is en de absorptie van Ca afneemt, hetgeen afgeleid werd uit een hogere fecale Ca-uitscheiding. De absorptie van P is vooral een passief proces. De literatuur is niet eenduidig over het belang van de actieve P-absorptie. Dit actieve absorptieproces wordt verondersteld onafhankelijk te zijn van het Ca-transport over de darmwand. Verder schijnt het snel verzadigd te zijn, zodat het passieve absorptieproces overheerst bij normale tot hoge P-gehalten in het darmlumen. In het geval van lage plasma-P-gehalten, stimuleert vitamine D de actieve absorptie van P uit de dunne darm.

Interactie met andere mineralen

Bij jonge dieren wordt P grotendeels samen met Ca opgeslagen in de organische botmatrix in de vorm van Ca-fosfaat-complexen zoals hydroxyapatietkristallen. Deze vastlegging is het netto resultaat van het bot-ombouwproces, waarbij enerzijds P wordt vastgelegd (botmineralisatie) en anderzijds wordt gemobiliseerd (botresorptie). Bij een P-tekort zal minder of geen Ca in bot worden vastgelegd en omgekeerd.

Vanwege het belang van het op peil houden van het Ca-gehalte in het bloedplasma, vindt tijdens het op gang komen van de lactatie, waarbij grote hoeveelheden Ca in de melk worden uitgescheiden, een sterke botresorptie plaats. Doordat Ca en P samen als complex voorkomen in het bot, komt naast Ca ook P vrij uit het bot.

Fosforstromen in het dier

In tegenstelling tot Ca wordt P in bloedplasma niet actief gereguleerd en spelen de hormonen parathyroid hormoon (PTH), calcitonine, en calcitriol een minder duidelijke rol dan in de Ca-huishouding. Bij de regulering van de P-huishouding spelen de aanvoer via het voer, de afvoer via mest en melk, de afgifte van geabsorbeerd P via voornamelijk het speeksel aan het maagdarmkanaal (recirculatie) en de vastlegging of mobilisatie van P uit bot een belangrijke rol. Wanneer herkauwers voldoende structuurrijk materiaal opnemen, wordt met het speeksel een substantiële hoeveelheid P afgegeven. Hierdoor daalt het P-gehalte in bloedplasma zodanig dat er nagenoeg geen P met de urine meer wordt uitgescheiden. Bij een normale herkauwactiviteit is de uitscheiding van P met de urine dan ook nihil. Alleen als de herkauwactiviteit laag is of als er een overmaat aan P wordt verstrekt in relatie tot de behoefte, neemt de P-uitscheiding met de urine toe. Dit betekent dat voor de regulering van de P-balans de absorptie vanuit en de secretie naar het maagdarmkanaal van groot belang zijn.

De speeksel-P-secretie is een actief proces met als gevolg dat er een positieve relatie is tussen het bloedplasma en het speeksel-P-gehalte. De wijze waarop P vanuit het bloed aan de speekselklieren wordt afgegeven is nog niet opgehelderd en ook is het niet duidelijk in hoeverre dit proces onderhevig is aan hormonale regulatie. Er wordt aangenomen dat PTH de speeksel-P-secretie stimuleert, waarschijnlijk niet op een directe maar op een indirecte wijze via de invloed op het P-gehalte in het bloedplasma. De speeksel-P-concentratie is weer afhankelijk van de speekselproductie die op haar beurt weer afhangt van de DS-opname. In speeksel komt P voor in de vorm van orthofosfaat waardoor het vanwege de goede beschikbaarheid snel opneembaar is voor de pensmicroben.

Zoals eerder aangegeven kan P in bot worden opgeslagen, maar ook uit bot worden gemobiliseerd; dit laatste is het geval aan het begin van de lactatie wanneer onder invloed van PTH Ca uit het bot wordt vrijgemaakt. Het is onduidelijk of volwassen dieren P uit bot mobiliseren in een andere periode dan tijdens het begin van de lactatie. Bij een P-tekort in het voer werd een daling gemeten van het PTH-gehalte waardoor de P-secretie via speeksel afnam en de terugresorptie van P in de nieren toenam. Uit het voorgaande komt naar voren dat het op peil blijven van het bloedplasma-P-gehalte bij volwassen dieren vooral wordt gereguleerd door de absorptie en de secretie van P, die beide van invloed zijn op de fecale P-uitscheiding. Bij een laag P-gehalte in het rantsoen zal de P-absorptiecoëfficiënt toenemen en de P-secretie afnemen.

Uitscheiding

Eerder werd reeds aangegeven dat herkauwers doorgaans de overmaat aan P met de mest in plaats van met de urine uitscheiden. De P in de mest bestaat uit niet geabsorbeerd voer-P en endogeen P; het laatste is vooral afkomstig van speeksel-P. Er wordt aangenomen dat ongeveer 80% van de totale hoeveelheid geabsorbeerd P dat weer aan het maagdarmkanaal wordt afgegeven, via de speekselklieren loopt. De totale fecale P-uitscheiding is afhankelijk van de balans tussen de P-opname enerzijds en de behoefte voor groei, melk en foetus anderzijds. Is die balans sterk positief dan zal de fecale P-uitscheiding groter zijn, onder meer als gevolg van een verhoogde P-secretie door de speekselklieren. Hierdoor wordt de totale hoeveelheid P, aanwezig in het maagdarmkanaal, verhoogd en zal de P-absorptie worden gedrukt, zodat er uiteindelijk kwantitatief meer P in de mest wordt uitgescheiden. Hoe sterk de P-absorptiecoëfficiënt afneemt hangt ook af van de mate van P-overmaat in het rantsoen.

Wanneer een deficiënte hoeveelheid P wordt verstrekt komt de fecale P-uitscheiding in de buurt van het zogenaamde onvermijdbaar verlies. Dit onvermijdbaar fecaal P-verlies is onafhankelijk van de P-opname, maar wel afhankelijk van de DS-opname.

De P-uitscheiding in de melk is nagenoeg constant met een gemiddelde waarde van 1,0 g per kg melk. De uitscheiding van P in de urine is verwaarloosbaar als de herkauwactiviteit voldoende is bij normale hoeveelheden P in het rantsoen.

4.2 Fosforbehoefte

De factoren waarmee de P-behoefte van runderen, schapen en geiten kan worden berekend, zijn aangegeven in Tabel 4.1. Voor de onderbouwing van deze factoren wordt verwezen naar CVB Documentatierapport nr. 34. Bij de berekeningen is ervan uitgegaan dat de netto P-behoefte voor onderhoud gelijk is aan het endogeen fecale P-verlies wanneer het dier net voldoende P krijgt om in die behoefte te voorzien. Voor het schatten van de endogene P-verliezen zijn DS-opname, speekselproductie en de speeksel-P-concentratie van belang. De speekselproductie en speeksel-P-concentraties voor de diverse diercategorieën zijn op basis van recent Nederlands onderzoek en overige literatuurgegevens tot stand gekomen. Gebruikmakend van deze factoren is voor elke diercategorie, voorzover er gegevens beschikbaar waren, op dezelfde wijze een schatting gemaakt van het endogene P-verlies en daarmee van de netto behoefte voor onderhoud. Hoewel in recent onderzoek een (relatief zwakke) relatie is gevonden tussen het melk-P-gehalte en het melkeiwitgehalte, wordt in de normstelling uitgegaan van 1,0 g P per kg melk. Daarbij wordt verondersteld dat in het aangehouden absorptiepercentage van 75% voor lacterende koeien voldoende veiligheidsmarge aanwezig is. Hetzelfde wordt verondersteld voor het in het tweede deel van de lactatie en tijdens de droogstand weer aanvullen van de P-verliezen die in het begin van de lactatie zijn opgetreden bij de mobilisatie van hydroxyapatiet uit het bot. Op grond van de factoren vermeld in Tabel 4.1 is de P-behoefte berekend voor diverse categorieën rundvee, schapen en geiten (Tabel 4.2). In deze normen is geen veiligheidsfactor begrepen.

Reeds eerder is aangegeven dat fosfaat in voedermiddelen door de lage pH in de lebmaag en het begin van de dunne darm in oplossing gaat, zodat het kan worden geabsorbeerd. Wat betreft voederfosfaten kan een oplosbaarheid van meer dan 90% in 2% citroenzuur of een ammonium-citroenzuuroplossing als indicatie worden gehanteerd voor een goede P-beschikbaarheid. Van de voederfosfaten zijn de calciummeta- en/of -pyrofosfaatverbindingen op grond van dit criterium minder goed beschikbaar.

In plantaardige voedermiddelen (zowel ruwvoerders als mengvoedergrondstoffen) is een gedeelte van het P gebonden als fytaat-P, dat als zodanig niet beschikbaar is voor het dier. Het fytaat-P wordt echter door bacterieel fytase in de pens afgebroken. In tegenstelling tot recent in vitro onderzoek dat suggereert dat er verschillen zijn in de fytaat-P-afbraak tussen voedermiddelen, kon in darmdoorstromingsproeven in dunnedarmchymus geen fytaat-P worden aangetoond. Daarom wordt aangenomen dat in de herkauwer het fytaat-P (vrijwel) volledig wordt afgebroken en dat er geen rekening hoeft te worden gehouden met verschillen tussen voedermiddelen in het aandeel fytaat-P en de afbraak ervan in in vitro of in situ studies.

Tabel 4.1 Factoren voor het berekenen van de P-behoefte van runderen, schapen en geiten.

Factor	Runderen				Geiten	Schapen
	Melkvee		Vlees- vee	Jongvee/ rosé		
	Droogstand	Lactatie				
Onderhoud (g/kg DS-opname)	1,04	0,81	0,83	0,83/0,95	0,93	0,93
Dracht (g/dag) ¹ 8-3 weken voor geboorte	4,1	-	-	-	0,8	0,8
	5,1	-	-	-	1,0	1,0
Groei (g/kg groei) ²	1,2 + (4,635xVLG ^{0,22} xLG ^{-0,22})				1,2 + (3,188xVLG ^{0,28} xLG ^{-0,28})	
Melk (g/kg)	-	1,0	-	-	1,5	1,5
Werkelijke absorptie (%) ³	75	75	75	75	75	75

- De aanzet per dag wordt berekend met behulp van de formules:
 koe: $0,02743 \times e^{((0,05527-0,000075 \times d) \times d)}$ - $0,02743 \times e^{((0,05527-0,000075 \times (d-1)) \times (d-1))}$
 schaap/geit: $10^{(1,981-(5,862 \times e^{-(-0,01650 \times d)})}$
 d = aantal dagen; in de tabel zijn voor schapen en geiten de behoeften voor een tweelingdracht vermeld, wat betekent dat de uitkomst van de formule met een factor 1,975 is vermenigvuldigd.
- VLG = verwacht volwassen gewicht (kg); LG = actueel lichaamsgewicht (kg).
 Voor het VLG kunnen de volgende waarden worden aangehouden:
 Runderen: melkvee en jongvee 650 kg; vleesvee: vroegrijp type en tussentype 1100 kg, laatrijp type 1150 kg; rosé kalveren 1100 kg;
 Schapen: ooien 75 kg; rammen 115 kg;
 Geiten: geiten 70 kg, bokken 100 kg.
- Aangenomen mag worden dat op P-arme rantsoenen herkauwers P efficiënter absorberen dan hier aangegeven; daardoor zit in de normen berekend op basis van een absorptiepercentage van 75% een veiligheidsmarge.

Tabel 4.2 Fosforbehoefte van verschillende categorieën herkauwers.

Categorie	DS-opname	Bruto behoefte	Norm ⁸	
	(kg)	(g/dier/dag)	(g/dier/dag)	(g/kg DS)
Rundvee				
Vrouwelijk jongvee				
• 4 mnd oud, 850 g groei/dag ¹	3,9	13	13	3,4
• 9 mnd oud, 700 g groei/dag ²	5,6	13	13	2,3
• 16 mnd oud, 625 g groei/dag ³	7,3	13	13	1,8
Melkvee (LG = 650 kg) ⁴				
• Droogstaand, 8-3 weken voor afkalven ⁵	11,5	21	21	1,9
• Droogstaand, 3-0 weken voor afkalven ⁵	11,0	22	22	2,0
• Melkgevend, 20 kg/dag ⁶	18,5	47	47	2,5
• Melkgevend, 40 kg/dag ⁶	23,5	79	79	3,3
Vleesstieren, tussentype ⁷				
• LG = 100 kg, groei 1000 g/dag	3,0	15	15	5,1
• LG = 250 kg, groei 1200 g/dag	6,0	19	19	3,
• LG = 500 kg, groei 1100 g/dag	9,0	20	20	2,2
Rosé kalveren				
• LG = 150 kg, groei 1150 g/dag	4,5	19	19	4,4
• LG = 275 kg, groei 1400 g/dag	7,0	23	23	3,3
Schape				
• Vleeslam, 40 kg, 300 g groei/dag	1,6	4,2	4,2	2,6
• Drachtige ooi (LG = 75 kg), 3-0 weken voor aflammeren	1,9	3,7	3,7	2,2
• Zogende ooi (LG = 75 kg), 3 kg/dag, 2 lammeren	2,6	9,2	9,2	3,5
Geiten				
• Volwassen geit (LG = 70 kg), 8-3 weken voor aflammeren	1,7	3,2	3,2	1,9
• Volwassen geit (LG = 70 kg), melkgevend, 4 kg/dag	3,2	12	12	3,7

¹⁻³ Bij de berekening wordt uitgegaan van het gewicht op resp. 4, 9 en 16 maanden leeftijd: 130 kg, 260 kg en 400 kg (zie Tabellenboek Veevoeding, editie 2004, CVB, Lelystad).

⁴ Voor melkvee wordt uitgegaan van rantsoenen met de volgende energiewaarden per kg DS: 800, 920, 920, en 970 VEM voor resp. droogstaand 8-3, droogstaand 3-0, melkgevend 20 kg en melkgevend 40 kg.

⁵ De DS-opname van droogstaande koeien is gebaseerd op waarnemingen in voederproeven van Praktijkonderzoek ASG te Lelystad en Schothorst Feed Research te Lelystad.

⁶ De DS-opname van melkgevend koeien is gebaseerd op de voeropnamecapaciteit van melkvee en de verzadigingswaarde van gangbare rantsoenen voor de beschreven klassen melkvee.

⁷ Zoals aangegeven door CVB (2004); kruislingen van vroegrijpe dieren en vleesrasstieren.

⁸ Hierin is geen veiligheidsmarge begrepen (zie ook voetnoot 3 bij Tabel 4.1).

4.3 Beoordeling van de voorzieningstoestand

Om een indruk te krijgen omtrent de P-voorziening van melkkoeien kan men het beste afgaan op de gehalten in het voer. Zoals eerder opgemerkt is het P-gehalte in de melk vrij constant; daardoor is het geen geschikte maat voor de voorzieningsgraad. Verder is gebleken dat het bloedplasma-P-gehalte pas in een zeer laat stadium van P-deficiëntie daalt en ook weer snel toeneemt na toediening van extra P. Om die reden valt ook bloedplasma-P af als maat voor de P-voorziening.

4.4 Fosfortekort

Symptomen van P-tekort zullen bij melkvee minder snel zichtbaar worden dan bij groeiende dieren. De reden hiervoor is dat melkvee relatief meer P krijgt aangeboden dan jong- of vleesvee vanwege de hogere netto P-behoefte van melkvee. In een proef met melkkoeien kwamen pas na een half jaar de eerste verschijnselen van P-deficiëntie naar voren. Wanneer melkvee P-arm wordt gevoerd, lijkt het erop dat als eerste de efficiëntie van de P-benutting toeneemt, dat vervolgens P wordt gemobiliseerd en dat als laatste de melkgift daalt. Bij jong- en vleesvee is het gevaar van een verlaagde voeropname, als gevolg van een verminderde microbiële afbraak van voer in de pens, in principe eerder aan de orde, maar praktisch gezien zeer gering. Bij groeiende dieren kan ook de mineralisatie van het bot verstoord zijn. In de praktijk zal het echter zeer zelden voorkomen dat het voer zo weinig P bevat.

4.5 Fosforovermaat

Een overmaat aan P heeft geen echt nadelige gevolgen voor het dier; in de Amerikaanse literatuur wordt bij voldoende Ca een bovengrens aangehouden van 10 g P per kg DS. Bij zeer extreem hoge P-opnames scheidt het dier de overmaat P ook met de urine uit waarbij ook dan die hoeveelheid relatief klein is in vergelijking met de uitscheiding in de mest. Als een overmaat P in het rantsoen van stieren en rammes samengaat met een krappe Ca/P verhouding, neemt het risico op de vorming van urinestenen toe. Als mogelijk indirect effect van P-overmaat kan verder worden genoemd dat de beschikbaarheid van magnesium en van sommige spoorelementen afneemt.

4.6 Opheffen en voorkómen van tekorten en overmaten

Ten aanzien van preventieve maatregelen om P-tekorten te voorkomen dan wel overmaten te vermijden, moet worden opgemerkt dat er eigenlijk geen goede indicatoren zijn om in de praktijk de actuele P-status vast te stellen. Preventie van zowel een tekort als een overmaat zal dus vooral gebaseerd moeten zijn op kennis van het P-gehalte in het rantsoen en een toetsing daarvan aan de berekende behoefte.

Met het oog op het terugdringen van P-verliezen naar het milieu is het aanbevelenswaardig om op de P-norm te voeren. Omdat de fosfaattoestand van de meeste gronden in Nederland ruim voldoende tot goed is en de drijfmest, die rijk aan P is, in het groeiseizoen wordt uitgereden, zal het P-gehalte in ruwvoer veelal hoger zijn dan nodig is om in de P-behoefte te voorzien. Op rantsoenbasis wordt dit hoge P-gehalte wel iets gedrukt als ook snijmaïs deel uitmaakt van het rantsoen. Verder bevatten de meeste mengvoeders geen toegevoegd voederfosfaat, waardoor het P-gehalte afhankelijk is van de grondstoffenkeuze. Als regel zal het P-gehalte in de mengvoeders desondanks hoger liggen dan nodig is om in de behoefte te voorzien (zie Tabel 2 van Bijlage 1).

Mg

5. Magnesium

5.1 Functie, voorkomen en huishouding

Na kalium (K) is magnesium (Mg) het belangrijkste kation in de intracellulaire vloeistof. Ongeveer 29 procent van de totale hoeveelheid Mg in het lichaam (0,45 g/kg lichaamsgewicht) bevindt zich in de intracellulaire vloeistof. Een relatief geringe, doch fysiologisch zeer belangrijke hoeveelheid Mg (1 procent van het totaal) wordt extracellulair aangetroffen. Het overgrote deel van de totale hoeveelheid Mg in het lichaam (70 procent) is vastgelegd in het skelet. De mate waarin Mg kan worden gemobiliseerd vanuit het skelet is onder andere afhankelijk van de leeftijd. Jonge dieren kunnen dit nog redelijk goed, oudere dieren niet meer.

Het element Mg vervult, samen met calcium (Ca), een belangrijke functie bij de geleiding van prikkels door het zenuwstelsel en het correct functioneren van de spieren. Verder is Mg een co-factor voor verschillende enzymen en beïnvloedt het de activiteit van meer dan 300 enzymen die onder meer betrokken zijn bij de energie- en eiwitstofwisseling, de celdeling en de synthese van DNA en RNA. Van praktische betekenis is ook het feit dat Mg een rol speelt bij de secretie van het parathyroid hormoon (PTH), de gevoeligheid van de PTH receptoren en het vitamine D metabolisme.

Het Mg-gehalte van het bloedplasma is bij volwassen dieren de resultante van enerzijds de mate van absorptie en anderzijds de met melk en urine uitgescheiden hoeveelheden Mg. Bij volwassen herkauwers vindt de Mg-absorptie met name plaats vanuit de voormagen, bij niet gespeende kalveren en lammeren en eenmagige dieren vanuit de dunne darm. De hoeveelheid Mg die per dag wordt geabsorbeerd hangt af van de Mg-opname en vooral van de efficiëntie van Mg-absorptie. In een grote serie balansproeven met melkkoeien werd namelijk een gemiddelde absorptiecoëfficiënt van 17 procent gevonden met een spreiding van 5 tot 35 procent. De hoge spreiding kan met name door de variatie in het K-gehalte van rantsoenen worden verklaard, terwijl ook de verschillen tussen individuele dieren vrij groot kunnen zijn.

Wanneer de hoeveelheid geabsorbeerd Mg groter is dan de hoeveelheid Mg die nodig is om de behoefte te dekken, wordt het overschot aan Mg met de urine uitgescheiden. Hieruit volgt dat bij dieren die onvoldoende Mg geabsorbeerd hebben weinig tot geen Mg-uitscheiding met de urine wordt waargenomen en dat de kans op hypomagnesemie vergroot is.

5.2 Magnesiumbehoefte

De factoren waarmee de Mg-behoefte van runderen, schapen en geiten kan worden berekend, zijn aangegeven in Tabel 5.1. Voor de onderbouwing van deze factoren wordt verwezen naar CVB Documentatierapport nr. 35. De aangegeven factoren zijn afgeleid met behulp van gegevens uit de literatuur en dienen te worden beschouwd als schattingen teneinde de Mg-behoefte te kunnen berekenen. Op grond van deze factoren (Tabel 5.1) is de Mg-behoefte bere-

kend voor diverse categorieën rundvee, schapen en geiten (Tabel 5.2). De vermelde absorptiecoëfficiënten zijn op basis van een groot aantal balansproeven met behulp van regressieanalyse afgeleid. Omdat de absorptiecoëfficiënt afhankelijk is van het K-gehalte in het rantsoen is deze opgegeven voor K-gehalten van 15, 30 en 45 g/kg DS. Bij de afleiding van de absorptiecoëfficiënten is geen rekening gehouden met het ruweiwitgehalte (RE) van het rantsoen, omdat op basis van gecontroleerde studies geen effect van RE op de Mg-benutting werd gevonden. Op grond van de gegevens uit de literatuur bleek de efficiëntie van Mg-absorptie tussen individuele dieren sterk te kunnen verschillen. Daarom is de bruto Mg-behoefte vermenigvuldigd met de factor 1,6 teneinde ook dieren met een lagere dan gemiddelde absorptiecoëfficiënt van voldoende Mg te voorzien. Met betrekking tot de opgegeven normen, uitgedrukt in g Mg/kg DS van het rantsoen, dient men zich te realiseren dat hiervoor aannames zijn gedaan met betrekking tot de DS-opname en de energiedichtheid van het rantsoen. Deze kunnen afwijken van een concrete situatie in de praktijk.

Tabel 5.1 Factoren voor het berekenen van de Mg-behoefte van runderen, schapen en geiten.

Factor	Runderen		Schapen	Geiten
	Melkvee	Vleesvee		
Onderhoud (mg/kg lichaamsgewicht)				
Mest	4,0	4,0	3,0	3,0
Urine	0	0	0	0
Huid/zweet	-	-	-	-
Totaal	4,0	4,0	3,0	3,0
Dracht (g/dag)				
8 – 3 weken voor geboorte	0,25 ¹	-	0,7 ²	0,7 ²
3 – 0 weken voor geboorte	0,39 ¹	-	0,7 ²	0,7 ²
Groei (g/kg groei)	0,42	0,42	0,40	0,40
Melk (g/kg)	0,12	-	0,17	0,14
K-gehalte van het rantsoen (g/kg DS)	Werkelijke absorptie (%)³			
15	28	28	34	34
30	21	21	27	27
45	15	15	20	20

¹ Hierbij is uitgegaan van een kalf met een geboortegewicht van 44 kg (CVB Documentatierapport nr. 27).

² Hierbij is uitgegaan van twee lammeren met een gezamenlijk geboortegewicht van 8 kg.

³ Voor afwijkende K-gehalten kunnen de volgende relaties worden gebruikt: melkvee en vleesvee: werkelijke absorptie = $34,9 - 0,450 * K$ (g/kg DS); schapen en geiten: werkelijke absorptie = $40,4 - 0,450 * K$ (g/kg DS).

Tabel 5.2 Magnesiumbehoefte van verschillende categorieën herkauwers.

Categorie	DS-opname	Bruto behoefte	Norm ¹	
	(kg)	(g/dier/dag)	(g/dier/dag)	(g/kg DS)
Rundvee				
Vrouwelijk jongvee				
• 4 mnd oud (850 g groei/dag) ²	3,9	4,2	6,7	1,7
• 9 mnd oud (700 g groei/dag) ³	5,6	6,4	10	1,8
• 16 mnd oud (625 g groei/dag) ⁴	7,3	8,9	14	1,9
Melkvee (LG = 650 kg) ⁵				
• Droogstaand, ⁶ 8-3 weken voor het afkalven	11,5	13,6	22	1,9
• Droogstaand, ⁶ 3-0 weken voor het afkalven	11,0	14,2	23	2,1
• Melkgevend, 20 kg/dag ⁷	18,5	23,8	38	2,1
• Melkgevend, 40 kg/dag ⁷	23,5	35,2	56	2,4
Vleesstieren, tussentype ⁸				
• LG = 100 kg, groei 1000 g/dag	3,0	2,9	4,7	1,6
• LG = 250 kg, groei 1200 g/dag	6,0	5,4	8,6	1,4
• LG = 500 kg, groei 1100 g/dag	9,0	8,8	14	1,6
Rosé kalveren ⁹				
• LG = 150 kg, groei 1150 g/dag	4,5	3,9	6,2	1,4
• LG = 275 kg, groei 1400 g/dag	7,0	6,0	9,6	1,4
Schapen¹⁰				
• Vleeslam, 40 kg, 300 g groei/dag	1,6	0,9	1,4	0,9
• Drachtige ooi (LG = 75 kg), 8-0 weken voor het aflammeren	1,9	1,1	1,7	0,9
• Zogende ooi (LG = 75 kg), 3 kg/dag, 2 lammeren	2,6	2,7	4,4	1,7
Geiten¹⁰				
• Volwassen geit (LG = 70 kg), 8-0 weken voor het aflammeren	1,7	1,0	1,7	1,0
• Volwassen geit (LG = 70 kg), melkgevend, 4 kg/dag	3,2	2,9	4,6	1,4

¹ Bij de berekening van de norm is de bruto behoefte vermenigvuldigd met de factor 1,6.

²⁻⁴ Bij de berekening wordt uitgegaan van het gewicht op resp. 4, 9 en 16 maanden leeftijd: 130 kg, 260 kg en 400 kg (zie Tabellenboek Veevoeding, editie 2004, CVB, Lelystad). Bij de berekening van de bruto behoefte is uitgegaan van een absorptiecoëfficiënt van 21% (30 g K/kg DS, Tabel 5.1).

⁵ Voor melkvee wordt uitgegaan van rantsoenen met de volgende energiewaarden per kg DS: 800, 920, 920, en 970 VEM voor resp. droogstaand 8-3, droogstaand 3-0, lacterend 20 L en lacterend 40 L. Bij de berekening van de bruto behoefte is uitgegaan van een absorptiecoëfficiënt van 21% (30 g K/kg DS, Tabel 5.1).

⁶ De DS-opname van droogstaande koeien is gebaseerd op waarnemingen in voederproeven van Praktijkonderzoek ASG te Lelystad en Schothorst Feed Research te Lelystad.

⁷ De DS-opname van lacterende koeien is gebaseerd op de voeropnamecapaciteit van melkvee en de verzadigingswaarde van gangbare rantsoenen voor de beschreven klassen melkvee.

⁸ Zoals aangegeven door CVB (2004); kruislingen van vroegrijpe dieren en vleesrasstieren. Bij de berekening van de bruto behoefte is uitgegaan van een absorptiecoëfficiënt van 28% (15 g K/kg DS, Tabel 5.1).

- ⁹ Bij de berekening van de bruto behoefte is uitgegaan van een absorptiecoëfficiënt van 27% (30 g K/kg DS, Tabel 5.1).
- ¹⁰ Een overeenkomstig ziektebeeld als hiervoor beschreven kan onder andere ook optreden bij hoge NH_4^+ -gehalten van het bloed (ammoniakvergiftiging), bij Pb-vergiftiging en na het eten van giftige planten. Wanneer echter de Mg-gehalten in het bloed normaal blijven, kan niet van kopziekte worden gesproken.

5.3 Beoordeling van de voorzieningstoestand

Hypomagnesemie wordt regelmatig geconstateerd bij hoogproductieve dieren tijdens de weideperiode, bij laagproductieve dieren op stal en bij droogstaande dieren. Om een indruk te krijgen van de Mg-voorziening van het vee zijn er in principe drie benaderingen :

- het bepalen van het Mg-gehalte in de urine
- het bepalen van het Mg-gehalte in het bloed, en
- het analyseren van het voer op het Mg- en K-gehalte en door middel van een rantsoenberekening de voorziening vaststellen.

Bedacht moet worden dat een wijziging van het rantsoen de Mg-voorziening kan beïnvloeden, zodat deze eventueel opnieuw dient te worden beoordeeld. Een complicatie bij de beoordeling van de Mg-voorziening van het dier is dat de samenstelling van weidegras van perceel tot perceel sterk kan verschillen, waardoor de Mg-voorziening van de dieren in korte tijd ingrijpend kan veranderen. Dit geldt eveneens voor verschillende partijen grassilage.

Zoals reeds vermeld in paragraaf 5.1. wordt het overschot (ten opzichte van de behoefte voor onderhoud en productie, bijvoorbeeld melkproductie) van de geabsorbeerde hoeveelheid Mg uitgescheiden met de urine. Bij een duidelijk tekort aan voeder-Mg is de uitscheiding van Mg met de urine zeer laag en gaat het Mg-gehalte van het bloed dalen. Bij een juist voldoende, ruime of zeer ruime Mg-voorziening wordt in alle gevallen een normaal Mg-gehalte van het bloedplasma gevonden (Tabel 5.3). Hieruit volgt dus dat bij dieren met een Mg-balans = 0, een laag-normaal Mg-gehalte in het plasma verwacht mag worden in combinatie met een (zeer) laag Mg-gehalte in de urine. Verhoging van de Mg-opname zal vervolgens leiden tot een duidelijke stijging van het Mg-gehalte in de urine terwijl het Mg-gehalte in het bloedplasma licht zal stijgen. Uit onderzoek is gebleken dat de Mg-voorziening van runderen gegarandeerd is, indien het Mg-gehalte in de urine tenminste 4 mmol/L (100 mg/L) bedraagt (Tabel 5.4).

Tabel 5.3 Beoordeling van de Mg-gehalten in het bloed¹.

Mg-concentratie bloedplasma		Beoordeling van de Mg-voorziening
mmol/L	mg/L	
0,8 – 1,2	20 – 30	meestal voldoende, ruim of zeer ruim onvoldoende ernstig tekort, kopziektegevaar
0,4 – 0,8	10 – 20	
< 0,4	< 10	

¹ Deze referentiewaarden kunnen ook gebruikt worden ter beoordeling van de Mg-voorziening bij schapen en geiten

Tabel 5.4 Beoordeling van de Mg-gehalten in urine¹.

Mg-gehalte urine		Beoordeling van de Mg-voorziening
mmol/L	mg/L	
> 8	>200	ruim of zeer ruim
4 – 8	100 – 200	voldoende tot ruim
1 – 4	20 – 100	onvoldoende
< 1	< 20	ernstig tekort, kopziektegevaar

¹ Voor het bepalen van het Mg-gehalte in de urine kunnen urinemonsters op elk willekeurig moment van de dag verzameld worden. Het Mg-gehalte van de urine wordt mede bepaald door het urinevolume. Om het Mg-gehalte in de urine te corrigeren voor verschillen in de hoeveelheid geproduceerde urine, kan men naast het Mg-gehalte ook het creatininegehalte bepalen. Hierbij wordt ervan uitgegaan dat de absolute creatinine-uitscheiding met de urine min of meer constant is. Echter, deze wel voorgestane "correctie" van het Mg-gehalte van de urine geeft geen verbetering. De genoemde referentiewaarden mbt het Mg-gehalte in de urine zijn alleen toepasbaar bij melkvee.

5.4 Magnesiumtekort

Een tekort aan Mg heeft kopziekte tot gevolg. De ziekte kan zich in zeer uiteenlopende gradaties en met verschillende ziekteverschijnselen voordoen. Als eerste verschijnsel kan worden opgemerkt dat de dieren een weinig gevulde pens hebben, zich afzonderen van de koppel, soms staan te loeien, onvoldoende grazen en soms een enigszins stijve gang vertonen. In een verder stadium is vaak een zekere nervositeit merkbaar, soms lichte spierrillingen, een enigszins ongecoördineerde gang en een verlaagde melkproductie. In het ernstigste stadium vertoont de patiënt dikwijls ernstige spierrillingen en heftige krampen (tetanie), die soms snel de dood tot gevolg kunnen hebben. In andere gevallen treden deze krampen niet op, maar is er een gedeeltelijke verlamming (parese), waarbij het ziektebeeld meer op melkziekte lijkt.

Gebrek aan Mg bij melkvee en schapen komt in ons land zowel op stal als in de weide voor. De meeste gevallen van kopziekte treden echter op in het voorjaar gedurende de eerste weken van de weideperiode. Perioden met een snelle grasgroei (hoge N- en K-bemesting) zijn het meest gevaarlijk. In sommige jaren, met veel regen in de nazomer en herfst, kan het aantal gevallen in de herfst echter groter zijn dan in het voorjaar. Ook na het inscharen van koeien

in nieuw ingezaaid grasland treedt kopziekte nogal eens op. Oudere dieren zijn gevoeliger dan jongvee en vaarzen. De diagnose "kopziekte" mag alleen worden gesteld indien deze door bloedonderzoek wordt bevestigd.

Voordat sprake is van kopziekte, is de Mg-voorziening reeds suboptimaal, waardoor de dieren in een labiele toestand kunnen komen. Bij hoogdrachtige koeien met een suboptimale Mg-voorziening is de kans op melkziekte toegenomen.

5.5 Magnesiumovermaat

De geadviseerde hoeveelheid Mg om kopziekte te voorkomen is aanzienlijk lager dan de doseringen waarbij overmaatverschijnselen optreden. Het belangrijkste verschijnsel van een overmatige Mg-opname is diarree, die aan het licht treedt wanneer het rantsoen meer dan circa 10 g Mg per kg DS bevat. Echter in de literatuur is melding gemaakt van het feit dat bij Mg-gehalten hoger dan 6 g/kg DS de verteerbaarheid van de DS lager werd. Daarom wordt aanbevolen om rantsoenen niet meer dan 6 g Mg per kg DS te laten bevatten.

5.6 Opheffen en voorkómen van tekorten

5.6.1 Directe maatregelen

Vooraf op bedrijven waar kopziekte is voorgekomen en in perioden met een verhoogde kans op kopziekte, is het belangrijk de dieren regelmatig te observeren. Wanneer zich verschijnselen van kopziekte voordoen, moet snel de hulp van een dierenarts worden ingeroepen om het zieke dier te behandelen. Vervoer van de patiënt voor of direct na de behandeling kan de toestand ongunstig beïnvloeden. Ook andere extra prikkelingen van het dier moeten worden vermeden.

Een goede nazorg van het zieke dier is zeer belangrijk voor een snel en blijvend herstel. Deze bestaat, naast de door de dierenarts gegeven adviezen, in het zo snel mogelijk verstrekken van 30 g Mg per dier per dag, bijvoorbeeld in de vorm van MgO over vochtig voer, of een speciale Mg-brok. Hiermee wordt bereikt dat het Mg-gehalte in het bloed na de behandeling op een normaal niveau blijft door de aanvoer van Mg vanuit het maagdarkanaal. Blijft het alleen bij een door de dierenarts toegepaste behandeling, dan kan binnen 1 à 2 dagen het Mg-gehalte van het bloedplasma weer te laag zijn en kan kopziekte opnieuw optreden.

Wanneer een of enkele dieren op een bedrijf aan kopziekte leiden, moet ook aandacht worden besteed aan de overige dieren, die zich zeer waarschijnlijk ook in een uiterst labiele toestand bevinden. Het Mg-gehalte van het bloed bij deze, op het oog nog dikwijls normale, dieren is vaak eveneens laag tot zeer laag en meerdere gevallen van kopziekte kunnen zich zomaar voordoen. Daarom moeten ook bij deze dieren direct preventieve maatregelen worden genomen om het Mg-gehalte van het bloed op een normaal niveau te brengen, zodat zich geen nieuwe gevallen van kopziekte zullen voordoen.

Indien in Nederland geen preventieve maatregelen tegen het optreden van Mg-gebrek zouden worden genomen, dan zou kopziekte regelmatig voorkomen en in grotere aantallen dan nu het geval is. De chemische samenstelling van het ruwvoer is in vele gevallen zodanig dat de Mg-voorziening van de dieren voortdurend aandacht vraagt.

5.6.2 Preventie door Mg-supplementatie van voer of drinkwater

Om de Mg-voorziening van het vee te verbeteren kan het rantsoen op de volgende manieren met Mg worden gesupplementeerd:

Verstreking van een Mg-rijke brok

Ter voorkoming van kopziekte kan aan het begin van de weideperiode een zogenaamde antikopziektebrok worden verstrekt (1 à 2 kg per dier dag). Deze brok dient minimaal 25 g Mg/kg te bevatten. Het "normale" krachtvoer dient in de weideperiode minimaal 5 g Mg/kg te bevatten. De antikopziektebrok moet dagelijks en over een voldoende lange periode worden verstrekt. In een "vroeg" voorjaar moet langer (4 à 6 weken) extra Mg gegeven worden dan in een "laat" voorjaar. Om de dieren aan de smaak van een Mg-rijke brok te laten wennen, begint men deze te voeren ongeveer een week voor de koeien naar buiten gaan. Naarmate de nazomer en de herfst natter zijn, moet eerder met het voeren worden begonnen. Verse brok wordt beter opgenomen dan oude omdat deze brok harder is geworden. Zijn er moeilijkheden met de opname van de brok, dan is het beter om extra Mg over het voer te strooien.

Op stal verdient de Mg-voorziening aandacht indien naast graskuil veel eenvoudige producten en/of snijmaïskuil worden verstrekt. Aanvulling door middel van een snijmaïskernbrok of een losse verstreking van Mg over het rantsoen (bijvoorbeeld 50 g MgO per dier per dag) is dan op zijn plaats. Voor droogstaande koeien komt snijmaïskernbrok niet in aanmerking vanwege het hoge Ca-gehalte.

Verstreking van Mg in de vorm van MgO of een (multi)mineralenmengsel

Wanneer de Mg-voorziening via het rantsoen te wensen overlaat, wordt in het algemeen aanbevolen om te supplementeren met 30 g Mg (50 g MgO) per dier per dag. Wanneer extra Mg in de vorm van MgO wordt verstrekt, dient men erop toe te zien dat het MgO ook daadwerkelijk door het vee wordt opgenomen en niet op de stalvloer of in de voergoot achterblijft. Ter voorkoming hiervan wordt aanbevolen om MgO over vochtige voedermiddelen te strooien. Verder dient men Mg-bronnen te gebruiken waaruit het Mg in voldoende mate vrijkomt; daarom wordt ontraden magnesiumkrijt of 'doodgebrande' magnesiumoxide te nemen. De mate waarin Mg uit de diverse MgO-bronnen in de pens vrijkomt, hangt af van de oplosbaarheid bij een pH van circa 6,5. Deze is met verschillende testen te bepalen. Van de drie toegepaste testmethoden (citraat-, lactaat- en acetaatmethode) bleek de acetaatmethode de biologische beschikbaarheid van een Mg-bron het best te voorspellen.

Het bestuiven van het gras met Mg voor het inscharen (weideperiode)

Het verstuiven van MgO over het gras vóór het inscharen van de koeien is een methode die hetzelfde gunstige effect heeft als het verstrekken van de speciale Mg-brok. Hiervoor moet poederfijne, goed oplosbare MgO worden gebruikt dat met de hand of kunstmeststrooier gelijkmatig over het gras wordt verstoven. Bij ongelijkmatig strooien loopt men het risico dat de dieren de strooibanen mijden. Per hectare wordt 30 kg MgO verstoven, bij voorkeur wanneer er weinig wind is, en het gras dauwnat is. Blijven de koeien langer dan een week op een bestoven perceel, dan moet de bestuiving herhaald worden; bij zware of langdurige regenval enkele dagen eerder. Voor de duur dat het gras in voorjaar en herfst moet worden bestoven, wordt verwezen naar wat over het verstrekken van MgO-brok is vermeld. Wellicht ten overvloede wordt nog vermeld dat niet én MgO over het gras moet worden verstoven én tegelijkertijd extra Mg moet worden gegeven met Mg-rijke brok. Beide methoden zijn, indien goed toegepast, elk voor zich voldoende om Mg-gebrek bij het vee te voorkomen.

Met betrekking tot de geadviseerde hoeveelheden te supplementeren Mg dient te worden opgemerkt dat deze doorgaans hoger zijn dan wanneer door middel van rantsoenberekening de Mg-voorziening wordt vastgesteld. Bij de genoemde adviezen is echter, om problemen te voorkomen, een royale veiligheidsmarge (paragraaf 5.2) aangehouden.

Via het drinkwater

Magnesium kan ook, via een doseersysteem, aan het drinkwater worden toegevoegd. Deze methode heeft als voordeel dat het gesupplementeerde Mg in een oplosbare vorm door de dieren wordt opgenomen. Echter, de hoeveelheid Mg die extra wordt opgenomen is niet precies bekend, omdat deze afhankelijk is van de afstelling van het doseersysteem (Mg-concentratie in het drinkwater) en van de hoeveelheid drinkwater die wordt opgenomen.

5.6.3 Preventie door Mg-bemesting

Door het toepassen van Mg-bemesting kan het Mg-gehalte van het gras in zekere mate worden verhoogd. Deze verhoging is vooral op kleigronden echter veelal onvoldoende om de Mg-voorziening van de dieren veilig te stellen. Hoewel op zandgrond het effect van een Mg-bemesting op het Mg-gehalte van het gras gunstiger is dan op zwaardere gronden, is het ook hier, vooral op percelen waar zwaar bemest is met drijfmest, noodzakelijk tevens op andere wijze extra Mg te verstrekken (met name in het vroege voorjaar en herfst). Hoge drijfmestgiften (40 m³/ha) leiden tot een hogere K-opname en een lagere Mg-opname door het gras, wat vervolgens een negatief effect heeft op de Mg-absorptie. Om het maximale effect van de Mg-bemesting te verkrijgen moet ernaar worden gestreefd om de K-toestand van de bodem niet hoger dan voldoende te laten zijn (zie Hoofdstuk 2, Tabel 2.2). Voor de uitvoering van de Mg-bemesting wordt verwezen naar de Adviesbasis voor de Bemesting van Grasland en Voedergewassen, 2002.

Na

6. Natrium

6.1 Functie, voorkomen en huishouding

Het natriumgehalte van volwassen koeien en schapen wordt geschat op respectievelijk 1,3 en 1,2 g/kg lichaamsgewicht. Van de totale hoeveelheid natrium (Na) in het lichaam bevindt zich globaal 45 procent in de extracellulaire vloeistof (interstitieel en bloedplasma) en 10 procent intracellulair. De overige 45 procent bevindt zich in het skelet, waarvan ongeveer de helft is vastgelegd door adsorptie aan hydroxyapatietkristallen. Hierdoor is deze fractie slecht uitwisselbaar met het extracellulaire Na. De typische verdeling van Na over de extra- en intracellulaire vloeistof wordt gehandhaafd door de activiteit van Na/K-pompen, die zorgen voor hoge Na-concentraties in de extracellulaire vloeistof (circa 145 mmol/L) en lage Na-concentraties in de intracellulaire vloeistof (circa 13 mmol/L).

Natrium vervult belangrijke functies bij de instandhouding van de waterbalans, het zuur-base evenwicht en de membraanpotentialen. Naast deze fysiologische functies is het element tevens essentieel voor de absorptie van onder andere glucose en sommige aminozuren. Ook wordt waarde toegekend aan het bufferende effect van Na, in combinatie met bicarbonaat (HCO_3^-), in de pens, speciaal op rantsoenen met veel snel fermenteerbare bestanddelen. Het lijkt echter niet waarschijnlijk dat op grond hiervan de behoeftenormen voor Na (en Mg) aanpassing behoeven.

Zoogdieren kunnen erg zuinig met Na omgaan. Natrium wordt over de gehele lengte van het maagdarmkanaal actief geabsorbeerd. Ook is er een aantal hormonen dat specifiek de Na-absorptie vanuit de darm en de resorptie vanuit de nieren stimuleert, zodat de Na-uitscheiding met mest en urine zeer sterk beperkt kan worden. Uit onderzoek met melkkoeien bleek dat deze dieren enkele maanden met een Na-deficiënt rantsoen gevoerd konden worden, zonder dat dit leidde tot gebrekverschijnselen. Ondanks de sterke reductie van de Na-verliezen via mest en urine bleken de dieren in een negatieve Na-balans te verkeren. Dit ging samen met een daling van de Na-concentratie in het speeksel. Aangezien het meeste Na in het pensvocht van het speeksel afkomstig is, werd ook de Na-concentratie in het pensvocht verlaagd. Dit is overigens niet direct nadelig voor de fermentatieprocessen. Door het grote volume van de pens en de mogelijkheid om de Na-concentratie te laten dalen, fungeert het pensvocht als een Na-reserve waaruit het dier kan putten in perioden van een Na-tekort.

6.2 Natriumbehoefte

De factoren waarmee de Na-behoefte van runderen, schapen en geiten kan worden berekend, zijn aangegeven in Tabel 6.1. Voor de onderbouwing van deze factoren wordt verwezen naar CVB Documentatierapport nr. 36. De aangegeven factoren zijn afgeleid met behulp van gegevens uit de literatuur en dienen te worden beschouwd als schattingen teneinde de Na-behoefte te kun-

nen berekenen voor diverse categorieën rundvee, schapen en geiten (Tabel 6.2). Uit de literatuurgegevens bleek dat het Na-gehalte in de melk aan een behoorlijke spreiding onderhevig is. Daarom is de bruto Na-behoefte van melkgevende koeien, schapen en geiten vermenigvuldigd met de factor 1,3. Hierdoor wordt ook bij dieren met een hoger dan gemiddeld Na-gehalte in de melk in de berekende Na-behoefte voorzien. Met betrekking tot de opgegeven normen uitgedrukt in grammen Na per kg DS van het rantsoen, dient men zich te realiseren dat hiervoor aannames zijn gedaan met betrekking tot de DS-opname en de energiedichtheid van het rantsoen. Deze kunnen afwijken van een concrete situatie in de praktijk.

Tabel 6.1 Factoren voor het berekenen van de Na-behoefte van runderen, schapen en geiten.

Factor	Runderen		Schapen	Geiten
	Melkvee	Vleesvee		
Onderhoud (mg/kg lichaamsgewicht)				
Mest	5,1	5,1	5,5	5,5
Urine	1,0	1,0	1,0	1,0
Huid/zweet	0,6	1,0	-	0,6
Totaal	6,7	7,1	6,5	6,7
Dracht (g/dag)				
8 – 3 weken voor geboorte	2,5 ¹	-	0,18 ²	0,18 ²
3 – 0 weken voor geboorte	1,6 ¹	-	0,18 ²	0,18 ²
Groei (g/kg groei)	1,4	1,4	1,1	1,4
Melk (g/kg)	0,46	-	0,40	0,46
Werkelijke absorptie (%)	90	90	90	90

¹ Hierbij is uitgegaan van een kalf met een geboortegewicht van 44 kg (CVB Documentatierapport nr. 27).

² Hierbij is uitgegaan van twee lammeren met een gezamenlijk geboortegewicht van 8 kg.

Tabel 6.2 Natriumbehoefte van verschillende categorieën herkauwers.

Categorie	DS-opname	Bruto behoefte	Norm	
	(kg)	(g/dier/dag)	(g/dier/dag)	(g/kg DS)
Rundvee				
Vrouwelijk jongvee				
• 4 mnd oud (850 g groei/dag) ¹	3,9	2,3	2,3	0,6
• 9 mnd oud (700 g groei/dag) ²	5,6	3,0	3,0	0,5
• 16 mnd oud (625 g groei/dag) ³	7,3	4,0	4,0	0,5
Melkvee (LG = 650 kg) ⁴				
• Droogstaand, 8-3 weken voor afkalven ⁵	11,5	6,6	7,6	0,7
• Droogstaand, 3-0 weken voor afkalven ⁵	11,0	7,6	6,6	0,6
• Melkgevend, 20 kg/dag ⁶	18,5	15,1	20 ⁸	1,1
• Melkgevend, 40 kg/dag ⁶	23,5	25,3	33 ⁸	1,4
Vleesstieren, tussentype ⁷				
• LG = 100 kg, groei 1000 g/dag	3,0	2,3	2,3	0,8
• LG = 250 kg, groei 1200 g/dag	6,0	3,8	3,8	0,6
• LG = 500 kg, groei 1100 g/dag	9,0	5,7	5,7	0,6
Rosé kalveren				
• LG = 150 kg, groei 1150 g/dag	4,5	3,0	3,0	0,7
• LG = 275 kg, groei 1400 g/dag	7,0	4,3	4,3	0,6
Schapen				
• Vleeslam, 40 kg, 300 g groei/dag	1,6	0,7	0,7	0,4
• Drachtige ooi (LG = 75 kg), 3-0 weken voor aflammeren	1,9	0,7	0,7	0,4
• Zogende ooi (LG = 75 kg), 3 kg/dag, 2 lammeren	2,6	1,9	2,4 ⁸	0,9
Geiten				
Volwassen geit (LG = 70 kg), 8-3 weken voor aflammeren				
	1,7	0,7	0,7	0,4
Volwassen geit (LG = 70 kg), melkgevend, 4 kg/dag				
	3,2	2,6	3,3 ⁸	1,0

¹⁻³ Bij de berekening wordt uitgegaan van het gewicht op resp. 4, 9 en 16 maanden leeftijd: 130 kg, 260 kg en 400 kg (zie Tabellenboek Veevoeding, editie 2004, CVB, Lelystad).

⁴ Voor melkvee wordt uitgegaan van rantsoenen met de volgende energiewaarden per kg DS: 800, 920, 920, en 970 VEM voor resp. droogstaand 8-3, droogstaand 3-0, melkgevend 20 kg en melkgevend 40 kg.

⁵ De DS-opname van droogstaande koeien is gebaseerd op waarnemingen in voederproeven van Praktijkonderzoek ASG te Lelystad en Schothorst Feed Research te Lelystad.

⁶ De DS-opname van melkgevend koeien is gebaseerd op de voeropnamecapaciteit van melkvee en de verzadigingswaarde van gangbare rantsoenen voor de beschreven klassen melkvee.

⁷ Zoals aangegeven door CVB (2004); kruislingen van vroegrijpe dieren en vleesrasstieren.

⁸ Bij de berekening van de norm is de bruto behoefte vermenigvuldigd met de factor 1,3.

6.3 Beoordeling van de voorzieningstoestand

Zoals reeds vermeld, zal een verandering van de Na-opname snel tot uitdrukking komen in de hoeveelheid Na die met de urine wordt uitgescheiden. In het geval van Na is het echter niet mogelijk om het Na-gehalte van de urine als een betrouwbaar criterium te hanteren, omdat het gehalte binnen dieren gedurende een etmaal zeer sterk varieert. Ter beoordeling van de Na-voorziening bij herkauwers wordt aanbevolen om speekselmonsters te nemen en vervolgens daarin de Na- en K-gehalten te bepalen. Bij een Na-tekort zal de Na-concentratie in het speeksel gaan dalen. Dit gaat samen met een stijging van de K-concentratie in het speeksel. Deze verandering van de Na- en K-concentraties in het speeksel, ten gevolge van een Na-tekort, zijn al vast te stellen voordat de aan Na gerelateerde gebrekverschijnselen zich uiten. Normale Na- en K- gehalten van runderspeeksel zijn respectievelijk 145 en 8 mmol/L. Voor de beoordeling van de Na-voorziening kunnen de in Tabel 6.3 vermelde waarden voor het Na- en K- gehalte in het speeksel worden gehanteerd.

Tabel 6.3 Grenswaarden voor het Na- en K- gehalte in speeksel (beide zowel in mmol/L als in mg/100 mL) ter beoordeling van de Na-voorzieningstoestand.

Na		K		Beoordeling van de Na-voorziening
mmol/L	mg/100 mL	mmol/L	mg/100 mL	
≥130	≥300	< 13	< 50	voldoende of ruim
90-130	200-300	13-38	50-150	mogelijk onvoldoende; nog geen afwijkingen
45-90	100-200	38-64	150-250	onvoldoende; kans op afwijkingen
< 45	< 100	> 64	> 250	ernstig tekort; gebrekverschijnselen

Bij de interpretatie van de gevonden Na- en K-gehalten van het speeksel moet men erop bedacht zijn, dat een verlaagd Na-gehalte gepaard moet gaan met een verhoogd K-gehalte. Bij een normaal, suboptimaal en een laag Na-gehalte van het speeksel blijft de som van Na en K in mmol/L nagenoeg constant. Wordt zowel een verlaagd Na- als een verlaagd K-gehalte gevonden, dan zal dit in eerste instantie teruggevoerd moeten worden tot een foutieve monstername (zoals verdunning met water) of analysefouten.

Het nemen van speekselmonsters

Het speeksel kan op eenvoudige wijze verkregen worden van de in de bek uitmondende afvoerbuus van de Glandula parotis. Dit gebeurt door een Na-vrij schuimplastic sponsje, ingklemd in een daartoe geschikte tang (bijvoorbeeld een korentang), in de bek te brengen tussen de wang en de kiezenrij van de bovenkaak bij de uitmonding van de klier. Het sponsje (7 x 5 x 1 cm) blijft met behulp van de tang twee à drie minuten tegen de afvoerbuus gedrukt, waarna dit sponsje in een Na-vrij monsterflesje of plastic zakje wordt gedaan. Zonodig

reinigt men, voorafgaand aan de monstername, met een apart sponsje de omgeving van de uitmonding van de parotisklier. De hoeveelheid speeksel uit een sponsje is voldoende voor een Na- en K-bepaling. Het Na-vrij maken van het sponsje kan gebeuren door spoelen in gedestilleerd water en daarna drogen, bijvoorbeeld in een droogstoof bij 70 °C. Bij de monstername, die op elk moment van de dag kan gebeuren, moet verontreiniging door vuile, bezwete handen, water, voedselresten of mondslijm zoveel mogelijk worden voorkomen. Na enige ervaring, die snel wordt opgedaan, is op deze wijze een vlotte bemonstering van een aantal dieren mogelijk.

6.4 Natriumtekort

Wanneer een belangrijk deel van de Na-reserve in het pensvocht verbruikt is, gaan de dieren verschijnselen vertonen als verlaging van de DS-opname en de melkproductie, teruggang in lichaamsgewicht, likzucht en een dorre stugge huid. Tevens zal zowel de urineproductie als de wateropname toenemen. De genoemde gebrekverschijnselen zijn niet specifiek voor een Na-tekort. Daarom zal aanvullend onderzoek nodig zijn om een eventueel Na-tekort te bevestigen. In de literatuur wordt melding gemaakt van een specifieke "zouthonger". Echter, ook bij een adequate Na-voorziening nemen sommige dieren gretig Na(Cl) op wanneer dat beschikbaar is, bijvoorbeeld in de vorm van likblokken. Er blijkt grote variatie in de opname van zout (likblokken) tussen dieren te bestaan, hetgeen impliceert dat een hoge zoutconsumptie geen betrouwbare indicatie is voor een Na-tekort.

6.5 Natriumovermaat

In de praktijk wordt een overmaat aan Na gelijk gesteld aan een overmaat aan zout. De zouttolerantie van herkauwers is zeer groot mits er voldoende zoet drinkwater ter beschikking staat. Met andere woorden, wanneer er na een hoge Na-opname een Na-intoxicatie wordt vastgesteld, is dat meer een gevolg van een tekort aan zoet drinkwater dan een gevolg van de hoge Na-opname als zodanig. Een Na-gehalte in het rantsoen van 16 g/kg DS wordt aangegeven als maximaal aanvaardbaar bij melkvee (mits voldoende zoet drinkwater beschikbaar is). Incidenteel is het voorgekomen dat melkkoeien "kopziekteachtige" verschijnselen vertoonden, waarschijnlijk ten gevolge van het drinken van teveel pekewater. Brak drinkwater, onder andere in buitendijkse gebieden, kan dezelfde verschijnselen geven.

6.6 Opheffen en voorkómen van tekorten

Wanneer men in de praktijk een Na-tekort constateert, dient het rantsoen adequaat aangevuld te worden met Na. Om met name de Na-concentratie van de pensvloeistof versneld te normaliseren kan men gedurende 1 week ongeveer 100 g zout per dier per dag extra verstrekken. Wanneer het rantsoen niet wordt

veranderd, gaat men hierna over op 30 g per dier per dag. In minder ernstige gevallen gedurende de eerste week 50 g en daarna eveneens 30 g.

Met name vanuit preventief oogpunt kan men ook zoutblokken aan het vee ter beschikking stellen. Men dient zich echter te realiseren dat een voldoende opname van Na vanuit zoutblokken niet gegarandeerd is. Zowel luxe consumptie als geen consumptie kan voorkomen bij individuele koeien. Eventueel kan ook pekelwater (2,5 procent NaCl), naast voldoende zoet drinkwater, worden aangeboden om de Na-voorziening van de koeien veilig te stellen.

Tegelijkertijd kan door Na-bemesting de Na-voorziening op de lange termijn veilig worden gesteld. Hierbij kan men denken aan een bemestingsniveau van ongeveer 100 kg landbouwsout per ha. Een gericht advies (kg landbouwsout/ha/snedes) met betrekking tot de Na-bemesting kan men verkrijgen op basis van grond- en/of gewasonderzoek.

Het extra toevoegen van NaCl bij de bereiding van mengvoer voor rundvee is als preventieve maatregel reeds lang ingeburgerd en houdt verband met de in het algemeen te lage Na-gehalten van de belangrijkste mengvoergrondstoffen. Ook snijmaïs heeft van nature een laag Na-gehalte. Bij een groot aandeel ervan in het rantsoen van dieren die weinig of geen mengvoer ontvangen (jongvee, droogstaande dieren) behoeft de Na-voorziening dan ook speciale aandacht.

6.7 Natriumvoorziening bij beweiden

Wanneer geen Na-bemesting heeft plaats gevonden, zijn in de regel de Na-gehalten van het gras in het voorjaar het laagst. In een dergelijke situatie is de kans op het optreden van een Na-tekort het grootst twee weken tot een maand nadat de dieren de weide zijn ingegaan. Wanneer bij dieren onder deze omstandigheden in juni normale Na- en K-waarden in het speeksel worden vastgesteld, is de kans niet groot dat een Na-gebrek gedurende het verdere deel van de weideperiode nog zal optreden.

In zowel Engels als Duits onderzoek is geconstateerd dat hoge Na-gehalten in het gras samengaan met een hogere grasopname, grasbenutting en melkproductie. Een mogelijke verklaring zou kunnen zijn dat de dieren het gras met een hoger Na-gehalte smakelijker vinden. Toevoeging van extra Na aan het krachtvoer leidde namelijk niet tot een hogere grasopname. Het is dus onwaarschijnlijk dat bij het gras met de laagste Na-gehalten sprake was van een Na-tekort. Men dient zich echter wel te realiseren dat bij een hogere Na-opname de dieren meer water drinken hetgeen ook leidt tot een hogere productie van drijfmest.

K

7. Kalium

7.1 Functie, voorkomen en huishouding

In tegenstelling tot de extracellulaire vloeistof die gekenmerkt wordt door hoge Na- en Cl-concentraties, wordt de intracellulaire vloeistof getypeerd door hoge K-concentraties (circa 150 mmol/L). Van de totale hoeveelheid K in het lichaam bevindt zich minimaal 90 procent intracellulair. Ongeveer 75 procent van de hoeveelheid intracellulair K bevindt zich in de spieren, terwijl het overige deel van het intracellulaire K ongeveer gelijk verdeeld is over de rest van de weefsels. De typische verdeling van K over de extra- en intracellulaire vloeistof wordt veroorzaakt door de activiteit van Na/K-pompen die essentieel zijn voor het genereren en in stand houden van membraanpotentialen. Hieruit volgt dat het element K nauw verbonden is met het functioneren van spieren en zenuwen. Verder is K van belang in relatie tot de osmotische druk en speelt het een belangrijke rol bij het zuur-base evenwicht in het lichaam.

Kalium dat met het rantsoen wordt opgenomen, wordt in het maagdarmkanaal in hoge mate geabsorbeerd vanuit de digesta. Op grond van gegevens uit de literatuur bleek de gemiddelde K-absorptie 90 procent van de opname te bedragen. Er zijn op dit moment geen aanwijzingen dat de mate van K-absorptie wezenlijk beïnvloed wordt door de samenstelling van het rantsoen.

Indien de hoeveelheid geabsorbeerd K de behoefte overschrijdt, wordt het overtollige deel uitgescheiden met de urine. Voor het handhaven van de K-balans spelen de nieren dus een belangrijke rol. In geval van een K-tekort zijn de nieren in staat om de verliezen met de urine te reduceren door terugresorptie. Wel is de terugresorptie van K minder efficiënt dan van Na. Gezien de ruime K-gehalten van de voeders is dit onder praktische omstandigheden echter van weinig belang.

7.2 Kaliumbehoefte

De factoren waarmee de K-behoefte van runderen, schapen en geiten kan worden berekend, zijn weergegeven in Tabel 7.1. Voor de onderbouwing van deze factoren wordt verwezen naar CVB Documentatie rapport nr. 37. De aangegeven factoren zijn afgeleid met behulp van gegevens uit de literatuur en dienen te worden beschouwd als schattingen om de K-behoefte te kunnen berekenen voor diverse categorieën rundvee, schapen en geiten (Tabel 7.2). Uit de literatuurgegevens bleek dat het K-gehalte in de melk aan een behoorlijke spreiding onderhevig is. Daarom is de bruto K-behoefte van melkgevende koeien, schapen en geiten vermenigvuldigd met de factor 1,3. Hierdoor wordt ook bij dieren met een hoger dan gemiddeld K-gehalte in de melk in de berekende K-behoefte voorzien. Met betrekking tot het opgegeven K-gehalte van het rantsoen dient men zich te realiseren dat hiervoor aannames zijn gedaan op basis van de DS-opname en de energiedichtheid van het rantsoen. Deze kunnen afwijken van een concrete situatie in de praktijk. Op grond van de gegevens in Tabel 7.2 blijkt dat de K-behoefte van herkauwers, inclusief die van hoogpro-

ductief melkvee, met een K-gehalte in het rantsoen van 8 g K/kg DS volledig wordt gedekt. De verstrekking van K aan rundvee is in de praktijk duidelijk veel hoger.

Tabel 7.1 Factoren voor het berekenen van de K-behoefte van runderen, schapen en geiten.

Factor	Runderen		Schapen	Geiten
	Melkvee	Vleesvee		
Onderhoud (per dag)				
Mest ¹ (mg/kg DS-opname)	2600	2600	1000	2600
Urine (mg/kg lichaamsgewicht)	37,6	37,6	37,5	37,6
Huid/zweet				
(mg/kg lichaamsgewicht)	0,4	0,4	-	0,4
Totaal (g/dag)	$(2600 \cdot DS + 38 \cdot LG) / 1000$		$(1000 \cdot DS + 37,5 \cdot LG) / 1000$	$(2600 \cdot DS + 38 \cdot LG) / 1000$
Dracht (g/dag)				
8 – 3 weken voor geboorte	1,3 ²	-	0,22 ³	0,22 ³
3 – 0 weken voor geboorte	1,9 ²	-	0,22 ³	0,22 ³
Groei (g/kg groei)	2,0 ⁵	2,0 ⁵	1,8	2,0
Melk (g/kg)	1,5	-	1,5	2,1
Werkelijke absorptie (%) ⁴	-	-	-	-

¹ Dit is de som van het endogeen fecaal verlies aan K en het werkelijk niet geabsorbeerde deel van de K-opname, uitgedrukt per kg DS opname.

² Hierbij is uitgegaan van een kalf met een geboortegewicht van 44 kg (CVB Documentatierapport nr. 27).

³ Hierbij is uitgegaan van twee lammeren met een gezamenlijk geboortegewicht van 8 kg.

⁴ Omdat het werkelijk niet geabsorbeerde deel van de K-opname in de uitscheiding via de mest is begrepen, is het vermelden van een absorptiecoëfficiënt niet nodig; in de berekeningen kan een waarde 100 worden aangehouden.

⁵ In CVB Documentatierapport nr. 36 wordt voor dieren met een LG > 500 kg een behoefte van 1,6 g/kg groei aangegeven. Vanwege de onnauwkeurigheid in de schattingen en het geringe verschil t.o.v. de waarde van 2,0 g/kg groei wordt in de Handleiding slechts één waarde per kg groei gehanteerd.

Tabel 7.2 Kaliumbehoefte van verschillende categorieën herkauwers.

Categorie	DS	Bruto	Norm	
	-opname	behoefte	(g/dier/dag)	(g/kg DS)
	(kg)	(g/dier/dag)	(g/dier/dag)	(g/kg DS)
Rundvee				
Vrouwelijk jongvee				
• 4 mnd oud (850 g groei/dag) ¹	3,9	16,8	17	4,3
• 9 mnd oud (700 g groei/dag) ²	5,6	25,8	26	4,6
• 16 mnd oud (625 g groei/dag) ³	7,3	35,4	35	4,9
Melkvee (LG = 650 kg) ⁴				
• Droogstaand, 8-3 weken voor afkalven ⁵	11,5	55,9	56	4,9
• Droogstaand, 3-0 weken voor afkalven ⁵	11,0	55,2	55	5,0
• Melkgevend, 20 kg/dag ⁶	18,5	102,8	134 ⁸	7,2
• Melkgevend, 40 kg/dag ⁶	23,5	145,8	190 ⁸	8,1
Vleesstieren, tussentype ⁷				
• LG = 100 kg, groei 1000 g/dag	3,0	13,6	14	4,5
• LG = 250 kg, groei 1200 g/dag	6,0	27,5	28	4,6
• LG = 500 kg, groei 1100 g/dag	9,0	44,6	45	5,0
Rosé kalveren				
• LG = 150 kg, groei 1150 g/dag	4,5	19,7	20	4,4
• LG = 275 kg, groei 1400 g/dag	7,0	31,5	32	4,5
Schapen				
• Vleeslam, 40 kg, 300 g groei/dag	1,6	3,6	3,6	2,3
• Drachtige ooi (LG = 75 kg), 3-0 weken voor aflammeren	1,9	4,9	4,9	2,6
• Zogende ooi (LG = 75 kg), 3 kg/dag, 2 lammeren	2,6	9,9	13 ⁸	5,0
Geiten				
• Volwassen geit (LG = 70 kg), 8-3 weken voor aflammeren	1,7	7,3	7,3	4,3
• Volwassen geit (LG = 70 kg), melkgevend, 4 kg/dag	3,2	19,4	25 ⁸	7,9

¹⁻³ Bij de berekening wordt uitgegaan van het gewicht op resp. 4, 9 en 16 maanden leeftijd: 130 kg, 260 kg en 400 kg (zie Tabellenboek Veevoeding, editie 2004, CVB, Lelystad).

⁴ Voor melkvee wordt uitgegaan van rantsoenen met de volgende energiewaarden per kg DS: 800, 920, 920, en 970 VEM voor resp. droogstaand 8-3, droogstaand 3-0, melkgevend 20 kg en melkgevend 40 kg.

⁵ De DS-opname van droogstaande koeien is gebaseerd op waarnemingen in voederproeven van Praktijkonderzoek ASG te Lelystad en Schothorst Feed Research te Lelystad.

⁶ De DS-opname van melkgevend koeien is gebaseerd op de voeropnamecapaciteit van melkvee en de verzadigingswaarde van gangbare rantsoenen voor de beschreven klassen melkvee.

⁷ Zoals aangegeven door CVB (2004); kruislingen van vroegrijpe dieren en vleesrasstieren.

⁸ Bij de berekening van de norm is de bruto behoefte vermenigvuldigd met de factor 1,3.

7.3 Kaliumtekort

Gedocumenteerde klinische verschijnselen als gevolg van een K-tekort zijn schaars. Er zijn symptomen als verlaagde eetlust, lagere groei, spierzwakte en intracellulaire acidose gerapporteerd. Het vóórkomen van een K-tekort in de praktijk is echter zeer onwaarschijnlijk omdat de K-gehalten van gangbare rantsoenen (veel) hoger zijn dan minimaal benodigd (Tabel 7.2). Het is daarom weinig zinvol om maatregelen ter preventie van een K-tekort te bespreken.

7.4 Kaliumovermaat

Zoals reeds vermeld is in de praktijk de K-opname vele malen hoger dan nodig is om de behoefte te dekken. Men zou daarom kunnen veronderstellen dat het gevaar van een K-intoxicatie reëel aanwezig is, maar K-intoxicaties door een te hoge K-opname komen in de praktijk niet voor. Kennelijk zijn de nieren in staat grote hoeveelheden K uit te scheiden om zodoende het plasma-K-gehalte binnen de fysiologische grenzen te handhaven. Vanuit het oogpunt van diergezondheid is onder praktische omstandigheden een verminderde magnesiumbenutting het belangrijkste effect van een te hoge K-opname (zie Hoofdstuk 5: Magnesium).

Een hoog K-gehalte van het gras is meestal het gevolg van een te ruime K-bemesting. Deze kan weer het directe gevolg zijn van een hoog K-gehalte in drijfmest en/of te hoge drijfmestgiften. Op bedrijven met een positieve K-balans (hoge veebezetting) kan gemakkelijk een vicieuze cirkel ontstaan, omdat het K-gehalte in drijfmest toeneemt naarmate het K-gehalte van het gras hoger is. Tevens zal het milieu op een ongewenste wijze belast worden. Verder wordt eraan herinnerd, dat een hoge K-toestand van de grond een duidelijk verlagende invloed heeft op de opname van Na, Ca en Mg door de plant. K-bemestingen hebben uiteraard eenzelfde effect. Ook om verdere risico's voor de gezondheid van het rund (Mg-voorziening) door een (te) ruime K-opname te beperken, zou in de weidebouw gestreefd moeten worden naar gehalten in het gewas die niet hoger zijn dan nodig voor een optimale grasproductie. Ter indicatie kan hierbij worden aangegeven dat bij RE-gehalten in het gras van 150 en 200 g/kg DS een K-gehalte past van respectievelijk 27 en 31 g/kg DS. Onder de voorwaarde dat drijfmest niet buiten het bedrijf kan worden afgezet, zijn te hoge K-gehalten in het gras alleen te vermijden bij een relatief lage veebezetting (lager dan ongeveer 2 GVE/ha).

8. Chloor

8.1 Functie, voorkomen en huishouding

Het chloride-ion (Cl^-) komt in hoge concentraties voor in de extracellulaire vloeistof: circa 105 mmol/L in interstitiële vloeistof en circa 112 mmol/L in bloedplasma. Samen met het aanwezige bicarbonaat neutraliseert Cl^- het aanwezige natrium (Na^+). Hieruit volgt dat het Cl^- -ion een belangrijke determinant is van de osmolariteit van de extracellulaire vloeistof. De Cl^- -concentratie varieert echter veel meer dan de Na^+ -concentratie en schommelingen in de Cl^- -concentratie gaan samen met veranderingen van de HCO_3^- -concentratie ter handhaving van elektrische neutraliteit. Het is duidelijk dat een verandering van de HCO_3^- -concentratie gevolgen heeft voor het zuur-base evenwicht in de extracellulaire vloeistof. Verder speelt Cl^- een belangrijke rol bij de ademhaling in de longen (chloride-shift) en de vorming van zoutzuur in de maag.

Absorptie van Cl^- vindt plaats zowel in de pens als in de darmen, terwijl in boek- en lebmaag Cl^- uitgescheiden wordt naar het lumen. Indien de hoeveelheid geabsorbeerd Cl^- groter is dan nodig, wordt het overtollige deel uitgescheiden met de urine. In geval van een Cl^- -tekort zijn de nieren in staat om de verliezen met de urine tot vrijwel nul te reduceren.

8.2 Chloorbehoefte

De factoren waarmee de Cl^- -behoefte van runderen, schapen en geiten kan worden berekend, zijn weergegeven in Tabel 8.1. Voor de onderbouwing van deze factoren wordt verwezen naar CVB Documentatierapport nr. 38. De aangegeven factoren zijn afgeleid met behulp van gegevens uit de literatuur en dienen te worden beschouwd als schattingen teneinde de Cl^- -behoefte te kunnen berekenen voor diverse categorieën rundvee, schapen en geiten (Tabel 8.2). Voor schapen en geiten zijn geen cijfers bekend over de Cl^- -behoefte tijdens de dracht. Ter indicatie van de Cl^- -behoefte tijdens de dracht bij schapen en geiten kan de Na^+ -behoefte tijdens de dracht bij melkvee als uitgangspunt dienen. Om te corrigeren voor het massaverschil van een Cl^- - ten opzichte van een Na^+ -aatom, dient - als deze wordt uitgedrukt op gewichtsbasis - de Na^+ -behoefte met een factor 1,5 te worden vermenigvuldigd om de Cl^- -behoefte te verkrijgen. Hierbij wordt dus impliciet aangenomen dat de behoefte aan zowel Na^+ als Cl^- tijdens de dracht opgevat wordt als een behoefte aan zout (NaCl). Uit de literatuurgegevens bleek dat het Cl^- -gehalte in de melk aan een behoorlijke spreiding onderhevig is. Daarom is de bruto Cl^- -behoefte van melkgevende koeien, schapen en geiten vermenigvuldigd met de factor 1,3. Hierdoor wordt ook bij dieren met een hoger dan gemiddeld Cl^- -gehalte in de melk in de berekende behoefte aan Cl^- voorzien. Met betrekking tot het opgegeven Cl^- -gehalte van het rantsoen dient men zich te realiseren dat hiervoor aannames zijn gedaan op basis van de DS-opname en de energiedichtheid van het rantsoen. Deze kunnen afwijken van een concrete situatie in de praktijk.

Tabel 8.1 Factoren voor het berekenen van de CI-behoefte van runderen, schapen en geiten.

Factor	Runderen		Schapen	Geiten
	Melkvee	Vleesvee		
Onderhoud (mg/kg lichaamsgewicht)				
Mest	7,9	7,9	7,9	7,9
Urine	-	-	-	-
Huid/zweet	0,8	1,0	0,8	0,8
Totaal	8,7	8,9	8,7	8,7¹
Dracht (g/dag)				
8 – 3 weken voor geboorte	1,3 ²	-	0,3 ³	0,3 ³
3 – 0 weken voor geboorte	2,0 ²	-	0,3 ³	0,3 ³
Groei (g/kg groei)	1,0	1,0	0,8	1,0 ¹
Melk (g/kg)	1,0	-	0,9	1,6
Werkelijke absorptie (%)	90	90	90	90 ¹

¹ De factoren om de CI-behoefte van geiten te berekenen zijn niet bekend. De gekozen factoren ter berekening van de onderhoudsbehoefte voor CI en de CI-behoefte voor groei bij geiten zijn arbitrair, en gelijk gesteld aan die van rundvee.

² Er is uitgegaan van een kalf met een geboortegewicht van 44 kg (CVB Documentatierapport nr. 27).

³ Hierbij is uitgegaan van twee lammeren met een gezamenlijk geboortegewicht van 8 kg.

Tabel 8.2 Chloorbehoefte van verschillende categorieën herkauwers.

Categorie	DS-	Bruto	Norm	
	opname	behoefte	(g/dier/dag)	(g/kg DS)
	(kg)	(g/dier/dag)	(g/dier/dag)	(g/kg DS)
Rundvee				
Vrouwelijk jongvee				
• 4 mnd oud (850 g groei/dag) ¹	3,9	2,2	2,2	0,6
• 9 mnd oud (700 g groei/dag) ²	5,6	3,3	3,3	0,6
• 16 mnd oud (625 g groei/dag) ³	7,3	4,6	4,6	0,6
Melkvee (LG = 650 kg) ⁴				
• Droogstaand, 8-3 weken voor afkalven ⁵	11,5	7,7	7,7	0,7
• Droogstaand, 3-0 weken voor afkalven ⁵	11,0	8,5	8,5	0,8
• Melkgevend, 20 kg/dag ⁶	18,5	28,5	37 ⁸	2,0
• Melkgevend, 40 kg/dag ⁶	23,5	50,7	66 ⁸	2,8
Vleesstieren, tussentype ⁷				
• LG = 100 kg, groei 1000 g/dag	3,0	2,1	2,1	0,7
• LG = 250 kg, groei 1200 g/dag	6,0	3,8	3,8	0,6
• LG = 500 kg, groei 1100 g/dag	9,0	6,2	6,2	0,7
Rosé kalveren				
• LG = 150 kg, groei 1150 g/dag	4,5	2,8	2,8	0,6
• LG = 275 kg, groei 1400 g/dag	7,0	4,3	4,3	0,6
Schapen				
• Vleeslam, 40 kg, 300 g groei/dag	1,6	0,7	0,7	0,4
• Drachtige ooi (LG = 75 kg), 3-0 weken voor aflammeren	1,9	1,1	1,1	0,6
• Zogende ooi (LG = 75 kg), 3 kg/dag, 2 lammeren	2,6	3,7	4,8 ⁸	1,9
Geiten				
• Volwassen geit (LG = 70 kg), 8-3 weken voor aflammeren	1,7	1,0	1,0	0,6
• Volwassen geit (LG = 70 kg), melkgevend, 4 kg/dag	3,2	7,8	10 ⁸	3,2

¹⁻³ Bij de berekening wordt uitgegaan van het gewicht op resp. 4, 9 en 16 maanden leeftijd: 130 kg, 260 kg en 400 kg (zie Tabellenboek Veevoeding, editie 2004, CVB, Lelystad).

⁴ Voor melkvee wordt uitgegaan van rantsoenen met de volgende energiewaarden per kg DS: 800, 920, 920, en 970 VEM voor resp. droogstaand 8-3, droogstaand 3-0, melkgevend 20 kg en melkgevend 40 kg.

⁵ De DS-opname van droogstaande koeien is gebaseerd op waarnemingen in voederproeven van Praktijkonderzoek ASG te Lelystad en Schothorst Feed Research te Lelystad.

⁶ De DS-opname van melkgevend koeien is gebaseerd op de voeropnamecapaciteit van melkvee en de verzadigingswaarde van gangbare rantsoenen voor de beschreven klassen melkvee.

⁷ Zoals aangegeven door CVB (2004); kruislingen van vroegrijpe dieren en vleesrasstieren.

⁸ Bij de berekening van de norm is de bruto behoefte vermenigvuldigd met de factor 1,3.

8.3 Beoordeling van de voorzieningstoestand

In geval van een Cl-deficiëntie zal de hoeveelheid Cl die met de urine wordt uitgescheiden zeer laag zijn (minder dan 5 mmol Cl/L). Het Cl-gehalte van de urine levert echter niet altijd eenduidige informatie met betrekking tot de Cl-status van het dier, omdat de Cl-gehalten van urine sterk kunnen variëren ten gevolge van verschillen in maagsapsecretie in de loop van de dag. Ter beoordeling van de Cl-voorziening bij herkauwers wordt aanbevolen om bloed af te nemen en vervolgens de Cl- en K-gehalten in het plasma te bepalen. Bij een Cl-tekort zal een lage Cl-concentratie (minder dan 85 mmol/L) in het plasma worden aangetroffen, hetgeen samengaat met een lage K-concentratie (minder dan 3,6 mmol/L). Tenslotte dient opgemerkt te worden dat onder praktische omstandigheden de kans op een Cl-tekort erg klein is. Specifiek te nemen rantsoenmaatregelen bij een Cl-tekort zijn niet gerapporteerd.

8.4 Chloortekort

Klinische verschijnselen van een Cl-tekort zijn waargenomen bij melkkoeien die vanaf een week na het afkalven gedurende 8 tot 11 weken een rantsoen kregen met 1 g Cl/kg DS. De verschijnselen waren weinig specifiek, zoals pica (een ziekelijke lust om oneetbare dingen, zoals zand, te eten), sloomheid, niet of slecht eten, knarsetanden, minder melk en constipatie. Tevens kan zowel de urineproductie als de consumptie van water toenemen. Aanvullend onderzoek zal nodig zijn om de diagnose te bevestigen. Langdurige Nederlandse voederproeven met melkgevende koeien op een rantsoen met 5 g Cl/kg DS, lieten zien dat dit Cl-niveau ruimschoots voldoende is. In een Amerikaans onderzoek met stierkalveren gaf een rantsoen met 0,38 g Cl/kg DS na 7 weken voeding nog geen duidelijke gebrekverschijnselen te zien. Wel werden in het bloed verschuivingen in de gehalten vastgesteld die op den duur wellicht tot problemen zouden hebben geleid.

Omtrent de Cl-gehalten van graslandproducten in ons land kan worden opgemerkt dat gehalten beneden 5 g Cl/kg DS vrijwel niet worden aangetroffen. Dieren die mengvoer ontvangen krijgen met het daaraan toegevoegde zout nog eens extra Cl binnen.

Maïssilage (1,8 g Cl/kg DS), bietenpulp, granen, bostel, sojaschroot en katoenzaadschroot zijn chloorarme producten. Rantsoenen rijk aan maïssilage en aangevuld met enkelvoudige producten, kunnen theoretisch te weinig Cl bevatten.

8.5 Chloorovermaat

Voor zover bekend is een specifieke Cl-intoxicatie niet beschreven en in de praktijk wordt een overmaat aan Cl gelijk gesteld aan een overmaat aan zout (zie Hoofdstuk 6: Natrium).

KAV

9. Kation-anion verschil (KAV) in rundveerantsoenen

9.1 Algemeen

De minerale bestanddelen in het voer worden als elektrisch geladen deeltjes (ionen) vanuit het darmlumen in het bloed opgenomen. Wanneer ongelijke hoeveelheden milli-equivalenten (meq) niet-metaboliseerbare kationen (positief geladen ionen) en anionen (negatief geladen ionen) geabsorbeerd worden, kan het zuur-base-evenwicht in het bloed verschuiven. Typische rundveerantsoenen zijn vaak rijk aan kalium (K). De concentratie (meq) van K plus Na is gemiddeld wel 3 à 4 maal hoger dan die van chloor (Cl). Ondanks de soms extreem hoge K-gehalten in het voer handhaven herkauwers toch een normale pH waarde in het bloed (7,4). De overmaat aan kationen wordt tezamen met bicarbonaat in de urine uitgescheiden, waardoor deze sterk alkalisch wordt (pH > 8,5).

In het geval dat er (veel) meer anionen dan kationen worden geabsorbeerd, kan de pH van het bloed dalen en kan er zelfs een metabole acidose optreden. Normaliter wordt een metabole acidose voorkomen, in eerste instantie door terugresorptie van bicarbonaat door de nieren en in tweede instantie door excretie van H^+ in de urine in de vorm van NH_4^+ . Het gevolg hiervan is dat de pH van de urine gaat dalen.

Hoewel alle vanuit het voer geabsorbeerde ionen in principe invloed kunnen uitoefenen op het zuur-base-evenwicht in het bloed en de pH van de urine, zijn Na^+ , K^+ , Cl^- en SO_4^{2-} het meest invloedrijk. Dit blijkt ook uit het feit dat een berekening van het KAV aan de hand van $KAV \text{ (in meq per kg)} = (Na^+ + K^+) - (Cl^- + SO_4^{2-})$ in de praktijk goed voldoet. Daarbij wordt voor het aantal milli-equivalenten SO_4^{2-} meestal gerekend met S in plaats van SO_4^{2-} (zie Tabel 9.1). Dit vanwege het feit dat het zwavelgehalte in voedermiddelen als regel wordt weergegeven in g S/kg (DS).

Tabel 9.1 Rekenvoorbeeld (rantsoen met, op DS basis, 65% graskuil en 35% snijmaïs)¹

	Na ⁺	K ⁺	Cl ⁻	S ²⁻
Graskuil (g/kg DS)	2,2	34,0	7,5	2,8
Snijmaïs (g/kg DS)	0,2	12,7	3,6	1,0
Totaal rantsoen (g/kg DS)	1,5	26,5	6,1	2,2
Conversiefactor ²	43,5	25,6	28,2	62,4
meq/kg DS	65,3	678,4	172,0	137,3
KAV	(Na⁺ + K⁺) - (Cl⁻ + S²⁻) = 434 meq/kg DS			

¹ Het aanwezige S in voeders zal vaak organisch gebonden zijn, vooral in S-houdende aminozuren. Na absorptie en metabolisering van de S-houdende aminozuren wordt S in de lever geoxideerd tot SO₄²⁻ en vervolgens met de urine uitgescheiden. Hoewel S in de vorm van SO₄²⁻ voor het zuur-base evenwicht van betekenis is, wordt in de praktijk vaak het S-gehalte in het voer als zodanig gebruikt ter berekening van het KAV. In deze berekening wordt er dus van uitgegaan dat alle S in het voer geabsorbeerd en geoxideerd wordt. Gras van intensief gebruikte weiden bevat vaak meer S dan in eiwit aanwezig is (N:S = 14:1). Volgens Engels onderzoek varieert het S-gehalte van gras van 0,22 tot 0,62% in de DS; hiervan was 21 tot 70% (gemiddeld 48%) niet organisch gebonden S.

² Conversiefactor = 1000 (g/kg) * aantal equivalenties / atoommassa

9.2 KAV en preventie melkziekte

In de droogstand is een anionrijke voeding (negatief KAV) voor melkvee van belang ter preventie van melkziekte. Uit onderzoek is gebleken dat bij herkauwers een verlaging van de pH van de urine samengaat met een verhoging van de Ca-uitscheiding via de urine. Gewoonlijk is de hoeveelheid Ca die met de urine wordt uitgescheiden heel gering (circa 0,5 g Ca/dag). Na verstrekking van rantsoenen met een hoog Cl⁻ en/of S-gehalte (negatief KAV), neemt de Ca-uitscheiding met de urine aanzienlijk toe. In verschillende proeven met droogstaande koeien die rantsoenen kregen met een negatief KAV, zijn Ca-uitscheidingen met de urine vastgesteld van 3 tot 6 g per dag. Ter compensatie van de Ca-verliezen met de urine zal de Ca-absorptie toenemen. Dit zal een gunstige invloed hebben op de Ca-absorptie aan het begin van de lactatie, omdat dan een groter deel van het Ca uit voer geabsorbeerd kan worden en het risico van hypocalcemie en melkziekte rond en na het afkalven zal afnemen. Mogelijk dat ook een toegenomen resorptie van Ca uit het bot nog daaraan bijdraagt. Proefuitkomsten daarover zijn echter niet eenduidig.

In praktijkonderzoek met koeien in de droogstand bleken rantsoenen met een laag KAV het aantal gevallen van melkziekte te verlagen ten opzichte van de controlerantsoenen met een normaal of hoog KAV. Echter, in andere proeven werd geen significant verschil gezien. De effectiviteit van een rantsoen met een laag KAV ter preventie van melkziekte lijkt onder meer afhankelijk van het Ca-niveau in het voer en het voerniveau.

Voor een succesvolle toepassing lijken de volgende richtlijnen van belang:

- het KAV van het droogstandrantsoen moet negatief zijn (-50 tot -100 meq/kg DS). Om een te hoge mate van verzuring van de koe te voorkomen wordt aanbevolen een rantsoen met een KAV van uiterlijk -200 meq/kg DS te verstrekken,
- dit rantsoen dient vanaf minimaal drie weken voor het afkalven te worden verstrekt,
- het Ca-gehalte van het droogstandrantsoen en het voerniveau mogen niet te hoog zijn,
- op de dag van afkalven, en daarna, dient te worden gezorgd voor een voldoende hoog Ca-gehalte in het rantsoen en dient te worden gestopt met een rantsoen met een negatief KAV.

9.3 KAV en melkgift

Met betrekking tot het gewenste niveau van het KAV in rantsoenen voor melkgevende koeien zijn de literatuurgegevens schaars. Op basis van deze gegevens komt de suggestie naar voren dat een KAV in rantsoenen voor melkgevende dieren in het bereik van ongeveer +250 tot +500 meq/kg DS als optimaal beschouwd kan worden. Echter, de K-gehalten van de experimentele rantsoenen varieerden van 9 tot 22 g/kg DS. Aangezien onder Nederlandse omstandigheden de K-gehalten (veel) hoger zijn, is het onduidelijk in hoeverre de uitkomsten van het (Amerikaanse) onderzoek geëxtrapoleerd kunnen worden naar de Nederlandse praktijk.

9.4 KAV ter preventie van de vorming van urinestenen

De aanwezigheid van urinestenen (struviet) bij intensief gevoerde (ram)lammeren kan een belangrijke reden van uitval zijn. Aangezien struvietkristallen alleen kunnen neerslaan bij een pH-waarde van de urine van 6,5 en hoger, wordt in de praktijk vaak een negatief KAV toegepast bij intensief gevoerde lammeren. Het voeren van een rantsoen met een negatief KAV kan de pH van de urine verlagen. Uit de schaarse literatuurgegevens kan worden afgeleid dat verstrekking van een rantsoen met een KAV van ongeveer -150 meq/kg DS samengaat met een zodanig lage pH-waarde van de urine, dat de vorming van struvietkristallen kan worden voorkómen.

10. Zwavel

10.1 Functie, voorkomen en huishouding

Zwavel (S) is een bestanddeel van de aminozuren methionine, cysteïne en cystine. Methionine is voor alle dieren een essentieel aminozuur. Afhankelijk van het gehalte aan S-houdende aminozuren bevatten eiwitten 13 tot 15-maal zoveel stikstof (N) als S.

Herkauwers zijn voor hun eiwitvoorziening in hoge mate afhankelijk van het in de pens gevormde microbiële eiwit. Voor de eiwitsynthese hebben pensbacteriën onder andere S nodig. De voeding van herkauwers bevat S in organische en anorganische vorm. Organisch S bevindt zich hoofdzakelijk in de eiwitfractie van het rantsoen. Het anorganisch S in het voer is in de vorm van sulfaat (SO_4^{2-}), sulfiet en sulfide. Hoewel in de meeste voedermiddelen S hoofdzakelijk is gebonden in eiwitten, kan in gras het aandeel niet-eiwit-S groter zijn dan dat van de eiwitfractie. In mineralensupplementen komt S voor als anion (met name sulfaat). Drinkwater kan ook een bron van S-verbindingen zijn.

In de pens produceren de bacteriën sulfide - in de vorm van H_2S en HS^- - uit onbestendige eiwitten en anorganisch voer-S. Vervolgens wordt het sulfide in penssap gebruikt als bouwsteen voor de microbiële eiwitsynthese. Wanneer de productie van H_2S uit onbestendig eiwit limiterend zou zijn voor de microbiële eiwitsynthese, dan kan anorganisch S uit de voeding het tekort opheffen. Voor hun eigen stofwisseling hebben herkauwers geen behoefte aan anorganische S-verbindingen, maar wel aan S-houdende aminozuren.

De voorziening van herkauwers met S-houdende aminozuren vindt plaats door opname in de dunne darm vanuit verteerd bestendig voereiwit en microbiële eiwit. De aminozuren kunnen in het lichaam gebruikt worden voor eiwitsynthese of oxidatie, hetzij direct of na eiwitkatabolisme. Bij de afbraak van S-houdende aminozuren komt S vrij, dat in de lever geoxideerd wordt tot sulfaat. In de darm geabsorbeerd niet-eiwit-S leidt ook tot de vorming van sulfaat. Het als zodanig geabsorbeerde sulfaat en het sulfaat dat in de stofwisseling wordt gevormd, wordt grotendeels via de urine uitgescheiden. Recirculatie van sulfaat via speeksel is kwantitatief niet van betekenis en draagt dus niet bij aan de hoeveelheid sulfide in de pens.

10.2 Zwavelbehoefte

De gewenste S-opname door herkauwers wordt bepaald door de behoefte aan S-substraat voor de pensmicroben. Wanneer de eiwitvoorziening adequaat is en de onbestendig eiwitbalans (OEB) positief, zal de hoeveelheid sulfide in de pens als regel niet beperkend zijn voor de groei van de pensbacteriën. Bij een eiwitarm rantsoen met een additionele niet-eiwit N-bron, bijvoorbeeld bij een snijmaïsrantsoen met ureum, kan een geringe S-voorziening van de pensmicroben hun activiteit en groei beperken. Naast ureum dient dan ook een hoeveelheid sulfaat aan het voer te worden toegevoegd, zodanig dat voor het totale rantsoen de N:S-verhouding ongeveer 14,5:1 is. Deze verhouding is

gebaseerd op de gemiddelde samenstelling van werkelijk eiwit, dat wil zeggen ruw eiwit (berekend op basis van het N-gehalte) exclusief niet-eiwit-N. Echter, de N:S-verhouding in het rantsoen zal niet onder alle omstandigheden overeenkomen met de voor de microben beschikbare N:S-verhouding in penssap. Uiteraard is de groei van pensmicroben meer afhankelijk van de hoeveelheden beschikbaar N en S dan van de N:S-verhouding. Wanneer het rantsoen voldoende eiwit bevat, maar de OEB negatief is, zal de pensactiviteit onvoldoende zijn, niet alleen door een tekort aan N, maar ook door een gebrek aan S, terwijl de N:S-verhouding in het voer wel geschikt kan zijn. De absorptie van H_2S uit de pens neemt toe bij afnemende pH van de pensinhoud. Bij een snelle fermentatie van het voer in de pens en dus een relatief lage pH na voeropname, zal daardoor minder S beschikbaar zijn voor de pensbacteriën. Voor melkkoeien die een snel fermenteerbaar rantsoen krijgen is daarom een N:S-verhouding van 14,5:1 wellicht te ruim.

Tabel 10.1 geeft aanbevolen S-gehalten in rantsoenen voor verschillende categorieën herkauwers.

10.3 Beoordeling van de voorzieningstoestand

De S-voorziening van herkauwers kan beoordeeld worden op basis van het S-gehalte en de N:S-verhouding van het rantsoen. Werkelijk eiwit bevat gemiddeld 16 g N en 1,1 g S/100 g droge stof (DS), waarmee de N:S-verhouding 14,5:1 is. Zoals beschreven, is een verhouding van 14,5:1 onder voorwaarden geschikt. Wanneer het rantsoen 15% eiwit in de DS bevat, dan is de bijdrage van het eiwit aan het S-gehalte van het rantsoen gemiddeld 1,65 (1,5x1,1) g/kg DS. Het rantsoen zal echter ook anorganisch S bevatten, afkomstig uit voedermiddelen en eventuele supplementen.

Drinkwater kan ook bijdragen aan de S-voorziening. Voor hoog-productieve koeien bedraagt de wateropname 50-100 L per dag. In grond- en oppervlaktewater is het sulfaatgehalte 25-75 mg/L, oftewel 8-25 mg S/L, waarmee de S-opname voor hoog-productieve koeien 0,4-2,5 g S per dier per dag wordt. Bij een DS-opname van 20 kg/dag zou de bijdrage van S uit het water aan het totale rantsoen 0,02-0,125 g/kg DS zijn. Oppervlaktewater in gebieden dichtbij zee kan een hoger S-gehalte hebben dan dat hierboven genoemd. Leidingwater heeft een sulfaatgehalte lager dan 15 mg/L en draagt dus nauwelijks bij aan de S-voorziening.

Het lijkt aannemelijk dat het S-gehalte van het pensvocht een indicator is voor de S-voorziening van herkauwers. Bij concentraties onder 1 mg S/L zou de groei van de pensmicroben geremd zijn. Het S-gehalte in pensvocht is niet constant gedurende de dag. Dit komt ondermeer door pH-veranderingen, in het bijzonder op snel fermenteerbare rantsoenen. Bij lagere pH zal de verhouding geïoniseerd : niet-geïoniseerd sulfide afnemen en zal het S-gehalte van het pensvocht relatief snel afnemen omdat H_2S veel sneller wordt geabsorbeerd dan sulfide. Om een betrouwbaar beeld van het S-gehalte in penssap te verkrijgen, is gespreid bemonsteren over de dag aan te bevelen.

Het sulfaatgehalte van het plasma wordt ook wel gezien als indicator voor de

S-voorziening. Bij een gehalte lager dan 10 mg $\text{SO}_4^{2-}/\text{L}$ zou er sprake zijn van een S-tekort. Het sulfaat dat vrijkomt uit het eiwitkatabolisme draagt echter ook bij aan het S-gehalte van het bloedplasma waardoor een lage S-voorziening niet altijd resulteert in een laag plasma-S-gehalte.

10.4 Zwaveltekort

Opname van onvoldoende S leidt tot verminderde pensfermentatie en vervolgens tot verlaagde voeropname en eiwittekort. Bij jonge dieren zal groeivertraging optreden en bij lacterende dieren zal de melkgift dalen. Naast een N:S-verhouding van 14,5:1 kan als vuistregel gelden dat voor droogstaande koeien het S-gehalte van het rantsoen minstens 1 g/kg DS moet zijn. Voor melkgevende dieren dient het S-gehalte op te lopen tot circa 2 g/kg DS.

Maïssilage bevat gemiddeld 1 g S/kg DS, maar ook gras dat is ingekuuld in een laat ontwikkelingsstadium bevat weinig S. De kans op een S-tekort is dan ook het grootst bij stalrantsoenen met een groot aandeel maïs, aangevuld met niet-eiwit-N.

10.5 Zwavelovermaat

Een hoge opname van S leidt tot een overschot aan sulfide in het penssap en vervolgens tot excessieve absorptie. Door het hoge sulfidegehalte neemt de contractieactiviteit van de pens af, gevolgd door een verminderde voeropname en productie. Het in overmaat geabsorbeerde sulfide heeft een schadelijk effect op het centrale zenuwstelsel, mogelijk leidend tot polio-encephalomalacie (PEM) en ook blindheid. Het rantsoen van herkauwers zou daarom niet meer dan 4 g S/kg DS mogen bevatten. Bij een opname van 20 kg DS is het gestelde maximum 80 g S/dag. Wanneer een koe naast krachtvoer ook nog 16 kg S-rijk (4,5 g S/kg DS) gras en 100 L S-rijk (250 mg sulfaat/L) water opneemt, dan is de S-opname zonder de bijdrage van het krachtvoer al ruim 80 g/dag en wordt het maximum dus overschreden.

Een hoge S-opname heeft verder een negatief effect op de kopervoorziening (Hoofdstuk 11) en de seleniumvoorziening (Hoofdstuk 17) van herkauwers.

10.6 Opheffen en voorkómen van tekorten

Hierboven is aangegeven dat een negatieve OEB kan samengaan met een S-tekort. In dit geval dient het rantsoen aangepast te worden door voor de microben beschikbaar N en S aan te vullen of, eenvoudiger, door de OEB aan te passen. Een S-tekort kan ook optreden wanneer het (laag-eiwit) rantsoen is gebaseerd op snijmaïs en ureum. Bij verdenking van een S-tekort kan het rantsoen gesupplementeerd worden met S in de vorm van CaSO_4 en/of MgSO_4 . Het voorkómen van een S-tekort vraagt vandaag de dag meer aandacht dan enkele decennia geleden. Vroeger was er door een hoge S-depositie geen sprake van S-tekort bij grasverstreking. De laatste decennia is de jaarlijkse S-depositie echter sterk gedaald. In vers gras worden regelmatig S-gehalten gevonden

lager dan 2,0 g S/kg DS. De laagste S-gehalten worden gevonden op zandgronden met een laag organische stofgehalte. Een aanvullende S-bemesting is dan aan te bevelen. Ook moet er bij de samenstelling van het (winter)rantsoen aandacht voor de S-voorziening zijn. Zoals vermeld, zal bij een groot aandeel maïssilage in het rantsoen, naast N, ook S via andere rantsoencomponenten aangevuld moeten worden.

Tabel 10.1 Gewenste S-gehalten in rantsoenen voor verschillende categorieën herkauwers ten behoeve van een goede penswerking.

Categorie	DS-opname (kg)	Gewenste N:S verhouding	Gewenst S-gehalte ⁴ (g/kg DS)
Rundvee			
Vrouwelijk jongvee			
• 4 mnd oud (850 g groei/dag)	3,9	14,5:1	1,5
• 9 mnd oud (700 g groei/dag)	5,6	14,5:1	1,5
• 16 mnd oud (625 g groei/dag)	7,3	14,5:1	1,5
Melkvee (LG = 650 kg)			
• Droogstaand, 8-3 weken voor afkalven ¹	11,5	14,5:1	1,5
• Droogstaand, 3-0 weken voor afkalven ¹	11,0	14,5:1	1,5
• Melkgevend, 20 kg/dag ²	18,5	<14,5:1	2,0
• Melkgevend, 40 kg/dag ²	23,5	<14,5:1	2,0
Vleesstieren, tussentype			
• LG = 100 kg, groei 1000 g/dag	3,0	14,5:1	1,5
• LG = 250 kg, groei 1200 g/dag	6,0	14,5:1	1,5
• LG = 500 kg, groei 1100 g/dag	9,0	14,5:1	1,5
Rosé kalveren			
• LG = 150 kg, groei 1150 g/dag	4,5	14,5:1	1,5
• LG = 275 kg, groei 1400 g/dag	7,0	14,5:1	1,5
Schapen³			
• Vleeslam, 40 kg, 300 g groei/dag	1,6	14,5:1	1,5
• Drachtige ooi (LG = 75 kg), 3-0 weken voor aflammeren.	1,9	14,5:1	1,5
• Zogende ooi (LG = 75 kg), 3 kg/dag, 2 lammeren	2,6	14,5:1	1,5
Geiten			
• Volwassen geit (LG = 70 kg), 8-3 weken voor aflammeren.	1,7	14,5:1	1,5
• Volwassen geit (LG = 70 kg), melkgevend, 4 kg/dag	3,2	<14,5:1	2,0

- 1 De DS-opname van droogstaande koeien is gebaseerd op waarnemingen in voederproeven van Praktijkonderzoek ASG te Lelystad en Schothorst Feed Research te Lelystad.
- 2 De DS-opname van melkgevende koeien is gebaseerd op de voeropnamecapaciteit van melkvee en de verzadigingswaarde van gangbare rantsoenen voor de beschreven klassen melkvee.
- 3 Bij schapen is sprake van een verhoogde behoefte aan S-houdende aminozuren i.v.m. wolgroei. Als naast de aanbevolen N:S verhouding in het rantsoen, nodig voor een goede penswerking, ook de DVE-behoefte (zoals voor schapen gedefinieerd in het DVE-systeem) van 165 g/dag (Tabellenboek Veevoeding, CVB, 2005) is gedekt, zal er voldoende eiwit beschikbaar zijn om ook de specifieke behoefte voor wolgroei te dekken.
- 4 Uitgaande van de vuistregel dat een N:S verhouding van 14,5:1 in het rantsoen gewenst is, dient een rantsoen met een RE-gehalte van 140 g/kg DS per kg DS 1,5 g S te bevatten. In het geval van hoogproductieve melkkoeien, die een snel fermenterend rantsoen krijgen, is deze verhouding te ruim, en kan beter een S-gehalte van 2 g/kg DS worden aangehouden.

11. Koper

11.1 Functie, voorkomen en huishouding

Koper (Cu) vormt het werkzame bestanddeel van een groot aantal enzymen, met name van oxidasen, die op diverse plaatsen in het lichaam van herkauwers betrokken zijn bij zeer uiteenlopende stofwisselingsprocessen. Koper is onder meer betrokken bij de bloedvorming (als bestanddeel van ceruloplasmine), de vorming van pigment (tyrosinase), de structuur en het uiterlijk van haren en wol, de elasticiteit van het wandweefsel van de bloedvaten (elastinevorming), de vorming van collageen in de botmatrix (lysoxidase), de weefselademhaling (cytochrom-oxidase) en de bescherming tegen vrije radicalen (superoxide-dismutase).

De lichaamsreserve aan Cu bevindt zich in de lever. Deze reserve kan bij pasgeboren lammeren 50 procent van al het in het lichaam aanwezige Cu omvatten. Omdat melk zeer weinig Cu bevat zijn jonge dieren voor de eerste groei bijna geheel afhankelijk van de voorraad die zij bij de geboorte meekrijgen. Koeien die geen of een te kleine reserve hebben, brengen kalveren ter wereld met duidelijk verlaagde Cu-gehalten in de lever. De kans is dus groot dat kalveren van deficiënte koeien zich matig of slecht zullen ontwikkelen als gevolg van een Cu-tekort.

De opname van Cu vindt met name plaats in de dunne darm. Bij schapen is aangetoond dat de Cu-opname uit de darm maar in zeer beperkte mate terugeregeld wordt bij een stijging van het Cu-gehalte van het rantsoen. Hierdoor wordt wellicht de gevoeligheid van een aantal schapenrassen voor Cu-vergiftiging (voor een deel) verklaard.

Uitscheiding van Cu verloopt vrijwel geheel via de mest. Indien het lichaam eenmaal grote hoeveelheden Cu heeft opgehoopt, is het erg moeilijk om deze snel weer kwijt te raken.

11.2 Koperbehoefte en factoren die de koperbehoefte beïnvloeden

11.2.1 Factoren die de koperbehoefte beïnvloeden

Voor het voldoen aan de behoefte van het dier zijn zowel het Cu-gehalte van het voer als de mate van absorptie van Cu belangrijk. Het Cu-gehalte van weid gras is in het algemeen voldoende hoog en behalve op sommige zandgronden door bemesting niet te verhogen (zie paragraaf 11.6.3). Kopergebrek is in Nederland zelden een gevolg van een te laag gehalte (primair tekort) maar meestal van een slechte absorptie van het met het rantsoen opgenomen Cu (secundair tekort).

Verschillende rantsoenbestanddelen kunnen de absorptie van Cu beïnvloeden. Het belangrijkste bestanddeel is zwavel (S), dat al dan niet samen met molybdeen (Mo) de Cu-absorptie kan remmen. In de pens wordt uit verschillende S-houdende verbindingen (S-houdende aminozuren, sulfaten) sulfide gevormd. Dit sulfide kan vervolgens met Cu neerslaan als CuS. Hieruit kan Cu niet meer opgenomen worden. Zowel voer als water (verantwoordelijk voor

maximaal 20 procent van de totale S-opname) kunnen bijdragen aan de totale dagelijkse opname van S-houdende verbindingen. De afbraak van S-houdende aminozuren vindt vooral plaats op rantsoenen met een eiwitovermaat, met name wanneer dat eiwit weinig bestendig is (sterk positieve OEB). De absorptie van Cu kan verder worden geremd door een hoog Mo-gehalte in het voer, omdat Mo, S en Cu een zeer slecht oplosbare complexe verbinding (thiomolybdaat) vormen. De samenstelling van Nederlandse graskuilen en vers gras is weergegeven in Hoofdstuk 2 (Tabel 2.1). Zwavelgehalten zoals die in deze tabel zijn weergegeven kunnen doorgaans al een duidelijk negatieve invloed hebben op de Cu-absorptie. In de Verenigde Staten wordt 4 g S/kg DS zelfs aangehouden als bovengrens voor toelaatbare S-gehalten in het rantsoen van herkauwers. Bij hogere S-gehalten bestaat er namelijk een duidelijk risico op het optreden van polio-encephalomalacie (hersenschorsnecrose).

Verdere factoren waarvan een ongunstige invloed op de absorptie van Cu bekend is, zijn hoge gehalten aan ijzer (Fe), zink (Zn), cadmium (Cd), calcium (Ca) en lood (Pb). Onder de gangbare Nederlandse omstandigheden zijn deze factoren evenwel van geringe betekenis. IJzer lijkt alleen bij zeer lage Mo-gehalten (circa 0,1 mg/kg DS) een duidelijk negatief effect te hebben op de Cu-absorptie. In gras, voordroogkuil en hooi komen dergelijke lage Mo-gehalten echter niet voor. Snijmaïs heeft weliswaar een laag Mo-gehalte (Tabel 2.7), maar eveneens een laag Fe-gehalte. Bovendien zal het krachtvoer dat noodzakelijk is in een snijmaïsrijk rantsoen extra Cu leveren. IJzerrijk drinkwater draagt slechts beperkt bij aan de totale dagelijkse Fe-opname. Een Fe-effect op de Cu-absorptie uit snijmaïsrijke rantsoenen is derhalve niet waarschijnlijk. Bij hogere Mo-gehalten (circa 5 mg/kg DS) overheerst het Mo-effect op de Cu-absorptie. De andere genoemde elementen zijn alleen bij extreem hoge gehalten nadelig voor de Cu-absorptie. Voor Zn kan dit bijvoorbeeld het geval zijn in de omgeving van zinkfabrieken (bijvoorbeeld rond Budel Dorplein). De Cu-status van herkauwers vraagt in dergelijke gebieden extra aandacht.

Snijmaïssilage heeft weliswaar een laag Cu-gehalte, maar op grond van de verdere samenstelling (Tabel 2.7) kan een goede absorptie van het weinige Cu verwacht worden.

Ook de aanwezigheid van grond kan de Cu-absorptie negatief beïnvloeden. Bij een gelijke hoeveelheid grond in het rantsoen van schapen veroorzaken kleien kalkrijke grondsoorten een lagere Cu-absorptie (1,7 procent) dan zandgrond (3,0 procent). De invloed van grond op de Cu-absorptie lijkt tevens afhankelijk te zijn van het S-gehalte van het rantsoen (hoe hoger het S-gehalte, hoe sterker het effect van het Fe in de grond). Gezien de variatie in gehalten aan bestanddelen die de Cu-absorptie zouden kunnen beïnvloeden (S, Mo, Fe, Zn, Cd) en de variatie in fysische structuur van grondsoorten (verschillende adsorptie van spoorelementen aan gronddeeltjes) is de invloed van grond op de Cu-absorptie echter moeilijk in een formule uit te drukken.

Voor het inschatten van de (werkelijke) Cu-absorptie uit ruwvoer zijn de S- en Mo-gehalten van dit voer van belang. De Cu-absorptie wordt berekend met behulp van de volgende formule (Cu-absorptie in procenten; S in g/kg DS; Mo in mg/kg DS):
$$\text{Cu-absorptie (\%)} = 100 \times (10^{(-1.153 - 0.0019 \times \text{Mo} - 0.0755 \times \text{S} - 0.0131 \times \text{Mo} \times \text{S})})$$

Over de Cu-absorptie uit snijmaïs zijn geen gegevens bekend. Bij gebruik van

bovenstaande formule zou de Cu-absorptie uit snijmaïs gemiddeld uitkomen op ongeveer 6 procent. De Cu-absorptie van niet-herkauwende kalveren ligt gemiddeld op circa 70 procent.

11.2.2 Koperbehoefte

De grote variatie in absorptie van het Cu uit het rantsoen maakt het niet eenvoudig om de behoefte van het dier uit te drukken in een gewenst gehalte in het rantsoen. Bovendien is het uiterst moeilijk de mate van absorptie nauwkeurig vast te stellen of te schatten. De bruto Cu-behoefte van rundvee is veel groter dan die van niet-herkauwers en ook dan die van het in ons land meest voorkomende schapenras (Texelaar). De Cu-behoefte van geiten ligt waarschijnlijk tussen die van rundvee en schapen in. Tussen schapenrassen treden vrij belangrijke verschillen in behoefte (en gevoeligheid voor vergiftiging) op. De behoefte is laag bij Texelaars en Suffolks, hoger bij melkschapen en het hoogst bij de Fin-kruisingen en Scottish Blackface schapen. De andere rassen en kruisingen nemen een tussenpositie in. Voor de gevaren van Cu-overmaat wordt verwezen naar paragraaf 11.5.

De Cu-absorptie van herkauwers kan worden geschat met de formule uit paragraaf 11.2.1. De Cu-behoefte van herkauwers verschilt per diersoort en -categorie. De factoren waarmee de Cu-behoefte van runderen, schapen en geiten kan worden berekend, zijn aangegeven in Tabel 11.1. Voor de onderbouwing van deze factoren wordt verwezen naar CVB Documentatierapport nr. 41. De opgegeven factoren zijn afgeleid met behulp van gegevens uit de literatuur en dienen te worden beschouwd als schattingen teneinde de minimale Cu-behoefte te kunnen berekenen. Op grond van deze factoren (Tabel 11.1) is de Cu-behoefte berekend voor diverse categorieën rundvee, schapen en geiten (Tabel 11.2).

Tabel 11.1 Factoren voor het berekenen van de Cu-behoefte van runderen, schapen en geiten.

Factor	Runderen		Schapen	Geiten
	Melkvee	Vleesvee		
Onderhoud (µg/kg lichaamsgewicht)	7,1	7,1	4,0	4,0
Dracht (mg/dag) 8 – 0 weken voor geboorte	2,0	-	0,19	0,19
Groei (mg/kg groei)	0,5	0,5	0,5	0,5
Melk (mg/kg)	0,04	-	0,11	0,15
Werkelijke absorptie (%) ¹	3,6	3,6	3,6	3,6

¹ Deze absorptie is berekend met de formule in paragraaf 11.2.1, uitgaande van een graskuil met 2,8 g S/kg DS en 2,1 mg Mo/kg DS, en afgerond op 1 decimaal.

Tabel 11.2 Koperbehoefte van verschillende categorieën herkauwers.

Categorie	DS- opname	Bruto behoefte	Norm ⁸	
	(kg)	(mg/dier/dag)	(mg/dier/dag)	mg/kg DS)
Rundvee				
Vrouwelijk jongvee				
• 4 mnd oud (850 g groei/dag) ¹	3,9	37	56	14,5
• 9 mnd oud (700 g groei/dag) ²	5,6	61	92	16,4
• 16 mnd oud (625 g groei/dag) ³	7,3	88	132	18,1
Melkvee (650 kg LG) ⁴				
• Droogstaand, 8-3 weken voor afkalven ⁵	11,5	184	277	24,1
• Droogstaand, 3-0 weken voor afkalven ⁵	11,0	184	277	25,2
• Melkgevend, 20 kg/dag ⁶	18,5	150	227	12,2
• Melkgevend, 40 kg/dag ⁶	23,5	173	260	11,1
Vleesstieren, tussentype ⁷				
• 100 kg LG, groei 1000 g/dag	3,0	34	51	16,9
• 250 kg LG, groei 1200 g /dag	6,0	66	99	16,6
• 500 kg LG, groei 1100 g /dag	9,0	114	172	19,1
Rosé kalveren				
• 150 kg LG, groei 1150 g/dag	4,5	46	69	15,2
• 275 kg LG, groei 1400 g/dag	7,0	74	111	15,9
Schapen				
Zeer gevoelig voor Cu-vergiftiging ⁸				
• Vleeslam, 40 kg, 300 g groei/dag	1,6	9	9	5,4
• Drachtige ooi (LG = 75 kg), 3-0 weken voor aflammeren	1,9	14	14	7,2
• Zogende ooi, (LG = 75 kg), 3 kg/dag, 2 lammeren	2,6	18	18	6,8
Gemiddeld gevoelig voor Cu-vergiftiging ⁸				
• Vleeslam, 40 kg, 300 g groei/dag	1,6	9	13	8,1
• Drachtige ooi (LG = 75 kg), 3-0 weken voor aflammeren	1,9	14	20	10,7
• Zogende ooi, (LG = 75 kg), 3 kg/dag, 2 lammeren	2,6	18	26	10,1
Weinig gevoelig voor Cu-vergiftiging ⁸				
• Vleeslam, 40 kg, 300 g groei/dag	1,6	9	17	10,8
• Drachtige ooi (LG = 75 kg), 3-0 weken voor aflammeren	1,9	14	27	14,3
• Zogende ooi, (LG = 75 kg), 3 kg/dag, 2 lammeren	2,6	18	35	13,5
Geiten				
• Volwassen geit (LG = 70 kg), 8-3 weken voor aflammeren	1,7	13	20	11,6
• Volwassen geit (LG = 70 kg), melkgevend, 4 kg/dag	3,2	24	37	11,5

- 1-3 Bij de berekening wordt uitgegaan van het gewicht op resp. 4, 9 en 16 maanden leeftijd: 130 kg, 260 kg en 400 kg (zie Tabellenboek Veevoeding, editie 2004, CVB, Lelystad).
- 4 Voor melkvee wordt uitgegaan van rantsoenen met de volgende energiewaarden per kg DS: 800, 920, 920, en 970 VEM voor resp. droogstaand 8-3, droogstaand 3-0, melkgevend 20 kg en melkgevend 40 kg.
- 5 De DS-opname van droogstaande koeien is gebaseerd op waarnemingen in voederproeven van Praktijkonderzoek ASG te Lelystad en Schothorst Feed Research te Lelystad.
- 6 De DS-opname van melkgevend koeien is gebaseerd op de voeropnamecapaciteit van melkvee en de verzadigingswaarde van gangbare rantsoenen voor de beschreven klassen melkvee.
- 7 Zoals aangegeven door CVB (2004); kruislingen van vroegrijpe dieren en vleesrasstieren.
- 8 Voor schapenrassen die zeer gevoelig zijn voor Cu-vergiftiging is een veiligheidsfactor van 1 gebruikt, voor rassen die weinig gevoelig zijn is een veiligheidsfactor van 2 gebruikt. Voor de rassen met een gemiddelde gevoeligheid voor Cu-vergiftiging en voor de andere categorieën herkauwers is een veiligheidsfactor van 1,5 gebruikt.

Door de zeer hoge Cu-absorptie van melk-gevoerde kalveren ligt de minimale Cu-behoefte en het gewenste gehalte in het rantsoen van deze dieren zeer laag, zo rond de 1 mg/kg DS.

11.3 Beoordeling van de voorzieningstoestand

Ter beoordeling van de Cu-status kunnen metingen aan voer en lever uitgevoerd worden. Het plasma-Cu-gehalte reageert onvoldoende op variaties in de Cu-aanvoer via het voer, en is daardoor (behalve in aanvulling op leveronderzoek) niet geschikt ter beoordeling van de Cu-status. Bovendien kan het plasma-Cu-gehalte om allerlei andere redenen dan een onvoldoende Cu-aanvoer via het voer verlaagd zijn (onder andere ten gevolge van infecties). In het voer kan de Cu:Mo-verhouding berekend worden (beide in mg/kg DS). Dit is echter slechts een grove maat voor de Cu-absorptie. Een globaal overzicht wordt gegeven in Tabel 11.3.

Tabel 11.3 Bereik van Cu:Mo-verhoudingen in gras en grasproducten¹

Ruwvoer	Cu:Mo-verhouding	
	Rundvee en schapen	Geiten
Vers gras	1,0-3,0	0,5-2,0
Graskuil	0,5-2,0	0,3-1,2

¹ Waarden onder de ondergrens geven een hoog risico op Cu-deficiëntie aan. Waarden boven de bovengrens geven aan dat een extra Cu-gift waarschijnlijk geen positief effect zal hebben.

De meest waardevolle informatie met betrekking tot de Cu-status wordt verkregen door het meten van de lichaamsreserve aan Cu, dus door het bepalen van het Cu-gehalte van de lever. Leveronderzoek op Cu is via een eenvoudige biopsie in de praktijk uit te voeren. Waarden lager dan 25-50 mg Cu/kg DS in de lever geven aan dat de Cu-status onvoldoende is, terwijl waarden tussen 100 en 400 mg Cu/kg DS in de lever als normaal worden beschouwd. De bete-

kenis van een bepaald Cu-gehalte in de lever voor de Cu-voorziening van het dier in de tijd is echter niet eenvoudig te beoordelen, aangezien vele factoren hierop van invloed zijn. Een gehalte van circa 100 mg Cu/kg DS in de lever geeft wel een aanwijzing dat er genoeg Cu in de lever aanwezig is om minstens enkele weken in de behoefte van het dier te voorzien indien de Cu-voorziening via het voer zou verslechteren. Bij hogere gehalten kan deze periode zich wellicht tot enkele maanden uitstrekken.

Naast lever-Cu kan in de praktijk ook plasma-Cu enige informatie leveren. Bij zeer lage lever-Cu-gehalten (minder dan 20-50 mg/kg DS) zijn de plasma-Cu-gehalten vaak ook erg laag (lager dan 6-7 μM). Dit is echter niet altijd het geval. Bovendien reageert plasma-Cu nogal eens traag op een slechte Cu-voorziening via het voer, gaan lage plasma-Cu-gehalten niet altijd samen met klinische verschijnselen van Cu-gebrek en zijn er nogal wat andere factoren (ras, leeftijd, infecties, tochtigheid) die het plasma-Cu-gehalte kunnen beïnvloeden.

Voor bemonstering komen vooral de diergroepen in aanmerking die niet via krachtvoer of mineralenmengsels extra Cu krijgen (pinken, vaarzen, droge koeien). Door de relatief slechte absorptie van Cu uit gras wordt de laagste Cu-voorzieningstoestand van het dier in het algemeen aangetroffen aan het einde van het weideseizoen. Wanneer jongvee daarna op stal (op een leeftijd van 7 tot 9 maanden) alleen kuilvoer krijgt dan treedt verdere verlaging van de lichaamsreserve op en gaan de dieren vervolgens met een Cu-tekort weer de weide in. Bij de beoordeling moet hier rekening mee gehouden worden. Omdat gedurende de weideperiode de Cu-voorzieningstoestand van het dier terugloopt, moet het lever-Cu-gehalte in voorjaar en zomer anders worden geïnterpreteerd dan in de herfst. Als in de zomer normale waarden worden gevonden, is dit geen garantie dat dit later in het seizoen eveneens het geval zal zijn; de bemonstering dient dan in de herfst te worden herhaald. Worden in de zomer verlaagde gehalten gevonden, dan wijst dit zonder meer op een onvoldoende voorzieningstoestand, omdat de gehalten in de herfst nog lager zullen zijn.

Als lacterende koeien of jongvee naast gras in de zomer ook snijmaïs krijgen, dan zal dit effect minder sterk zijn, omdat de Cu-absorptie uit snijmaïs waarschijnlijk beter is dan die uit gras. Voor lacterende koeien op een stalrantsoen is het aanbod en de absorptie van Cu veelal duidelijk gunstiger en vindt een herstel van de lichaamsreserve plaats; dit is vooral het geval bij een ruime krachtvoerverstrekking. Deze categorie koeien komt dan ook niet als eerste in aanmerking voor bemonstering.

11.4 Kopertekort

Wanneer de Cu-gehalten in de lever duidelijk beneden de in paragraaf 11.3 aangegeven grenswaarden dalen, is er sprake van een onvoldoende voorziening en kunnen klinische afwijkingen gaan optreden. Naarmate deze waarden lager worden en langer voortduren, zullen de klinische verschijnselen zich des te ernstiger voordoen. Bij geringe tekorten in het bloed zijn de verschijnselen in de regel weinig specifiek of treden niet (zichtbaar) op. Ernstige tekorten ontwikkelen zich meestal geleidelijk in de loop van het weideseizoen, vooral bij jonge, groeiende dieren.

Tekorten komen vooral voor op veengronden, op minder goed doorlatende klei- en zandgronden en op jonge zeekleigronden. Bij een langdurig onvoldoende voorziening ziet men vrijwel altijd afwijkingen aan het haarkleed: doffe haarkleur, het haar wordt open en ruig (het duidelijkst op de schoft), grijswitte depigmentering van het zwarte haar en vuilgele verkleuring van het witte haar. Soms verdwijnt plaatselijk de kleur uit de zwarte haren en worden zij grijswit (onder andere in een ring rond de ogen: "koperbril"). Verdere verschijnselen kunnen zijn: te weinig ontwikkeling, weinig rompdiepte (hoog op de poten), verdikte kogels (blokvoeten), slechte conditie, diarree en een slechte vruchtbaarheid. Al deze verschijnselen, met uitzondering van de koperbril, kunnen evenwel ook andere oorzaken hebben.

Bij volwassen schapen is verlies van de wolstructuur ("crimp"; de wol gaat op haar lijken) het eerst optredende verschijnsel van kopergebrek. Ooien en geiten met een ernstig Cu-tekort kunnen lammeren werpen die een zwaaiende gang en verlamming van de achterhand vertonen ("swayback"). Dit is een zenuwaandoening die door toediening van Cu niet meer kan worden hersteld. Deze aandoening kan alleen voorkomen worden door tijdens de dracht voldoende Cu te voeren. Deze bij schapen en geiten optredende vorm van Cu-gebrek is bij rundvee niet bekend.

11.5 Koperovermaat

Bij een te ruime Cu-voorziening vertonen kalveren zonder volledig ontwikkelde pens, schapen (lammeren en volwassen schapen) en geitenlammeren veel eerder vergiftigingsverschijnselen dan volwassen runderen. Gedurende langere tijd (maanden) wordt een Cu-voorraad in het lichaam opgebouwd. Gedurende deze periode vertonen de dieren weinig klinische verschijnselen. Op een bepaald moment treedt echter leverbeschadiging op; dan komt (een groot gedeelte van) de Cu-voorraad plotseling vrij en dit veroorzaakt een hemolytische crisis. De verschijnselen van een dergelijke crisis zijn plotseling verminderde eetlust, geelzucht, bloedwateren, snelle verzwakking en de dood. Bij sectie is een gele tot oranje verkleuring van karkas en lever alsmede levernecrose kenmerkend; in het bloed zijn methemoglobinaemie en verhoogde activiteiten van de enzymen aspartaat aminotransaminase (ASAT) (tot 1800 U/L), glutamaat dehydrogenase (GDH) en melkzuur dehydrogenase (LDH) (tot 16000 U/L) vast te stellen. De enzymwaarden kunnen al vijf tot acht weken voor het optreden van de hemolytische crisis gaan stijgen. In de levers van dieren met chronische Cu-vergiftiging worden vaak Cu-gehalten ver boven de 1000 mg/kg DS gemeten. Schapen kunnen echter al leverbeschadiging (biochemisch en histologisch) vertonen bij gehalten van 350 mg/kg DS in de lever. Kopervergiftiging uit zich klinisch pas in een stadium waarin ingrijpen in de regel weinig succes meer heeft. In feite moet worden gesteld dat de gebruikelijke doseringen Cu-zouten aan runderen ter voorkoming van een te snelle daling van hun lichaamsvoorraad (bijvoorbeeld in likstenen) reeds een gevaar kunnen inhouden voor vergiftiging bij Texelaars, Suffolks en jonge kalveren. Schapen van genoemde rassen mogen dus niet samen geweid worden met runderen, die vrije toegang tot extra Cu hebben (topdressing, mineralenbak of lik-

steen met extra Cu, en dergelijke). Koper-, spoorelementen- en mineralenbrokjes en krachtvoerders bestemd voor andere diersoorten dient men aan schapen van de Cu-gevoelige rassen en jonge (vlees)kalveren niet te verstrekken. Kopergehalten van 12 mg/kg DS in het rantsoen kunnen – na verloop van enkele maanden – al tot gevaarlijk hoge lever-Cu-gehalten bij het Texelse schaap leiden. Andere factoren die aanleiding kunnen geven tot overmaat aan Cu zijn de toepassing van grote hoeveelheden zuiverings-slib op grasland en inscharen in weiden kort na de aanwending van Cu-meststoffen. Hierbij moet een veiligheidstermijn aangehouden worden van twee weken (voor melkvee; risico van melkverontreiniging) tot zes maanden (voor schapen; vergiftiging). Hoewel hierover nog niet voldoende bekend is, is het belang van varkensmest als oorzaak van hoge Cu-gehalten in het gras waarschijnlijk sterk afgenomen. In het verleden werden hoge gehalten aan Cu als groeibevorderaar toegevoegd aan vleesvarkensvoer, waardoor de mest van deze dieren veel Cu bevatte. De huidige normen voor Cu in vleesvarkensvoer liggen echter veel lager, waardoor het gehalte in de mest ook sterk afgenomen is. In al deze gevallen gaat het niet primair om hoge Cu-gehalten in de planten, doch vooral om de directe opname van Cu uit de betreffende bronnen of vanuit opgenomen gronddeeltjes. Als maximaal toelaatbare Cu-gehalten in het rantsoen worden voorgesteld 100 mg/kg DS (vleesvee), 40 mg/kg DS (melkvee) en 20 mg/kg DS (geiten). Voor schapen wordt wel een waarde van 15 mg/kg DS aangegeven, maar gezien de grote rasverschillen in Cu-behoefte en gevoeligheid voor Cu-vergiftiging is het aangeven van één grens voor alle schapenrassen eigenlijk onmogelijk.

11.5.1 Behandeling en voorkómen van koperovermaat

Problemen ten gevolge van een te ruime Cu-voorziening kunnen worden tegengegaan door de Cu-absorptie te verminderen, bijvoorbeeld door het verstrekken van ruwvoer met een hoge OEB of een snel verteerbaar rantsoen met een laag Cu-gehalte (granen). Deze maatregelen kunnen gecombineerd worden met hoge doseringen aan S en Mo. Met het vaste voer kan bijvoorbeeld 20 mg ammoniummolybdaat + 5 g sulfaat (als K- of Na-sulfaat) gegeven worden. Toediening via het drinkwater leidt tot een te snelle penspassage en diarree. Een andere goede mogelijkheid van een behandeling tegen Cu-overmaat is injectie met thiomolybdaat (om de dag een onderhuidse injectie van 3,7 mg ammoniummolybdaat; in totaal 3 injecties).

11.6. Bemonstering, opheffen en voorkómen van kopertekorten

11.6.1 Bemonstering

In gebieden waar, gezien het ruwvoeraanbod, bijvoorbeeld (bijna) alleen gras, en de grassamenstelling (laag Cu-, hoog S- en Mo-gehalte), tekorten te verwachten zijn is het zinvol in de tweede helft van de weideperiode leverbiopten te laten onderzoeken, met name bij de meest kwetsbare groepen (jongvee, zie paragraaf 11.3). Bij een geconstateerd tekort is extra toediening van Cu-zouten noodzakelijk.

11.6.2 Opheffen van tekorten

De absorptie van Cu uit verschillende bronnen kan variëren. Koper uit CuO is zeer slecht beschikbaar voor herkauwers en is in de EU dan ook niet meer toegelaten als Cu-bron voor normale toepassing via het voer. De andere bronnen (anorganisch: kopersulfaat, -carbonaat en -chloride; organisch: koper-lysine, -methionine en -proteïnaat) vertonen relatief geringe verschillen in beschikbaarheid voor rundvee en schapen. Deze verschillen rechtvaardigen in ieder geval geen grote prijsverschillen. Voor geiten zijn op dit gebied in het geheel geen gegevens voorhanden. Kopersulfaat is derhalve de goedkoopste en meest eenvoudige koperbron voor herkauwers.

Voor opgestald vee kan een waterige oplossing van CuSO₄ over het voer gesprekend worden om daarmee 5-10 mg/kg DS aan te bieden. Kopersulfaat kan ook via een doseerpomp aan het drinkwater toegevoegd worden. Hierbij is een concentratie van 2-5 mg Cu/L gewenst. Wel is er bij deze methode een groter risico op overdosering bij jonge kalveren. Het geven van een Cu-houdende liksteen geeft onvoldoende zekerheid, gezien de wisselende opname tussen individuele dieren.

Vanwege de bufferende werking van de Cu-voorraad in de lever kan Cu ook met tussenpozen gegeven worden. Een éénmalige orale dosis CuSO₄ is niet aan te bevelen, omdat verreweg het grootste deel hiervan weer uitgescheiden wordt. Dit leidt tot onnodige belasting van het milieu.

Met het inbrengen in de pens van een koperbolus of CuO-“naalden” kan door het langzaam beschikbaar komen van Cu een weideseizoen worden overbrugd. Verder kan extra Cu subcutaan of intramusculair worden ingespoten. Geschikte preparaten zijn onder andere Cu-glycine, CuCaEDTA en Dicuprene. Koper-heptonaat en Cu-hydroxyquinoline-sulfonaat geven minder weefselirritatie, maar zijn ook gevaarlijker met het oog op acute Cu-vergiftiging. In koppels die aan “sway-back” lijden, kunnen alle lammeren behandeld worden met 1 mg Cu/kg lichaamsgewicht. Aan schapen uit Cu-deficiënte koppels (laboratoriumonderzoek) kan een dosis van 30-40 mg Cu worden toegediend, terwijl voor rundvee een dosis van 120-240 mg Cu kan worden aangehouden. Deze behandeling moet met een interval van circa 3 maanden worden herhaald, uiteraard op geleide van laboratoriumonderzoek van de Cu-status. Voor behandeling volgens deze methoden komen met name de diergroepen in aanmerking die niet reeds op andere wijze, bijvoorbeeld via krachtvoer, extra Cu ontvangen.

Met name voor pinken en kalveren kan het Cu-gehalte van ruwvoerders ook worden verhoogd door het toepassen van Cu-houdende meststoffen (“top-dressing”), waarna het vee wordt ingeschaard. Hiervoor kan iedere twee tot drie weken 22 kg fijn kristallijn CuSO₄ per ha worden gestrooid. Deze methode kan niet gebruikt worden indien het rundvee samen met schapen of paarden wordt geweid (vergiftigingsgevaar). Voor melkkoeien is Cu-bemesting eveneens af te raden, omdat verhoging van het Cu-gehalte van de melk kan optreden als de meststof aan de uier blijft plakken. Dit kan leiden tot vermindering van de melkqualiteit.

11.6.3 Voorkómen van tekorten

Maatregelen ter voorkoming van Cu-gebrek moeten gericht zijn op verhoging van het Cu-aanbod via ruwvoer en/of krachtvoer en op verbetering van de absorptie van het aangeboden Cu.

Door bemesting met Cu-meststoffen kan alleen verhoging van het Cu-gehalte in weidegras worden bewerkstelligd bij een Cu-HNO₃-getal van de grond lager dan 5 (dit is dus iets anders dan topdressing, waarbij het de bedoeling is dat het vee het op het gras aanwezige Cu opneemt). Indien het Cu-HNO₃-getal hoger is dan 5, heeft een bemesting met Cu-meststoffen geen effect op het Cu-gehalte van het gras en op de voorziening van het dier (wel kunnen dan nog tekorten voorkomen door een slechte benutting). Bij een lage of vrij lage kopertoestand van de grond (Cu-HNO₃-getal lager dan 5) kan een bemesting toegepast worden van 3,5 tot 6 kg Cu per ha. Hiervoor zijn meststoffen beschikbaar waaraan Cu is toegevoegd, zoals landbouwzout groen (met daarin 3,5 procent Cu).

Ter verbetering van de absorptie van Cu dient het inscharen in jong weidegras met een ruime eiwitovermaat (sterk positieve OEB, vooral bij hoge gehalten aan S en Mo) vermeden te worden. Een positieve maatregel is het bijvoeren van snijmaïs in de weideperiode.

12. Kobalt

12.1 Functie, voorkomen en huishouding

Anaërobe pensbacteriën hebben kobalt (Co) nodig voor hun groei en vermenigvuldiging; zij maken verschillende cobalamines. Eén daarvan is het voor de herkauwers essentiële vitamine B12. De andere cobalamines (vitamine B12-analogen) zijn niet bruikbaar voor het dier. Een Co-tekort leidt bij herkauwers dan ook tot een verminderde pensfermentatie en een tekort aan vitamine B12. Dit vitamine wordt uit de dunne darm geabsorbeerd en is onder meer als co-enzym in methylmalonyl-CoA-mutase nodig voor de omzetting van propionzuur naar succinyl-CoA, een tussenstap in de voor de melkkoe zo belangrijke glucosevorming in de lever. Verder is dit vitamine nodig voor de normale bloedvorming en voor het normaal functioneren van het zenuwstelsel.

De vitamine B12-aanmaak in de pens is gering bij zeer lage Co-gehalten in het voer (lager dan circa 0,05 mg Co/kg DS), maar neemt sterk toe wanneer meer Co beschikbaar is. De mate waarin Co door pensbacteriën wordt ingebouwd in vitamine B12 dan wel in analoge cobalamines varieert en is onder andere afhankelijk van de Co-status van het dier en de samenstelling van het rantsoen. In proeven met Co-deficiënte schapen werd 13 procent van het Co in vitamine B12 ingebouwd, terwijl deze waarde slechts 3 procent was als de schapen een voldoende Co-status hadden. De werkelijke absorptie van vitamine B12 dat in de pens wordt gevormd, is onbekend. Een grove schatting geeft een waarde van 3 tot 5 procent. Competitie om absorptieplaatsen tussen vitamine B12 en de bij herkauwers biologisch inactieve cobalamines draagt bij tot de inefficiënte benutting van dit vitamine. In de lever wordt een kleine hoeveelheid vitamine B12 opgeslagen, maar deze voorraad is snel verbruikt wanneer de Co-voorziening onvoldoende wordt. Tijdens de dracht wordt maar weinig vitamine B12 doorgegeven aan de vrucht.

12.2 Kobaltbehoefte

Een factoriële schatting van de Co-behoefte van herkauwers is bij gebrek aan gegevens niet mogelijk. Voor rundvee en schapen zou een gehalte van 0,07 mg Co/kg DS voldoende zijn voor een goede groei en gezondheid. Anderzijds wordt vermeld dat bij gehalten van 0,04-0,06 mg Co/kg DS (rundvee en geiten) respectievelijk 0,05-0,08 mg Co/kg DS (schapen) de voorziening aan de krappe kant is. Het is dan ook niet bekend of bij een gehalte van 0,07 mg Co/kg DS de vitamine B12-gehalten in de weefsels op peil blijven. Een Co-gehalte van 0,1 mg/kg DS in het rantsoen van melkvee zou hierin wel voorzien. Ook voor groeiende lammeren wordt een hoger gehalte geadviseerd (0,1-0,2 mg Co/kg DS). Voor geiten wordt een waarde van 0,1 mg Co/kg DS aanbevolen. Voor rantsoenen met veel mengvoer en/of zetmeel wordt een gehalte van 0,2 mg/kg DS geadviseerd.

De Co-behoeftenormen voor verschillende categorieën herkauwers zijn gegeven in Tabel 12.1.

Tabel 12.1 Kobaltbehoefthenormen voor verschillende categorieën herkauwers⁸.

Categorie	DS-opname	Norm ^{9,10}	
	(kg)	(mg/dier/dag)	(mg/kg DS)
Rundvee			
Vrouwelijk jongvee			
• 4 mnd oud (850 g groei/dag) ¹	3,9	0,4	0,1
• 9 mnd oud (700 g groei/dag) ²	5,6	0,6	0,1
• 16 mnd oud (625 g groei/dag) ³	7,3	0,7	0,1
Melkvee (650 kg LG) ⁴			
• Droogstaand, 8-3 weken voor afkalven ⁵	11,5	1,2	0,1
• Droogstaand, 3-0 weken voor afkalven ⁵	11,0	1,1	0,1
• Melkgevend, 20 kg/dag ⁶	18,5	1,9	0,1
• Melkgevend, 40 kg/dag ⁶	23,5	2,4	0,1
Vleesstieren, tussentype ⁷			
• 100 kg LG, groei 1000 g/dag	3,0	0,3	0,1
• 250 kg LG, groei 1200 g/dag	6,0	0,6	0,1
• 500 kg LG, groei 1100 g/dag	9,0	0,9	0,1
Rosé kalveren			
• 150 kg LG, groei 1150 g/dag	4,5	0,5	0,1
• 275 kg LG, groei 1400 g/dag	7,0	0,7	0,1
Schapen			
• Vleeslam, 40 kg, 300 g groei/dag	1,6	0,2	0,1
• Drachtige ooi (LG = 75 kg), 3-0 weken voor aflammeren	1,9	0,2	0,1
• Zogende ooi, (LG = 75 kg), 3 kg/dag, 2 lammeren	2,6	0,3	0,1
Geiten			
• Volwassen geit (LG = 70 kg), 8-3 weken voor aflammeren	1,7	0,2	0,1
• Volwassen geit (LG = 70 kg), melkgevend, 4 kg/dag	3,2	0,3	0,1

¹⁻³ Bij de berekening wordt uitgegaan van het gewicht op resp. 4, 9 en 16 maanden leeftijd: 130 kg, 260 kg en 400 kg (zie Tabellenboek Veevoeding, editie 2004, CVB, Lelystad).

⁴ Voor melkvee wordt uitgegaan van rantsoenen met de volgende energiewaarden per kg DS: 800, 920, 920, en 970 VEM voor resp. droogstaand 8-3, droogstaand 3-0, melkgevend 20 kg en melkgevend 40 kg.

⁵ De DS-opname van droogstaande koeien is gebaseerd op waarnemingen in voederproeven van Praktijkonderzoek ASG te Lelystad en Schothorst Feed Research te Lelystad.

⁶ De DS-opname van lacterende koeien is gebaseerd op de voeropnamecapaciteit van melkvee en de verzadigingswaarde van gangbare rantsoenen voor de beschreven klassen melkvee.

⁷ Zoals aangegeven door CVB (2004); kruislingen van vroegrijpe dieren en vleesrasstieren.

⁸ De bruto Co-behoefte per dier per dag is niet te berekenen via de factoriële methode.

⁹ De norm in g/dier/dag is berekend door het gewenste gehalte in het voer te vermenigvuldigen met de opgegeven DS-opname, en af te ronden op veelvouden van 0,5.

¹⁰ Voor rantsoenen met veel mengvoer en/of zetmeel wordt een gehalte van 0,2 mg Co/kg DS aanbevolen.

12.3 Beoordeling van de voorzieningstoestand

Het bepalen van het Co-gehalte in ruwvoerders is alleen zinvol wanneer het monster geheel vrij is van gronddeeltjes. In veel gevallen (ruw asgehalte hoger dan 100 g/kg DS in vochtige producten zoals voordroogkuil) zal dit niet het geval zijn. Het Co-gehalte van de grond is veel hoger dan dat van de erop groeiende vegetatie, maar de pensbacteriën benutten dit Co slechter dan dat uit plantaardig materiaal.

Er is een goede relatie vastgesteld tussen het Co-gehalte van zandgrond en de daaruit door de plant opgenomen hoeveelheid. Of deze relatie ook aanwezig is bij andere grondsoorten, zoals klei, is nog niet geheel duidelijk. Geadviseerd wordt er altijd voor te zorgen dat het Co-gehalte van de grond aan de normwaarde voldoet (Tabel 12.2). Het Co-gehalte van gewassen op zandgrond is echter wel sterk afhankelijk van de pH van de grond en de ontwatering (Tabel 12.3).

Tabel 12.2 Waardering van de Co-toestand van de grond in relatie tot de Co-voorziening van herkauwers.

Co-gehalte van de grond (mg/kg; 0-10 cm diepte)	Waardering	Bemestingsadvies (kg Co/ha)
< 0,11	Laag	0,5
0,11-0,29	Vrij laag	0,3
> 0,29	Goed	0

Tabel 12.3 Relatie tussen pH en ontwateringstoestand van zandgrond en daarop groeiende gewassen.

	Grond-pH		Ontwatering	
	5,4	6,4	Goed (pH 6,4)	Slecht (pH 6,1)
	Co-gehalte (mg/kg DS)			
Raaigras	0,35	0,12	0,11	0,64
Rode klaver	0,22	0,12	0,17	1,2

Toch geeft voor veel bedrijven het Co-gehalte van de grond dat oplosbaar is in 0,4 molair azijnzuur een waardevolle indicatie voor de Co-voorziening van het vee. Hierbij worden de in Tabel 12.2 gegeven waarderingen gebruikt.

Welke indicatoren in het dier geschikt zijn voor de beoordeling van de Co-voorziening van herkauwers hangt af van de diercategorie. De beoordeling van de Co- en vitamine B12-voorziening van runderen blijft moeilijk. Bij deze diersoort kan het Co-gehalte in de lever gebruikt worden. Het gehalte aan vitamine B12 in de lever kan eventueel aanvullende informatie leveren. De serumgehalten aan Co en vitamine B12 van runderen zijn als indicatoren niet bruikbaar gebleken.

Een Co-tekort en vervolgens een vitamine B12-tekort leidt ook tot ophoping en verhoogde uitscheiding met de urine van stofwisselingsproducten zoals methylmalonzuur (MMA). Dit wordt veroorzaakt door een afgenomen activiteit van het enzym methylmalonyl-CoA-mutase dat vitamine B12 als co-enzym heeft. Bij schapen kan een gecombineerde bepaling van MMA in plasma en vitamine B12 in serum of plasma gebruikt worden om onderscheid te maken tussen een subklinisch en een klinisch Co-tekort (Tabel 12.4).

Tabel 12.4 Maatstaven om onderscheid te maken tussen een subklinisch en een klinisch Co-tekort bij schapen.

Plasma vitamine B12 pmol/L	Plasma MMA µmol/L	Status
< 220	< 4,6	Normaal
< 220	4,6 – 15,0	Subklinisch tekort
< 220	> 15,0	Klinisch tekort

De vitamine B12-status van zogende dieren is erg lastig te beoordelen. Bepaling van het gehalte aan formiminoglutaminezuur (FIGLU) in urine kan enige aanvullende informatie geven (meer dan 12 µg/mL wijst op een tekort). In Tabel 12.5 worden enkele maatstaven gegeven ter beoordeling van de Co-en/of vitamine B12-status.

Voor geiten zijn geen waarden bekend; er wordt aangenomen dat voor deze dieren soortgelijke waarden gelden als voor andere herkauwers.

Tabel 12.5 Maatstaven ter beoordeling van indicatoren van de Co en/of vitamine B12-status van herkauwers.

Indicator	Categorie	Tekort	Marginaal	Voldoende
Vitamine B12 in serum (pmol/L)	Melkdrinkend kalf	< 30	30-60	> 60
	Melkdrinkend lam	< 230	230-350	> 350
	Schaap	< 150	150-300	> 300
Vitamine B12 in lever (ppm)	Rund, schaap	< 0,1	0,1-0,2	> 0,2
Lever-Co (ppm in de DS)	Rund, schaap	< 0,1	0,1-0,3	
Serum MMA (µmol/L)	Gespeende schapen	> 10	5-10	< 5

De meest gebruikelijke werkwijze om in verdachte situaties Co-gebrek vast te stellen is het toevoegen van Co-zouten aan het rantsoen en vervolgens nagaan hoe de dieren daarop reageren. Bij een Co-tekort zal een toediening meestal snel (reeds na enige weken) zichtbare resultaten opleveren.

12.4 Kobalttekort

De verschijnselen van Co-tekort bij het rund zijn niet specifiek. Vaak is het meest op de voorgrond tredend dat de dieren minder goed gedijen. Als verschijnselen die kunnen optreden, al of niet in combinatie met elkaar, zijn te noemen: vermindering van de eetlust, onvoldoende afgrazen van de percelen, slechte pensontwikkeling, achterblijven van de groei, conditie en productie, verdorven eetlust, lusteloos en dromerig staan in plaats van te grazen, dof en ruig haar (bij roodbonte dieren kan het haar een gelige tint krijgen), slechte wolgroei, overgevoeligheid voor licht (door aantasting van de lever, "ovine white liver disease"), ontstaan van bloedarmoede en het voortbrengen van zwakke of dode kalveren en lammeren. Ook de vruchtbaarheid en de weerstand (bijvoorbeeld tegen worminfecties) kunnen verminderen. Bij jonge dieren ziet men vooral het achterblijven in ontwikkeling. Als de genoemde verschijnselen optreden bevatte het rantsoen reeds verscheidene weken of maanden onvoldoende Co, en zijn de lichaamsreserves aan vitamine B12 uitgeput. Vooral bij lammeren op grasland en zonder bijvoeding van mengvoer is dit waargenomen. Een vitamine B12-tekort kan hier zelfs voorkomen bij Co-gehalten hoger dan 0,11 mg/kg DS, hoewel deze op zich voldoende zouden moeten zijn. Er wordt wel verondersteld dat in dergelijke gevallen gifstoffen geproduceerd door schimmels op het gras mede van invloed zouden zijn bij de ontwikkeling van het ziektebeeld.

12.5 Kobaltovermaat

Kobalt is niet erg giftig. Kobaltovermaat is dan ook zeldzaam. De verschijnselen lijken sterk op die van Co-tekort. Een gehalte van 30 mg Co/kg DS in het voer wordt als maximumwaarde aangehouden. Er zijn geen specifieke maatregelen bekend die bij een Co-vergiftiging genomen kunnen worden.

12.6 Opheffen en voorkómen van tekorten

De aanbevolen directe maatregel om een tekort aan Co op te heffen is het verstrekken via het voer van ten minste 50 mg kobaltsulfaat (= 10 mg Co; in de praktijk wordt meestal $\text{CoSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ gebruikt; dit bevat 21 procent Co) per dier per dag voor kalveren, schapen en geiten en 10 mg voor ouder rundvee. De eenvoudigste wijze van toedienen is in de vorm van spoorelementenkoek of -korrels (bevatten circa 120 mg Co/kg). Ook kan gebruik gemaakt worden van landbouwsout (bestedingszout) rood. Dit bevat 0,3 procent Co. Een injectie met Co-zouten bij deficiënte dieren is niet effectief, omdat dit Co niet of in te geringe mate in de pens terecht komt.

Op bedrijven waar lammeren worden geweid die geen mengvoer krijgen bijgevoerd, kan het bespuiten van enkele banen gras in het weiland met Co (100 g CoSO_4 per hectare enkele keren per jaar) problemen voorkomen. Een andere mogelijkheid is het verstrekken van 1 mg $\text{CoSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ per lam per dag, bijvoorbeeld door het op te lossen in het drinkwater. Bij een lage Co-toestand van de grond (zie paragraaf 12.3), of wanneer toediening van Co-zouten aan

het dier tot verbetering leidt, dient een bemesting met een Co-meststof te worden uitgevoerd (tot 0,5 kg Co/ha). De nawerking van een dergelijke bemesting is 5 tot 10 jaar. Een lage Co-toestand komt het meest voor op zandgrond. Een andere, geschikte maatregel is het ingeven van Co-afgeevende bolussen in de pens.

13. Jodium

13.1 Functie, vóórkomen en huishouding

Jodium (I) is een onmisbaar bestanddeel van de schildklierhormonen T3 (trijodothyronine) en T4 (thyroxine), die de intensiteit van de stofwisselingsprocessen van het dier regelen. De schildklier van het kalf moet reeds voor de geboorte beginnen te functioneren. Tijdens de dracht wordt I actief naar de ongeboren vrucht getransporteerd, waardoor de foetale weefsels acht keer zoveel I kunnen bevatten als die van het moederdier. Bij het jonge dier is voor de snelle groei extra I nodig. Bij het volwassen dier stellen verder de dracht en de daarop volgende melkproductie bijzondere eisen aan de I-voorziening. De hoogte van de hormoonspiegel is een belangrijke factor voor de melkproductie; het is dus van belang te zorgen dat de hormoonspiegel niet door I-gebrek gedrukt wordt. Biest bevat zeer veel I, maar het gehalte in de melk daalt daarna snel. Jodium dringt gemakkelijk tot de melk in de uier door, en kan van daaruit ook weer opgenomen worden in het lichaam. De opname van I uit het maagdarmkanaal is zeer efficiënt (werkelijke absorptie meer dan 80 procent) en vindt met name plaats in pens en boekmaag. Een belangrijk deel van via de voeding verstrekt I wordt door de schildklier opgenomen, die het vervolgens onder invloed van het hormoon TRH (thyroid releasing hormone) weer afgeeft in de vorm van de hormonen T3 en T4. De schildklier van een volwassen rund bevat ongeveer 80 procent van al het in het lichaam aanwezige I; bij varzen bedraagt de totale hoeveelheid I in de schildklier 11-22 mg. De uitscheiding van I verloopt met name via de urine.

13.2 Jodiumbehoefte

De I-behoefte van herkauwers kan bij gebrek aan gegevens niet volgens de factoriële methode geschat worden. Tabel 13.1 geeft de jodiumbehoeftenormen voor verschillende categorieën herkauwers.

De door verschillende auteurs opgegeven I-behoeften van lacterende dieren op winterrantsoenen variëren van 0,3 tot 0,5 mg/kg DS. Veiligheidshalve lijkt een gehalte van 0,5 mg/kg DS derhalve de beste keus. Aangezien het I-gehalte in Nederlands gras varieert van 0,04 tot 0,40 mg/kg DS, voorziet een rantsoen voornamelijk bestaande uit ruwvoer hier niet geheel in.

's Zomers zou 0,15 mg/kg DS volstaan. Voor drachtige schapen wordt daarentegen een gehalte van 0,8 mg/kg DS aanbevolen. Voor geiten wordt 0,7 mg/kg DS (jonge dieren) tot 0,2 mg/kg DS (oudere dieren) aanbevolen. Aan het (meeste) standaardkrachtvoer wordt 0,5 mg I per kg toegevoegd; afhankelijk van de mate van krachtvoerverstrekking mag in het ruwvoer minder I aanwezig zijn. De I-behoefte is verhoogd als er veel goitrogene (schildklierremmende) stoffen in het rantsoen zitten. Deze stoffen kunnen onder meer voorkomen in klavers en in kruisbloemigen zoals stoppelknollen, kool- en raapzaad en allerlei koolsoorten. Al naar hun aard remmen ze de I-absorptie, de hormoon-synthese of de hormoonactiviteit en beïnvloeden daarmee dus de I-behoefte.

Hun invloed kan doorgaans vrij goed met extra I worden tegengegaan. Als veel van dergelijke stoffen aanwezig zijn dient het I-gehalte van het rantsoen 2 mg/kg DS te zijn. Raapzaadschroot is overigens tegenwoordig doorgaans afkomstig van zogenaamde dubbelnulrassen, waarin het gehalte aan schildklierremmers erg laag is.

Tabel 13.1 Jodiumbehoefthenormen voor verschillende categorieën herkauwers⁸.

Categorie	DS-opname	Norm ⁹	
	(kg)	(mg/dier/dag)	(mg/kg DS)
Rundvee			
Vrouwelijk jongvee			
• 4 mnd oud (850 g groei/dag) ¹	3,9	2,0	0,5
• 9 mnd oud (700 g groei/dag) ²	5,6	3,0	0,5
• 16 mnd oud (625 g groei/dag) ³	7,3	3,5	0,5
Melkvee (650 kg LG) ⁴			
• Droogstaand, 8-3 weken voor afkalven ⁵	11,3	5,5	0,5
• Droogstaand, 3-0 weken voor afkalven ⁵	11,0	5,5	0,5
• Melkgevend, 20 kg/dag ⁶	18,5	9,5	0,5
• Melkgevend, 40 kg/dag ⁶	23,5	12	0,5
Vleesstieren, tussentype ⁷			
• 100 kg LG, groei 1000 g/dag	3,0	1,5	0,5
• 250 kg LG, groei 1200 g /dag	6,0	3,0	0,5
• 500 kg LG, groei 1100 g /dag	9,0	4,5	0,5
Rosé kalveren			
• 150 kg LG, groei 1150 g /dag	4,5	2,5	0,5
• 275 kg LG, groei 1400 g /dag	7,0	3,5	0,5
Schapen			
• Vleeslam, 40 kg, 300 g groei/dag	1,6	1,0	0,5
• Drachtige ooi (LG = 75 kg), 3-0 weken voor aflammeren	1,9	1,5	0,8
• Zogende ooi, (LG = 75 kg), 3 kg/dag, 2 lammeren	2,6	1,5	0,5
Geiten			
• Volwassen geit (LG = 70 kg), 8-3 weken voor aflammeren	1,7	0,5	0,2
• Volwassen geit (LG = 70 kg), melkgevend, 4 kg/dag	3,2	0,5	0,2

¹⁻³ Bij de berekening wordt uitgegaan van het gewicht op resp. 4, 9 en 16 maanden leeftijd: 130 kg, 260 kg en 400 kg (zie Tabellenboek Veevoeding, editie 2004, CVB, Lelystad).

⁴ Voor melkvee wordt uitgegaan van rantsoenen met de volgende energiewaarden per kg DS: 800, 920, 920, en 970 VEM voor resp. droogstaand 8-3, droogstaand 3-0, melkgevend 20 kg en melkgevend 40 kg.

⁵ De DS-opname van droogstaande koeien is gebaseerd op waarnemingen in voederproeven van Praktijkonderzoek ASG te Lelystad en Schothorst Feed Research te Lelystad.

- 6 De DS-opname van melkgevende koeien is gebaseerd op de voeropnamecapaciteit van melkvee en de verzadigingswaarde van gangbare rantsoenen voor de beschreven klassen melkvee.
- 7 Zoals aangegeven door CVB (2004); kruislingen van vroegrijpe dieren en vleesrasstieren.
- 8 De bruto I-behoefte (mg/dier/dag) kan niet – zoals bij andere mineralen - worden geschat volgens de factoriële methode. De bruto behoefte is dan ook niet in deze tabel opgenomen.
- 9 Hierin is begrepen een veiligheidsfactor van 1,5; stalrantsoen zonder schildklierremmers. De norm in g/dier/dag is berekend door het gewenste gehalte in het voer te vermenigvuldigen met de opgegeven DS-opname.

13.3 Beoordeling van de voorzieningstoestand

Bij melkvee is in de praktijk de analyse van mengmonsters melk de meest bruikbare methode om de I-voorziening te beoordelen. De I-gehalten in melk zijn echter zeer wisselend. Gehalten lager dan 25 µg/kg (melkvee) of lager dan 80 µg/kg (schapen) wijzen in de richting van een I-tekort. Voor geiten worden de waarden voor schapen aangehouden. Verandering van de voorziening via de voeding weerspiegelt zich pas na één tot twee weken volledig in het I-gehalte van de melk. Ter beoordeling van de voorzieningstoestand op een bedrijf dient men steeds monsters van meerdere dieren te nemen. Om verontreiniging met I van buiten te voorkomen is het van belang alle contactpunten van de melk (melk-, melkopslag- en bemonsteringsmaterialen) van tevoren veelvuldig en ruim te spoelen met water, vooral als er met chloor, bleekloog of jodofoor gereinigd is (water bevat vrijwel steeds tien maal minder I dan melk). Verder heeft bemonstering geen zin als er tepelbehandeling met jodoforen plaatsvindt. Een deel van het uitwendig aangebrachte I komt immers rechtstreeks in de melk terecht. Bij niet-melkgevende dieren of als er tepelbehandeling met jodoforen plaatsvindt kan de voorzieningstoestand worden vastgesteld aan de hand van urine-I-gehalten. Gehalten lager dan 250 µg/L duiden dan op een tekort, terwijl gehalten hoger dan 500 µg/L op een overmaat wijzen. Urine-I is echter niet bruikbaar als het tekort veroorzaakt wordt door schildklierremmers, aangezien de I-uitscheiding via de urine dan normaal of zelfs verhoogd is. Een praktische methode om I-tekorten vast te stellen is uiteraard - evenals bij een aantal andere spoorelementen – het verstrekken van extra I om vervolgens te zien hoe de dieren daarop reageren.

13.4 Jodiumtekort

Bij een tijdelijk tekort in de I-voorziening zijn er veelal nauwelijks gevolgen waarneembaar. Dit is enerzijds een gevolg van de aanwezige reserve, anderzijds van een efficiënter gebruik van I. Een licht tot matig tekort uit zich gewoonlijk niet in specifieke klinische verschijnselen. Toch zal in een dergelijke situatie een kleine I-verstrekking reeds de groei en melkproductie verbeteren. Een I-tekort van langere duur uit zich in duidelijke structuurveranderingen aan de schildklier met uiteindelijk verminderde hormoonproductie. De jonge dieren ontwikkelen zich onvoldoende, onder andere doordat de botgroei achterblijft. Bovendien is dan schade aan de vrucht (zwakke of doodgeboren kal-

veren, haarloze kalveren, abortus) en vermindering van vlees- en melkproductie onvermijdelijk. In streken in ons land met niet-optimale I-voorziening van de mens is waargenomen dat ook de schildklier van pasgeboren kalveren afwijkingen vertoont. Ernstige gevallen van I-gebrek worden in Nederland echter slechts sporadisch gemeld. De nabijheid van de zee draagt hier waarschijnlijk aan bij, aangezien hierdoor de I-gehalten in ruwvoerders iets verhoogd worden.

13.5 Jodiumovermaat

Een I-vergiftiging uit zich in slechte eetlust, neusuitvloeiing, overmatige traanen en speekselproductie en een snelle ademhaling en hoesten ten gevolge van gedeeltelijke verstopping van de luchtwegen. Verder hebben dergelijke dieren een slechte eetlust, verminderde melkproductie en groei, haaruitval, huidontstekingen en kunnen ze verwerpen. Oorzaken van I-overmaat kunnen zijn het onoordeelkundig toepassen van behandelingen met I-verbindingen of extreem hoge gehalten aan I in spoorelementenmengsels. Door tepelbehandeling ter voorkoming van uierontsteking, door tepeldip of -spray met een sterke oplossing van jodoforen, kan gemakkelijk een relatief grote hoeveelheid I door het melkvee worden opgenomen. Naast hetgeen door verontreiniging rechtstreeks in de melk terechtkomt zal een ander deel daarin worden uitgescheiden na circulatie in het dier. Indien minder zorgvuldig met jodoforen wordt omgegaan (onder andere als niet goed wordt voor- en nagewassen) zou op deze wijze veel I in de voedselketen kunnen binnendringen. Als maximaal toelaatbare I-gehalten in het rantsoen wordt voor melkvee 5 mg I/kg DS en voor vleesvee 50 mg I/kg DS aangegeven. Voor kleine herkauwers worden doseringen boven 8 mg I/kg DS in het voer ongewenst geacht. Tot slot zij erop gewezen dat melk met een I-gehalte boven de 0,5 mg/kg niet toegelaten is voor menselijke consumptie (risico voor zuigelingenvoeding).

13.6 Opheffen en voorkómen van tekorten

Om een geconstateerd I-tekort op te heffen is veelal de dagelijkse verstrekking van 2 tot 5 mg I voldoende. Een dergelijke toediening zal tevens het optreden van tekorten voorkomen. Voor kleine herkauwers kunnen eventueel bolussen gebruikt worden. Geschikte I-verbindingen zijn kaliumjodaat (KIO_3) en cuprojodide (CuI); het eerste is goed oplosbaar, het tweede is vrijwel onoplosbaar in water maar wordt toch goed geabsorbeerd. Deze verbindingen zijn stabielere dan verschillende andere I-zouten, zoals KI en $Ca(IO_3)_2$. Aangezien de laatste verbindingen snel vervluchtigen zijn ze eigenlijk niet geschikt als bestanddelen van zoutlikstenen, vooral als die buiten in de wei gebruikt worden. Vanwege de kleine te doseren hoeveelheden kunnen I-zouten het best worden toegevoegd in mineralenmengsels al of niet te verwerken in krachtvoer. De zoutopname uit likstenen is te variabel om daarmee op een betrouwbare wijze spoorelementen te kunnen verstrekken in tekortsituaties. Cuprojodide kan eventueel als I-bron in likstenen verwerkt worden, tenzij deze voor Cu-gevoe-

lige schapenrassen zoals Texelaars bestemd zijn. Diiodosalicylzuur is een slecht beschikbare I-bron; deze dient derhalve niet gebruikt te worden. Verder zijn voor herkauwers geen significante verschillen tussen de verschillende I-bronnen gemeld. Lage I-gehalten in de ruwvoerders worden in Nederland vooral aangetroffen op de zandgronden en de rivierkleigronden. Verhoging hiervan door bemesting is gebleken zeer inefficiënt te zijn, temeer daar de nawerking in volgende sneden gering is. Verder leidt intensief graslandgebruik vooral op de genoemde gronden tot duidelijk lagere I-gehalten in het ruwvoer; dit geldt vermoedelijk eveneens voor snijmaïs.

Het voorkómen van I-tekorten zal daarom bij de huidige vormen van bedrijfsvoering moeten berusten op de genoemde toevoeging aan krachtvoerders, respectievelijk de verstrekking van spoorelementenmengsels aan dieren die geen krachtvoer krijgen, zoals jongvee (zie ook paragraaf 13.2).

zn

14. Zink

14.1 Functie, voorkomen en huishouding

In het dierlijk lichaam is zink (Zn) betrokken bij de werking van een zeer groot aantal enzymen. Het heeft een duidelijke invloed op eetlust en groei. Zink is nauw betrokken bij de expressie van genen en (daardoor) bij het functioneren van verschillende weefsels, onder andere de voortplantingsorganen, groeiende botten, huid, haar en hoeven en het afweersysteem. Het grootste deel van het in het lichaam aanwezige, voor de stofwisseling aanspreekbare Zn is aanwezig in de spieren en botten. Bij schapen en wolgeiten (Kasjmir, Angora) bevat ook de vacht, absoluut gezien, relatief veel Zn, maar dit Zn is niet meer beschikbaar voor het dier. Al met al hebben herkauwers geen Zn-reserve van enige betekenis en zullen verschijnselen van Zn-tekort zich al snel openbaren als er te weinig Zn in het voer aanwezig is.

14.2 Zinkbehoefte en factoren die de zinkbehoefte beïnvloeden

14.2.1 Factoren die de zinkbehoefte beïnvloeden

In zaden en de daarvan verkregen grondstoffen voor mengvoeders komt fytinezuur (inositolhexafosfaat) voor. Door zijn sterk negatieve lading is het in staat verschillende mineralen zo sterk te binden dat ze niet kunnen worden geabsorbeerd. Dit geldt vooral voor Zn, Ca en Fe. Voor afbraak van fytinezuur is het enzym fytase nodig; in de pens van herkauwers wordt waarschijnlijk voldoende fytase gevormd om het aanwezige fytinezuur af te breken en de genoemde elementen voor absorptie beschikbaar te maken. Bij (vlees)kalveren, waarbij het voormagenstelsel nog niet of onvoldoende functioneert, kan op kunstmelkrantsoenen waarin soja-eiwit is opgenomen de Zn-voorziening in de knel komen. Een Zn-gehalte van circa 190 mg Zn/kg kunstmelkpoeder is dan soms nog niet voldoende om de lever-Zn-gehalten en de groei op peil te houden.

Bij Cd- en Pb-gehalten zoals die onder normale omstandigheden in ruwvoer voorkomen (0,1-0,8 mg Cd/kg DS en minder dan 10 mg Pb/kg DS), is de invloed van deze elementen op de Zn-huishouding verwaarloosbaar. Dit geldt waarschijnlijk eveneens voor de invloed van Cu (in de toegestane gehalten) op de Zn-huishouding, zowel bij melk-gevoerde vleeskalveren als bij herkauwende dieren. Bij gebruik van voer dat zwaar met deze elementen verontreinigd is¹, zijn waarschijnlijk wel negatieve effecten op de Zn-opname te verwachten. Voor het beoordelen van de invloed van Ca en K op de Zn-huishouding van herkauwers zijn onvoldoende gegevens beschikbaar. Bij Fe-gehalten die (globaal) boven de 1000-1500 mg/kg DS liggen, kan de Zn-status van herkauwers slechter worden.

1. In het verleden bevatte gras uit snelwegbermen veel Pb (300 mg/kg DS). Dergelijke gehalten kunnen de Zn-opname van herkauwers wel verminderen. Recente gegevens over Pb-gehalten in snelwegbermgras (sinds het staken van de verkoop van loodhoudende benzine) zijn niet voorhanden.

14.2.2 Zinkbehoefte

De Zn-behoefte van herkauwers verschilt per diersoort en –categorie. De Zn-behoefte van jonge, groeiende dieren is het hoogst en die van volwassen, droogstaande dieren het laagst. De factoren waarmee de Zn-behoefte van runderen, schapen en geiten kan worden berekend, zijn weergegeven in Tabel 14.1. Voor de onderbouwing van deze factoren wordt verwezen naar CVB Documentatierapport nr. 44. De opgegeven factoren zijn afgeleid met behulp van gegevens uit de literatuur en dienen te worden beschouwd als schattingen teneinde de minimale Zn-behoefte te kunnen berekenen. Op grond van deze factoren (Tabel 14.1) is de Zn-behoefte berekend voor diverse categorieën rundvee, schapen en geiten (Tabel 14.2).

Hoewel de schijnbare Zn-absorptie hoog is bij lage Zn-gehalten in het voer en andersom, is de Zn-opname van herkauwers niet nauwkeurig geregeld. Onder Nederlandse omstandigheden is dit ook niet van groot belang, aangezien de gebruikelijke, op ruwvoer gebaseerde rantsoenen doorgaans duidelijk meer Zn bevatten dan de dieren nodig hebben. Nederlandse graskuilen bevatten de laatste jaren 20-74 mg Zn/kg DS. Een Zn-tekort bij het volwassen rund is dan ook niet erg waarschijnlijk. Hiermee in overeenstemming is dat in Nederland onder praktijkomstandigheden weinig verlaagde Zn-gehalten in het bloedplasma van runderen worden aangetroffen. In verband met de vrij sterke uitscheiding van Zn in biest en melk kunnen bij pas afgekalfde koeien enigszins verlaagde niveaus in het bloedplasma worden gevonden.

Tabel 14.1 Factoren voor het berekenen van de Zn-behoefte van runderen, schapen en geiten.

Factor	Runderen		Schapen	Geiten
	Melkvee	Vleesvee		
Onderhoud (mg/kg lichaamsgewicht)	0,1	0,1	0,1	0,1
Dracht (mg/dag) 8 – 0 weken voor geboorte 1,5 ²	8,9 ¹		-	1,5 ²
Groei (mg/kg groei)	24	24	24	24
Melk (mg/kg)	4,1	-	4,1	4,1
Werkelijke absorptie (%)	45	45	45	45

1 Er is uitgegaan van een kalf met een geboortegewicht van 44 kg (CVB Documentatierapport nr. 27).

2 Hierbij is uitgegaan van twee lammeren met een gezamenlijk geboortegewicht van 8 kg.

Tabel 14.2 Zinkbehoefte van verschillende categorieën herkauwers.

Categorie	DS-	Bruto	Norm ⁸	
	opname	behoefte	(mg/dier/dag)	(mg/kg DS)
	(kg)	(mg/dier/dag)	(mg/dier/dag)	(mg/kg DS)
Rundvee				
Vrouwelijk jongvee				
• 4 mnd oud (850 g groei/dag) ¹	3,9	74	111	28,5
• 9 mnd oud (700 g groei/dag) ²	5,6	95	143	25,5
• 16 mnd oud (625 g groei/dag) ³	7,3	122	183	25,1
Melkvee (LG = 650 kg) ⁴				
• Droogstaand, 8-3 weken voor afkalven ⁵	11,5	164	246	21,4
• Droogstaand, 3-0 weken voor afkalven ⁵	11,0	164	246	22,4
• Melkgevend, 20 kg/dag ⁶	18,5	327	490	26,5
• Melkgevend, 40 kg/dag ⁶	23,5	508	763	32,5
Vleesstieren, tussentype ⁷				
• 100 kg LG, groei 1000 g/dag	3,0	76	113	37,8
• 250 kg LG, groei 1200 g/dag	6,0	120	179	29,9
• 500 kg LG, groei 1100 g/dag	9,0	170	255	28,3
Rosé kalveren				
• 150 kg LG, groei 1150 g/dag	4,5	95	142	31,6
• 275 kg LG, groei 1400 g/dag	7,0	136	204	29,1
Schape				
• Vleeslam, 40 kg, 300 g groei/dag	1,6	25	37	23,3
• Drachtige ooi (LG = 75 kg), 3-0 weken voor aflammeren	1,9	20	30	15,8
• Zogende ooi (LG = 75 kg), 3 kg/dag, 2 lammeren	2,6	44	66	25,4
Geiten				
• Volwassen geit (LG = 70 kg), 8-3 weken voor aflammeren	1,7	19	28	16,7
• Volwassen geit (LG = 70 kg), melkgevend, 4 kg/dag	3,2	52	78	24,4

¹⁻³ Bij de berekening wordt uitgegaan van het gewicht op resp. 4, 9 en 16 maanden leeftijd: 130 kg, 260 kg en 400 kg (zie Tabellenboek Veevoeding, editie 2004, CVB, Lelystad).

⁴ Voor melkvee wordt uitgegaan van rantsoenen met de volgende energiewaarden per kg DS: 800, 920, 920, en 970 VEM voor resp. droogstaand 8-3, droogstaand 3-0, melkgevend 20 L en melkgevend 40 L.

⁵ De DS-opname van droogstaande koeien is gebaseerd op waarnemingen in voederproeven van Praktijkonderzoek ASG te Lelystad en Schothorst Feed Research te Lelystad.

⁶ De DS-opname van melkgevend koeien is gebaseerd op de voeropnamecapaciteit van melkvee en de verzadigingswaarde van gangbare rantsoenen voor de beschreven klassen melkvee.

⁷ Zoals aangegeven door CVB (2004); kruislingen van vroegrijpe dieren en vleesrasstieren.

⁸ Bij de berekening van de norm is de bruto behoefte vermenigvuldigd met de factor 1,5.

14.3 Beoordeling van de voorzieningstoestand

In proeven met Zn-deficiënte rantsoenen ontwikkelen zich bij jonge dieren zeer snel, soms binnen een week, klinische verschijnselen van Zn-tekort. Deze worden voorafgegaan door een daling van het Zn-gehalte van het bloedplasma. Dit betekent dat in ieder geval de jonge herkauwer voor zijn Zn-voorziening vrijwel direct afhankelijk is van het met het voer opgenomen Zn. Het Zn-gehalte van het bloedplasma (of serum) is de beste maatstaf voor de beoordeling van de voorzieningstoestand van het dier. Bij koorts of bacteriële infecties treden echter ook verlaagde plasma-Zn-waarden op, zodat verlaagde plasma-Zn-gehalten niet zonder meer als aanwijzing voor een Zn-tekort in het rantsoen mogen worden uitgelegd. Gezonde, niet-gestreste dieren hebben in hun bloedplasma Zn-gehalten variërend van 12-23 μM (rundvee), 11-23 μM (schapen) of 6-9 μM (geiten). Als klinische verschijnselen van Zn-gebrek aanwezig zijn, is het gehalte veelal lager dan 6 μM .

14.4 Zinktekort

Op grond van zijn functies in het dierlijk lichaam en de Zn-behoefte tijdens verschillende fysiologische stadia, is Zn-gebrek in de eerste plaats te verwachten bij jonge, groeiende dieren. Bij Zn-tekort komen de volgende verschijnselen voor: slechte eetlust, slechte groei, een perkamentachtig verdikte huid (olifantshuid of "parakeratose") vooral op de snuit en de poten (kalveren), rond de ogen, boven de klauwtjes en op de balzak (lammeren); verder rond de staartinplanting en aan nek en flanken. Bij geiten komen kaalheid, een ruige vacht, ontsteking van tandvlees en oogslimvlies en abnormale groei van de klauwtjes voor. De huid is uiterst kwetsbaar: wondjes en infecties treden gemakkelijk op en genezen slecht. Ook het optreden van infectieuze pododermatitis (stinkpoten bij het rund en rotkreupel bij het schaap en de geit) kan samenhangen met een te laag Zn-gehalte in het rantsoen, hoewel het verhogen van het Zn-gehalte van het rantsoen niet in alle gevallen een verbetering van dit ziektebeeld geeft. Bij schapen valt op dat de wol niet meer krult en meer op haar begint te lijken. De algehele gezondheid is slecht doordat er infecties van bijvoorbeeld de luchtwegen optreden. Tenslotte is ook de vruchtbaarheid gestoord.

In Nederland komen de genoemde huidafwijkingen in enkele gevallen voor bij kalveren. Bovendien is in die gevallen de eetlust sterk verminderd. Deze aandoening berust op een erfelijk recessieve factor (A 46: "Adema disease"), gekenmerkt door het ontbreken van een essentieel enzym voor de absorptie van Zn door het darmslimvlies.

14.5 Zinkovermaat

Zn is betrekkelijk weinig giftig voor dieren, zodat er een ruime marge bestaat tussen de behoefte en een schadelijke overmaatsituatie. Uit oogpunt van milieubelasting is het echter belangrijk niet meer Zn te verstrekken dan nodig

is om in de behoefte van de dieren te voorzien (dus ongeveer 20 mg/kg DS). Bij gehalten in het rantsoen boven 500 mg Zn/kg DS is een verminderde Cu-opname te verwachten. Er kunnen dan ook klinische verschijnselen optreden: diarree, veel plassen, verlies van eetlust, meer verwerpen en meer doodgeboorten. Deze verschijnselen kunnen al dan niet samenhangen met de verminderde Cu-opname. Bij zware Zn-belasting via het voer stijgt het Zn-gehalte in de lever, de nieren en de alvleesklier zeer sterk. Bij een bewezen Zn-vergiftiging zijn geen gerichte maatregelen mogelijk. Het geven van veel ruwvoer met een laag Zn-gehalte kan soms helpen, maar onmiddellijk slachten van de getroffen dieren om nog meer schade te voorkómen is ook te overwegen.

14.6 Opheffen en voorkómen van tekorten

Bij kalveren die onvoldoende Zn absorberen leidt toevoeging van extra Zn aan de kalvermelk, vooral in een vroeg stadium van de ziekte, tot snel herstel. Op de zieke huid aangebracht Zn, bijvoorbeeld als zalf, wordt goed opgenomen. Tekorten bij herkauwers kunnen binnen enkele weken worden opgeheven door het verstrekken van extra zink. Een extra gift van 50 mg Zn/kg DS is doorgaans voldoende. Voor extensief gehouden schapen kunnen Zn-houdende pensbolussen gebruikt worden.

Er zijn geen overtuigende verschillen in Zn-beschikbaarheid tussen de verschillende Zn-bronnen voor herkauwers aangetoond. Dit geldt zowel voor organische (chelaten) als anorganische bronnen. Slechts bij zeer hoge gehalten (300-1400 mg Zn/kg DS) zijn sommige organische Zn-preparaten iets beter beschikbaar. Dergelijke gehalten zijn in herkauwerrantsoenen echter wettelijk niet toegestaan. Indien extra Zn gegeven moet worden, dan kan de goedkoopste Zn-bron gebruikt worden. Dit is doorgaans zinksulfaat of zinkoxide.

Mn

15. Mangaan

15.1 Functie, voorkomen en huishouding

Als bestanddeel van een aantal enzymen is mangaan (Mn) in het dierlijk lichaam betrokken bij de vorming van kraakbeen en beenderen, bij het functioneren van de geslachtsorganen, bij de bloedstolling en bij de koolhydraat- en vetstofwisseling. De opname van Mn uit het maagdarmkanaal begint al in de pens. Het grootste deel wordt echter opgenomen uit de dunne darm. In het bloed is Mn gebonden aan transferrine. Een overmaat wordt uitgescheiden via de gal en de mest. Hoewel niet veel Mn in het lichaam wordt opgeslagen, hebben herkauwers met ontwikkelde voormagen in de darmwand enige reserve aan Mn (circa 40 procent van al het in het lichaam aanwezige Mn), waaruit bij een tekort in de voorziening enkele maanden kan worden geput. Ook het Mn uit lever en hartspeer kan in dat geval worden aangesproken. Wol van schapen bevat ook nogal wat Mn, maar dit is uiteraard niet meer beschikbaar voor het dier. Mangaan kan de placenta vrij goed passeren; hierbij treedt enige ophoping van Mn in de ongeboren vrucht op.

15.2 Mangaanbehoefte

Bij gebrek aan gegevens is het onmogelijk om de Mn-behoefte van herkauwers volgens de factoriële methode te schatten. Voor melkvee wordt 40 mg Mn/kg DS als norm aangehouden, terwijl voor de andere categorieën rundvee 25 mg/kg DS voldoende is. Voor geiten wordt eveneens de waarde van 40 mg/kg DS aangehouden, terwijl voor schapen een norm van 20 mg/kg DS geldt. De invloed van andere elementen in het rantsoen zoals Fe, Cd, Zn, Ni, Al, Ca en P op de Mn-behoefte lijkt bij in de praktijk voorkomende gehalten verwaarloosbaar. Alleen forse verhoging van de Ca-gift (bijvoorbeeld door bekalken van het grasland) zouden wellicht de Mn-voorziening kunnen benadelen. De behoeftenormen voor Mn staan vermeld in Tabel 15.1.

Tabel 15.1 Mangaanbehoefthenormen voor verschillende categorieën herkauwers⁸.

Categorie	DS-opname	Norm ⁹	
	(kg)	(mg/dier/dag)	(mg/kg DS)
Rundvee			
Vrouwelijk jongvee			
• 4 mnd oud (850 g groei/dag) ¹	3,9	98	25
• 9 mnd oud (700 g groei/dag) ²	5,6	140	25
• 16 mnd oud (625 g groei/dag) ³	7,3	183	25

Vervolg Tabel 15.1 op volgende pagina

Categorie	DS-opname	Norm ⁹	
	(kg)	(mg/dier/dag)	(mg/kg DS)
Melkvee (650 kg LG) ⁴			
• Droogstaand, 8-3 weken voor afkalven ⁵	11,5	460	40
• Droogstaand, 3-0 weken voor afkalven ⁵	11,0	440	40
• Melkgevend, 20 kg/dag ⁶	18,5	740	40
• Melkgevend, 40 kg/dag ⁶	23,5	940	40
Vleesstieren, tussentype ⁷			
• 100 kg LG, groei 1000 g/dag	3,0	75	25
• 250 kg LG, groei 1200 g/dag	6,0	150	25
• 500 kg LG, groei 1100 g/dag	9,0	225	25
Rosé kalveren			
• 150 kg LG, groei 1150 g/dag	4,5	113	25
• 275 kg LG, groei 1400 g/dag	7,0	175	25
Schape			
• Vleeslam, 40 kg, 300 g groei/dag	1,6	32	20
• Drachtige ooi (LG = 75 kg), 3-0 weken voor aflammeren	1,9	38	20
• Zogende ooi, (LG = 75 kg), 3 kg/dag, 2 lammeren	2,6	52	20
Geiten			
• Volwassen geit (LG = 70 kg), 8-3 weken voor aflammeren	1,7	68	40
• Volwassen geit (LG = 70 kg), melkgevend, 4 kg/dag	3,2	128	40

¹⁻³ Bij de berekening wordt uitgegaan van het gewicht op resp. 4, 9 en 16 maanden leeftijd: 130 kg, 260 kg en 400 kg (zie Tabellenboek Veevoeding, editie 2004, CVB, Lelystad).

⁴ Voor melkvee wordt uitgegaan van rantsoenen met de volgende energiewaarden per kg DS: 800, 920, 920, en 970 VEM voor resp. droogstaand 8-3, droogstaand 3-0, melkgevend 20 kg en melkgevend 40 kg.

⁵ De DS-opname van droogstaande koeien is gebaseerd op waarnemingen in voederproeven van Praktijkonderzoek ASG te Lelystad en Schothorst Feed Research te Lelystad.

⁶ De DS-opname van melkgevend koeien is gebaseerd op de voeropnamecapaciteit van melkvee en de verzadigingswaarde van gangbare rantsoenen voor de beschreven klassen melkvee.

⁷ Zoals aangegeven door CVB (2004); kruislingen van vroegrijpe dieren en vleesrasstieren.

⁸ Een bruto behoefte per dier per dag kan niet worden geschat volgens de factoriële methode en is dan ook niet gegeven.

⁹ Hierin is begrepen een veiligheidsfactor van 1,5. De norm in g/dier/dag is berekend door het gewenste gehalte in het voer te vermenigvuldigen met de opgegeven DS-opname.

15.3 Beoordeling van de voorzieningstoestand

In de praktijk bruikbare criteria voor het beoordelen van de Mn-voorzieningstoestand in het dier zijn nog niet beschikbaar. Het is niet zinvol haren te analyseren op Mn, omdat de uitkomsten moeilijk te beoordelen zijn. Het gehalte is namelijk sterk onderhevig aan verontreiniging van buitenaf. De Mn-voorziening van het rund kan daarom het best worden beoordeeld op grond van een Mn-bepaling in het rantsoen. Gehalten lager dan 25 mg Mn/kg DS wijzen op een tekort. Alleen als een forse overmaat aan Mn vermoed wordt, is bepaling van lever- en

serum-Mn-gehalten bruikbaar ter beoordeling van de Mn-belasting. Gehalten hoger dan 920 mg/kg DS in de lever en hoger dan 80 µg/L in serum geven aan dat er sprake is van Mn-overmaat. Het Mn-gehalte van het weidegras wordt voor een belangrijk deel bepaald door de pH van de grond: naarmate de pH van de grond hoger is, daalt het Mn-gehalte van het gras. Bij bekalking van de grond moet dus ook op de Mn-voorziening worden gelet. Wanneer de pH op het juiste niveau is zal het gras voldoende Mn bevatten. Dit geldt zowel voor de grasgroei als voor de voorziening van de weidende dieren.

15.4 Mangaantekort

In Nederland is Mn-tekort bij herkauwers vrij zeldzaam. In ruwvoerders zijn de gehalten dan ook gemiddeld (ruim) voldoende (gras 95, voordroogkuil 98, gehele plant silage (GPS) 64 mg/kg DS). Alleen het Mn-gehalte in snijmaïs (29 mg Mn/kg DS) zou voor melkvee misschien aan de krappe kant kunnen zijn. Snijmaïs moet echter altijd aangevuld worden met mengvoer en/of sporelementenmengsels, waardoor de Mn-voorziening weer ruimer wordt.

Het komt bij een Mn-tekort meer dan eens voor dat meer mannelijke dan vrouwelijke dieren worden geboren. Dit is zowel voor rundvee als voor geiten beschreven. De kalveren kunnen geboren worden met kromme en zwakke voorpoten. Verder zijn bij deze kalveren verschillende zenuwstoornissen (zwakte, spiertrillingen en dergelijke) en verhoogde prikkelbaarheid vastgesteld. Tot slot worden een slechte vruchtbaarheid en veelvuldig tongrollen aan Mn-tekort toegeschreven.

15.5 Mangaanovermaat

Mangaanovermaat komt in Nederland eigenlijk niet voor. Alleen forse overdoseringen van mineralenmengsels zouden mogelijk tot een Mn-overmaat kunnen leiden. Herkauwers verdragen overigens hoge Mn-doseringen. Zelfs bij zeer hoge Mn-gehalten in het voer zijn de verschijnselen vaak mild: de dieren zijn lusteloos en eten en groeien slecht. Er wordt ook wel een verband vermoed tussen een Mn-overmaat, een Cu-tekort en het ontstaan van BSE. Hiervoor is echter nauwelijks bewijs voorhanden. Voor melkdrinkende dieren wordt een maximaal toelaatbaar gehalte van 500 mg/kg DS aangehouden, terwijl herkauwende dieren 1000 mg/kg DS zouden kunnen verdragen. Overigens kunnen vaak nog veel hogere gehalten verdragen worden. Volwassen schapen kunnen bijvoorbeeld wekenlang een rantsoen met 8000 mg Mn/kg verdragen. Behalve het onmiddellijk verstrekken van Mn-arm voer is geen specifieke behandeling van Mn-overmaat mogelijk.

15.6 Opheffen en voorkómen van tekorten

Er zijn nauwelijks gegevens over verschillen in beschikbaarheid tussen verschillende Mn-bronnen bekend. Als extra toediening van Mn overwogen

wordt, lijken $\text{MnSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ en Mn-methionine de best beschikbare bronnen te zijn. Qua prijs valt $\text{MnSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ dan het gunstigst uit. Dit kan in een dosis van 4 g (volwassen koeien), 2 g (jongvee) of 1 g (kalveren) per dier per dag worden verstrekt. Voor kleine herkauwers zijn geen exacte doses bekend, maar 1 g per dier per dag lijkt verdedigbaar. Voor snijmaïs-gebaseerde rantsoenen is het advies om deze aan te vullen met 20 mg Mn/kg DS. Op Mn-arme gronden zou als lange termijnmaatregel eventueel een bemesting met 15 kg MnSO_4 /ha overwogen kunnen worden.

Fe

16. IJzer

16.1 Functie, voorkomen en huishouding

IJzer is in het lichaam met name van belang als onderdeel van heem. Deze stof is weer een onmisbare bouwsteen van hemoglobine (Hb) en myoglobine (Mb), de zuurstofbindende eiwitten in respectievelijk rode bloedlichaampjes en spieren. Doordat Mb zuurstof sterker bindt dan Hb, is een efficiënt zuurstoftransport van bloed naar spieren gewaarborgd. Ongeveer 60 procent van het Fe in het lichaam is aanwezig in Hb. Naast deze functies is Fe ook noodzakelijk voor een aantal andere eiwitten die voor de energiehuishouding van het dier onmisbaar zijn (oxidatieve fosforylering). IJzer wordt met name in de dunne darm opgenomen, waarbij Fe^{2+} makkelijker wordt opgenomen dan Fe^{3+} (Fe^{3+} moet eerst omgezet worden in Fe^{2+} voordat het opgenomen kan worden). Bij een ruim aanbod aan Fe wordt dit in de darmcellen voor een groot deel gebonden aan ferritine. Hierdoor wordt het Fe niet opgenomen, maar verdwijnt het met de mest uit het lichaam als de darmcellen na enkele dagen worden afgestoten. Door de hoeveelheid ferritine in de darmcellen te verhogen of te verlagen kan het lichaam dus zeer efficiënt de Fe-opname regelen. IJzer dat wel opgenomen is, wordt in het bloed gebonden aan transferrine.

16.2 IJzerbehoefte

De factoren waarmee de Fe-behoefte van runderen, schapen en geiten kan worden berekend, zijn aangegeven in Tabel 16.1. Voor de onderbouwing van deze factoren wordt verwezen naar CVB Documentatierapport nr. 40. De opgegeven factoren zijn afgeleid met behulp van gegevens uit de literatuur en dienen te worden beschouwd als schattingen teneinde de minimale Fe-behoefte te kunnen berekenen. Op grond van deze factoren (Tabel 16.1) is de Fe-behoefte berekend voor diverse categorieën rundvee, schapen en geiten (Tabel 16.2). In deze normen is een veiligheidsfactor van 1,5 inbegrepen.

In gebieden waar het ruwvoer sterk verontreinigd is met Cd (meer dan 5 mg Cd/kg DS, normaal is minder dan 0,8 mg/kg DS) zou de Fe-opname nadelig beïnvloed kunnen worden. Gegevens hierover zijn echter schaars. Gegevens over de invloed van Pb, Ni, Al en Ca op de Fe-huishouding zijn te beperkt om daar conclusies aan te verbinden. Ook de invloed van P op de Fe-huishouding lijkt onder praktijkomstandigheden verwaarloosbaar, aangezien de Fe-behoefte op een niveau ligt waar extra P geen effect heeft. Bovendien zijn hoge P-gehalten in herkauwerrantsoenen niet te verwachten gezien de sterke wettelijke beperkingen van de P-bemesting van grasland. Zink heeft pas bij hoge gehalten in het rantsoen (meer dan 100 mg Zn/kg DS) een licht nadelige invloed op de Fe-huishouding. Gehalten hoger dan 120 mg Zn/kg DS (melkvee) of hoger dan 100 mg Zn/kg DS (ander rundvee) zijn echter krachtens EU-wetgeving niet toegestaan. Bij normale gehalten lijkt de invloed van zowel Zn als Mn op de Fe-huishouding van herkauwers verwaarloosbaar. Tot slot lijkt verhoging van het Cu-gehalte van het rantsoen een verschuiving van Fe van

de weefsels naar het bloed te veroorzaken, waarbij de hematocriet (Ht) stijgt. Het praktische belang is echter onduidelijk.

Tabel 16.1 Factoren voor het berekenen van de Fe-behoefte van runderen, schapen en geiten.

Factor	Runderen		Schapen	Geiten
	Melkvee	Vleesvee		
Onderhoud (mg/kg lichaamsgewicht) Totaal ¹	0	0	0	0
Dracht (mg/dag) 8–0 weken voor geboorte	23 ²	-	6,1 ³	6,1 ³
Groei (mg/kg groei)	28,5	28,5	28,5	28,5
Melk (mg/kg)	0,5	-	0,5	0,5
Werkelijke absorptie (%)	10	10	10	10

¹ De Fe-behoefte voor onderhoud is verwaarloosbaar.

² Er is uitgegaan van een kalf met een geboortegewicht van 44 kg (CVB Documentatierapport nr. 27).

³ Hierbij is uitgegaan van twee lammeren met een gezamenlijk geboortegewicht van 8 kg; voor eenlingdracht kan een waarde van 3,6 mg Fe/dag gebruikt worden.

Tabel 16.2 IJzerbehoefte van verschillende categorieën herkauwers.

Categorie	DS-opname	Bruto behoefte	Norm ⁹	
	(kg)	(mg/dier/dag)	(mg/dier/dag)	(mg/kg DS)
Rundvee				
Vrouwelijk jongvee				
• 4 mnd oud (850 g groei/dag) ¹	3,9	242	363	93,2
• 9 mnd oud (700 g groei/dag) ²	5,6	200	299	53,4
• 16 mnd oud (625 g groei/dag) ³	7,3	178	267	36,6
Melkvee (LG = 650 kg) ⁴				
• Droogstaand, 8-3 weken voor afkalven ⁵	11,5	230	345	30,0
• Droogstaand, 3-0 weken voor afkalven ⁵	11,0	230	345	31,4
• Melkgevend, 20 kg/dag ⁶	18,5	100	150	8,1
• Melkgevend, 40 kg/dag ⁶	23,5	200	300	12,8
Vleesstieren, tussentype ⁷				
• 100 kg LG, groei 1000 g/dag	3,0	285	428	142,5
• 250 kg LG, groei 1200 g/dag	6,0	342	513	85,5
• 500 kg LG, groei 1100 g/dag	9,0	314	470	52,3
Rosé kalveren ⁸				
• 150 kg LG, groei 1150 g/dag	4,5	328	492	109,3
• 275 kg LG, groei 1400 g/dag	7,0	399	599	85,5
Schapen				
• Vleeslam, 40 kg, 300 g groei/dag	1,6	86	128	80,2
• Drachtige ooi (LG = 75 kg), 3-0 weken voor aflammeren	1,9	61	92	48,2
• Zogende ooi (LG = 75 kg), 3 kg/dag, 2 lammeren	2,6	15	23	8,7
Geiten				
• Volwassen geit (LG = 70 kg), 8-3 weken voor aflammeren	1,7	61	92	53,8
• Volwassen geit (LG = 70 kg), melkgevend, 4 kg/dag	3,2	20	30	9,4

¹⁻³ Bij de berekening wordt uitgegaan van het gewicht op resp. 4, 9 en 16 maanden leeftijd: 130 kg, 260 kg en 400 kg (zie Tabellenboek Veevoeding, editie 2004, CVB, Lelystad).

⁴ Voor melkvee wordt uitgegaan van rantsoenen met de volgende energiewaarden per kg DS: 800, 920, 920, en 970 VEM voor resp. droogstaand 8-3, droogstaand 3-0, melkgevend 20 kg en melkgevend 40 kg.

⁵ De DS opname van droogstaande koeien is gebaseerd op waarnemingen in voederproeven van Praktijkonderzoek ASG te Lelystad en Schothorst Feed Research te Lelystad.

⁶ De DS-opname van melkgevend koeien is gebaseerd op de voeropnamecapaciteit van melkvee en de verzadigingswaarde van gangbare rantsoenen voor de beschreven klassen melkvee.

⁷ Zoals aangegeven door CVB (2004); kruislingen van vroegrijpe dieren en vleesrasstieren.

⁸ Bij deze Fe-opname zullen de dieren rood vlees krijgen; in de praktijk zullen blankvlees- en rosé-kalveren dan ook minder Fe krijgen dan deze norm om de gewenste lichte vleeskleur te verkrijgen.

⁹ Bij de berekening van de norm is de bruto behoefte vermenigvuldigd met de veiligheidsfactor 1,5.

16.3 Beoordeling van de voorzieningstoestand

Bij een vermoeden van Fe-tekort kan een bepaling van het bloed-Hb-gehalte en de hematocriet (Ht) uitgevoerd worden om bloedarmoede vast te stellen. Normaalwaarden zijn weergegeven in Tabel 16.3. Er is echter nogal wat variatie tussen dieren en bovendien zijn lage waarden niet altijd een aanwijzing voor Fe-tekort. Voor praktisch gebruik geven deze twee bepalingen echter doorgaans voldoende informatie. De Fe-voorziening van herkauwers is meestal ruim en echte Fe-tekorten zijn dan ook zeldzaam. De meest gangbare oorzaak voor bloedarmoede is dan ook niet een Fe-tekort, maar een zware wormbesmetting.

Tabel 16.3 Normaalwaarden voor hemoglobinegehalte (Hb) en hematocriet (Ht).

Diercategorie	Hb (mmol/L)	Ht (%)
Rund	5,6-8,7	40-60
Schaap	5,0-9,9	23-48
Geit	5,0-8,7	15-30

16.4 IJzertekort

Het meest opvallende verschijnsel van Fe-tekort is bloedarmoede. Hierbij zijn de rode bloedcellen te klein en bevatten te weinig Hb (hypochroom, microcytair). Klinisch valt op dat de dieren niet gedijen, slecht eten en groeien en gevoelig zijn voor allerlei infectieziekten. De slijmvliezen zijn bleek. Indien een zware wormbesmetting de oorzaak van de bloedarmoede is zal ook dunne mest een opvallend verschijnsel zijn. Gezien deze veel voorkomende oorzaak zal bloedarmoede vrijwel altijd bij jonge dieren voorkomen. Oudere dieren hebben doorgaans meer weerstand tegen wormen opgebouwd. Bovendien bevat het rantsoen van herkauwende dieren ook meer Fe door het hogere gehalte aan grond. Bij vleeskalveren en rosé-kalveren wordt door een beperkt Fe-aanbod via de voeding een voldoende lichte vleeskleur behouden. De bijgevoerde snijmaïs mag dan ook niet meer dan 90 mg Fe/kg bevatten.

16.5 IJzerovermaat

IJzerovermaat lijkt in Nederland weinig problemen te geven. De verschijnselen van Fe-overmaat zijn bovendien meestal mild. Slechte voeropname en groei zijn de belangrijkste verschijnselen. IJzerovermaat veroorzaakt een toename van de hoeveelheid zuurstofradicalen in het lichaam, waardoor diverse weefsels aangetast kunnen worden. De mate waarin Fe-overmaat schade kan aanrichten hangt dan ook af van de voorziening met anti-oxidanten (vitamine A en E, caroteen, Se, Cu en Zn). Ook een hoog aanbod aan onverzadigde vetzuren (bijvoorbeeld uit voorjaarsgras) samen met een hoog Fe-aanbod via het voer (Fe-rijke grond) kan in principe een gevaar opleveren. Bij een laag Mo-

gehalte van het rantsoen kan een hoog Fe-gehalte waarschijnlijk ook een negatief effect hebben op de Cu-voorziening. Als maximaal toelaatbare gehalten worden 1000 mg/kg DS (rundvee) en 500-600 mg/kg DS (schapen) aangehouden. Voor geiten wordt de waarde voor schapen aangehouden. Overigens komen in de praktijk door verontreiniging van ruwvoer met grond geregeld veel hogere gehalten voor (2000-4000 mg/kg DS). Daarnaast moet het Fe-gehalte van drinkwater in de gaten gehouden worden. Dit geldt met name voor oppervlaktewater (zie Hoofdstuk 21). Een specifieke behandeling voor Fe-overmaat is niet bekend; wel verdient de voorziening met anti-oxidanten en vooral de Cu-voorziening in dat geval speciale aandacht.

16.6 Opheffen en voorkómen van tekorten

Ter behandeling van een Fe-tekort kan een Fe-verbinding worden verstrekt. Aan jonge kalveren kan via het voer bijvoorbeeld 30-60 mg Fe/dier/dag of 40 mg Fe/kg DS worden gegeven gedurende het eerste jaar. Bij gebruik van FeSO_4 komen deze hoeveelheden overeen met 80-160 mg/dag respectievelijk 110 mg/kg DS. Als lange termijn behandeling kan een intramusculaire injectie met Fe-dextraan gegeven worden. Voor lammeren is de dosis 200 mg Fe en voor kalveren 500 mg Fe.

Voor herkauwers zijn geen overtuigende voordelen van een bepaalde Fe-bron boven andere aangetoond. Wel is duidelijk dat Fe_2O_3 en Fe-verzadigd lactoferine slecht beschikbare bronnen zijn, die niet gebruikt moeten worden. Elementair ijzer afkomstig van slijtage van machines die bij mengvoerfabricage of voederwinning worden gebruikt is niet van belang voor de Fe-voorziening van dieren, aangezien dit Fe zeer slecht beschikbaar is. Als het drinkwater aan de eisen voldoet (zie Hoofdstuk 21) zal de bijdrage van Fe uit drinkwater doorgaans gering zijn (circa 5 procent van het dagelijks via het voer opgenomen Fe). De beschikbaarheid van Fe uit drinkwater is bovendien onduidelijk. Door het eten van met grond verontreinigd ruwvoer kan wel een flinke Fe-opname plaatsvinden (met grond verontreinigd ruwvoer kan tot 4000 mg Fe/kg DS bevatten). Het Fe uit grond is echter waarschijnlijk slecht beschikbaar, terwijl grond ook vele andere elementen kan bevatten die invloed op de Fe-huishouding kunnen hebben, zoals Cu, Mn en Zn. Het uiteindelijke resultaat van het eten van grond op de huishouding van Fe (en andere spoorelementen) is dan ook niet eenvoudig in te schatten.

Se

17. Seleen

17.1 Functie, voorkomen en huishouding

Seleen maakt in het dierlijk organisme met name deel uit van het enzym glutathionperoxidase (GSH-Px). Glutathionperoxidase komt voor in bloed (rode bloedlichaampjes), organen en weefsels en is betrokken bij het onschadelijk maken van peroxiden. Deze peroxiden ontstaan bij normale (vet)stofwisselingsprocessen (lipidenperoxiden) maar ook, tezamen met superperoxiden, door de activiteit van witte bloedlichaampjes tijdens infecties. Peroxiden hebben een negatieve invloed op de kwaliteit van celmembranen. Bij een Se-tekort kan daardoor gemakkelijk schade aan weefsels ontstaan (peroxidatie). In veel onderzoek naar de effecten van Se blijkt ook de vitamine E voorziening van belang te zijn. Bij het voorkomen van schade door peroxiden en vrije radicalen kunnen Se en vitamine E elkaar ten dele vervangen.

Het Se-gehalte van de plant is in sterke mate afhankelijk van het gehalte in de bodem. Per streek kan het Se-gehalte van de grond sterk variëren. In het buitenland zijn bepaalde gronden zo rijk aan Se dat planten die erop groeien giftig zijn voor de dieren. Bovendien hoopt een aantal plantensoorten Se op. De plantensoorten die dit het meest uitgesproken doen (obligate accumulatoren) komen echter niet in Nederland voor. Seleniumvergiftiging ten gevolge van het eten van planten met een zeer hoog Se-gehalte is in Nederland ook nog nooit beschreven. Anderzijds kunnen bepaalde gronden aanleiding geven tot Se-tekorten bij dieren die erop grazen. Bepaling van het Se-gehalte van de grond ter beoordeling van de Se-voorziening van de dieren is echter onvoldoende betrouwbaar. In Nederland komen geen ernstig Se-arme gronden voor. Bij rundvee op de zand- en veengronden wordt de laagste Se-voorziening geconstateerd; met name bij pinken zijn verlaagde gehalten aan Se en GSH-Px in het bloed aangetroffen. Een hoog S-gehalte in de bodem vermindert de Se-opname door planten. Seleen wordt door het dier met name opgenomen in de dunne darm. De uitscheiding verloopt voornamelijk via de mest, hoewel ook via de urine aanzienlijke hoeveelheden kunnen worden uitgescheiden. Tijdens de dracht kan Se de placenta goed passeren waardoor de Se-voorziening in de droogstand de Se-status van het kalf bij de geboorte kan beïnvloeden. Hoewel enerzijds geregeld Se-tekorten voorkomen, is Se anderzijds bij hogere gehalten in het voer ook snel giftig. Oplettendheid bij het verstrekken van Se-bevattende voedermiddelen en supplementen is dan ook geboden.

17.2 Seleenbehoefte

Een overzicht van Se-gehalten van in Nederland gebruikte ruwvoerders is weergegeven in Tabel 17.1. Bij vergelijking van deze gehalten met de behoefte (zie Tabel 17.3) blijkt dat dieren die alleen ruwvoer krijgen doorgaans te weinig Se binnen zullen krijgen. Bij dieren die naast ruwvoer ook mengvoer krijgen, is de Se-voorziening doorgaans beter aangezien aan het mengvoer meestal Se wordt toegevoegd.

Tabel 17.1 Seleengehalten in Nederlandse ruwvoerders (Blgg, Oosterbeek, 2003).

Soort ruwvoer	Oogstperiode	Gemiddelde	Bereik (boven- en ondergrens)
		mg/kg DS	
Voordroogkuil	1997-2002	0,048	0,037-0,058
Vers gras	2002	0,029	0,023-0,045
Snijmaïs	1997-2002	0,019	0,009-0,043

De factoren waarmee de Se-behoefte van runderen, schapen en geiten kan worden berekend, zijn aangegeven in Tabel 17.2. Voor de onderbouwing van deze factoren wordt verwezen naar CVB Documentatierapport nr. 46. De opgegeven factoren zijn afgeleid met behulp van gegevens uit de literatuur en dienen te worden beschouwd als schattingen teneinde de minimale Se-behoefte te kunnen berekenen. Op grond van deze factoren (Tabel 17.2) is de Se-behoefte berekend voor diverse categorieën rundvee, schapen en geiten (Tabel 17.3). Er zijn tot op heden geen overtuigende gegevens beschikbaar over de invloed van As en Fe op de Se-huishouding van herkauwers. Er lijkt wel een wisselwerking tussen Cu, S en Se te bestaan, waarbij Cu de Se-gehalten in de weefsels verhoogt en S die verlaagt. Door tegenstrijdige resultaten is deze wisselwerking echter niet in getallen uit te drukken. Lood, tenslotte, heeft waarschijnlijk alleen een negatieve invloed op de Se-opname als het ruwvoer zeer ernstig vervuild is (bijvoorbeeld 1100 mg Pb/kg DS). Onder normale Nederlandse omstandigheden is waarschijnlijk geen effect van Pb op de Se-opname te verwachten.

Tabel 17.2 Factoren voor het berekenen van de Se-behoefte van runderen, schapen en geiten.

Factor	Runderen		Schapen	Geiten
	Melkvee	Vleesvee		
Onderhoud (µg/kg lichaamsgewicht)	0,5	0,5	0,5	0,5
Dracht (mg/dag) 8-0 weken voor geboorte	0,06 ¹	-	0,01 ²	0,01 ²
Groei (mg/kg groei)	0,05	0,05	0,05	0,05
Melk (mg/kg)	0,02	-	0,02	0,02
Werkelijke absorptie (%)	40	40	40	40

¹ Er is uitgegaan van een kalf met een geboortegewicht van 44 kg (CVB Documentatierapport nr. 27).

² Hierbij is uitgegaan van twee lammeren met een gezamenlijk geboortegewicht van 8 kg.

Tabel 17.3 Selebehoefte van verschillende categorieën herkauwers.

Categorie	DS-	Bruto	Norm ⁸	
	opname	behoefte	(mg/dier/dag)	mg/kg/DS)
	(kg)	(mg/dier/dag)	(mg/dier/dag)	mg/kg/DS)
Rundvee				
Vrouwelijk jongvee				
• 4 mnd oud (850 g groei/dag) ¹	3,9	0,27	0,40	0,10
• 9 mnd oud (700 g groei/dag) ²	5,6	0,41	0,62	0,11
• 16 mnd oud (625 g groei/dag) ³	7,3	0,58	0,87	0,12
Melkvee (LG = 650 kg) ⁴				
• Droogstaand, 8-3 weken voor afkalven ⁵	11,5	0,96	1,44	0,13
• Droogstaand, 3-0 weken voor afkalven ⁵	11,0	0,96	1,44	0,13
• Melkgevend, 20 kg/dag ⁶	18,5	1,81	2,72	0,15
• Melkgevend, 40 kg/dag ⁶	23,5	2,81	4,22	0,18
Vleesstieren, tussentype ⁷				
• 100 kg LG, groei 1000 g/dag	3,0	0,25	0,38	0,13
• 250 kg LG, groei 1200 g/dag	6,0	0,46	0,69	0,12
• 500 kg LG, groei 1100 g/dag	9,0	0,76	1,14	0,13
Rosé kalveren				
• 150 kg LG, groei 1150 g/dag	4,5	0,33	0,50	0,11
• 275 kg LG, groei 1400 g/dag	7,0	0,52	0,78	0,11
Schapen				
• Vleeslam, 40 kg, 300 g groei/dag	1,6	0,09	0,13	0,08
• Drachtige ooi (LG = 75 kg), 3-0 weken voor aflammeren	1,9	0,12	0,18	0,09
• Zogende ooi (LG = 75 kg), 3 kg/dag, 2 lammeren	2,6	0,24	0,37	0,14
Geiten				
• Volwassen geit (LG = 70 kg), 8-3 weken voor aflammeren	1,7	0,11	0,17	0,10
• Volwassen geit (LG = 70 kg), melkgevend, 4 kg/dag	3,2	0,29	0,32	0,13

¹⁻³ Bij de berekening wordt uitgegaan van het gewicht op resp. 4, 9 en 16 maanden leeftijd: 130 kg, 260 kg en 400 kg (zie Tabellenboek Veevoeding, editie 2004, CVB, Lelystad).

⁴ Voor melkvee wordt uitgegaan van rantsoenen met de volgende energiewaarden per kg DS: 800, 920, 920, en 970 VEM voor resp. droogstaand 8-3, droogstaand 3-0, melkgevend 20 kg en melkgevend 40 kg.

⁵ De DS opname van droogstaande koeien is gebaseerd op waarnemingen in voederproeven van Praktijkonderzoek ASG te Lelystad en Schothorst Feed Research te Lelystad.

⁶ De DS opname van melkgevend koeien is gebaseerd op de voeropnamecapaciteit van melkvee en de verzadigingswaarde van gangbare rantsoenen voor de beschreven klassen melkvee.

⁷ Zoals aangegeven door CVB (2004); kruislingen van vroegrijpe dieren en vleesrasstieren.

⁸ Bij de berekening van de norm is de bruto behoefte vermenigvuldigd met de veiligheidsfactor 1,5.

17.3 Beoordeling van de voorzieningstoestand

Voor de beoordeling van de Se-voorziening van herkauwers komt vooral de analyse van volledig bloed (heparinebloed) op het enzym glutathionperoxidase (GSH-Px) in aanmerking. Daarnaast kan de analyse van bloedplasma op Se informatie verschaffen omtrent de Se-voorziening; deze bepaling is echter kostbaarder dan die van GSH-Px en vereist speciale apparatuur. De bepaling van GSH-Px heeft derhalve de voorkeur, ook omdat deze nauw gecorreleerd is met het Se-gehalte in het bloed. Wel zal bij een Se-tekort eerst het Se-gehalte dalen en pas daarna de activiteit van GSH-Px. Indien vervolgens weer Se verstrekt wordt, geldt het omgekeerde. Selenium moet namelijk eerst in het GSH-Px van nieuwgevormde rode bloedcellen ingebouwd worden. De uitslagen kunnen als volgt beoordeeld worden (Tabel 17.4):

Tabel 17.4 Maatstaven ter beoordeling van seleniumconcentraties in plasma/serum en GSH-Px activiteiten in volledig bloed voor rundvee en schapen.

	Se in plasma/serum (µmol/L)			GSH-Px (U/g Hb volledig bloed)		
	Rund	Schaap		Rund	Schaap	
		Volwassen	Lam		Volwassen	Lam
Tekort	0,03-0,3		0,5-0,7	< 120	< 120	100-150
Marginaal	0,4-0,8	0,25-0,50	0,7-0,8			
Voldoende	1,0-3,8	> 0,50	> 0,8			
Hoog	31,6-44,3			> 600	> 600	> 600
Giftig	> 44,3					

Voor geiten zijn geen maatstaven bekend; totdat meer gegevens voorhanden zijn, worden dezelfde waarden aangehouden als voor schapen.

17.4 Seleentekort

Herkauwers met een Se-tekort vertonen slapte (ze lopen met gebogen poten, liggen veel en kunnen moeilijk overeind komen), stijfheid, spiertrillingen en een snelle, oppervlakkige ademhaling. Incidenteel kunnen spieren scheuren, waardoor bijvoorbeeld de romp tussen de schouders zakt. Bij onderzoek van het hart valt een onregelmatige en te snelle hartslag op. De dieren kunnen sterven ten gevolge van hartfalen. Bij sectie kunnen de spieren gestreept (nutritionele musculaire dystrofie, "white muscle disease"), wasachtig en verkalkt zijn. Lammeren van geiten (meest gevoelig) en schapen, zowel als kalveren uit een koppel met Se-tekort, kunnen gedurende het eerste levensjaar white muscle disease ontwikkelen. De meeste gevallen doen zich echter voor in de eerste levensmaanden. Bij schapen is tevens verminderde vruchtbaarheid en abortus in een vroeg stadium van de dracht beschreven. In een koppel koeien met een Se-tekort kan uierontsteking hardnekkiger zijn, terwijl in een aantal gevallen een verhoogd percentage dieren aan de nageboorte blijft

staan. Een goede Se-voorziening tijdens de dracht kan hierop een gunstige invloed uitoefenen. Ook aan de vitamine E-voorziening moet in dergelijke gevallen aandacht besteed worden.

Dieren op alleen ruwvoer, speciaal snijmaïskuil, lopen in Nederland het grootste risico op een Se-tekort. Bij Se-gehalten in het voer van 0,08 mg/kg DS of lager treden al snel klinische verschijnselen van Se-tekort op.

17.5 Seleenovermaat

Een Se-vergiftiging kan acuut of chronisch verlopen, afhankelijk van de opgenomen hoeveelheid. Acute Se-vergiftiging kenmerkt zich door blindheid ("blind staggers"), speekselen, ademhalingsmoeilijkheden en dood door hartfalen. Bij sectie kunnen longstuwung en degeneratieve veranderingen aan hart, lever en nieren gevonden worden. Dieren met een chronische Se-vergiftiging zijn sloom en vermageren. Ze hebben een ruige vacht en worden kaal, zijn vaak kreupel en stijf; uiteindelijk kan zelfs ontschoening optreden. Ze kunnen plotseling ineenstorten en sterven.

Als algemene bovengrens voor herkauwers wordt 3 mg/kg in de DS van het totale rantsoen aangehouden. Voor alle herkauwers bedraagt de dosis van anorganische Se-verbindingen die tot 50 procent uitval leidt (LD50) bij verstreking via het voer 1,9-8,3 mg Se/kg lichaamsgewicht en bij injectie 0,15-1,9 mg Se/kg lichaamsgewicht. Er bestaat geen therapie tegen Se-vergiftiging.

17.6 Opheffen en voorkómen van tekorten

Bij geconstateerde of vermoede Se-tekorten komt in eerste instantie een diergeneeskundige behandeling in aanmerking. Seleen dient intramusculair of intraveneus te worden toegediend in de vorm van speciale preparaten (doorgaans gebaseerd op natriumseleniet of natriumselenaat); per keer wordt 0,1 à 0,2 mg Se per kg lichaamsgewicht toegediend. De behandeling kan met een interval van 1-3 maanden herhaald worden. Het is het meest efficiënt om de dieren te behandelen op momenten dat ze daar snel voordeel van kunnen hebben: tijdens het dekseizoen, in het laatste deel van de dracht en bij het spenen. Seleen kan eventueel ook oraal worden toegediend in de vorm van capsules of als drank, bij voorkeur verdeeld over enkele dagen. Bij extensief gehouden dieren kunnen Se-bevattende bolussen ingegeven worden. Met name bij snijmaïsrijke rantsoenen verdient het aanbeveling extra Se te verstrekken. Gezien de geringe benodigde hoeveelheden en het gevaar voor toxiciteit dient extra zorg te worden besteed aan de formulering en toepassing van een supplement. Zowel natriumseleniet (circa 45 procent Se) als natriumselenaat (circa 20 procent Se) zijn goed beschikbare Se-bronnen. Tot op heden zijn geen overtuigende verschillen aangetoond in beschikbaarheid van Se voor herkauwers tussen de verschillende (organische en anorganische) Se-bronnen.

Een bemesting met Se is ook mogelijk. Er zijn meststoffen waaraan een kleine hoeveelheid Se is toegevoegd. Een bemesting van circa 8 g Na-selenaat per ha per jaar is voldoende.

Bij een combinatie van Se-bemesting en Se-verstrekking via krachtvoer en/of mineralenmengsels bestaat het risico van Se-overmaat.

F

Cr

Ni

Mo

18. Overige spoorelementen: Fluor, Chroom, Nikkel en Molybdeen

18.1 Functies, voorkomen en huishouding

18.1.1 Functies

Fluor (F) is nodig voor het voorkómen van tandbederf bij mensen en voor normale groei bij geiten. Het is echter niet duidelijk of en voor welke specifieke processen dit element bij herkauwers nodig is.

Chroom (Cr) is een onderdeel van de glucosetolerantiefactor. Deze factor is nodig voor de benutting van glucose door de lichaamscellen. Bovendien kan een tekort aan biologisch actief Cr een nadelige invloed hebben op de afweer, vooral onder stressomstandigheden zoals langdurig transport. Tot slot zou dit element van belang zijn bij het verlagen van het aantal gevallen van aan de nageboorte blijven staan bij koeien. Door de grote variatie in reacties op extra Cr is het echter niet eenvoudig om aan te geven onder welke omstandigheden herkauwers extra Cr zouden kunnen gebruiken.

Een tekort aan nikkel (Ni) leidt tot lagere activiteiten van een aantal enzymen. Dit zijn onder andere urease in de pens en sorbietdehydrogenase (SDH) en alaninetransaminase (ALAT) in serum en lever. Een echte functie voor Ni is echter nog niet vastgesteld.

Molybdeen (Mo) is een onmisbaar onderdeel van de enzymen nitraatreductase, xanthineoxidoreductase, sulfideoxidase en aldehydeoxidase. Hierdoor is het bijvoorbeeld betrokken bij de nitraatstofwisseling in de pens (zie Hoofdstuk 20) en de S-stofwisseling (zie Hoofdstuk 10). Daarnaast heeft Mo samen met S een sterk remmende invloed op de Cu-opname uit de darminhoud (zie Hoofdstuk 11).

18.1.2 Voorkomen

Fluor

In Nederland zijn aluminiumfabrieken (Sloegebied, Delfzijl) de belangrijkste bronnen van F-uitstoot naar de lucht. Daarnaast dragen fosforfabrieken, kolengestookte elektriciteitscentrales, hoogovens (IJmuiden) en baksteenfabrieken bij aan de F-uitstoot. Ook schorren en slikken kunnen deze verontreiniging bevatten. De meeste grondsoorten bevatten relatief hoge gehalten aan fluoriden, maar deze zijn over het algemeen slecht opneembaar voor planten. Planten kunnen via de huidmondjes in de bladeren gasvormig fluoride vanuit de lucht opnemen en ophopen in het bladweefsel. Daarnaast kunnen fluoride bevattende (as)deeltjes zich afzetten op de plantendelen. Het F-gehalte van planten kan sterk variëren met name als gevolg van regenval. Fluoriden die in of op planten terechtkomen worden namelijk door regen weer gedeeltelijk uit- of afgespoeld. In niet-vervuilde gebieden bevatten planten 2 tot 30 mg F/kg. Recente metingen in weilandgras uit onbelaste gebieden geven gehalten van 1 tot 10 mg/kg DS. In het lichaam wordt F opgeslagen in tanden en botten. Overdracht naar het ongeboren dier is beperkt.

Chroom en nikkel

Industriële uitstoot en uitlaatgassen van wegverkeer zijn de belangrijkste bronnen van Cr. Normale Cr- en Ni-gehalten in enkele voedermiddelen, zoals opgegeven in de literatuur, zijn weergegeven in Tabel 18.1. In weefsels van Nederlands slachtvee zijn de Cr-gehalten zeer laag (tot 1,04 mg Cr/kg verse nieren). In een aantal monsters is het zelfs niet eens aantoonbaar. Iets vergelijkbaars geldt voor Ni. Hoewel Ni in de nieren gestapeld wordt, zijn ook hierin de gehalten zeer laag (tot 0,4 mg Ni/kg verse nieren).

Tabel 18.1 Gehalten aan Cr en Ni in enkele voedermiddelen.

Element	Gras	Vlinderbloemigen	Granen
	mg/kg DS		
Cr	0,1-0,4	0,2-4,2	0,01-0,6
Ni	0,1-1,1	1,2-2,7	0,2-0,3

Molybdeen

Van Mo is meer bekend, omdat dit element beter onderzocht is vanwege zijn invloed op de Cu-stofwisseling. Staalindustrieën kunnen luchtvervuiling met Mo-verbindingen veroorzaken. Ook motorolie is een keer als bron van een Mo-vergiftiging gemeld. Daarnaast kan zeeklei hogere Mo-gehalten bevatten dan bijvoorbeeld zandgrond. In Nederlandse graskuilen zijn de Mo-gehalten in het algemeen niet erg hoog (0,9-5,4 mg/kg DS). In het verleden is in Nederland wel eens een zware vervuiling met gehalten tot 90 mg Mo/kg DS in gras beschreven. Die werd veroorzaakt door uitstoot door een fabriek. Op gronden met een hoge pH is de Mo-opname door planten hoger dan op gronden met een lage pH.

In het lichaam wordt Mo met name in lever en nieren aangetroffen. Molybdeen kan de placenta goed passeren en hoopt zich dan ook op in de lever van de ongeboren vrucht. Dit vindt met name in het tweede deel van de dracht plaats.

18.1.3 Huishouding

Opname en omzetting

Er is erg weinig bekend over de opname en omzetting van de hier besproken sporelementen. Het is dan ook niet mogelijk om hierover getalsmatige uitspraken te doen. Fluor uit grond wordt door herkauwers slecht opgenomen (schijnbare absorptie lager dan 10 procent), terwijl F uit wateroplosbare verbindingen en uit grasproducten goed opneembaar zou zijn. De hoeveelheid fluoriden die vee binnenkrijgt door opname van grond is overigens relatief gering ten opzichte van de hoeveelheid via het voer.

Over opname van Cr en Ni zijn geen onderzoeksgegevens voorhanden. Van Cr-EDTA is bekend dat het nauwelijks wordt opgenomen. Voor deze verbinding is ook niet duidelijk of het Cr na de opname wel voor het lichaam beschikbaar is. Organische Cr-verbindingen zoals Cr-picolinaat en Cr-nicotinaat

worden duidelijk beter opgenomen dan anorganische. Deze verbindingen zijn echter binnen de EU als toevoegmiddel niet toegelaten.

Een Ni-tekort lijkt ook de Zn-huishouding te beïnvloeden. Het Zn-gehalte in bloed, melk, botten en levers van geiten met een Ni-tekort is dan ook verlaagd; gegevens hierover zijn echter schaars.

Zeswaardige Mo-verbindingen zoals Mo-trioxide en Ca-molybdaat worden, evenals Mo-verbindingen in planten, goed en snel uit lebmaag en dunne darm opgenomen. Dit geldt ook voor tri- en tetrathiomolybdaten, die al in de pens worden geabsorbeerd. De invloed van Mo en S op de Cu-opname is de enige wisselwerking die uitgebreid onderzocht is (zie Hoofdstuk 11).

Uitscheiding

De uitscheiding van F verloopt met name via de urine. Ook voor wat betreft Mo kan de urine een aanzienlijke bijdrage aan de uitscheiding leveren. Chroom en nikkel worden vrijwel geheel via de mest uitgescheiden. Via de melk verlaat dan ook maar zeer weinig Cr en Ni het lichaam. De gehalten aan Cr en Ni in de melk worden ook niet beïnvloed door de Cr- of Ni-gehalten in de voeding. Dit laatste is wel het geval voor F en Mo. Met name Mo kan in aanzienlijke hoeveelheden in de melk uitgescheiden worden (tot meer dan 2 mg Mo/kg melk).

18.2 Fluor-, chroom-, nikkel- en molybdeenbehoefte

Er zijn veel te weinig gegevens beschikbaar voor een betrouwbare behoefte-schatting van de hier besproken elementen. Er kan dan ook slechts een grove schatting van de behoefte gemaakt worden. De F- en Ni-behoeften in rantsoenen van geiten liggen in dezelfde orde van grootte (0,3 mg F/kg DS en 0,3 mg Ni/kg DS). Er wordt aangenomen dat de behoeften van de andere herkauwers hiermee overeenkomen. Fluortekorten zijn onder praktijkomstandigheden echter vrijwel ondenkbaar. Aangezien grassen en granen soms zeer lage Ni-gehalten bevatten (zie Tabel 18.1), zou een tekort in theorie voor kunnen komen. Er zijn echter onvoldoende gegevens over de Ni-gehalten in Nederlandse voeders om hierover een uitspraak te kunnen doen. Verder liggen de problemen met F en Mo eigenlijk altijd in de sfeer van de overmaten. De Cr-behoefte kan op dit moment niet bepaald worden. Hoewel over de Mo-huishouding meer gegevens beschikbaar zijn, is alleen voor groeiende geiten bekend dat zij minstens 0,1 mg Mo/kg DS nodig hebben. Ook hier wordt aangenomen dat de andere herkauwers een soortgelijke behoefte hebben.

18.3 Beoordeling van de voorzieningstoestand

Fluor

De gevoeligheid van herkauwers voor F-vergiftiging neemt af met de leeftijd. Het meest betrouwbare kenmerk van een F-vergiftiging is een hoog gehalte aan F in de as van de beenderen. Normaal variëren deze gehalten tussen 200 en 800 mg F/kg. Naast de F-gehalten in bot kan ook (bij jonge dieren) het uiterlijk van de tanden en kiezen informatie leveren. Ze worden beoordeeld op een

schaal van 0 (niet aangetast) tot 5 (zware aantasting met bruinverkleuring, afwijkende groei en slijtage). In vervuilde gebieden zijn de waarden echter altijd hoog, waardoor de informatie uit gebitsafwijkingen niet goed bruikbaar is. Fluorgehalten in plasma en urine zijn minder bruikbaar omdat ze sterk wisselen en afhankelijk zijn van de leeftijd. Wel kan urine-F als indicator gebruikt worden bij een acute vergiftiging. Het bot is dan uiteraard nog niet bruikbaar, aangezien F hierin veel langzamer wordt ingebouwd. De beoordeling van urine-F-gehalten is weergegeven in Tabel 18.2. Tot slot kan ook het F-gehalte van het voer in de beoordeling betrokken worden. Zie hiervoor paragraaf 18.5.

Tabel 18.2 Beoordeling van urine-F-gehalten van rundvee afhankelijk van de leeftijd.

Leeftijd (jaren)	Chronische vergiftiging			Acute vergiftiging
	mg/L			
	Normaal	Drempel	Ernstig	
2	2-4	8-11	15-20	> 14
4	4-5	10-13	19-26	
6	4-6	11-15	21-30	

Chroom

Over geschikte maatstaven ter beoordeling van de Cr-status van herkauwers is weinig bekend. In Tabel 18.3 is een aantal kenmerken met hun beoordeling weergegeven.

Tabel 18.3 Beoordeling van de Cr-status van herkauwers.

	Lever	Nier	Melk	Serum
	mg Cr/kg		µg Cr/kg	µmol Cr/L
Normaal	0,04-3,8	0,5-6,2	8-250	0,005-0,006
Hoog	3,8-10	6,2-15		
Giftig	> 10	> 15		

Nikkel

Er zijn geen geschikte maatstaven ter beoordeling van de Ni-status van herkauwers bekend.

Molybdeen

Aangezien de nadelige effecten van Mo voor herkauwers eigenlijk altijd een gevolg zijn van de effecten op de Cu-opname, kan de Cu:Mo verhouding in het rantsoen gebruikt worden als een grove schatting van het risico van een Mo-vergiftiging (zie verder Hoofdstuk 11).

18.4 Tekorten

Fluor

Bij een F-tekort verschrompelen klieren als de thymus en de schildklier (atrofie). Verder kan leververvetting en maagdarmonsteking voorkomen. Dit zal leiden tot een slechtere voeropname en mogelijk diarree.

Nikkel

De verschijnselen van een Ni-tekort komen grotendeels overeen met die van een Zn-tekort (parakeratose, slechte vruchtbaarheid).

Chroom

Door het ontbreken van betrouwbare maatstaven voor Cr en de sterk wisselende reacties op Cr-toediening is het ook niet eenvoudig om de verschijnselen van een Cr-tekort aan te duiden. Vaak wordt aangegeven dat de dieren gevoeliger zijn voor (luchtweg)infecties. Dit geldt met name voor dieren die in een stresssituatie verkeren (door bij voorbeeld langdurig transport). Daarnaast gedijen de dieren niet goed (lage voeropname en melkgift) en kunnen ze verschijnselen van slepende melkziekte vertonen.

Molybdeen

Een Mo-tekort leidt tot een slechte groei en vruchtbaarheid (hoger inseminatiegetal, meer verwerpen en doodgeboorte).

18.5 Overmaat, vergiftigingsverschijnselen

Fluor

Fluor hoopt zich in het lichaam op, met name in de tanden en botten. Een F-vergiftiging is dan ook doorgaans chronisch van aard.

Acute F-vergiftiging door zeer hoge doses F worden onder andere gekenmerkt door diarree, opwinding, stijfheid, slechte eetlust en melkproductie, sterk speekselen, slaptte, sufheid en tenslotte hartfalen en de dood. De F-gehalten in bloed en urine zijn in dat geval hoog.

Subacute en chronische F-vergiftiging wordt gekenmerkt door de aantasting van het gebit bij jonge dieren, kreupelheid, stijfheid en bloedarmoede. Op ribben en rond gewrichten kunnen harde knobbels zichtbaar worden door de daar optredende botwoekeringen. De F-gehalten in botten en tanden kunnen in dergelijke gevallen hoog oplopen. In extreme vergiftigingsgevallen is wel eens een gehalte van 8700 mg F/kg in de as van de beenderen aangetoond. Zeker in ver voortgeschreden gevallen gedijen de dieren slecht.

Jonge runderen (tot 3 jaar) zijn het gevoeligst voor F; om negatieve effecten op de gezondheid van deze dieren te voorkomen mag het voer niet meer dan 25 mg F/kg DS bevatten. Oudere dieren zijn minder gevoelig en kunnen hogere gehalten verdragen. Hiervoor wordt in Nederland een maximaal toelaatbaar gehalte van 30-33 mg/kg DS aangehouden. Aangezien schapen en geiten minder gevoelig zijn voor F-vergiftiging, biedt het aanhouden van de genoemde maximaal toelaatbare waarden ook aan deze diersoorten bescherming.

Ernstige chronische vergiftiging kan al optreden vanaf 60 mg F/kg DS, terwijl gehalten hoger dan 250 mg F/kg DS tot acute F-vergiftiging kunnen leiden. Ook de F-bron moet in de beoordeling betrokken worden, aangezien niet alle F-bronnen even goed beschikbaar zijn (zie paragraaf 18.1.3).

Chroom

Diarree is het meest voorkomende verschijnsel van een Cr-vergiftiging. Als maximaal toelaatbare gehalten in het voer worden 1000 mg/kg (als chloride) en 3000 mg/kg (als oxide) aangegeven. Voor de beter beschikbare organisch gebonden Cr-verbindingen zijn geen maximaal toelaatbare gehalten bekend.

Nikkel

Van een Ni-vergiftiging is vrijwel niets bekend. Het belangrijkste verschijnsel zou een slechte eetlust zijn. Voor het rantsoen wordt een maximaal toelaatbaar gehalte van 50 mg Ni/kg aangehouden.

Molybdeen

De verschijnselen van een Mo-vergiftiging komen grotendeels overeen met die van een Cu-tekort (zie Hoofdstuk 11). Waterige diarree is een opvallend verschijnsel. Stijfheid, kreupelheid en botbreuken komen ook nogal eens voor. De vacht is ruig en verkleurd. Bij schapen verandert de wolstructuur. De dieren gedijen niet, hebben een slechte eetlust, geven weinig melk en hebben een slechte vruchtbaarheid. Bij jonge lammeren kan verlamming optreden ("sway-back"). Melkdrinkende kalveren zijn relatief ongevoelig voor Mo-vergiftiging. Geiten kunnen onder bepaalde omstandigheden zeer goed bestand zijn tegen Mo-vergiftiging. Er is een geval beschreven waarin geiten een rantsoen met 1000 mg Mo/kg wekenlang opnamen zonder enig verschijnsel van een vergiftiging. Dit geldt echter lang niet in alle gevallen.

Voor volwassen koeien en schapen wordt wel een gehalte van 5 tot 10 mg Mo/kg DS als maximaal toelaatbaar aangehouden. Hierbij moet echter wel rekening gehouden worden met het feit dat veel lagere gehalten al problemen met de Cu-opname kunnen veroorzaken, afhankelijk van het S-gehalte van het rantsoen. Of het genoemde gehalte voor geiten hoger zou kunnen liggen is niet duidelijk. Overigens is het gezien de complexe verhouding tussen Cu, Mo en S eigenlijk onmogelijk om voor Mo een afzonderlijk maximaal toelaatbaar gehalte aan te geven.

18.6 Opheffen en voorkómen van tekorten

Aangezien F-, Ni- en Mo-tekorten in de praktijk niet of zeer zelden zullen voorkomen, zijn geen maatregelen bij tekorten aangegeven. De diagnose van Cr-tekort is moeilijk. De schaarse informatie geeft aan dat de dosis 0,2 tot 1 mg Cr/kg voer zou moeten zijn.

18.7 Maatregelen bij vergiftigingen

Fluor, chroom en nikkel

De veranderingen in bot en tanden zijn onomkeerbaar. Direct verwijderen van de dieren uit het vervuilde gebied dan wel het vervangen van het F-rijke voer zijn maatregelen die voor de nog niet sterk aangetaste dieren verlichting kunnen bieden. Als preventieve maatregel kunnen aan (grazende) dieren in F-vervuilde gebieden anti-fluorosebrokken worden verstrekt. Deze bevatten Al-sulfaat, waardoor F gebonden wordt en de F-belasting van de dieren verminderd wordt. Voor vergiftigingen met Cr en Ni zijn geen specifieke tegenmaatregelen bekend.

Molybdeen

Ook in geval van een Mo-vergiftiging is Mo-arm voer een goede oplossing, die echter niet altijd haalbaar is. Daarnaast kunnen de effecten van Mo op de Cu-huishouding tegengegaan worden door het verstrekken van extra Cu. Hiervoor wordt verwezen naar Hoofdstuk 11. Zeker bij Cu-gevoelige schapenrassen is een goede begeleiding van de Cu-toediening aan de hand van de Cu-status van belang. Anders kan het Cu-tekort omslaan in een Cu-vergiftiging.

Cd

As

Pb

Hg

19. Contaminanten: Cadmium, Lood, Kwik, Arseen en radionucliden

19.1 Effecten in het lichaam

Van lood (Pb) en kwik (Hg) is nog nooit aangetoond dat herkauwers er behoefte aan hebben. Deze elementen zijn dan ook volledig als giftig te beschouwen. Onder proefomstandigheden zijn cadmium- en arseentekorten op te wekken. De behoeften aan cadmium (Cd) en arseen (As) worden bij gangbare rantsoenen echter altijd gedekt. De radionucliden zijn vanwege de afgegeven straling altijd schadelijk voor de gezondheid. Deze worden in paragraaf 19.7 besproken.

Cadmium bindt aan hemoglobine en thioneïne (eiwit dat Zn bindt en opslaat). Hierdoor is dit element schadelijk voor de zuurstofvoorziening en voor de opname van vele andere sporelementen, zoals Cu, Zn, Fe en Mn. Daarnaast heeft Cd een negatieve invloed op de afweer.

Lood veroorzaakt irritatie van het maagdkanaal en aantasting van hart, lever, nieren, longen en hersenen.

Bij Hg zijn de organische verbindingen veel giftiger dan de anorganische. Terwijl anorganische Hg-verbindingen relatief slecht opgenomen worden en voornamelijk irriterend werken op de darm, is de opname van organische kwikverbindingen goed. Hierdoor kunnen ze in het lichaam allerlei schade aanrichten. Kwikverbindingen ontregelen de activiteit van vele enzymen en binden, evenals Cd, aan thioneïne. Dit kan uitlopen op vette degeneratie van de lever en aantasting van de (humorale) afweer. Metallisch Hg kan de hersenen binnendringen en daar schade aanrichten.

Ook As-verbindingen kunnen worden onderverdeeld in anorganische en organische verbindingen. De organische As-verbindingen kunnen weer onderscheiden worden in alifatische en aromatische verbindingen. Anorganische As-verbindingen zijn giftiger dan organische. Binnen de anorganische verbindingen zijn arsenieten weer giftiger dan arsenaten. De anorganische As-verbindingen kunnen afsterven en perforatie van het maagdkanaal veroorzaken. De uitgebreide aantasting van haarvaten in het lichaam kan bloedingen en shock tot gevolg hebben. Driewaardige anorganische en alifatische As-verbindingen kunnen door binding aan allerlei eiwitten de glycolyse, de citroenzuurcyclus en de oxidatieve fosforylering verstoren, waardoor de normale energiehuishouding van het lichaam ontregeld wordt.

19.2 Voorkomen

Cadmium

Erts- en metaalverwerkende industrieën, slib, kunstmest en de verbranding van steenkool en olieproducten kunnen bijdragen aan de belasting van grond en gewas met Cd. Veen- en lössgrond hebben van nature een iets hoger Cd-gehalte (circa 0,8 mg/kg) dan klei- en zandgrond (circa 0,4 mg/kg). In het verleden zijn rond een zinkverwerkend bedrijf in Budel (Noord-Brabant) Cd-gehal-

ten tot 2,7 mg/kg DS in snijmaïs aangetoond. Bij een stijgende bodem-pH wordt de Cd-opname door de planten lager.

In het dierlijke lichaam wordt de Cd-opname nauwelijks geregeld. Cadmium passeert de placenta maar zeer beperkt. Cadmium stapelt in de nier(schors), vanwaar het vrijwel niet meer uitgescheiden wordt.

Lood

Lood wordt niet opgenomen door de planten, maar is als neerslag op de bladeren aanwezig. Wortels en knollen bevatten geen Pb van betekenis. In het verleden zijn tot 100 meter van de kant van druk bereden auto(snel)wegen verhoogde Pb-gehalten aangetoond. De hoogste waarde bedroeg 210 mg Pb/kg DS. Er zijn evenwel geen gegevens voorhanden over de Pb-gehalten na het staken van de verkoop van de loodhoudende superbenzine. Directe inademing van Pb levert voor de meeste herkauwers geen belangrijke bijdrage aan de belasting. Verder zijn in het verleden ongelukken gebeurd met Pb-houdende verf (menie), afgewerkte motorolie, oliefilters en accu's. Vergiftigingen treden vaker op bij jonge dieren, die een wat nieuwsgieriger (lik)gedrag hebben dan oudere dieren en daardoor eerder in contact komen met de gemelde bronnen. Tot slot kan verontreiniging van graskuil met loden kogeltjes door bijvoorbeeld kleiduiven schieten tot Pb-vergiftiging leiden.

Evenals bij Cd wordt de huishouding van Pb nauwelijks geregeld. Lood passeert echter wel de placenta. Lood stapelt met name in de nieren, de lever en de botten. Spierweefsel bevat slechts lage gehalten.

Voor Cd en Pb zijn door de EU maximaal toelaatbare gehalten in weefsel voor menselijke consumptie vastgesteld. Deze zijn weergegeven in Tabel 19.1, samen met de resultaten van onderzoek aan Nederlandse slachtrunderen geslacht tussen 1970 en 1980.

Tabel 19.1 Maximum toelaatbare gehalten van Cd en Pb in weefsels van runderen en schapen bestemd voor menselijke consumptie volgens EU-wetgeving; en gemeten waarden aan Nederlandse slachtrunderen, geslacht tussen 1970 en 1980.

Element	Lever		Nier		Vlees*
	EU-norm	Gemeten	EU-norm	Gemeten	EU-norm
µg/kg vers product					
Cd	500	140	1000	550	50
Pb	100	290	100	460	100
Hg		< 10		11	
As		47		47	

* in dit onderzoek zijn in vlees de gehalten niet gemeten.

Uit Tabel 19.1 blijkt dat de Cd-gehalten in de jaren '70 al ruim beneden de huidige EU-grenswaarden lagen. De Pb-waarden lagen daar toen nog ruim boven. Er is geen onderzoek bekend waaruit blijkt dat deze Pb-waarden inmid-

dels lager liggen, maar dit is wel te verwachten. Het Pb-gehalte van melk bestemd voor menselijke consumptie mag volgens EU-wetgeving niet meer dan 20 µg/kg bedragen. In het verleden werd deze norm in vervuilde gebieden in het buitenland regelmatig ver overschreden (hoogste waarde: 750 µg/kg). Momenteel blijven de gehalten in de EU daar ver onder (tot 5 µg/kg).

Kwik

Kwikbelasting van herkauwers wordt met name veroorzaakt door Hg-bevattende schimmelbestrijdingsmiddelen, uitstoot van mijnen en metaalverwerkende industrieën, gemotoriseerd verkeer en vervuild slib. Op wereldschaal draagt vulkanische activiteit en verwerking van gesteenten ook bij aan Hg-vervuiling van de atmosfeer. Omzetting van anorganische in organische Hg-verbindingen vindt met name plaats in oppervlaktewater; voor herkauwers was vismeel (momenteel een verboden voedermiddel voor herkauwers) in het verleden dan ook een bron van Hg-besmetting.

Organische Hg-verbindingen passeren de placenta gemakkelijker dan anorganische Hg-verbindingen. Metallisch Hg passeert de bloed-hersenbarrière zeer snel. De ongeboren vrucht stapelt Hg met name in de lever. Tijdens het leven worden de hoogste Hg-gehalten in de nieren gevonden. Door hun grote procentuele aandeel in het lichaamsgewicht vertegenwoordigen de spieren echter ook een flink deel van het lichaams-Hg.

Arseen

Arseen werd vroeger in veel bestrijdingsmiddelen gebruikt. Tegenwoordig zijn deze in Nederland echter niet meer toegelaten. Aangezien deze middelen tot voor kort nog wel gebruikt mochten worden voor het wolmaniseren van (tuin)hout, is een belasting via die weg zeker nog niet ondenkbaar.

In het lichaam worden de hoogste As-gehalten in nieren en lever gevonden. Bij langduriger belasting stijgen ook de gehalten in haar, klauwen, botten en tanden. Arseen passeert de placenta goed, maar dringt niet door tot de hersenen.

19.3 Huishouding

19.3.1 Opname en omzettingen

Cd en Pb worden zeer slecht vanuit het maagdarmkanaal van herkauwers opgenomen (schijnbare absorptie waarschijnlijk 0,3 tot 1,3 procent). Bij melkgevoerde dieren is de schijnbare Cd-absorptie echter hoger dan 90 procent.

De schijnbare absorptie van methyl-Hg is 59 procent (koeien) tot 80 procent (geiten), terwijl die van HgCl₂ 30 procent is. Bij As worden alleen oplosbare verbindingen (met name de arsenieten) goed opgenomen uit het maagdarmkanaal. De meeste As-verbindingen worden slecht opgenomen.

Hoewel een verhoging van het S-gehalte van het rantsoen de Cd- en de Pb-gehalten in de organen van schapen sterk verlaagde, zijn de toegepaste S-gehalten te hoog (hoger dan 5,9 g/kg DS) om praktisch bruikbaar te zijn (negatief effect op de Cu-opname!). Ook Cd en Pb verlagen elkaars opname uit het maagdarmkanaal, maar een opzettelijke toevoeging van één van deze giftige

elementen aan het rantsoen is vanzelfsprekend niet aan de orde. Ook Zn en Cd lijken elkaars opname te hinderen. Aangezien de Zn-gehalten in voeders voor herkauwers volgens EU-wetgeving niet hoger dan 150 ppm mogen zijn is een verhoging van het Zn-gehalte om de Cd-opname te verminderen niet mogelijk. De pensflora van herkauwers zet organische Hg-verbindingen (bijvoorbeeld methyl-Hg) weer om in anorganische, waarbij metallisch Hg (als Hg-damp) vrijkomt. Deze damp kan vervolgens worden opgenomen via de penswand of via de longen. Na de opname van anorganische As-verbindingen worden gemethyleerde As-verbindingen in de urine uitgescheiden. Over hernieuwde opname van deze elementen na uitscheiding in het maagdarmkanaal is geen informatie beschikbaar.

19.3.2 Uitscheiding

De uitscheiding van Cd, Pb en Hg verloopt met name via de mest; de uitscheiding via de urine is in het algemeen verwaarloosbaar. Alleen in het geval van As kan bij bepaalde organische verbindingen een flinke uitscheiding via de urine waargenomen worden. De uitscheiding via de melk is meestal vrij laag. Bij zware belasting met Cd en Pb kunnen de gehalten van deze elementen in de melk echter wel sterk stijgen. De gehalten aan Hg en As stijgen bij belasting met deze elementen veel minder sterk dan bij Cd en Pb het geval is.

19.4 Beoordeling van de contaminantenbelasting

Algemeen

Gegevens over grenswaarden voor giftigheid van Cd, Pb, Hg en As berusten vaak op onderzoek aan daadwerkelijk in de praktijk voorgekomen vergiftigingen met deze elementen. Het is daarom onduidelijk in hoeverre er veiligheidsmarges in de genoemde grenswaarden zijn opgenomen. Bovendien verschilt de giftigheid tussen de verschillende verbindingen van één element vaak sterk, afhankelijk van fysiologisch stadium van de dieren, de gehalten aan andere mineralen, et cetera.

Cadmium

Cadmiumgehalten in het bloed zijn niet bruikbaar om een Cd-vergiftiging aan te tonen. Bij een Cd-vergiftiging zijn deze namelijk nauwelijks verhoogd. De Cd-gehalten in het rantsoen, de lever en de nieren zijn wel geschikt. De waarden voor runderen en schapen zijn weergegeven in Tabel 19.2. Deze worden ook voor geiten gebruikt.

Tabel 19.2 Waarden voor indicatoren van de Cd-belasting van runderen en schapen.

	Rantsoen	Lever	Nier
	mg/kg DS	mg/kg vers gewicht	
Normaal	0,1-0,2	0,02-0,05	0,03-0,1
Hoog	0,5-5,0	0,1-1,5	1-5
Giftig	> 50	50-160	100-250

Lood

Er bestaat geen overeenstemming over een geschikte grenswaarde voor het Pb-gehalte van het rantsoen. De hoogste waarde die uitdrukkelijk wordt aangegeven om giftigheid voor dieren te voorkomen is 100 mg Pb/kg. Daarnaast wordt een grens van 30 mg Pb/kg aangegeven. Het is niet duidelijk of dit voldoende is om te hoge gehalten in dierlijke producten te voorkomen. Bloed-Pb-gehalten kunnen wel gebruikt worden om een acute Pb-vergiftiging aan te tonen. Gehalten lager dan 1,2 μM worden als normaal beschouwd, terwijl waarden hoger dan 1,7 μM op een Pb-vergiftiging wijzen.

Een acute Pb-vergiftiging kan onder andere veroorzaakt worden door plotselinge stress (kalveren/lammeren, de wei in). Lood dat gedurende lange tijd gestapeld is in het lichaam komt dan plotseling vrij. In dat geval hebben bloed-Pb-waarden onvoldoende zeggingskracht. Het analyseren van delta-aminolevulinezuur dehydratase (ALA-D) in het bloed kan dan overwogen worden. De activiteit van dit enzym daalt zeer snel en sterk na een Pb-vergiftiging en blijft laag totdat het grootste deel van het Pb uit het lichaam verdwenen is. De opslag en het onderzoek van de monsters zijn echter niet eenvoudig. Bovendien is er sprake van leeftijdsafhankelijke verschillen in activiteit. Overleg met het laboratorium is derhalve gewenst. Waarden lager dan 200 nmol/mL geven een verdenking op Pb-vergiftiging aan, terwijl waarden lager dan 100 nmol/mL bewijs voor een vergiftiging leveren.

Bij dode dieren geven Pb-gehalten hoger dan 10 mg/kg in lever en nier aan dat er sprake is van Pb-vergiftiging. Bij een chronische Pb-vergiftiging kan haar ook voor onderzoek gebruikt worden (meer dan 10 mg Pb/kg DS duidt op chronische vergiftiging).

Kwik

Een kwikvergiftiging is niet eenvoudig vast te stellen. Bloed, urine, mest en melk zijn onbetrouwbare informatiebronnen. Het Hg-gehalte van het rantsoen is ook lastig te gebruiken omdat vaak niet vast te stellen is hoe het dier precies aan het gif gekomen is. Als er bijvoorbeeld een Hg-rijke stof opgelikt is, kan het eigenlijke rantsoen normale waarden bevatten. Bovendien verschillen de Hg-verbindingen sterk in giftigheid. Bij levende dieren lijkt een leverbiopt de meest aangewezen weg om een Hg-vergiftiging vast te stellen. Bij dode dieren zijn dit de nieren. Indicatorwaarden zijn gegeven in Tabel 19.3.

Tabel 19.3 Waarden voor Hg-gehalten in lever en nieren.

Beoordeling	Nier	Lever
	mg/kg	
Normaal	< 0,09	< 0,06
Vrij hoog	0,09-14	0,06-2,0
Hoog	14-43	> 2,0
Giftig	> 43	

Arseen

Arseenvergiftiging kan worden vastgesteld als de As-gehalten in lever en nier hoger dan 3 mg/kg zijn. Over grenswaarden voor As-gehalten in het voer zijn nauwelijks gegevens voorhanden. Gehalten van 50 of 100 mg/kg voer (voor respectievelijk anorganische en organische As-verbindingen) worden wel gehanteerd voor koeien en schapen. Voor geiten wordt zelfs een grens van 5 mg/kg aangegeven. Het is niet duidelijk waar het verschil tussen deze diersoorten op berust.

19.5 Tekorten

Cadmium, lood, kwik en arseen zijn praktisch gezien eigenlijk uitsluitend giftig. Hoewel in sommige proeven Cd- en As-tekorten zijn opgewekt, zijn deze onder praktische omstandigheden geheel niet aan de orde.

19.6 Vergiftigingsverschijnselen

19.6.1 Verschijnselen

Op dit moment vormen de besproken elementen geen groot gevaar voor de gezondheid van herkauwers. Eventuele vergiftigingen berusten doorgaans op ongelukken. Eventueel kan de slootbodem bijdragen aan de belasting met zware metalen (zie Hoofdstuk 21).

Cadmium

Dieren die lijden aan een cadmiumvergiftiging gedijen in het algemeen slecht. De eetlust, de groei, de melkproductie en de vruchtbaarheid zijn aangetast. Er komt meer verwerpen voor of kalveren en lammeren worden op tijd maar dood geboren. De vacht is ruig, droog en korsterig. De gewrichten zijn verdikt en de dieren worden blind. Bij zware vergiftigingen kunnen dieren binnen enkele weken sterven. Deze symptomen lijken ten dele op die van een Zn-gebrek. Dit kan te maken hebben met de wederzijdse beïnvloeding van de opname uit de darm tussen Cd en Zn.

Lood

Een loodvergiftiging kan acuut of chronisch verlopen. In acute gevallen treden de eerste verschijnselen doorgaans binnen 2 tot 3 dagen na de Pb-opname op. De dieren vertonen klinische hersenverschijnselen zoals met de kop tegen de muur drukken, rondjes lopen, blindheid, krampen, wankelen, spiertrillingen en tandenknarsen. Andere verschijnselen zijn speekselen, verstopping of juist diarree en een geringe urineproductie.

Bij een chronische Pb-vergiftiging slijten de dieren: vermindering van eetlust, lichaamsgewicht en melkproductie. Oplopen, verwerpen, verstopping en bloedarmoede zijn andere verschijnselen. Stress kan in een dergelijk geval een plotselinge dood veroorzaken.

Kwik

Klinische verschijnselen van een Hg-vergiftiging zijn speekselen, tranenvloed, hevige dorst of juist het weigeren van drinken, sufheid, wankelen, diarree, kaalheid en eczeem. Bij zware vergiftigingen kunnen de dieren plotseling sterven.

Arseen

Aangezien As vrij snel wordt uitgescheiden, zijn As-vergiftigingen doorgaans acuut. Verschijnselen als zware koliek, speekselen, stinkende, bloederige diarree, stilliggen van de pens, sufheid, hoge lichaamstemperatuur, uitdroging, veel urineproductie gevolgd door het stoppen daarvan, shock en plotselinge dood kunnen waargenomen worden. Vergiftigingen door arseniezuur veroorzaken aantasting van het centraal zenuwstelsel, met als verschijnselen: wankele, verhoogde gevoeligheid voor prikkels en blindheid. Bij eventuele chronische As-vergiftigingen slijten de dieren. Ook kan de huid afsterven.

19.6.2 Maatregelen bij vergiftigingen

In een aantal opzichten lijken de verschijnselen van de verschillende vergiftigingen nogal op elkaar. Het onderscheid is dan niet altijd eenvoudig. Naast het verhinderen van verdere opname en algemene symptomatische behandeling kunnen enkele meer gerichte maatregelen worden genomen.

Bij een Cd- en een acute Pb-vergiftiging kan CaNa_2EDTA (koeien: 110 mg/kg lichaamsgewicht intraveneus) gegeven worden. Twee behandelingen met zes uur tussentijd om de dag worden aanbevolen. Na drie behandeldagen kan gestopt worden. Een acute Pb-vergiftiging kan ook bestreden worden met MgSO_4 teneinde het resterende Pb uit het maagdarmkanaal te verwijderen. De orale dosering is 500-1000 g (koeien) of 20-50 g (kleine herkauwers).

Een vergiftiging met Hg of een anorganische As-verbinding kan behandeld worden met dimercaprol (BAL). De dosering is 3 mg/kg lichaamsgewicht intramusculair elke vier uur gedurende twee dagen. Dit middel mag niet gebruikt worden bij lever- of nierfalen. Het kan zelf ook aantasting van nieren en hersenen veroorzaken. Het gebruik van natriumthiosulfaat in een dosis van 30-40 mg/kg lichaamsgewicht intraveneus of 60-80 mg/kg lichaamsgewicht oraal gedurende 3 tot 4 dagen is dan ook veiliger. Overigens kunnen beide middelen samen gebruikt worden. Voor vergiftigingen met organische As-verbindingen bestaat geen specifieke behandeling. Eventueel kan geprobeerd worden met medicinale kool het resterende gif in de darmen te binden. Vervolgens kan gelaxeerd worden met Na_2SO_4 .

19.7 Radionucliden

19.7.1 Betrokken radionucliden

Onder natuurlijke omstandigheden zijn voedsel en water altijd al licht radioactief. Dit wordt veroorzaakt door de isotopen ^{40}K , ^{14}C and ^{87}Rb . Hierbij valt de radioactiviteit die voortkomt uit menselijke activiteiten in het niet (minder dan 1 procent).

Dit wordt anders indien er sprake is van ontploffingen van kernwapens in de open lucht of van ongelukken met kerncentrales. Via regen kunnen dan grote hoeveelheden radionucliden op gewassen neerslaan en de gezondheid van mens en dier bedreigen. Radioactief besmette melk van herkauwers vormt in dat geval het belangrijkste gevaar voor de volksgezondheid. De meeste radionucliden vervallen te snel om een groot gevaar te kunnen vormen. De belangrijkste isotopen die wel een gevaar voor mens en dier kunnen vormen, zijn radioactieve isotopen van jodium (^{131}I , ^{132}I), cesium (^{134}Cs , ^{137}Cs) en strontium (^{89}Sr , ^{90}Sr). Isotopen van plutonium (Pu) en americium (Am) zijn van veel minder belang.

19.72 Verdeling in het lichaam en uitscheiding

De effectieve halfwaardetijd van radionucliden wordt enerzijds bepaald door de fysische halfwaardetijd (verval) en anderzijds door de biologische halfwaardetijd (uitscheiding uit het lichaam). Dit is uiteraard met name van belang bij isotopen met een relatief lange fysische halfwaardetijd (^{134}Cs 2,4 jaar; ^{137}Cs 30 jaar; ^{90}Sr 28 jaar).

Radioactief I wordt zeer goed opgenomen (zie Hoofdstuk 13) en met name opgeslagen in de schildklier. Ongeveer 10 tot 20 procent van de dosis wordt via de melk uitgescheiden. Dit begint reeds binnen een half uur na opname en piekt enkele dagen later. Gezien de korte halfwaardetijd (8 dagen) daalt de radioactiviteit snel en worden eetbare delen van herkauwers nauwelijks besmet. Het gevaar van radioactief jodium ligt dus met name in dagverse melk.

Cesium wordt eveneens goed opgenomen in het lichaam en gedraagt zich min of meer zoals K. Dit houdt in dat eetbare delen van herkauwers (bijvoorbeeld vlees) zwaar besmet kunnen raken. De uitscheiding in melk verloopt veel trager dan die van I en bereikt pas circa 3 weken na opname zijn maximum. De effectieve biologische halfwaardetijd van Cs is circa 100 dagen.

De werkelijke Sr-absorptie uit de darmen hangt sterk af van het Ca-gehalte van het rantsoen en varieert tussen 12 en 72 procent. In het lichaam gedraagt Sr zich min of meer als Ca. Het stapelt dan ook met name in de botten. Daarnaast wordt het echter ook in grote hoeveelheden met de melk uitgescheiden. Ook Sr vormt dus een gevaar voor de dagverse melk.

In Nederland is een netwerk van meetpunten voor radioactiviteit (LMRV) aanwezig in melkfabrieken en slachthuizen. Normaliter is dit niet actief, maar het kan geactiveerd worden zodra dit wenselijk is.

19.73 Maatregelen bij radioactieve besmetting

Algemeen

Na een kernongeval worden maatregelen genomen die de totale opname aan radionucliden sterk moeten verminderen. In besmette gebieden wordt een graasverbod afgekondigd. Het vee moet worden opgesteld en onbesmet voer gegeven of het moet worden vervoerd naar een onbesmet gebied. Een graasverbod wordt afgekondigd als de radioactiviteitsniveaus van ^{131}I op het gras de grens van 5000 Bq/m² overschrijden. Besmette dierlijke producten kunnen uit

de voedselketen gehaald worden. Voor melk gelden hierbij grenswaarden van 500 (^{131}I), 1000 (radiocesium), 125 (radiostrontium) of 20 Bq/L (α -stralers zoals ^{239}Pu and ^{241}Am). Besmet ruwvoer moet zo ver mogelijk van gebouwen worden opgeslagen teneinde de belasting met radioactieve straling voor mens en dier zo klein mogelijk te houden. Inademing van stof van bijvoorbeeld besmet hooi moet zo veel mogelijk vermeden worden.

Naast algemene maatregelen kunnen per element specifieke maatregelen genomen worden om de opname van radionucliden door mens en dier te verminderen.

Jodium

Voor het verminderen van de besmetting van melk met radioactief I zijn geen afdoende specifieke maatregelen bekend. Weliswaar kan een flinke hoeveelheid niet-radioactief I aan koeien gegeven worden waardoor de uitscheiding van radioactief I in de melk enigszins verlaagd wordt, maar de dosis I die gegeven moet worden is zo groot (1 g l/dag voor een koe) dat de koe zelf I-vergiftigingsverschijnselen kan gaan vertonen (zie Hoofdstuk 13). Bovendien wordt het totale I-gehalte van de melk zo hoog dat dergelijke melk vanwege dit hoge gehalte totaal ongeschikt is voor menselijke consumptie. Ook andere maatregelen zijn in de praktijk niet uitvoerbaar. Als radioactief I het belangrijkste isotoop is blijven alleen de algemene maatregelen over.

Maatregelen voor het onschadelijk maken van met radioactief I besmette melk dienen erop gericht te zijn dat het natuurlijk verval van de isotopen met zo min mogelijk schade kan verlopen. Mogelijke maatregelen zijn (in volgorde van voorkeur): het voeren van de melk aan dieren, uitrijden van de melk over agrarische grond, vergisting, lozing op zee en verwerking tot melkpoeder of kaas. De uiteindelijke beslissing is afhankelijk van allerlei (politieke) overwegingen.

Cesium

Berlijns Blauw (hexacyanoferraat, AFCF) is een specifieke binder van Cs, die de opname van Cs uit het maagdkanaal al snel halveert. Dit middel is niet giftig voor dieren en is dan ook voor dit doel toegelaten in de EU. Berlijns Blauw is beschikbaar in bolussen waardoor de werkingsduur wordt verlengd en het bijvoorbeeld geschikt is voor gebruik in wilde herkauwers. Bij lammeren verminderde een dosis van 1 mg AFCF per kg lichaamsgewicht de overdracht van voer naar vlees met 60 procent. Grondbewerkingmaatregelen gericht op de langere termijn hebben doorgaans een relatief beperkt effect en moeten regelmatig herhaald worden.

Strontium

De Sr-opname in het dier kan verminderd worden door verhoging van het Ca-gehalte van het rantsoen. Een verdubbeling van het Ca-gehalte van het rantsoen leidt grofweg tot een halvering van de overdracht van Sr van voer naar melk. Om negatieve effecten van hoge Ca-gehalten op bijvoorbeeld de opname van spoorelementen tegen te gaan, kan beter niet meer dan 2 procent Ca in de DS toegevoegd worden. Om de Sr-opname door planten op de langere termijn te verminderen kan bekalken van de grond nuttig zijn. Bij al deze maatregelen moeten negatieve bijeffecten zo veel mogelijk tegengegaan worden.

Tabel 19.4 Maximumgehalten voor zware metalen in volledige diervoeders voor herkauwers¹

Contaminant	Volledige diervoeders	Mineralenmengsels	Andere aanvullende voeders
Arseen (mg/kg)	2	12	4
Cadmium (mg/kg)	1 ²	5	0,5
Kwik (mg/kg)	0,1	- ³	0,2
Lood (mg/kg)	5	15	10

¹ zie Ri. 2002/32/EG en de wijziging daarop (Ri. 2003/100/EG); voor een aantal mengvoedergrondstoffen gelden specifieke normen.

² Deze norm geldt niet voor volledige diervoeders voor kalveren, lammeren en geitenlammeren.

³ Voor deze contaminant wordt geen norm gegeven voor mineralenmengsels, en is de norm voor 'Andere aanvullende voeders' van toepassing.

NO₃⁻

en

NO₂⁻

20. Nitraat en Nitriet

20.1 Bronnen van nitraat (NO_3^-)

Vrijwel alle voeders voor herkauwers bevatten nitraat. Alle plantensoorten kunnen na een zware bemesting veel nitraat bevatten. Vergiftigingen worden daarnaast nog wel eens veroorzaakt door planten die nitraat ophopen. In het verleden waren stoppelknollen in dit verband berucht. Op dit moment stelt dit gewas in de voeding echter niets meer voor. Wel kunnen nog relatief hoge nitraatgehalten voorkomen in nieuw ingezaaid gras, gras gevoerd kort na een relatief hoge stikstofgift, gehele plant silage (GPS), "opslag" van granen, doorgedraaide groenten (radijs, sla, spinazie) en bepaalde onkruiden zoals vogelmuur en smalle weegbree. Nitraatvergiftiging door drinkwater is in Nederland nog nooit beschreven. Wel is het van belang ervoor te zorgen dat nitraatbevattende kunstmest niet in contact kan komen met drinkwater, aangezien daarmee in het verleden verschillende ongelukken zijn gebeurd. Het belang van NO_3^- -vergiftiging is overigens sterk afgenomen in vergelijking met enkele tientallen jaren geleden.

20.2 Invloeden op het nitraatgehalte van voeders

Naast stikstofbemesting hebben ook zonneschijn, temperatuur en watervoorziening invloed op het NO_3^- -gehalte van planten. Koel weer en minder zon leiden al binnen enkele uren tot een stijging van het NO_3^- -gehalte. Wordt het in de loop van de dag weer warmer en gaat de zon schijnen, dan wordt het NO_3^- omgezet in eiwit. 's Morgens zullen de NO_3^- -gehalten in het gras dan ook hoger zijn dan later op de dag. Gaat het na een periode van droogte en/of koude regenen, dan gaan de planten snel groeien en nemen veel NO_3^- op. Ook dit kan tot hoge NO_3^- -gehalten in het gewas leiden.

Gedurende het groeiseizoen stijgt het 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 (onder andere ten gevolge van 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 NO_3^- -gehalten voorkomen. Door de afnemende N-giften op grasland is de laatste jaren een gestadige afname van het NO_3^- -gehalte in graskuilen te zien (1997: 3,0-7,5 g/kg DS; 2002: 1,4-4,6 g/kg DS). Hierdoor neemt het gevaar van NO_3^- -vergiftiging in het algemeen ook af. Bovendien kunnen de NO_3^- -gehalten tegenwoordig standaard worden bepaald bij de voederwaardeanalyse van het voer. Hierdoor is het NO_3^- -gehalte van een aantal voeders vóór het voeren bekend. Doorgaans worden echter niet alle voeders onderzocht, waardoor het NO_3^- -gehalte van het totale rantsoen weer niet altijd bekend is. De hoogste gehalten worden doorgaans in najaarsgras aangetroffen. In vers gras zijn de NO_3^- -gehalten meestal laag (minder dan 0,2 g/kg DS), met af en toe een uitschieter naar boven (6,7 g/kg

DS in juni 2002). Ook snijmaïs en GPS bevatten doorgaans lage gehalten (respectievelijk hooguit 2,3 en 1,1 g/kg DS in de periode 1997-2002). Een GPS-kuil is echter nogal eens minder stabiel, waardoor af en toe toch nog onverwacht hoge NO_3^- -gehalten voor kunnen komen. De gemiddelde gehalten in ruwvoerders komen de laatste jaren niet meer boven de onderste "kritische" grens van 5 g/kg DS uit (zie ook paragraaf 20.6.4).

Binnen een plant bevatten de stengels in het algemeen de hoogste NO_3^- -gehalten, terwijl de gehalten in blad en zaden minder hoog zijn. Wortels en knollen bevatten ook lage concentraties. Binnen een partij voer kunnen aanzienlijke verschillen in NO_3^- -gehalte optreden. Gras van een stuk land dat in de schaduw van bomen ligt kan bijvoorbeeld veel hogere NO_3^- -gehalten bevatten dan gras van hetzelfde perceel dat in de zon ligt. Komt gras van zo'n schaduwplek in één baal of pak terecht, dan kan dit gevaarlijk voer zijn, terwijl de partij als geheel geen verhoogd NO_3^- -gehalte laat zien. Tijdens de bewaring van ingekuilde producten kunnen ook nog veranderingen in het NO_3^- -gehalte optreden. Hoe droger de kuil, hoe meer NO_3^- aanwezig blijft. In bedorven (bijvoorbeeld verrot) kuilvoer kan NO_3^- in nitriet (NO_2^-) worden omgezet en daardoor zeer gevaarlijk worden. In suikerarme kuilen kan NO_3^- grotendeels in ammoniak worden omgezet. Dergelijk kuilvoer verrot echter ook weer gemakkelijker (omzetting van NO_3^- in NO_2^-). De invloed van inkuilen (zeker als het inkuilproces niet goed verloopt) op het NO_3^- -gehalte van de kuil is dan ook moeilijk in te schatten. De betekenis van het zetmeel in GPS en snijmaïs bij het verminderen van de kans op NO_3^- -vergiftiging is onbekend (zie ook paragraaf 20.6.4).

20.3 Het ontstaan van nitraatvergiftiging

20.3.1 Stofwisseling en uitscheiding van nitraat en nitriet

Nitriet is slechts één van de producten die uit NO_3^- gevormd kunnen worden. Nitraat wordt in de pens omgezet door het bacteriële enzym nitraatreductase. Dit enzym heeft molybdeen (Mo) nodig. Nitriet wordt snel uit de pens in het bloed opgenomen. Met behulp van NO_2^- kunnen (ten dele in de pens en ten dele in de weefsels) hydroxylaminen en nitrosaminen gevormd worden. Al deze stoffen zijn prikkelend voor de darmwand. Ze kunnen verder ook schadelijk zijn voor de lever, de nieren en de ongeboren vrucht. Tot slot zijn er kanker-
verwekkende eigenschappen aan toegeschreven. De uitscheiding van deze stoffen in de melk is met waarden tot 2 $\mu\text{g}/\text{kg}$ waarschijnlijk zó gering, dat dit geen wezenlijk gevaar voor de volksgezondheid oplevert.

In het bloed vormt nitriet met zuurstof en water nitraat en waterstofperoxide. Deze laatste stof oxideert vervolgens het ijzer in hemoglobine (Hb), waardoor methemoglobine (MHb) ontstaat. Dit is niet meer in staat om zuurstof te vervoeren. Hierdoor kunnen verstikkingsverschijnselen op gaan treden. Dit wordt versterkt door de bloeddrukdaling die onder invloed van NO_2^- optreedt. Als in korte tijd (uren) meer dan 50 procent van het Hb wordt omgezet in MHb, dan kunnen de dieren ernstig ziek worden. Hoe meer NO_3^- in de pens vrijkomt, hoe hoger en hoe later de MHb-piek in het bloed optreedt. Bij een maximaal MHb-

percentage van 5 tot 10 komt de MHb-piek na 1¹/₂ uur, bij een maximum boven de 50 procent MHb komt de piek na 3¹/₂ uur. Als het dier overleeft, zijn de MHb-gehalten ongeveer 8 uur na de opname van NO₃⁻ weer normaal.

20.3.2 Invloeden van de voersamenstelling en de voeding op het optreden van nitraatvergiftiging

Het lijkt erop dat op zetmeelrijke rantsoenen de gevoeligheid voor NO₃⁻-vergiftiging kleiner is. Het bewijs is echter zwak. Factoren als honger en rangorde binnen de koppel kunnen de kans op het optreden van NO₃⁻-vergiftiging eveneens beïnvloeden. Hongerige dieren zullen sneller eten en bovendien ook de (NO₃⁻-rijkere) stengels opeten. Dit kan bijvoorbeeld bij beperkte voeding voorkomen bij dieren die laag in de rangorde staan. Hierdoor is er een grotere kans op een piekbelasting met NO₃⁻. Dieren met diarree zijn ook gevoeliger voor NO₃⁻-vergiftiging. Aangezien melkgevoerde kalveren nog nauwelijks een werkende pens hebben, zijn ze vrijwel ongevoelig voor NO₃⁻-vergiftiging. Pas gespeende kalveren zijn daarentegen weer gevoeliger dan oudere dieren. De NO₂⁻-vorming uit NO₃⁻ bij herkauwende dieren kan door minstens vier rantsoengebonden invloeden bepaald worden:

- 1 De hoeveelheid opgenomen NO₃⁻. Naarmate meer NO₃⁻ in de pens vrijkomt kan meer NO₂⁻ gevormd worden en zal het MHb-percentage sneller en tot een hoger niveau stijgen.
- 2 Gewenning aan NO₃⁻. De pensbacteriën passen zich aan de hogere NO₃⁻-gehalten aan door sneller NO₂⁻ te gaan maken. Dit verklaart waarom NO₃⁻-vergiftiging meestal pas optreedt na enkele malen NO₃⁻-rijk voeren.
- 3 De opnamesnelheid van NO₃⁻. Als voeders een gelijk NO₃⁻-gehalte in de DS hebben maar sterk verschillen in DS-gehalte (bijvoorbeeld vers gras en hooi), dan zal de NO₃⁻-opname via het gras door de langzamere DS-opname van vers gras in vergelijking met hooi veel langzamer verlopen dan van het hooi. Op het grasrantsoen zal de kans op NO₃⁻-vergiftiging dus kleiner zijn. Ook zal bij gelijke totale dagelijkse opname van NO₃⁻ een hoge concentratie in een kleine hoeveelheid DS gevaarlijker zijn dan andersom vanwege de snellere toename van de NO₃⁻ en NO₂⁻-spiegels in de pens.
- 4 De voersoort. In geconserveerde producten (voordroogkuil en hooi) zijn de celmembranen geheel doorlaatbaar, in tegenstelling tot die van vers gras. Hierdoor lekt het NO₃⁻ veel sneller de pens in dan het geval is bij intacte celmembranen. Hierdoor zijn geconserveerde (gras)producten gevaarlijker dan vers gras met een vergelijkbaar NO₃⁻-gehalte.

20.4 Verschijnselen van nitraatvergiftiging

20.4.1 Acute vergiftiging

De verschijnselen van NO₃⁻-vergiftiging kunnen al optreden vanaf enkele uren na opname van NO₃⁻-rijk voer. Hierbij kunnen bruine of bleke slijmvliezen, ademhalingsmoeilijkheden (zwarte benauwdheid), snelle ademhaling, oplopen, frequent urine laten lopen, speekselen, oedeem van gewrichten, uitdroging, snel-

le pols, hoge temperatuur, sufheid, blindheid, spiertrillingen en problemen met lopen (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 verschijnselen) snel intreden.

20.4.2 Effecten van acute vergiftiging op langere termijn en chronische vergiftiging

Abortus wordt vaak genoemd als nasleep van acute NO_3^- -vergiftiging. Dit kan optreden tot drie weken na een acute vergiftiging en in elk stadium van de dracht. Daarnaast kan onder deze omstandigheden vaker mummificatie van de vrucht optreden. Hoe abortus opgewekt wordt door NO_3^- -vergiftiging is niet geheel duidelijk, maar er wordt verondersteld dat door het zuurstoftekort in het moederdier ook de vrucht in zuurstofnood komt en sterft. Bij langdurige belasting met niet-dodelijke doses kan de melkproductie langere tijd lager zijn en kunnen de vitamine A-reserves in de lever met 50 procent afnemen. De vitamine E-reserves en de I-stofwisseling kunnen eveneens nadelig beïnvloed worden. Bij geiten en schapen lijkt een verhoogde NO_3^- -opname de schildklierfunctie te kunnen beïnvloeden. Bij opname van nitraatrijk drinkwater (schildklierhypertrofie (struma)) of via NO_3^- -rijk gras (schildklierhypotrofie) veranderde de omvang van de schildklier.

20.4.3 Sectiebevindingen

Bij dieren die aan nitraatvergiftiging zijn gestorven, kunnen verschijnselen als pensverstopping (stro), bloedingen in hart en luchtpijp, stuwing van longen, nieren en pens, lebmaag en darmen, alsmede tekenen van maagdarmonsteking gevonden worden. Het karkas kan bruin verkleurd zijn, maar dit is lang niet altijd het geval. Indien wel aanwezig, kan de verkleuring ook weer binnen vijf uur na de dood verdwenen zijn. Verder valt een zeer snelle ontbinding met gasvorming in de weefsels op. Hierbij kunnen vaak Clostridium-bacteriën worden aangetoond, die kennelijk snel groeien onder de zuurstofloze omstandigheden die bij deze vergiftiging optreden. Een verwarring met een Clostridium-infectie is dan ook zeer wel mogelijk.

20.4.4 Diagnose

Als plotselinge sterfte het belangrijkste (of zelfs enige) verschijnsel is, is het niet eenvoudig om direct de diagnose "nitraatvergiftiging" te stellen. Nitraatbepalingen in het voer kunnen aangeven of het 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 NO_3^- sterk wisselen (zie paragraaf 20.3.2). Bij vers gras kan het NO_3^- -gehalte op dezelfde plaats in de wei zelfs binnen een dag sterk variëren.

De snelste en meest eenvoudige methode om de waarschijnlijkheidsdiagnose van NO_3^- -vergiftiging 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 circa 20 procent, terwijl ernstige vergiftigingsverschijnselen pas optreden bij een MHB-percentage boven circa 50 procent, kan tijdens opname van NO_3^- -rijk voer het optreden van NO_3^- -vergiftiging in een vroeg stadium onderkend worden. Hierdoor kan, indien nodig, tijdig worden ingegrepen. Met het bekijken van het vaginaslijmvlies moet worden begonnen voordat het MHB-gehalte te hoog is geworden, dus circa één uur na het begin van het voeren van verdacht voer. Dit is vooral belangrijk indien kort tevoren ook NO_3^- -rijk voer gevoerd is en de pensbacteriën dus versneld NO_3^- zullen omzetten in NO_2^- (zie paragraaf 20.3.2).

De diagnose kan echter niet gesteld worden door bepaling van het MHB-gehalte in het bloed, aangezien enerzijds MHB weer snel teruggevormd wordt tot Hb, 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 NO_3^- -concentraties in lichaamsvloeistoffen. Hiervoor komt bij levende dieren plasma- of serum- NO_3^- in aanmerking. Op melkveebedrijven zonder problemen met NO_3^- -vergiftiging lag het merendeel van de plasmawaarden tussen 10 en 30 μM . Deze gehalten kunnen echter wel sterk wisselen.

Bij dode dieren komen pensinhoud, oogvocht of cerebrospinale vloeistof in aanmerking. Nitrietgehalten hoger dan 0,05 mg/L in pensvocht van schapen worden als aanwijzing voor NO_3^- -vergiftiging gezien. Voor oogvocht wordt de difenylamine-test gebruikt. Dit is een kwalitatieve test, waarbij in geval van NO_3^- -vergiftiging een blauwverkleuring optreedt. De concentraties in oogvocht blijven na de dood langere tijd stabiel. Indien het NO_3^- -gehalte in oogvocht kwantitatief bepaald wordt, dient dit tussen de 10 en 20 mg/L te liggen.

Het NO_3^- -gehalte in de melk is niet goed bruikbaar om een (dreigende) NO_3^- -vergiftiging vast te stellen. Wel kan NO_3^- in de urine met behulp van een teststrookje worden aangetoond. Waarden boven 0,5 mg NO_3^- /L zouden op nitraatvergiftiging wijzen.

20.5 Behandeling van nitraatvergiftiging

Bij klinische gevallen van NO_3^- -vergiftiging is een direct ingezette behandeling met methyleenblauw (1 procent oplossing, 1 mg methyleenblauw/kg LG intraveneus) de aangewezen therapie. Naast de genoemde dosis zijn ook wel hogere doses (4-20 mg/kg LG) en concentraties (2-5 procent) methyleenblauw aanbevolen. 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. Eventueel moet deze behandeling na 6 tot 8 uur herhaald worden. Daarnaast kunnen eventueel bloeddruk- en circulatieondersteunende maatregelen noodzakelijk zijn. Vitamine C en menadion zijn ongeschikt voor de behandeling van nitraatvergiftiging.

20.6 Maximaal toelaatbare gehalten en het voorkómen van nitraatvergiftiging

20.6.1 Voer

Het voeren van geconserveerd ruwvoer (kuil, hooi of GPS) met NO_3^- -gehalten tot 5 g/kg DS aan rundvee is onschadelijk. Dit kan dan ook onbeperkt gevoerd worden. Boven de 5 g NO_3^- /kg DS in het rantsoen moet voorzichtiger gewerkt worden.

20.6.2 Drinkwater

Voor het NO_3^- -gehalte van drinkwater wordt 100 mg/L als maximaal toelaatbare waarde aangehouden. Voor NO_2^- is deze grens 1 mg/L. Boven de circa 100 mg NO_3^- /L gaan bacteriën NO_3^- omzetten in NO_2^- . Dit kan ook in drinkwatervoorraden gebeuren. Deze grens heeft dus niet in de eerste plaats met de stofwisseling van het dier te maken. De waarde voor NO_2^- is gebaseerd op de concentratie waarbij in langer durende proeven geen effect op het vóorkomen van abortus werd gezien. Deze waarde wordt voor alle herkauwers aangehouden. Een stijging van de NO_3^- - en NO_2^- -gehalten van het drinkwater wijst overigens op verontreiniging van het water met (bacteriën uit) mest. De bron hiervan moet opgespoord en aangepakt worden (zie Hoofdstuk 21).

20.6.3 Totaal in voer en drinkwater

Bij het beoordelen van de NO_3^- -belasting van herkauwers moeten voer en water beide in ogenschouw genomen worden. De totale hoeveelheid NO_3^- voor rundvee mag per dag niet boven de 80 à 90 g uitkomen. Uitgaande van drinkwater met een gehalte rond de 100 mg NO_3^- /L betekent dit dat voer met een hoger gehalte dan 6 g NO_3^- /kg DS beperkt gevoerd moet worden. Omgerekend naar metabool gewicht zouden schapen en geiten maximaal zo'n 15-17 g NO_3^- /dag kunnen verdragen.

20.6.4 Rantsoensamenstelling en voeding

Vooraf droge (meer dan 40 procent DS), eiwitrijke (meer dan 22 procent ruw eiwit in de DS) kuilen en minder stabiele kuilen (veranderingen van het nitraatgehalte na monsternamen) kunnen gevaarlijk zijn. Dergelijke kuilen moeten voorzichtig gevoerd worden. Indien andere rantsoencomponenten, zoals drinkwater, ook een hoeveelheid NO_3^- van enige betekenis bevatten (bijvoorbeeld als er wei of een ander NO_3^- -rijk voer verstrekt wordt), zal hiermee rekening gehouden moeten worden.

Het verdient tevens aanbeveling ruwvoerders met hoge NO_3^- -gehalten (10-35 g/kg DS; bij beperkte voeding) over drie of meer porties per dag te verdelen. Ook kan overwogen worden naast deze producten één tot enkele kilogram(men) zetmeelrijk voer te verstrekken. Hierbij kan bijvoorbeeld gedacht worden aan tarwe, aangezien het bijgevoerde zetmeel goed fermen-

teerbaar moet zijn in de pens. Tarwezetmeel voldoet hieraan. Met voordroogkuil en hooi mag per maaltijd maximaal 3 tot 5 g NO_3^- /100 kg LG gegeven worden, terwijl bij voeding van vers gras op stal maximaal 6 tot 12 g NO_3^- /100 kg LG per maaltijd gegeven mag worden. Het eerste advies zou bij drie maaltijden per dag goed overeen komen met het bovengenoemde 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 NO_3^- -gehalten aanbevolen zoals die zijn weergegeven in Tabel 20.1. Ook hierbij moet weer rekening gehouden worden met de in paragraaf 20.3.2 genoemde factoren die op de gevoeligheid voor NO_3^- -vergiftiging van invloed zijn.

Tabel 20.1 Maximaal aanvaardbare NO_3^- -gehalten in enkele voeders bij onbeperkte verstrekking¹

Voersoort	Maximaal aanvaardbaar NO_3^- -gehalte (g/kg DS)
Gras, beweiding	20
Gras, stalvoeding	15
Stoppelknollen ²	circa 10
Voordroogkuil	7,5
Hooi	7,5

¹ Bij het gebruik van deze waarden dient rekening gehouden te worden met de grote variatie in NO_3^- -gehalten die vaak binnen een partij voorkomt en met de belasting met NO_3^- en NO_2^- via het drinkwater

² Deze worden voor de volledigheid vermeld.

Worden in een partij voer hoge NO_3^- -gehalten aangetroffen en wordt het voer over een aantal maaltijden per dag verdeeld, dan moet het NO_3^- -rijke voer beperkt worden verstrekt. Over het effect van (volledig) gemengd voeren van NO_3^- -rijke voeders met andere, NO_3^- -arme voeders (wat op zich een goede maatregel is) zijn geen proefgegevens voorhanden.

Bevat gras te veel NO_3^- en kan men kiezen tussen beweiden en conserveren, dan verdient beweiding of stalvoeding van het verse gras de voorkeur.

20.7 Overige maatregelen

Er zijn in het verleden verschillende maatregelen ter voorkoming van NO_3^- -vergiftiging onderzocht. Hieronder vallen het verlagen van het Mo-gehalte (remming nitraatreductase, zie paragraaf 20.3.1) en het verhogen van het S-, cysteïne- of Cu-gehalte van het rantsoen. Geen van deze maatregelen heeft zich echter voldoende bewezen, terwijl ze in de praktijk nauwelijks toepasbaar zijn. Tot slot is het toevoegen van wolfram (W) aan het rantsoen in de praktijk wel bruikbaar gebleken ter voorkoming van NO_3^- -vergiftiging. Toediening van W is echter wettelijk niet toegestaan. Het voorkómen van nitraatvergiftiging zal dus moeten berusten op de in paragraaf 20.6.4 genoemde maatregelen.

21. Kwaliteit van het drinkwater

21.1 Inleiding

Drinkwater voor vee dient volop aanwezig en smakelijk te zijn. Het mag geen stoffen bevatten die tot verontreiniging van melk of vlees kunnen leiden of schadelijk voor de gezondheid zijn. De in dit hoofdstuk genoemde eisen gelden zowel voor oppervlakte- als bronwater, en voor alle soorten vee (tenzij anders aangegeven). Leidingwater voldoet doorgaans zonder meer aan de gestelde eisen (zie echter paragraaf 21.2.6). Wordt oppervlaktewater gebruikt, dan moet de sloot de kenmerken van een gezonde levensgemeenschap vertonen. Vooral in de zomer kunnen deze kenmerken snel veranderen. Een aantal kwaliteitskenmerken van oppervlaktewater is zonder verder onderzoek waarneembaar: het water mag niet stinken, mag geen drijfvlagen (schuim en dergelijke) bevatten, mag geen aparte kleur hebben (bijvoorbeeld melkwit) en moet helder zijn. De aanwezigheid van ondergedoken waterplanten, vissen en amfibieën duidt in het algemeen ook aan dat de waterkwaliteit goed is¹. Is meer dan 80 procent van het slootoppervlak bedekt met kroos, dan duidt dit op te hoge N- en P-gehalten. In dit hoofdstuk ligt de nadruk verder op de relatie tussen de kwaliteit van drinkwater en de gezondheid van vee. Voor de meeste stoffen geldt dat het drinkwater niet de enige of de belangrijkste bron is. De totale belasting via voer en drinkwater moet dan ook beoordeeld worden.

21.2 Stoffen die een risico kunnen vormen voor de kwaliteit van veedrinkwater

Vele stoffen kunnen onder bepaalde omstandigheden een bedreiging voor de kwaliteit van veedrinkwater vormen. In Tabel 21.1 wordt een overzicht gegeven van de stoffen die onder Nederlandse omstandigheden in de praktijk van belang kunnen zijn.

¹ Niet alle hogere planten en vissen zijn als positief te duiden: waterlelies en dergelijke nemen veel licht uit de sloot weg. Teveel witvis (bijvoorbeeld brasem) en te weinig roofvis (bijvoorbeeld snoek) duidt op een verstoord evenwicht. De snoek jaagt op zicht en moet dus helder water hebben. De aanwezigheid van planten zoals zwanebloem en egelskop duidt op een gezonde sloot.

Tabel 21.1 Referentiewaarden* voor stoffen die onder Nederlandse omstandigheden een bedreiging kunnen vormen voor de kwaliteit van veedrinkwater.

Stof	Referentiewaarde ¹		Gevolgen bij overschrijding
	1e grens	2e grens	
Zwavelwaterstof (mg/L)	< 0,02		Risico van vergiftiging (polio-encephalomalacie; zie Hfd.10).
Sulfaat (mg/L)	< 100	≤250	Risico van overmatige vorming van S ²⁻ in de pens, waardoor sporelementen kunnen neer slaan en onopneembaar worden voor het dier. Ook kan H ₂ S gevormd worden (zie boven).
Thiocyanaat/ Zwavelkoolstof (mg S/L)		≤13	Risico van giftige effecten.
Nitriet (mg/L)	< 0,1	≤1	Risico van vergiftiging (zie Hfd. 20).
Nitraat (mg/L)	< 100 ²	≤200	
Zuurgraad (pH)	5-8	< 4 of > 9	Risico van verstoring pensfunctie.
Chloride (mg/L)	< 250	≤2000	Weigering drinkwater; lagere melkproductie en uitdroging.
Kobalt (µg/L)		≤50	Risico van (secundaire) gebrekverschijnselen.
Molybdeen (µg/L)		≤50	
Lood (µg/L)		≤50	Risico van vergiftiging (zie Hfd. 19).
Kwik (µg/L)		≤1	
Cadmium (µg/L)		≤5	Risico ongeschiktheid producten voor menselijke consumptie (Warenwet).
Zink (µg/L)		≤250	Risico van (secundaire) gebrekverschijnselen.
Nikkel (µg/L)		≤100	Onbekend
Koper (µg/L)		≤50 (rundvee) ≤30 (schapen)	Risico van vergiftiging.
Chroom (µg/L)		≤1000 ≤50 (Cr (VI))	Risico van vergiftiging.
Arseen (µg/L)		≤100	Risico van (secundaire) gebrekverschijnselen.
Ammonium (mg/L)	< 2	< 10	Overmatige groei van kroos en algen, waardoor minder licht in het water doordringt; hierdoor weer minder zuurstof en (roof)vis.
Zuurstof (mg/L)		> 1,5	Rotting (H ₂ S-vorming), vissterfte.
Chemische kwaliteit waterbodem ³		≤klasse 2	Belasting met onder andere polycyclische aromatische koolwaterstoffen (PAK's) en zware metalen (zie boven)

- 1 Als het gehalte van 3 of meer stoffen de 1e grenswaarde overschrijdt (of 1 of meer gehalten de 2e grenswaarde) dan is het water ongeschikt als veedrinkwater; als 1 tot 3 kenmerken tussen de 1e en 2e grenswaarde liggen, is het water minder geschikt als veedrinkwater.
- 2 Hoewel water met dit gehalte op zich niet gevaarlijk is voor vee, kan er al wel nitrietvorming in op gaan treden als het water enige tijd opgeslagen wordt voordat het aan het vee wordt gegeven.
- 3 Op grond van de mate van verontreiniging wordt de kwaliteit van de slootbodern verdeeld in een aantal klassen; hoe lager de klasse, hoe beter de kwaliteit.
- * Een referentiewaarde wordt gedefinieerd als een waarde waarboven, onder zo slecht mogelijke maar realistische Nederlandse omstandigheden, gezondheidseffecten niet uit te sluiten zijn. Deze effecten kunnen zowel betrekking hebben op de gezondheid van het dier als op die van de mens als eindgebruiker van dierlijke producten.

De in Tabel 21.1 genoemde stoffen die van belang zijn voor de mineralenhuishouding van herkauwers worden hieronder kort besproken.

21.2.1 Zwavelwaterstof (H_2S)

Zwavelwaterstof vormt momenteel één van de grootste risico's voor de gezondheid van vee. Is deze stof aantoonbaar dan wel te ruiken, dan duidt dit op een zeer slechte waterkwaliteit. Het water is hierdoor ongeschikt als veedrinkwater. Ook sulfaat en zwavelkoolstof vallen in deze groep. Vooral in kopsloten (geen doorstroming) kan zich door rottingsprocessen zwavelwaterstof (H_2S) ontwikkelen. Dit is een zeer giftig gas met een kenmerkende rotte eierenlucht. Het kan bij inademing en (vermoedelijk) ook opgelost in drinkwater polio-encefalomalacie (PEM) veroorzaken (zie Hoofdstuk 10). Bij chronische blootstelling aan zeer lage concentraties gedijen de dieren minder, hebben een verminderde voeropname en melkproductie, bloedarmoede, onderhuidse bloedingen en verwondingen en pijnlijke klauwen. Vaak moeten deze dieren geslacht worden. Kwelwater in de nabijheid van de zee bevat vaak relatief hoge concentraties H_2S . Overigens kan H_2S ook (in de pens) gevormd worden uit andere S-houdende verbindingen, zoals (ammonium)sulfaat en eiwitten.

De genoemde referentiewaarde voor H_2S is de detectiegrens. Dit wil zeggen dat deze stof niet aantoonbaar mag zijn in drinkwater.

21.2.2 Sulfaat (SO_4^{2-})

Een overmaat sulfaat in het water kan onder andere voorkomen door zoute kwel (zeewater) en geeft een slechtere smaak aan het water (bij meer dan 1500 mg/L). Door het RIVM wordt een grenswaarde voor sulfaat aangehouden van 250 mg/L. Hoge sulfaatgehalten in voer en water kunnen aanleiding geven tot de vorming van neerslagen met bijvoorbeeld koper en ijzer, die daardoor slechter opgenomen kunnen worden. Zie de Hoofdstukken 11 (Koper) en 16 (IJzer).

21.2.3 Nitriet (NO_2^-) en nitraat (NO_3^-)

Nitraat uit voer en drinkwater kan in de pens omgezet worden in nitriet. Na enkele dagen op een rantsoen met veel nitraat gaat dit proces sneller doordat de pensbacteriën zich instellen op de verwerking van nitraat tot nitriet.

Nitriet kan na opname in de bloedbaan hemoglobine omzetten in methemoglobine, waardoor het dier een acuut zuurstoftekort krijgt en er zelfs aan kan sterven (zie Hoofdstuk 20).

Voor nitriet is de referentiewaarde van 1 mg/L afgeleid van de laagste waarde waarbij (bij langdurige belasting) in onderzoek geen effect op de frequentie van optreden van abortus werd gezien. De referentiewaarde voor nitraat in drinkwater is gebaseerd op het feit dat bacteriën in drinkwater(voorraden) bij concentraties boven de 100 mg NO₃⁻/L al snel beginnen met de omzetting van nitraat in nitriet. Deze concentratie NO₃⁻ is veel lager dan de concentratie die voor de koe schadelijk wordt geacht (200 mg NO₃⁻/L, Hoofdstuk 20). Zoals uiteengezet in Hoofdstuk 20 zijn voor kleine herkauwers nauwelijks gegevens voorhanden. Voor schapen en geiten worden daarom dezelfde normen voor nitraat (100 mg/L) en nitriet (1 mg/L) als voor koeien aangehouden.

21.2.4 Zuurgraad (pH)

Een hoge pH (hoger dan 9) van drinkwater kan een verstoring van de spijsvertering, voer- en wateropname en een slechte voerconversie ten gevolge hebben. Een pH tussen 5 en 8 wordt als normaal gezien.

21.2.5 Keukenzout (NaCl)

Een te hoog zoutgehalte in drinkwater leidt tot een lagere opname van dit zoute water. In hoeverre dit een probleem is, hangt echter af van de waterbehoefte. De waterbehoefte wordt met name bepaald door de omgevingstemperatuur, de hoeveelheid zout in het voer en de melkgift. Hoe hoger al deze waarden uitvallen, hoe hoger de drinkwaterbehoefte is. Een te hoog zoutgehalte in het drinkwater is uiteraard voornamelijk een probleem als er geen andere drinkwaterbron beschikbaar is.

21.2.6 Kobalt (Co), molybdeen (Mo), lood (Pb), kwik (Hg), cadmium (Cd), zink (Zn), nikkel (Ni), koper (Cu), chroom (Cr) en arseen (As)

Verontreinigingen van oppervlaktewater met Co en Mo (bij voorbeeld door staalindustrie), Pb, Hg, Cd, Zn, Ni, Cu, Cr en As komen normaal niet voor. Als bron valt naast vervuiling door industrie en verkeer te denken aan (illegale) autosloperijen, oude vuilstorten en dergelijke.

Indien water in de stal wordt aangevoerd via lange, oude leidingen die niet goed strak en op afschot liggen kan zich in de lager hangende delen van de leiding bovendien Mn en Fe afzetten. Door relatief lage waterdruk in een dergelijke leiding kan bovendien terugstroming optreden. Bacteriën kunnen zich dan op de Fe-Mn-afzettingen gaan vermenigvuldigen, waardoor het water continu bacterieel verontreinigd is. Wordt drinkwater door koperen leidingen geleid, dan kan het Cu-gehalte van het water sterk stijgen; na 16 uur verblijftijd kan het Cu-gehalte al gestegen zijn tot 250 µg/L, met name als het water ook nog verwarmd is in een boiler. Verder is dit afhankelijk van de hardheid en de zuurgraad van het water. De bijdrage van Cu uit drinkwater is echter doorgaans klein in verhouding tot die uit voer. De genoemde referentiewaarden

voor rundvee en schapen bevatten een veiligheidsfactor 10. Bij schapen is gerekend met Texelaars.

Molybdeen kan samen met S thiomolybdaten vormen, die koper kunnen binden. De koperabsorptie kan hierdoor sterk worden geremd (zie Hoofdstuk 11). De Mo-concentratie in het drinkwater mag dus niet te hoog worden. Lood- en Hg-vergiftigingen kunnen ernstige (acute) ziektebeelden veroorzaken; een Cd-vergiftiging verloopt meestal chronisch (zie Hoofdstuk 19). De referentiewaarden voor Pb en Cd zijn zo gekozen dat langdurig gebruik van dergelijk drinkwater geen verhoogde Pb-gehalten in rundvlees geeft (met name lever en nieren). Drinkwater is een relatief belangrijke bron van kwik voor rundvee. Derhalve is de referentiewaarde laag gekozen. In principe kunnen door een zeer hoge Co- en/of Zn-opname deficiënties van andere mineralen en spoorelementen (Mn, Fe, Cu, P) ontstaan. Gezien de relatief lage Zn-gehalten in Nederlands ruwvoer en de maximaal toegelaten waarden in krachtvoer (zie Hoofdstuk 14) lijkt de invloed van Zn op de genoemde andere elementen in de voeding van Nederlands rundvee nauwelijks van belang. Zinkgehalten hoger dan 50 µg/L water wijzen op verontreiniging. Over Ni is nauwelijks iets bekend. Zeer hoge doses Cr kunnen diarree en uitdroging veroorzaken (zie Hoofdstuk 18).

Arseen kan ernstige vergiftigingsverschijnselen veroorzaken. Bij een chronische As-vergiftiging slijten de dieren en kunnen zenuwverschijnselen en blindheid vertonen (zie Hoofdstuk 19). Arseenpentoxide werd tot voor kort nog gebruikt voor de verduurzaming van (tuin)hout (wolmaniseren). De drinkwaternorm is berekend op basis van de humane consumptienorm voor rundvlees.

21.2.7 Totaal stikstof (N), ammonium en totaal fosfor (P)

Hoge gehalten aan totaal N en P duiden op een te hoog gehalte aan voedingsstoffen (vaak afkomstig van mest). Hierdoor treedt ongewenste vermeerdering van (blauw)algen en kroos op, waardoor minder licht in de sloot valt. Planten kunnen hierdoor geen zuurstof meer produceren en sterven af. Ze vormen een dikke, rottende, zuurstofloze baggerlaag waarin onder andere giftige sulfiden gevormd kunnen worden. Dit is des te erger als de sloot ondiep is.

21.2.8 Chemische kwaliteit waterbodem

Het opzuigen van opgewervelde deeltjes van sterk verontreinigde waterbodems kan leiden tot een belasting van het vee met onder meer PAK's en zware metalen. Dit effect zal sterker zijn als de sloot ondiep is.

21.3 Te nemen maatregelen bij afwijkingen van de waterkwaliteit

In Tabel 21.2 wordt een beknopt overzicht gegeven van mogelijke maatregelen bij een afwijkende waterkwaliteit. Voorkómen van vervuiling van het (oppervlakte)water is daarbij uiteraard beter dan het bestrijden van deze vervuiling. Hierbij verdienen ook erven, kuilplaten, verharde koepaden en dergelijke duidelijk aandacht. In het algemeen geldt dat ze het beste bezemschoon kunnen zijn. Hierdoor wordt vervuiling van slootwater met resten van mest, olie en

dergelijke zo veel mogelijk voorkomen. Een helofytenfilter kan ook hier zijn nut bewijzen om het spoel(regen)water van verharde erfgedeelten alvast gedeeltelijk te reinigen. In ieder geval dient ervoor gezorgd te worden dat dit spoelwater niet rechtstreeks in de sloot belandt. Drinkbakken dienen schoon te zijn. Hierop moet geregeld gecontroleerd worden.

Tabel 21.2 Beknopt overzicht van te nemen maatregelen bij afwijkingen van de waterkwaliteit.

	Kenmerk		
	H ₂ S, SO ₄ ²⁻	NaCl	N, P, NO ₃ ⁻
Vakmanschap			+
Beperken oppervlakkige afstroming			+
Doorstroming binnen een gebied verbeteren	+	+	
Onderbemaling	±	±	+
Inlaat gebiedsvreemd water	+	±	
Sloot uitbaggeren	+		+
Bergbassin en riooloverstort verplaatsen		±	±
Helofytenfilter aanleggen	±	±	+
Aansluiten boerderij op riolering	+	±	+
Kroos wegharken ¹	+		+

¹ Dit heeft slechts enkele weken effect.

+ = heeft invloed;

± = kan invloed hebben.

21.3.1 Zwavelwaterstof en sulfaat

De maatregelen bij verontreiniging met zwavelwaterstof komen met name neer op het vaker verversen van het water.

21.3.2 Nitraat en nitriet

Zoals beschreven in Hoofdstuk 20 lijkt het belang van verhoogde nitraat- en nitrietgehalten in voer en drinkwater sterk aan belang in te boeten door de sterke beperking van de stikstofbemesting. Nitraatvergiftigingen door drinkwater hebben internationaal altijd al een ondergeschikte positie ingenomen ten opzichte van die door nitraatrijk voer en zijn in Nederland nog nooit beschreven. Incidenteel kunnen nog verhoogde gehalten in gras, gehele plant silage (GPS) en drinkwater voorkomen (nieuw ingezaaid grasland, kort na N-bemesting). In een aantal gebieden (veengebieden) komen van nature verhoogde concentraties nitraat en nitriet voor. Om problemen met nitraat te voorkomen moet af- of uitspoeling van mest naar oppervlakte- en grondwater zoveel mogelijk beperkt worden (Tabel 21.2).

21.3.3 Zuurgraad

Een pH hoger dan 9 is niet zo zeer een zelfstandig probleem, maar geeft aan dat er sprake is van een verontreiniging. Deze moet worden opgespoord en verholpen.

21.3.4 Kobalt, molybdeen, lood, kwik, cadmium, zink, nikkel, koper, chroom en arseen

De bron van de vervuiling met Co, Mo, Pb, Hg, Cd Zn, Ni, Cu Cr en/of As moet opgespoord en zo mogelijk gesaneerd worden. Bij lange, koperen waterleidingen met weinig doorstroming moet gekeken worden of het waterverbruik verhoogd kan worden. Hierdoor zal het Cu-gehalte dalen.

Indien sanering van de bron van de vervuiling niet (snel) mogelijk is (industrie, verkeer, oude vuilstorten) zal naar een andere drinkwaterbron omgezien moeten worden.

21.3.5 Ammonium

Te hoge gehalten aan ammonium wijzen op plaatselijke vermisting van het water. Door het op de juiste wijze bemesten (bij voorbeeld beperken van de drijfmestgift per keer; bemesten bij droog weer) kan de oppervlakkige afspoeling van mest naar de sloot beperkt worden. Ook oeverplanten kunnen helpen bij het vastleggen van overmaten. Zie verder Tabel 21.1.

21.3.6 Chemische kwaliteit van de waterbodem

Indien er verdenkingen bestaan ten aanzien van de chemische kwaliteit van de waterbodem kan een toetsingrapport van de waterbodemkwaliteit in het gebied opgevraagd worden (mits beschikbaar). De te nemen maatregelen zijn grotendeels vergelijkbaar met die voor zwavelwaterstof (Tabel 21.1). Bij riooloverstorten wordt de bagger aan weerskanten van de overstort afgevoerd.

21.4 Doe-het-zelf-test, bemonstering, KKM

21.4.1 Doe-het-zelf-test en andere informatiebronnen

Om bewustwording van veehouders ten aanzien van de kwaliteit van hun veedrinkwater te stimuleren, is een doe-het-zelf-test (DHZ-test) ontwikkeld. Door het invullen hiervan kunnen veehouders snel bepalen of oppervlaktewater aan de eisen voldoet of dat er risico's zijn. Is de uitslag onduidelijk, dan zal er meer onderzoek nodig zijn. Geeft de uitslag aan dat het water ongeschikt is als veedrinkwater, dan zullen maatregelen getroffen moeten worden ter verbetering van de situatie of zal een andere drinkwaterbron gebruikt moeten worden.

Informatie over monsternamen van veedrinkwater en de kosten van bepalingen kan worden ingewonnen bij de Gezondheidsdienst voor Dieren, het Bllg te Oosterbeek of de zuivelindustrie.

21.4.2 Bemonstering

Bemonstering van drinkwater vindt meestal plaats om de volgende redenen:

- Controle bestaande bron.
- Onderzoek nieuwe bron.
- Klachten die verband kunnen houden met het drinkwater.
- Onderzoek van oppervlaktewater en ondiepe bronnen.

Als de uitkomst van de DHZ-test wijst in de richting van een slechte waterkwaliteit (meer dan 5 punten), dan is het raadzaam om contact op te nemen met het waterschap of een regionaal meldpunt van de LTO. In samenwerking met deze instantie(s) moeten dan enkele sloten voor bemonstering worden uitgezocht. Hierbij moet tenminste een "risicovolle" sloot en een "referentiesloot" worden uitgezocht.

Voor de risicosloot geldt:

- Het water hiervan moet het drinkwater voor het vee leveren dat gezondheidsproblemen heeft.
- Er moet rekening gehouden worden met de stroming (ook het effect van bovenstroomse risicofactoren moet beoordeeld worden).

Voor de referentiesloot geldt:

- Het vee dat water uit deze sloot drinkt mag geen gezondheidsproblemen hebben.
- Er mogen geen risicofactoren aanwezig zijn (in de sloot of bovenstrooms).

Het water moet bemonsterd worden:

- Aan de kant van de sloot waar het vee drinkt.
- Bij kopsloten op ongeveer 10 meter vanaf de kop.
- Bij een riooloverstort op ongeveer 10 m stroomafwaarts van de overstort.

Bemonstering kan het beste plaatsvinden in april (veel gebiedseigen water in de sloot) en augustus (veel gebiedsvreemd water; slechtste waterkwaliteit). Bovendien wordt dan aan het begin en aan het eind van het weideseizoen bemonsterd. In geval van twijfel oppervlaktewater niet gebruiken als veedrinkwater.

Afhankelijk van de vermoedelijke oorzaak van de slechte waterkwaliteit hoeft meestal maar een klein aantal kenmerken van het drinkwater te worden onderzocht. Tabel 21.3 geeft een voorbeeld van veel voorkomende waterkwaliteitsthema's.

Tabel 21.3 Beknopt overzicht van waterkwaliteitskenmerken uitgesplitst naar thema's.

Thema	Te onderzoeken kenmerken
Kwel	Natrium, chloride, sulfaat, zwavelwaterstof en sulfiden, aanwezigheid van drijflagen, kleur van het water (rood door ijzeroxide).
Verspreide bronnen	Zink, koper, kwaliteit baggerspecie.
Puntbronnen (inclusief riooloverstorten)	Zwavelwaterstof, sulfiden, ammonium, nitriet, nitraat, kleur van het water (groen), doorzichtigheid, totaal N en P.
Vermesting	Idem.

Een nieuw geslagen bron kan pas na 10-14 dagen gebruik goed worden bemonsterd, aangezien het grondwater rond de bron dan pas tot rust gekomen is. Wordt water onderzocht naar aanleiding van klachten, dan moeten bij een eigen bron twee monsters (één bij de ingang van het leidingsysteem en één op de plaats waar de dieren drinken) en bij leidingwater één monster genomen worden (op de plaats waar de dieren drinken). Water uit ondiepe bronnen of oppervlaktewater moet eigenlijk regelmatig worden onderzocht omdat de kwaliteit snel kan wisselen. Zeker bij temperaturen boven 25 °C moet slootwater extra in de gaten gehouden worden. Voor meer details omtrent de te volgen werkwijze wordt verwezen naar het "Protocol voor de beoordeling van de bruikbaarheid van oppervlaktewater als veedrinkwater" (TNO-MEP R 2000/310).

21.4.3 KKM en veedrinkwater, reinigingswater en koelwater

De KKM (Keten Kwaliteit Melk) stelt eisen aan het gebruik van bronwater voor gebruik als spoelwater en koelwater. Voor spoelwater (voor de reiniging van de melkmachine) en koelwater in de meeste koelers gelden de eisen van drinkwater. Op dit moment zijn er ook voorkoelers met dikkere platen op de markt, waarin eventueel een lagere kwaliteit water gebruikt mag worden.

Voor veedrinkwater stelt KKM geen eisen. KKM eist een eigen verklaring waarbij de veehouder verklaart dat hij zijn dieren goed water geeft. De veehouder is hier verantwoordelijk voor. Indien bronwater gebruikt wordt voor het reinigen van melkinstallatie en –koeltank of voor voorkoeling dan dient dit water eenmaal per jaar beoordeeld te worden door de KKM. De eisen die de KKM hiervoor stelt aan bronwater zijn veel strenger dan de in Tabel 21.1 genoemde voor oppervlaktewater als veedrinkwater. De doelstelling van KKM is ook anders: Spoelwater of koelwater kan bij lekkage direct in contact komen met de melk. Oppervlaktewater wordt eerst nog door het vee verwerkt (omzettingen in de pens, ontgiftig door de lever) voordat er melk van gemaakt wordt. Hoewel de controle van bronwater door de KKM in de eerste plaats een ander doel heeft dan beoordeling op drinkwaterkwaliteit, lijkt bronwater dat door de KKM is goedgekeurd als spoel- of koelwater goed geschikt als veedrinkwater².

² Eventueel zou KKM-goedgekeurd bronwater na enkele aanvullende bepalingen (b.v. H₂S en sulfaat, als daar reden toe is) gebruikt kunnen worden.

In het kader van de KKM worden echter niet alle kenmerken onderzocht zoals genoemd in Tabel 21.1. Dit heeft te maken met het feit dat veel kenmerken te maken hebben met oppervlakkige verontreiniging (uit de lucht of via mest) of ontwikkeling in warm oppervlaktewater onder invloed van licht en voedingsstoffen uit mest (bijvoorbeeld blauwalgen). Bij bronwater, dat immers van een behoorlijke diepte wordt opgepompt, zijn deze zaken niet of nauwelijks aan de orde. Eventueel aanwezig sulfaat wordt vaak in diepere (reducerende) grondlagen omgezet in sulfide, wat vervolgens vastgelegd wordt in metaalsulfiden en niet mee opgepompt wordt.

Oude waterleidingen waarin Fe en Mn afgezet zijn, moeten regelmatig doorgespoeld worden met een licht zure oplossing of vervangen worden door een goed hangende leiding.

In Tabel 21.4 is een beknopt overzicht gegeven van de eisen die de KKM aan bronwater stelt. Ter vergelijking zijn de referentiewaarden uit Tabel 21.1 en enkele meer technische eisen (ijzer, mangaan en hardheid; aankoeken van neerslagen in leidingen) ernaast gezet.

Tabel 21.4 Vergelijking van de eisen voor oppervlaktewater (Gezondheidsdienst voor Dieren (GD)), en bronwater (KKM).

Stof	KKM ¹		Referentiewaarde voor oppervlaktewater (GD) ²	
	Reiniging	Koeling	1e grens	2e grens
Nitriet	< 0,10 mg/L		< 0,1	≤ 1 mg/L
Nitraat	< 50 mg/L		< 100	≤ 200 mg/L
Zuurgraad (pH)	6-10		5-8	< 4 of > 9
Chloride	< 150 mg/L	< 250 mg/L	< 250	≤ 2000 mg/L
IJzer	< 0,50 mg/L	< 2 mg/L	< 0,5	< 10 mg/L
Mangaan	< 0,10 mg/L	< 1,0 mg/L	< 1	< 2 mg/L
Hardheid	< 25 °DH	< 25 °DH	< 15	< 25 °DH

1 Dit is niet de norm, maar de grens waarbij afkeuring van het water plaatsvindt.

2 Zie voetnoot ¹ bij Tabel 21.1.

Overschrijding van één van deze normen is vaak geen probleem. Worden meerdere normen overschreden, dan dient actie ondernomen te worden (zie voetnoot ¹ bij Tabel 21.1).

22. Het klachtenbedrijf

22.1 Inleiding

De klachten bij een slechte mineralenvoorziening zijn vaak aspecifiek. Veel gehoorde klachten zijn een verminderde ontwikkeling, productie of vruchtbaarheid van de dieren. Dergelijke klachten kunnen het gevolg zijn van tekorten of overmaten in de mineralenvoorziening van de dieren, maar zijn vaker door andere, al dan niet in de voeding gelegen, oorzaken ontstaan. Het is daarom belangrijk om bij de benadering van aspecifieke klachten de verschillende mogelijke oorzaken goed in kaart te brengen. In geval van gezondheidsstoornissen die duidelijk verwijzen naar een afwijkende voorziening in een mineraal bestanddeel, bijvoorbeeld kopziekte en melkziekte, kan de voeding gecorrigeerd worden in overeenstemming met de adviezen die zijn gegeven in een van de voorgaande hoofdstukken.

In dit hoofdstuk wordt een protocol beschreven dat kan worden gevolgd in geval van klachten die mogelijk samenhangen met de voeding en in engere zin met de mineralenvoorziening (Tabel 22.1). In eerste instantie wordt de klacht van de veehouder grondig geïnventariseerd. Vervolgens worden de mogelijke oorzaken binnen en buiten de voeding op een rij gezet. Bij een (mogelijk) probleem met de voeding wordt een benadering voorgesteld en worden vervolgens adviezen gegeven. Tot slot wordt de aanpak geëvalueerd. Op deze wijze wordt duidelijk in hoeverre de klachten het gevolg zijn van een probleem met de mineralenvoorziening, dan wel andere oorzaken hebben, zoals fouten in de bedrijfsvoering, een onjuiste opfok, een parasitair probleem of een niet juiste melkwinning.

Tabel 22.1 Protocol voor een integrale aanpak van het klachtenbedrijf

Stap	Doel	Activiteiten
Inventarisatie	Overeenstemming over de bedrijfsproblemen en de gewenste resultaten	<ul style="list-style-type: none">• Omschrijven van de klacht en doelstellingen van het bedrijf• Objectiveren van de klacht• Verzamelen van relevante gegevens, inclusief een stalronde• Vaststellen van het gewenste resultaat
Analyse	Vastleggen plan van aanpak en verantwoordelijkheden	<ul style="list-style-type: none">• Opstellen van een lijst van mogelijke oorzaken van de klacht• Vaststellen van benodigde aanvullende gegevens• Opstellen van een plan van aanpak
Evaluatie	Evaluatie resultaten en wijze van aanpak	<ul style="list-style-type: none">• Vastleggen van relevante bedrijfsgegevens in de tijd• Vaststellen in hoeverre het plan van aanpak heeft geleid tot het gewenste resultaat

Bij de beschrijving van het protocol wordt uitgegaan van het melkveebedrijf. Er bestaat een bepaalde overeenkomst tussen de benadering van het melkveebedrijf en gespecialiseerde bedrijven met melkgeiten en melkschapen. Een aantal zaken met betrekking tot bedrijven met schapen voor lamsvleesproductie komen bij de afzonderlijke onderdelen van het protocol aan de orde.

Een veehouder met klachten over zijn veestapel kan zich wenden tot verschillende adviseurs, zoals zijn dierenarts, de veevoederveoorlichter, DLV, LTO Advies en de Gezondheidsdienst voor Dieren. Soms zijn meerdere adviseurs nodig vanwege de complexiteit van het probleem of omdat problemen zowel een veterinaire als een landbouwkundige achtergrond hebben. Bij meerdere adviseurs is een goede onderlinge samenwerking belangrijk om te voorkomen dat overbodige of tegenstrijdige adviezen worden gegeven. De bedoelde samenwerking kan worden gestart zodra de veehouder aangeeft dat hij de moeilijkheden bij zijn veestapel wenst op te heffen en bereid is maatregelen te nemen en de kosten daarvoor te dragen. Het is goed dat daarbij wordt afgesproken wie de coördinatie op zich neemt.

22.2 Inventarisatie

22.2.1 Omschrijven van de klacht

De adviseur begint met het noteren van de klachten zoals de veehouder deze ervaart. De veehouder wordt gevraagd om de aard, de ernst, het begin en het verloop van de klachten aan te geven in zijn eigen woorden. Met aanvullende vragen kan worden nagegaan in hoeverre de klachten beperkt zijn tot:

- bepaalde categorieën dieren,
- bepaalde gedeelten van de lactatieperiode of droogstand,
- bepaalde delen van het jaar of bepaalde klimatologische omstandigheden,
- bepaalde percelen (denk hierbij ook aan de herkomst van het wintervoer),
- bepaalde dierfamilies, zowel in mannelijke als vrouwelijke lijn,
- bepaalde jaargangen.

Daarnaast wordt gevraagd om de eventueel al genomen maatregelen en het effect daarvan weer te geven.

Verder is het belangrijk om inzicht te krijgen in de doelstellingen van de veehouder, zowel voor het bedrijf in zijn geheel als op onderdelen van de diergezondheid. Bepaalde veehouders met een relatief hoge productie kunnen toch een klacht hebben over onvoldoende productie vanwege de doelstelling van het bedrijf en hogere producties in het verleden.

Schapenbedrijf

De meest voorkomende klacht op schapenbedrijven heeft te maken met de groei van het lam. Bij problemen met de groei kan de doelstelling voor het betreffende jaar vaak niet meer gehaald worden (het probleem heeft te lang geduurd of het seizoen is al zo ver gevorderd dat de lammeren hetzelfde jaar niet meer kunnen worden gedekt).

22.2.2 Objectiveren van de klacht

Bij het objectiveren van de klacht kan gebruik worden gemaakt van wat door de veehouder wordt geregistreerd als onderdeel van een managementsysteem dan wel op afzonderlijke kaarten (bijvoorbeeld Vruchtbaarheidsziektekaart). Aan de hand hiervan kunnen kengetallen worden verzameld en geanalyseerd.

Diergezondheid algemeen

De actuele officiële diergezondheidsstatus is op het bedrijf aanwezig of is anders op te vragen bij de Gezondheidsdienst voor Dieren. De officiële diergezondheidsstatus geeft een indruk over de status van een aantal infectieuze aandoeningen op het bedrijf. Meer informatie kan worden verkregen van de veehouder en zijn dierenarts, zo nodig aangevuld met laboratoriumuitslagen. Extra gegevens over de diergezondheid kunnen soms worden verzameld aan de hand van het gebruikte managementsysteem, de Vruchtbaarheidsziektekaart en de 12-maandenlijst.

Op basis van de verzamelde gegevens kan een inschatting worden gemaakt van het optreden van stofwisselingsziekten, zoals melkziekte en slepende melkziekte. Ook de digestiestoornissen worden in beeld gebracht, waarbij gedacht kan worden aan het optreden van diarree, te stijve mest, lebmaagverplaatsingen en teveel gas in de pens. Preventieve handelingen (vaccinaties, parasietenpreventie, mastitispreventie, et cetera) worden globaal geïnventariseerd. Vooral op schapenbedrijven is het belangrijk om de preventie van parasieten en coccidiose goed in kaart te brengen. Op basis van deze informatie kan een indruk worden verkregen van de relatie tussen de klacht en de rol van parasitaire en/of andere ziekten. Zo hebben ziekten bij jonge kalveren een ongunstige invloed op de conditie en ontwikkeling van het jongvee en later op de melkproductie. I&R-gegevens kunnen worden opgevraagd. Van belang daarbij zijn: aankoop van dieren, afgevoerde dieren en sterfte in de verschillende leeftijdscategorieën.

Verzamelen primaire kengetallen productie en diergezondheid

Voor een aantal productie- en gezondheidskenmerken zijn voor melkvee primaire en secundaire kengetallen geformuleerd (Koole en Cnossen, 1993; Brand et al., 1996). Zo bestaan er kengetallen voor melkproductie, uiergezondheid, vruchtbaarheid, klauwgezondheid en jongveeopfok (zie Tabel 22.2).

Tabel 22.2 Primaire kengetallen voor productie en gezondheid op melkveebedrijven

Deelgebied	Primaire kengetallen
Melkproductie	<ul style="list-style-type: none">• BSK van het bedrijf in laatste jaren (jaaroverzicht)• gemiddeld aantal kg melk geproduceerd per koe per dag (jaar overzicht)• gemiddeld percentage vet en eiwit (jaaroverzicht)
Uiergezondheid	<ul style="list-style-type: none">• aantal koeien met klinische mastitis in 1 jaar• verloop tankmelkcelgetal in laatste 13 perioden• percentage koeien met een koeelgetal boven de 250.000 cellen (vaarzen 150.000 cellen) per mL.• percentage afvoer vanwege uierproblemen
Vruchtbaarheid	<ul style="list-style-type: none">• drachtigheidspercentage na eerste inseminatie• non-return-percentage na 56 dagen• de (verwachte) tussenkalftijd van de afgelopen jaren• aantal verwerpers (koeien/pinken)• percentage afvoer vanwege vruchtbaarheid (koeien/vaarzen)• afkalfleeftijd van vaarzen
Klauwgezondheid	<ul style="list-style-type: none">• percentage klinische kreupelheden• percentage afvoer vanwege kreupelheid
Opfok jongvee	<ul style="list-style-type: none">• (verwachte) afkalfleeftijd van de pinken• lichaamsgewicht na afkalven• percentage sterfte in gehele opfokperiode• percentage verwerpers bij pinken

Zoveel mogelijk moet worden geprobeerd om de primaire kengetallen van de afgelopen 2 jaar te verzamelen. Hiermee kan een ontwikkeling van het kengetal in de tijd zichtbaar worden gemaakt.

Schapebedrijf

Voor het schapebedrijf is de groeisnelheid van de fok- en slachtlammers een belangrijk kengetal. Voor foklammeren geldt dat ze aan het einde van het eerste jaar en voor het toelaten tot de ram circa 60% van het volwassen gewicht moeten hebben bereikt. Voor slachtlammers geldt in het algemeen dat ze zo snel mogelijk moeten groeien. De maximale groeisnelheid varieert per ras. Voor het beoordelen van de groeisnelheid kan soms gebruik gemaakt worden van weeggegevens (geboorte, spenen et cetera).

22.2.3 Verzamelen van belangrijke gegevens

22.2.3.1 Gegevens bedrijf

De volgende gegevens zijn relevant:

- naam, adres, (UBN), telefoon en e-mailadres van de veehouder, praktiserende dierenarts en andere betrokken adviseurs
- type bedrijf (hoofdtak/neventak)
- productieniveau

- landgebruik in ha, gesplitst naar blijvend grasland, kunstweide en eventueel bouwland. Tevens aangeven de grondsoort(en) en de ontwateringstoestand van het grasland plus bodem- en bemestingsgegevens
- veebezetting
- huisvesting /staltype
- het beweidingssysteem, het voersysteem in de winter en de wijze waarop het krachtvoer wordt verstrekt
- drinkwatervoorziening op stal en in de weideperiode

22.2.3.2 Gegevens voeding en drinkwater

Het rantsoen en de voermethode

Voor een rantsoenberekening moet informatie bekend zijn over de samenstelling van het rantsoen en de voerhoeveelheden. Het is hierbij van belang dat wordt nagegaan of de opgegeven hoeveelheden en kwaliteiten ook overeenstemmen met de werkelijkheid. Dit kan gecontroleerd worden door de opgegeven hoeveelheid te vergelijken met de hoeveelheid voer die voor een bepaalde periode beschikbaar is (m³ kuil en voerafrekeningen). Voerresten dienen ook in de berekening te worden betrokken.

Verder is het van belang welke en hoeveel mineralen (mengsels, bolussen) eventueel worden verstrekt en aan welke groepen dieren.

Analyses van voedermiddelen

Voor een goede beoordeling van het rantsoen is het nodig om te beschikken over analyses van het ruwvoer. Als er geen gewasanalyses zijn, zal een en ander zo goed mogelijk geschat moeten worden op basis van daadwerkelijke inspectie van de producten (zie paragraaf 22.2.3.3). Zo nodig kunnen alsnog gewasanalyses worden uitgevoerd. Schattingen van graslandproducten kunnen qua energie- en eiwitgehalte tegen- of meevallen, dit is onder meer afhankelijk van het maaistadium en de N-bemesting. Zonder analysegegevens is over de gehalten aan mineralen en spoorelementen in voeders weinig te zeggen.

Voor krachtvoer is het van belang dat de VEM-, DVE- en OEB-waarden bekend zijn. Tevens is het zetmeel- en suikergehalte in het krachtvoer van belang. Als de voederwaarde van verstrekte bijproducten niet beschikbaar is, moet een schatting worden gemaakt van de voederwaarde (Tabellenboek Veevoeding, CVB). De gehalten aan mineralen en spoorelementen in mengvoeders kunnen worden opgevraagd. Voor bijproducten kan in eerste instantie gebruik gemaakt worden van tabelgegevens. Zo nodig worden gehalten aan mineralen en spoorelementen alsnog bepaald. Voor mineralenmengsels is het van belang om de samenstelling op te vragen en de opname in te schatten. Mogelijk zijn er wisselingen geweest in de samenstelling of verstrekking van de mineralenmengsels.

Drinkwater

Onderzoek naar de kwaliteit van het drinkwater is nodig indien geen of slechts ten dele leidingwater wordt verstrekt. Denk hierbij vooral aan de drinkwatervoorziening in de weideperiode. Eventuele eerdere analyses worden meege-

nomen bij de beoordeling voor nader onderzoek. De mogelijke consequenties (verdringing, interacties) van afwijkend drinkwater op de mineralenvoorziening kunnen groot zijn en moeten daarom in beeld worden gebracht. Vooral hoge gehalten aan ijzer worden regelmatig vastgesteld. Zie ook Hoofdstuk 21.

22.2.3.3 Gegevens bij de stalronde

Met de veehouder wordt het vee en de omgeving van de dieren bekeken. Noteer in het kort de waargenomen feiten en bevindingen. Geadviseerd wordt om bij de stalronde onderstaande punten altijd te beoordelen. Daarnaast kan extra aandacht geschonken worden aan zaken die rechtstreeks met de klacht samenhangen.

Klimaat, huisvesting en stalrichting

Met betrekking tot het klimaat is het van belang om globaal het volume van de stal vast te stellen in relatie tot het aantal dieren. Verder is de waarneming van de adviseur zelf van belang, met betrekking tot temperatuur, luchtvochtigheid, tocht en dergelijke. Bij de huisvesting is het belangrijk om de wijze van huisvesting, de mate van overbevolking en de hoeveelheid licht in de stal vast te stellen. Zaken die belangrijk zijn bij het beoordelen van de stalrichting zijn de verdeling van de dieren over de stal of stallen, de groepsindeling per stal, het koecomfort, de verhouding van het aantal dieren tot het aantal plaatsen aan het voerhek, het aantal en de plaatsing van de voerboxen, de krachtvoerstrekking in de melkstal en de plaats van de afkalfstal en de ziekenstal (PR, 1999).

De dieren

Van belang is om het koppel in eerste instantie in alle rust te observeren. Aandachtspunten daarbij zijn het percentage dieren dat herkauwt, het percentage dieren dat staat en niet aan het vreten is, het aantal kreupele dieren en de kleur, de gladheid en de glans van het haarkleed.

Het is zinvol om de conditie van de dieren te scoren indien geen recente gegevens bekend zijn. De gegevens worden vergeleken met de algemeen gehanteerde normen voor de diverse lactatiestadia. Indien er in het verleden conditiescores zijn gedaan dan kunnen deze ook in de beoordeling meegenomen worden. Het verloop van de conditiescore gedurende de lactatie zegt iets over de energievoorziening over een wat langere periode (PR, 1998).

Een beoordeling van de pensvulling geeft informatie over de voeropname van de laatste dag(en). Onvoldoende pensvulling is vaak een knelpunt bij vers afgekalfde dieren. De conditie en pensvulling kunnen alleen aan de achterzijde van de koe goed beoordeeld worden.

De mest

Bij een goede vertering heeft de mest een enigszins gebonden consistentie en bevat weinig zichtbare vezeltjes en voerdeeltjes. Vaste of vezelige mest wijst op een onvoldoende vertering (in de pens). Waterige of te dunne mest kan het gevolg zijn van een te hoge verteringssnelheid van het rantsoen. Het kan uiteraard ook een gevolg zijn van een infectie.

Voeropname

De beoordeling van de voeropname begint bij de controle op de aanwezigheid van voer in de voergoot of aan het voerhek. Van belang is dat het voeraanbod voor lacterende dieren niet wordt beperkt. Ook is het van belang dat de voeropname van droogstaande dieren in de tweede helft van de droogstand wordt gestimuleerd.

Het is belangrijk om een goed inzicht te hebben in het daadwerkelijk door de dieren opgenomen rantsoen. Zo kan een tekort aan voerplaatsen of een beperkte voerbreedte leiden tot een verminderde voeropname, zeker bij een beperkt voeraanbod. De zwakkere dieren (pas gekalfd) en de in de sociale rangorde lager geplaatste dieren zullen de dupe zijn en genoeg moeten nemen met "de restjes". Andere factoren die de voeropname kunnen beïnvloeden zijn:

- is er een indeling in groepen op basis van productie/lactatiestadium of leeftijd (jongvee)?
- bestaat het rantsoen uit losse componenten of een compleet gemengd voer?
- hoe is de verstrekking van de diverse ruwvoer- en krachtvoercomponenten over de dag?
- in hoeverre kunnen de koeien selecteren in het voeraanbod?
- hoe is het voeraanbod (beperkt/onbeperkt)?
- met hoeveel restvoer wordt rekening gehouden?
- hoe vaak wordt het voer opnieuw aangeschoven?
- hoe vaak worden voerresten verwijderd en de voergoot uitgeveegd?
- welk beweidingsschema wordt gehanteerd en bij welke grashoogte wordt gemiddeld ingeschaard?

Ruwvoer

Geconserveerd ruwvoer dient altijd beoordeeld te worden op maaistadium, geur, kleur, structuur, broei, schimmels en eventuele verontreiniging. Bij een afwijkende geur kan het gewenst zijn de kwaliteit in de kuil of in de silo te beoordelen om de mogelijke oorzaak van de afwijkende geur (bijvoorbeeld nabroei en/of slechte conservering) op te sporen.

In de weideperiode moet gekeken worden naar de graskwaliteit (botanische samenstelling en groeistadium waarin geweid wordt) en de beschikbare hoeveelheid gras. Het gebruik van een grashoogtemeter kan een goede indruk geven over de kwantiteit van het grasaanbod. De smakelijkheid kan negatief beïnvloed worden door een nat gewas, mestresten (organische mest), aanklevende grond en kroonroest op het gras.

Krachtvoer

Het krachtvoer levert in de meeste rantsoenen een wezenlijk aandeel in de mineralenvoorziening. Controle op de opname is dus belangrijk. Beoordeel de samenstelling en de geur en let op aanwezigheid van schimmels. Bij schimmelvorming dient de opslag gecontroleerd te worden.

Het aantal plaatsen aan het voerhek is essentieel bij de opname van krachtvoer of krachtvoerachtige producten aan het voerhek. Te weinig plaatsen geeft aanleiding tot grote individuele verschillen in de opname. Bij verstrekking van krachtvoer in de melkstal of via de krachtvoerbox heeft de aanwezigheid van

meel of gruis in de brok een negatieve invloed op de voeropnamesnelheid en daarmee op de opname. Controle van de krachtvoeropname in de melkstal is vaak zinvol. Bij de controle dient gelet te worden op voerresten in de bakken, de grootte van de porties en de maximale opname tijdens het melken. Bij enige twijfel over de hoeveelheid verstrekt krachtvoer dient de afstelling van de doseerinrichting gecontroleerd te worden. Dit geldt ook voor geprogrammeerde krachtvoerverstrekking via krachtvoerboxen en/of in het automatisch melksysteem. Periodieke controle op het technisch functioneren van de installatie is gewenst. Ook het aantal weigeringen van opname van het krachtvoer bij de automatische krachtvoerverstrekking dient over een langere periode in beeld gebracht te worden. Een onvoldoende krachtvoeropname in de voerbox kan veroorzaakt worden door overbezetting (normaal is circa 25 dieren per krachtvoerbox of 200 - 250 kg krachtvoer per box). Krachtvoerboxen kunnen ook ongunstig gesitueerd zijn waardoor de zwakkere dieren te weinig krachtvoer opnemen.

“Stalronde” op schapenbedrijven

- De dieren observeren in de omgeving waar ze liepen toen de klacht werd opgemerkt.
- Algemene indruk van het koppel; speciale aandacht voor het bewegen en gedrag van de dieren.
- Afwijkende dieren onderzoeken; onder andere aandacht voor de lengte, kleur en vetheid van de wol.
- Met betrekking tot de voeding: hoe worden de oaien gevoerd tijdens de dracht, aan het einde van de dracht, bij de start van de lactatie? Hoe verloopt de (bij)voeding van de lammeren? Wanneer gaan oaien en lammeren naar buiten en op welke percelen worden ze geweid?

22.3 Analyse en interventie

22.3.1 Mogelijke oorzaken van de klacht

Na de inventarisatie volgt een nadere analyse van de klacht. De klacht wordt daarmee verder geobjectiveerd en met gegevens onderbouwd. De (primaire) kengetallen vervullen hierin een belangrijke rol. De mogelijke oorzaken van de klacht worden op een rij gezet. Op grond van een analyse van de primaire kengetallen kan vaak al een deel van de mogelijke oorzaken worden uitgesloten. Het verdere onderzoek kan daarmee belangrijk worden beperkt, doordat bepaalde diergroepen of bepaalde bedrijfsomstandigheden niet meer in het onderzoek behoeven te worden opgenomen. Verder wordt in dit stadium van het onderzoek besproken in hoeverre een foutieve voeding of mineralenvoorziening als oorzaak of een van de mogelijke oorzaken kan worden aangemerkt.

Slechte groei bij lammeren op schapenbedrijven:

Belangrijke oorzaken voor een slechte groei bij de lammeren zijn te weinig of slecht voer, een verminderde eetlust, een te hoog eiwitverlies in het spijsverteringskanaal (infecties) en een verhoogde behoefte aan nutriënten door bijvoorbeeld slecht weer, grote loopafstanden et cetera.

22.3.2 Aanvullende gegevens

Bij onduidelijke verschijnselen of meerdere mogelijkheden zijn vaak aanvullende gegevens noodzakelijk. Bij melkvee kunnen de secundaire kengetallen voor productie en diergezondheid hierbij een belangrijke rol vervullen. Vaak zal de klacht op melkveebedrijven betrekking hebben op een onvoldoende melkproductie of te lage gehalten in de melk (soms in combinatie met gezondheidsstoornissen). Met de gegevens van de bevindingen bij de stalronde kan, zonodig, een nieuwe rantsoenberekening worden uitgevoerd. Bij geconstateerde tekortkomingen in de voeding wordt onderscheid gemaakt tussen problemen op het gebied van voermanagement (rantsoensamenstelling, aanbod, kwaliteit) en een mogelijk specifiek probleem met de mineralen. Tabel 22.3 is een hulpmiddel bij het vaststellen van tekortkomingen bij het voermanagement.

Tabel 22.3 Overzicht van een aantal voorkomende klachten op melkveebedrijven waarvan de oorzaak gelegen is in de organische fractie van de voeding (verstrekking en samenstelling van het rantsoen).

Klacht	Mogelijke oorzaak in de organische fractie
Melkproductie verlaagd	<ul style="list-style-type: none"> • Verminderde ruwvoeropname (aanbod, kwaliteit) • Verminderde verstrekking van mengvoer of enkelvoudige bijproducten • Verminderde hoeveelheid energie op pensniveau (FOS) • Verminderde verstrekking van eiwit (DVE) • Onvoldoende eiwit op pensniveau na afkalven (negatieve OEB)
Melkvet % verlaagd	<ul style="list-style-type: none"> • Verminderde ruwvoeropname (aanbod, kwaliteit) • Te weinig structuur in het rantsoen • Wisselende opname van mengvoer of enkelvoudige bijproducten
Melkvet % verhoogd	<ul style="list-style-type: none"> • Onvoldoende VEM-opname (begin lactatie) • Onvoldoende krachtvoer
Melkeiwit % verlaagd	<ul style="list-style-type: none"> • Verminderde ruwvoeropname (aanbod, kwaliteit) • Verminderde krachtvoeropname (aanbod, kwaliteit) • Verminderde verstrekking van eiwit (DVE) • Onvoldoende eiwit op pensniveau na afkalven (negatieve OEB)

Indien de klachten wijzen in de richting van bepaalde stofwisselingsziekten (melkziekte, slepende melkziekte, leververvetting, et cetera) kan speciaal aandacht worden besteed aan het rantsoen van de dieren waar de klachten optreden. Bij melkziekte dient het rantsoen (voerniveau, Mg- en Ca-voorziening) tijdens de droogstand tot en met een à twee dagen na het afkalven beoordeeld te worden. Bij slepende melkziekte moet men het rantsoen en de opbouw van de krachtvoerverstrekking beoordelen in de overgangperiode (van 2-3 weken voor het afkalven tot 3-4 weken na het afkalven).

Indien bij het beoordelen van het voorgaande geen fouten in de bedrijfsvoering of het voermanagement zijn ontdekt of wanneer na correctie van deze

fouten er toch klachten blijven bestaan, kan een nader onderzoek naar de mineralen worden ingesteld.

Uiteraard zal de rol van de mineralen ook onderzocht moeten worden, indien de mogelijkheid van een foutieve mineralenvoorziening niet kan worden uitgesloten.

Mogelijke oorzaken van groei problemen bij lammeren:

Periode voor het spenen: te laag geboortegewicht, te weinig biest, uierafwijkingen/tepelbeschadigingen, ziekte bij de lammeren (diarree, longontsteking), parasieten.

Periode rond het spenen: leeftijd van het spenen of de wijze van spenen (geleidelijk; opvangen met bijvoer en dergelijke).

Periode na het spenen: voeding, parasieten, tekorten in het voer (Cu, Co) of chronische ziekten (pasteurellose, gewrichtsontsteking et cetera).

22.3.3 Opstellen van een plan van aanpak

22.3.3.1 Bemonsteringsplan voor mineralenonderzoek

Een bemonsteringsplan voor onderzoek naar de mineralenvoorziening wordt opgesteld indien de rol van de mineralenvoorziening bij het ontstaan van de klachten aannemelijk lijkt of niet kan worden uitgesloten. Vanuit efficiëntie en kostenbeheersing zal vooraf een inschatting moeten worden gemaakt van de mineralen die relevant zijn in relatie tot de klacht.

Aan de hand van de (verstreckte) hoeveelheden van de voedermiddelen (inclusief krachtvoer en krachtvoerachtige bijproducten) en de hierin voorkomende gehalten aan mineralen en de eventueel afzonderlijke mineralenverstrekking, wordt de mineralenvoorziening berekend en vergeleken met de behoeften (normen) aan mineralen van de betreffende dieren. Mogelijk kunnen hier aanknopingspunten uit worden gedestilleerd voor het bemonsteringsplan. Andere mogelijke aanknopingspunten zijn het klinische beeld en het mogelijk al uitgevoerde laboratoriumonderzoek van de grond, het gewas en/of de dieren.

Er wordt een bemonsteringsplan opgesteld voor de elementen waar nadere informatie over gewenst is. Belangrijk is om over dit punt heldere afspraken te maken met betrekking tot de taakverdeling (wie doet wat en op welke termijn). De zinnvolle bepalingen zijn in Tabel 22.4 weergegeven. Daarbij is steeds het meest geëigende onderzoek om tot een diagnose te komen cursief gedrukt. Voor achtergrondinformatie met betrekking tot de bruikbaarheid van de verschillende bepalingen, wordt verwezen naar de afzonderlijke hoofdstukken. Ook kan in deze hoofdstukken informatie worden opgezocht over welke (groepen) dieren het meest geschikt zijn voor de beoordeling van de voorziening. Het met normaal lettertype aangegeven onderzoek in Tabel 22.4 kan worden toegepast als aanvullend onderzoek, indien het cursief gedrukte onderzoek tot een onvoldoende duidelijke uitspraak leidt of niet toepasbaar is.

Tabel 22.4 Zinnvolle bepalingen om tekorten aan mineralen op te sporen (voor meer informatie wordt verwezen naar de afzonderlijke hoofdstukken).

Mineraal	Om mineralen tekorten op te sporen is onderzoek zinvol in:						
	Lever ¹	Bloed ²	Speeksel	Melk	Urine	Rantsoen ³	Grond ⁴
Magnesium		Mg			<i>Mg</i>	Mg+K	
Calcium		Ca ⁵				<i>Ca</i>	
Fosfor						<i>P</i>	
Natrium/Kalium			<i>Na+K⁶</i>			Na+K	
Chloor		Cl				<i>Cl</i>	
Zwavel						<i>S</i>	
Koper	<i>Cu</i>	Cu ⁷				Cu: Mo	
Molybdeen						<i>Mo</i>	
Kobalt	Co	<i>Vit B12⁸</i>				Co ⁹	Co
Jodium				<i>I</i>			
Zink		<i>Zn¹⁰</i>				Zn	
Mangaan						<i>Mn</i>	
Seleen		<i>GSH-Px¹¹</i>					
IJzer		<i>Hb¹²</i>					

Opmerking: per regel is in één van de kolommen het symbool cursief gedrukt; deze bepaling is de meest geëigende om tot een diagnose te komen.

¹ Onderzoek vraagt een kleine operatieve ingreep (leverbiopt).

² Bloedonderzoek wordt in serum uitgevoerd, tenzij anders aangegeven.

³ Bij onderzoek van rantsoenen altijd het DS-gehalte bepalen.

⁴ Dit onderzoek kan, na het vaststellen van een tekort, voor verschillende mineralen nodig zijn als basis voor maatregelen op langere termijn.

⁵ Bepaling weinig zinvol behalve rondom afkalven of bij specifieke problemen.

⁶ Gebruik voor de monsternamen Na-vrij gemaakte schuimplastic sponsjes. Voorkom verder verontreiniging met voerresten en (bezwete) handen. Het is aan te raden de dieren zonder voer vast te zetten en de bek 10 minuten vóór bemonstering met een slang schoon te spoelen.

⁷ De bloedwaarde zakt pas als de levervoorraad duidelijk verlaagd is.

⁸ Geldt alleen voor schapen.

⁹ Het Co-gehalte van gras is sterk afhankelijk van grassenbestand, grond-pH en ontwatering.

¹⁰ Speciale Zn-vrije bloedbuis noodzakelijk, Zn-daling treedt ook op bij acute infecties.

¹¹ Bepalen in heparine-bloed.

¹² Bepalen in EDTA-bloed, eventueel samen met de bepaling van de hematocriet en het MCV (Mean Corpuscular Volume).

In Bijlage 3 worden de grens- en referentiewaarden gegeven voor gehalten in dierlijk materiaal. Deze waarden kunnen gebruikt worden voor de beoordeling van de uitslagen van de op basis van Tabel 22.4 uitgevoerde analyses.

22.3.3.2 Bemonsteringsvoorwaarden

In het algemeen geldt dat die diergroepen bemonsterd worden, waarbij de klachten optreden. Daarnaast kunnen de dieren in een voorgaande productie- of lactatiefase belangrijke informatie verschaffen.

Bij het melkvee kunnen klachten het gevolg zijn van een tekort aan mineralen tijdens de opfok. Dit is vooral het geval indien de tekorten tijdens de opfok hebben geleid tot groeivertraging (bijvoorbeeld door een Cu- en/of Co-deficiëntie).

In een dergelijke situatie dienen dus ook de jongere leeftijdsgroepen in de bemonstering te worden betrokken. Het kan zinvol zijn de bemonsteringen uit te voeren, c.q. te herhalen, in die periode van het jaar, waarin de kans op de veronderstelde onevenwichtigheden het grootst is (zie bij de afzonderlijke mineralen).

Om een redelijk beeld van het koppel, c.q. het bedrijf te krijgen, is het nodig een voldoende aantal monsters te onderzoeken. Wat betreft het dierlijke materiaal dient als regel aangehouden te worden dat een verantwoorde steekproef wordt genomen van de categorie dieren, waar klachten over bestaan (jonge dieren, volwassen dieren), met een minimum van vijf dieren.

Soms moet het gras en eventueel ook de grond onderzocht worden van die percelen, waarop de dieren het meest weiden. Bij klachten, die alleen tijdens de stalperiode voorkomen, moet het voer worden onderzocht en eventueel de grond waarvan het ruwvoer werd gewonnen.

De gehalten aan mineralen in het weidegras zijn gedurende de weideperiode aan een aanzienlijke variatie onderhevig. Om een duidelijk inzicht te krijgen in de mineralenvoorziening over het gehele weideseizoen is het noodzakelijk dat van representatieve percelen minstens drie gewasmonsters worden genomen, bijvoorbeeld één monster in het voorjaar (mei), één in de zomer (juli) en één in de herfst (september). Bij grensgevallen dienen meer monsters te worden onderzocht. Het gewas wordt bemonsterd in het weidestadium en de gehalten dienen in relatie tot het seizoen te worden beoordeeld.

Voor het opsporen van tekorten bij dieren is grondonderzoek weinig zinvol. Ook voor kobalt geldt dat sneller en betere informatie kan worden verkregen aan de hand van onderzoek bij het dier (schapen) en van het gewas. Bij het bemonsteren van het gewas dient verontreiniging met grond te worden voorkomen. Dit geldt speciaal voor het onderzoek van kobalt en ijzer. In een later stadium kan grondonderzoek zinvol zijn, nadat met behulp van andere criteria een onjuiste voorziening is vastgesteld. Voor een aantal mineralen (P, Na, K, Mg, Cu en Co) geeft grondonderzoek aanwijzingen voor mogelijke bemestingsmaatregelen ter correctie van tekorten. Zie hiervoor de paragrafen over preventie bij de afzonderlijke mineralen.

22.3.3.3 Beoordeling analyses monsteronderzoek

De resultaten van de diverse onderzoeken (dierlijk materiaal, gewas en grond) en de interpretatie van deze resultaten worden tussen de betrokkenen uitgewisseld.

Bij de beoordeling van de analysecijfers van dierlijk materiaal kan het, afhankelijk van de aard van het probleem, nodig zijn een grotere indicatieve waarde toe te kennen aan enkele duidelijk afwijkende cijfers dan aan het gemiddelde niveau van alle monsters. Hier blijkt het belang van een voldoende aantal monsters.

Voor de verdere interpretatie van de analyses wordt verwezen naar de paragrafen over de beoordeling van de voorzieningstoestand van de afzonderlijke mineralen.

22.3.3.4 Advisering

Wanneer voor een bepaald mineraal op enig tijdstip van bemonstering niet aan de norm is voldaan, dient men over te gaan tot het nemen van maatregelen. Bij deze maatregelen wordt onderscheid gemaakt tussen:

- Directe maatregelen: hierbij wordt getracht de geconstateerde tekorten op te heffen door de directe verstrekking van bepaalde mineralen of mineralenmengsels aan de dieren. In Bijlage 2 wordt een overzicht gegeven van de gehalten aan mineralen en sporelementen in verschillende voedingszouten. Met behulp hiervan en de aanwijzingen over het op korte termijn opheffen van tekorten kan een concreet advies worden opgesteld (zie verder de paragrafen bij de afzonderlijke mineralen).
- Maatregelen op langere termijn: bedoeld om herhaling van de klachten in de toekomst te voorkomen (zie verder de paragrafen bij de afzonderlijke mineralen).

Op bedrijven met klachten zullen dus zowel directe maatregelen als maatregelen op lange termijn moeten worden genomen. De directe maatregelen worden voortgezet tot de maatregelen op lange termijn voldoende doorwerken. Bij sommige afwijkingen ten gevolge van een onjuiste mineralenvoorziening treedt in de regel pas na lange tijd een zichtbare verbetering op.

Zo is bijvoorbeeld bekend dat bij een kopertekort extra koperzouten minstens een jaar regelmatig verstrekt moeten worden, voordat een volledig resultaat voor de gehele veestapel mag worden verwacht. Men mag dus niet te snel concluderen dat een maatregel geen effect heeft. Bepaalde tekorten hebben zich in de loop van meerdere jaren ontwikkeld, al dan niet via grond en gewas. Het kost in dit geval dan ook de nodige tijd om weer tot een gezonde toestand terug te keren. Soms zal dit laatste pas lukken bij de jonge aanfok.

22.4 Evaluatie

22.4.1 *Bedrijfssituatie in de tijd vastleggen*

Het is gewenst dat nauwkeurig wordt bijgehouden of de geadviseerde maatregelen inderdaad zijn uitgevoerd. Om dat te bevorderen verschaft men de veehouder zoveel mogelijk inzicht in de problemen op zijn bedrijf, onder andere door het verstrekken van analysecijfers en schriftelijke rapportages na elk bedrijfsbezoek. In de rapportages worden de bevindingen, adviezen en afspraken vastgelegd. De rapportage wordt zo spoedig mogelijk na het bezoek naar alle betrokkenen gestuurd.

22.4.2 *Klacht en aanpak evalueren*

Na het opstellen van de adviezen is het wenselijk om direct een termijn af te spreken waarna de resultaten worden beoordeeld. Indien gewenst of noodzakelijk kan voorafgaand aan of na de beoordeling worden besloten om herhaald onderzoek te doen naar mineralen in materiaal waar men nieuwe informatie over wenst te hebben.

Bij de evaluatie is het van belang om recente gegevens (kengetallen) te hebben om het effect van het advies objectief te kunnen beoordelen. De mening van de veehouder over de gang van zaken en het verloop van de klacht is in deze uiteraard het meest belangrijk.

Afhankelijk van de gang van zaken kan nader onderzoek plaatsvinden en kunnen de adviezen al dan niet worden bijgesteld. Ook kunnen doelstellingen worden bijgesteld.

Op basis van het verloop van de klachten en de behaalde resultaten kunnen nog meer evaluatiemomenten volgen. Uiteindelijk moet er wel een duidelijke afronding komen van het onderzoek en de aanpak van de klacht.

Literatuur

Hoofdstuk 2

- Anonymus (1), 1998. Adviesbasis voor de Bemesting van Grasland en Voedergewassen. Commissie Bemesting Grasland en Voedergewassen. Lelystad.
- Anonymus (2), 2002. Adviesbasis voor de Bemesting van Grasland en Voedergewassen. Commissie Bemesting Grasland en Voedergewassen. Lelystad.
- Anonymus (3), 1996. Handleiding Mineralenonderzoek bij Rundvee in de Praktijk. Commissie Onderzoek Minerale Voeding. Centraal Veevoederbureau. Lelystad.
- Anonymus (4), 2000. Praktijkgids Bemesting. Nutriënten Management Instituut NMI. Wageningen.
- Blgg Oosterbeek, 2002. Gewasanalyses 1999-2001.
- Bussink, D.W. en Postma, R., 2002. Achtergronden bij het zwavelbemestingsadvies voor grasland. NMI-rapport 203.99-III. Nutriënten Management Instituut NMI. Wageningen, 31 pp.
- Den Boer, D.J., 2003. Persoonlijke mededeling. Onderzoek naar NP-interacties bij bemesting op zandgrasland, 1995 – 2000. Rapport in voorbereiding.
- Den Boer, D.J. en Vergeer, W.N., 2000. Wijziging kalibemestingsadvies voor grasland. Meststoffen 2000, p. 7-11.
- Elgersma, A. en Engels, F., 1998. Teelt en kwaliteit van ruwvoerders. Collegedictaat Wageningen, Sectie Agronomie, Leerstoelgroep Gewas- en Graslandkunde. 178 pp.
- Ouweltjes, W., Counotte, G. en Dobbelaar, P., 2002. Kopervoorziening bij melkvee in West-Nederland. PraktijkRapport 4. Praktijkonderzoek Veehouderij. Lelystad, 49 pp.
- Plomp, M., 2003. Voeding en productie. In: Smolders, Gidi en Wagenaar, Jan-Paul (eds.), Bioveem in Beeld; vier jaar monitoring op 10 biologische melkveebedrijven. Praktijkonderzoek Veehouderij en Louis Bolk Instituut. In druk.
- Sluijsmans, C.M.J., 1963. Bemesting van grasland met magnesium op basis van grondonderzoek. Landbouwvoorlichting 20: 198-205.
- Till, R., 2002. Sulphur fertilisers, forage quality and animal production. International Fertiliser Society. Proceedings No. 501, York, UK. p. 28
- Underwood, E.J. en Suttle, N.F., 1999. The mineral nutrition of livestock, 3rd edition. CAB International, Wallingford, UK, 614 pp.
- Van der Paauw, F., 1943. Het kali-onderzoek op grasland. In: Verslagen Landbouwkundig Onderzoek, pp 958 – 975.
- Van der Ven, G.W.J., 1990. De kaliumkringloop op grasland. CABO verslag nr. 132, 60 pp.
- Whitehead, D.C., 1995. Grassland Nitrogen. CAB International. Wallingford, UK, 397 pp.

Hoofdstuk 3

- CVB Documentatierapport nr. 33: Reviews on the mineral provision in ruminants I: Calcium metabolism and requirements in ruminants (A.M. van den Top)

Hoofdstuk 4

- CVB Documentatierapport nr. 34: Reviews on the mineral provision in ruminants II: Phosphorous metabolism and requirements in ruminants (H. Valk)

Hoofdstuk 5

- CVB Documentatierapport nr. 35: Reviews on the mineral provision in ruminants III: Magnesium metabolism and requirements in ruminants (J.Th. Schonewille and A.C. Beynen)

Hoofdstuk 6

- CVB Documentatierapport nr. 36: Reviews on the mineral provision in ruminants IV: Sodium metabolism and requirements in ruminants (J.Th. Schonewille and A.C. Beynen)

Hoofdstuk 7

- CVB Documentatierapport nr. 37: Reviews on the mineral provision in ruminants V: Potassium metabolism and requirements in ruminants (J.Th. Schonewille and A.C. Beynen)

Hoofdstuk 8

- CVB Documentatierapport nr. 38: Reviews on the mineral provision in ruminants VI: Chlorine metabolism and requirements in ruminants (J.Th. Schonewille and A.C. Beynen)

Hoofdstuk 9

- CVB Documentatierapport nr. 39: Reviews on the mineral provision in ruminants VII: Cation Anion Difference in Dairy Cows (J.Th. Schonewille and A.C. Beynen)

Hoofdstuk 10

- Agricultural Research Council, 1984. The Nutrient Requirements of Ruminant Livestock. Commonwealth Agricultural Bureaux, London, 351 pp.
- Blgg Oosterbeek, 2002. Gewasanalyses 2000.
- Hovenkamp-Obbema, I.R.M., Counotte, G.H.M., Roos, C. en Van Dokkum, H.P. 1998. Quickscan om geschiktheid van slootwater als drinkwater voor weidevee te bepalen. In: H₂O, pp 15-18
- Informatie en Kennis Centrum Veehouderij, 1993. Handboek voor de rundveehouderij, Publicatie nr. 35.
- National Research Council, 2001. Nutrient Requirements of Dairy Cattle, 7th revised edition. National Academie Press, Washington D.C., 381 pp.
- Oude Elferink, S.J.W.H. en Meijer, G.A.L., 2000. Risico's van zwavelverbindingen in drinkwater voor runderen. ID TNO Diervoeding, 20 pp.

- RIVM, 1992. Milieudiagnose 1991: deel III, Bodem- en grondwaterkwaliteit. Bilthoven, 132 pp.
- Shirley, R.L., 1992. Hoofdstuk 6: Sulfur. pp 137-151. In: Minerals in animals and human nutrition. McDowell L.R., editor. Academic Press, London.
- Till, R., 2002. Sulphur fertilisers, forage quality and animal production. International Fertiliser Society, Proceedings No. 501, York, UK., 28 pp.
- Tisdale, S.L., 2002. Sulphur in forage quality and ruminant nutrition. The Sulphur Institute, Washington, USA. Technical Bulletin Number 22, 13 pp.
- Underwood, E.J. and Suttle, N.F., 1999. The mineral nutrition of livestock, 3rd edition. Hoofdstuk 9 Sulphur, pp 231-250. CAB International, Wallingford, UK.

Hoofdstuk 11

- CVB Documentatierapport nr. 41: Reviews on the mineral provision in ruminants IX: Copper metabolism and requirements in ruminants (A.M. van den Top)

Hoofdstuk 12

- CVB Documentatierapport nr. 42: Reviews on the mineral provision in ruminants X: Cobalt metabolism and requirements in ruminants (A.M. van den Top)

Hoofdstuk 13

- CVB Documentatierapport nr. 43: Reviews on the mineral provision in ruminants XI: Iodine metabolism and requirements in ruminants (A.M. van den Top)

Hoofdstuk 14

- CVB Documentatierapport nr. 44: Reviews on the mineral provision in ruminants XII: Zinc metabolism and requirements in ruminants (A.M. van den Top)

Hoofdstuk 15

- CVB Documentatierapport nr. 45: Reviews on the mineral provision in ruminants XIII: Manganese metabolism and requirements in ruminants (A.M. van den Top)

Hoofdstuk 16

- CVB Documentatierapport nr. 40: Reviews on the mineral provision in ruminants VIII: Iron metabolism and requirements in ruminants (A.M. van den Top)

Hoofdstuk 17

- CVB Documentatierapport nr. 46: Reviews on the mineral provision in ruminants XIV: Selenium metabolism and requirements in ruminants (A.M. van den Top)

Hoofdstuk 18

- CVB Documentatierapport 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)

Hoofdstuk 19

- CVB Documentatierapport nr. 48: Reviews on the mineral provision in ruminants XVI: Contaminants: Cadmium, lead, mercury, arsenic and radio nuclides (A.M. van den Top)

Hoofdstuk 20

- CVB Documentatierapport nr. 49: Literatuurstudie over de mineralenvoorziening van herkauwers XVII: Nitraat en nitriet (A.M. van den Top)

Hoofdstuk 21

- CVB Documentatierapport nr. 50: Literatuurstudie over de mineralenvoorziening van herkauwers XVIII: Kwaliteit van drinkwater (A.M. van den Top)

Hoofdstuk 22

- Brand, A., J.P.T.M. Noordhuizen en Y.H. Schukken. 1996. Herd Health and Production Management in Dairy Practice, Wageningen Pers, Wageningen.
- Centraal Veevoederbureau (CVB), Tabellenboek Veevoeding (wordt minimaal tweejaarlijks geactualiseerd).
- Grijsen, L. en E. Hassink. 1996. Standaardoverzichten Melkvee, SHAO, STOAS APH, Dronten.
- Gezondheidsdienst voor Dieren, Deventer. Praktijkmap Herkauwers, april 2004.
- Koole, H en H.F. Cnossen. 1993. Handleiding gebruik standaardoverzichten voor de melkveehouderij. IKC-V, Lelystad.
- Praktijkonderzoek Rundvee, Schapen en Paarden (PR), Lelystad. 1998. Handboek conditiescore melkvee.
- Praktijkonderzoek Rundvee, Schapen en Paarden (PR), Lelystad. 1999. Handboek huisvesting jongvee en melkvee.

Referenties bij Bijlage 5

- Underwood, E.J., and Suttle, N.F. 1999. The Mineral Nutrition of Livestock, 3rd edition ed. Wallingford: CABI.
- National Research Council, 1980. Mineral Tolerances of Domestic Animals. Washington, D.C.: National Academy Press.
- Dressler, D., 1971. Mineralische Elemente in der Tierernahrung, ed. Eugen Ulmer, Stuttgart, Germany.
- Puls, R., 1988. Mineral Levels in Animal Health. British Columbia Ministry of Agriculture.

Bijlage 1: Gemiddelde mineralgehalten in de droge stof van verschillende voedermiddelen.

Tabel 1: Gemiddelde mineralgehalten in ruwvoerders, vochtige krachtvoerders en droge krachtvoerders.

Voedermiddel	DS	RE	K	Ca	P	Mg	Na	
	(g/kg)	(g/kg droge stof)						
Ruwvoer								
Graan GPS (kuil)	373	91	15,8	3,1	3,0	1,5	0,5	
Gras (kuil)	474	173	34,1	5,0	4,2	2,3	2,3	
Gras (weide-, vers)	163	227	36,6	5,8	4,3	2,5	2,3	
Grashooi (RC 265 - 310)	845	132	24,1	5,2	2,9	1,9	2,2	
Luzerne (hooi)	851	177	23,3	12,1	3,3	2,6	0,7	
Snijmaïs (kuil)	301	75	12,0	1,5	2,0	1,2	0,2	
Stro (tarwe)	902	44	17,5	4,3	1,1	0,9	0,3	
Vochtige krachtvoerders								
Aardappelen (vers)	197	102	22,1	1,1	2,5	1,0	1,1	
Aardappelpersvezels (kuil)	162	75	17,0	1,2	1,0	0,9	0,7	
Bierbostel (kuil)	221	245	0,7	4,0	6,4	2,3	0,1*	
Bietenperspulp (kuil)	218	98	5,0	0,2	0,9	2,0	0,4	
Maïsglutenvoer	424	157	8,7	0,2	6,4	2,3	1,7	
Maïskolvensilage (MKS)	531	87	5,5	0,4	2,5	1,1	0,3	
Voederbieten, gereinigd	143	80	24,6	1,5	2,0	1,6	2,6	
Droge krachtvoerders								
Bietenpulp (SUI < 100 g/kg)	899	97,9	5,0	9,3	1,0	2,8	1,2	
Bietenpulp (SUI 150-200 g/kg)	914	112,7	18,1	8,5	0,8	1,5	2,5	
Citruspulp	908	69,4	10,5	16,2	1,1	1,3	0,6	
Maïs	872	94,0	3,9	0,2	3,1	1,0	0,1	
Maïsglutenvoer (RE 200 - 230 g/kg)	892	237,7	13,6	1,8	10,1	4,1	3,7	
Melasse (riet-, SUI > 475 g/kg)	729	50,8	47,5	8,9	0,8	3,6	2,3	
Raapzaadschroot (RE < 380 g/kg)	873	383,7	14,3	8,5	12,5	4,6	0,3	
Sojaschroot (RC 50-70 g/kg, RE > 440 g/kg)	876	521,7	25,2	3,1	7,5	3,3	0,2	
Tarwe	868	127,9	4,8	0,5	3,6	1,0	0,1	

* Bij afleveren wordt doorgaans zout toegevoegd. Het Na-gehalte na toevoeging is ca. 1 g/kg DS.

Bronnen: Droge en vochtige krachtvoerders en ruwvoerders: Veevoedertabel 2004, CVB; Handleiding Voederwaardeberekening Ruwvoerders 2004, CVB, behalve de cursief weergegeven waarden (die zijn overgenomen uit de 'Tables de composition et de valeur nutritive des matières premières destinées aux animaux d'élevage, INRA, Paris, 2002)

	Cl	S-tot	Cu	Zn	Mn	Co	Se	Mo	I
(mg/kg droge stof)									
	-	1,7	4,7	48	61	0,080	0,029	1,4	-
	-	2,8	7,8	42	98	0,167	0,046	2,2	-
	-	4,1	8,9	43	95	0,106	0,046	3,1	-
	-	2,1	6	51	179	0,275	0,047	1,7	-
	-	2,5	7	45	46	-	-	-	-
	-	1,0	3,9	38	28	0,060	0,016	0,4	-
	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	1,9	0,7	-	-	-	-	-	-	-
	2,4	0,6	5	13	11	-	-	-	-
	0,1	4,0	7	98	56	-	-	-	-
	0,3	1,2	5	32	73	0,17	-	1,0	0,03
	1,7	12,4	2	45	11	0,23	-	-	-
	0,7	1,0	4	31	8	0,042	0,006	0,6	-
	-	-	-	100	49	-	-	-	-
	1,1	2,2	8	18	62	0,33	0,12	0,44	2,06
	1,1	2,4	5	27	67	0,21	0,12	0,32	
	0,4	0,8	6	10	11	0,15		0,21	0,10
	0,6	1,1	1	24	6	0,13	0,11	0,34	0,23
	2,6	3,3	6	76	24	0,17	0,24	1,79	0,13
	24,1	11,7	8	12	25	1,23		1,78	
	0,5	5,0	7	69	79	0,10	1,26	1,15	0,10
	0,3	3,7	17	54	47	0,30	0,23	4,57	0,17
	0,6	1,3	3	25	30	0,02	0,14	0,23	0,12

Tabel 2: Globale mineralengehalten in mengvoeders voor rundvee

Mineraal	Eenheid	Gehalten per kg DS		
		Standaardvoer; 940 VEM / 90 DVE	Eiwitrijk voer, 940 VEM / 120 DVE	Eiwitkernvoer, 900 VEM / 200 DVE
		range	range	range
Ca	g	7,0 - 10,0	7,5 - 9,5	12,0 - 14,0
P	g	4,0 - 5,5	5,5 - 7,0	7,0 - 8,5
Mg	g	4,5 - 7,0	5,0 - 7,5	5,5 - 8,5
Na	g	3,0 - 4,0	3,0 - 4,5	4,0 - 6,0
K	g	14,0 - 19,0	15,0 - 21,5	18,0 - 22,0
Cl	g	4,0 - 6,5	4,0 - 7,0	5,0 - 9,0
S	g	2,1 - 3,2	2,8 - 4,3	3,4 - 5,6
Cu	mg	20 - 35	25 - 45	45 - 65
Co	mg	0,2 - 1,2	0,2 - 1,6	1,0 - 2,6
I	mg	1,3 - 2,0	1,5 - 2,3	2,1 - 4,7
Zn	mg	60 - 100	60 - 130	100 - 180
Mn	mg	105 - 175	100 - 170	120 - 190
Se	mg	0,25 - 0,45	0,25 - 0,65	0,45 - 1,55
Fe	mg	225 - 510	270 - 530	275 - 480

Bron: Mengvoeders: gebaseerd op een in 2005 gehouden enquête onder 8 mengvoerproducenten in Nederland; de vermelde range is gemiddelde van alle opgaven -1^*stdev dan wel $+1^*stdev$. Om schijnnaauwkeurigheden te voorkomen zijn de waarden in de meeste gevallen afgerond op veelvoud van 5, 0,5 of 0,05.

Bijlage 2: Globale gehalten aan mineralen in voedingszouten¹

Voedingszout	Chemische formule	Zuiverheid (%)	Gehalte (in g/kg)			
			Na	Mg	P	S
Calcium bron Koolzure (voeder)kalk / krijt	CaCO ₃	95-99				
Fosfor bron Dicalciumfosfaat.2H ₂ O (Fosforzure (voeder)kalk)	CaHPO ₄ .2H ₂ O	n.s.			170-180	
Dicalciumfosfaat.0H ₂ O	CaHPO ₄	n.s.			180-205	
Monocalciumfosfaat	CaHPO ₄ .Ca(H ₂ PO ₄) ₂ .H ₂ O	n.s.			200-220	
Monocalciumfosfaat.1H ₂ O	Ca(H ₂ PO ₄) ₂ .H ₂ O	n.s.			220-227	
Magnesiumfosfaat	MgHPO ₄ .n H ₂ O n=6	n.s.			130-150	
Mononatriumfosfaat.2H ₂ O	NaH ₂ PO ₄ .2H ₂ O					
Mononatriumfosfaat.0H ₂ O	NaH ₂ PO ₄	n.s.	200		240	
Dinatriumfosfaat.12H ₂ O	Na ₂ H ₂ PO ₄ .12 H ₂ O	95				
Natriumcalciumfosfaat	NaCaPO ₄	95				
Natriummagnesiumfosfaat	NaMgPO ₄				95	
Magnesium bron Bitterzout	MgSO ₄ .7H ₂ O	n.s.		100		130
Magnesiumoxide	MgO	84-90		505-540		
Magnesiumoxide, technisch, 80%	MgO	80		480		
Magnesiumoxide, technisch, 72%	MgO	72		430		
Magnesiumchloride.6H ₂ O	MgCl ₂ .6H ₂ O	n.s.		120		
Natrium bron Natriumchloride (Keukenzout)	NaCl	>99,8	393			
Natriumchloride (Keukenzout), geijodeerd	NaCl	99,5	390			
Natriumbicarbonaat	NaHCO ₃	min.98	270			
Natriumsulfaat	Na ₂ SO ₄	98	320			220
Koper bron Kopersulfaat	CuSO ₄ .5H ₂ O	min.98				126
Kobalt bron Kobaltsulfaat	CoSO ₄ .7H ₂ O	n.s.				114
Kobaltcarbonaat	CoSO ₄ .H ₂ O	n.s.				180
	CoCO ₃	n.s.				
Jodium bron Gestabiliseerd jodiumpreparaat (1 % Cul)	CuI	1				
Calciumjodaat.1H ₂ O	Ca(IO ₃) ₂ .H ₂ O	99				
Natriumjodide	NaI	99	153			
Kaliumjodide	KI	99				
Zink bron Zinksulfaat	ZnSO ₄ .H ₂ O	97				173
Zinkoxide	ZnO	n.s.				

	Cl	K	Ca	Mn	Fe	Co	Cu	Zn	Se	I	Ca:P
			370-395								
			230-250 250-270 195-230 150-175 240-280								1,3:1 1,2-1,3:1 0,9-1,1:1 0,8:1
	350										
	605 600									4	
							250				
						210 330 450					
		236	97				3			7 616 847 765	
								350 750			

		Zuiverheid (%)	Gehalte (in g/kg)			
			Na	Mg	P	S
Voedingszout	Chemische formule					
Mangaan bron Mangaansulfaat Mangaanoxide	MnSO ₄ ·H ₂ O MnO	95-98 65-82				180-186
IJzer bron IJzersulfaat 1 H ₂ O IJzersulfaat 6-7 H ₂ O	FeSO ₄ ·H ₂ O FeSO ₄ ·7H ₂ O	n.s. n.s.				170 112
Selenium bron Natriumseleniet Natriumselenaat	Na ₂ SeO ₃ Na ₂ SeO ₄ ·10H ₂ O	99,8 95	265 118			

¹ Bron: Verreweg de meeste gehalten zijn afkomstig van de website van Emfema, april 2005 (www.emfema.org)

	Cl	K	Ca	Mn	Fe	Co	Cu	Zn	Se	I	Ca:P
				520-630	310-320						
					295-300 195						
									45,5-45,9 203		

Bijlage 3. Grenswaarden en referentiewaarden voor onderzoeken die bij het dier worden geadviseerd om tekorten aan mineralen op te sporen (voor meer informatie wordt verwezen naar de afzonderlijke hoofdstukken).

Mineraal	Materiaal	Eenheid	Grenswaarden ¹		Tekort	Referentiewaarden ²		
			Dier soort ³	Voldoende		Marginaal	Rund	Geit
Mg	serum	mmol Mg/L	R, G, S	0.8-1.2	<0.4	0.78-1.28	0.9-1.7	0.9-1.7
Ca	urine	mmol Mg/L	R	>4	<1			
	serum	mmol Ca/L	R	>2.0	<1.5	2.25-3.15	2.2-3.6	2.5-2.9
Na	speeksel	mmol Na/L	G ⁴	>2.0	5			
			S ⁴	>2.25	<1.75	1.75-2.25		
K	speeksel	mmol K/L	R, G, S	>130	<45		4-7	4.7-6.5
			R, G, S	<13	>64	45-130	100-110	100-110
Cl	serum	mmol Cl/L	R, G, S	6	6			
			R, G, S	5	5			
Cu	serum	µmol Cu/L	R, G ⁴ , S ⁴	6	<7	3.9-5.6	14-24	12-20
			R, G, S	100-400	<50	100-110		
Co	lever	mg Cu/kg DS	R, G, S	>300	<150	6	6	>400
			S	150-300	<0.06			
Zn	serum	mg Co/kg DS	R, S	0.1-0.3	<6	12-23	9	11-23
			R, G ⁴ , S ⁴	12-21	<25			
I	melk	µg I/kg	R	30-300	<80			
			S ⁴ , G ⁴	80-400	<120			
Se	volledig bloed	U GSH-Px/gHb	R, S	5	5	120-600	5	120-600
Fe	Volledig bloed	Hb waarde	R, G, S	7	7	5.0-8.0	4.7-7.6	6.3-7.7

¹ Grenswaarden: tekort = klinische verschijnselen waarschijnlijk; marginaal = dieren reageren waarschijnlijk positief op suppletie; klinische verschijnselen niet waarschijnlijk; voldoende = geen resultaat van suppletie te verwachten
² Referentiewaarden: waarden waarbinnen 95 procent van de dieren ligt van een niet-afwijkende populatie (Gezondheidsdienst voor Dieren, 2004)

³ Diersoort: R=rund; G=geit; S=schaap

⁴ Puls R. Mineral Levels in Animal Health. British Columbia Ministry of Agriculture, 1988

⁵ Niet/ onvoldoende bekend

⁶ Bepaling/uitslag wordt niet relevant geacht

⁷ zie referentiewaarden

Bijlage 4: Overzicht van de mineralennormen voor rundvee (jongvee, melkvee, vleesstieren en rosé kalveren), schapen en geiten #

4.1 Mineralennormen voor vrouwelijk jongvee*

Mineraal / spoorelement	eenheid	4 maanden (850 g groei/dag) ¹		9 maanden (700 g groei/dag) ²		16 maanden (625 g groei/dag) ³	
		p. dier p. dag	p. kg DS	p. dier p. dag	p. kg DS	p. dier p. dag	p. kg DS
Calcium (Ca)	g	22	5,6	20	3,5	21	2,8
Fosfor (P)	g	13	3,4	13	2,3	13	1,8
Magnesium (Mg)	g	6,7	1,7	10	1,8	14	1,9
Natrium (Na)	g	2,3	0,6	3,0	0,5	4,0	0,5
Kalium (K)	g	17	4,3	26	4,6	35	4,9
Chloor (Cl)	g	2,2	0,6	3,3	0,6	4,6	0,6
Zwavel (S)	g		1,5		1,5		1,5
Koper (Cu)	mg	56	14,5	92	16,4	132	18,1
Kobalt (Co)	mg	0,4	0,1	0,6	0,1	0,7	0,1
Jodium (J)	mg	2,0	0,5	3,0	0,5	3,5	0,5
Zink (Zn)	mg	111	28,5	143	25,5	183	25,1
Mangaan (Mn)	mg	98	25	140	25	183	25
Ijzer (Fe)	mg	363	93,2	299	53,4	267	26,6
Seleen (Se)	mg	0,40	0,10	0,62	0,11	0,87	0,12

Bij de berekening wordt uitgegaan van het gewicht op resp. 4, 9 en 16 maanden leeftijd: 130 kg, 260 kg en 400 kg (zie Tabellenboek Veevoeding, editie 2004, CVB, Lelystad).

- 1 Voeropname 3,9 kg/dag
- 2 Voeropname 5,6 kg/dag
- 3 Voeropname 7,3 kg/dag

1 Voor meer specifieke uitgangspunten, zoals die in een aantal gevallen van toepassing zijn, wordt verwezen naar de vergelijkbare tabellen in de afzonderlijke hoofdstukken.

4.2 Mineralennormen voor volwassen melkvee (LG 650 kg)*

Mineraal / spoorelement	eenheid	Droogstaand, 8 – 3 weken voor afkalven ¹		Droogstaand, 3 – 0 weken voor afkalven ²		Melkgevend, 20 kg/dag ³		Melkgevend, 40 kg/dag ⁴	
		p. dier p. dag	p. kg DS	p. dier p. dag	p. kg DS	p. dier p. dag	p. kg DS	p. dier p. dag	p. kg DS
Calcium (Ca)	g	27	2,4	31	2,8	60	3,2	100	4,2
Fosfor (P)	g	21	1,9	22	2,0	47	2,5	79	3,3
Magnesium (Mg)	g	22	1,9	23	2,1	38	2,1	56	2,4
Natrium (Na)	g	7,6	0,7	6,6	0,6	20	1,1	33	1,4
Kalium (K)	g	56	4,9	55	5,0	134	7,2	190	8,1
Chloor (Cl)	g	7,7	0,7	8,5	0,8	37	2,0	66	2,8
Zwavel (S)	g		1,5		1,5		2,0		2,0
Koper (Cu)	mg	277	24,1	277	25,2	227	12,2	260	11,1
Kobalt (Co)	mg	1,2	0,1	1,1	0,1	1,9	0,1	2,4	0,1
Jodium (J)	mg	5,5	0,1	5,5	0,1	9,5	0,5	12	0,5
Zink (Zn)	mg	246	21,4	246	22,4	490	26,5	763	32,5
Mangaan (Mn)	mg	460	40	440	40	740	40	940	40
Ijzer (Fe)	mg	345	30,0	345	31,4	150	8,1	300	12,8
Seleen (Se)	mg	1,44	0,13	1,44	0,13	2,72	0,15	4,22	0,18

* Voor melkvee wordt uitgegaan van rantsnoeren met de volgende energiewaarden per kg DS: 800, 920, 920, en 970 VEM voor resp. droogstaand 8-3, droogstaand 3-0, lactierend 20 kg en lactierend 40 kg.

¹ Voeropname 11,5 kg/dag

² Voeropname 11,0 kg/dag

³ Voeropname 18,5 kg/dag

⁴ Voeropname 23,5 kg/dag

4.3 Mineralennormen voor vleesstieren (tussentype)* en rosé kalveren

Mineraal / sporelement	eenheid	Vleesstieren				Rosé kalveren					
		100 kg LG, groei 1000 g/dag 1		250 LG, groei 1200 g/dag 2		500 kg LG, groei 1100 g/dag 3		150 kg LG, groei 1150 g/dag 4		275 kg LG, groei 1400 g/dag 5	
		p. dier	p. kg DS	p. dier	p. kg DS	p. dier	p. kg DS	p. dier	p. kg DS	p. dier	p. kg DS
Calcium (Ca)	g	28	9,2	32	5,3	32	3,6	31	6,8	36	5,2
Fosfor (P)	g	15	5,1	19	3,1	20	2,2	19	4,4	23	3,3
Magnesium (Mg)	g	4,7	1,6	8,6	1,4	14	1,6	6,2	1,4	9,6	1,4
Natrium (Na)	g	2,3	0,8	3,8	0,6	5,7	0,6	3,0	0,7	4,3	0,6
Kalium (K)	g	14	4,5	28	4,6	45	5,0	20	4,4	32	4,5
Chloor (Cl)	g	2,1	0,7	3,8	0,6	6,2	0,7	2,8	0,6	4,3	0,6
Zwavel (S)	g		1,5		1,5		1,5		1,5		1,5
Koper (Cu)	mg	51	16,9	99	16,6	172	19,1	69	15,2	111	15,9
Kobalt (Co)	mg	0,3	0,1	0,6	0,1	0,9	0,1	0,5	0,1	0,7	0,1
Jodium (J)	mg	1,5	0,5	3,0	0,5	4,5	0,5	2,5	0,5	3,5	0,5
Zink (Zn)	mg	113	37,8	179	29,9	255	28,3	142	31,6	204	29,1
Mangaan (Mn)	mg	75	25	150	25	225	25	113	25	175	25
Ijzer (Fe)	mg	428	142,5	513	85,5	470	52,3	492	109,3	599	85,5
Seleen (Se)	mg	0,38	0,13	0,69	0,12	1,14	0,13	0,50	0,11	0,78	0,11

* Zoals aangegeven door CVB (2004) ; kruislingen van vroegrijpe dieren en vleesrasstieren.

1 Voeropname 3,0 kg/dag

2 Voeropname 6,0 kg/dag

3 Voeropname 9,0 kg/dag

4 Voeropname 4,5 kg/dag

5 Voeropname 7,0 kg/dag

4.4 Mineralennormen voor schapen en geiten

Mineraal/ sporelement	eenheid	Schapen		Drachtige ooi (LG 75 kg) 8 – 0 weken voor aflammeren ²		Zogende ooi (LG 75 kg), melkgevend, 3 kg dag (2 lammeren) ³		Geiten		Volwassen drachtige geit (LG 70 kg) 8 – 0 weken voor aflammeren ⁴		Volwassen geit (LG 70 kg), melk- gevend, 4 kg/dag ⁵	
		Vleeslam, 40 kg, 300 g groei/dag ¹		p. kg DS		p. kg DS		p. kg DS		p. kg DS		p. kg DS	
		p. dier p. dag	p. kg DS	p. dier p. dag	p. kg DS	p. dier p. dag	p. kg DS	p. dier p. dag	p. kg DS	p. dier p. dag	p. kg DS	p. dier p. dag	p. kg DS
Calcium (Ca)	g	5,8	3,6	3,8	2,0	10	3,9	3,7	2,2	10	3,2	3,2	
Fosfor (P)	g	4,2	2,6	3,0	1,6	9,2	3,5	3,2	1,9	12	3,7	3,7	
Magnesium (Mg)	g	1,4	0,9	1,7	0,9	4,4	1,7	1,7	1,0	4,6	1,4	1,4	
Natrium (Na)	g	0,7	0,4	0,7	0,4	2,4	0,9	0,7	0,4	3,3	1,0	1,0	
Kalium (K)	g	3,6	2,3	4,9	2,6	13	5,0	7,3	4,3	25	7,9	7,9	
Chloor (Cl)	g	0,7	0,4	1,1	0,6	4,8	1,9	1,0	0,6	10	3,2	3,2	
Zwavel (S)	g		1,5		1,5		1,5		1,5		2,0	2,0	
Koper (Cu)	mg							20	11,6	37	11,5	11,5	
Gevoeligheid voor vergiftiging*													
• Zeer gevoelig		9	5,4	14	7,2	18	6,8						
• Gem. gevoelig		13	8,1	20	10,7	26	10,1						
• Weinig gevoelig		17	10,8	27	14,3	35	13,5						
Kobalt (Co)	mg	0,2	0,1	0,2	0,1	0,3	0,1	0,2	0,1	0,3	0,1	0,1	
Jodium (J)	mg	1,0	0,5	1,5	0,5	1,5	0,5	0,5	0,2	0,5	0,2	0,2	
Zink (Zn)	mg	37	23,3	30	15,8	66	25,4	28	16,7	78	24,4	24,4	
Mangaan (Mn)	mg	32	20	38	20	52	20	68	40	128	40	40	
Ijzer (Fe)	mg	128	80,2	92	48,2	23	8,7	92	53,8	30	9,4	9,4	
Seleen (Se)	mg	0,13	0,08	0,18	0,09	0,37	0,14	0,17	0,10	0,32	0,13	0,13	

¹ Voeropname 1,6 kg/dag

² Voeropname 1,9 kg/dag, de weergegeven behoefte voor Calcium en Fosfor heeft betrekking op 3-0 weken voor aflammeren

³ Voeropname 2,6 kg/dag

⁴ Voeropname 1,7 kg/dag, de weergegeven behoefte voor Calcium en Fosfor heeft betrekking op 8-3 weken voor aflammeren

⁵ Voeropname 3,2 kg/dag

* Voor rassen resp. zeer gevoelig, gemiddeld gevoelig en weinig gevoelig voor Cu-vergiftiging zijn bij het berekenen van de norm verschillende veiligheidsfactoren aangehouden.

Bijlage 5. Maximaal toelaatbaar gehalte van mineralen in volledige rantsoenen.

Het doel van deze bijlage is aan te geven boven welke gehalten in volledige rantsoenen naar alle waarschijnlijkheid toxische effecten zullen optreden. Voor de maximale gehalten bij het formuleren van voeders voor herkauwers dienen de wettelijk toegestane gehalten (zie Bijlage 6) te worden aangehouden.

De opgegeven gehalten zijn niet sterk wetenschappelijk onderbouwd en zijn slechts bedoeld als waarschuwing bij het formuleren van rantsoenen. Tot het aangegeven maximum zijn voor het dier geen negatieve effecten te verwachten. Voor meer achtergrondinformatie wordt verwezen naar de betreffende CVB Documentatierapporten en de afzonderlijke literatuurreferenties (Zie Hoofdstuk 'Literatuur').

Mineraal	Bron Diersoort Eenheid	Betreffende CVB Documentatie-rapporten en deze Handleiding			Maximaal toelaatbaar gehalte in volledig rantsoen		
		Rund	Geit	Schaap	Rund	Geit	Schaap
Ca	g/ kg DS	-	-	-	15	-	-
P	g/ kg DS	10	-	-	10	-	-
Mg	g/ kg DS	6	6	6	6	6	6
K	g/ kg DS	-	-	-	30	-	-
Na	g/ kg DS	10 ¹	10 ¹	10 ¹	10 ¹	10 ¹	10 ¹
Cl	g/ kg DS	2	2	2	2	2	2
S	g/ kg DS	4	4	4	4	4	4
Fe	mg/ kg DS	1000-4000		500-1200	750	750	750
Cu	mg/ kg DS	40	20	15	40	20	15 ³
Mn	mg/ kg DS	500	500	500	500	500	500
Zn	mg/ kg DS	100	100	100	100	100	100
I	mg/ kg DS	5	5	5	5	5	5
Se	mg/ kg DS	3	3	3	3	3	3
Co	mg/ kg DS	30	30	30	30	30	30

¹ uitgaande van een voldoende watervoorziening

² praktisch gerelateerd aan de natriumvoorziening

³ sterk afhankelijk van de gevoeligheid van het ras

Bijlage 6: Maximum toegestane gehalten van spoorelementen in diervoeders volgens communautaire wetgeving van de EG.

In deze bijlage zijn waarden voor de volgende spoorelementen opgenomen:

- Voor de elementen Jodium (I), Molybdeen (Mo) en Selenium (Se): Uittreksel uit de lijst van toegestane toevoegingsmiddelen vallend onder de Richtlijn van de Raad betreffende toevoegingsmiddelen in de veevoeding (Ri. 70/524/EEG), zoals gepubliceerd in PB C 329 van 31 december 2002 en gewijzigd bij Verordening 871/2003/EG.
- Voor de elementen IJzer (Fe), Kobalt (Co), Koper (Cu), Mangaan (Mn) en Zink (Zn): Uittreksel uit Verordening 1334/2003/EG (zie PB L 187 van 26 juli 2003) tot wijziging van de toelatingsvoorwaarden voor een aantal toevoegingsmiddelen van de groep spoorelementen in diervoeders.

Dit uittreksel beperkt zich tot de maximumgehalten voor (alle categorieën) rundvee, schapen en geiten. Als in genoemde verordening – na vermelding van specifieke gehalten voor bepaalde diersoorten/categorieën - staat vermeld 'andere diersoorten', wordt dit in onderstaand overzicht gespecificeerd naar de soorten of categorieën herkauwers waarop dit van toepassing is.

EG-nummer	Element	Maximumgehalte van het element in mg/kg volledig diervoeder	Andere bepalingen
E 1	IJzer (Fe)	<ul style="list-style-type: none"> • Rundvee, geiten: 750 (totaal) • Schapen: 500 (totaal) 	
E 2	Jodium (I)	<ul style="list-style-type: none"> • Rundvee, schapen en geiten: 10 (totaal) 	
E 3	Kobalt (Co)	<ul style="list-style-type: none"> • Rundvee, schapen en geiten: 2 (totaal) 	
E 4	Koper (Cu)	<ul style="list-style-type: none"> • Runderen: <ol style="list-style-type: none"> 1. Runderen voordat ze beginnen te herkauwen: <ul style="list-style-type: none"> • Kunstmelk: 15 (totaal) • Andere volledige diervoeders: 15 (totaal) 2. Andere runderen: 35 (totaal) • Schapen: 15 (totaal) • Geiten: 25 (totaal) 	<p>De volgende vermeldingen worden opgenomen in de etikettering en begeleidende documenten:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Voor schapen: Wanneer het kopergehalte in diervoeders meer bedraagt dan 10 mg/kg: "Het kopergehalte van dit diervoeder kan bij bepaalde schapenrassen tot vergiftiging leiden" • Voor runderen nadat ze begonnen zijn te herkauwen: Wanneer het kopergehalte minder bedraagt dan 20 mg/kg: "Het kopergehalte van dit diervoeder kan bij runderen die grazen op weiden met een hoog molybdeen- of zwavelgehalte tot kopertekort leiden."
E 5	Mangaan (Mn)	<ul style="list-style-type: none"> • Rundvee, schapen en geiten: 150 (totaal) 	
E 6	Zink (Zn)	<ul style="list-style-type: none"> • Kunstmelk: 200 (totaal) • Rundvee, schapen en geiten: 150 (totaal) 	
E 7	Molybdeen (Mo)	<ul style="list-style-type: none"> • Rundvee, schapen en geiten: 2,5 (totaal) 	
E 8	Selenium (Se)	<ul style="list-style-type: none"> • Rundvee, schapen en geiten: 0,5 (totaal) 	

