

april 2007



nutriënten management instituut nmi bv



rapport O 1139

Mineralenvoorziening rundvee via Voerspoor of Bodem- en Gewasspoor

dr.ir. D.W. Bussink (NMI)

ir. D.J. den Boer (NMI)

ir. G. van Duinkerken (ASG)

ir. R.L.G. Zom (ASG)

nutriënten management instituut nmi bv

postbus 250

6700 ag wageningen

mariëndaal 8

6861 wn oosterbeek

tel. (0317) 46 77 00

fax (0317) 46 77 01

e-mail nmi@nmi-agro.nl

internet www.nmi-agro.nl

© 2020 Oosterbeek, Nutriënten Management Instituut NMI B.V.

Alle rechten voorbehouden. Niets uit de inhoud mag worden verveelvoudigd, opgeslagen in een geautomatiseerd gegevensbestand, of openbaar gemaakt, op welke wijze dan ook, zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van de directie van Nutriënten Management Instituut NMI.

Rapporten van NMI dienen in eerste instantie ter informatie van de opdrachtgever. Over uitgebrachte rapporten, of delen daarvan, mag door de opdrachtgever slechts met vermelding van de naam van NMI worden gepubliceerd. Ieder ander gebruik (daaronder begrepen reclame-uitingen en integrale publicatie van uitgebrachte rapporten) is niet toegestaan zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van NMI.

Disclaimer

Nutriënten Management Instituut NMI stelt zich niet aansprakelijk voor eventuele schadelijke gevolgen voortvloeiend uit het gebruik van door of namens NMI verstrekte onderzoeksresultaten en/of adviezen.

Inhoud

	pagina
Managementsamenvatting	5
Samenvatting en conclusies	7
1 Inleiding	11
2 Uitvoering	12
2.1 Opzet	12
2.2 Communicatie	13
3 De behoefte van het dier	14
3.1 Mineralen behoefte van melkvee en jongvee	14
3.2 Mineralen in voeders en supplementen	15
3.2.1 Ruwvoerders als basis	15
3.2.2 Mengvoerders	18
3.2.3 Mineralensupplementen	18
3.3 Dekking van de behoefte met ruwvoer als basis	19
3.3.1 Hoogproductief melkvee	19
3.3.2 De oudmelkte koe	20
3.3.3 Overig weidend vee	21
3.4 Behoefte, benutting, kringloop	22
3.4.1 De kringloop	22
3.4.2 Voerspoor of bodem?	23
4 Mineralenverstrekking via het voerspoor	24
4.1 Methodes van mineralenverstrekking	24
4.2 Keuze van een verstrekkingmethode voor mineralen	27
4.3 Anorganisch en organisch gebonden mineralen	30
4.4 Benutting van mineralen	30
4.4.1 Interacties tussen mineralen	30
4.4.2 Opname van mineralen	32
4.4.3 Mineralen kringloop voer – dier - mest	33
4.5 Regelgeving	34
5 De bodem	35
5.1 Algemeen	35
5.2 Nutriënten in de bodem	35
5.3 Grondonderzoek als indicator voor de beschikbaarheid in de bodem	38
5.3.1 Bepaling van de beschikbaarheid met achtergronden	38
5.3.2 Ontwikkelingsperspectief en behoefte naar bepaling beschikbaarheid in grond	41
6 Beschikbaarheid en Bemesting	43
6.1 Magnesium (Mg)	43
6.1.1 Algemeen	43
6.1.2 Magnesiumbeschikbaarheid in grond	43
6.1.3 Basis voor het bemestingsadvies met magnesium	43
6.1.4 Magnesiummeststoffen	45

6.1.5	Voorspelbaarheid	45
6.1.6	Akkerbouw en voedergewassen	45
6.2	Natrium (Na)	46
6.2.1	Algemeen	46
6.2.2	Natriumbeschikbaarheid in grond	46
6.2.3	Basis voor het bemestingsadvies met natrium	46
6.2.4	Natriummeststoffen	47
6.2.5	Voorspelbaarheid	48
6.3	Koper (Cu)	48
6.3.1	Algemeen	48
6.3.2	Koperbeschikbaarheid in grond	48
6.3.3	Basis voor het bemestingsadvies met koper	49
6.3.4	Bemesting met koper	50
6.3.5	Kopermeststoffen	50
6.3.6	Koper in organische meststoffen	50
6.3.7	Voorspelbaarheid	51
6.3.8	Andere gewassen	51
6.4	Kobalt (Co)	51
6.4.1	Algemeen	51
6.4.2	Kobaltbeschikbaarheid in grond	51
6.4.3	Basis voor het bemestingsadvies met kobalt	51
6.4.4	Kobaltmeststoffen	53
6.4.5	Voorspelbaarheid	53
6.5	Selenium (Se)	53
6.5.1	Algemeen	53
6.5.2	Seleniumbeschikbaarheid in grond	53
6.5.3	Selenium in het gewas	54
6.5.4	Bemesting met Se	54
6.5.5	Se-meststoffen	56
6.5.6	Se in organische mest	56
6.5.7	Voorspelbaarheid	56
6.5.8	Se in andere gewassen	56
6.5.9	Milieu	56
6.6	Mangaan (Mn)	57
6.6.1	Algemeen	57
6.6.2	Mangaanbeschikbaarheid in grond	57
6.6.3	Het bemestingsadvies	58
6.6.4	Bemestingsstrategieën	58
6.6.5	Voorspelbaarheid	58
6.7	Zink (Zn)	59
6.7.1	Algemeen	59
6.7.2	Zinkbeschikbaarheid in grond	59
6.7.3	Het bemestingsadvies	60
6.7.4	Zink in meststoffen	60
6.7.5	Voorspelbaarheid	60
6.8	IJzer (Fe)	60

6.8.1	Algemeen	60
6.8.2	IJzerbeschikbaarheid in grond	61
6.8.3	Het bemestingsadvies	61
6.8.4	IJzer in meststoffen	61
6.9	Molybdeen (Mo)	61
6.9.1	Algemeen	61
6.9.2	Molybdeenbeschikbaarheid in grond	62
6.9.3	Het bemestingsadvies	62
6.9.4	Bemesting en meststoffen	62
6.9.5	Voorspelbaarheid	63
6.10	Wetgeving	63
7	De voorziening in de praktijk: kringloop, verliezen en bedrijfseconomie	64
7.1	Algemeen	64
7.1.1	Opzet	64
7.1.2	De kringloop	64
7.1.3	De berekeningen voor drie bedrijfssituaties	65
7.2	Koper	67
7.3	Zink	72
7.4	Selenium	75
7.5	Magnesium	80
7.6	Natrium	82
7.7	Kobalt	84
8	Besliscriteria en adviezen per element	87
8.1	Gevolgde werkwijze/strategie	87
8.2	MAGNESIUM	88
8.3	NATRIUM	92
8.4	KOPER	96
8.5	KOBALT	100
8.6	SELENIUM	104
8.7	MANGAAN	108
8.8	ZINK	111
8.9	IJZER	114
8.10	MOLYBDEEN	117
9	Aanbevelingen, conclusies en onderzoeksvragen	119
9.1	Aanbevelingen voor de praktijk	119
9.2	Conclusies	119
9.3	Onderzoeksvragen	120
10	Referenties	123
Bijlage		
1.	Functie van mineralen en sporelementen in melkvee en in het gewas	131
2.	Workshop: Mineralenvoorziening rundvee via Bodem en gewas of via Voerspoor	133

Managementsamenvatting

In onderzoek en praktijk bestaat er een verschil van inzicht over hoe graasdieren optimaal te voorzien met mineralen en spoorelementen (Mg, Na, Cu, Co, Zn, Se, Mn, Fe en Mo). Moet dit nu vooral via het bodem- en gewasspoor met op maat bemesting of vooral via het voerspoor (krachtvoerders, mineralenmengsels of likstenen)? Het gevolg is dat op veel melkveebedrijven zowel bemesting als een ruime aanvulling via het voerspoor wordt toegepast. Dit kan nadelig zijn voor de diergezondheid, leidt tot onnodig hoge kosten voor de melkveehouder en kan leiden tot een onnodig hoge belasting van bodem en water. In deze door Productschap Zuivel gefinancierde studie is nagegaan wat de voor- en nadelen en de mogelijkheden zijn van het voerspoor en het bodem- en gewasspoor.

Eén oplossing voor een optimale voorziening van de veestapel met mineralen en sporen voor de verschillende bedrijfssystemen is er niet. Dit komt omdat zowel de beschikbaarheid van spoorelementen in de bodem, wel of niet beweiden, als de benutting en een gelijkmatige opname van spoorelementen door jongvee, melkvee en droogstaand vee van belang zijn. Dit blijkt uit literatuuronderzoek en berekeningen, daarbij rekening houdend met de kosten en de mate van milieubelasting. Een veehouder kan opmaat voeren door een goede afstemming van het bemestingspoor en het veevoerspoor. Verdere verbetering is mogelijk door aanvullend onderzoek naar:

- de beschikbaarheid van mineralen en sporen in grond beter te karakteriseren, rekening houdend met interacties tussen mineralen. Dit kan leiden tot multivitaminen gebaseerde bemestingsadviezen. Gewasgehalten zijn daarmee beter te voorspellen. Scherper bemesten of voeren en lagere balansoverschotten voor elementen als Cu en Se zijn daarmee mogelijk .
- de benutting van Cu in het dier inclusief de interactie met Mo en S. Verder bieden de grote verschillen in Mo en S in gras per grondsoort perspectief voor differentiatie van de Cu-voedernorm naar grondsoort om zo het totale Cu-gebruik verantwoord terug te dringen.
- naar het optimale gebruik van Zn vanwege de grote discrepantie die er bestaat tussen de “officiële normen” en wat het bedrijfsleven adviseert.

Daarnaast is het gewenst dat er meer differentiatie komt in de samenstelling van mineralenmengsels.

De aanbevelingen en de praktische adviezen uit de studie zijn besproken met adviescommissies en met vertegenwoordigers uit het landbouwbedrijfsleven. De adviezen zijn op internet beschikbaar gesteld voor de praktijk. Deze kunnen dienen als basis voor maatwerk voor een optimale voorziening met mineralen en spoorelementen, dat in samenspraak met de toeleverancier tot stand komt.

Samenvatting en conclusies

Mineralen en spoorelementen zijn belangrijk voor gewasgroei en diergezondheid. Elementen als Mg, Na, Zn, Cu, Co en Se zijn niet snel beperkend voor de gewasgroei, maar ze zijn vooral van belang voor de voorziening van het vee met deze nutriënten. In onderzoek en praktijk bestaat er een verschil van inzicht over hoe graasdieren optimaal te voorzien met mineralen en spoorelementen. Moet dit nu via het bodem- en gewasspoor met op maat bemesting voor hogere gewasgehalten of via het voerspoor (krachtvoerders, mineralenmengsels of likstenen)? Het gevolg is dat op veel melkveebedrijven zowel bemesting als een ruime suppletie wordt toegepast. Dit kan nadelig zijn voor de diergezondheid, leidt tot onnodig hoge kosten voor de melkveehouder en kan leiden tot een onnodig hoge belasting van bodem en water. Van belang is dus te komen tot adviezen voor een op maat voorziening van mineralen en sporen voor de diverse praktijksituaties. Eén unieke oplossing voor een optimale voorziening van de veestapel met mineralen en sporen voor de verschillende bedrijfssystemen is namelijk niet direct voorhanden. Zowel de beschikbaarheid van spoorelementen in de bodem, wel of niet beweiden, als de benutting en een gelijkmatige opname van spoorelementen door jongvee, melkvee en droogstaand vee zijn van belang.

In deze door Productschap Zuivel gefinancierde studie is nagegaan wat de voor- en nadelen en de mogelijkheden zijn van het voerspoor en het bodem- en gewasspoor. Er is een literatuurstudie uitgevoerd en er zijn berekeningen gedaan voor diverse bedrijfssituaties. In deze berekeningen zijn de kosten en de mate van milieubelasting meegenomen. Op basis hiervan zijn aanbevelingen opgesteld voor een adequate voorziening van de veestapel in diverse praktijksituaties voor de elementen Mg, Na, Cu, Co, Zn, Se, Mn, Fe en Mo. Deze aanbevelingen zijn besproken met de Commissie Bemesting Grasland en Voedergewassen en de Commissie Onderzoek Minerale Voeding. Daarnaast is er een workshop geweest met vertegenwoordigers uit de mengvoerindustrie en het meststoffenbedrijfsleven.

De studie laat zien dat de behoefte aan mineralen en sporen van jongvee, melkvee en droogstaande dieren sterk verschilt per element. De dekking van de behoefte wordt sterk bepaald door de variatie in samenstelling van de belangrijkste ruwvoerders en krachtvoerders. Voor melkvee is er bij een overwegend grasrantsoen op basis van gemiddelde grassamenstelling geen 100% dekking voor Cu en Se. Zink is overmaat aanwezig. Op basis van gras met de fractie 5% laagste gehalten blijkt dat voor alleen Fe en soms Co de dekking meer dan 100% bedraagt.

Voor een juiste aanvulling via bemesting (bodem- en gewasspoor) of via het voerspoor dient bekend te zijn hoeveel mineralen- en spoorelementen in de bodem beschikbaar zijn voor het gewas. Dit kan sterk variëren. De beschikbaarheid wordt beïnvloed door de pH, redoxpotentiaal, vochtgehalte, temperatuur, interacties met andere elementen, organischestofgehalte en de aanwezigheid van kleimineralen en metaal(hydr)oxiden. Om de beschikbaarheid van mineralen en sporen in de bodem te voorspellen wordt grondonderzoek toegepast. Voor de meeste elementen zijn er methodieken die decennia geleden is ontwikkeld op basis van empirisch onderzoek met sterke zoutoplossingen of zuren. De voorspelling van de beschikbaarheid is belangrijk te verbeteren door het toepassen van de huidige bodemchemische kennis en de ontwikkelingen in meetapparatuur. Spoorelementen zijn zo te meten in één grondextract dat qua zoutsterkte vergelijkbaar is met die van het wortelmilieu (bijv 0,01 M CaCl₂). Er kan rekening worden gehouden met interacties tussen nutriënten (bijv. een hoge kalitoestand remt de opname van Mg door het gewas). Nationaal en internationaal wordt hier aan gewerkt, opdat op termijn een betere

voorspelling is te geven van het te verwachten gehalten in ruwvoer op basis van grondonderzoek. De ondernemer kan dan beter op maat sturen bij te lage gehalten in ruwvoer, via aangepaste voeding of via bemesting, om zo op rantsoenniveau het vee van voldoende sporen en mineralen te voorzien.

Opties om het voorzieningsniveau bij te sturen via het voerspoor, met zowel voordelen als beperkingen zijn:

- Mineralen toevoegingen aan krachtvoer. Hiermee is de voorziening van hoogproductief melkvee af te dekken. Weidend jongvee en oudmelkte dieren krijgen echter geen of weinig krachtvoer.
- Losse mineralenmengsels gemengd door of verdeeld over het ruwvoer. Eventuele tekorten zijn bij stalrantsoenen zo op te lossen. Vaak wordt hiermee voor bepaalde mineralen duidelijk boven de behoefte gevoerd. Voor weidend vee is dit geen oplossing.
- Likstenen. Een uniforme opname over de veestapel is hiermee echter niet te garanderen.
- Mineralenoplossingen in het drinkwater. Voldoende opname en een goede benutting van mineralen zijn niet gegarandeerd. Er bestaat ook een risico van overdosering
- Slow release bolussen. Bolussen zijn een betrouwbare en goed bruikbare methode ook voor weidend vee. Voor het éne sporelement werkt het echter beter dan het andere.
- Drenching. Is alleen een oplossing wanneer er een acuut gevaar op mineralentekorten bestaat.
- Injecties en infusen. Deze worden alleen toegepast bij klinische verschijnselen van tekorten

Naast krachtvoer zijn het verstrekken van mineralenmengsels of bolussen de meeste praktische oplossingen om via het voerspoor een adequate voorziening te bewerkstelligen. Het verstrekken van mineralen via het voerspoor aan vee kan in zuiver minerale vorm of in organisch vorm (gist chelaten). Op basis van beschikbare literatuur is er geen eenduidig voordeel van één van beiden. Bij een juiste voorziening is het van belang om rekening te houden met interacties, zoals die tussen Cu, Mo en S. Ook het Re- en K-gehalte van gras kunnen van invloed zijn op de benutting. De benutting van mineralen uit voedermiddelen is echter matig gekwantificeerd en kent mede daardoor ruime marges. De laatste decennia is hierna nauwelijks onderzoek uitgevoerd. Nieuw onderzoek is gewenst.

Het voorzieningsniveau via gras is te sturen met bemesting. Er zijn bemestingsadviezen beschikbaar voor Na, Mg (zand en löss), Co, Cu in gras. Voor Zn, Mo, Se en Fe zijn er in Nederland geen officiële bemestingsadviezen in tegenstelling tot elders. De gehalten in gras zijn voor Na, Mg en Co in het algemeen zodanig te verhogen dat op rantsoenniveau een adequate voorziening gewaarborgd is. Bemesting met Na is bovendien gunstig voor de opname van weidegras. Bemesting met Cu leidt veelal wel tot hogere Cu-gehalten in gras, maar deze kunnen niet voldoende worden verhoogd om aan de nieuwe hogere behoeftenorm van weidend jongvee te voldoen. (De onzekerheid over de benutting van Cu uit gras heeft geleid tot hogere Cu-streefwaarden in gras.) Bemesting met Se blijkt goed mogelijk te zijn om de doorgaans te lage Se-gehalten in gras substantieel te verhogen, met minimale milieueffecten. Er is geen Zn-advies omdat via het gebruik van dierlijke mest de gewasbehoefte ruimschoots wordt gedekt. Voor Fe geldt dat de natuurlijk beschikbaarheid veelal ruimschoots toereikend is. Voor Mo is vooral van belang dat de Mo-gehalten in gras niet te hoog worden.

Bemesting van maïsland met Mg, Cu en (soms) Mn is er op gericht om optimale groei te waarborgen. Verhogen van het gehalte uit oogpunt van optimale mineralenvoeding is weinig effectief.

Het effect van aanvoer van mineralen via bemesting en/of voedingsmaatregelen in de vorm van mineraalsupplementen en bolussen op het milieu en de bedrijfseconomische kosten is nagegaan voor de situatie van onbeperkt weiden, beperkt weiden en summerfeeding. Per element is daartoe een mineralenbalans opgesteld. Daarbij is rekening gehouden met de fractie van het areaal dat bemesting

nodig heeft. Bij de aanvoer van voedingsmineralen is per element op de norm gevoerd. Daarnaast is gewerkt met mineralenmengsel waarbij een vaste hoeveelheid per diergroep en per dag wordt gevoerd, hetgeen nu vaak gebeurt. Voor een kostenvergelijking zijn voor het bodem- en gewasspoor de extra kosten van grondonderzoek en in rekening gebracht en voor het voerspoor de kosten van mineraalsupplementen en bolussen meegenomen. De kosten van arbeid zijn niet meegenomen. Voor de meeste elementen is bemesting iets voordeliger dan aanvoer via mineralen of sporen bij normvoeding per element, met uitzondering van Se. Worden mineralenmengsels in vaste dagelijkse hoeveelheden verstrekt dan is bemesting voordeliger. Door bewust om te gaan met mineralen en spoorelementen zijn besparingen van € 1000 per bedrijf en meer mogelijk. Bovendien levert het een besparing op arbeid op. Vanuit milieuoogpunt laat bemesting altijd licht hogere balansoverschotten zien dan aanvoer via voerspoor. Het meest duidelijk geldt dit voor Se. Afhankelijk van het bedrijfssysteem varieert het balansoverschot tussen de 10 en 12 g ha⁻¹ bij bemesting en tussen de 2,5 en 5 g ha⁻¹ via het voerspoor. Milieutechnisch zijn de risico's minimaal omdat in veeljarig onderzoek nauwelijks uitspoeling naar het grondwater is gemeten. Het overschot aan Cu op de balans varieert tussen 0,15 en 0,5 kg Cu ha⁻¹ (exclusief voetbaden). Of lagere Cu-overschotten mogelijk dient nieuw voedingsonderzoek naar de Cu-benutting uit voer aan te geven. Opvallend is dat vrijwel alle mineralenmengsels Zn bevatten terwijl dat voedingstechnisch zelden nodig is. Door het verstrekken van een vaste hoeveelheid mineralenmengsel verdubbelen de Zn-overschotten.

Het op maat verstrekken van mineralen van mineralen via mineralenmengsels verdient extra aandacht. Voor het voorkomen van een te hoge dosering is het niet meer dagelijks te verstrekken een optie. Daarnaast kunnen producten met een aangepaste samenstelling worden gebruikt.

Op basis van deze studie zijn praktische adviezen opgesteld die via internet toegankelijk zijn (www.nmi-agro.nl) om de veehouder een handreiking te bieden wat voor zijn bedrijfssituatie en zijn type rantsoen de beste strategie is om de veestapel adequaat met mineralen en sporen te voorzien. Hieronder is een korte samenvatting van de adviezen voor de praktijk gegeven:

- **Mg:** Percelen met een (vrij) lage Mg-toestand bemesten voor een goede Mg-voorziening:
 - bij beweiding; en
 - bij rantsoenen met veel gras(kuil).
- **Na:** Bemest percelen met een Na-toestand vrij laag. Bij veel maïs in het rantsoen is aanvulling nodig via het voerspoor.
- **Cu:** Bij beweiden is het advies eerst te bemesten tot een voldoende Cu-toestand. Indien nodig verder nog aanvullen via het voerspoor.
- **Co:** Door de Co-voorziening op een beperkt aantal percelen in orde te brengen is alleen een aanvulling nodig in melkveerantsoenen met veel snijmaïs.
- **Se:** Se-bemesting heeft veelal de voorkeur om een adequate Se-voorziening te waarborgen voor alle diercategorieën.
- **Mn:** Een aanvulling met Mn is zelden nodig. Indien een aanvulling toch nodig is dan heeft het voerspoor de voorkeur.
- **Zn:** Sporadische kans op Zn-tekorten. Eventuele tekorten aanvullen via het voerspoor.
- **Fe:** Een aanvulling met Fe is niet nodig, uitzonderingen daargelaten. Indien een aanvulling nodig is dan toedienen via het voerspoor.
- **Mo:** Geen aanvulling via het bodem- en gewasspoor en ook niet via het voerspoor.
- Op maat voorzien van de veestapel met sporen en mineralen is mogelijk met uitzondering van Zn. Dit wordt vrijwel altijd in overmaat gegeven.

Aanbevelingen en conclusies:

- Van belang is eerst vast te stellen wat de actuele voorzieningsstatus van het vee is (bijv. via Spoorwijzer). Aansluitend dient de veehouder in samenspraak met de toeleverancier een strategie te ontwikkelen om een optimale voorziening via bemesting of via de veevoeding te regelen. Slechts in enkele gevallen is oplossing via beide sporen nodig
- Van belang is goed te weten wat de beschikbaarheid van mineralen en sporen in de bodem is. Dit vormt de basis voor aanvullende maatregelen of via bemesting of via extra suppletie in het voerspoor. De beschikbaarheidsindicatoren op basis van grondonderzoek zijn gebaseerd op oud onderzoek en zijn belangrijk te verbeteren door onderzoek naar nieuwe methodiek van grondonderzoek gebaseerd op extractie met zwakke elektrolyten. Voor een aantal elementen zoals bijvoorbeeld Se dient bovendien nog een beschikbaarheidsindicator te worden ontwikkeld.
- Op bedrijven met weidend jongvee is bemesting de beste garantie voor een adequate voorziening met mineralen en sporen. Incidenteel kan het verstrekken van bolussen (hoewel duurder) ook een goede oplossing zijn.
- **Na:** Bij weidegang en veel graskuil is het gewenst om via bemesting het Na-gehalte in gras op peil te houden. Dit is gunstig voor de voeropname. Daarnaast worden percelen beter afgeweid.
- **Cu:** Op basis van de nieuwe verhoogde behoeftenormen is de Cu-voorziening van weidend jongvee via alleen gras niet te garanderen. Dit is opvallend daar in de praktijk weinig problemen bij weidend jongvee voorkomen. Anderzijds heerst er onduidelijk over benutting van Cu in het dier (de absorptiecoëfficiënt) en de interactie met andere nutriënten als S en Mo. De gehalten aan S en Mo zijn in het algemeen het laagst op zandgrond, waardoor hier de Cu-absorptie duidelijk beter is. Onderzoek naar een absorptiecoëfficiënt differentiëren per grondsoort biedt de mogelijkheid om te komen tot up to date gegevens, om zo de veiligheidsmarge in het Cu-advies te verkleinen en daarmee het totale Cu-gebruik verantwoord terug te dringen. Gewenst is om na te gaan of een kleine jaarlijkse Cu-gift effectiever is dan eens per 4 jaar een hogere Cu-gift. Dit geldt ook voor Co.
- **Se:** Bemesting met Se is de beste garantie voor een adequate voorziening van de veestapel met Se. Vermijd daarbij de situatie van een te hoge voorziening van vee door en bemesting en mineralenmengsels Mo en krachtvoer.
- **Mo:** Mo hoeft nooit aangevuld te worden
- **Zn:** Zn kan bijna altijd worden weggelaten uit mineralenmengsels op basis van de huidige normen. De industrie betwijfeld dit. Aanvullend onderzoek zal moeten uitwijzen of Zn verstrekken positieve gevolgen heeft op de dierprestatie.
- Voor op maat verstrekken van mineralenmengsels zijn producten met een meer gedifferentieerde samenstelling nodig (bijv. geen Zn).

1 Inleiding

Mineralen en spoorelementen zijn van belang voor de groei van gewassen en een goede groei en gezondheid van het vee (Bijlage 1). Sommige mineralen zoals magnesium (Mg) en natrium (Na) en spoorelementen zoals zink (Zn), koper (Cu), cobalt (Co) en seleen (Se) zijn niet snel beperkend voor de groei van gras en andere ruwvoerders. Ze zijn wel belangrijk voor de voorziening van het vee met deze nutriënten. Al geruime tijd bestaat er bij het onderzoek en in de praktijk een verschil van inzicht over de voorziening van graasdieren met genoemde nutriënten. Enerzijds is er de benadering dat het ruwvoer de basis is van de voedervoorziening en dat alle diercategorieën via het ruwvoer een voldoende aanbod moeten krijgen met genoemde mineralen en spoorelementen. Anderzijds is er de benadering dat de voorziening met deze nutriënten beter kan plaatsvinden via krachtvoerders, mineralenmengsels of likstenen. Een uitspraak over de te volgen werkwijze behoort niet direct tot het werkterrein van de Commissie Bemesting Grasland en Voedergewassen (CBGV) en ook niet tot dat van de Commissie Onderzoek Minerale Voeding (COMV). Het gevolg van het genoemde verschil van inzicht is dat op veel melkveebedrijven de voorziening met deze nutriënten plaatsvindt via beide benaderingen. Voorbeelden hiervan zijn de spoorelementen koper en selenium. Voor bepaalde diercategorieën kan dit leiden tot een zeer ruime of te hoge voorziening. Vanuit Engeland (Fisher, 2004) is bekend dat de veehouder gemiddeld 2.5 methoden gebruikt om de veestapel met spoorelementen te voorzien. Bovengenoemde werkwijze kan nadelig zijn voor de gezondheid van het vee en leidt tot onnodig hoge kosten voor de melkveehouder. Een bijkomend nadeel is dat een te ruime voorziening met deze elementen kan leiden tot een onnodig hoge belasting van bodem en water.

Eén unieke oplossing voor een optimale voorziening van de veestapel met mineralen en sporen is niet direct voorhanden. Van invloed is bijvoorbeeld de natuurlijke beschikbaarheid van spoorelementen in de bodem en de opname ervan door het gewas. De voorziening kan per element sterk verschillen. Verder kan het beweidingssysteem (onbeperkt, beperkt of summerfeeding) van grote invloed zijn en bij jongvee hoe lang het per jaar buiten loopt. Ook de benutting en een uniforme opname van spoorelementen is van belang (bij gebruik van likstenen is niet gegarandeerd dat het dier ook voldoende sporen en mineralen opneemt (Valk, 1998)). Een complex van factoren is dus van invloed op een optimale voorziening van de veestapel met mineralen en spoorelementen. Daarom is het gewenst na te gaan wat de voor- en nadelen zijn van de voorziening van het vee met mineralen en spoorelementen bij het volgen van het bodem- en gewasspoot en bij het volgen van het voerspoot om zo tot concrete aanbevelingen te kunnen komen voor bedrijfsituaties zoals die in de praktijk voorkomen. Deze studie heeft betrekking op de mineralen magnesium en natrium en op de spoorelementen koper, kobalt, zink, selenium, mangaan, molybdeen en ijzer.

Dit rapport geeft een praktisch advies voor een adequate voorziening van melkvee en jongvee met mineralen en spoorelementen bij minimale milieubelasting en verbetering van het bedrijfssaldo. Knelpunten zijn benoemd en oplossingsrichtingen aangedragen om deze knelpunten aan te pakken. Dit rapport kwam tot stand via een brede literatuurstudie en scenarioberekeningen voor het voerspoot en het bodemspoot, rekening houdend met de bedrijfssituatie. Voor het verkrijgen van een breed draagvlak is het conceptrapport besproken en bediscussieerd in de Commissie Bemesting Grasland en Voedergewassen en in de Commissie Onderzoek Minerale Voeding. De resultaten zijn tevens bediscussieerd in een workshop met vertegenwoordigers van de mengvoerindustrie en van het meststoffenbedrijfsleven. Van belang zijnde opmerkingen zijn zoveel mogelijk verwerkt.

2 Uitvoering

2.1 Opzet

De studie is door NMI en ASG gezamenlijk uitgevoerd. Hierbij richtte NMI zich vooral op de voorziening via het bodem- en gewasspoor en ASG op de voorziening via het voerspoor. Via een literatuurstudie zijn per nutriënt de voor- en nadelen beschreven van beide benaderingsmethoden. Daarbij is de volgende systematiek gevolgd:

- In Hoofdstuk 3 is de behoefte van het dier beschreven. Nagegaan is wat de behoefte aan mineralen en sporen is van jongvee, melkvee en droogstaande dieren. Aansluitend is de variatie in samenstelling van de belangrijkste ruwvoerders, krachtvoerders en mineralenmengsels beschreven. Voor een aantal typische situaties is afgeleid hoe de dekking met mineralen en sporen eruit ziet met alleen ruwvoer en krachtvoer. Daaruit blijkt dat er situaties zijn met tekorten. Aanvullingen via zowel het voer- als het bodemspoor zijn mogelijk. Van belang is om bij deze aanvullingen ook met milieuaspecten rekeningen te houden. Het lot van mineralen en sporen is goed te beschrijven via het kringloopconcept dat schematisch wordt uitgelegd.
- In Hoofdstuk 4 is specifiek ingegaan op het verstrekken van mineralen en spoorelementen via het voerspoor. De verschillende methoden van verstrekking zijn beschreven inclusief de voor- en nadelen. Aansluitend is een beslisschema ontwikkeld welke methodieken het beste gekozen kunnen worden indien een tekort aan sporen en mineralen dient te worden opgelost via het voerspoor.
- In Hoofdstuk 5 is ingegaan op het bodemspoor. Nagegaan is welke factoren in zijn algemeenheid van invloed zijn op de beschikbaarheid van spoorelementen. Het effect van pH, redoxpotentiaal, interactie met andere elementen, vocht, temperatuur, minerale samenstelling, organische stofgehalte en de rol van de plant zijn besproken. Aansluitend is ingegaan op het meten van de beschikbaarheid van spoorelementen en de nieuwe mogelijkheden die zich aandienen om tot een betere voorspelling van de beschikbaarheid te komen.
- In Hoofdstuk 6 is per element (Mg, Na, Cu, Co, Se, Mn, Zn, Fe en Mo) nagegaan wat bekend is over de beschikbaarheid en in hoeverre dit door bemesting is te beïnvloeden. De achtergrond van het huidige bemestingsadvies is kort toegelicht evenals de meststoffen die beschikbaar zijn.
- In Hoofdstuk 7 is voor de elementen (Mg, Na, Cu, Co, Zn, Se) nagegaan hoe de kringloop op bedrijfsniveau er uit ziet en wat dit milieukundig betekent. Voor drie bedrijfssystemen (onbeperkt weiden, beperkt weiden en summerfeeding) is nagegaan hoe de voorziening met mineralen en sporen eruit ziet in de praktijk, als er geen speciale aandacht is voor mineralen en sporen. Nagegaan is in welke mate de voorziening van de veestapel is te verbeteren door bemesting en het gebruik van mineralenmengsels, wat dit betekent voor het overschot op de balans en welke kosten dit met zich meebrengt.
- In Hoofdstuk 8 zijn per element een aantal beslisriteria beschreven om te komen tot een advies en zijn per element de adviezen beschreven voor verschillende praktijksituaties.
- In Hoofdstuk 9 zijn een aantal conclusies en aanbevelingen gegeven. Tevens zijn enkele onderzoeksvragen geformuleerd.

Hokdieren vallen buiten het bestek van deze studie.

2.2 *Communicatie*

Voor het verkrijgen van een breed draagvlak is het conceptrapport besproken en bediscussieerd in de Commissie Bemesting Grasland en Voedergewassen en in de Commissie Onderzoek Minerale Voeding. De resultaten zijn tevens bediscussieerd in een workshop met vertegenwoordigers van de mengvoerindustrie en van het meststoffenbedrijfsleven. Van belang zijnde opmerkingen zijn zoveel mogelijk verwerkt. Een verslag van de workshop is opgenomen in Bijlage 2

Een digitale versie van het rapport is geplaatst op de websites van NMI, ASG en PZ.

De in Hoofdstuk 8 beschreven praktische adviezen zijn tevens in de vorm van een digitale waaier geplaatst op de websites van NMI en ASG (www.nmi-agro.nl).

De sector is in kennis gesteld van de studie middels een persbericht in de vakbladen.

3 De behoefte van het dier

3.1 Mineralen behoefte van melkvee en jongvee

Om vast te stellen in welke mate de mineralenvoorziening de behoefte van het dier via de voeding wordt gedekt zijn adequate behoeftenormen nodig. Als basisdocument voor de behoeftenormen zal worden uitgegaan van de in 2005 geactualiseerde Handleiding Mineralenvoorziening Rundvee, Schapen en Geiten van de Commissie Onderzoek Minerale Voeding uitgegeven door het Centraal Veevoederbureau (COMV, 2005). In Tabel 3-1 en Tabel 3-2 zijn voor de belangrijkste diergroepen beknopt de behoeftenormen (eenheden /dier/dag) en de adviesnormen (eenheden /per kg drogestof) voor Mg, Na, Cu, Co, Se, Mn, Zn en Fe gegeven (Voor Mo ontbreekt vooralsnog een behoeftenorm).

Tabel 3-1. Mineralenbehoefthenormen per dier per dag (COMV, 2005).

	Mg	Na	Cu	Co	Se	Mn	Zn	Fe	Mo
	g	g	mg	µg	µg	mg	mg	mg	mg
<i>Jongvee:</i>									
4 mnd (850 g groei/dag)	2,3	6,7	56	400	400	98	111	363	2,3
9 mnd (700 g groei/dag)	3,0	10	92	600	620	140	143	299	3,0
16 mnd (625 g groei/dag)	4,0	14	132	700	870	183	183	267	4,0
<i>Droogstaand melkvee:</i>									
8-3 weken voor afkalven	7,6	22	277	200	1440	460	246	345	7,6
3-0 weken voor afkalven	6,6	23	277	100	1440	440	246	345	6,6
<i>Melkvee (650 kg):</i>									
20 kg melk	20,0	38	227	1900	2720	740	490	150	20,0
40 kg melk	33,0	56	260	2400	4220	940	763	150	33,0

Tabel 3-2. Adviesnormen voor mineralengehalten in het rantsoen per kg ds (COMV, 2005).

	Mg	Na	Cu	Co	Se	Mn	Zn	Fe	Mo
	g	g	mg	µg	µg	mg	mg	mg	mg
<i>Jongvee:</i>									
4 mnd (850 g groei/dag)	1,7	0,6	14,5	100	100	25	28,5	93,2	0,1
9 mnd (700 g groei/dag)	1,8	0,5	16,4	100	110	25	25,5	53,4	0,1
16 mnd (625 g groei/dag)	1,9	0,5	18,1	100	120	25	25,1	36,6	0,1
<i>Droogstaand melkvee:</i>									
8-3 weken voor afkalven	1,9	0,7	24,1	100	130	40	21,4	30,0	0,1
3-0 weken voor afkalven	2,1	0,6	25,2	100	130	40	22,4	31,4	0,1
<i>Melkvee (650 kg):</i>									
20 kg melk	2,1	1,1	12,2	100	150	40	26,5	8,1	0,1
40 kg melk	2,4	1,4	11,1	100	180	40	32,5	12,8	0,1

De mineralenbehoefthenormen per dier per dag zijn inclusief veiligheidsmarges voor mogelijke risico's van belangrijk om op te merken dat de adviesnormen voor de mineralengehalten in het rantsoen zijn gebaseerd op een gemiddelde voeropname bij gangbare rantsoenen en onder omstandigheden die kunnen worden beschouwd als goede landbouwpraktijk. Echter, er kunnen zich situaties voordoen waardoor de voeropname nadelig wordt beïnvloed en daarmee ook de opname van mineralen zal zijn verminderd. Bijvoorbeeld wanneer er sprake is van een beperkt voeraanbod, onsmakelijk voer (broei, schimmel), hoge temperaturen (hittestress) of natte weersomstandigheden tijdens beweiding.

3.2 Mineralen in voeders en supplementen

3.2.1 Ruwvoeders als basis

Rundvee, maar ook 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, vooral in de vorm van graskuil. Daarnaast heeft snijmaïs een belangrijke plaats in de voedervoorziening van het rundvee. Een voldoende aanbod vanuit ruwvoeders zorgt voor een goede basisvoorziening met mineralen. Hiernaast vormen ook krachtvoeders en bijproducten een bron van voedingsstoffen. Door toevoeging van mineralen aan krachtvoeders kan men de voorziening met mineralen desgewenst beter laten aansluiten op de behoefte van het dier bij het gevoerde rantsoen en bij het melkproductieniveau.

3.2.1.1 Gangbaar en biologisch

Op gangbare bedrijven is het bemestingsniveau over het algemeen hoger dan op bedrijven met een biologische bedrijfsvoering. Ook is de import van mineralen en sporelementen bij een gangbaar bedrijfssysteem veelal hoger dan op een biologisch bedrijf. Anderzijds zal de grasmat bij een biologische bedrijfsvoering meer klavers en kruiden bevatten. Dit betekent dat ook de minerale samenstelling van vers gras en graskuil bij beide bedrijfssystemen kan verschillen. In Tabel 3-3 is de gemiddelde minerale samenstelling gegeven van vers gras en graskuil zoals:

- gevonden door Blgg in de periode 1999-2003 (de onderliggende data zijn voornamelijk afkomstig van gangbare bedrijven); en
- bepaald in het project Bioveem (de onderliggende dataset bevat uitsluitend gegevens van biologische bedrijven).

Tabel 3-3. Gemiddelde samenstelling (per kg drogestof) van vers gras en graskuil voor een aantal mineralen en sporelementen bij overwegend gangbare en bij biologische bedrijfsvoering.

Ruwvoeder	Mg	Na	Cu	Co	Se	Mn	Zn	Fe	Mo
	g	g	mg	µg	µg	mg	mg	mg	mg
<i>Gras vers</i>									
Blgg (overwegend gangbaar) ¹	2,5	2,3	8,9	101	40	95	43	149	2,7
Bioveem (biologisch) ²	2,5	1,6	nb	nb	nb	97	39	153	nb
<i>Graskuil</i>									
Blgg (overwegend gangbaar) ¹	2,3	2,3	7,8	164	52	98	42	443	2,1
Bioveem (biologisch) ²	2,5	1,5	8,3	280	42	120	39	414	3,1

¹) Gemiddelde van analyses Blgg 1999 -2003, geciteerd in COMV (2005)

²) Project Bioveem (Plomp, 2006); nb = niet bepaald

In de graskuil op de Bioveem-bedrijven waren de gehalten aan Mg, Cu en Co hoger dan het Blgg-gemiddelde voor overwegend gangbare bedrijven. Ook het Ca-gehalte was hoger. De gehalten aan K

en P waren goed vergelijkbaar. Van witte klaver is bekend dat het een hoger gehalte heeft aan Ca, Mg, Cu en Co dan Engels raaigras (Whitehead, 1995). De analyses wijzen erop dat de grasmat op de biologische bedrijven meer klavers bevatte dan op de gangbare bedrijven. Bij een lagere stikstofvoorziening van gras is ook de Na-opname verlaagd (Boons-Prins e.a., 2004). Hierdoor kan het aanzienlijk lagere Na-gehalte in gras en kuil op de biologische bedrijven worden verklaard. De gehalten aan mineralen en spoorelementen in snijmaïs waren bij beide bedrijfssystemen goed vergelijkbaar. Bedrijven met een biologische bedrijfsvoering doen er verstandig aan rekening te houden met een duidelijk lager Na-gehalte en hogere gehalten aan Ca, Mg, Cu en Co in gras(kuil). In het vervolg van deze studie is geen onderscheid gemaakt tussen een gangbare en een biologische bedrijfsvoering.

3.2.1.2 Het seizoen

Nutriënten als K en N (in de vorm van nitraat) worden passief met de sapstroom in de plant opgenomen. Andere nutriënten als P en Mg worden actief door de plantenwortel opgenomen. Deze actieve opname is geringer als de bodem in het voorjaar nog koud is. We zien dan ook in het voorjaar veelal lagere Mg- en P-gehalten in het gras dan later in het seizoen. Mineralen die voor een deel aan de organische stof gebonden zijn moeten eerst vrijkomen door mineralisatie. Deze nutriënten zijn dan later in het seizoen in ruimere mate beschikbaar. Hierdoor is bijvoorbeeld het S-gehalte van gras op veengronden in het voorjaar laag, terwijl het later in het seizoen erg hoog is. In Tabel 3-4 zijn de gemiddelde gehalten van de bij deze studie betrokken mineralen en spoorelementen per maand opgenomen van april tot en met september. Ter vergelijking zijn ook de gehalten aan K en N gegeven. Voor de meeste van de weergegeven nutriënten is er geen duidelijk beeld van een verloop gedurende het seizoen. In het voorjaar zijn Mg en Na zijn duidelijk lager. Selenium moet voor een groot deel vrijkomen door mineralisatie van de organische stof. Het gehalte is daardoor in de nazomer hoger. Het Co-gehalte in gras is hoger bij een slechte ontwatering. Het hogere Co-gehalte in april is te verklaren vanuit de ruime vochtvoorziening in de bodem. In de nazomer is de bodem veelal droger en het Co-gehalte lager.

Tabel 3-4. Gemiddelde gehalten (per kg drogestof) aan stikstof (N) en diverse mineralen en spoorelementen in vers gras; weergegeven per maand voor de jaren 2002 t/m 2005 (website Blgg).

Periode	Mg	Na	Cu	Co	Se	Mn	Zn	Fe	Mo
	g	g	mg	µg	µg	mg	mg	mg	mg
April	2,1	1,6	8,4	187	33	65	37	163	1,8
Mei	2,1	2,1	7,0	99	37	71	38	134	1,8
Juni	2,5	2,5	8,1	87	31	83	42	144	1,8
Juli	2,6	2,5	8,6	66	41	82	42	144	2,2
augustus	2,6	2,2	9,5	88	33	89	42	175	2,8
september	2,6	2,5	9,9	71	46	74	40	157	2,2

3.2.1.3 Gemiddelde gehalten, variatie en streefwaarden

Naast de botanische samenstelling en seizoens- en weersinvloeden zijn er nog verschillende andere factoren van invloed op de minerale samenstelling van gras en ruwvoerders. Een heel belangrijke factor is het niveau van de bemesting. Maar ook grondsoort, ontwikkelingsstadium van het gewas, pH van de bodem, en de ontwatering spelen een rol. In Tabel 3.5 zijn voor de mineralen Mg en Na en voor de spoorelementen Cu, Co, Se, Mn, Zn, Fe en Mo de gemiddelde gehalten gegeven over de jaren 1999 - 2003 voor vers gras, graskuil, snijmaïs en Gehele Plant Silage (GPS) (Blgg, geciteerd in COMV, 2005). Daarnaast is per element de 95% bovengrens en de 95% ondergrens gegeven. De 95% ondergrens geeft het gehalte weer waarboven 95% van de geanalyseerde waarden voorkomen. Tabel 3-5 laat zien

dat er een behoorlijke spreiding in de gevonden gehalten voorkomt in de praktijk. Deze spreiding beïnvloedt in hoge mate de voorziening van het vee met de betreffende mineralen en spoorelementen. Snijmaïs bevat aanzienlijk minder mineralen en spoorelementen dan vers gras en graskuil. Dit geldt ook voor GPS, met uitzondering van Zn en Fe. In rantsoenen met veel snijmaïs en GPS zal het vee dus eerder in een tekortsituatie terechtkomen dan in rantsoenen met overwegend gras en graskuil. In Tabel 3-5 zijn tevens de door Blgg gehanteerde streefwaarden vermeld voor de weergegeven ruwvoerders.

Tabel 3-5. Gemiddelde mineralengehalten per kg ds, de 95% boven- en ondergrens en de door Blgg gehanteerde streefwaarden voor de gehalten in een aantal ruwvoerders (Blgg, analyses 1999-2003).

Ruwvoeder	Mg g	Na g	Cu mg	Co µg	Se µg	Mn mg	Zn mg	Fe mg	Mo mg
<u>Gras vers</u>	2,5	2,3	8,9	101	40	95	43	149	2,7
95% ondergrens	1,5	0,6	<5	26	<20	22	22	<100	< 0,8
95% bovengrens	3,9	5,7	>13	>350	219	>180	87	385	> 7,2
streefwaarde	>2	2-5	8-11	>200	>100	50-120	40-70	250-500	<5
<u>Graskuil</u>	2,3	2,3	7,8	164	52	98	42	443	2,1
95% ondergrens	1,5	0,7	5,0	<50	<20	28	22	105	< 0,8
95% bovengrens	3,4	5,0	11,7	622	>240	>180	69	1861	4,7
streefwaarde	>2	2-5	8-11	>200	>100	50-120	40-70	250-500	<5
<u>Snijmaïs</u>	1,2	0,2	3,9	57	16	28	38	120	0,4
95% ondergrens	0,9	0,1	2,1	40	<6,0	10	19	<75	0,2
95% bovengrens	1,8	1,8	>6,0	>80	≥36	>60	>60	277	1,1
streefwaarde	>1,2	>0,1	3-4	>40	>10	30-60	30-60	150-250	<5
<u>GPS</u>	1,5	0,5	4,7	73	34	61	48	229	1,3
95% ondergrens	0,9	<0,1	<3,0	26	<10	<20	16	<100	<0,5
95% bovengrens	2,8	>2,6	7,9	277	>140	190	>100	776	>3,0
streefwaarde	>1,8	1-3	5-8	>70	>30	30-60	20-55	250-500	<4

3.2.1.4 Vochtrijke diervoeders

Een aparte groep voeders vormen de vochtrijke enkelvoudige krachtvoerders (ook wel "natte bijproducten" genoemd). In de rundveehouderij zijn perspulp, bierbostel, aardappelpersvezels en maïsglutenvoer het meest gebruikt. In vergelijking met gras(kuil) zijn de gehalten aan mineralen en spoorelementen in deze vochtrijke diervoeders laag (Tabel 3 6).

Tabel 3-6. Mineralen en spoorelementen in vochtrijke diervoeders (COMV, 2005).

Voeder	Mg g	Na G	Cu mg	Co µg	Se µg	Mn mg	Zn mg	Fe mg	Mo mg
perspulp	2,0	0,4	5	170	nb ¹	73	32	nb	1,0
bierbostel	2,3	0,1 ²	7	nb	nb	56	98	nb	nb
aardappelpersvezels	0,9	0,7	5	nb	nb	11	13	nb	nb
maïsglutenvoer	2,3	1,7	2	230	nb	11	45	nb	nb

¹) nb = niet bekend of niet gegeven

²) bij afleveren wordt doorgaans zout toegevoegd; het Na-gehalte na deze toevoeging is ca 1 g/kg ds

3.2.2 Mengvoeders

De gehalten aan mineralen en spoorelementen in mengvoeders zijn (in tegenstelling tot de gehalten in ruwvoeders) slechts in geringe mate gedocumenteerd in de openbare literatuur. De gehalten in mengvoer zijn afhankelijk van de gebruikte grondstoffen; daarnaast kunnen mengvoeders ook toegevoegde mineralen en spoorelementen (en vitaminen) bevatten (onder andere uit premixen). In Tabel 3-7 zijn gehalten aan mineralen en spoorelementen gegeven voor verschillende typen mengvoeder (ingedeeld op basis van het ruw eiwitgehalte) die zijn gevoerd op bedrijven die deelnamen aan het project Koeien & Kansen (Poelarends, 2006). Naast de gemiddelde gehalten zijn ook de gehalten vermeld van partijen met de laagste en de hoogste waarden. Mengvoerfabrikanten houden bij de fabricage van mengvoeders rekening met de mineralengehalten in ruwvoeders die doorgaans als basisrantsoen naast de mengvoeders worden verstrekt. Zo wordt zeer eiwitrijk mengvoer over het algemeen verstrekt naast een basisrantsoen met een groot aandeel snijmaïs. In dit basisrantsoen zijn de gehalten aan mineralen en spoorelementen laag. Een aanvulling via het eiwitrijke mengvoer is dan op zijn plaats. De gegevens laten zien dat ook aan eiwitarme mengvoeders in een aantal gevallen een aanzienlijke hoeveelheid mineralen en spoorelementen is toegevoegd.

Tabel 3-7. Mineralen en spoorelementen per kg in mengvoeders voor rundvee (Koeien & Kansen data; Poelarends, 2006).

Mengvoeder	Mg g	Na g	Cu mg	Co mg	Se mg	Mn mg	Zn mg	Fe mg	Mo mg
Standaardvoer ¹⁾	5,1	3	27	0,61	0,37	71,4	62,4	348,7	0,47
150-169 g RE/kg ²⁾	3,5-6	2-6	10-90	0,5-1	0-0,5	40-127	50-121,5	100-840	0-1
eiwitrijk voer	5,4	3,1	27	0,64	0,41	75,9	147,2	373,8	0,57
170-200 g RE/kg	3- 12,5	1,5- 5	10-150	0,5-2,5	0-1	47-142	51-460	143-892	0,5-1
zeer eiwitrijk	5,3	3	39,2	1,0	0,86	74,3	92,3	368,2	2,03
> 200 g RE/kg	1- 13,5	0-11	9,5-150	0,5-3	0-2	25,5-135,5	44-460	133-752	2

1) gemiddelde waarde

2) de in de verschillende partijen opgegeven laagste en hoogste waarde, afgerond op 0,5 eenheid

3.2.3 Mineralensupplementen

Naast het mineralenaanbod uit ruw- en krachtvoer worden op veel veehouderijbedrijven mineralensupplementen verstrekt. Deze kunnen op verschillende manieren worden toegediend.

3.2.3.1 Mineralenmengsels

Losse mineralenmengsels kunnen door het ruwvoer worden gemengd of erover worden verdeeld. De opname van mineralen en spoorelementen vindt op deze wijze min of meer in een constante verhouding met de ruwvoeropname plaats. Er is een groot aantal mineralenmengsels op de markt.

Mineralenmengsels bevatten een groot aantal mineralen en spoorelementen. Over het algemeen bevatten mineralenmengsels de mineralen Ca, P, Mg en Na en de spoorelementen Cu, Co, Zn, Mn, Se en I. In Tabel 3-8 zijn de globale gehalten gegeven van een mineralenmengsel voor droogstaande dieren, voor melkgevende dieren met een op gras(kuil) gebaseerd basisrantsoen en voor melkgevende dieren met een basisrantsoen met veel snijmaïskuil. Deze gehalten zijn gebaseerd op de opgave van

meerdere (mengvoer)producenten in Nederland.

Tabel 3-8. Voorbeeld van de samenstelling van mineralenmengsels voor melkvee per kg product (volgens een opgave van meerdere producenten). In alle gevallen gaat het om mengsels die doorgaans in een hoeveelheid van 50 tot 100 gram per koe per dag worden verstrekt.

Bestemd voor	Ca	P	Mg	Na	Cu	Co	Zn	Mn	Se
	g	g	g	g	mg	mg	mg	mg	mg
droogstand	10-15	30-65	175-200	30-90	1000- 1500	30-180	2500- 4000	2000- 3000	30-40
lactatie: naast graskuil	100-150	0	120-200	70-80	1000- 2000	30-140	1000- 4000	700- 2500	20-40
lactatie: naast maïskuil	120-150	40-60	60-125	45-100	1000- 1500	18-160	2500- 4000	1800- 3000	30-100

De toegevoegde hoeveelheden Ca, P, Mg en Na vormen het grootste verschil tussen de drie typen mineralenmengsels. Een mineralenmengsel voor de droogstand bevat weinig Ca en veel Mg. Het mineralenmengsel om te verstrekken (aan melkgevend koeien) naast graskuil bevat geen P. Het mengsel (voor melkgevend koeien) naast snijmaïskuil bevat meer Na en minder Mg; immers, snijmaïs bevat minder Na en Mg dan graskuil. De absorptie van Mg uit snijmaïs is beter dan die uit graskuil. Daardoor kan met een geringere aanvulling worden volstaan. De mengsels van de verschillende fabrikanten verschillen soms sterk in de hoeveelheid toegevoegde spoorelementen.

3.2.3.2 Overige mineralensupplementen

Naast het toevoegen van mineralen aan krachtvoerders en het verstrekken van mineralenmengsels zijn er nog een aantal mogelijkheden om mineralen aan het vee toe te dienen. Deze zijn in het volgende hoofdstuk verder uitgewerkt. Daarom wordt hier volstaan met een korte aanduiding.

- Onbepikt verstrekken door middel van likstenen of oplossingen in water.
- Inbrengen van (slow release) bolussen.
- Drenching; hierbij krijgt het vee oraal een vloeibaar mineralenmengsel toegediend.
- Injectie of infuus; hierbij krijgen dieren (met acute tekortverschijnselen) één of enkele mineralen direct in de bloedbaan toegediend.
- Topdressing van grasland.

3.3 Dekking van de behoefte met ruwvoer als basis

3.3.1 Hoogproductief melkvee

In het onderstaande is een voorbeeld gegeven van de dekking van de behoefte aan mineralen en spoorelementen bij een koe die 30 kg melk produceert. Het rantsoen bestaat uit weidegras en krachtvoer. De drogestofopname is gebaseerd op het Koemodel 2002 (Zom e.a., 2002). Bij een voeropnamecapaciteit van 16 verzadigingswaarde eenheden en een gemiddelde verzadigingswaarde van gras en krachtvoer neemt deze voorbeeldkoe 16,3 kg drogestof uit gras op naast 4 kg krachtvoer; de VEM-behoefte is hiermee gedekt. Het Mo-gehalte in vers gras is gemiddeld 2,7 mg per kg drogestof. De hoogste gehalten komen voor op zeekei. Voor volwassen melkkoeien en schapen wordt 5 – 10 mg Mo per kg drogestof als maximaal toelaatbaar aangehouden (COMV, 2005).

Tabel 3-9 geeft voor deze voorbeeldkoe de behoefte aan mineralen en sporelementen per dier per dag en de dekking bij het aangegeven rantsoen. Mo is niet meegenomen in Tabel 3-9. Voor dit sporelement is er geen behoeftenorm. Molybdeentekorten komen in de praktijk niet of zeer zelden voor (COMV, 2005). De gehalten in vers gras variëren in de praktijk van < 0,8 tot > 7,2 mg Mo per kg ds (Tabel 3-5). Het Mo-gehalte in vers gras is gemiddeld 2,7 mg per kg drogestof. De hoogste gehalten komen voor op zeelei. Voor volwassen melkkoeien en schapen wordt 5 – 10 mg Mo per kg drogestof als maximaal toelaatbaar aangehouden (COMV, 2005).

Tabel 3-9. Behoefte en opname aan mineralen en sporelementen (per dier per dag) bij een voorbeeldkoe met een melkproductie van 30 kg per dag. Het rantsoen bestaat uit weidegras en krachtvoer. Het voorbeeld is uitgewerkt bij de gemiddelde gehalten in weidegras uit Tabel 3-5 en bij gehalten van de 95% ondergrens.

	Mg g	Na g	Cu Mg	Co mg	Se mg	Mn mg	Zn mg	Fe Mg
<u>Voorziening bij gemiddelde gehalten in gras en krachtvoer</u>								
behoefte*	47	27	244	2,2	3,47	840	628	225
opname	59	48	242	3,8	2,0	1806	926	3684
<u>Voorziening bij gehalte in gras op 95% ondergrens en gemiddeld in krachtvoer</u>								
behoefte*	47	27	244	2,2	3,47	840	628	225
opname	43	21	162	2,6	1,6	616	583	2869

*Bijlage 4 van Handleiding Mineralenvoorziening Rundvee, Schapen, Geiten (COMV, 2005)

Tabel 3-9 laat zien dat bij gemiddelde gehalten in weidegras voor een koe met een productie van 30 kg melk per dag de behoefte voor de meeste mineralen en sporelementen gedekt is. Alleen de Cu- en Se-voorziening verdienen in dit voorbeeld extra aandacht. Bij zeer lage gehalten in weidegras en gemiddelde gehalten in krachtvoer is naast Cu en Se extra aanvulling nodig voor de mineralen Mg en Na en voor de sporelementen Mn en Zn.

3.3.2 De oudmelkte koe

Bij een oudmelkte voorbeeldkoe die 15 kg melk produceert, bestaat het rantsoen uit alleen weidegras. Deze koe neemt 17,3 kg ds per dag uit weidegras op; de VEM-dekking is dan vrij ruim. Tabel 3-10 laat zien dat bij dieren die geen krachtvoer krijgen bij gemiddelde gehalten in weidegras de voorziening met Cu, Co en Se extra aandacht vraagt. Bij lage gehalten in het weidegras is een extra aanvulling nodig voor alle weergegeven nutriënten met uitzondering van Fe. Tabel 3-10 geeft voor deze voorbeeldkoe de behoefte aan mineralen en sporelementen per dier per dag en de opname ervan uit weidegras. Ook nu is gerekend met de gemiddelde gehalten in weidegras en met de gehalten bij de 95% ondergrens. Tabel 3-10 laat zien dat bij dieren die geen krachtvoer krijgen bij gemiddelde gehalten in weidegras de voorziening met Cu, Co en Se extra aandacht vraagt. Bij lage gehalten in het weidegras is een extra aanvulling nodig voor alle weergegeven nutriënten met uitzondering van Fe.

Tabel 3-10. Behoeftte en opname aan mineralen en spoorelementen (per dier per dag) bij een voorbeeldkoe met een melkproductie van 15 kg per dag. Het rantsoen bestaat uit alleen weidegras. Het voorbeeld is uitgewerkt bij de gemiddelde gehalten in weidegras uit Tabel 3-5 en bij gehalten van de 95% ondergrens.

	Mg	Na	Cu	Co	Se	Mn	Zn	Fe
	g	g	Mg	mg	mg	mg	Mg	Mg
<u>Voorziening bij gemiddelde gehalten in weidegras</u>								
behoefte	34	17	219	1,8	2,4	690	422	113
opname	43	40	154	1,7	0,7	1639	742	2570
<u>Voorziening bij gehalte in weidegras op 95% ondergrens</u>								
behoefte	34	17	219	1,8	2,4	690	422	113
opname	26	10	69	0,5	0,3	380	380	1708

3.3.3 Overig weidend vee

De belangrijkste categorieën overig weidend rundvee zijn de weidekoeien, jongvee en droogstaand melkvee. Weidekoeien zijn voor hun behoefte aan mineralen en spoorelementen goed vergelijkbaar met jongvee en droogstaand melkvee.

In Tabel 3-11 is de mineralen- en spoorelementenvoorziening van overig weidend weergegeven bij gemiddelde gehalten in weidegras en bij gehalten rond de 95% ondergrens. Er is vanuit gegaan dat dit weidende vee geen krachtvoer krijgt. Bij de verschillende diercategorieën is het benodigde gehalte in het weidegras om in de behoefte te voorzien weergegeven. Indien het benodigde gehalte hoger is dan het gehalte in het gras dan is de voorziening onvoldoende. Evenals bij de oudmelkte koe vraagt bij het overige weidende rundvee, schapen en geiten de voorziening met Cu en Se bij gemiddelde gehalten in weidegras extra aandacht. Bij lage gehalten in weidegras komt de voorziening met alle weergegeven nutriënten in de knel met uitzondering van ijzer. Indien snel groeiend vleesvee wordt geweid kan ook de voorziening met Fe extra aandacht vragen.

Tabel 3-11 . Voorbeeldsituatie waarin het benodigde gehalte aan mineralen en spoorelementen in vers gras voor droogstaand melkvee en jongvee (met een leeftijd van 16 maanden) is vergeleken met de in weidegras aanwezige gemiddelde en lage (95% ondergrens) gehalten.

	gemiddeld aanwezige gehalte in vers gras	droogstaand	jongvee 16 mnd	laag gehalte in vers gras (95% ondergrens)	droogstaand	jongvee 16 mnd
		benodigd gehalte			benodigd gehalte	
Mg (g)	2,5	1,9	1,9	1,5	1,9	1,9
Na (g)	2,3	0,7	0,5	0,6	0,7	0,5
Cu (mg)	8,9	24,1	18,1	<5	24,1	18,1
Co (mg)	0,1	0,1	0,1	0,03	0,1	0,1
Se (mg)	0,04	0,13	0,12	<0,02	0,13	0,12
Mn (mg)	95	40	25	22	40	25
Zn (mg)	43	21,4	25,1	22	21,4	25,1
Fe (mg)	149	30	26,6	<100	30	26,6

Conclusie

De bovenstaande voorbeelden laten zien dat de gemiddelde gehalten in weidegras een extra aanvulling voor de meeste nutriënten niet nodig is bij dieren die naast weidegras krachtvoer krijgen. Ook bij niet melkgevend rundvee is deze aanvulling niet nodig. In alle gevallen vraagt de voorziening met Cu en Se wel aandacht. Bij lage gehalten in weidegras is de voorziening met alle weergegeven nutriënten (Mg, Na, Cu, Co, Se, Mn en Zn) te krap met uitzondering van Fe.

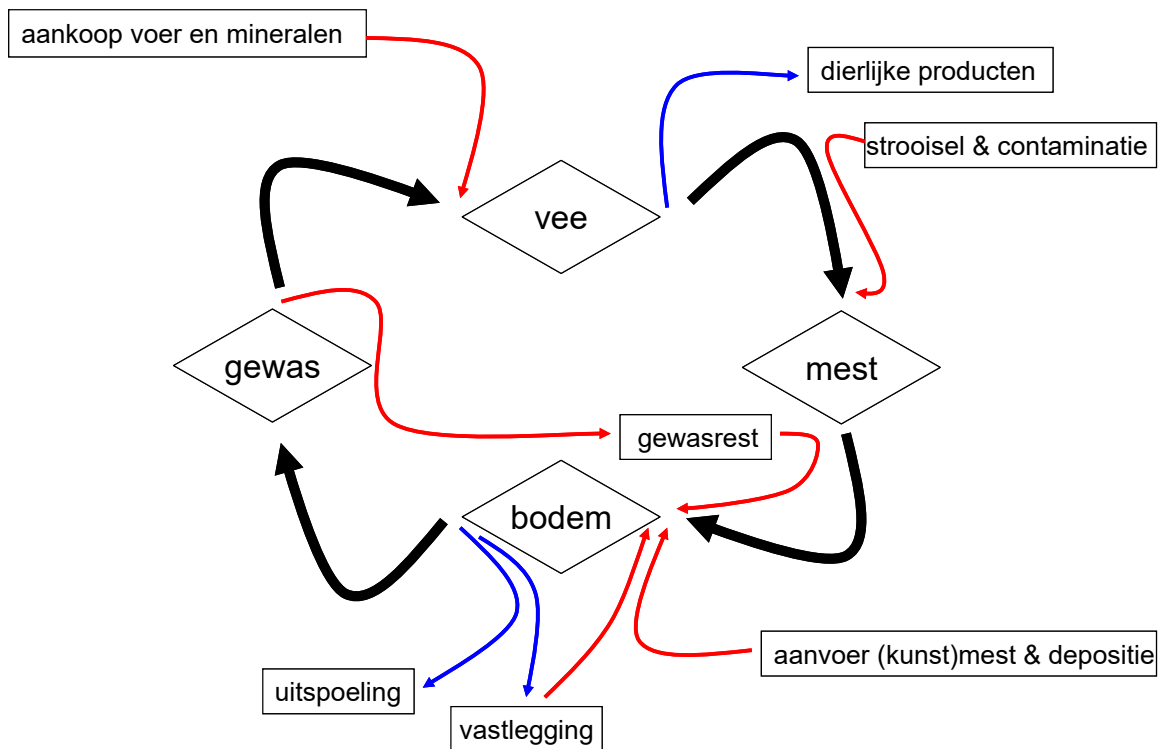
Bij dieren die geen krachtvoer krijgen dient de verstrekking plaats te vinden via mineralenmengsels of op een andere wijze (bijvoorbeeld likstenen). In de volgende hoofdstukken is verder uitgewerkt welke mineralen en sporelementen beter via bodem en bemesting kunnen worden aangevuld en voor welke nutriënten een aanvulling via krachtvoerders of mineralenmengsels meer voor de hand ligt. De mogelijkheden en beperkingen van de verschillende wijzen van toediening/verstrekking krijgen hierbij uitgebreid aandacht.

3.4 Behoeft, benutting, kringloop

3.4.1 De kringloop

Het lot van mineralen kan goed worden beschreven via de nutriëntenkringloop. Deze kringloop geeft een beeld van de benutting van de toegediende mineralen of sporelementen. Ook vastlegging in bodem en dier en verliezen kunnen via deze kringloop helder in beeld worden gebracht.

De kringloop bevat twee belangrijke aanvoerposten van nutriënten naar het bedrijf. De aanvoer van nutriënten met (kunst)meststoffen en de aanvoer ervan via krachtvoerders, aangekochte ruwvoerders en andere producten. De vraag is nu waar de nutriënten het beste in de kringloop kunnen worden ingezet.



Figuur 3-1. Voorbeeld van een mineralenkringloop

In Figuur 3-1 is schematisch de mineralen kringloop weergegeven. Mineralen, door het vee opgenomen uit het gewas, komen na vertering uiteindelijk in de dierlijke mest (en urine) terecht. Via bemesting komen de mineralen weer in de bodem. Het gewas neemt mineralen op uit de bodem en het vee neemt uiteindelijk het gewas weer op.

Echter, de mineralenkringloop is niet gesloten. Tijdens de kringloop worden mineralen uit de kringloop afgevoerd en van buiten de kringloop weer aangevoerd. Aanvoer vindt plaats via aangekochte mineralen en (kracht)voer. Via de veestapel worden ook weer mineralen afgevoerd in de vorm van dierlijke producten (melk, slacht- en fokvee). Verder worden mineralen aangevoerd met strooisel. Ook de aanvoer van koper uit kopersulfaatvoetbaden kan een belangrijke aanvoerpost zijn (Kool, 2006)! Aanvoerposten naar de bodem zijn de aanvoer van kunstmest, N-binding door het gewas en depositie. Een deel van de mineralen worden (tijdelijk) vastgelegd in de bodem en is niet (onmiddellijk) meer beschikbaar voor het gewas. Een deel van de vastgelegde mineralen komt uiteindelijk wel weer ter beschikking van het gewas. Een vanuit het oogpunt van milieubelasting belangrijk verliespost is uitspoeling. Vanwege mogelijke schadelijke effecten voor het milieu dient de uitspoeling zoveel mogelijk beperkt te worden.

3.4.2 Voerspoor of bodem?

Met (kunst)meststoffen kan voor de meeste nutriënten het gehalte in het gewas op een niveau gebracht worden waarbij er bij het vee geen tekortsituaties zullen ontstaan. De aanvulling kan plaatsvinden op perceelsniveau. Wanneer de aanvoer op perceelsniveau niet met (kunst)meststoffen op peil gehouden wordt, zullen er meer percelen ontstaan met lagere gehalten in het gewas. Zoals in het bovenstaande is aangegeven betekent dit dat, zeker voor dieren die geen krachtvoer krijgen, voor een aantal mineralen of sporelementen extra aanvulling dient plaats te vinden. Deze aanvulling kan dan plaatsvinden met bijvoorbeeld mineralenmengsels, bolussen of likstenen en geldt zowel in de weideperiode als in de stalperiode.

Vragen die hierbij beantwoord dienen te worden zijn:

- Welke methode van aanvulling heeft de voorkeur in de weideperiode en welke in de stalperiode?
- Mineralenmengsels bevatten een groot aantal mineralen en sporelementen. Vaak is een aanvulling met één of enkele mineralen voldoende. Hoe kun je voorkómen dat door het toedienen van extra mineralen en sporelementen aan krachtvoerders of door het verstrekken van mineralenmengsels onnodig veel mineralen op het bedrijf worden aangevoerd?
- Nemen alle dieren evenveel van de extra verstrekte mineralen op. Of nemen sommige dieren een overmaat op en verkeren andere dieren uit de koppel in een tekortsituatie?
- Welke toedieningsmethoden zijn geschikt om alle dieren een juiste hoeveelheid mineralen te laten opnemen?
- Wat is de benutting van de toegediende mineralen en sporelementen via bemesting en bodem en via extra verstrekking direct aan het vee?
- Wat zijn de kosten bij het onderhouden van een basisvoorziening via het ruwvoer en bij extra aanvullingen via krachtvoerders en mineralenmengsels?
- Andere argumenten. Bijvoorbeeld de smakelijkheid van gras en daarmee de grasopname nemen toe bij een adequate Na-bemesting op grasland.
- De uitvoerbaarheid van toediening via voerspoor of bodem.

4 Mineralenverstrekking via het voerspoor

4.1 Methoden van mineralenverstrekking

Het aanbod van mineralen en sporenelementen uit ruwvoer is vaak niet voldoende om te voldoen aan de minimumeisen voor de dagelijkse minimumopname (Tabel 3-1) of aan de gehalten in het rantsoen (Tabel 3-2). Wanneer er sprake is van tekorten, dan moeten deze op een andere wijze worden aangevuld. Mineralen kunnen op verschillende manieren worden toegediend:

- mineralen toevoegingen aan krachtvoer;
- losse mineralenmengsels gemengd door of verdeeld over het ruwvoer;
- onbeperkte verstrekking (bijvoorbeeld likblokken of likstenen);
- mineralenoplossingen in het drinkwater;
- slow release bolussen;
- drenching;
- injecties en infusen; en
- topdressing van mineralen op grasland.

Mineralen via het krachtvoer

Krachtvoer (mengvoer) bevat naast de mineralen afkomstig uit de grondstoffen ook mineralen die tijdens de fabricage routinematig worden toegevoegd (Tabel 3-7), onder andere via premixen met vitamines, mineralen en sporenelementen. Mineralenverstrekking via individueel verstrekt mengvoer (melkstal en/of krachtvoerautomaat) heeft als voordeel dat een exacte dosering van mineralen goed mogelijk is. Echter, de gehalten aan mineralen in standaard mengvoerders zijn zodanig dat vaak 4 tot 7 kg mengvoer moet worden verstrekt om in de minimale dagelijkse behoefte te kunnen voorzien. De toepassing van deze methode is daarom beperkt tot hoog productieve melkgevende of snelgroeiende dieren. Naast standaardvoerders bieden mengvoerproducenten ook mengvoerders aan met verhoogde mineralengehalten ten opzichte van standaardvoerders, waardoor met geringere hoeveelheden mengvoer al in de mineralenbehoefte kan worden voorzien. Deze mengvoerders worden toegepast in situaties waarin een te geringe opname aan mineralen wordt verwacht (bijvoorbeeld 'anti-kopziekte brok' met een verhoogd Mg-gehalte). Ook is het mogelijk dat mengvoerbedrijven, op verzoek van individuele afnemers, op maat speciale mengvoerders samenstellen met hogere gehalten aan of andere mineralen dan gebruikelijk in de standaardvoerders uit het assortiment.

Losse mineralen(mengsels) in het rantsoen

Mineralen kunnen ook worden verstrekt in de vorm van losse mineralen en mineralenmengsels. Deze losse mineralen(mengsels) worden gemengd door of verdeeld over het voer verstrekt. Er zijn aparte kant-en-klare mineralenmengsels voor afzonderlijke diergroepen (jongvee, vleesvee, droogstaand vee en melkgevend vee) in de handel, evenals mineralen die zijn afgestemd op de samenstelling van het basisrantsoen zoals bijvoorbeeld mineralenmengsels speciaal voor snijmaïsrijke rantsoenen. Door gebruik te maken van een voermengwagen met weeginrichting is het mogelijk om mineralen in een constante verhouding met het ruwvoer te voeren, zodat nauwkeurig kan worden voldaan aan de aanbevolen gehalten per kg drogestof (Tabel 3-2). In de praktijk wordt soms zout toegediend, gemengd door of verdeeld over het voer, ter verbetering van de voeropname en/of de Na-opname. Bij stalvoeding ontbreken onderzoeksgegevens over mogelijke positieve effecten van zout op de drogestof opname. Echter, bij beweiding is in enkele studies wel een positief effect van Na-bemesting

gevonden op de drogestof opname (Chiy et al., 1993; Chiy et al., 1998).

Onbeperkte verstrekking

Onbeperkte verstrekking van mineralen wordt veelvuldig toegepast door middel van likstenen, likblokken, likrollen of losse mineralen aangeboden via voerbakken, en via oplossingen in het drinkwater. Likblokken worden gefabriceerd uit melasse en diverse andere grondstoffen waaraan bij de fabricage mineralen, vitaminen en smaakstoffen in elke gewenste hoeveelheid en samenstelling worden toegevoegd. Bij het likrolsysteem, kunnen de dieren mineralen opnemen door te likken aan likrollen die door een bak met in melasse opgeloste mineralen lopen (Hanekamp et al., 1994). Verstrekking van Mg met melasse-likrollen leidde tot een veel (3 tot 25 keer) hogere dagelijkse opname dan met likblokken, dit resulteerde in betere Mg-voorziening. Echter, ondanks de verschillen in opname kon met géén van de methoden (likblokken of likrollen) de Mg-voorziening op peil worden gehouden (Hanekamp et al., 1994). Likstenen worden vooral toegepast om in de natrium behoefte te voorzien. Likstenen bestaan voor het overgrote deel (99%) uit zout (NaCl), met daarnaast kleine hoeveelheden van andere elementen, o.a. I, Cu, Fe, Co en Mn (Valk en Kogut, 1998). Tussen individuele dieren bestaat een grote niet verklaarbare variatie (0 tot 70 g per dier perdag) in de opname van zout via likstenen (Valk en Kogut, 1998). Op groepsniveau wordt de vrijwillige opname van zout uit likstenen gestimuleerd door een laag Na-gehalte in het basisrantsoen (Valk en Kogut, 1998). Naarmate de hardheid van likblokken of likstenen afneemt wordt de opname hoger (Hanekamp et al., 1994, Valk en Kogut, 1998). Echter, bij zachte likstenen treden ook veel verliezen op door verbrokkeling (Hanekamp et al., 1994).

Verstrekking van mineralen opgelost in het drinkwater hoort ook tot de mogelijkheden om de mineralenvoorziening op peil te houden. Echter, een nadeel van deze methode is dat de opname van drinkwater sterk varieert, onder andere afhankelijk van de omgevingstemperatuur en het vochtgehalte van het rantsoen. Bij beweiding heeft ook neerslag grote invloed op de wateropname (Hanekamp et al., 1994). Bij beweiding, onder natte omstandigheden aan het einde van het weideseizoen (juist wanneer het risico op kopziekte het grootst is) is de wateropname het laagst.

Voorwaarde voor verstrekking van mineralen via het drinkwater is dat ze goed oplosbaar zijn en niet neerslaan. Chelaten zijn goed in water oplosbaar en slaan niet neer en zijn daarom geschikt om in drinkwater te worden opgelost. Een ander aspect met betrekking tot de mineralenvoorziening met het drinkwater is dat een deel van het water direct via de slokdarmsleuf naar de lebmaag verdwijnt. De gegevens over directe passage van water naar de lebmaag zijn schaars en niet eenduidig. Bij koeien die vierenhalf uur na het voeren toegang tot water kregen, stroomde 18% van het drinkwater direct naar de lebmaag (Woodford et al., 1984). Onduidelijkheid hierover geeft onzekerheid over de benutting van mineralen verstrekt via het drinkwater.

Vanwege de grote variatie in opname geeft onbeperkt en ongecontroleerd verstrekken van mineralen via likblokken, likrollen of drinkwater meer risico's op onder- of overconsumptie dan verstrekking via individuele krachtvoergiften of in een vaste verhouding met het ruwvoer. Daarom is deze methode minder geschikt voor elementen die snel risico's geven voor acute gebrekverschijnselen of snel giftig zijn bij overdosering.

Slow release bolussen

Slow release bolussen worden gemaakt door mineralen onder druk en hoge temperatuur te versmelten waardoor een monolithisch glas ontstaat (Kendall et al., 2001a). Dit monolithische glas komt in de vorm van pensbolussen (grote pillen) op de markt. De pensbolussen worden met een "bolusschieter" via de slokdarm in de pens gebracht. De pensbolussen hebben als eigenschap dat ze in de pens langzaam

oplossen. Hierdoor komen gedurende een langere periode (1-6 maanden) geleidelijk mineralen uit de pensbolussen vrij. De snelheid waarmee pensbolussen worden afgebroken wordt bepaald door het fabricageproces, maar ook door de pH in de pens. Uit diverse proeven bij rundvee en schapen is gebleken dat het geven van pensbolussen een betrouwbare en goed bruikbare methode is om de mineralenvoorziening te verbeteren (Kendall et al., 2001a, Kendall et al., 2001b, McFarlane et al., 1991, Telfer et al., 1984, Trengove & Judson, 1985). Slow release pensbolussen zijn vooral geschikt voor het toedienen van spoorelementen en bevatten vaak meerdere spoorelementen (zoals Cu, Zn, Co, Se, Mn en I) en vaak vitamine A, D3 en E. Er zijn wel bolussen in de handel met Mg, maar vanwege enerzijds de relatief grote dagelijkse Mg-behoefte en anderzijds de beperkte grootte van de bolus, moeten behandelingen met Mg-bolussen elke 3 tot 4 weken worden herhaald. Het vrijkomen van mineralen uit pensbolussen is in zekere mate onafhankelijk van het niveau van voeropname. Dat kan onder sommige omstandigheden een voordeel zijn. Bijvoorbeeld wanneer dieren als gevolg van ziekte weinig kunnen of willen vreten, of bij weidende dieren die te maken hebben met een sterk variabel grasaanbod.

Drenching

Bij drenching krijgen dieren individueel oraal een vloeibaar mineralen- en vitaminemengsel gedoseerd om snel in één keer mineralen- en vitamineniveaus te verhogen. Deze methode wordt daarom toegepast in situaties waar acuut een groot risico bestaat voor een mineralentekort. Bijvoorbeeld, wanneer één of enkele dieren binnen de koppel acute gebrekverschijnselen vertonen of bij dieren aan het einde van de dracht.

In landen met een grootschalige extensieve veehouderij worden drenchbehandelingen vaak toegepast omdat deze gecombineerd kunnen worden met andere werkzaamheden en behandelingen zoals het toedienen van geneesmiddelen, ontwormen, gezondheidscontroles of selectie. De concentraties van afzonderlijke mineralen in drenches kunnen worden aangepast op basis van de uitslagen van bijvoorbeeld bloed- en urineonderzoek. Drenchbehandeling heeft als voordeel dat individuele dieren een ingestelde dosis mineralen krijgen toegediend. Nadelen van de methode zijn vooral van praktische aard. De methode is arbeidsintensief. Het toedienen van een drench kan voor het dier gevaarlijk zijn. Bij onvoorzichtige en te snelle toediening kunnen dieren zich verslikken; dit kan long- en luchtwegbeschadiging, shock en uiteindelijk de dood veroorzaken. Daarnaast kunnen ook beschadigingen aan de mondholte en keel ontstaan.

Injecties en infusen

Het verstrekken van injecties en infusen is in feite niet als voedingsmaatregel te beschouwen. Het gaat namelijk om een diergeneeskundige ingreep en wordt praktisch alleen toegepast bij dieren met acute klinische ziekteverschijnselen. Het toedienen van injecties of infusen is vaak stressvol voor het dier en moet soms door een veearts worden uitgevoerd (hoge kosten). Via infusen worden oplossingen met één of enkele mineralen direct in de bloedbaan gebracht. Bekende voorbeelden zijn het infuus bij melkziekte (Ca-gebrek) of bij kopziekte (Mg-gebrek). Ook kunnen door middel van onderhuidse injecties mineralen worden toegediend (Cu-EDTA). Bij een kobaltgebrek, dat zich uit in een te geringe vitamine B12 synthese, worden soms vitamine B12 injecties toegepast. Met het toedienen van infusen of injecties wordt vaak zeer snel een effect verkregen. Behandelingen met infusen en injecties moeten worden opgevolgd met andere methoden om de mineralen voorziening blijvend op peil te brengen.

Topdressing van grasland

Bij deze methode wordt direct voor inscharen een mineralenoplossing over het gewas gespreoid of verstoven; een voorbeeld hiervan is kieseriet ($MgSO_4$). Het primaire doel hierbij is niet bemesting van het gewas, maar het verhogen van de mineralenopname door het dier bij beweiding. De frequentie waarmee topdressing wordt uitgevoerd is afhankelijk van de hoeveelheid neerslag (afspoeling). Een andere factor waar rekening mee moet worden gehouden is dat er voldoende bladoppervlak moet zijn om de mineralen goed aan het gewas te laten hechten. Vooral bij beweiding aan het einde van het weideseizoen kan dat een probleem zijn omdat de bladmassa dan vaak gering is.

4.2 Keuze van een verstrekkingmethode voor mineralen

Op de meeste veehouderijbedrijven worden meerdere methoden tegelijk gebruikt om mineralentekorten op te heffen of te voorkomen; dit omdat het management, beweiding- of voersysteem verschilt tussen diergroepen op één bedrijf. Onderzoek in het Verenigd Koninkrijk geeft aan dat veehouders gemiddeld 2,4 methoden gebruiken om de mineralen voorziening op peil te houden (Fisher, 2004). Deze keuze voor een bepaalde methode waarop een element wordt toegediend, is afhankelijk van de fysiologische eigenschappen van het element, zoals de aanwezige en/of opgeslagen hoeveelheden in het lichaam en beschikbaarheid van die reserves en de ernst en acuïtheid van gebrek- en overmaatverschijnselen. Verder spelen factoren zoals het management, voersysteem, arbeidsbehoefte/beschikbaarheid en kosten een rol.

Mineralen waarvan in het lichaam reserves worden opgebouwd (zoals Cu, Na, Se, Mn, Fe en Mo), hoeven minder frequent te worden toegediend omdat het dier dan over de nodige buffercapaciteit beschikt. Wanneer in de uitgangssituatie voldoende reserves zijn opgebouwd, kunnen zonder problemen perioden met tekorten worden overbrugd. Het is dan wel zaak dat na perioden waarin de reserves worden aangesproken, de voorziening in daarop volgende perioden zodanig is dat er ook weer reserves worden opgebouwd. Wanneer het dier in staat is om van een mineraal reserves op te bouwen, dan zullen in perioden waarin overconsumptie plaatsvindt niet snel acute overmaatverschijnselen optreden. Voor mineralen waarvan reserves worden opgebouwd is een gecontroleerde exacte dosering daarom niet strikt noodzakelijk; via likstenen/blokken, drinkwateroplossingen en topdressing kan aan de mineralenbehoefte worden voldaan. Mineralen, waarvan de voorziening niet door lichaamsreserves kan worden gebufferd (zoals Co, Zn en in minder mate Mg), moeten zeer regelmatig door het dier worden opgenomen c.q. altijd beschikbaar zijn.

Een gecontroleerde, dat wil zeggen een bekende en afgemeten, dosering en een frequente opname is nodig voor mineralen waarvan geen of kleine reserves in het lichaam aanwezig zijn en/of bij mineralen die bij onder- of overmaat snel leiden tot gebrek- of vergiftigingsverschijnselen. Een gecontroleerde dosering is ook gewenst vanuit het oogpunt van beperking van verliezen naar het milieu; denk aan zware metalen zoals Zn en Cu. Ook als een exacte gecontroleerde dosering niet strikt noodzakelijk is, kan het vanuit kostenoverwegingen (beperking van luxe consumptie) aantrekkelijk zijn om exacte gecontroleerde dosering te overwegen.

Vanuit overzichtelijkheid, management en arbeidsorganisatie is het gewenst om het aantal verschillende methoden van mineralen verstrekking zo beperkt mogelijk te houden.

In Tabel 4-1 is een overzicht geven van een aantal overwegingen m.b.t. de noodzakelijkheid van exacte en gecontroleerde dosering van een mineraal.

Magnesium en Na kunnen relatief onbeperkt verstrekt worden. Bovendien is het dier nauwelijks in staat om de Mg-voorraden in het lichaam aan te spreken. Daarom dient Mg, met name in risicoperioden

(voorjaar en najaar), bij voorkeur dagelijks beschikbaar te zijn; daarentegen kan Cu gedurende enige tijd onder de norm opgenomen worden indien lichaamsreserves op peil zijn. Ook ongecontroleerde Cu-verstrekking (bijvoorbeeld via likblokken) leidt niet snel tot problemen bij het dier. Echter, vanwege de ongewenste milieubelasting door Cu is een exacte en op de behoefte afgestemde dosering gewenst. Dit geldt ook voor Zn waarvan de uitstoot naar het milieu eveneens zoveel mogelijk beperkt moet worden. Hoewel Mo-overmaat zelden voorkomt, kunnen bij een hoge Mo-opname (en/of bij hoge S-opname) problemen ontstaan met de Cu-voorziening. Vanwege de negatieve effecten van Mo op de Cubenutting is een beperkte Mo-opname gewenst.

Selenium kan bij overdosering tot vergiftigingsverschijnselen leiden. Daarom dient Se gecontroleerd verstrekt te worden zodat de dagelijkse opname of de Se-concentratie in het rantsoen niet te hoog worden.

In het lichaam zijn slechts geringe Co-reserves aanwezig; daarom moet Co frequent worden verstrekt ofwel continue ter beschikking staan. Kobalt kan ongecontroleerd worden verstrekt via likblokken/stenen.

Mangaantekorten zijn in de praktijk zeldzaam; ruwvoerders bevatten over het algemeen voldoende Mn. Bovendien zijn de lichaamsreserves relatief groot, dus voor een goede Mn-voorziening is het niet strikt noodzakelijk dat er altijd Mn wordt verstrekt.

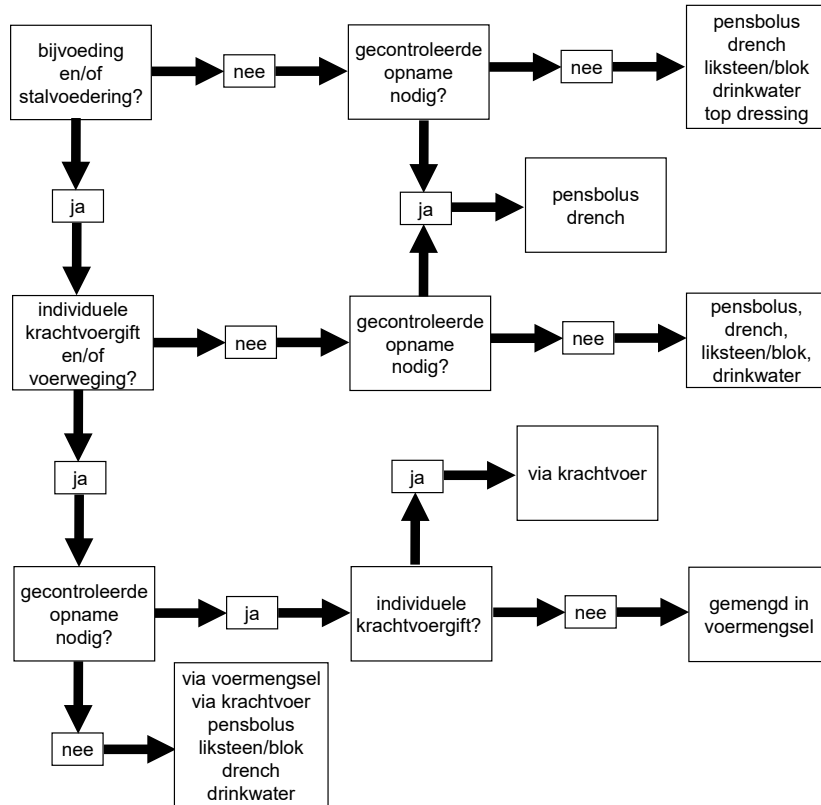
Tabel 4-1. Overzicht van de omvang van lichaamsreserves, de giftigheid, de milieubelasting en de voorkeurs doseringswijze voor verschillende mineralen en sporelementen

	Lichaams- reserves	giftig ¹	milieu- belasting	Opmerkingen	dosering bij voorkeur
Magnesium	klein	nee	gering	tekort geeft acute gebrekverschijnselen	frequent
Natrium	groot	nee	gering	-	-
Koper	groot	ja	fors	giftig na langdurige cumulatie van overmaat	gecontroleerd
Kobalt	klein	nee	gering	-	frequent
Selenium	groot	ja	gering	advies max. 3 mg/kg ds; giftig > 5 mg/kg ds	gecontroleerd
Mangaan	groot	ja	gering	tekorten en vergiftiging zeldzaam	-
Zink	klein	ja	fors	grote tolerantie, vergiftiging zeldzaam	frequent en gecontroleerd
IJzer	groot	nee	gering	-	-
Molybdeen	groot	Ja	gering	beïnvloeding van koperopname	gecontroleerd

¹ Overdosering leidt bij alle elementen tot stoornissen, de aanduiding giftig heeft betrekking op de acuïtheid en ernst van overmaatverschijnselen.

De elementen Mg, Na, Co, Mn en Fe komen in aanmerking om ongecontroleerd te worden verstrekt. Omdat Mg en Na niet milieubelastend zijn kunnen deze mineralen ook via topdressing worden toegediend. Daarentegen dienen Cu, Mo, Zn en Se bij voorkeur gecontroleerd te worden gedoseerd.

In Figuur 4-1 is een beslisschema gegeven dat kan worden gebruikt om methoden van mineralentoediening te kiezen afhankelijk van het bedrijfssysteem. Met het beantwoorden van drie kernvragen kan voor een bedrijf een selectie worden gemaakt van passende methoden. Deze vragen zijn: 1) Vind er weidegang met bijvoeding en/of stalvoeding plaats? 2) Moet het mineraal gecontroleerd worden verstrekt? 3) Wordt krachtvoer individueel verstrekt en/of wordt het (ruw)voer gewogen?



Figuur 4-1. Beslisschema methoden van mineralen toediening via het voerspoor (“bijvoeding” betreft weidegang met bijvoeding op stal).

Wanneer het beslisschema wordt gevolgd dan levert dit oplossingsrichtingen zoals vermeld in Tabel 4-2.

Tabel 4-2. Oplossingsrichtingen mineralen verstrekking

Weidegang zonder bijvoeding, weidegang mét bijvoeding of volledige stalvoeding zonder individuele krachtvoergift en zonder voerweging	
Cu, Co, Se, Mn, Zn, Fe, Mo	pensbolus*, drench*
Na, Mg	topdressing, likblok of likrol
Weidend vee mét bij- of volledige stalvoeding mét individuele krachtvoergift, zonder voerweging	
Cu, Co, Se, Mn, Zn, Fe, Mo	krachtvoer, pensbolus of drench
Na	liksteen/blok, over het voer
Mg	krachtvoer, likblok of likrol
Weidend vee mét bij- of volledige stalvoeding zonder individuele krachtvoergift, met voerweging	
Cu, Co, Se, Mn, Zn, Fe, Mo	gemengd in rantsoen, pensbolus of drench
Na	gemengd in rantsoen, liksteen/blok
Mg	gemengd in rantsoen, krachtvoer, likblok of likrol
Weidend vee mét bij- of volledige stalvoeding met individuele krachtvoergift, met voerweging	
Cu, Co, Se, Mn, Zn, Fe, Mo	krachtvoer, gemengd in rantsoen, pensbolus of drench
Na	gemengd in rantsoen, liksteen/blok
Mg	gemengd in rantsoen, krachtvoer, likblok of likrol

* Co, Mn en Fe zijn vaak bestanddeel van pensbussen of drenches.

4.3 *Anorganisch en organisch gebonden mineralen*

Van nature komen spoorelementen in ruwvoeders vrijwel uitsluitend voor in de vorm van organische verbindingen zoals chelaten en complexen (Spears, 1996). Toegevoegde mineralen worden zowel in anorganische als in organisch gebonden vorm aangeboden. Veel voorkomende anorganische vormen zijn zouten (bijvoorbeeld NaCl, CuSO₄, ZnSO₄, CoSO₄, MnSO₄, en FeSO₄, NaSeO₄) en oxiden (MgO, ZnO).

Tussen verschillende vormen van anorganisch gebonden mineralen (oxiden of zouten) bestaan forse verschillen in benutting. Koperoxide is onoplosbaar en is daarom veel slechter beschikbaar dan CuSO₄. Echter, de benutbaarheid van CuO is mede afhankelijk van de vorm waarin het wordt verstrekt. Kopernaalden die lange tijd in de pens verblijven kunnen toch voldoen in de Cu-behoefte terwijl CuO toegevoegd aan het rantsoen niet benutbaar is voor herkauwers (van den Top, 2005a). Bij Zn bestaan er geen duidelijke verschillen in de herkomst van anorganische bronnen (van den Top, 2005b). IJzer in de vorm van Fe₂O₃ is slecht beschikbaar; daarom verdienen andere vormen (bijvoorbeeld FeSO₄) de voorkeur (van den Top, 2005c).

Organisch gebonden mineralen komen onder andere voor in de vorm van metalen, gebonden aan aminozuren (aminozuurchelaten), (gehydrolyseerde) eiwitten of polysacchariden (Spears, 1996). Metaal aminozuurcomplexen worden gevormd uit een oplosbaar metaalzout en een aminozuur. Een aminozuurchelaat is een metaalion dat op twee plaatsen wordt gebonden aan een organisch molecuul (aminozuur) en daarmee een ringvormige structuur vormt. De zogenaamde molverhouding metaal:aminozuur bedraagt tussen 1:1 en 1:2. Bij de vorming van een chelaat heeft het bindende organische molecuul tenminste twee functionele groepen (O-, N- en/of OH-groep) die in staat zijn om een elektronenpaar te doneren om een covalente binding met een metaal aan te gaan en daarmee een ringstructuur te vormen.

Een metaalproteïnaat is een complex dat ontstaat uit het combineren van een metaalion met een gehydrolyseerd eiwit. Een metaal-polysaccharidecomplex wordt gevormd uit oplosbare zouten en een polysaccharide oplossing.

De benutting van anorganische mineralen hangt af van de mogelijkheden van het dier om deze in een biologisch actieve organische vorm om te zetten (Spears, 1996). De effecten van de organische of anorganische vorm van Cu en Zn op de biologische beschikbaarheid zijn niet eensluidend (Ouweltjes et al., 2002, Phillips et al., 1999, Spears, 1996, 2003, van den Top, 2005a, 2005b) en de wijze waarop chelaten en metaalcomplexen werken is nog niet geheel opgehelderd. Spears (1996) suggereert dat de positieve effecten van organisch gebonden mineralen mogelijk meer gerelateerd zijn aan de vorm waarin mineralen worden geabsorbeerd dan aan een grotere absorptie. Organisch gebonden mineralen kunnen potentieel wellicht beter worden geabsorbeerd dan anorganische mineralen. Echter met de huidige stand van het onderzoek zijn deze verschillen nog niet te kwantificeren.

4.4 *Benutting van mineralen*

4.4.1 Interacties tussen mineralen

De benutting van mineralen en spoorelementen door het dier is mede afhankelijk van interacties tussen diverse mineralen c.q. spoorelementen. In Tabel 4-3 is een overzicht gegeven van de belangrijkste interacties tussen mineralen en de effecten op de opname en benutting.

Tabel 4-3. Belangrijkste interacties tussen mineralen (samengevat uit COMV (2005)).

Element	Absorptie/benutting beïnvloed door:	Effect	Opmerking
Mg	K	negatief	-
Cu	S, Mo	negatief	met name op veengronden
Cu	Fe, Zn, Cd, Pb	negatief	in de praktijk meestal niet van belang
Se	Cu	positief	-
Se	S	negatief	-
Mn	Ca, P	negatief	in de praktijk meestal niet van belang
Zn	Cu, Fe, Cd, Pb	negatief	in de praktijk niet van belang
Fe	Zn, Mn, P	negatief	in de praktijk niet van belang

Magnesium en K zijn antagonisten, de absorptiecoëfficiënt van Mg wordt negatief beïnvloed door K. Schonewille en Beynen (2005) hebben voor drie K-niveaus in het rantsoen (laag 8-25 g K kg⁻¹ ds; midden 26-34 g K kg⁻¹ ds; hoog >35 g kg⁻¹ ds) regressieformules afgeleid voor de Mg-absorptie. Bij een laag, midden en hoog K-niveau bedroeg het absorptiepercentage van Mg respectievelijk 28, 21 en 15 %. Bij het vaststellen van de behoeftenormen voor jongvee, droogstaand en melkgevend melkvee zoals gegeven in Tabel 3-1 en Tabel 3-2 is uitgegaan van een gemiddelde absorptiecoëfficiënt van 21%, gebaseerd op een K-gehalte van ca. 30 g kg⁻¹ ds.

De absorptie en benutting van Cu wordt beïnvloed door complexe interacties met Mo, S, Fe, Zn en Cd, die in diverse publicaties uitgebreid zijn beschreven (Jongbloed et al., 2005; Ouweltjes et al., 2002; Underwood Suttle, 1999 en van den Top, 2005a). Koper vormt met Mo en S slecht oplosbare koperthiomolybdaten (CuMoO₃S, CuMoO₂S₂, CuMoOS₃, CuMoS₄). Verder wordt uit Cu en S in de pens het onoplosbare kopersulfide CuS gevormd. Koper en Fe zijn antagonisten, absorptie van Cu wordt negatief beïnvloed door hoge Fe:Cu ratios (Underwood Suttle, 1999). Ook andere tweewaardige metalen zoals Zn, Cd en Pb kunnen een interactie aangaan met Cu en vice versa, waardoor ze onderling de benutting verlagen. Als gevolg van een overmaat aan Mo, S en/of Fe kan secundair Cu-gebrek ontstaan, waarbij ondanks een voldoende hoog Cu-gehalte in het rantsoen het Cu slecht wordt benut (Underwood Suttle, 1999). De absorptiecoëfficiënt (a%) van Cu kan worden weergegeven met de volgende formule:

$$a\% = 100 \times 10^{(-1.153 - 0.0019\text{Mo} - 0.0755\text{S} - 0.0131\text{Mo} \times \text{S})} \text{ (Suttle McLauchlan, 1976)}$$

waarin Mo in mg kg⁻¹ ds en S in g kg⁻¹ ds zijn gegeven. Bij een rantsoen op basis van gemiddelde graskuil (2,8 g S kg⁻¹ ds en 2,1 mg Mo kg⁻¹ ds) bedraagt de gemiddelde absorptiecoëfficiënt voor Cu 3,6%. Bij een rantsoen op basis van gemiddelde snijmaïskuil (1,0 g S kg⁻¹ ds en 0,4 mg Mo kg⁻¹ ds) bedraagt de gemiddelde absorptiecoëfficiënt voor Cu 5,8%. Op basis van deze gegevens en rekeninghoudend met variatie in S- en Mo-gehalte in graskuil en snijmaïskuil mag men er vanuit gaan dat bij gangbare winterrantsoenen de Cu-benutting tussen 3 en 6 % ligt. De behoeftenormen die door het CVB worden gehanteerd gaan uit van een Cu-benutting van 3,6% (COMV, 2005).

De absorptie van Mn wordt mogelijk negatief beïnvloed door hoge Ca- en P-niveaus in het rantsoen (Hidiroglou, 1979). De benutting van Se wordt negatief beïnvloed door S en positief door Cu; echter de effecten zijn moeilijk kwantificeerbaar (van den Top, 2005c).

In Tabel 4-4 staan van een aantal mineralen absorptiecoëfficiënten vermeld. Van Co, Mo en Mn zijn geen absorptiecoëfficiënten bekend, vanwege gebrek aan kwantitatieve informatie uit onderzoek (Van den Top, 2005d, 2005e, 2005f).

Tabel 4-4. Absorptiecoëfficiënten (%) van verschillende mineralen.

	Absorptiecoëfficiënt (a%)	
Mg	$a\% = 34,9 - 0,45 K$ (g kg ⁻¹ ds)	(Schonewille en Beynen, 2005)
Na	90	
Cu	$a\% = 100 \times 10^{(-1.153 - 0.0019Mo - 0.0755S - 0.0131Mo \times S)}$	(Suttle McLauchlan, 1976)
Se	40	(COMV, 2005)
Zn	45	(COMV, 2005)
Fe	10	(COMV, 2005)

4.4.2 Opname van mineralen

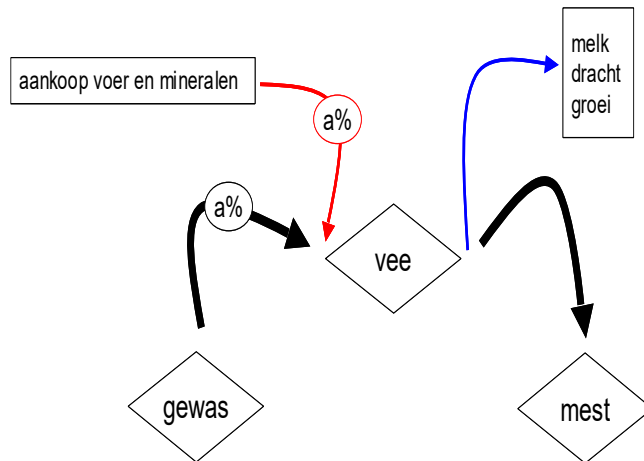
Van mineralen die worden toegediend door vrije verstrekking (likstenen/blokken of wateroplossingen) of topdressing is de werkelijke opname, zoals eerder besproken, allerm minst zeker. Bovendien bestaan er tussen dieren grote, niet te duiden, verschillen in de vrijwillige opname. Het verstrekken van mineralen via het mengvoer, in een bekende verhouding gemengd door het ruwvoer, via pensbolussen en drenches geeft de grootste zekerheid dat mineralen in de gewenste concentratie en/of hoeveelheid worden opgenomen. Bij pensbolussen en drenches is de opname van mineralen min of meer onafhankelijk van de voeropname.

De opname van mineralen die via het krachtvoer of ruwvoer(mengsels) worden aangeboden is afhankelijk van de vrijwillige voeropname van de dieren. Er zijn veel verschillende concepten die de vrijwillige voeropname beschrijven. Een veel gebruikt concept gaat er vanuit dat de opname enerzijds wordt bepaald door opnamecapaciteit van het dier (d.w.z. het vermogen om voer op te nemen en te verwerken) en anderzijds door de mate waarop een voedermiddel beslag legt op de opnamecapaciteit van het dier (bijvoorbeeld verzadigingswaarde of fill-units). De opnamecapaciteit van de koe wordt bepaald door de fysiologische status van het dier (Zom et al., 2002). Het Koemodel 2002 beschrijft de fysiologische status van het dier op basis van leeftijd, lactatiestadium, drachtigheidsstadium (Zom et al., 2002). De voerfactoren die de voeropname bepalen zijn chemische samenstelling en verteerbaarheid van het voer (Zom et al., 2002).

Het bedrijfssysteem heeft grote invloed op de voeropname op veestapelniveau of groepsniveau. Zo beïnvloedt de bedrijfsintensiteit (quotum per ha, dieren per ha) via de ruwvoerpositie (en daarmee samenhangend de aankoop van ruwvoer en krachtvoer) de voeropname. Dit zelfde geldt voor het productieniveau (dat deels samenhangt met het krachtvoerniveau). Bij beweiding wordt de voeropname verder nog bepaald door het eetbare grasaanbod, d.w.z. het aanbod van gras dat door koeien als eetbaar wordt geaccepteerd (Van der Kamp et al., 2003; Zom et al., 2002). Laat in het najaar met een relatief klein grasaanbod, waarbij tevens vaker op eerder beweide land wordt geweid, kan de drogestof opname uit weidegras laag zijn, en daarmee de opname van mineralen uit weidegras. Daarnaast hebben slecht kwantificeerbare bedrijfsspecifieke factoren zoals huisvestingssysteem en stalklimaat invloed op de voeropname.

4.4.3 Mineralen kringloop voer – dier - mest

In Figuur 4-2 is het diergerelateerde deel van de mineralenkringloop weergegeven. De mineralen die door het dier worden opgenomen, worden extern naar het vee aangevoerd via aangekocht ruwvoer, krachtvoer en mineralen (mineralenmengsels, bolussen, drenches, likstenen etc.). De interne aanvoer naar het vee is afkomstig van het ruwvoer dat is geproduceerd op het eigen bedrijf. Mineralen worden afgevoerd van het bedrijf via mest en afgevoerde dieren of vastgelegd in de veestapel.



Figuur 4-2. Mineralenstromen door het dier van voer naar mest ($a\%$ = absorptiecoëfficiënt).

De mineralen opname (min_opname) door het vee wordt berekend als:

$$\text{min_opname (g, mg of } \mu\text{g dag}^{-1}\text{)} = \text{voeropname (kg ds)} \times \text{mineralengehalte (g, mg of } \mu\text{g kg}^{-1}\text{ ds)}$$

De hoeveelheid mineralen die door het dier worden geabsorbeerd (min_absorptie) wordt berekend als:

$$\text{min_absorptie (g, mg of } \mu\text{g dag}^{-1}\text{)} = a\% \times \text{min_opname (g, mg of } \mu\text{g)}$$

Waarin $a\%$ de absorptiecoëfficiënt is. Voor de kringloopberekeningen (Hoofdstuk 7) zijn voor de absorptiecoëfficiënten van mineralen de waarden overgenomen die zijn gepubliceerd in de Handleiding Mineralenvoorziening Rundvee, Schapen en Geiten (COMV,2005).

De mineralen afvoer met dierlijke producten is berekend als:

$$\text{min_dier (g, mg of } \mu\text{g dag}^{-1}\text{)} = \text{min_melk} + \text{min_groei} + \text{min_dracht}$$

Waarin min_melk , min_groei en min_dracht respectievelijk de “mineralen in melk”, de “mineralen nodig voor groei” (kg lichaamsgewicht) en de “mineralen nodig voor dracht” zijn. Voor de kringloopberekeningen (Hoofdstuk 7) zijn de gehalten aan mineralen in dierlijke producten gebaseerd op de waarden die zijn gepubliceerd in de Handleiding Mineralenvoorziening Rundvee, Schapen en Geiten (COMV, 2005).

Mineralen nodig voor onderhoud worden gebruikt/verbruikt maar niet aangezet in dierlijk product. Deze worden weer uitgescheiden via de feces (galexcretie, spijsverteringsenzymen etc.), via urine of via verliezen van huid en haar.

De mineralen die weer terug komen in de mest (min_mest) worden daarom als volgt berekend:

$$\text{min_mest (g, mg of } \mu\text{g dag}^{-1}) = \text{min_opname} - \text{min_dier}$$

4.5 Regelgeving

De Nederlandse diervoederwetgeving is grotendeels een omzetting van voorschriften die in EU-verband zijn vastgesteld. Deze regelgeving is nu grotendeels opgenomen in de zogenaamde Kaderwet Diervoeders (18 oktober 2004). Deze wet valt onder de competentie van het Ministerie van LNV (de bevoegde autoriteit) en is kaderstellend. Voor een groot deel is de EU-wetgeving voor de diervoedersector gebaseerd op de Algemene Levensmiddelenverordening ('General Food Law') (www.pdv.nl, 2005). Naast deze wetgeving heeft de diervoedersector een regeling 'Productnormen GMP' (www.pdv.nl). Bij de normering wordt onderscheid gemaakt in actie- en afkeurgrenzen. Voor Cu en Zn betreft het afkeurgrenzen van richtlijn 1334/2003/EG. Daarnaast geeft het GMP-certificeringsschema aanvullende afkeurgrenzen voor Cu en Zn in diervoeders voor de biologische landbouw.

Verder zijn er binnen de EU richtlijnen gedefinieerd voor maximaal toegestane gehalten van spoorelementen in rundveevoeders (communautaire wetgeving). De maximum toegestane gehalten aan Se en Mo bedragen respectievelijk 0,5 en 2,5 mg per kg volledig diervoeder. Voor Cu, Zn, Fe, Co en Mn bedragen de maximum toegestane gehalten respectievelijk 35, 150, 750, 2 en 150 mg per kg volledig diervoeder.

De Voedsel en Warenautoriteit voert de controle op de diervoedernormen uit mede via de AID. Door de VWA wordt gemeten bij mengvoederfabrikanten, in mineralenmengsels, premix, voermengsels, grasdrogerijen, gras- en luzernebrok en bij zelfmengende veehouders (persoonlijke mededeling Albert Lam, VWA). PDV heeft een Databank Ongewenste Stoffen en Producten (DOS) waarin de gegevens van bedrijfseigen monitoringsprogramma's en het PDV-monitoringsprogramma worden opgeslagen. De volledige database (zware metalen, mycotoxinen, en dergelijke) is alleen toegankelijk voor bedrijven die deelnemen aan het Databankprogramma en hun gegevens op vrijwillige basis aan het PDV beschikbaar stellen (www.pdv.nl).

5 De bodem

5.1 Algemeen

Het element Mg (en soms ook Na, zoals bij bieten) en de spoorelementen Mo, Cu, Zn, Mn en Fe zijn voedingsstoffen die essentieel zijn voor een goede gewasgroei, maar die slechts in lage gehalten in de plant nodig zijn. De elementen Na, Co en Se zijn vooral van belang vanuit oogpunt van diervoeding. Te lage gehalten leiden tot gebrek en groeiremming van de plant, terwijl hoge gehalten toxisch kunnen zijn. Vanuit oogpunt van diervoeding zijn veelal gehalteniveaus gewenst die hoger zijn dan nodig voor een optimale gewasgroei (te lage gehalten vanuit oogpunt van gewasgroei komen in NL weinig voor).

De mineralen- en spoorelementenbehoefte van de veestapel wordt voor een groot deel gedekt met via het ruwvoer opgenomen nutriënten. De bodem is daarmee de basisleverancier van mineralen- en spoorelementen. Van belang is te weten:

- hoeveel een bodem kan (na)leveren; en
- welke factoren hierop van invloed zijn.

Een nauwkeurige voorspelling van wat de bodem kan naleveren aan het gewas bepaalt van te voren of extra aandacht voor de spoorelementvoorziening nodig is om het dier met voldoende mineralen of sporen te voorzien. De ondernemer kan besluiten bij een te laag verwacht gehalte dit op te lossen via bemesting of via krachtvoer en/of mineralenmengsels om zo op rantsoenniveau het vee van voldoende sporen en mineralen te voorzien. Het belang van het goed voorspellen van de beschikbaarheid voor gewasopname vanuit de bodem neemt toe om geen onnodige aanvoer van spoorelementen zoals Cu en Zn via bemesting, krachtvoer of mineralenmengsels aan te voeren naar de bedrijven.

Belangrijke vragen zijn:

- **wat bepaalt de beschikbaarheid van nutriënten in grond en welke factoren zijn hierop van invloed? en**
- **hoe nauwkeurig is de beschikbaarheid van elementen vast te stellen?**

In dit hoofdstuk wordt eerst in algemene zin ingegaan op de beschikbaarheid van elementen.

Vervolgens wordt ingegaan op de bepaling van de beschikbaarheid van elementen en de kwaliteit van de bepalingen. Aansluitend wordt in H5 per element (Mg, Na, Cu, Co, Mo, Zn, Mn, Fe en Se) specifiek toegelicht welke factoren van invloed zijn op de beschikbaarheid.

5.2 Nutriënten in de bodem

Nutriënten kunnen zich in verschillende vormen in de bodem bevinden, zowel in de vaste als in de opgeloste fase. De vier belangrijkste vormen zijn

- mineraal;
- geadsorbeerd aan bijvoorbeeld organische stof;
- gecomplexed in oplossing; en
- als vrij ion in oplossing.

De verdeling van een element over de verschillende chemische vormen heet de chemische speciatie. Er is een groot verschil tussen de totaalgehalten aan (spoor)elementen in de bodem (Tabel 5-1) en de concentratie in de bodemoplossing.

Tabel 5-1. Totaalgehalten aan spoorelementen die wereld wijd in de bodem worden aangetroffen en de concentratie aan spoorelementen in de bodemoplossing, uitgedrukt als totaalconcentratie in de bodemoplossing. Data uit Mengel & Kirkby (1987) en (Kabata-Pendias & Pendias,2001).

Element	totaalgehalte, mg kg ⁻¹	concentratie in bodemoplossing, µg L ⁻¹
Magnesium	500 – 5.000	17.000 -2400.000
Natrium	10 – 10.000	10.000-3.500.000
Koper	1 – 140	1,8-135
Kobalt	0,1-70	0,3-87
Seleen	0,005-1.9	0,08-8
Mangaan	7 – 9200	0,3-87
Zink	3,5 – 770	21 – 570
IJzer	0,2 – 100	?
Molybdeen	0,17 – 7,35	2 – 8

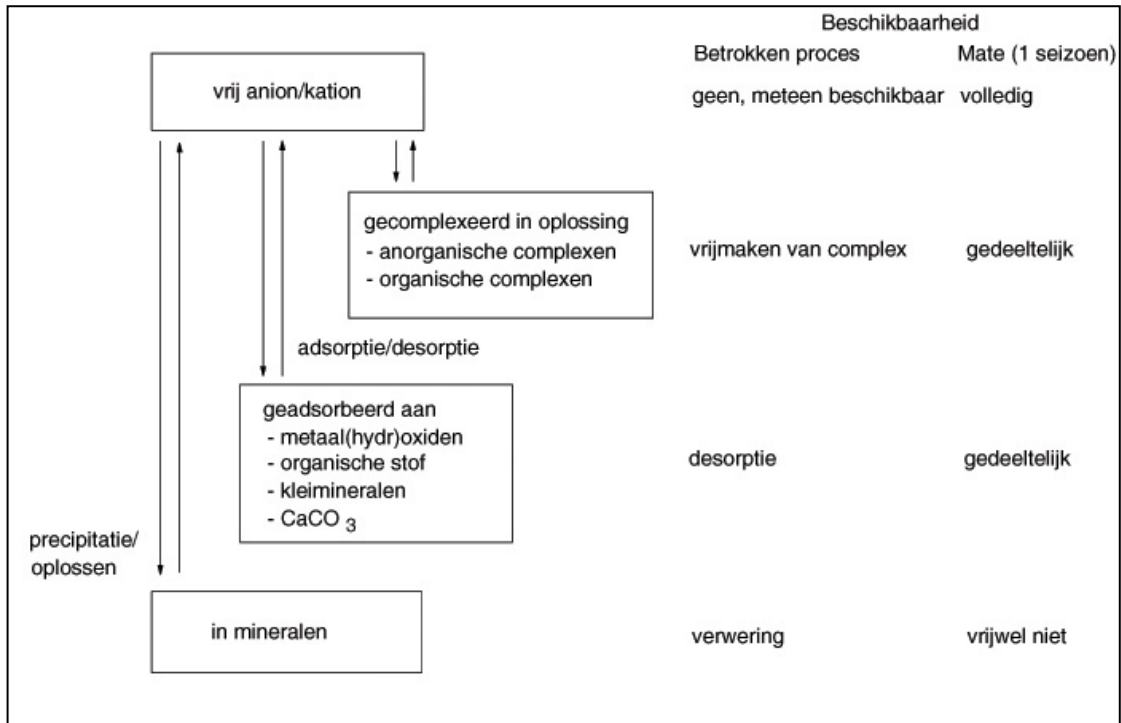
Het grootste deel van de spoorelementen in de bodem is in complexvorm aanwezig. Slechts een fractie is aanwezig als vrij ion (opneembaar voor de plant). Dit illustreert het belang van een goed inzicht in de beschikbaarheid van spoorelementen. Duidelijk blijkt dat de gehalten van de 'hoofd'elementen Na en Mg vaak een factor 1000-10000 hoger zijn dan die voor spoorelementen. Hoge gehalten aan Na en Mg worden vooral aangetroffen in de aride gebieden.

Over het algemeen komt een groot deel van de voorraad aan (spoor)elementen voor in mineralen in de bodem, waaruit deze vrij kunnen komen door vertering. Voor spoorelementen is dit doorgaans een zeer langzaam proces en zal zeer weinig bijdragen aan de beschikbaarheid van het spoorelement voor een gewas binnen een groeiseizoen. Voor Na en Mg kan op deze manier meer beschikbaar komen. Chemische evenwichten en de daarbij optredende adsorptie aan bodembestanddelen zoals ijzer-, aluminium- of mangaan(hydr)oxiden, organische stof, kleimineralen en calcië spelen een belangrijke rol in de levering van voedingselementen aan een gewas. In de bodemoplossing vormen spoorelementen complexen met anorganische en organische complexvormers, zoals opgeloste organische stof. Voor de hoofdelementen Na en Mg is dat veel minder het geval. De concentratie van het ongecomplexeerde, vrije spoorelement in de bodemoplossing hangt samen met de verschillende fracties die aanwezig zijn, de affiniteit van het spoorelement voor het voorkomen in de verschillende fracties en de pH. De mate waarin het nutriënt in bovenstaande fracties beschikbaar is of na verloop van tijd beschikbaar komt voor opname kan zeer sterk verschillen. De verdeling van een element over de verschillende fracties bepaalt in sterke mate de chemische beschikbaarheid van het element, zoals schetsmatig is weergegeven in Figuur 5-1. Doorgaans is de concentratie aan vrij spoorelement, in chemisch evenwicht met de minerale fase, (zeer) laag (veelal 10% tot 0,1% van de totale hoeveelheid in oplossing).

Factoren die de beschikbaarheid beïnvloeden

De mate waarin een nutriënt beschikbaar is, is afhankelijk van diverse factoren, zoals

- pH;
- redoxpotentiaal;
- vochtgehalte;
- temperatuur;
- interacties met andere elementen;
- organischestofgehalte; en
- de aanwezigheid van kleimineralen en metaal(hydr)oxiden.



Figuur 5-1. Schema van de belangrijkste bodemfracties waarin hoofd- en sporelementen aanwezig zijn. De processen die van invloed zijn op het beschikbaar komen van een bepaalde fractie en de mate waarin de verschillende fracties kunnen vrijkomen voor opname binnen een groeiseizoen zijn aangegeven.

De pH beïnvloedt de oplosbaarheid van stoffen, de concentratie in de bodemoplossing, de ionvorm waarin elementen voorkomen, en de mobiliteit in de bodem. Over het algemeen neemt de beschikbaarheid van Cu, Fe, Mn, Zn en Co af, en die van Mo en Se toe bij stijgende pH. Voor Na en Mg is er een minder uitgesproken effect van de pH.

De redoxpotentiaal hangt onder andere samen met de aëratie (door ontwatering en compactie) van de bodem en de bodem-pH. Oxidatie- en reductiereacties spelen vooral een rol bij Mn, Fe, Cu en Se. Het vochtgehalte van de bodem dient voldoende te zijn, zodat nutriënten gemakkelijk getransporteerd kunnen worden.

Voor temperatuur geldt dat voor de meeste elementen dat daling van de temperatuur leidt tot afname van de opname van nutriënten.

Er kan interactie optreden tussen elementen optreden. Zo kan er competitieve adsorptie optreden tussen anionen (sulfaat, fosfaat, molybdaat en organische anionen) en kationen (bijvoorbeeld calcium, magnesium en metaalkationen). Dit beïnvloedt de beschikbaarheid van sporelementen. Ook is er ioncompetitie bij de opname door de plantenwortel.

Organische stof, kleimineralen en metaal(hydr)oxiden spelen een belangrijke rol bij de adsorptie van nutriënten. Zij zorgen ervoor dat er een buffer ontstaat waar de plant uit kan putten. Heel weinig organische stof en kleimineralen is ongunstig, want dan spoelen nutriënten snel uit; een heel hoog gehalte aan klei, ijzeroxiden en organische stof is ook weer niet gunstig, want dan neemt de beschikbaarheid van de nutriënten relatief weer af, omdat zoveel geadsorbeerd wordt.

Adsorptie/desorptieprocessen zijn sterk pH-afhankelijk. De adsorptie van Mg, Zn, Cu, Fe, Mn en Co neemt toe met stijgende pH, de adsorptie van Mo en Se neemt af met stijgende pH. Natrium wordt nauwelijks geadsorbeerd.

De rol van de plant

Niet alleen de zojuist genoemde factoren beïnvloeden de beschikbaarheid van spoorelementen voor de planten, maar planten kunnen zelf ook een actieve rol spelen in de opname. Plantenwortels kunnen de chemische omstandigheden in de nabijheid van de wortel (rhizosfeer) sterk beïnvloeden door een verandering in de pH. Deze verandering van pH hangt samen met het opnamemechanisme van kationen en anionen. Opname van kationen is gekoppeld aan afgifte van H^+ en opname van anionen aan een netto afgifte van OH^- . Wanneer de opnamebalans van (kationen-anionen) negatief is, wat doorgaans het geval is wanneer N als nitraat wordt opgenomen, stijgt de pH in de rhizosfeer. Als N overwegend wordt opgenomen als ammonium, of bij planten met symbiotische stikstofbinding, is de opnamebalans van (kationen-anionen) positief en daalt de pH in de rhizosfeer (Aquilar & Van Diest, 1981; Gahoonia et al., 1992; Thomson et al., 1993). Door een verandering van de pH in de rhizosfeer verandert ook de beschikbaarheid van spoorelementen. Bijvoorbeeld een pH-stijging in de rhizosfeer zorgt voor een verminderde beschikbaarheid van Mg, Cu, Zn, Mn, Fe en Co, maar voor een verbeterde beschikbaarheid van Mo en Se. Dit betekent dus dat de vorm waarin N wordt opgenomen een belangrijke rol speelt bij de opname van mineralen.

Plantenwortels scheiden diverse organische verbindingen uit, bijvoorbeeld suikers, enzymen, organische zuren, en in bijzondere gevallen phytosideroforen: stoffen die zorgen dat bepaalde elementen gemakkelijker opgenomen kunnen worden. De uitscheiding van organische zuren uit de wortels van sommige plantensoorten kan sterk toenemen door fosfaatgebrek om, meer P op te kunnen nemen. De capaciteit van wortels om phytosideroforen uit te scheiden en om Fe of Mn te reduceren verschilt sterk tussen plantensoorten en tussen rassen van een soort (Römheld & Marschner, 1990; Marschner, 1995).

5.3 Grondonderzoek als indicator voor de beschikbaarheid in de bodem

5.3.1 Bepaling van de beschikbaarheid met achtergronden

De ontwikkeling van grondonderzoeksmethodieken kwam in de twintiger jaren van de vorige eeuw op gang en werd sterk geïntensiveerd na 1945. Veel van de analysetechnieken in de huidige Bemestingsadviesbasis dateren dan ook uit de periode 1950-1965. De ontwikkelde technieken zijn vooral gebaseerd op "trial and error" onderzoek (Van Erp en Van Beusichem, 1998). Diverse extractiemiddelen zijn in het verleden getest om vast te stellen of ze agressief genoeg waren om verschillen in nutriëntgehalte tussen gronden vast te stellen. Deze verschillen zijn vervolgens gerelateerd aan opbrengst- en respons proeven op bemesting. Deze correlatieve benadering heeft ertoe geleid dat in Nederland ieder element ook zo'n beetje zijn eigen bepalingsmethode heeft (Tabel 5-2). Voor micronutriënten worden daarbij agressievere middelen gebruikt dan bij macronutriënten om de geringe beschikbare hoeveelheden in grond te kunnen vaststellen.

Tabel 5-2. De gangbare analysemethodieken.

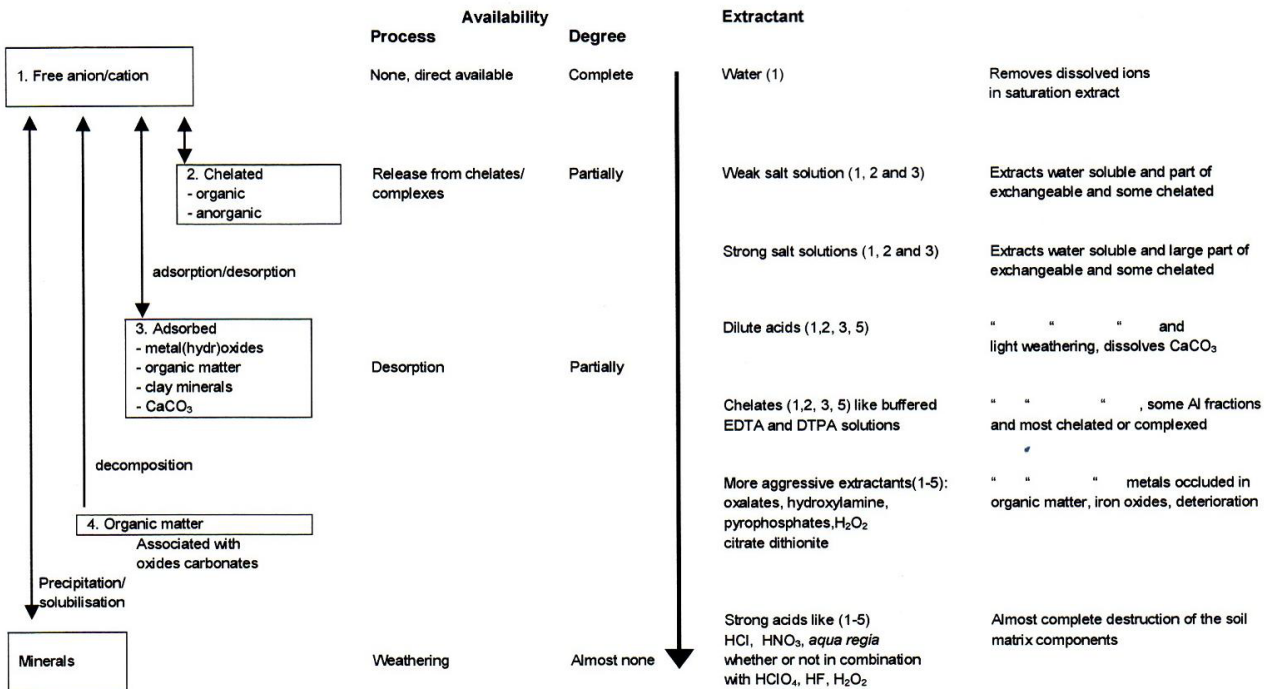
Parameter	extract	schudverhouding	parameters nodig voor interpretatie
pH	1 M KCl	1:5 (m/v)	bodemtype, organische stof, silt fractie (< 16 µm), gewasrotatie
K,Na	0,1M HCl+0,2 M oxaalzuur	1:10 (m/v)	bodemtype, organische stof, silt fractie (< 16 µm), pH-KCl
Mg	0,5 M NaCl	1:5 (m/v)	bodemtype, organische stof,
N-mineraal	0.01 M CaCl ₂	1:2 (v/v)	bodemtype, gewas
Pw	Water	1:60 (v/v)	bodemtype, gewas
PAL	0,1 M ammoniumlactaat + 0,4 M acetaat	1:20 (m/v)	
B	kokend water	1:10 (m/v)	gewasrotatie
Co	0,4 M azijnzuur	1:40 (m/v)	
Cu	0,43 M salpeterzuur	1:10 (m/v)	gewas
Mn-reductie	1 M ammoniumacetaat +0,002 M hydroquinone	1:20 (m/v)	organische stof, C/N ratio
Mo	1 M oxaalzuur en 0,175 M ammoniumoxalaat, pH 3.25	1:10 (m/v)	
Zn	0,4 M azijnzuur	1:40 (m/v)	

* voor Se en Fe zijn in NL geen protocollen beschikbaar.

* voor Mo is er wel een analyseprotocol maar is er in NL geen advies.

Figuur 5-2 laat nogmaals schematisch zien in welke vormen spoorelementen aanwezig zijn in grond. Ruwweg neemt de hoeveelheid van een element af in volgorde mineraal > geadsorbeerd > gecomplexeerd (gechelateerd) > vrij kation/anion. Het vrije kation/anion is de vorm die direct wordt opgenomen door plantenwortels (Marschner, 1995). Het vrijkomen uit (natuurlijke) chelaten, de desorptie en verwerkingssnelheid (meestal erg laag) bepalen de naleveringscapaciteit van de bodem.

Rechts in Figuur 5-2 zijn groepen van extractiemiddelen weergegeven. De hoeveelheid geëxtraheerd neemt ruwweg af in de richting van sterke zuren naar water. Extractie met water of een extractie met een verdunde zoutoplossing geeft een goede indruk van wat beschikbaar is of via uitwisseling beschikbaar kan komen. Echter, de relatieve hoge concentratie benodigd voor analytische detectie was/is een belangrijke reden waarom zwakke extractiemiddelen weinig werden/worden gebruikt. Veel inspanning was gericht op extractiemiddelen gebaseerd op zwakke of sterke zuren, zoutoplossingen, complexeerdere of mengoplossingen van deze om te voldoen aan de relatieve hoge detectielimieten van destijds (1950-1965).



Figuur 5-2. Schema van de belangrijkste fracties waarin hoofd- en spoorelementen in de bodem aanwezig zijn. De processen die van invloed zijn op het beschikbaar komen van een bepaalde fractie, de mate waarin de verschillende fracties kunnen vrijkomen voor opname binnen een groeiseizoen en type extractiemiddel dat van invloed is op het vrij maken van (micro)nutriënten uit een bepaalde fractie zijn aangegeven. Het is slechts een grove indicatie van wat de belangrijkste fracties zijn die (micro)nutriënten vrij maken voor de bodemoplossing (Bussink & Temminghoff, 2004).

De bemestingsadviesbasis voor de elementen Mg, Na, Cu, Zn, Mn is gebaseerd op verschillende extractiemethoden. Dit is duur. Internationaal is daarom de trend om multinutriënt extracties uit te voeren. Jones (1998) geeft voorbeelden van universele extractiemiddelen. In Duitsland wordt sinds kort het multinutriënt extractiemiddel 0,01 M CaCl₂ + 0,002 M DTPA gebruikt om spoorelementen gehalten vast te stellen (VDLUFA 2004). In Nederland heeft Houba et al., (1990) 0,01 M CaCl₂ voorgesteld als universeel extractiemiddel voor zowel hoofd- als spoorelementen en later ook voor zware metalen. Dit resulteerde uiteindelijk in een algemeen geldend analyseprotocol (Houba et al., 2000). Van Erp et al. (1998) geven in een literatuuroverzicht een overzicht van de relatie tussen de hoeveelheid geëxtraheerd en gewasrespons. De kwaliteit van de relaties varieert van matig tot zeer goed ($R^2 > 90\%$). Van Erp (2002) concludeerde dat 0,01 M CaCl₂ een veelbelovende procedure is voor een beter nutriëntenmanagement in de nabije toekomst. Zeker indien gebruik wordt gemaakt van de kennis in de bodemchemie. Extractie met 0,01 M CaCl₂ wordt in Nederland en in het buitenland nu onder andere toegepast voor het vaststellen van de biobeschikbaarheid van zware metalen.

In zijn algemeenheid dient een goed extractiemiddel informatie te geven over:

- de hoeveelheid die direct beschikbaar is in de bodem (intensiteit); en
- de hoeveelheid die gemakkelijk in oplossing kan komen om de door de plant opgenomen hoeveelheid te vervangen (capaciteit of hoeveelheid).

Voor een optimale gewasgroei cq het realiseren van een bepaalde gewenst gehalte in het gewas, dienen de nutriëntconcentraties in de bodemoplossing boven een bepaalde waarde te blijven. Een

groeïend gewas zal eerst de direct beschikbare hoeveelheid opnemen. Het gehalte in de bodemoplossing zal daardoor dalen. Vervolgens bepaald de hoeveelheid die gemakkelijk in oplossing kan gaan of een zekere minimumconcentratie in de bodemoplossing gehandhaafd kan blijven om zo optimale gewasgroei of een gewenst gehalte in het gewas te realiseren. Bemesting is nodig indien dit niet het geval is. Dit concept is uitstekend beschreven door Mengel & Kirkby (1987). Echter wanneer er maar één extract wordt gebruikt per element is het minder goed mogelijk om onderscheid te maken tussen intensiteit en capaciteit. Het resultaat kan zijn dat de correlatie coëfficiënt tussen gewasrespons en grondanalyseresultaat relatief laag is. Twee typen extractie, één voor intensiteit en één voor capaciteit is in principe een betere benadering maar duurder en daardoor nu niet gebruikelijk.

5.3.2 Ontwikkelingsperspectief en behoefte naar bepaling beschikbaarheid in grond

De afgelopen decennia is detectielimiet voor het meten van spoorelementen enorm omlaag gegaan (Bussink & Temminghoff, 2004). Daardoor kan van diverse agressieve extractiemiddelen geswicht worden naar één zwak extractant (bijvoorbeeld met 0,01 M CaCl_2). Deze weerspiegelt beter wat er werkelijk beschikbaar is. Bovendien maakt dit het mogelijk om recht te doen aan het feit dat de gewasrespons voor een element niet alleen afhankelijk is van het betreffende element, maar ook van de overige elementen in de bodemoplossing en de vaste fase van de bodem (klei, zand, oxiden en organischestof). Zogenaamde multi-nutriënt gebaseerde bemestingsadviezen worden daarmee mogelijk en kan de beoordeling van spoorelement beschikbaarheid voor het gewas belangrijk verbeteren.

Bijkomende voordelen zijn dat:

- voor veel spoorelementen minder voederwaarde onderzoek nodig is om vast te stellen of spoorelement niveaus adequaat, te laag of te hoog zijn. Immers er kan beter worden voorspeld welk gehalte aan spoorelementen in het gewas te verwachten is.
- voor elementen als Zn, Se, Fe en Mo beschikbaarheidsindices kunnen worden ontwikkeld.

In het fysisch-chemisch grondonderzoek zijn de afgelopen decennia nieuwe inzichten ontstaan in het begrijpen van bodemchemische processen en hoe deze processen ingrijpen op de beschikbaarheid van (spoor)elementen. Dit betekent het met behulp van modellen toepassen van kennis over de nalevercapaciteit van de vaste fase (ad- en desorptiegedrag van klei, oxiden en organischestof en het complexatiegedrag van in de bodemoplossing aanwezige (in)organische liganden), in de evaluatie van grondanalyse resultaat. Van Erp (2002) toont in een voorbeeld aan dat de beschikbaarheid van Mg zo te beschrijven is. Uit werk van Wageningen Universiteit blijkt dat het gedrag van diverse zware metalen (waaronder Cu en Zn) inmiddels goed te beschrijven is. Temminghoff et al. (1998) kon voor Cu een directe relatie ontwikkelen tussen het extractie resultaat met 0,01 M CaCl_2 en het adsorptie/desorptie gedrag van de vaste fase. Bovendien gaf dit een beter verband met de opname door gras dan extractie met 0,43 M HNO_3 extractie. McLaren et al., (1987) vond een goede relatie tussen 0,01 M CaCl_2 extractie en gewasopname voor Co, in het bijzonder wanneer rekening wordt gehouden met de pH.

Het bovenstaande betekent dat indien de samenstelling van de vaste fase bekend is en de concentratie aan (spoor)elementen met een zwak extractant is bepaald, dat het dan mogelijk is om de beschikbaarheid van een spoorelement voor gewasopname nauwkeuriger en op meer fundamentele grondslag te voorspellen.

Het vaststellen van de compositie van de vaste fase kan relatief duur zijn, maar is slechts iedere 5-10 jaar nodig. Bovendien zijn goedkope technieken in opkomst. Niet invasieve technieken zoals nabij infrarood spectroscopie (NIR) of mid infrarood spectroscopie (MIR) hebben een groot potentieel. Chang

et al. (2001) heeft 33 chemische, fysische en biologische parameters van 802 grondmonsters getest afkomstig uit 4 gebieden van de VS. Zij lieten zien dat totaal C, totaal N, CEC (kationenuitwisselingscapaciteit), zand en silt hoeveelheid relatief nauwkeurig voorspeld konden worden. Recentelijk bevestigde Brown et al., (2006) deze bevindingen. In Nederland heeft Blgg recentelijk NIR voor grondonderzoek geïntroduceerd. In Australië wordt MIR al enkele jaren toegepast in routine matig grondonderzoek. Daarbij worden onder andere klei, zand, silt, totaal C, CEC en de kationen compositie van de CEC gemeten.

Een andere belangrijke omissie in het bemestingsonderzoek tot nu toe is dat 'single'-nutrient adviezen zijn (bij Na-advies wordt wel rekening gehouden met het K-getal). Dit wil zeggen dat de interpretatie van het bodemkengetal voor een nutriënt onafhankelijk is van het niveau/beschikbaarheid van andere nutriënten. Terwijl algemeen bekend is dat bijvoorbeeld de opname van Na door een gewas niet alleen door K maar ook door de overige kationen en anionen in de bodemoplossing en door de stikstofvoorziening wordt bepaald. Hetzelfde geldt vice versa ook voor Mg en andere nutriënten. Multi-nutriënt extractie maakt het mogelijk om elementen in hun onderlinge samenhang te bezien (Van Erp, 2002). Het belang neemt nog toe nu bijvoorbeeld de bemesting met stikstof en fosfaat terugloopt.

Samengevat

De Bemestingsadviesbasis voor de elementen Mg, Na, Cu, Co en Mn is gebaseerd op verschillende extractiemethoden (Tabel 5-2) (voor Se, Mo en Zn zijn er geen adviezen). In zijn algemeenheid betreft het "single"-nutriënt adviezen. Extractie met een zwak elektrolyt in combinatie met meting van de eigenschappen van de vaste fase en het toepassen bodemchemische kennis biedt mogelijkheden om de opname van spoor- als hoofdelementen door het gewas beter te voorspellen. Het nauwkeurig voorspellen van wat de bodem kan naleveren aan het gewas bepaalt van te voren of extra aandacht voor de sporelementvoorziening nodig is om het dier met voldoende mineralen of sporen te voorzien. De ondernemer kan besluiten bij een te laag verwacht gehalte dit op te lossen via bemesting, via krachtvoer en/of mineralenmengsels om zo op rantsoenniveau het vee van voldoende sporen en mineralen te voorzien.

6 Beschikbaarheid en Bemesting

6.1 Magnesium (Mg)

6.1.1 Algemeen

Magnesium is een essentieel element voor plant en dier. Gras neemt Mg op in de vorm van het magnesiumion (Mg^{2+}). Bij de bemesting en het grondonderzoek worden de benodigde hoeveelheden magnesium uitgedrukt als magnesiumoxide (MgO). In Nederland bevat de grond in het algemeen voldoende Mg voor een optimale grasgroei. Om substantieel bij te kunnen dragen aan de Mg-voorziening van het melkvee dient het Mg-gehalte van het gras aanmerkelijk hoger te zijn. Daarom wordt de Mg-bemesting van grasland vooral benaderd vanuit het oogpunt van de diergezondheid.

Gebrek kan optreden doordat het Mg-gehalte van het rantsoen te laag is, of doordat Mg uit het rantsoen onvoldoende wordt benut (Kemp et al., 1960). Het Mg-gehalte in gras en kuilen varieert sterk. Zo varieerde het Mg-gehalte in voorjaarskuilen op bedrijven uit het project Koeien & Kansen bijvoorbeeld van 1,48 – 2,54 g Mg kg^{-1} ds (Den Boer en Bakker, 2005). De Mg-behoefte bij jongvee is gedekt als het rantsoen 1,7-1,9 g Mg kg^{-1} ds bevat. Voor melkkoeien met een productie van 40 kg melk per dag is de behoefte 2,4 g Mg kg^{-1} ds (COMV 2005). Aandacht voor de Mg-voorziening is dus zeker op zijn plaats.

6.1.2 Magnesiumbeschikbaarheid in grond

Het meeste Mg wordt aangetroffen in kleigronden (aanwezig in bijvoorbeeld het kleimineraal illiet). Het Mg-gehalte varieert tussen 0,05% voor zandgronden en 0,5% voor kleigronden. Indien er kalk aanwezig is in de bodem, dan kan hier ook Mg inzitten. Slechts weinig (minder dan 1%) van het in de bodem aanwezige Mg is geassocieerd aan de organische stof. Ongeveer 5% (Mengel & Kirkby, 1987) van het totaal aan Mg is uitwisselbaar. Deze hoeveelheid tezamen met de oplosbare Mg bepaalt de hoeveelheid die beschikbaar is voor het gewas. Veelal varieert de hoeveelheid Mg in de bodemoplossing tussen 12 en 30 mg l^{-1} . Magnesium is relatief mobiel en kan gemakkelijk uitspoelen, maar in veel gronden is de hoeveelheid Mg die vrijkomt door verwerking in balans met de hoeveelheid die uitspoelt. Het effect van pH op de Mg-beschikbaarheid is gering. Pas bij hogere pH's (>7,0) wordt deze minder.

6.1.3 Basis voor het bemestingsadvies met magnesium

6.1.3.1 Het bemestingsadvies

Tabel 6-1. Waardering en advies voor Mg-bemesting op zand, dalgrond en löss (CBGV 2005).

Waardering	MgO-gehalte grond, (mg kg^{-1}) (0-10) cm	bemesting in kg MgO ha^{-1}	
		1 ^e jaar	2 ^e jaar
Laag	<71	200	50
vrij laag	71 – 136	100	50
Voldoende	137 – 219	50	50
Hoog	>219	0	0

Opmerkingen:

- Het advies geldt bij toepassing van Mg in de vorm van magnesiumsulfaat (kieseriet) of dierlijke mest. De werking van Mg in magnesiumcarbonaat is bij najaars- en voorjaarstoediening respectievelijk circa 50% en 25% van de werking van magnesiumsulfaat. De nawerking van magnesiumcarbonaat is echter groter dan die van magnesiumsulfaat.
- Het is niet zinvol om bij hoge Mg-toestanden nog extra Mg te verstrekken. Het risico bestaat dan dat de Ca-voorziening van het gras in gevaar komt.

Het Mg-bemestingsadvies (Tabel 6-1) voor zand, dalgrond en löss bestaat uit een advies voor het eerste jaar na grondonderzoek en een advies voor latere jaren (Er is geen officieel advies voor de bemesting met Mg op klei en veen). Met het advies voor het eerste jaar wordt de Mg-toestand op de waardering 'voldoende' gebracht. Het advies voor latere jaren is erop gericht de toestand te handhaven en kan worden gezien als een onderhoudsbemesting. Het bemestingsadvies (CBGV 2005) is gericht op het:

- op een redelijk peil ($\pm 150 \text{ mg MgO kg}^{-1}$ grond) brengen of handhaven van de Mg-toestand; en
- bereiken van zodanige Mg-gehalten in het gras dat buiten de kopziekteperioden een goede Mg-voorziening van het vee mag worden verwacht.

6.1.3.2 Verband tussen magnesium in grond en gras

Onderzoek naar de relatie tussen het MgO-gehalte in grond en het Mg-gehalte in gras vond in eerste instantie plaats op zandgrond. In 1962 zijn voor het eerst richtlijnen opgesteld voor de Mg-bemesting op zandgrond. In 1972 zijn deze uitgebreid met richtlijnen voor löss. Op zand en löss kreeg een gehalte van meer dan $250 \text{ mg MgO kg}^{-1}$ grond de waardering hoog. Een waarde van $250 \text{ mg MgO kg}^{-1}$ grond bij een bemonsteringsdiepte van 0-5 cm is vergelijkbaar met $219 \text{ mg MgO kg}^{-1}$ grond bij een bemonsteringsdiepte van 0-10 cm (Tabel 6-1). Op kleigrond komen vrij veel waarden voor tussen 200 en $300 \text{ mg MgO kg}^{-1}$ grond, maar er komen ook waarden voor van meer dan $1.000 \text{ mg MgO kg}^{-1}$ grond. Op veengrond is het gehalte vrij gelijkmatig gespreid tussen 200 en meer dan $1.000 \text{ mg MgO kg}^{-1}$. Voorsnog bleek het niet mogelijk op basis van grondonderzoek een advies op te stellen voor de Mg-bemesting op klei en veen.

Sluijsmans (1962) gebruikte de gegevens van het Bodem-Plant-Dieronderzoek in Borculo (Kemp, 1960) om na te gaan of de extractie van de grond met een 0,5 N NaCl-oplossing de beschikbaarheid van Mg voor het gewas kon weergeven. Deze extractiemethode was reeds in gebruik op bouwland. Er bleek een positief verband te bestaan tussen het Mg-gehalte in grond en in gras. Het ruw eiwitgehalte van het gras en de hoeveelheid kruiden in het grasbestand hadden een positieve invloed op het Mg-gehalte van het gras. De kali-toestand van de grond had hierop een sterk negatieve invloed. Om de basis van het Mg-advies te verstevigen is in 1962 een serie interprovinciale magnesium-kalium-proeven aangelegd. Op basis voor dit onderzoek zijn de richtlijnen voor het huidige Mg-bemestingsadvies opgesteld.

In 1970 publiceerde Kemp (Kemp, 1970) de resultaten van een achtjarig onderzoek op intensief gebruikt grasland. Het bleek mogelijk het Mg-gehalte van het gras te verhogen van $1,5 \text{ g Mg}$ naar $2,5 \text{ g Mg kg}^{-1}$ ds, mits het advies voor de kalibemesting niet werd overschreden. Door de hoge Mg-giften daalde het Ca-gehalte van het gras op de zandgronden aanzienlijk. Om het risico van een te laag Ca-gehalte in het gras te voorkomen is besloten het advies erop gericht te laten zijn om een basisniveau voor Mg in grond te handhaven. Als gewenst niveau op zandgrond is $150 \text{ mg MgO kg}^{-1}$ grond vastgesteld. Bij dit niveau mag verwacht worden dat het Mg-gehalte van het gras gedurende een groot deel van het seizoen voldoende hoog is. De giften bij de verschillende waarderingsklassen bleven ongewijzigd (Tabel 6-1).

Na 1985 zijn de resultaten van de interprovinciale proeven opnieuw bewerkt (Sluijsmans 1987). Bij deze bewerking is met behulp van meervoudige regressie vastgesteld dat het Mg-gehalte in het gras beïnvloed wordt door meerdere factoren. Er is een positieve samenhang met de Mg-bemesting, het Mg-gehalte in de grond en het N-gehalte in het gras. Er is een negatieve samenhang met de kalibemesting, het K-getal en het organische stofgehalte van de grond. Daarnaast is er een invloed van het gehalte aan slib en van de pH. Ook een koud en nat voorjaar bleek het optreden van een laag Mg-gehalte te bevorderen. Duidelijk werd ook dat de huidige extractiemethode met 0,5 N NaCl-oplossing de

beschikbaarheid van Mg voor het gras niet optimaal weergeeft (Henkens, 1990).

6.1.3.3 Klei en veen

Het interprovinciale onderzoek leverde ook informatie op over klei en veen. Het Mg-gehalte bleek veel hoger te zijn dan bij zandgronden, zonder dat dit een noemenswaardige invloed had op het Mg-gehalte in gras. Tot op heden is het niet goed mogelijk om met de huidige grondextractiemethode een indicatie te geven van de Mg-beschikbaarheid op klei en veen voor het gras. Dat wil echter niet zeggen dat op klei en veen het Mg-gehalte in gras door bemesting niet is te verhogen. Het effect van de bemesting met 100 kg MgO per ha als kieseriet op het Mg-gehalte van gras op verschillende grondsoorten is gegeven in Tabel 6-2. Bemesten met 100 kg MgO per ha verlaagde het Ca-gehalte op zandgrond met 0,5 g Ca kg⁻¹ ds. Op veen en klei was dit respectievelijk met 0,25 en 0,15 g Ca kg⁻¹ ds (Sluijsmans, 1967).

Tabel 6-2. Verhoging van het Mg-gehalte van gras (g Mg kg⁻¹ ds) door 100 kg MgO ha⁻¹ in het voorjaar als kieseriet (Sluijsmans, 1967).

Grondsoort	voorjaar	herfst
Zand	0,36 – 0,54	0,18
Veen	0,41 – 0,48	0,18
Klei	0,24 – 0,30	0,12

In later onderzoek (Den Boer, 1998) is gedurende 3 jaar jaarlijks 100 kg MgO ha⁻¹ gegeven op zand- en veengrond. Deze is gegeven in de vorm van een N-meststof waaraan kieseriet was toegevoegd en als Stikstofmagnesia, waarin Mg aanwezig was als dolomiet. De Mg is met de N gespreid over het seizoen toegediend. Magnesium toegediend als kieseriet verhoogde het Mg-gehalte in het gras op zandgrond met 0,53 en op veengrond met gemiddeld 0,32 g Mg kg⁻¹ ds. De verhoging door Mg toegediend als dolomiet was 50 % van de verhoging van het Mg-gehalte bij toediening in de vorm van kieseriet. Het Ca-gehalte in het gras werd op zandgrond met 0,45 en op veen met 0,2 gram Ca kg⁻¹ ds verlaagd. Er is geen officieel advies voor de bemesting met Mg op klei en veen. Blgg hanteert wel een advies voor bemesting met Mg op klei- en veengronden. In dit advies is ook rekening gehouden met andere bodemfactoren die van invloed zijn op de beschikbaarheid van Mg.

6.1.4 Magnesiummeststoffen

Op grasland gebruikte Mg-meststoffen zijn kieseriet en stikstofmagnesia. In kieseriet is de Mg aanwezig als magnesiumsulfaat en deze is snel beschikbaar voor het gewas. In stikstofmagnesia is Mg aanwezig in de toegevoegde dolomiet. Deze Mg komt minder snel beschikbaar voor het gewas. De nawerking is echter groter dan die van kieseriet. Mest bevat 1,3 kg Mg m³. Deze Mg is even snel beschikbaar als die uit kieseriet. Met 40 à 50 m³ mest ha⁻¹ wordt in de jaarlijkse onderhoudsbemesting voorzien.

6.1.5 Voorspelbaarheid

In Hoofdstuk 6.1.3.2 is aangegeven dat het Mg-gehalte in gras, naast het MgO-gehalte van de grond en de Mg-bemesting afhankelijk is van meerdere bodemfactoren. Ook de kali- en N-bemesting spelen een rol. De voorspelbaarheid is aanzienlijk te verbeteren door het toepassen van de multi-nutriënt methode. Door koppeling in de database van percelen waarvan grond en gewasonderzoek bekend is de voorspelbaarheid nog verder te verhogen.

6.1.6 Akkerbouw en voedergewassen

Het advies voor Mg-bemesting op akkerbouwgewassen en snijmaïs is niet gericht op het realiseren van

een gewenst gehalte in het gewas maar op het voorkomen van Mg-gebrek in deze gewassen. In snijmaïs kan bij een te krappe Mg-voorziening Mg-gebrek (gele strepen tussen de bladnerven) optreden, waardoor de opbrengst achterblijft. Op bouwland is het daarom belangrijk de verliezen door uitspoeling en de onttrekking door het gewas te compenseren. Voor maïsland waarop weinig mest komt is de voorziening met Mg een aandachtspunt.

6.2 Natrium (Na)

6.2.1 Algemeen

Gras neemt Na op in de vorm van het natriumion (Na^+). Bij de bemesting en het grondonderzoek worden de benodigde hoeveelheden Na uitgedrukt als natriumoxide (Na_2O). Natrium is niet essentieel voor de grasgroei. Wel kan Na in de plant de rol van K gedeeltelijk overnemen. Dit zal zich vooral voordoen bij een kali-tekort. Daarnaast is Na van invloed op de vochtthuishouding. Voldoende Na maakt gras minder droogtegevoelig. Voor maïs is Na essentieel, maar zeer lage concentraties volstaan om de behoefte van het gewas te dekken (0,02 %). In maïs wordt ongeveer de 10-voudige concentratie aangetroffen. Natrium is een essentieel element voor de diervoeding en heeft diverse functie in het dier. Bovendien is Na van invloed op de smakelijkheid van gras en daarmee op de grasopname en mogelijk ook op de melkproductie (Chiy and Phillips, 1991). Het Na-gehalte in gras en kuilen in de praktijk varieert sterk. Zo varieerde het Na-gehalte in voorjaarskuilen op bedrijven uit het project Koeien & Kansen bijvoorbeeld van 0,86 – 4,65 g Na per kg drogestof (Den Boer en Bakker, 2005).

6.2.2 Natriumbeschikbaarheid in grond

Natrium komt in bodemmineralen zoals veldspaten voor. Hieruit kan het vrijkomen door verwerking. In de bodemoplossing is Na veelal in ionvorm (Na^+) aanwezig. Complexvorming met anionen is relatief onbelangrijk. Het Na-ion wordt zwak geadsorbeerd door het bodemcomplex. Onder Nederlandse omstandigheden maakt het rond de 1-2 % van de Cation Exchange Capacity (CEC) uit (Bolt et al., 1978). Van deze Nederlandse gronden hebben de zandgronden de laagste CEC en kunnen dus maar weinig Na adsorberen. De geringe bindingsactiviteit in combinatie met de uitspoelingsgevoeligheid van Na zorgt ervoor dat de Na-beschikbaarheid (zeker na een natte winter) sterk kan dalen en van jaar tot jaar kan variëren. Vanwege de uitspoelingsgevoeligheid is het voor de praktijk zinvol om grondbemonstering voor Na pas kort voor het bemestingsseizoen uit te voeren. In de kuststreek kan Na-depositie een belangrijke aanvoerbron zijn met hoeveelheden oplopend tot ruim 70 kg $\text{Na}_2\text{O ha}^{-1}$.

6.2.3 Basis voor het bemestingsadvies met natrium

6.2.3.1 Het bemestingsadvies voor grasland

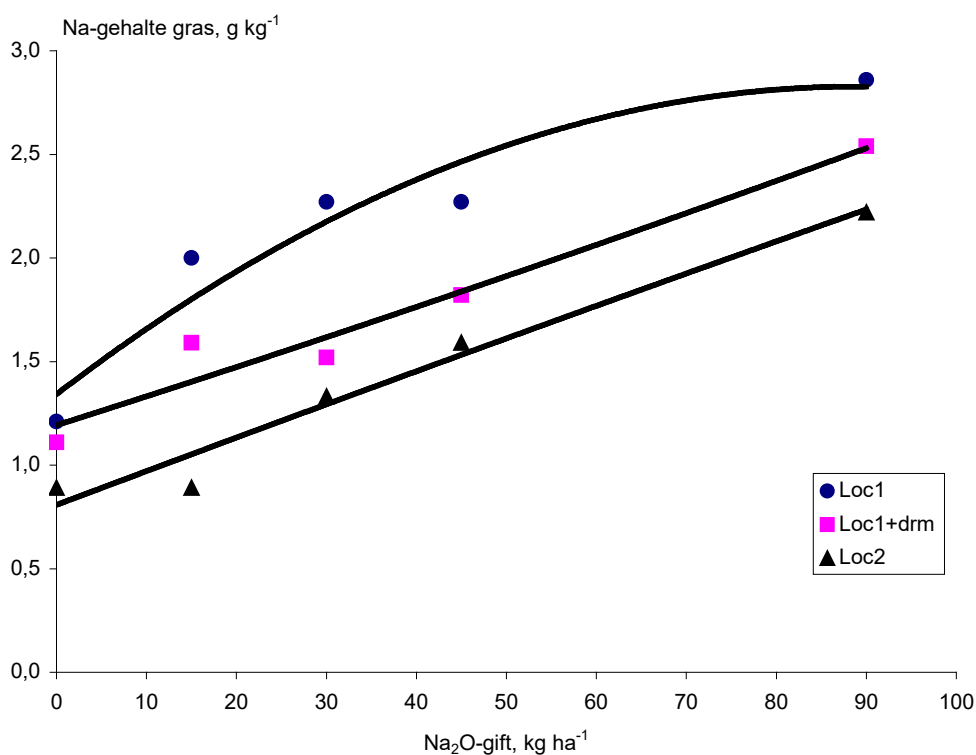
Het Na-advies is niet gericht op opbrengstverhoging, maar wordt uitsluitend gegeven met het oog op de veegezondheidstoestand. In de bemestingsadviesbasis is het advies afhankelijk van de grondsoort, het Na-gehalte in de grond en van het K-getal. Tabel 6-3 geeft het advies voor zand- en dalgrond in het jaar na grondonderzoek. Natrium is mobiel en spoelt gemakkelijk uit. Het advies voor latere jaren is daarom hoger. Zie www.bemestingsadvies.nl voor het advies in latere jaren en voor andere grondsoorten. Het advies is grotendeels gebaseerd op werk van Oostendorp & Harmsen (1961 & 1964) en Henkens & Van Luit (1963) op basis van proeven uit de vijftiger en begin zestiger jaren. Later is dit aangevuld met berekeningen van Sluijsmans (1987) en Henkens (1987). Daarbij is ook een advies voor veengronden tot stand gekomen en zijn enkele kleine correcties voor zand en klei doorgevoerd. Voor de exacte achtergronden van het huidige advies wordt verwezen naar Henkens (1988-0).

Tabel 6-3. Waardering en advies voor de Na-bemesting op zand- en dalgrond in het jaar na grondonderzoek in $\text{kg Na}_2\text{O ha}^{-1}$.

Waardering	Na ₂ O-gehalte grond, $\text{mg } 100\text{g}^{-1}$		K-getal			
	0-10cm		laag	voldoende	ruim voldoende	overig
Laag	<2		50	70	80	110
vrij laag	2-4		20	50	60	90
voldoende	5-8		0	0	10	40
ruim voldoende	9-11		0	0	0	0
Hoog	>11		0	0	0	0

6.2.3.2 Natriumopname door het gras

Niet alleen de grondsoort, de voorraad Na in de bodem, het K-getal en de Na-bemesting bepalen hoeveel Na wordt opgenomen. Ook de bemesting met kali en de hoeveelheid Mg en Ca zijn van invloed op de Na-opname door gras (Bussink & Valk, 2005).



Figuur 6-1. Het effect van Na-bemesting op het Na-gehalte van 1^e snede gras op zandgrasland in 1985. Het Na₂O-gehalte van de grond was op Loc1, Loc1+drm en Loc 2 respectievelijk 3,7, 2,9 en 2,6 bij een K-toestand voldoende. De Mg-toestand was op Loc2 zeer hoog.

6.2.4 Natriummeststoffen

Natriumbemesting met minerale meststoffen vindt overwegend plaats met landbouwsout (NaCl). Landbouwsout is goed oplosbaar en direct beschikbaar voor opname door het gewas. Landbouwsout is

minder goed strooibaar. Daarom verdient het aanbeveling gekorrelde soorten te strooien als graszout en weidezout. Daarnaast zijn er nog een aantal andere meststoffen die meer of minder Na bevatten zoals een aantal kalizouten. Het in mest aanwezig Na is vrijwel volledige in oplosbare vorm aanwezig. De werking van Na uit mest of uit minerale meststoffen verschilt dan ook niet.

6.2.5 Voorspelbaarheid

De benutting van Na toegediend met mest of minerale meststoffen is behalve van de Na-gift sterk afhankelijk van andere factoren als de N-, K-, Mg-bemesting en de K- en Mg-toestand van de grond. De benutting van Na is in proeven zelden vastgesteld. Op basis van berekeningen kan deze naar schatting variëren tussen 10-50% van de toegediende hoeveelheid meststof. Door rekening te houden met de genoemde factoren en toepassen van de multi-nutriënt benadering, kan het Na-gehalte redelijk worden voorspeld (Bussink & Valk, 2005).

Het laatste decennium lijkt de Na-beschikbaarheid in grond te zijn afgenomen, mogelijk als gevolg van nattere winters. Daar in Nederland de N-bemesting daalt, de K-bemesting en K-toestand relatief hoog zijn en de Na-beschikbaarheid in grond lijkt af te nemen is een adequate bemesting met Na van groot belang om een bepaald gehalte in gras te realiseren vanuit oogpunt van dierbehoefte en grasopname. Bij de bemestingsadvisering dient dan rekening te worden gehouden met genoemde interacties om een bepaald minimumgehalte in gras te realiseren.

6.3 **Koper (Cu)**

6.3.1 Algemeen

Koper is een zogenaamd spoorelement. Dat wil zeggen dat dit element voor het gras en het vee wel nodig is maar in minimale hoeveelheden. Grassen kunnen tengevolge van Cu-gebrek dezelfde verschijnselen vertonen als granen (dode bladpunten) maar dit heeft weinig invloed op de opbrengst. In het buitenland zijn wel enkele gevallen bekend van een effect van de Cu-bemesting op de graslandopbrengst. Kalmbacher (2001) vond in Florida een hogere grasopbrengst na een bemesting met Cu in combinatie met andere spoorelementen bij een zeer lage Cu-toestand van de grond (0,01 – 0,03 mg extraheerbaar Cu kg⁻¹ grond). Ook Reith e.a. (1984) meldden een geringe verhoging van de opbrengst in een gemengd grasbestand bij een onvoldoende Cu-toestand van de bodem.

In Nederland is Cu-bemestingadvies voor grasland bedoeld om een basisniveau te leggen voor het Cu-gehalte van het gras en daarmee voor de Cu-voorziening van het vee. Primair Cu-gebrek kan in het algemeen worden voorkomen door ervoor te zorgen dat het Cu-gehalte in weidegras minstens 7 mg Cu kg⁻¹ ds bedraagt (Henkens 1988-1). Van secundair Cu-gebrek is sprake als de grond en het gras wel voldoende Cu bevatten, maar er te weinig Cu in het bloed terechtkomt door bijvoorbeeld een te hoog zwavel en/of molybdeengehalte.

6.3.2 Koperbeschikbaarheid in grond

Koper in de bodem is geadsorbeerd aan vooral organische stof (tot wel 95 procent), kleimineralen en hydroxiden. Koper geadsorbeerd aan organische stof is slecht beschikbaar voor de plant. Indien een bodem veel organische stof bevat kan dit leiden tot Cu-gebrek. In de bodemoplossing is Cu overwegend gecomplexed met organische stof (humus- en fulvozuren) en anorganische componenten (CuCl⁺ en CuCl₂) en boven pH 6,9 is Cu(OH)₂ een belangrijke verbindingvorm. Opname van Cu door de wortels gebeurt in de vorm van vrije Cu-ionen (Cu²⁺). De beschikbaarheid van gecomplexed Cu voor opname is lager dan van Cu²⁺ en hangt af van de stabiliteit van het complex. Slechts een zeer klein deel van het

opgeloste Cu is aanwezig als het Cu^{2+} -ion. De mate van adsorptie neemt eveneens toe bij hogere pH, waardoor de Cu-beschikbaarheid afneemt.

De pH en kationcompetitie hebben invloed op de adsorptie van Cu aan organischestof (Temminghoff et al., 1994). Bekalken van de bodem leidt enerzijds tot zowel een verhoogde beschikbaarheid van Cu door desorptie vanwege de toename aan Ca in de bodemoplossing, en anderzijds door pH-verhoging tot meer adsorptie. Per saldo is er netto meer adsorptie en neemt de beschikbaarheid van Cu af bij een hogere pH. Van kleimineralen en hydroxiden gedesorbeerd Cu is beschikbaar voor opname.

6.3.3 Basis voor het bemestingsadvies met koper

6.3.3.1 Het bemestingsadvies

Het Cu-advies (Tabel 6-4) hangt af van het Cu-gehalte van de grond en is voor alle grondsoorten gelijk.

Tabel 6-4. Waardering kopertoestand en advies koperbemesting voor alle grondsoorten (Adviesbasis bemesting grasland en voedergewassen (2005).

Waardering	Cu-gehalte grond (0 – 10 cm) , mg kg ⁻¹	bemesting kg Cu ha ⁻¹
Laag	< 2,0	6
vrij laag	2,0 -4,9	3,5
Goed	5,0 – 9,7	0
hoog	> 9,8	0

Opmerkingen

- Met de in de tabel genoemde giften brengt u de kopertoestand voor vier à vijf jaar op peil.
- Voor schapen is een kopertoestand van meer dan 15 mg Cu per kg grond gevaarlijk.
- Voor schapen is het advies niet meer dan 3 kg Cu per ha te geven en een veiligheidstermijn van een half jaar aan te houden.

6.3.3.2 Verband tussen koper in grond en gras.

Van Luit en Henkens (1967) hebben in een potproef met 72 verschillende zand- en dalgronden het verband onderzocht tussen het Cu-gehalte in grond en gras. Op basis van dit onderzoek concludeerden zij dat het gerechtvaardigd was geen onderscheid aan te brengen tussen deze verschillende gronden. Naast de potproef hadden zij de beschikking over veel monsters afkomstig van zandgrasland uit de omgeving van Nieuw Leusden en uit de Friese Wouden. Uit de analyse van deze monsters en die van de potproef constateerden ze een verband tussen het stikstofgehalte in het gras en het Cu-gehalte en een invloed van de pH. In het onderzochte traject varieerde de pH-KCl van 3,9 -6,0. Na correctie voor de invloed het stikstofgehalte en de invloed van de pH stelden zij vast dat er boven 5 mg Cu kg⁻¹ grond, geëxtraheerd met Cu-HNO₃, geen stijging meer was waar te nemen van het Cu-gehalte in het gras. Op basis hiervan is vastgesteld dat een bemesting met Cu boven 5 mg Cu kg⁻¹ grond niet zinvol is.

Na correctie voor het stikstofgehalte naar 3% (= re-gehalte van ruim 18%) en voor het effect van de pH naar een pH-KCl van 5,0 bevatte het gras bij een lage kopertoestand (< 2 mg Cu kg⁻¹) 5 à 6 mg Cu kg⁻¹ ds en bij een (goede) kopertoestand van 5 mg Cu kg⁻¹ grond 9-13 mg Cu kg⁻¹ ds.

Bij een stikstofgehalte in het gras van 2% was het Cu-gehalte enkele mg lager en bij een stikstofgehalte van 4% enkele mg hoger dan bij 3% stikstof. De opname van Cu was het best bij een pH tussen 4,2 en 5,7. Bij een pH-KCl > 5 trad een geringe daling van het Cu gehalte op. Bij een humusgehalte lager dan 5% was een betere Cu opname waarneembaar naarmate het humusgehalte lager was. Bij een humusgehalte > 5 was er geen extra invloed op de Cu-opname waarneembaar.

6.3.3.3 Kopertoestand gras- en bouwland

In 1990 is een onderzoek gedaan (Van Toor en Van Vleuten) naar de gehalten aan Cu, cadmium (Cd), lood (Pb) en zink (Zn) in Nederlandse landbouwgronden. Hiertoe is een representatieve steekproef genomen van 1086 monsters. Hieruit bleek dat op verreweg de meeste percelen op grasland de Cu-toestand goed of hoog was. Van de 280 monsters op zandgrond had 5 % minder dan 5 mg Cu kg⁻¹. Van de 219 monsters op klei en veen bevatte 1% minder dan 5 mg Cu per kg. Op dalgrond en löss kwamen geen percelen met een lage of vrij lage kopertoestand voor. Op bouwland had 14% van de monsters op zandgrond en (vrij) lage kopertoestand. Op klei was dit 1% en op veenkoloniale dalgrond 4%. Op veen en löss kwam op bouwland geen (vrij) lage Cu-toestand voor.

Het Cu-bemestingsadvies geldt voor alle grondsoorten. Het bovenstaande overzicht laat zien dat vrijwel uitsluitend percelen op zand- en dalgrond in aanmerking komen voor een aanvullende Cu-bemesting.

6.3.4 Bemesting met koper

Om het effect na te gaan van Cu-bemesting op het kopergehalte van grond en gras zijn een aantal proeven uitgevoerd. Bij een proef op zand in Maarsbergen was het Cu-gehalte voor de bemesting 2 mg kg⁻¹ grond. Toediening van 3,2 kg Cu als CuSO₄ en koperslakkenbloem verhoogde het Cu-gehalte van de grond naar 5 mg kg⁻¹. Hierbij werd tevens het maximale Cu-gehalte in het gras bereikt. Bij een proef op zeeklei in Kerkerve was het Cu-gehalte voor de bemesting ruim 3 mg kg⁻¹ grond. Hier werd het maximale Cu-gehalte in gras bereikt bij een gift van 6,25 kg Cu ha⁻¹ als CuSO₄ of koperslakkenbloem. Samen met drie andere proeven op oud zandgrasland, oud zavelgrasland en jong zandgrasland vormen deze proeven de basis voor het Cu-bemestingsadvies (Henkens 1988-1), zoals dit is weergegeven in Tabel 6-4. Dit bemestingsadvies is later bevestigd door onderzoek van Smilde (1970).

6.3.5 Kopermeststoffen

De in de proeven gebruikte meststoffen zijn CuSO₄ en koperslakkenbloem. Kopersulfaat bevat 24 % Cu. Door het hoge Cu-gehalte is er van deze meststof erg weinig per ha nodig, waardoor de verdeling moeilijk is. Koperslakkenbloem bevat 1,5% Cu. Vanwege het lage Cu-gehalte is hiervan een grotere hoeveelheid nodig. Nadeel van deze meststof is dat deze alleen met een aangepaste strooier is te verwerken. Het Cu in koperslakkenbloem is minder goed oplosbaar dan dat in CuSO₄. Er is een landbouwzout op de markt dat 3,5 % Cu bevat. Dit landbouwzout is goed strooibaar met een normale kunstmeststrooier en het Cu is goed oplosbaar. Daarnaast zijn er ook andere spoorelementmeststoffen op de markt en meststoffen waaraan zeer kleine hoeveelheden Cu zijn toegediend.

6.3.6 Koper in organische meststoffen

Koper in dierlijke mest wordt meestal niet bepaald. Het vlugschrift "Dierlijke mest" noemt voor dunne rundveemest 3 gram Cu per ton mest, voor dunne mest van mestvarkens 22 gram en voor dunne kippenmest 18 gram per ton. Bij een bemesting met 40 ton dunne rundveemest wordt dan 120 g Cu ha⁻¹ aangevoerd. Bolan et al., (2003) gaven aan dat verreweg het meeste Cu in mest van melkvee en varkens organisch gecomplexeed was. Planten namen, bij een gelijke gift, minder Cu op uit de dierlijke mest en uit CuO dan uit CuSO₄. Er was een grotere accumulatie van organisch gebonden Cu in de grond waarin het Cu in de dierlijke mest was gegeven.

6.3.7 Voorspelbaarheid

Bovenstaande studie van Van Luit en Henkens geeft aan dat het Cu-gehalte in het gras afhankelijk is van het stikstofgehalte in het gras en van de pH-KCl van de grond. Bij minder dan 5% organische stof in de grond speelt ook dit gehalte een rol. Deze parameters worden nu niet meegenomen in het advies. Statistische herbewerking van het veldproefmateriaal van destijds leert dat het verband tussen gewasrepons van grasland en het Cu-getal een verklaarde variantie van rond de 25% had. Door rekening te houden met de pH en organischestof was dit te verhogen tot rond de 40%. De voorspelbaarheid kan verder toenemen door het toepassen van een multi-nutriënt analyse, rekening houdend met bodemfactoren en de stikstofbemesting.

6.3.8 Andere gewassen

Voor akkerbouw en voedergewassen geldt hetzelfde Cu-bemestingsadvies als voor grasland. Bij het akkerbouwadvies is opgemerkt dat de waardering met enige zekerheid geldt voor tarwe en haver. Andere gewassen als rogge en gerst zijn minder gevoelig voor Cu-gebrek. Dit betekent dat het, zeker bij het toepassen van wisselbouw, aanbeveling verdient de Cu-toestand in de bodem op goed te handhaven.

6.4 Kobalt (Co)

6.4.1 Algemeen

Evenals koper is kobalt (Co) een spoorelement. Kobalt is voor de meeste planten niet nodig. Voldoende kobalt is wel noodzakelijk voor de stikstofbinding door vlinderbloemigen en bacteriën (Henkens 1988-2). Voor een grasmat met veel vlinderbloemigen is een goede kobaltvoorziening daarom wel van belang. Voldoende kobalt in het gras is vooral van belang voor de gezondheid van het vee. Een gebrek aan kobalt leidt vooral tot een gebrek aan vitamine B12. Pensbacteriën kunnen met behulp van kobalt vitamine B12 synthetiseren, dat door het dier kan worden benut. Verder heeft kobalt een belangrijke invloed op het functioneren van de penswerking en dus op het energiemetabolisme van de herkauwer.

6.4.2 Kobaltbeschikbaarheid in grond

Kobalt (Co) komt in de bodemoplossing vooral voor in complexen van organische stof en in zeer geringe hoeveelheden als Co^{2+} , de voor planten opneembare vorm. Co zit vooral in ijzerhoudende mineralen. Door verwerking vrijgekomen Co kan adsorberen aan mangaanoxiden en klei of chelaten vormen met organische stof. De mobiliteit/beschikbaarheid van Co wordt in gronden beïnvloed door de aanwezigheid van mangaanoxiden, door redox-pH intensiteiten, klei en organische stof. Bij een dalende pH neemt de beschikbaarheid van kobalt toe. Het belangrijkste kleimineraal in Nederland, Illiet, staat bekend om zijn hoge adsorptiecapaciteit. Het geeft Co echter relatief gemakkelijk af (Kabata-Pendias, 1995). De soort organische stof is van belang voor de mobiliteit van Co in gronden. Organische chelaten van Co zijn relatief mobiel. Organische stof bevat weinig Co en dit is weinig mobiel (Kabata-Pendias & Pendias, 2001; Li et al., 2001). Co kan uitspoelen (Singh & Barrow, 1993). De mate waarin wordt sterk bepaald door omgevingscondities (Kabata-Pendias & Pendias, 2001).

6.4.3 Basis voor het bemestingsadvies met kobalt

6.4.3.1 Het bemestingsadvies

Het Co-advies op grasland hangt af van het Co-gehalte van de grond en is gelijk voor alle grondsoorten (Tabel 6-5). Er is geen Co-bemestingsadvies voor snijmaïs en voor akkerbouwgewassen.

Tabel 6-5. Waardering Co-toestand en advies Co-bemesting voor alle grondsoorten (Adviesbasis bemesting grasland en voedergrassen (2005).

Waardering	Co-gehalte grond (0 – 10 cm) mg/kg	bemesting kg Co/ha
Laag	<0,11	0,5
vrij laag	0,11 – 0,29	0,3
Goed	>0,29	0

Opmerking: De geadviseerde kobaltbemesting is voldoende voor een periode van vijf tot circa tien jaar.

6.4.3.2 Verband tussen kobalt in grond en gras

Het Co-gehalte in gras is in het algemeen laag. Mitchell (1957) noemt voor Engels raaigras gehalten van 0,03 – 1,00 mg kg⁻¹ ds. Rode klaver bevat meer kobalt: 0,07 – 1,5 mg kg⁻¹ ds. Hoewel het Co-gehalte in het gewas door een bemesting met Co wordt verhoogd (Dijkshoorn 1954) is er geen direct verband vastgesteld tussen het Co-gehalte in de grond en in het gras. Een nauwkeurige bepaling van het gehalte in gras is moeilijk, omdat een monster gemakkelijk verontreinigd raakt met de grond. De fijne grondfractie is moeilijk te verwijderen van het gras en juist die bevat relatief veel Co (20 -100 maal gehalte gras). Verder kan de pensflora ook het Co benutten uit de grond die is opgenomen door het dier. Daarom wordt het Co-gehalte van de grond gebruikt als indicator voor de Co-voorziening van het dier. Het gehalte van de grond wordt bepaald door extractie met een 2,5 % azijnzuuroplossing.

De mogelijkheid om door bemesting het Co-gehalte van de grond te verhogen is onderzocht door Henkens (1959). Uit vier proeven bleek dat door een bemesting met 0,25 kg Co ha⁻¹ het gehalte van de grond aan in azijnzuur oplosbaar kobalt met 0,25 – 0,30 mg Co kg⁻¹ grond werd verhoogd. Bij een bemesting met 0,5 kg Co ha⁻¹ bedroeg de verhoging 0,5 – 0,6 mg Co kg⁻¹ grond. De bemesting is gegeven als kobaltchloride. De verhoging van het Co-gehalte van de grond bleef gedurende meerdere jaren in stand. Eveneens is aangetoond is dat een eenmalige gift meerdere jaren verhogend werkt op het gehalte in gras (Rolvink, 1959). Gras onttrekt ongeveer 1,5 - 2 g Co ha⁻¹ jaar⁻¹.

't Hart en Deys (1951) hebben onderzoek gedaan naar het Co-gehalte van de grond op bedrijven waar het vee verschijnselen van Co-gebrek vertoonde en op bedrijven waar dit niet het geval was. Hieruit kwam naar voren dat de door Mitchell (1945) en Stewart et al. (1946), op basis van onderzoek in Schotland, voorgestelde grenswaarde van 0,3 mg Co kg⁻¹ grond ook in ons land kon worden gebruikt. Wanneer het Co-gehalte van de grond lager was dan 0,3 mg kg⁻¹ bleek Co-gebrek bij het vee voor te komen, boven deze waard was dit niet het geval. Op basis van het onderzoek van 't Hart en Deys (1951) en van Henkens (1959) zijn de richtlijnen voor de Co-bemesting opgesteld (Tabel 6-5).

6.4.3.3 De grondsoort

Onderzoek van 't Hart en Deys gaf aan dat Nederland In grote lijnen in twee gebieden was op te splitsen:

1. de klei en veengebieden, waar het Co-gehalte van de grond altijd hoger dan 0,5 mg kg⁻¹ was; en
2. de zandgronden die een aanzienlijk lager Co-gehalte hadden. Het grootste deel van de zandgronden had een Co-gehalte beneden 0,3 mg kg⁻¹ grond.

Co-gebrek is dus vooral op zandgronden te verwachten. Zo gaf Pinxterhuis (1997) aan dat op zandgronden over de periode 1985 -1996 behoorlijke aantallen monsters met een vrij lage Co-toestand voorkwamen. Wel was het gemiddelde Co-gehalte op de zandgronden licht gestegen (2% per jaar).

6.4.4 Kobaltmeststoffen

Er zijn verschillende meststoffen die Co bevatten. Koperslakkenbloem bevat 0,1% Co, Stimana-Kencica 0,02%, Koper-Kencica 0,02% en Sporumix A en B 0,05% Co. Daarnaast is er een landbouwzout op de markt dat 0,3 % Co bevat. Er zijn weinig gegevens bekend over het gehalte in dierlijke mest. Dam Kofoed (1984) geeft een gehalte van 0,05 – 0,51 gram Co per ton dunne rundermest en 0,01 – 0,17 g Co per ton dunne varkensmest. De vorm waarin het Co voorkomt is niet bekend.

6.4.5 Voorspelbaarheid

Uit het bovenstaande kan worden afgeleid dat bij Co-gehalten in de grond van 0,3 mg in azijnzuur oplosbaar Co geen gebreksverschijnselen zullen optreden. De beschikbaarheid van Co neemt af naarmate de pH hoger is en is weer hoger op een slecht ontwaterd perceel. Zo kan op een slecht ontwaterd perceel het gras meer Co bevatten dan op een beter ontwaterd perceel met eenzelfde Co-gehalte in de grond (COMV 2005).

6.5 Selenium (Se)

6.5.1 Algemeen

Selenium (Se) is geen essentieel sporelement voor gewassen (Combs & Combs, 1986). Recente publicaties geven aan dat Se in gras een anti-oxidatieve werking heeft waardoor een blad minder snel afsterft (Cartes et al., 2005, Shanker 2005). Selenium wordt in het gewas vastgelegd in aminozuren als selomethionine en selocysteïne. Bij de gewasopname is Se competitief met S, maar kan het niet de rol van S overnemen. De concentratie van S is veel hoger dan die van Se.

Selenium is van belang voor een goede diergezondheid en dierprestatie. In het dier maakt Se deel uit van het enzym glutathionperoxidase (GSH-Px) dat voorkomt in het bloed, in organen en weefsels. Het is betrokken bij het onschadelijk maken van peroxyden, die onder andere ontstaan tijdens infecties (Combs & Combs, 1986). Verder heeft Se nog andere effecten op de gezondheid. Ook is er een invloed op de vruchtbaarheid (Combs & Combs, 1986). De schaarse monitoringsresultaten in Nederland geven aan dat de Se-opname soms onvoldoende is (Binnerts et al., 1993).

6.5.2 Seleniumbeschikbaarheid in grond

De bodem bevat relatief weinig Se (Tabel 4-1). In Finland en Zweden worden concentraties van 0,065-1,7 mg kg⁻¹ grond gerapporteerd (Gissel-Nielsen et al., 1984; Johnsson, 1992; Gissel-Nielsen, 1993). In Groot-Brittannië variëren de hoeveelheden tussen lager dan 0,01 en 4,66 mg kg⁻¹ Se (Thornton et al., 1983) en in Duitsland van 0,016 tot 0,652 mg kg⁻¹ (Bahners, 1987). De verdeling hangt samen met de hoeveelheid ijzer en organische stof. Volgens Johnsson (1992) bevat organische stof 80 keer zoveel Se dan klei. Zandgronden met een laag gehalte aan organische stof bevatten dan ook weinig Se. Kleigronden kunnen over relatief veel uitwisselbaar Se beschikken.

De bijdrage van verwerking aan de hoeveelheid beschikbaar Se is gering (Combs & Combs, 1986). De belangrijkste oplosbare Se-verbindingen in gronden zijn selenaat (SeO₄) en seleniet (SeO₃). In de bovengrond komt Se het meest voor als selenaat, de belangrijkste ionvorm (Elrashidi et al., 1987) in de bodemoplossing bij hoge redoxpotentiaal. In de midden redoxrange is seleniet predominant en bij lage redox is selenide de belangrijkste ionvorm. De redoxpotentiaal neemt in de regel af met de diepte. De beschikbaarheid van Se wordt sterk gestuurd door het adsorptiegedrag van selenaat en seleniet

Seleniet wordt sterker geadsorbeerd dan selenaat. Mahendra et al. (1981) lieten zien dat de rangvolgorde van de hoeveelheid geadsorbeerd seleniet en selenaat op diverse gronden als volgt was: organischestofrijke grond > kalkhoudende grond > normale grond > zoute grond > alkalische gronden. De adsorptie van zowel seleniet als selenaat wordt positief beïnvloed door organische stof, klei, CaCO_3 en CEC en negatief door een hoog zoutgehalte, alkaliniteit en de pH. Een hogere pH leidt dus tot een betere Se-beschikbaarheid. Een hogere temperatuur bevordert eveneens de Se-beschikbaarheid.

De Se-adsorptie is ook afhankelijk van de relatieve concentratie van andere anionen in oplossing (Balistreri & Chao, 1987; Neal et al., 1987; Barrow, 1992). Hoge concentraties van bijvoorbeeld fosfaat, bevorderen de Se-mobiliteit. In Finland vond Ylänta (1983, 1990, 1993) in potproeven met Italiaans raaigras een sterke reductie van de Se-opname uit seleniet en selenaat wanneer sulfaat en fosfaat was toegediend. Vooral sulfaat toediening zorgde voor een sterke daling van de selenaatopname. Op zandgronden is vooral door een laag organisch stofgehalte de laagste hoeveelheid Se in grond te verwachten. De beschikbaarheid wordt door veel factoren beïnvloed, waardoor de Se-beschikbaarheid op zandgrond niet duidelijk lager hoeft te zijn dan op klei (veel klei en/of kalk, maar hoge pH).

De resultaten in Figuur 6-2 duiden hierop. De beschikbaarheid is verder in het algemeen laag omdat selenaat gemakkelijk uitspoelt in de winter en seleniet sterk geadsorbeerd wordt door de bodemmatrix afhankelijk van de omstandigheden.

6.5.3 Selenium in het gewas

Uit Figuur 6-2 blijkt dat graskuilen in 1999 overwegend gehalten hadden van minder dan $60 \mu\text{g}$ ($0,06 \text{ mg}$) Se kg^{-1} ds. In dat jaar vond Se-bemesting nog nauwelijks plaats. De verschillen tussen grondsoorten zijn beperkt. Het gemiddelde Se-gehalte van de graskuilen op klei-, veen- en zandgrond bedroeg respectievelijk 48, 41, $34 \mu\text{g Se kg}^{-1}$ ds. De Se-gehalten in snijmaïs zijn ongeveer de helft van die van gras (COMV 2005; Gierus, 1999).

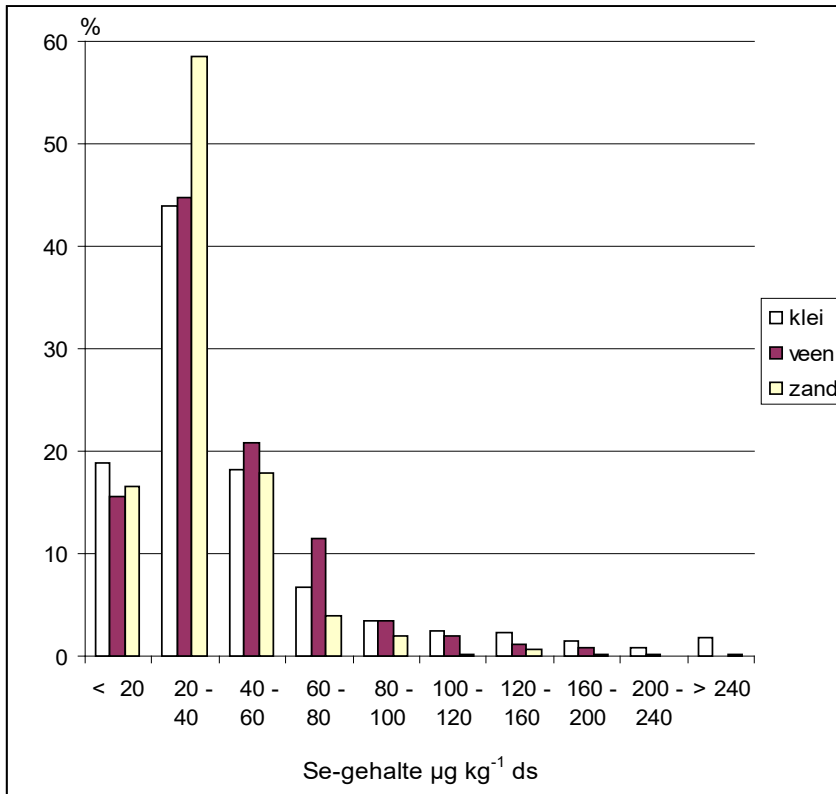
Als streefwaarde in het rantsoen kan $0,15 \text{ mg Se kg}^{-1}$ droge stof aangehouden worden. Deze streefwaarde wordt in gras bij lange na niet gehaald.

6.5.4 Bemesting met Se

Uit diverse proeven blijkt dat plantenwortels selenaat prefereren boven seleniet (Van Dorst & Petersen, 1984; Marschner, 1995). In Denemarken vonden Bisbjerg and Gissel-Nielsen (1969) dat de Se-opname door gewassen uit selenaatmeststof gemiddeld 8 keer hoger dan met seleniet meststof. Volgens een review van Watkinson (1983) van veel Nieuw-Zeelandse experimenten is slechts een vijfde van de hoeveelheid Se nodig bij natriumselenaat toediening in vergelijking tot natriumseleniet om eenzelfde Se-verhoging in gras te verkrijgen.

In Nederland bestaat er geen officieel bemestingsadvies voor Se, hoewel bemesting met Se wel wordt toegepast. In het buitenland is er meer ervaring met Se-bemesting. Deze wordt toegepast in landen als Nieuw Zeeland, Australië, Engeland en Finland. Bemesting met selenaat heeft daarbij de voorkeur.

Over een reeks van 40 proeven met selenaat vindt Watkinson (1983) min of meer een vergelijkbaar Se-respons onafhankelijk van de grondsoort. Bemesting met 10 g Se ha^{-1} leidt tot een Se-gehalte tussen $0,5$ tot 2 mg kg^{-1} ds in de eerste snede na bemesten om daarna duidelijk af te nemen. Dit patroon is typisch bij een eenmalig gift. De gift moet dan wel voldoende hoog zijn om ook aan het eind van het



Figuur 6-2. De frequentieverdeling van Se in graskuil in 1999 (bron: Blgg).

Tabel 6-6. Het Se-gehalte in gras ($\mu\text{g kg}^{-1}$ ds) na bemesting met 10 g Se ha^{-1} in het jaar van toediening (Shand et al., 1992).

Snedes	geen Se-bemesting, gemiddelde van locaties 1,2 en 3	locatie 1	locatie 2	locatie 3
1	37	567	844	861
2	33	161	333	211
3	39	115	92	127
4	59		39	149

seizoen Se in gras op een hoger niveau te hebben en anderzijds moet het niet leiden tot een te hoog gehalte aan het begin van het seizoen (4 mg kg^{-1} ds). De afname van het Se-gehalte gedurende het seizoen gaat snel (Tabel 6-6). De halfwaardetijden zijn 21-43 dagen (Watkinson, 1983; Shand et al., 1992).

Internationaal wordt een eenmalige gift van 10 g Se ha^{-1} jaar⁻¹, toegediend als natriumselenaat, gezien als een voldoende hoeveelheid voor Se-bemesting. Dit is gebaseerd op resultaten in Schotland (Coutts et al., 1990; Shands et al. 1992), Engeland (Rimmer et al., 1990) en Nieuw Zeeland (Watkinson, 1983).

In Nederland kan het niveau wat lager zijn dan 10 g Se ha^{-1} jaar⁻¹, omdat de natuurlijke Se-waarden in gras hoger zijn dan in Nieuw Zeeland, Finland en Schotland. Naar verwachting is $5\text{-}10 \text{ g Se ha}^{-1}$ toegediend als natriumselenaat in het voorjaar voldoende.

Naast eenmalige giften wordt er ook gewerkt met gedeelde giften. De Se is dan toegevoegd aan de N-meststof. Dit geeft in het algemeen een betere verdeling van het gehalte in het gras over het seizoen.

6.5.5 Se-meststoffen

Selenaat houdende meststoffen hebben een duidelijk hogere Se-werking dan seleniet houdende meststoffen. De Se-respons hangt ook af van het begeleidende kation. Bahnners (1987) testte het effect van Na, Ca, Mg en Zn als begeleidend kation in potproeven met gras. De toegediende hoeveelheid bedroeg 10, ug Se kg⁻¹ droge grond, overeenkomend met 40, g Se ha⁻¹. Een gift van 40 g Se ha⁻¹ was meer dan nodig is om een niveau van > 150 ug Se kg⁻¹ ds in gras te realiseren. Bij gebruik van Na werden de hoogste Se-opnames gemeten. Het onderzoek van Bahnners en veel andere proeven geven aan dat Na het voorkeurskation lijkt te zijn voor de hoogste Se-opname.

Tabel 6-7. Effect van het kation in selenaatzout op het Se-gehalte van raaigras (Bahnners, 1987).

Selenaat	ug Se kg ⁻¹ (dry soil)	snede 1	snede 2	snede 3	Se opname (% van toegediend)
MgSeO ₄	10	448	356	260	12.1
Na ₂ SeO ₄	10	1145	524	410	26.0
CaSeO ₄	10	540	516	441	17.4
ZnSeO ₄	10	550	363	341	14.3

6.5.6 Se in organische mest

In de pens wordt Se door volwassen herkauwers voor een belangrijk deel omgezet in slecht oplosbaar Se dat wordt uitgescheiden met de faeces. Lammeren en kalveren die nog geen penswerking hebben, scheiden Se uit met urine. Mayland (1994) stelde vast dat in een 75 dagen durende proef met schapenmest slechts 0,3% van de Se werd opgenomen door de plant. Hij concludeerde dat Se in urine (aanwezig als trimethylselenomethionine) van gering belang is voor de Se-voorziening van planten.

6.5.7 Voorspelbaarheid

In Nederland ontbreekt een methode om beschikbaar Se in grond te bepalen. In het buitenland bestaan wel bepalingsmethoden voor totaal Se op basis van een natte destructie (Kubota & Cary, 1982; Bahnners, 1987). Totaal Se is vaak geen goede indicator van de Se-beschikbaarheid (Bahnners, 1987). Door bodemparameters als pH, lutum en organische stof mee te nemen nam de verklaarde variantie tussen Se-totaal in de grond en Se in het gewas toe tot boven de 60% (Johnsson, 1992). Met moderne meettechnieken (ICP-MS) kunnen zeer lage Se-concentraties inmiddels ook in zwakke extractie middelen worden vastgesteld. In hoeverre er dan een betere relatie ontstaat met het analyseresultaat is op dit moment niet duidelijk.

6.5.8 Se in andere gewassen

Tussen plantensoorten bestaan grote verschillen in de opname van Se (Marschner, 1995). Cruciferen kunnen relatief grote hoeveelheden Se opnemen. Gras neemt aanzienlijk minder Se op. De Se-opname van maïs is ongeveer de helft van die van gras. Mayland (1994) vond een respons van respectievelijk 12%, 27% en 28% voor kalium-, barium- en koperseleenaat bij testen op gerst en klaver.

6.5.9 Milieu

Onder bepaalde omstandigheden kan Se ook vervluchtigen in de vorm van (di)methylselenide. Dit kan leiden tot verliezen van 1-2 g Se ha⁻¹ jaar⁻¹ voor niet bemeste situaties in de UK (Haygarth et al., 1994). Zoals eerder is aangegeven is selenaat is de belangrijkste ionvorm (Elrashidi et al., 1987) in de

bodemoplossing bij hoge redoxpotentiaal. In de midden redoxrange is seleniet predominant en bij lage redox is selenide de belangrijkste ionvorm. De redoxpotentiaal neemt in de regel af met de diepte. Reductie van selenaat via seleniet naar selenide leidt tot een zeer sterke adsorptie. Daardoor wordt in de regel ook weinig Se in grondwater aangetroffen. Overigens treedt de reductie tot selenide pas op nadat alle aanwezige nitraat is gereduceerd.

6.6 Mangan (Mn)

6.6.1 Algemeen

Mangaan is essentieel element voor plant en dier. Gewassen nemen mangaan op als Mn^{2+} . Mn speelt een belangrijke rol bij de productie van zuurstof gedurende de fotosynthese. Mangaan is in de plant vooral aanwezig in de chloroplasten en is ook betrokken bij de regulatie van de hoeveelheid auxine, een groeihormoon, in plantenweefsels. Symptomen van Mn-gebrek zijn geelkleuring tussen de nerven, gevolgd door chlorose en verwelken van de bladeren. Bij dicotylen wordt de chlorose snel opgevolgd door het afsterven van de bladeren. In het dier is Mn bestanddeel van diverse enzymen die van belang zijn voor de vorming van been en kraakbeen, het functioneren van geslachtsorganen, de bloedstolling en de koolhydraat- en vetstofwisseling.

6.6.2 Mangaanbeschikbaarheid in grond

De Mn-beschikbaarheid wordt sterkt beïnvloedt door de adsorptie, de pH, de redoxpotentiaal en de aanwezigheid van divalente kationen, zoals Ca^{2+} en Mg^{2+} (Kabata-Pendias & Pendias, 2001). Voor alle deze factoren geldt dat een hoge waarde samengaat met een lage beschikbaarheid en opname van Mn.

Mn wordt relatief sterk geadsorbeerd aan metaal(hydr)oxiden en zwak geadsorbeerd aan kleimineralen en organische stof. De adsorptie is zwakker dan die van Cu en Zn. Mn dat is geadsorbeerd aan metaal(hydr)oxiden, aan organisch materiaal en Mn dat uitwisselbaar gebonden is aan klei vormt een belangrijke bron van beschikbaar Mn. Het zorgt ook voor de buffering van hoge concentraties vrij Mn^{2+} in de bodemoplossing (Reisenauer, 1988). De concentratie vrij Mn^{2+} in de bodemoplossing kan in korte tijd sterk variëren. Waarnemingen liggen tussen 0,18-236 μM (Geering et al., 1969).

Bij een hogere pH neemt de adsorptie toe. Dit bemoeilijkt de opname. Bovendien wordt bij een hogere pH het Mn geoxideerd van het divalente kation Mn^{2+} tot Mn^{4+} dat neerslaat in de vorm van oxiden. Hierdoor kan Mn niet goed opgenomen worden. De Mn-concentratie neemt met 100-voud per eenheid dat de pH toeneemt af (Lindsay, 1972). Gebrek aan Mn kan optreden op kalkrijke gronden. De pH is dan hoog en er is veel Ca^{2+} aanwezig. Mogelijk speelt ook de redoxtoestand van de grond een rol. De plant kan de beschikbaarheid van Mn beïnvloeden door de productie van fyto-sideroforen en door verandering van de pH in de nabijheid van de wortels (Marschner, 1995).

De opname van Mn^{2+} wordt verlaagd door de aanwezigheid van divalente kationen zoals Ca^{2+} , Mg^{2+} en Zn^{2+} (Marschner, 1988). Zn- en Mo-bemesting beperken Mn-opname door de plant (Moragan & Mascagni, 1991). Hetzelfde geldt voor kalibemesting (Anonymus, 2003). Gewassen met gebrek aan of lage gehalten van Si, P, Ca, Mg en Fe hebben de neiging tot Mn-ophoping. Dit kan leiden tot Mn-toxiciteit. (El-Joual & Cox, 1998).

Hoge temperaturen kunnen de oplosbaarheid van Mn verhogen, en daardoor de beschikbaarheid vergroten. Verder is ook het vochtgehalte van belang. Overmaat aan vocht in de bodem kan leiden tot gereduceerde condities, waardoor Fe en Mn oplossen en accumuleren tot toxische niveaus.

6.6.3 Het bemestingsadvies

Er is geen bemestingsadvies voor Mn op grasland. Het Mn-gehalte in gras en graskuil was over de periode 1999 – 2003 in Nederland gemiddeld 95 mg kg⁻¹ ds en varieerde van 22 tot >180 mg kg⁻¹ ds (COMV 2005). De mangaanbehoefte bedraagt bij jongvee 25 en bij melkvee 40 mg Mn kg⁻¹ ds. In een rantsoen met overwegend gras en graskuil is de Mn-behoefte daarmee ruim gedekt. In snijmaïs is het gehalte lager: gemiddeld 28 mg met een variatie van 10 tot >60 mg kg⁻¹ ds in de plant. Bij rantsoenen met veel snijmaïs is ook de Mn-voorziening van het vee een aandachtspunt.

De minimum Mn-concentratie ligt voor de meeste planten tussen de 10 en 25 mg kg⁻¹ ds en is afhankelijk van het soort gewas, groeistadium en ecosysteem (Mengel & Kirkby, 1987; Kabata-Pendias & Pendias, 2001). Bij maïs heeft 5% van de percelen minder dan 10 mg Mn kg⁻¹ ds. Niet duidelijk is of de Mn-voorziening daarmee te krap is geweest.

Voedergewassen als snijmaïs, GPS en luzerne hebben hetzelfde bemestingsadvies voor Mn als akkerbouwgewassen. Het mangaangehalte van de grond wordt uitgedrukt in mg kg⁻¹ grond. Op diluviale zandgronden wordt niet geadviseerd op basis van grondonderzoek. De kans op Mn-gebrek wordt hier vooral bepaald door de pH. Is deze lager dan 5,4 dan is er geen gevaar voor Mn-gebrek. Op zeelei kan grondonderzoek wel een aanwijzing geven of Mn-gebrek te verwachten is (Tabel 6-8). Indien op kleigrond of bij een hogere pH op zand Mn-gebrek optreedt dan wordt geadviseerd een Mn-besputting met bladmeststoffen uit te voeren en dit naderhand nog eens te herhalen.

Tabel 6-8. Grenswaarden voor bouwland op zeelei, waarbij wel of geen Mn-gebrek te verwachten is.

Waardering	mangaangehalte mg kg ⁻¹ grond		opmerkingen
	≤ 2,5% org. stof	> 2,5% org. stof	
Laag	≤ 60	≤ 100	gebrek te verwachten
Goed	>60	>100	geen gebrek

6.6.4 Bemestingsstrategieën

In Nederland treedt Mn-gebrek vooral op bij aanhoudend droog weer op graan- en aardappelpercelen op kalkrijke gronden met een hoge pH. Bij hogere pH en de aanwezigheid van zuurstof (oxiderende omstandigheden) slaat Mn neer in de vorm van oxiden die slecht beschikbaar zijn. Om deze reden is het weinig zinvol te bemesten met goed oplosbare Mn-meststoffen (onder andere Mn-sulfaat), waarin Mn voorkomt in de gereduceerde vorm (Mn²⁺). Beter is het dan om een bemesting op de grond uit te voeren met Mn-chelaten. Het type chelaat bepaalt de stabiliteit van het complex in de bodem bij hogere pH.

In de praktijk wordt de Mn-bemesting vaak gebaseerd op bladanalyses. Op grote schaal wordt gebruik gemaakt van bladmeststoffen met Mn, waaronder Mn-carbonaten. Mn-nitraat en Mn-sulfaat hebben hun werking bewezen in de wetenschappelijke literatuur. Van Mn-carbonaat zijn echter nauwelijks gegevens bekend. Eén proef van Knott (1996) geeft aan dat Mn-carbonaat niet werkt.

6.6.5 Voorspelbaarheid

Roorda van Eysinga et al. (1978) relateerden de cumulatieve Mn-opname in intensieve teelten van haver en freesia aan Mn-extracties van grond en vonden de beste correlatie tussen Mn-opname en bodemmangaan geëxtraheerd met heet water. Morgans extract gaf ook goede resultaten na correctie voor de pH. In de bemestingsadvies is de extractie gebaseerd op 1 M ammoniumacetaat plus 0,002 M

hydroquinone. Daarnaast wordt ook wel gebruik gemaakt van extractie met CaCl_2 om de hoeveelheid beschikbaar Mn te analyseren.

6.7 Zink (Zn)

6.7.1 Algemeen

Zink is een essentieel element voor plant en dier. Gewassen nemen zink op als Zn^{2+} . Zink maakt deel uit van vele enzymen en is betrokken bij de synthese van aminozuren en eiwitten en de vorming van het groeihormoon auxine. Zn-gebrek in gewassen is één van de meest voorkomende tekorten op het terrein van spoorelementen in de wereld (Mengel & Kirkby, 1987) en uit zich in dwerggroei: korte internodiën en kleine bladeren. Een ander symptoom is een geel-wit verkleuring in strepen of banden in de onderste helft van bladeren. Zn-gebrek kan voorkomen indien de concentratie Zn in een gewas minder is dan 10 tot 20 mg kg^{-1} ds. De gevoeligheid van gewassen voor Zn-gebrek varieert sterk en is afhankelijk van de soort en zelfs van het cultivar. Maïs, leguminosen en bonen zijn gevoelig voor Zn-gebrek.

In Nederland is het Zn-gehalte in gras en maïs gemiddeld ongeveer 40 mg Zn kg^{-1} ds, maar er zijn grote verschillen tussen percelen. Bij maïs heeft 5% van de percelen minder dan 20 mg Zn kg^{-1} ds (Tabel 3.5).

Bij dieren speelt Zn een belangrijke rol in een groot aantal enzymen en is daarmee van belang voor het functioneren van diverse weefsels, waaronder de voortplantingsorganen. Zink bevordert de eetlust en de groei. Het is van belang voor de groei van botten, huid, haar en hoeven en voor het functioneren van het afweersysteem.

6.7.2 Zinkbeschikbaarheid in grond

Zink kan in de bodem adsorberen aan kleimineralen, organische stof en aan Fe-, aluminium- en Mn-(hydr)oxiden (Barrow, 1993). Het wordt zwakker gebonden dan Cu.

Zink is in de bodemoplossing onder andere aanwezig in gecomplexeerde vorm. Anorganische complexvormers zijn onder andere Cl^- , sulfaat (SO_4^{2-}) en carbonaat (CO_3^{2-}). Daarnaast kan Zn in oplossing gecomplexed zijn met opgeloste organische stof (Ashley, 1996). Slechts een klein deel is in de bodemoplossing aanwezig als het vrije Zn^{2+} -kation.

Diverse factoren zijn invloed op de Zn-beschikbaarheid:

- pH: De pH is de belangrijkste factor die van invloed is op de mobiliteit van Zn. De Zn-concentratie in de bodemoplossing neemt in 100-voud af als de pH met één eenheid toeneemt. Bij een hogere pH neemt de opname van Zn door de plant dan ook sterk af.
- Redoxpotentiaal: Zn wordt niet gereduceerd bij een lage redoxpotentiaal.
- Vocht: Omdat Zn-transport voornamelijk door middel van diffusie plaats vindt, komt Zn-gebrek geregeld voor bij gewassen die groeien op een droge bodem. Ook koude en natte omstandigheden zijn ongunstig voor het beschikbaar komen en de opname van Zn en leiden vaak tot Zn-gebrek. Bovendien wordt de wortelgroei in deze omstandigheden beperkt, wat het gebrek versterkt.
- Andere elementen: Zn heeft interacties met vele elementen: Zn-P, Zn-N, Zn-K, Zn-Mn, Zn-Fe en Zn-Cu (Moraghan & Mascagni, 1991). Hoge P-giften kunnen leiden tot een Zn-tekort, onder andere omdat de Zn-oplosbaarheid en de wortelgroei dalen hogere P-concentraties in bodemoplossing.

De plant kan de beschikbaarheid van Zn beïnvloeden door de productie van fytosideroforen en door verandering van de pH in de nabijheid van de wortel (Marschner, 1995).

6.7.3 Het bemestingsadvies

In Nederland is er geen bemestingadvies voor zink.

6.7.4 Zink in meststoffen

In Nederland zijn voor grasland geen problemen met de voorziening van Zn bekend. Grasland en maïsland krijgen veelal dierlijke mest. Hierin komt Zn voor gecomplexeerd aan (opgeloste) organische stof. Door de aanwezigheid van opgeloste Zn-complexen is de mobiliteit van Zn relatief groot. Er is weinig informatie over de werking van Zn uit mest (Brye & Pirani, 2006).

Met de dierlijke mest wordt veel Zn aangevoerd (Tabel 6-9). In de minerale meststoffen is Zn als verontreiniging aanwezig (Tabel 6-9). In situaties zonder dierlijke mest, bij een hoge pH en lage temperaturen is er een kans op Zn-tekort bij maïs. Er zijn diverse Zn-meststoffen zoals zinksulfaat, zinkchloride en zinkcarbonaat. Daarnaast zijn er gecomplexeerde Zn-meststoffen, zoals Zn-EDTA.

Tabel 6-9. Gehalten aan spoorelementen in verschillende meststoffen in mg kg⁻¹ product.

(Charter et al., 1995; Driessen & Roos, 1996; Evers & Pothoven, 1995, Japenga & Harmsen, 1990; Hotsma et al., 1996; Raven & Loeppert, 1997; Smilde, 1986; Van Erp & Meeuwissen, 1994).

Meststof	Cu	Fe	Mn	Mo	Zn
dunne rundermest	4	*			166
dunne varkensmest	48	14	18	0,6	78
dunne kippenmest	10	330	61		76
KAS	2	300			7
chilisalpeter	1				27
TSP	31	71	2	13	567
NP	10			14	39
dolocal super	2	970			220
schuimaarde	22	1400	100		57
K-40	0,5	29	2		14
MAÏS-MAP					
GFT-compost	21	3500	110	2,8	110

*Geen getal betekent dat er geen informatie is gevonden in de literatuur.

6.7.5 Voorspelbaarheid

Er zijn verschillende extractiemiddelen voor de analyse van de Zn-toestand in de bodem, bijvoorbeeld complexeerdere als EDTA en DTPA, 0,1 M HCl en verdunde zoutoplossing zoals 0,002 M CaCl₂, 0,01 M CaCl₂ en 0,01 M Ca(NO₃)₂. De correlatie tussen alleen de gemeten Zn-opname door gewassen en de hoeveelheid Zn geëxtraheerd met deze middelen is vaak relatief laag. Door het meenemen van bodemeigenschappen als de pH en het organischestof- en kleigehalte van de grond is de correlatie vaak te verbeteren (Brennan et al., 1993). Multi-nutriënt analyse in combinatie met bodemchemische kennis kunnen de voorspelbaarheid van de Zn-respons sterk verhogen (Bussink & Temminghof, 2004).

6.8 IJzer (Fe)

6.8.1 Algemeen

IJzer is essentieel element voor plant en dier. Gewassen nemen ijzer op als Fe²⁺. Fe speelt een rol in diverse enzymsystemen, is betrokken bij de chlorofylvorming en de N binding door vlinderbloemigen. De

eerste symptomen van Fe-gebrek zijn zichtbaar in de chlorose van jonge bladeren. Fe-gebrek kan voorkomen indien de concentratie Fe in een gewas minder is dan 30 tot 50 mg kg⁻¹ ds, maar dit komt in Nederland bij gras en maïs niet voor. Het Fe-gehalte in gras en maïs is gemiddeld respectievelijk 150 en 120 mg kg⁻¹ ds (Tabel 3.5), maar er zijn grote verschillen tussen percelen. Bij ingekuild gras worden soms waarden boven de 1.000 mg Fe kg⁻¹ ds aangetroffen als gevolg van verontreiniging met zand.

In het dier is Fe onder andere een onderdeel van de hemoglobine en daarmee van belang voor de zuurstofbinding in rode bloedlichaampjes en het zuurstoftransport via het bloed naar de spieren.

6.8.2 IJzerbeschikbaarheid in grond

IJzer is in de bodem voornamelijk aanwezig in de vorm van Fe-(hydr)oxiden en silicaatmineralen. Het wordt geadsorbeerd aan organische stof in de vorm van Fe³⁺ en als Fe²⁺ aan metaal(hydr)oxiden. Daarnaast kan Fe in de bodemoplossing aanwezig zijn als de vrije kationen Fe²⁺ en Fe³⁺, in gehydrolyseerde vorm en gecomplexed met anorganische anionen en opgeloste organische stof. De beschikbaarheid van Fe in de bodem is vaak laag. De hoeveelheid beschikbaar Fe daalt bij stijgende pH. De concentraties Ferri (Fe³⁺) en Ferro (Fe²⁺) nemen respectievelijk in 1.000-voud en 100-voud af per eenheid toename van de pH. Redoxreacties zijn van grote invloed op de aanwezigheid de van het vrije kation Fe²⁺.

De plant neemt Fe op als Fe²⁺. Planten kunnen een actieve rol spelen om de beschikbaarheid van Fe te verbeteren. Dit kan door het vergroten van de capaciteit van wortels om Fe³⁺ te reduceren naar Fe²⁺ en bij grasachtigen door het uitscheiden van phytosideroforen. Fe-gebrek komt vooral voor op gronden met een hoge pH, zoals kalkrijke gronden. Dit gebrek wordt verergerd indien er sprake is van slechte aëritie.

6.8.3 Het bemestingsadvies

In Nederland is geen bemestingsadvies ontwikkeld voor Fe.

6.8.4 IJzer in meststoffen

Grasland en maïsland krijgen veelal dierlijke mest. Daarmee wordt Fe aangevoerd (Tabel 6-9). Indien Fe-tekorten zouden optreden bij maïs op kalkrijke kleigronden, waarop geen bemesting plaatsvindt met dierlijke mest dan zijn er kunstmeststoffen beschikbaar. Het is weinig zinvol te bemesten met goed oplosbare Fe-meststoffen, waarin Fe in de gereduceerde vorm (Fe²⁺) voorkomt. Dit wordt snel omgezet in Fe-oxiden. Beter is het om een bladbespuiting met chelaten of eventueel een bemesting van de bodem met Fe-chelaten uit te voeren.

6.9 Molybdeen (Mo)

6.9.1 Algemeen

Gewassen nemen molybdeen op als MoO₄²⁻ (molybdaat). Molybdeen komt voor in de gehele plant en is een bestanddeel van enzymen die zijn betrokken bij de reductie van NO₃⁻ tot NH₄⁺ en bij de binding van moleculaire N door vlinderbloemigen. Vooral van Brassica-soorten (als bloemkool, broccoli, koolraap) en Cucurbita-soorten (als komkommer, tomaat, pompoen) is bekend dat zij relatief veel Mo nodig hebben. Dit geldt ook voor vlinderbloemigen als erwten, bonen, klaver en luzerne. Ook rogge en bieten zijn Mo-behoefteige gewassen. Gras is weinig gevoelig voor Mo-gebrek. Voor vlinderbloemigen betekent een Mo-tekort ook een N-gebrek. Er wordt dan te weinig N uit de lucht gebonden. Kritische gehalten van Mo in het gewas variëren van 0,1 tot 1,0 mg kg⁻¹ ds. Voor maïs wordt vaak een waarde 0,1 mg kg⁻¹ ds

aangehouden. Voor klaver en luzerne wordt 0,3-1,0 mg kg⁻¹ ds als marginaal beschouwd (Orloff & Carlson, 1997). In Nederland is het Mo-gehalte in gras en maïs gemiddeld respectievelijk 2,7 en 0,4 mg kg⁻¹ ds (Tabel 3.5). Ongeveer 5% van de maïspercelen bevat minder dan 0,2 mg Mo kg⁻¹ ds maïs.

In het dier is Mo een onmisbaar onderdeel van verschillende enzymen. Het is onder andere betrokken bij de nitraat- en de zwavelstofwisseling (COMV 2005). Er wordt vanuit gegaan dat de behoefte van het dier gedekt is als het rantsoen 0,1 mg Mo kg⁻¹ ds bevat (Tabel 3.2). Een Mo-tekort leidt tot een slechte groei en vruchtbaarheid (hoog inseminatiegetal, meer verwerpen en doodgeboorte). Voor volwassen melkvee en schapen wordt 5-10 mg Mo kg⁻¹ ds als maximaal toelaatbaar aangehouden. Bij veel lagere gehalten kan Mo in combinatie met een hoog S-gehalte al leiden tot een slechte Cu-opname. Blgg houdt dan ook als streefwaarde voor het gewas < 5 mg Mo kg⁻¹ ds aan.

6.9.2 Molybdeenbeschikbaarheid in grond

Molybdeen is in de bodem aanwezig in de vorm van een aantal mineralen. De concentratie aan Mo in oplossing is echter laag. Het wordt geadsorbeerd aan metaal(hydr)oxiden, kleimineralen en organische stof. Diverse factoren zijn invloed op de beschikbaarheid van Mo:

- pH: Mo is het enige spoorelement waarvan de beschikbaarheid toeneemt bij stijging van de pH. Dit is het gevolg van een verminderde adsorptie van Mo, waardoor de Mo-concentratie toeneemt (Goldberg & Forster, 1998). Boven pH 4,2 is Mo in oplossing aanwezig als MoO₄²⁻.
- Redoxpotentiaal: De oplosbaarheid van MoO₄²⁻ kan toenemen, wanneer ijzeroxiden gereduceerd worden (lage redoxpotentiaal).
- Vocht: onder droge omstandigheden verloopt de opname van Mo moeizaam, omdat er minder massatransport van water plaatsvindt (dit geldt voor alle micronutriënten).
- Temperatuur: De beschikbaarheid neemt af bij hogere temperatuur. Een hogere temperatuur in combinatie met een laag vochtgehalte verminderen de beschikbaarheid sterk.
- Andere elementen als fosfaat en sulfaat: Wanneer veel fosfaat aanwezig is nemen de fosfaationen de adsorptieplaatsen in op de ijzerhydroxiden. De beschikbaarheid van Mo neemt dan toe. Sulfaat heeft een vergelijkbare ion-vorm als molybdaat. Sulfaattoediening kan leiden tot een lagere Mo-concentratie in de plant als gevolg van anion-competitie (Fageria et al., 2002).
- IJzer- en aluminiumoxiden beperken de beschikbaarheid van Mo (Fageria et al., 2002).

6.9.3 Het bemestingsadvies

In Nederland is er geen grondonderzoekmethode en bemestingadvies voor Mo ontwikkeld.

6.9.4 Bemesting en meststoffen

Wanneer Mo-gebrek optreedt, is dit doorgaans bij een te lage pH van de grond. In dat geval wordt geadviseerd te bekijken tot een voor het betreffende gewas of voor het bouwplan optimale pH (Van Dijk, 2003).

Grasland en maïsland krijgen veelal dierlijke mest. Daarmee wordt ook Mo aangevoerd (Tabel 6-9). Tekorten zijn het eerst te verwachten bij bepaalde groentegewassen en vlinderbloemigen. Het opheffen van tekorten kan ook plaatsvinden door het gebruik van vaste en vloeibare molybdeenmeststoffen. Hiervoor zijn oplosbare Mo-zouten als natrium- en ammoniummolybdaat beschikbaar.

6.9.5 Voorspelbaarheid

internationaal worden diverse extractiemethoden gebruikt om een indicatie te krijgen van de hoeveelheid Mo die beschikbaar is voor plantopname. De meest genoemde zijn extractie met ammoniumoxalaat of met heet water (Sims & Johnson, 1991). In Amerika wordt, op basis van een extractie met heet water, vaak geadviseerd om 0,1 tot 0,3 mg Mo kg⁻¹ grond aan te houden als minimaal niveau. In Duitsland bestaan adviezen voor Mo-bemesting gebaseerd op de methode Grigg (ammoniumoxalaat/azijnzuur). Hierbij wordt een Mo-getal afgeleid als functie is van de pH en het Mo-gehalte in de grond.

6.10 Wetgeving

In Nederland is er regelgeving aanwezig om te vermijden dat bodems te zwaar belast worden met zware metalen en andere verontreinigingen en anderzijds om bepaalde locaties te saneren bij overschrijding van bepaalde normen. Daarnaast is er wetgeving aangaande het gebruik van meststoffen.

Sinds 1986 worden in Nederland advieswaarden toegepast voor de beoordeling van de bodemkwaliteit van landbouwgronden. Deze waarden zijn vastgesteld door een Landbouw Advies Commissie en worden sindsdien ook wel **LAC-waarden** genoemd. Voor zware metalen geven zij aan bij welke gehalten in de bodem mogelijk kwaliteitseisen voor verschillende consumptiegewassen en/of veevoer overschreden worden. De kern van een dergelijke signaalwaarde is dat eronder in ieder geval geen gezondheidsrisico's zijn te verwachten. Bij overschrijding van de waarde dient vervolgonderzoek plaats te vinden. De LAC-signalwaarden zijn gebaseerd op het voor accumulatie meest gevoelige gewas bij een kritische combinatie van bodemkenmerken.

In het bodembeschermings en -saneringsbeleid wordt ook gewerkt met **streefwaarden en interventiewaarden**. De streefwaarde benaderd de natuurlijke achtergrondwaarde en is gericht op het volledig herstellen van de functionele eigenschappen van de bodem. Het is een ijkpunt voor de milieukwaliteit op de lange termijn. Een interventiewaarde geeft aan dat de bodem voor bepaalde parameters en dusdanig hoog niveau bereikt heeft dat sanering gewenst.

Voor situaties waarin verontreinigingen relatief immobiel zijn, zijn recentelijk functiegerichte kwaliteitsdoelstellingen geïntroduceerd; de **bodemgebruikswaarden (BGW's)**. Deze zijn opgesteld op basis van de landgebruiksfuncties en de daarbij behorende gebruikseisen met betrekking tot humane gezondheid, landbouwkundige praktijken, gezondheid van het ecosysteem en overige eisen.

Verder kennen we in Nederland een Meststoffenwet. Deze wordt herzien en treedt vermoedelijk in 2007 in werking. Daar in worden andere eisen gesteld aan meststoffen aangaande kwaliteit, werking en milieu-effecten. De toelating van meststoffen gaat waarschijnlijk ook veranderen. Er komt meer nadruk te liggen op de milieutoets en minder op de landbouwkundige werking. Meststoffen met spoorelementen zoals de landbouwzouten maken gebruik van een ontheffing. Bij inwerking treden van de nieuwe Meststofwetgeving zal dit mogelijk worden herzien (binnen een overgangstermijn van drie jaar).

7 De voorziening in de praktijk: kringloop, verliezen en bedrijfseconomie

7.1 Algemeen

7.1.1 Opzet

Op basis van een aantal typische bedrijfssituaties wordt nagegaan hoe de mineraal- en spoorelementen voorziening eruit ziet. Vertrekpunt daarbij is een bedrijfssituatie zonder specifieke aandacht voor de mineralen- en spoorelementenvoorziening. Via de kringloop benadering wordt voor de basissituatie in beeld gebracht waar verliezen kunnen optreden. Aansluitend wordt ingegaan op de mogelijkheden om de voorziening van de veestapel te verbeteren en wat dit milieutechnisch en bedrijfseconomisch betekent. Ook de uitvoerbaarheid van maatregelen spelen daarbij een rol. De nadruk ligt hierbij op de elementen Cu, Zn, Co, Se, Mg en Na. Op basis van deze bevindingen wordt in Hoofdstuk 8 een leidraad opgesteld over hoe te handelen in een bepaalde bedrijfssituatie.

7.1.2 De kringloop

Tekorten aan mineralen kunnen worden aangevuld via bemesting en/of voermiddelen (Hoofdstuk 4 en 6). Vastgesteld dient te worden hoe dit het beste kan plaatsvinden (uitvoerbaarheid, kosten, nemen alle dieren evenveel op etc., (Hoofdstuk 4 en 6). Een belangrijke vraag daarbij is in hoeverre mineralen worden benut. Het lot van mineralen is goed te beschrijven via de nutriëntenkringloop (Figuur 3-1). Deze geeft een beeld van de benutting van toegediende mineralen of spoorelementen. Ook vastlegging in bodem en dier en verliezen kunnen via deze kringloop helder in beeld worden gebracht. We gaan daarbij uit van een balans benadering waarin alle inputs en outputs van het systeem, de kringloop, worden beschreven. Inputs zijn:

- I. Atmosferische depositie
- II. Meststoffen (organische mesten, minerale meststoffen, compost)
- III. Voedermiddelen (krachtvoer, ruwvoer, mineraalpreparaten)
- IV. Overige
- V. Capillaire opstijging
- VI. Beregeningswater.

Outputs zijn:

- VII. Gewasafvoer (verkoop van ruwvoer)
- VIII. Melk en vlees
- IX. Vervluchtiging
- X. Uitspoeling
- XI. Ophoping

De balans voor een element blijft constant voor een langere periode indien:

$$I + II + III + IV+V +VI = VII + VIII + IX +X +XI$$

In het algemeen zijn van de aanvoerzijde de posten meststoffen (II) en voedermiddelen (III) veruit de grootste aanvoerbronnen. In sommige gevallen is overige (IV) ook een belangrijke post (denk aan kopervoetbaden, strooisel).

Bij de afvoer van mineralen kunnen alle genoemde posten van belang zijn. Uitspoeling kan bijvoorbeeld belangrijk zijn bij Se, maar ook bij Na en Mg. Vervluchting is alleen een belangrijke verliespost bij Se. Ophoping is een belangrijke post voor o.a. Cu, Zn en Se. Aan- en afvoer van ruwvoer kan een belangrijke post zijn, maar in het navolgende wordt uitgegaan van bedrijven die zelfvoorzienend zijn met ruwvoer. Daarbij is geen netto-aanvoer van spoorelementen met ruwvoer verondersteld, hoewel op veel bedrijven sprake is van aanvoer van enig ruwvoer in de vorm van stro, graszaadstro etc. Bij de balansbenadering wordt eerst uitgegaan van normvoeding voor energie en eiwit.

In het navolgende ligt de nadruk daarom vooral bij de aanvoerposten meststoffen en krachtvoer en aan de afvoerzijde bij melk- en vlees, uitspoeling en ophoping.

7.1.3 De berekeningen voor drie bedrijfssituaties

Voor drie bedrijfssituaties (onbeperkt, beperkt weiden en summerfeeding, Tabel 7-1) wordt in beeld gebracht hoe de kringloop voor de mineralen Mg, Na en de spoorelementen Cu, Co, Zn en Se eruit ziet. Dit wordt gedaan voor de basissituatie: dat wil zeggen de veehouder besteedt geen bijzondere aandacht aan de voorziening van de veestapel met mineralen en sporen. De volgende uitgangspunten zijn hierbij van toepassing:

- vervangingspercentage van 30% en zelfvoorzienend
- zandgrond met een Gt van 6
- voor de samenstelling van vers gras, graskuil, snijmaïs, krachtvoer en mineralenmengsels is uitgegaan van de gemiddelde samenstelling zoals die in
-
- Tabel 3-5, Tabel 3-7 en Tabel 3-8 zijn weergegeven. In de situatie van summerfeeding is ook het jongvee het hele jaar gestald.
- de afvoer van spoorelementen via melk en vlees wordt constant verondersteld (dus onafhankelijk van de hoeveelheid die is opgenomen).

Tabel 7-1. Drie bedrijfssituaties.

Plan	onbeperkt weiden alleen gras	beperkt weiden 30% maïsland	summerfeeding 30% maïsland
Quotum (kg)	700000	700000	700000
Oppervlakte grond (ha)	61,5	53	48,2
- grasland (ha)	61,5	37,1	34
- maïsland (ha)	0	15,9	14,2
Aantal koeien (stuks)	84,3	82,5	84,2
Melk per koe (kg jaar ⁻¹), 3,43% eiwit, 4,33 %vet	8307	8497	8317
Krachtvoer/koe excl. Jongvee (kg)	2020	2018	2000
Zelfvoorzieningsgraad ruwvoer	100,8	99,7	100,3
Stikstofjaargift grasland (kg N ha ⁻¹)	218	235	305
Bruto opbrengst grasland (kg ds ha ⁻¹)	11714	11677	13197
Verplichte mestafvoer (m ³)	0	0	361

Daarnaast zijn er nog naast de basissituatie nog 5 varianten onderscheiden, hetgeen in totaal 6 varianten geeft:

- Variant 1: De basissituatie.
- Variant 2: Variant 1 plus bemesting van grasland met mineralen en spoorelementen (Mg, Na, Cu, Zn, Se en Co) met vast hoeveelheden.
- Variant 3: Variant 1 plus een gelimiteerde aanvoer met mineralen en spoorelementen (Mg, Na, Cu, Zn, Se en Co). Daarbij worden per diergroep mineralen aangevuld zodanig dat voor het meest eerst beperkende mineraal 100% dekking wordt gerealiseerd. Pinken en melkkoeien die onbeperkt weiden krijgen geen aanvulling met mineralen en sporen in de weideperiode (melkkoeien die beperkt weiden wel). Kalveren krijgen geen mineralenmengsel.
- Variant 4: Variant 1+ bemesting + een gelimiteerde aanvoer met mineralen en spoorelementen (Mg, Na, Cu, Zn, Se en Co).
- Variant 5: Variant 1 plus een standaard aanvoer met mineralen en spoorelementen (Mg, Na, Cu, Zn, Se en Co). Daarbij krijgen melkkoeien 100 gram (gras) mineralen mengsel per koe per dag, pinken 50 gram per dag en kalveren 0 gram per dag. Jongvee en melkkoeien die onbeperkt weiden krijgen geen aanvulling met mineralen en sporen in de weideperiode (melkkoeien die beperkt weiden wel). Kalveren krijgen geen mineralenmengsel.
- Variant 6: Variant 1+ bemesting + een standaard aanvoer met mineralen en spoorelementen (Mg, Na, Cu, Zn, Se en Co).

Bij bemesting is uitgegaan van vaste hoeveelheden. Deze hoeveelheid leidt tot een vaste verhoging van het gehalte in gras ten opzichte van de gemiddelde samenstelling. Dit is weergegeven in Tabel 7-2. Indien een aanvullingen met spoorelementen nodig is (cq. een besparing mogelijk) is dan worden de variabele kosten in beeld gebracht. Er is geen rekening gehouden met een betere diergezondheid cq. betere melkproductie omdat deze mogelijke effecten lastig te kwantificeren zijn.

Tabel 7-2. Het effect van bemesting op de grassamenstelling.

Gras	verhoging gehalte tov versgras en gras ingekuuld	gift per jaar
Mg*	0,4 g per kg ds	100 kg MgO per ha
Na	0,8 g per kg ds	50 kg Na ₂ O per ha
Cu	3 mg per kg ds	0,7 kg Cu per ha
Co	0,1 mg per kg ds	0,05 kg Co per ha
Se	0,11 mg per kg ds	0,01 kg Se per ha
Zn**	0,01 g per kg ds	0,25 kg Zn per ha

* Het effect is voor zand en klei+veen verschillend, respectievelijk 0,5 en 0, g per kg ds.

** Zn-bemesting komt niet voor op grasland (dus misschien weglaten).

7.2 Koper

De kringloop

Tabel 7-3. De Cu-balans (g ha^{-1}) voor onbeperkt, beperkt en summerfeeding in de basissituatie zonder bemesting en geen speciale aandacht voor de Cu-voorziening.

Uitgangssituatie	Onbeperkt	Beperkt	Summerfeeding
Gewas	79	74	74
aankoop voer en mineralen (A)	153	187	340
overige (strooisel)* (A)	0	0	0
dierlijke producten (B)	1	1	1
Mest	231	260	413
depositie (C)	10	10	10
aanvoer kunstmest (A)	0	0	0
capillaire opstijging	0	0	0
Bodem	241	270	423
Ophoping	140	169	301
Vervluchtiging	0	0	0
Uitspoeling**	23	28	49
Balans-overschot (excl depositie) (=A-B)	152	187	340
Balans-overschot (incl depositie) (=A+C-B)	162	197	350

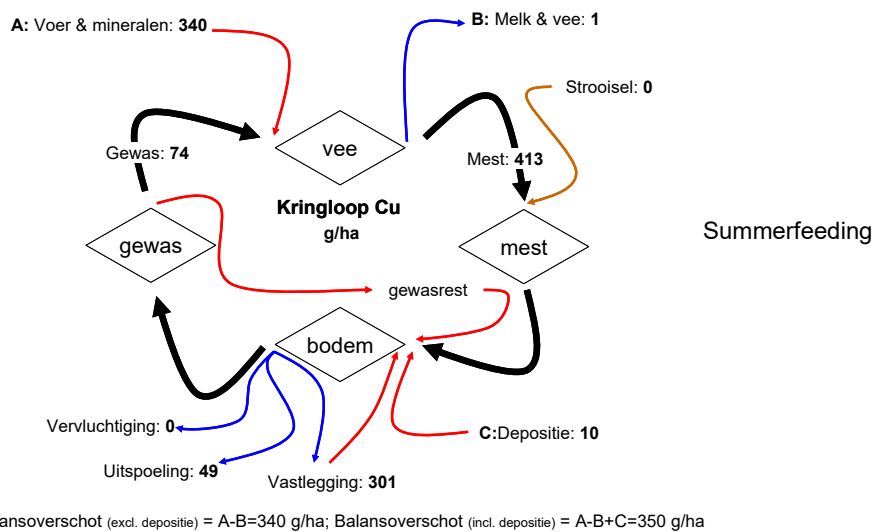
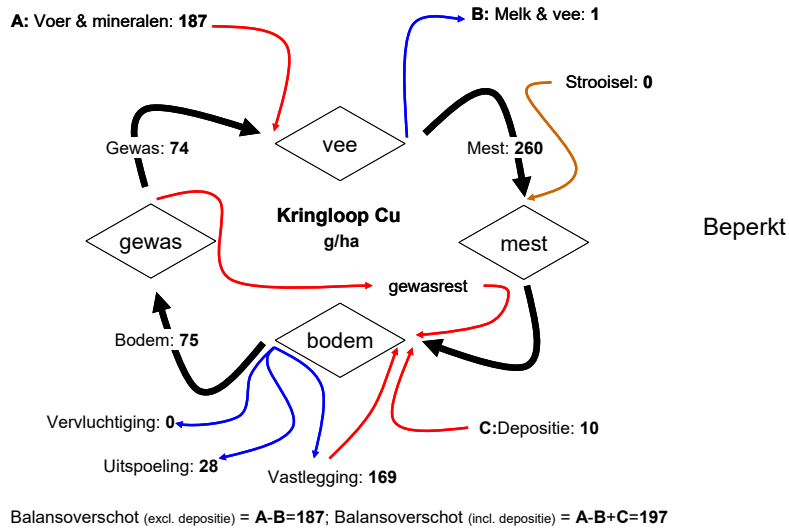
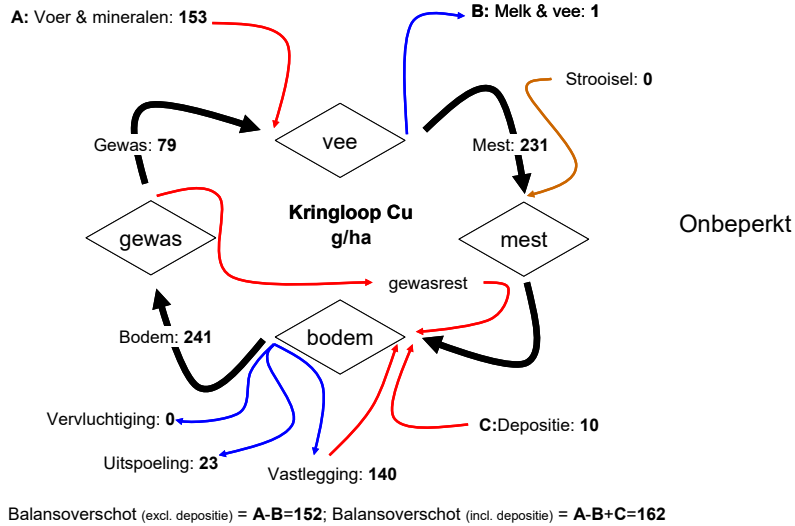
* Bij gebruik van koper houdende voetbaden is de aanvoer 200-400 g/ha hoger.

** Uitspoeling uit de laag beneden de bouwvoor.

In de situatie zonder bemesting en geen speciale aandacht voor de Cu-voorziening is de belangrijkste aanvoerpost de aanvoer via krachtvoer, waarbij deze verreweg het hoogst is bij summerfeeding. De aanvoer via depositie is gering (zie ook Figuur 7-1). Voor bedrijven die gebruik maken van Cu-houdende voetbaden kan de aanvoer beduidend hoger zijn. Onderzoek van CLM geeft aan dat bedrijven die voetbaden met kopersulfaat gebruiken (ongeveer 40% van alle onderzochte bedrijven) een extra Cu-aanvoer hebben van gemiddeld 623 g ha^{-1} (Boer et al., 2006). De afvoer via melk en vlees is gering. Op balans (excl depositie) varieert het overschot tussen 150 g ha^{-1} bij onbeperkt weiden tot 340 g ha^{-1} bij summerfeeding (In situaties met Cu-houdende voetbaden kan het overschot oplopen tot bijna 1 kg ha^{-1}).

Het verhogen van het Cu-gehalte

Via bemesting met Cu-zouten is het Cu-gehalte in gras te verhogen. In de proeven van Henkens en Luit bedroeg het maximale en minimale Cu-gehalte van gras respectievelijk ongeveer 13 en 3 mg kg^{-1} ds. Door bemesting lijkt het Cu-gehalte dus maximaal ongeveer 10 mg kg^{-1} ds te kunnen stijgen. Bij $15 \text{ ton ds ha}^{-1}$ komt dit overeen met $150 \text{ g Cu opname ha}^{-1}$. Het bemestingsadvies geldt voor ongeveer 5 jaar. Over een periode van 5 jaar is dus maximaal 750 g Cu ha^{-1} te verwachten. Bij giften van 4 of $6,5 \text{ kg ha}^{-1}$ betekent dit hooguit een benutting van 13-18%. Veelal zal de benutting echter beduidend lager zijn door minder dan 10 mg verhoging, waarmee de benutting dus onder de 10% ligt over een periode van 5 jaar. Anderzijds is bekend dat de nawerking van een kopergift langer kan duren dan 5 jaar (Gartrell, 1980). Cox (1992) kon aantonen dat een eenmalige Cu-gift 9 tot 27 jaar na toediening nog leidde tot een verhoogd Cu-gehalte van de grond op basis van Mehlich 3 extractie.



Figuur 7-1. De Cu-kringloop (g ha^{-1}) voor onbeperkt, beperkt en summerfeeding in de basissituatie zonder bemesting en geen speciale aandacht voor de Cu-voorziening.

In 10 jaar zou dit dus bijvoorbeeld een onttrekking betekenen van 1,5 kg. Dit roept vragen op of :

- met veel kleinere Cu-giften en met andere Cu-vormen niet eenzelfde verhoging van het Cu-gehalte in gras kan worden bereikt.
- een frequentere bemesting met geringe giften ook een betere benutting laat zien.
- een betere analyse van de grond van belang is voor het vaststellen van de beschikbaarheid cq. aantonen dat er een verhoogde nawerking is.

Hier wordt een stijging van 3 mg kg⁻¹ ds verondersteld bij toepassing van bemesting ten opzichte van het gemiddelde gehalte in gras.

De werking van Cu uit mest is zeer gering (Bolan, 2003) en draagt daarmee nauwelijks bij aan het verhogen van het Cu-gehalte van gras ondanks de ruime beschikbaarheid van mest (zie Tabel 7-3).

Toediening van extra Cu via krachtvoer of mineralenmengsels gebeurt vaak op basis van Cu-houdende zouten. Daarnaast worden ook organische Cu-verbindingen gebruikt. De benutting van Cu uit het voer varieert tussen 2 en de 6% (COMV, 2005). De hoeveelheid die in melk en vlees terecht komt is beduidend kleiner. Ruwweg wordt 0,04 mg Cu afgevoerd per liter melk en wordt er zo'n 130 mg per koe afgevoerd in de vorm van afvoer van vee. Dit komt overeen met bijna 1 g ha⁻¹.

Wat betekent dit nu voor de kringloop? Bij aanvoer via bemesting komt maximaal 10% van de Cu in het voer terecht. Hiervan komt maximaal 0,5 % in melk en vlees terecht. Ofwel maximaal 0,05% van de Cu toegediend via minerale meststoffen wordt via melk en vlees van het bedrijf afgevoerd. Bij direct toedienen via het voer varieert dit tussen de 0,3-0,5%. Wat gebeurt er met de rest van de Cu?

Milieueffecten van Cu-bemesting met kunstmest en dierlijke mest

Er zijn veel studies gedaan naar het gedrag van Cu in de grond. In het algemeen is Cu weinig mobiel en wordt het sterk vastgelegd in de organische stof. In de bodemoplossing komt ook opgeloste organische stof (DOC) met daaraan gebonden Cu voor vooral bij een lage pH. Het is bekend dat juist bij een lage pH de concentraties van zware metalen (met name Cu) in het bodemvocht en grondwater zeer hoog kunnen door DOC. Hierdoor kan soms overschrijding van de streefwaarde voor Cu in grondwater (15 ug l⁻¹) optreden, maar in het algemeen is de uitspoeling beperkt. De Vries et al., (2002) geven aan dat er tussen de 84 en 224 g ha⁻¹ (gemiddeld 131) uitspoelt uit de bouwvoor 0-30 cm. De uitspoeling tussen de bodem van de bouwvoor en het freatisch grondwaterniveau is veel geringer met een bandbreedte van 7,1-81 g ha⁻¹ (37). Uit de Vries et al., (2002) is af te leiden dat deze hoeveelheden overeen komen met respectievelijk 50 en 14% van het overschot op de Cu-balans. De rest van de Cu hoopt op in de bouwvoor cq. de laag eronder.

Een groot deel van het Cu-overschot hoopt dus op in de bodem. Deze ophoping kan betekenen dat op termijn (ongeveer 500 jaar) de milieukundige normen (LAC waarden) worden overschreden. De LAC-signaalwaarden geven voor zware metalen (en ook organische microverontreinigingen) aan bij welke gehalten in de bodem mogelijk kwaliteitseisen voor verschillende consumptiegewassen en/of veevoer overschreden worden.

Praktijksituaties

In de basissituatie (Tabel 7-4) is er voor de situaties met weidegang een tekort bij jongvee, zowel in de weideperiode als in de stalperiode. Bij summerfeeding krijgen vooral pinken te weinig Cu in de basissituatie. Door bemesting (0,7 kg Cu ha⁻¹) toe te passen gaat het gemiddelde gehalte in gras omhoog met 3 mg kg⁻¹ ds. Voor jongvee is dan Cu-voorziening dan nog steeds niet op orde. Dit wordt veroorzaakt door de sterke verhoging van de streefwaarden voor Cu in gras, zoals die onlangs

Tabel 7-4. De Cu-voorziening (relatief ten opzichte van de behoefte) voor drie bedrijfssituaties, het Cu-overschot per ha en de meerkosten per ha.

Diercategorie	Basis	Basis + bemesting*	Basis + mineralen (beperkt)	Basis +bemesting + mineralen (beperkt)	Basis + mineralen	Basis + bemesting + mineralen
Onbeperkt weiden						
Kalveren, zomerperiode	69	85	69	85	69	85
Kalveren, winterperiode	64	80	64	80	64	80
Pinken, zomerperiode	49	66	49	66	49	66
Pinken, winterperiode	47	63	100	100	118	206
Melkvee, zomerperiode	102	121	102	121	194	167
Melkvee, winterperiode	123	138	130	138	216	184
Cu-overschot, g ha ⁻¹	152	852	157	854	196	896
Meerkosten bedrijf, €		408	42	450	770	1178
Beperkt weiden						
Kalveren, zomerperiode	70	85	70	85	70	85
Kalveren, winterperiode	64	80	64	80	64	80
Pinken, zomerperiode	49	66	49	66	49	66
Pinken, winterperiode	47	63	100	100	118	206
Melkvee, zomerperiode	90	105	90	105	182	151
Melkvee, winterperiode	116	127	126	127	208	174
Cu-overschot, g ha ⁻¹	187	887	194	890	281	981
Meerkosten bedrijf, €		351	48	399	1411	1762
Summerfeeding						
Kalveren	65	81	65	81	65	81
Pinken	46	62	100	100	117	133
Melkvee	107	121	124	121	199	213
Cu-overschot, g ha ⁻¹	219	919	258	932	333	1033
Meerkosten bedrijf, €		320	174	494	1559	1879

1) De totale behoefte van kalveren, pinken en melkvee bedraagt respectievelijk, 23, 38 en 59 g⁻¹ dier jr⁻¹.

* Er is uitgegaan van 3,5 kg Cu-bemesting iedere 5 jaar. Dit komt overeen met een gift van 0,7 kg ha⁻¹ jr⁻¹.

zijn vastgesteld door COMV (2005). De vraag is of deze hoge waarden terecht zijn.

Het (gelimiteerd) bijvoeren van mineralen is een deeloplossing. Het is niet toepasbaar bij weidegang, waardoor tekortsituaties blijven bestaan bij weidend jongvee .

Bijvoeding van melkvee met Cu- houdende mineralen is niet echt nodig (alleen bij veel maïs in het rantsoen kan de voorziening aan de krappe kant zijn). Met het basisrantsoen is de Cu-voorziening op orde. Indien bijgevoerd wordt met mineralen dan is het advies van 100 g per dier per dag te ruim. Door mineralen bij te voeren neemt het overschot met 50 (onbeperkt weiden) tot 114 (summerfeeding) g ha⁻¹ toe. Bemesting zorgt voor een toename van het overschot met 700 g ha⁻¹ .

Indien Cu-bemesting wordt toegepast op het gehele areaal dan variëren de meerkosten voor de Cu-meststof plus aanvullend grondonderzoek tussen € 320 bij summerfeeding en € 408 bij onbeperkt weiden door een verschil in bedrijfsareaal (Tabel 7-1). Op basis van gegevens van Blgg wordt hooguit op 20 % van het totale areaal Cu-bemesting aangeraden. Vertaald naar de drie situaties in

bovenstaande tabel betekent dit meerkosten van respectievelijk € 64, € 70 en € 81 voor summerfeeding, beperkt weiden en onbeperkt weiden (Tabel 7-5). Ook de balans-overschotten nemen dan duidelijk af en zijn redelijk goed vergelijkbaar met variant 5 waarin een basisniveau mineralen wordt verstrekt (Tabel 7-5).

Tabel 7-5. Het Cu-overschot en de meerkosten, indien Cu-bemesting wordt toegepast op het areaal dat volgens grondonderzoek (ongeveer 20% areaal) een Cu-gift nodig heeft.

Diercategorie	Basis	Basis + bemesting*	Basis + mineralen (beperkt)	Basis +bemesting + mineralen (beperkt)	Basis + mineralen	Basis + bemesting + mineralen
Onbeperkt weiden						
Cu-overschot, g ha ⁻¹	152	292	157	294	196	336
Meerkosten bedrijf, €		81	42	123	770	851
Beperkt weiden						
Cu-overschot, g ha ⁻¹	187	333	194	344	281	435
Meerkosten bedrijf, €		70	48	118	1411	1481
Summerfeeding						
Cu-overschot, g ha ⁻¹	219	373	258	386	333	487
Meerkosten bedrijf, €		64	174	238	1559	1623

De kosten voor mineralenmengsels kunnen vrij hoog oplopen (tot meer dan € 1500) indien volgens een vaste richtlijn wordt verstrekt (100 g per koe per dag). Het grote verschil tussen beperkt en onbeperkt weiden wordt veroorzaakt door de veronderstelling dat bij onbeperkt weiden in de weideperiode geen mineralenmengsel wordt bijgevoerd. Bij afstemming op de behoefte (basis + mineralen beperkt) variëren de kosten tussen € 42 bij onbeperkt weiden tot € 174 bij summerfeeding. De overschotten op de mineralenbalans zijn voor de bemestingsvariant sterk omlaag gegaan. Ze zijn nog wel iets hoger dan bij het verstrekken van sporelementen via het voerspoor volgens een vast regime (variant 2 en variant 5).

Op basis van deze gegevens is door de hoge Cu-normen voor jongvee bemesting in eerste instantie alleen niet toereikend, tenzij er vanuit wordt gegaan dat ze met een goede Cu-status de wei zijn ingegaan (in dat geval kunnen ze een krappere voorziening goed overbruggen). Hebben ze gedurende het stalseizoen een goede lichaamreserve opgebouwd dan volstaat Cu-bemesting (zie Hoofdstuk 8). Is dit niet het geval dan blijft er aandacht nodig voor de Cu-voorziening van jongvee via bijvoorbeeld bolussen.

7.3 Zink

De kringloop

Tabel 7-6. De Zn-balans (g ha^{-1}) voor onbeperkt, beperkt en summerfeeding in de basissituatie zonder bemesting en geen speciale aandacht voor de Zn-voorziening.

Uitgangssituatie	Onbeperkt	Beperkt	Summerfeeding
gewas	403	451	451
aankoop voer en mineralen (A)	440	529	784
overige (strooisel) (A)	2	2	2
dierlijke producten (B)	55	64	64
mest	789	918	1173
depositie (C)	40	40	40
aanvoer kunstmest (A)	0	0	0
capillaire opstijging	0	0	0
bodem	829	958	1213
ophoping	124	140	217
vervluchtiging	0	0	0
uitspoeling	270	327	505
Balans-overschot (excl depositie) (=A-B)	386	467	722
Balans-overschot (incl depositie) (=A+C-B)	426	507	762

In de situatie zonder bemesting en geen speciale aandacht voor de Zn-voorziening is de belangrijkste aanvoerpost de aanvoer via krachtvoer, waarbij deze verreweg het hoogst is bij summerfeeding (Tabel 7-6, Figuur 7-2). De aanvoer via depositie is gering. De afvoer via melk en vlees is gering. Op balans (excl depositie) varieert het overschot tussen 386 g ha^{-1} bij onbeperkt weiden tot 722 g ha^{-1} bij summerfeeding.

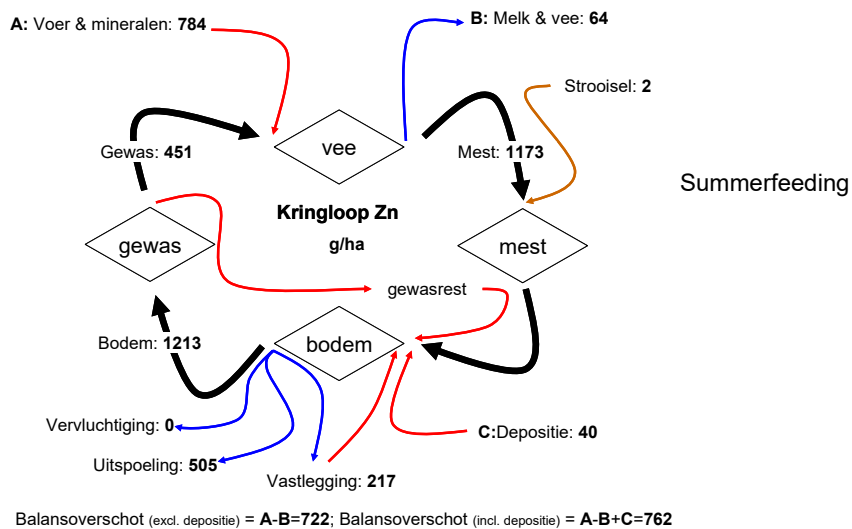
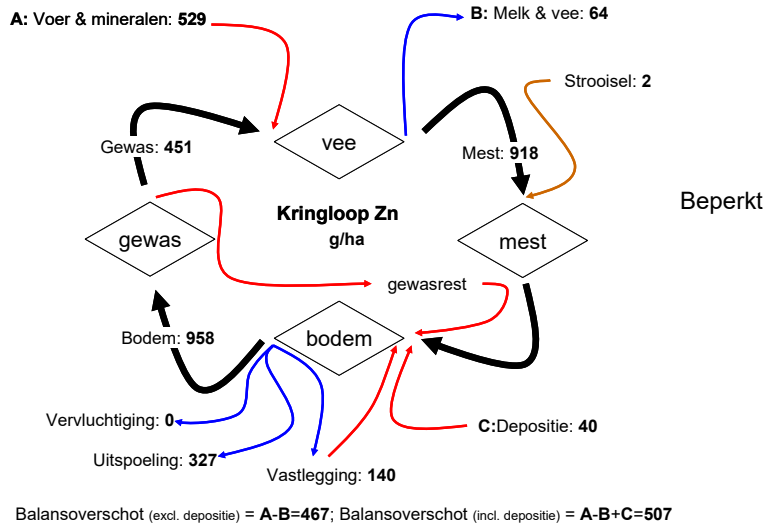
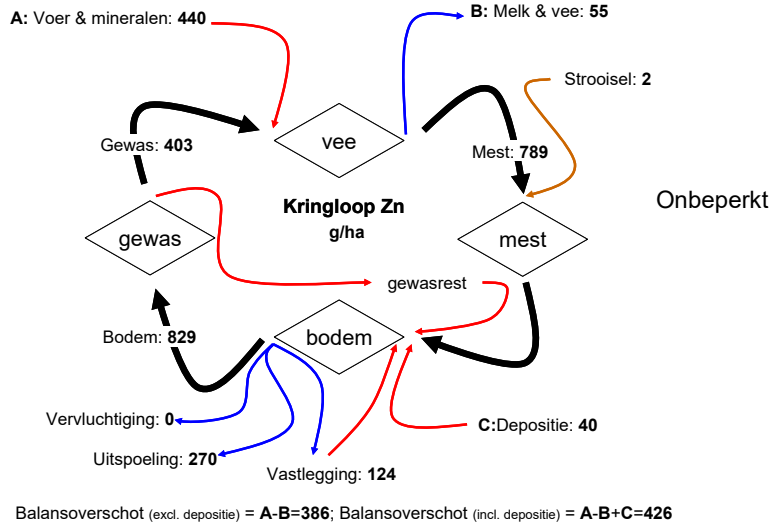
Het verhogen van het Zn-gehalte

Er is weinig informatie over de werking van Zn uit mest. Wel is de verwachting dat deze beter is dan die voor Cu omdat Zn minder sterk gebonden wordt aan organische stof en mobieler is dan Cu.

Bemesting met Zn-meststoffen komt op melkveebedrijven in Nederland niet voor. Bemesting met Zn-zouten of Zn-chelaten komt wereldwijd gezien veel voor. De geadviseerde hoeveelheden lopen sterk uiteen. Indien er geen groot tekort is dan worden hoeveelheden van $1\text{-}5 \text{ kg ha}^{-1}$ geadviseerd eens per 4 jaar (Martens en Westerman, 1991). In deze studie is verondersteld dat indien Zn-bemesting nodig dat 1 kg ha^{-1} toereikend is voor een periode van 4 jaar en dat dit leidt tot een verhoging met $10 \text{ mg kg}^{-1} \text{ ds}$.

Toediening van extra Zn via krachtvoer of mineralenmengsels gebeurt vaak op basis van Zn-houdende zouten. Daarnaast worden ook organische Zn-verbindingen gebruikt. De schijnbare absorptie neemt af met een toenemend zinkgehalte in het rantsoen. Bij een concentratie van 100 ppm neemt de schijnbare absorptie niet verder af en bereikt een plateauwaarde van ca.43%. (Van den Top, 2005g). In de COMV handleiding wordt een absorptie van 45% gehanteerd (COMV, 2005). De hoeveelheid die in melk en vlees terecht komt is beduidend kleiner. Ruwweg wordt $4,1 \text{ mg Zink}$ afgevoerd per liter melk en wordt er zo'n $6,3 \text{ g}$ per koe afgevoerd in de vorm van afvoer van vee. Dit komt overeen met ongeveer 55 g ha^{-1} .

Wat betekent dit nu voor de kringloop? Bij aanvoer via bemesting komt maximaal 25% van de Zn in het voer terecht. Hiervan komt maximaal 10% in melk en vlees terecht. Ofwel maximaal 2,5% van de Zn toegediend via minerale meststoffen wordt via melk en vlees van het bedrijf afgevoerd. Bij direct toedienen via het voer varieert dit tussen de 5-10%. Wat gebeurt er met de rest van de Zn?



Figuur 7-2. De Zn-kringloop (g ha^{-1}) voor onbeperkt, beperkt en summerfeeding in de basissituatie zonder bemesting en geen speciale aandacht voor de Zn-voorziening.

Milieueffecten van Zn-bemesting met kunstmest en dierlijke mest

Het element Zn is in het algemeen mobieler dan Cu. Het wordt minder sterk vastgelegd in de organische stof. Voor Zn geldt dat de concentratie in het grondwater sterk bepaald wordt door de zuurgraad (pH) van de bodem en het grondwater. Ook de concentratie aan opgeloste Zn-hydroxiden neemt toe bij lage pH. Ook hierbij geldt dat de streefwaarde voor Zn in grondwater (65 ug l^{-1}) kan worden overschreden in het geval van een lage pH terwijl de gehalten in de bodem zelf niet sterk verhoogd zijn. De Vries et al., (2002) geven aan dat er tussen de 190 en 1511 g ha^{-1} (gemiddeld 742) wordt aangevoerd en slechts $31\text{-}207 \text{ g ha}^{-1}$ (gemiddeld 81) wordt afgevoerd. Uit de bouwvoor spoelt $163\text{-}1003 \text{ g ha}^{-1}$ (gemiddeld 461) uit. De uitspoeling tussen de bodem van de bouwvoor en het freatisch grondwaterniveau is veel geringer met een bandbreedte van $34\text{-}741 \text{ g ha}^{-1}$ (gemiddeld 234). Uit de Vries et al., (2002) is af te leiden dat deze hoeveelheden overeen komen met respectievelijk 70% en 35% van het overschot op de Zn-balans. De rest van de Zn hoopt op in de bouwvoor cq. de laag eronder. Door de pH op het landbouwkundig gewenste niveau te houden is de uitspoeling te beperken.

Een deel van het Zn-overschot hoopt dus op in de bodem. Deze ophoping kan betekenen dat op termijn (200- 600 jaar) de milieukundige normen (LAC waarden) worden overschreden. De LAC-signaalwaarden geven voor zware metalen aan bij welke gehalten in de bodem mogelijk kwaliteitseisen voor verschillende consumptiegewassen en/of veevoer overschreden worden.

Praktijksituaties

In de basissituatie (Tabel 7-7) is de Zn-voorziening in alle situaties toereikend. Zelfs bij lage Zn-gehalten in gras is de Zn-voorziening veelal toereikend. Pas bij de 5% laagste Zn-waarden in gras en maïs is bij pinken de voorziening aan de krappe kant.

Bemesting met Zn is vrijwel nooit nodig (zeker niet omdat de meeste percelen ook nog eens dierlijke mest krijgen). Het voeren van mineralenmengsel kan uit oogpunt van Zn achterwege blijven. Indien men toch gebruik wil maken van mineralenmengsel dan dienen deze geen Zn te bevatten.

Bemesting met Zn of het voeren van mineralenmengsels draagt onnodig bij aan het verhogen van het balans-overschot en leidt daarmee tot een verhoging van de uitspoeling en ophoping van Zn. Er hoeven dus geen kosten gemaakt te worden voor aanvulling met Zn via bemesting.

Tabel 7-7. De Zn-voorziening (relatief tov de behoefte) voor drie bedrijfssituaties, het Zn-overschot per ha en de meerkosten per ha.

Diercategorie	Basis	Basis + bemesting	Basis + mineralen (beperkt)	Basis +bemesting + mineralen (beperkt)	Basis + mineralen	Basis + bemesting + mineralen
Onbeperkt weiden						
Kalveren, zomerperiode	167	196	167	196	167	196
Kalveren, winterperiode	165	194	165	194	165	194
Pinken, zomerperiode	171	211	171	211	171	211
Pinken, winterperiode	172	210	236	255	238	276
Melkvee, zomerperiode	152	176	152	176	198	222
Melkvee, winterperiode	169	187	173	187	215	233
Zn-overschot, g ha ⁻¹	386	566	394	570	460	640
Meerkosten bedrijf, €			42	42	770	770
Beperkt weiden						
Kalveren, zomerperiode	167	197	167	197	167	197
Kalveren, winterperiode	165	194	165	194	165	194
Pinken, zomerperiode	171	211	171	211	171	211
Pinken, winterperiode	172	210	236	255	238	276
Melkvee, zomerperiode	148	162	170	171	193	208
Melkvee, winterperiode	167	177	173	177	213	222
Zn-overschot, g ha ⁻¹	467	647	479	653	624	804
Meerkosten bedrijf, €			48	48	1411	1411
Summerfeeding						
Kalveren	166	195	166	195	166	195
Pinken	171	209	236	255	237	275
Melkvee	160	174	171	174	206	221
Zn-overschot, g ha ⁻¹	548	728	613	749	738	918
Meerkosten bedrijf, €			174	174	1559	1559

7.4 Selenium

De kringloop

In de situatie zonder bemesting en geen speciale aandacht voor de Se-voorziening is de belangrijkste aanvoerpost “voer en mineralen”, waarbij deze verreweg het hoogst is bij summerfeeding (Figuur 7-3). Daarnaast is depositie een belangrijke aanvoerpost. De afvoer via melk en vlees is gering. Op balans (excl depositie) varieert het overschot tussen krap 2 g ha⁻¹ bij onbeperkt weiden tot ruim 5 g ha⁻¹ bij summerfeeding.

Tabel 7-8. De Se-balans (g ha^{-1}) voor onbeperkt, beperkt en summerfeeding in de basissituatie zonder bemesting en geen speciale aandacht voor de Se-voorziening.

Uitgangssituatie	Onbeperkt	Beperkt	Summerfeeding
Gewas	0,44	0,38	0,38
aankoop voer en mineralen (A)	2,00	2,58	5,64
overige (strooisel) (A)	0,00	0,00	0,00
dierlijke producten (B)	0,25	0,28	0,28
Mest	2,19	2,67	5,73
depositie (C)	1,50	1,50	1,50
aanvoer kunstmest (A)	0,00	0,00	0,00
capillaire opstijging	0,16	0,16	0,16
Bodem	3,85	4,33	7,39
Ophoping	1,73	1,95	3,33
Vervluchtiging	1,73	1,95	3,33
Uitspoeling	0,39	0,43	0,74
Balans-overschot (excl depositie) (=A-B)	1,76	2,30	5,36
Balans-overschot (incl depositie) (=A+C-B)	3,26	3,80	6,86

1) de totale behoefte van kalveren, pinken en melkvee bedraagt respectievelijk, 59, 66 en 197 g^{-1} dier jr^{-1} .

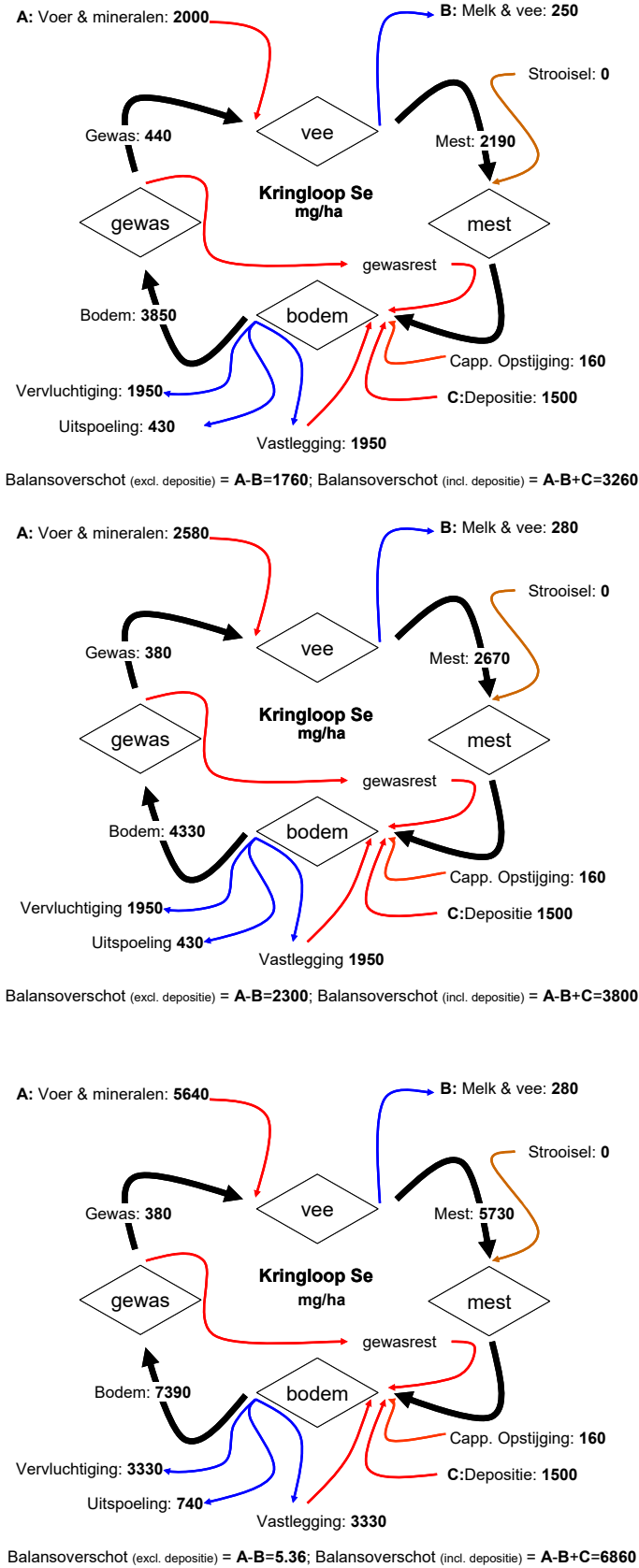
Het verhogen van Se-gehalte.

Voor een optimale voorziening van rundvee met Se dient 0,10 tot 0,18 mg Se kg^{-1} ds aanwezig te zijn. De ruwvoerders gras en maïs bevatten van nature te weinig Se. Aanvulling via bemesting en/of via het voerspoor is goed mogelijk.

Proeven op grasland van Shand et al., (1992) en NMI met een eenmalige natriumselenaatgift van 10 g Se ha^{-1} geven aan dat de Se-recovery van selenaat kan oplopen tot ruim 40%. In Finland daarentegen gaat men uit van een recovery van 10% of minder. Uit proeven van Dufrasne et al (2002) is af te leiden dat bij een gift 15 g ha^{-1} verdeeld over 5 sneden de recovery ongeveer 10% bedraagt. Er is dus een grote bandbreedte in recovery.

Toediening van extra Se via krachtvoer of mineralenmengsels gebeurt vaak op basis van natriumseleniet. Daarnaast worden ook organische Se-verbindingen gebruikt op gistbasis. In een voederproef tonen Juniper et al. (2006) aan dat het gebruik van een organische Se-verbinding bovenop het basisrantsoen (met gemiddeld 0,15 mg Se kg^{-1} ds) tot een hoger gehalte in melk leidt dan bij gebruik van natriumseleniet. Berekend is hier dat bij gebruik van organisch Se of seleniet respectievelijk 10-20% en 3% van de toegediende Se wordt teruggevonden in melk.

De recovery uit het basisrantsoen in melk bedraagt bijna 20%. Andere bronnen (BBPR) gaan uit van afvoer via melk van 0.02 mg l^{-1} bij voeding op de norm. Dit komt overeen met een recovery van ongeveer 16%. Wat betekent dit nu voor de kringloop? Op basis van de beperkte gegevens komt bij aanvoer via bemesting tussen 10 en 40% van de Se in het voer terecht. Hiervan komt maximaal 20% in melk en vlees. Ofwel tussen 2 en 8% van de Se toegediend via minerale meststoffen wordt via melk en vlees van het bedrijf afgevoerd. Bij direct toedienen via het voer varieert dit tussen 3 en 20% (gebaseerd op Juniper et al., 2006). Wat gebeurt er met de rest van de Se?



Figuur 7-3. De Se-kringloop (g ha^{-1}) voor onbeperkt, beperkt en summerfeeding in de basissituatie zonder bemesting en geen speciale aandacht voor de Se-voorziening.

Milieueffecten van Se-bemesting met kunstmest en dierlijke mest

In Finland wordt al 20 jaar bemest met Se en is onderzoek gedaan naar milieurisico's. De hoeveelheid heet-water extraheerbaar Se veranderde niet over een periode van 14 jaar (Makkela-Kurtto & Sippola, 2002). Dit stemt overeen met eerder genoemde resultaten dat er na 1 jaar geen nawerking meer is van Se –bemesting. Ook het Se-gehalte in oppervlaktewater was niet significant toegenomen (Wang et al, 1994; Alfthan & Aro 2005). Vermoedelijk vindt er ophoping plaats, maar dit kon statistisch niet met zekerheid worden vastgesteld ten opzichte van de totale hoeveelheid die reeds aanwezig was (Yli-Halla, 2005). Bekend is dat organische stof Se kan immobiliseren (Gustafson & Johnsson, 1992). Daarnaast kan door redoxreacties mobiel selenaat omgezet worden in slecht oplosbare vormen, waardoor het risico van uitspoeling naar diepere lagen beperkt is, zelfs onder extreme uitspoelingscondities (Guo et al., 1999).

Een andere belangrijke verliesroute voor Se is vervluchtiging via dimethylselenide en dimethylselenone. Hoeveel er is vervluchtigd, is onder andere afhankelijk van de plantensoort (Terry et al., 1992). Uit werk van Terry et al. (1992) en Duckart et al. (1992) blijkt dat gras en maïs niet de belangrijkste emitteerders zijn. Verder blijkt dat sulfaat en nitraat de Se-vervluchtiging remmen. Op seleenrijke gronden kan tot 40 g Se ha⁻¹ dag⁻¹ vervluchtigen. Volgens Haygarth et al. (1994) vervluchtigt er in Engeland 1-2 g Se ha⁻¹ jr⁻¹ van (onbemest) grasland. Dit zal voor Nederland vermoedelijk niet veel anders zijn.

Se die door het dier wordt uitgescheiden is vooral aanwezig in de faeces. De Se-werking uit mest is gering (enkele procenten). Omdat de uitgescheiden Se vooral organisch gebonden is zullen er weinig verliezen optreden. Er vindt ophoping plaats.

Samengevat lijkt het risico van uitspoeling naar grond- en oppervlaktewater gering. Een overschot aan Se hoopt op of gaat via vervluchtiging verloren. (Bij de kingloopberekeningen is verondersteld dat van het Se-overschot respectievelijk 10%, 45% en 45% uitspoelt, ophoopt en vervluchtigt). Dit betekent dat er weinig milieurisico's zijn om Se via het bodemspoor of voerspoor toe te dienen. Wel is de benutting binnen de kringloop via het voerspoor hoger dan via het bodemspoor indien op de norm wordt gevoerd.

Praktijksituaties

In de basissituatie (Tabel 7-9) is er voor de situaties met weidegang een tekort bij jongvee, zowel in de weideperiode als in de stalperiode. Melkvee heeft vooral in de weideperiode een tekort, terwijl in de winterperiode de voorziening bijna gedekt is. Bij summerfeeding krijgen vooral pinken te weinig Se in de basissituatie. Ook droogstaande koeien (niet getoond) krijgen te weinig Se, maar kunnen op basis van de lichaamsreserve een tijdje vooruit. Door bemesting (10 g Se ha⁻¹) toe te passen gaat het gemiddelde gehalte in gras omhoog naar 0,15 mg kg⁻¹ ds. Voor alle situaties is de Se-voorziening dan op orde, met uitzondering de weideperiode bij beperkt weiden van melkkoeien. Hier is de voorziening aan de krappe kant. Dit wordt veroorzaakt door het ruim bijvoeren van snijmaïs. Het gelimiteerd bijvoeren van mineralen is een deeloplossing. Het is niet toepasbaar bij weidegang, waardoor tekortsituaties blijven bestaan bij weidend jongvee en bij onbeperkt weiden van melkkoeien. Ook de voorziening bij kalveren onder summerfeeding is aan de krappe kant. Tegelijkertijd valt op dat de dekking bij pinken in de winterperiode zeer ruim is. Dit komt omdat er veel aanvulling met Cu nodig was om aan de behoeftenormen te voldoen. Hierdoor is meer Se aangevoerd dan nodig is vanuit oogpunt van dierbehoefte. Over de hele linie genomen is Se-bemesting de beste waarborg om het vee van voldoende Se te voorzien.

Tabel 7-9. De Se-voorziening (relatief tov de behoefte) voor drie bedrijfssituaties, het Se-overschot per ha en de meerkosten per ha.

Diercategorie	Basis	Basis + bemesting	Basis + mineralen (beperkt)	Basis +bemesting + mineralen (beperkt)	Basis + mineralen	Basis + bemesting + mineralen
Onbeperkt weiden						
Kalveren, zomerperiode	76	160	76	160	76	160
Kalveren, winterperiode	86	163	86	163	86	163
Pinken, zomerperiode	33	125	33	125	33	125
Pinken, winterperiode	52	132	213	245	205	285
Melkvee, zomerperiode	56	104	100	104	157	204
Melkvee, winterperiode	91	124	100	124	191	224
Se-overschot, g ha ⁻¹	1,76	11,76	1,85	11,80	2,64	12,64
Meerkosten bedrijf, €		974	42	1016	770	1744
Beperkt weiden						
Kalveren, zomerperiode	76	160	76	160	76	160
Kalveren, winterperiode	86	163	86	163	86	163
Pinken, zomerperiode	33	125	33	125	33	125
Pinken, winterperiode	52	132	213	245	205	285
Melkvee, zomerperiode	53	81	100	100	152	181
Melkvee, winterperiode	86	104	100	104	186	204
Se-overschot, g ha ⁻¹	2,30	9,30	2,44	9,36	4,18	11,18
Meerkosten bedrijf, €		587	48	635	1411	1998
Summerfeeding						
Kalveren	88	164	88	164	88	164
Pinken	50	130	213	246	203	284
Melkvee	76	102	100	102	176	202
Se-overschot, g ha ⁻¹	2,84	9,89	3,62	10,15	5,12	12,18
Meerkosten bedrijf, €		538	174	712	1559	2087

1) de behoefte van kalveren, pinken en melkvee bedraagt respectievelijk, 0,23, 0,36 en 1,1 g⁻¹ dier jr⁻¹.

De kosten voor de Se-meststof inclusief grondonderzoek variëren tussen € 538 bij summerfeeding en € 974 bij onbeperkt weiden bij bemesting van het grasland met 10 g ha⁻¹. Het verschil wordt veroorzaakt doordat Se-bemesting alleen wordt toegepast op grasland. Naar verwachting is bemesting nodig op 75% van de percelen, waardoor de uiteindelijke kosten per bedrijf variëren van € 400 bij summerfeeding en € 750 bij onbeperkt weiden en het overschot op de balans bij bemesting met 2,5 g ha⁻¹. De kosten voor mineralenmengsels kunnen vrij hoog oplopen (tot meer dan € 1500 per bedrijf) indien volgens een vaste richtlijn wordt verstrekt 100 g per koe per dag). Het grote verschil tussen beperkt en onbeperkt weiden wordt veroorzaakt door de veronderstelling dat bij onbeperkt weiden in de weideperiode geen mineralenmengsel wordt bijgevoerd. Bij afstemming op de behoefte (basis + mineralen beperkt) bedragen variëren de kosten tussen € 42 bij onbeperkt weiden tot € 174 bij summerfeeding.

7.5 Magnesium

Tabel 7-10. De Mg-balans (kg ha⁻¹) voor onbeperkt, beperkt en summerfeeding in de basissituatie zonder bemesting en geen speciale aandacht voor de Mg-voorziening.

Uitgangssituatie	Onbeperkt	Beperkt	Summerfeeding
gewas	23	21	24
aankoop voer en mineralen (A)	31	36	41
overige (strooisel) (A)	0	0	0
dierlijke producten (B)	2	2	2
Mest	52	56	63
depositie (C)	2	2	2
aanvoer kunstmest (A)	0	0	0
capillaire opstijging	18	18	18
Bodem	72	75	82
Ophoping	0	0	0
Vervluchtiging	0	0	0
Uitspoeling	29	34	38
Balans-overschot (excl depositie en capillaire opstijging) (=A-B)	29	34	38
Balans-overschot (incl depositie en excl cap. opstijging) (=A+C-B)	31	36	40

(Niet alle Mg spoelt uit een deel is beschikbaar voor het gewas in een volgend jaar!).

In de situatie zonder bemesting en geen speciale aandacht voor de Mg-voorziening is de belangrijkste aanvoerpost de aanvoer via krachtvoer, waarbij deze verreweg het hoogst is bij summerfeeding. De aanvoer via depositie is gering. De afvoer via melk en vlees is gering. Op balans (excl depositie) varieert het overschot tussen 29 kg ha⁻¹ bij onbeperkt weiden tot 38 kg ha⁻¹ bij summerfeeding.

Gewas, dier en milieu

- Dierlijke mest bevat 1,3 kg MgO m⁻³. Magnesium uit dierlijke mest werkt even goed als die uit kieseriet. Wel moet opgemerkt worden dat bij het toedienen van dierlijke mest de verhoging van het Mg-gehalte in het gewas geringer zal zijn dan bij het toedienen als kieseriet. Dit wordt veroorzaakt door de kali in de dierlijke mest. Deze beperkt de opname van Mg.
- Mg is relatief uitspoelingsgevoelig. Het is minder uitspoelingsgevoelig dan bijvoorbeeld nitraat en Na. Magnesium is niet milieubelastend.
- Het dier heeft geen of slechts een zeer beperkte lichaamsreserve aan Mg. De gevoeligheid voor een Mg-tekort is groot. Hierdoor is bij beweiding en een Mg-tekort directe aanvulling nodig.

Praktijksituaties

De voorziening met Mg in de verschillende praktijksituaties is weergegeven in Tabel 7-11. De tabel laat zien dat in alle drie de praktijksituaties de Mg-behoefte ruim gedekt is. Tekortsituaties kunnen ontstaan bij maïsrijke rantsoenen en te lage gehalten in het gewas.

De kosten voor de Mg-meststof variëren tussen de € 1.783 bij summerfeeding en € 2.276 bij onbeperkt weiden bij bemesting 50 kg per ha. In de praktijk is op jaarbasis op ruwweg 5% van de percelen minerale MgO bemesting nodig, waardoor de uiteindelijke kosten variëren van € 90 bij summerfeeding en € 115 bij onbeperkt weiden. De kosten voor mineralenmengsels kunnen vrij hoog oplopen (tot meer dan € 1.500) indien volgens een vaste richtlijn wordt verstrekt 100 g per koe per dag).

Tabel 7-11. De Mg-voorziening (relatief tov de behoefte) voor drie bedrijfssituaties, het Mg-overschot per ha en de meerkosten per ha.

Diercategorie	Basis	Basis + bemesting	Basis + mineralen (beperkt)	Basis +bemesting + mineralen (beperkt)	Basis + mineralen	Basis + bemesting + mineralen
Onbeperkt weiden						
Kalveren, zomerperiode	162	172	162	172	162	172
Kalveren, winterperiode	153	162	153	162	153	162
Pinken, zomerperiode	132	142	132	142	132	142
Pinken, winterperiode	127	137	181	175	165	175
Melkvee, zomerperiode	129	135	146	135	158	165
Melkvee, winterperiode	146	150	149	150	175	180
Mg-overschot, kg ha ⁻¹	30	60	30	60	34	69
Meerkosten bedrijf, €		2276	42	2317	770	3045
Beperkt weiden						
Kalveren, zomerperiode	163	172	163	172	163	172
Kalveren, winterperiode	153	162	153	162	153	162
Pinken, zomerperiode	132	142	132	142	132	142
Pinken, winterperiode	127	137	181	175	165	175
Melkvee, zomerperiode	113	118	132	125	142	147
Melkvee, winterperiode	110	135	115	135	139	164
Mg-overschot, kg ha ⁻¹	34	64	35	65	44	75
Meerkosten bedrijf, €		1961	43	2004	1411	3372
Summerfeeding						
Kalveren	154	164	154	164	154	164
Pinken	125	136	180	174	164	174
Melkvee	125	130	135	130	155	160
Mg-overschot, kg ha ⁻¹	39	69	43	71	51	81
Meerkosten bedrijf, €		1783	174	1958	1559	3342

Het grote verschil tussen beperkt en onbeperkt weiden wordt veroorzaakt door de veronderstelling dat bij onbeperkt weiden in de weideperiode geen mineralenmengsel wordt bijgevoerd. Bij afstemming op de behoefte (basis + mineralen beperkt) bedragen variëren de kosten tussen € 42 bij onbeperkt weiden tot € 174 bij summerfeeding. Op basis van grondonderzoek heeft slechts een klein deel van het areaal (5%) 50 kg MgO ha⁻¹ nodig (zie ook Hoofdstuk 8). Daarnaast is het strooien van gebrande magnesiet over het voer een goedkopere oplossing om het vee via het voerspoor van voldoende Mg- te voorzien. De effecten op het mineralenoverschot en de meerkosten zijn in Tabel 7-12 weergegeven. Uit de tabel blijkt dat het verstrekken van gebrande magnesiet een veel goedkopere oplossing is indien geen andere mineralen als mineraalsupplement behoeft te worden verstrekt. Doordat slechts een klein deel van het areaal met Mg behoeft te worden bemest zijn de kosten van Mg-bemesting vergelijkbaar of iets lager dan aanvulling via gebrande magnesiet.

Tabel 7-12. Het Mg-overschot en de meerkosten, bij bemesting van 5% van het areaal met 50 kg MgO ha⁻¹ en waarbij Mg-aanvulling via het voerspoor als gebrande magnesiet wordt gegeven.

Diercategorie	Basis	Basis + bemesting*	Basis + mineralen (beperkt)	Basis + bemesting + mineralen (beperkt)	Basis + mineralen*	Basis + bemesting + mineralen*
Onbeperkt weiden						
Mg-overschot, kg ha ⁻¹	30	32	30	32	34	36
Meerkosten bedrijf, €		123	42	165	75	198
Beperkt weiden						
Mg-overschot, kg ha ⁻¹	34	36	35	37	44	46
Meerkosten bedrijf, €		106	43	149	122	228
Summerfeeding						
Mg-overschot, kg ha ⁻¹	39	41	43	45	51	53
Meerkosten bedrijf, €		96	174	270	125	221

* gebrande magnesiet

7.6 Natrium

In de situatie zonder bemesting en geen speciale aandacht voor de Na-voorziening is de belangrijkste aanvoerpost naast de aanvoer in het eigen geteelde gewas de aanvoer via krachtvoer, waarbij deze het hoogst is bij summerfeeding. De afvoer via melk en vlees is beperkt. Op de balans in (excl depositie) varieert het overschot tussen 13 kg ha⁻¹ bij onbeperkt weiden en 19 kg ha⁻¹ bij summerfeeding.

Tabel 7-13. De Na-balans (kg ha⁻¹) voor onbeperkt, beperkt en summerfeeding in de basissituatie zonder bemesting en geen speciale aandacht voor de Na-voorziening.

Uitgangssituatie	Onbeperkt	Beperkt	Summerfeeding
Gewas	22	16	20
aankoop voer en mineralen (A)	19	22	26
overige (strooisel) (A)	0	0	0
dierlijke producten (B)	6	7	7
Mest	35	31	39
depositie (C)	15	15	15
aanvoer kunstmest (A)	0	0	0
capillaire opstijging	45	45	45
Bodem	95	91	99
Ophoping	0	0	0
Vervluchtiging	0	0	0
Uitspoeling	13	15	19
Balans-overschot (excl depositie) (=A-B)	13	15	19
Balans-overschot (incl depositie) (=A+C-B)	28	30	34

Gewas, dier en milieu

- Dierlijke mest bevat 0,7 kg Na₂O per m³. Natrium uit dierlijke mest werkt even goed als die uit landbouwsout. Wel moet opgemerkt worden dat bij het toedienen van dierlijke mest het Na-gehalte in het gras over het algemeen lager is dan het gehalte als er geen mest wordt toegediend. De kali uit de mest belemmert dus de Na-opname. Door het toedienen van landbouwsout is het Na-gehalte te verhogen en het kali-gehalte te verlagen.

- Na is uitspoelingsgevoelig. Natrium is niet milieubelastend.
- Het dier heeft een ruime lichaamsreserve aan Na in de pensvloeistof en het speeksel. Er zal dus geen op korte termijn geen acuut Na-tekort ontstaan bij een te laag gehalte in het rantsoen.
- Verhogen van het Na-gehalte in het gras verhoogt de smakelijkheid. Het gras wordt beter en dieper afgevreten. De grasopname per dier per dag is bij een verhoogd Na-gehalte aanzienlijk hoger.

Praktijksituaties

De Na-voorziening in de basissituatie (Tabel 7.14) is voor de drie bedrijfssituaties voor alle diercategoriën zeer ruim. In de berekening is uitgegaan van een gemiddeld gehalte van 2,3 g Na kg⁻¹ ds in het gras. Analyses van graskuilen op Koeien & Kansen bedrijven laten zien dat in veel kuilen het Na-gehalte lager is dan 1 g Na kg⁻¹ ds. In snijmaïs het Na-gehalte 0,2 g Na kg⁻¹ ds. Dit betekent dat zeker in rantsoenen met veel snijmaïs aandacht voor de Na-voorziening toch geboden is.

Na-meststof wordt vaak als enkelvoudige meststof gestrooid. De strooikosten zijn niet in rekening gebracht (€ 22 per ha) zijn niet in rekening gebracht, maar alleen de meststofkosten (immers bij het verstrekken van mineralen wordt de extra arbeid ook niet in rekening gebracht). De kosten voor de Na-meststof variëren tussen de € 224 bij summerfeeding en € 406 bij onbeperkt weiden bij bemesting met

Tabel 7-14. De Na-voorziening (relatief tov de behoefte) voor drie bedrijfssituaties, het Na-overschot per ha en de meerkosten per ha.

Diercategorie	Basis	Basis + bemesting	Basis + mineralen (beperkt)	Basis +bemesting + mineralen (beperkt)	Basis + mineralen	Basis + bemesting + mineralen
Onbeperkt weiden						
Kalveren, zomerperiode	406	518	406	518	406	518
Kalveren, winterperiode	406	519	406	519	406	519
Pinken, zomerperiode	460	620	460	620	460	620
Pinken, winterperiode	467	620	563	688	536	690
Melkvee, zomerperiode	178	222	192	222	212	256
Melkvee, winterperiode	190	224	193	224	224	258
Na-overschot, kg ha ⁻¹	13	29	14	29	15	33
Meerkosten bedrijf, €		406	42	448	770	1176
Beperkt weiden						
Kalveren, zomerperiode	406	518	406	518	406	518
Kalveren, winterperiode	406	519	406	519	406	519
Pinken, zomerperiode	460	620	460	620	460	620
Pinken, winterperiode	467	620	563	688	536	690
Melkvee, zomerperiode	132	158	147	164	165	192
Melkvee, winterperiode	146	164	151	164	180	198
Na-overschot, kg ha ⁻¹	16	31	16	32	20	39
Meerkosten bedrijf, €		245	48	292	1411	1656
Summerfeeding						
Kalveren	407	519	407	519	407	519
Pinken	465	620	563	689	534	690
Melkvee	152	179	160	179	186	212
Na-overschot, kg ha ⁻¹	18	41	20	42	24	48
Meerkosten bedrijf, €		224	174	399	1559	1783

30 kg Na₂O ha⁻¹ grasland. In de praktijk is op ruwweg 33% van de percelen minerale Na₂O bemesting nodig, waardoor de uiteindelijke kosten variëren van €75 bij summerfeeding en € 135 bij onbeperkt weiden. De kosten voor mineralenmengsels kunnen vrij hoog oplopen (tot meer dan € 1.500) indien volgens een vaste richtlijn wordt verstrekt 100 g per koe per dag). Het grote verschil tussen beperkt en onbeperkt weiden wordt veroorzaakt door de veronderstelling dat bij onbeperkt weiden in de weideperiode geen mineralenmengsel wordt bijgevoerd. Bij afstemming op de behoefte (basis + mineralen beperkt) bedragen variëren de kosten tussen € 42 bij onbeperkt weiden tot € 174 bij summerfeeding.

Op basis van grondonderzoek heeft slechts eenderde van het areaal 30 kg Na₂O ha⁻¹ nodig (zie ook Hoofdstuk 8). Daarnaast is het strooien van landbouwsout over het voer een goedkope oplossing om het vee via het voerspoor van voldoende Na te voorzien. De effecten op het mineralenoverschot en de meerkosten zijn in Tabel 7-15 weergegeven. Uit de tabel blijkt dat het verstrekken van landbouwsout een veel goedkopere oplossing is indien geen andere mineralen als mineraalsupplement behoeft te worden verstrekt. Doordat slechts een deel van het areaal met Na behoeft te worden bemest zijn de kosten van Na-bemesting duidelijk gedaald. Bemesting is nu zelfs iets goedkoper dan aanvulling via het voerspoor in de vorm van landbouwsout (zie Hoofdstuk 8).

Tabel 7-15. Het Na-overschot en de meerkosten, bij bemesting van 33% van het areaal met 30 kg Na₂O ha⁻¹ en waarbij Na-aanvulling via het voerspoor als landbouwsout wordt gegeven.

Diercategorie	Basis	Basis + bemesting*	Basis + mineralen (beperkt)	Basis +bemesting + mineralen (beperkt)	Basis + mineralen	Basis + bemesting + mineralen
Onbeperkt weiden						
Na-overschot, kg ha ⁻¹	13	18	14	19	15	20
Meerkosten bedrijf, €		135	42	177	135	270
Beperkt weiden						
Na-overschot, kg ha ⁻¹	16	21	16	21	20	25
Meerkosten bedrijf, €		82	48	130	233	315
Summerfeeding						
Na-overschot, kg ha ⁻¹	18	26	20	27	24	32
Meerkosten bedrijf, €		75	174	550	240	315

7.7 Kobalt

In de situatie zonder bemesting en geen speciale aandacht voor de Co-voorziening is verreweg de belangrijkste aanvoerpost de aanvoer via krachtvoer, waarbij deze het hoogst is bij summerfeeding. De afvoer via melk en vlees is verwaarloosbaar. Op balans (excl depositie) varieert het overschot tussen 3,95 g ha⁻¹ bij onbeperkt weiden en 6,06 g ha⁻¹ bij summerfeeding.

Gewas, dier en milieu

- Er zijn weinig gegevens bekend over het gehalte in dierlijke mest. Dam Kofoed (1984) geeft een gehalte van 0,05 – 0,51 gram Co per ton dunne rundermest. De vorm waarin het Co voorkomt en de werking van Co in mest is niet bekend.
- Door bemesting is het Co-gehalte in de bodem zodanig te verhogen dat alleen bij een rantsoen met veel snijmaïs een aanvulling met Co nodig is.
- Co is beperkt uitspoelingsgevoelig. Kobalt is niet milieubelastend.
- Het dier heeft geen of slechts een zeer beperkte lichaamsreserve aan Co. De gevoeligheid voor een Co-tekort is groot. De vorming van vitamine B12 komt dan in de knel. Hierdoor is bij beweiding

en een Co-tekort directe aanvulling nodig.

- Co is nodig voor de stikstofbinding van vlinderbloemigen.

Tabel 7-16. De Co-balans (g ha⁻¹) voor onbeperkt, beperkt en summerfeeding in de basissituatie zonder bemesting en geen speciale aandacht voor de Co-voorziening.

Uitgangssituatie	Onbeperkt	Beperkt	Summerfeeding
Gewas	1,26	1,12	1,58
aankoop voer en mineralen (A)	3,96	5,03	6,06
overige (strooisel) (A)	0,00	0,00	0,00
dierlijke producten (B)	0,01	0,01	0,01
Mest	5,21	6,14	7,64
depositie (C)	1,50	1,50	1,50
aanvoer kunstmest (A)	0,00	0,00	0,00
capillaire opstijging	0,16	0,16	0,16
Bodem	6,87	7,80	9,30
Ophoping	x	x	x
Vervluchtiging	0,00	0,00	0,00
Uitspoeling	x	x	x
Balans-overschot (excl depositie) (=A-B)*	3,95	5,02	6,06
Balans-overschot (incl depositie) (=A+C-B)	5,45	6,52	7,55

* Het balansoverschot wordt of in de bodem opgehoopt of gaat verloren door uitspoeling.

In bovenstaande tabel is geen schatting gegeven van de ophoping en uitspoeling Kobalt wordt voor een belangrijk deel vastgelegd in de bodem. Het belangrijkste kleimineraal in Nederland, illiet, staat bekend om zijn hoge adsorptiecapaciteit. Het geeft Co echter relatief gemakkelijk af. Co kan dan uitspoelen. De mate waarin wordt bepaald door omgevingscondities (Kabata-Pendias & Pendias, 2001).

Praktijksituaties

De Co-voorziening (Tabel 7-16) in de basissituatie is voor de drie bedrijfssituaties voor alle diercategorieën in orde of ruim. In de berekening is uitgegaan van een gemiddeld gehalte van 0,1 mg Co kg⁻¹ ds in het gras en 0,16 mg Co kg⁻¹ ds in graskuil. Op percelen met een lage Co-toestand is het Co-gehalte echter 0,03 – 0,05 mg Co kg⁻¹ ds. Bij beweiding is een directe aanvulling dan noodzakelijk.

De kosten voor de Co-meststof plus grondonderzoek variëren tussen de € 196 bij summerfeeding en € 354 bij onbeperkt weiden bij bemesting 0.06 kg Co per ha grasland. In de praktijk is op jaarbasis op ruwweg 20% van de percelen minerale Co bemesting nodig, waardoor de uiteindelijke kosten variëren van € 40 bij summerfeeding en € 70 bij onbeperkt weiden. De kosten voor mineralenmengsels kunnen vrij hoog oplopen (tot meer dan €1.500) indien volgens een vaste richtlijn wordt verstrekt 100 g per koe per dag). Het grote verschil tussen beperkt en onbeperkt weiden wordt veroorzaakt door de veronderstelling dat bij onbeperkt weiden in de weideperiode geen mineralenmengsel wordt bijgevoerd. Bij afstemming op de behoefte (basis + mineralen beperkt) bedragen variëren de kosten tussen € 42 bij onbeperkt weiden tot € 174 bij summerfeeding.

Op basis van grondonderzoek heeft ongeveer 22% van het areaal 0,06 kg Co ha⁻¹ nodig (zie ook Hoofdstuk 8). De effecten op het mineralenoverschot en de meerkosten zijn in Tabel 7-18 weergegeven. Uit de tabel blijkt dat bemesten een goedkopere oplossing is, doordat slechts een deel van het areaal met Co behoeft te worden bemest. De overschotten op mineralenbalans zijn ongeveer vergelijkbaar tussen bemesten en mineralen verstrekken volgens een vast regime (variant 2 en variant 5).

Tabel 7-17. De Co-voorziening (relatief tov de behoefte) voor drie bedrijfssituaties, het Co-overschot per ha en de meerkosten per ha.

Diercategorie	Basis	Basis + bemesting	Basis + mineralen (beperkt)	Basis +bemesting + mineralen (beperkt)	Basis + mineralen	Basis + bemesting + mineralen
Onbeperkt weiden						
Kalveren, zomerperiode	184	268	184	268	184	268
Kalveren, winterperiode	240	325	240	325	240	325
Pinken, zomerperiode	101	201	101	201	101	201
Pinken, winterperiode	182	278	728	661	786	302
Melkvee, zomerperiode	220	297	220	297	572	312
Melkvee, winterperiode	362	421	362	421	715	436
Co-overschot, g ha ⁻¹	4	39	4	39	6	44
Meerkosten bedrijf €		354	42	396	770	1124
Beperkt weiden						
Kalveren, zomerperiode	185	269	185	269	185	269
Kalveren, winterperiode	240	324	240	324	240	324
Pinken, zomerperiode	101	201	101	201	101	201
Pinken, winterperiode	182	278	729	661	786	302
Melkvee, zomerperiode	208	254	448	350	560	268
Melkvee, winterperiode	338	370	407	370	690	384
Co-overschot, g ha ⁻¹	5	40	5	41	10	46
Meerkosten bedrijf €		213	48	204	1411	1624
Summerfeeding						
Kalveren	244	347	244	347	244	347
Pinken	177	278	734	669	781	302
Melkvee	306	353	430	353	659	367
Co-overschot, g ha ⁻¹	6	41	8	42	13	48
Meerkosten bedrijf €		196	74	211	1559	1755

Tabel 7-18. Het Co-overschot en de meerkosten, bij bemesting van 22% van het areaal met 0,06 kg Co ha⁻¹ en waarbij Co-aanvulling via het voerspoor als mineraalsupplement wordt gegeven.

Diercategorie	Basis	Basis + bemesting*	Basis + mineralen (beperkt)	Basis +bemesting + mineralen (beperkt)	Basis + mineralen	Basis + bemesting + mineralen
Onbeperkt weiden						
Co-overschot, g ha ⁻¹	4	11	4	11	6	13
Meerkosten bedrijf, €		80	42	122	770	850
Beperkt weiden						
Co-overschot, g ha ⁻¹	5	12	5	12	10	17
Meerkosten bedrijf, €		45	48	93	1411	1456
Summerfeeding						
Co-overschot, g ha ⁻¹	6	13	8	14	13	21
Meerkosten bedrijf, €		44	74	211	1559	1603

8 Besliscriteria en adviezen per element

8.1 Gevolgde werkwijze/strategie

Algemeen

Zowel binnen onderzoek en voorlichting als bij melkveehouders bestaat er verschil van inzicht over de voorziening van melkvee en jongvee met mineralen en spoorelementen. Een optie is om via het bodem- en gewasspoor de mineralenvoorziening veilig te stellen. Uitgangspunt hierbij is dat ruwvoer de basis is van de voedervoorziening en dat alle diercategorieën via het ruwvoer een voldoende aanbod van mineralen en sporenelementen moeten krijgen. Een andere optie is te kiezen voor het voerspoor waarbij de mineralenvoorziening wordt veilig gesteld door eventuele tekorten aan te vullen via krachtvoerders, mineralenmengsels of likstenen. Op veel bedrijven wordt zowel het bodemspoor als het voerspoor gevolgd om de mineralenvoorziening veilig te stellen. Dit kan ertoe leiden dat de mineralenvoorziening voor bepaalde diercategorieën veel te ruim is. Dit kan nadelig zijn voor de diergezondheid en brengt onnodig hoge kosten voor de melkveehouder met zich mee. Een bijkomend nadeel is dat dit kan leiden tot een hoge belasting van de bodem en het water.

NMI en ASG hebben in een door Productschap Zuivel gefinancierd project op basis van de literatuur en de meest recente inzichten een studie uitgevoerd naar de voorzieningsmethode die het best gehanteerd kan worden voor de nutriënten Mg, Na, Cu, Co, Se, Mn, Zn, Fe en Mo. Bij deze studie is rekening gehouden met het belang van een juiste voorziening, de mogelijkheden bij verschillende methoden van toedienen, de kosten en het milieu. Het doel is om per element te komen tot een eenduidig en gedragen advies voor de voorziening van het vee.

In deze studie zijn per element de volgende aspecten bij de afweging betrokken:

- wat is de functie en het belang van het element voor de voeding van plant en dier;
- heeft het dier een grote of kleine lichaamsreserve om een tekortperiode te kunnen overbruggen;
- wat is de voorziening van het dier bij gemiddelde en bij (te) lage gehalten in het gewas;
- is het via bemesting mogelijk de gehalten zodanig te verhogen dat naast ruwvoerders geen extra aanvulling nodig is;
- welke mogelijkheden zijn er per diercategorie bij beweiden en in de stalperiode om tekorten aan te vullen;
- wat zijn de effecten van beide methoden van toedienen voor het milieu;
- wat zijn de kosten bij het volgen van verschillende methoden; en
- hoe is het met de uitvoerbaarheid van beide methode van toedienen.

Gevolgde denklijn

Houdt in gedachten dat de eerste stap bij het zorgvuldig omgaan met mineralen- en spoorelementen inhoudt dat moet worden nagegaan hoe de voorzieningssituatie er nu uit ziet en welke oplossingsrichtingen er gebruikt worden om eventueel tekorten bij te stellen. Vertrekpunt daarbij kan zijn om op basis van het basisrantsoen na te gaan voor welke situaties er op uw bedrijf tekorten (cq ruime voorzieningen) zijn. Dit kan met de Spoorwijzer (www.nmi-agro.nl) of andere instrumenten maar deze signalering is verder buiten beschouwing gelaten in deze studie.

Gekozen is voor het spoor om eerst te bemesten (bodem en gewasspoor) tot een voldoende toestand in de bodem volgens het bestaande bemestingsadvies en vervolgens indien nodig aan te vullen via

aanvullende voeders (voerspoor) bij de volgende combinatie van omstandigheden:

- de lichaamsreserve is klein;
- de gehalten in het gewas zijn zodanig te verhogen dat naast ruwvoer geen (of alleen in bepaalde situaties) extra aanvulling nodig is;
- de kosten van bemesting zijn vergelijkbaar of lager dan aanvulling via het voerspoor;
- bemesting leidt niet tot extra risico's voor bodem en water; en
- door bemesting op een beperkt aantal percelen kunnen tekortsituaties worden voorkomen.

Aangegeven is in welke situaties aanvulling via krachtvoerders of via andere methoden dan nog nodig is.

Bij een grotere lichaamsreserve is gekozen voor het bodem- en gewasspoor indien bemesting, bij vergelijkbare kosten en risico's voor het milieu, ertoe leidt dat bij alleen weiden de voorziening voldoende is of een aanvulling via het voerspoor niet nodig is. Hierbij is voor Na het effect op de smakelijkheid van het gras meegewogen. Indien aanvulling via het gewas mogelijk is met dierlijke mest en tekorten zich alleen in bepaalde situaties voordoen is gekozen voor aanvulling uitsluitend via het voerspoor.

De gevolge denklijn kan er toe leiden dat de adviezen voor bedrijven met beweiding anders zijn dan voor bedrijven met summerfeeding. Het advies om aan te vullen via het voerspoor voor rantsoenen met overwegend gras(kuil) kan afwijken van dat voor rantsoenen met veel snijmaïs.

In het navolgende zijn per element eerst de criteria beschreven die van belang zijn voor de afweging en is vervolgens het advies geformuleerd.

8.2 **MAGNESIUM**

Criteria

Essentieel voor het dier: Ja

Belangrijkste functies in het dier:

- Speelt belangrijke rol bij het normaal verlopen van spiercontracties en begeleiden zenuwimpulsen,
- Betrokken bij activiteit van veel enzymen, en
- Van invloed op vitamine D productie.

Lichaamsreserve: klein

Teveel opgenomen Mg wordt via urine uitgescheiden. Bij een tekort aan Mg ontstaat hypomagnesaemie. Dit gaat ten koste van de productie. In het ergste geval treedt kopziekte op. Bij een tekort dient snel aanvulling plaats te vinden. Dit betekent dat bij beweiding het Mg-gehalte in het gras per perceel in orde moet zijn. Een andere mogelijkheid is een voortdurende aanvulling via het voer.

Essentieel voor het gewas: Ja

Belangrijkste functie(s) in gewas:

- Bouwsteen voor de vorming van bladgroen.

Voor de grasgroei zijn lagere Mg-gehalten vereist dan voor in stand houden van de diergezondheid. Het Mg- bemestingsadvies grasland is gericht op het bereiken van zodanige Mg-gehalten in gras dat buiten

de kopziekteperioden een goede Mg-voorziening van het vee mag worden verwacht. Het bemestingsadvies op akkerbouwgewassen en snijmaïs is gericht op het voorkomen van opbrengstderving.

Adequate bemesting mogelijk: Ja

Mest bevat 1,3 kg Mg per m³. Deze magnesium is even snel beschikbaar als die uit kieseriet. Met 40 à 50 m³ mest ha⁻¹ jr⁻¹ wordt in de jaarlijkse onderhoudsbemesting voorzien. Op een aantal percelen kan een aanvullende bemesting met Mg-meststoffen nodig zijn (zie hieronder).

Behoefte, g Mg kg⁻¹ ds

Jongvee	1,7 - 1,9
Droogstaand	1,9 – 2,1
Melkgevend, 20 kg	2,1
Melkgevend, 40 kg	2,4

Gemiddeld gehalte, g Mg kg⁻¹ ds

Gras	2,5
Maïs	1,2
Standaard krachtvoer	5,1

Aanvulling nodig?

Overwegend grasrantsoen:	nee
Beweiding zonder krachtvoer:	nee (muv kopziekte gevaarlijke perioden)
Rantsoen veel snijmaïs	ja

Jongvee en droogstaand melkvee krijgt een overwegend grasrantsoen.
Aanvulling via voerspoor dan alleen nodig bij melkveerantsoen met veel snijmaïs.

Milieu

Magnesium kan uitspoelen, het is geen milieugevoelig nutriënt.

Overwegingen bij methode verstrekking:

Bodem

- Mg is essentieel voor het dier. De lichaamsreserve is klein. Er ontstaat snel een tekortsituatie → schadelijk voor diergezondheid en voor productie.
- Door een beperkt aantal percelen naast dunne mest te bemesten met een Mg-meststof (vooral op zandgrond) is Mg-gehalte in het gras op zodanig peil te brengen dat buiten de kopziekteperioden de Mg-voorziening van het vee voldoende is.
- Bij beweiden met dieren die geen krachtvoer krijgen is Mg-voorziening dan in orde.
- Alleen bij een melkveerantsoen met veel snijmaïs is dan extra aanvulling nodig via krachtvoer of een mineralenmengsel.

Voerspoor

Indien geen bemesting plaatsvindt is het Mg-gehalte in gras op aantal percelen te laag is dient aanvulling plaats te vinden:

- Bij beweiden en wel krachtvoer: ruime aanvulling via krachtvoer; moet voldoende zijn voor dieren die weinig krachtvoer krijgen.
- In de winterperiode voor alle diercategorieën. Ook in gras(kuil)rantsoenen omdat gehalten te laag kunnen zijn. Bij de 95% ondergrens is het gehalte $1.5 \text{ g Mg kg}^{-1} \text{ ds}$. Magnesium verstrekken is dan mogelijk door het strooien van gebrande magnesiet over het ruwvoer.
- Bij summerfeeding is aanvulling via krachtvoer of mineralenmengsel dan nodig voor alle diercategorieën.

Kosten, arbeid, uitvoerbaarheid

Bodem

Bij grasland dient eens per vier jaar grondonderzoek plaats te vinden in het kader van derogatie. Indien grasland wordt onderzocht vindt ook analyse plaats op Mg en Na. Voor de analyse zijn geen extra kosten in rekening gebracht.

In totaal heeft ongeveer 1% percelen toestand laag en 16 % van percelen toestand vrij laag. Bij toestand laag is in het eerste jaar na grondonderzoek naast dunne mest een aanvulling nodig met 150 MgO ha^{-1} . Bij toestand vrij laag is de aanvulling in het jaar na grondonderzoek $50 \text{ kg MgO ha}^{-1}$. In volgende jaren is in de onderhoudsbehoefte te voorzien via de dierlijke mest. Aanvullende bemesting eens per 4 jaar komt ruwweg overeen met 5% van het areaal dat jaarlijks $50 \text{ kg MgO ha}^{-1}$ zou moeten krijgen via kunstmest.

De meerkosten voor bemesting (excl. strooikosten) met $50 \text{ kg MgO ha}^{-1}$ bedragen € 37,-. Bij 5% van het areaal betekent ongeveer € 2,- ha^{-1} .

Voerspoor

Kosten mineralen per ha voor drie situaties van het strooien van gebrande magnesiet over het ruwvoer.

O4: € 1,20 ha^{-1} .

B4: € 2,30 ha^{-1} .

S: € 2,60 ha^{-1} .

Arbeid

Mineralen verstrekken kan extra arbeid kosten. Bij verstrekken via de voermengwagen kost dit nauwelijks extra tijd. Worden deze los verstrekt dan kan dit 50-100 uur extra arbeid met zich meebrengen. Bemesten met Mg hoeft geen extra tijd te kosten indien Mg als blend of als samengestelde meststof wordt gegeven. Alleen indien het als separate meststof wordt toegediend vergt het extra tijd, maar dit blijft dan beperkt tot enkele uren op jaarbasis. Omdat de extra arbeid zeer bedrijfsspecifiek is wordt deze bij de beoordeling van de kosten achterwege gelaten.

Uitvoerbaarheid:

Zowel bemesten als mineralen verstrekken via het voerspoor zijn goed uitvoerbaar. Bij alleen weiden en geen krachtvoer is er geen goede oplossing voor de magnesiumvoorziening. Indien gewerkt wordt met likblokken is de Mg-opname onzeker.

Advies magnesium (beknopt):

Percelen met een (vrij) lage Mg-toestand bemesten voor een goede Mg-voorziening:

- *bij beweiding; en*
- *bij rantsoenen met veel gras(kuil).*

Schematisch overzicht Mg-advies voor de melkveehouderijpraktijk.

	Weidegang of Zomerstalvoeding	Stalseizoen of Summerfeeding
Veel gras	<ul style="list-style-type: none"> Gras(kuil) bevat gemiddeld voldoende Mg om in de behoefte van het vee te voorzien. Op graslandpercelen met een (vrij) lage Mg-toestand is Mg-gehalte onvoldoende. Mg-bemesting is dan nodig omdat door de kleine lichaamsreserve snel een Mg-tekort ontstaat. <p>Bijzonderheden:</p> <ul style="list-style-type: none"> In het voor- en najaar (de kopziektegevaarlijke perioden) is de kali-opname door het gras hoog en de Mg-opname lager. Extra aandacht voor de Mg-voorziening is dan nodig. Droogstaande dieren hebben extra Mg nodig. 	<ul style="list-style-type: none"> Gras(kuil) bevat gemiddeld voldoende Mg om in de behoefte van het vee te voorzien. Graslandpercelen met een (vrij) lage Mg-toestand bemesten. Het advies is gericht op een voldoende Mg-voorziening van het vee. De Mg-voorziening is dan in orde voor een stalrantsoen en voor eventueel weiden met jongvee. <p>Bijzonderheden:</p> <ul style="list-style-type: none"> Bij de gebruiksnormen is voor bedrijven met summerfeeding beweiden met jongvee toegestaan. In kopziekte gevaarlijke perioden is bij dieren die alleen weiden extra aandacht voor de Mg-voorziening nodig. Droogstaande dieren hebben extra Mg nodig.
Veel snijmaïs	<ul style="list-style-type: none"> Op graslandpercelen met een (vrij) lage Mg-toestand is Mg-gehalte onvoldoende. Mg-bemesting is dan nodig omdat door de kleine lichaamsreserve snel een Mg-tekort ontstaat. <p>Bijzonderheden:</p> <ul style="list-style-type: none"> Bij weidend (jong)vee is de Mg voorziening dan in orde. Snijmaïs heeft een lager Mg-gehalte dan gras(kuil). In rantsoenen met veel snijmaïs is aanvulling via het voerspoor nodig. 	<ul style="list-style-type: none"> Snijmaïs heeft een lager Mg-gehalte dan gras(kuil). Aanvulling met Mg is nodig. Indien geen beweiding plaatsvindt met jongvee of overig vee dan aanvullen via het voerspoor. Bij beweiden met jongvee of overig vee Mg-bemesting toepassen. <p>Bijzonderheden:</p> <ul style="list-style-type: none"> In kopziekte gevaarlijke perioden is bij dieren die alleen weiden extra aandacht voor de Mg-voorziening nodig.

8.3 NATRIUM

Criteria

Essentieel voor het dier: Ja

Belangrijkste functies in het dier:

- Instandhouden waterbalans (bloeddruk) van het dier;
- Instandhouden zuur-base evenwicht; en
- Absorptie glucose en enkele aminozuren.

De lichaamsreserve is groot.

Natrium is in grote hoeveelheid aanwezig in de pensvloestof en in het speeksel. Er ontstaat niet direct een tekortsituatie.

Essentieel voor het gewas: Nee

Belangrijkste functie(s) in gewas:

- Invloed op de waterhuishouding in de plant. Na kan de functie van K gedeeltelijk overnemen.

Een belangrijk aspect van Na is dat het van invloed is op de smakelijkheid van het gras. Het moet dan wel in het gras aanwezig zijn.

Adequate bemesting mogelijk: Ja

Het Na-advies voor grasland is niet gericht op verhoging van de opbrengst, maar wordt uitsluitend gegeven met het oog op de gezondheidstoestand van het vee. Op rantsoenbasis is minimaal een gehalte van 1,5 g Na kg⁻¹ ds gewenst. Het optimale gehalte in gras voor een goede grasopname ligt tussen 2,5 en 5,5 g Na kg⁻¹ ds (Bussink et al., 2005).

Het in mest aanwezig Na is vrijwel volledige in oplosbare vorm aanwezig. De werking van Na uit mest of uit minerale meststoffen verschilt dan ook niet. Mest bevat gemiddeld 0,7 g Na m⁻³. De aanvoer met 40 -50 m³ mest ha⁻¹ jr⁻¹ is dan 28 -35 kg Na₂O ha⁻¹. Hiermee kan krap aan in de jaarlijkse onderhoudsbehoefte worden voorzien. Bij toedienen van dierlijke mest daalt het Na-gehalte in gras echter, omdat kali uit de mest Na verdringt.

Behoefte, g Na kg⁻¹ ds

Jongvee	0,5 – 0,6
Droogstaand	0,6 – 0,7
Melkgevend, 20 kg	1,1
Melkgevend, 40 kg	1,4

Gemiddeld gehalte, g Na kg⁻¹ ds

Gras	2,3
Maïs	0,2
Standaard krachtvoer	3

Aanvulling nodig?

Overwegend grasrantsoen:	nee
Beweiding zonder krachtvoer:	nee
Rantsoen veel snijmaïs	ja

Jongvee en droogstaand melkvee krijgt overwegend een grasrantsoen. Aanvulling via voerspoor is dan alleen nodig bij melkveerantsoen met veel snijmaïs.

Milieu

Na is wel uitspoelingsgevoelig maar is niet nadelig voor het milieu.

Overwegingen bij methode verstrekking:Bodem

- Door een beperkt aantal percelen naast dunne mest te bemesten met een Na-meststof (weidezout) is Na-gehalte in het gras op een voldoende peil te brengen
- Bij beweiden met dieren die geen krachtvoer krijgen is Na-voorziening dan steeds in orde.
- Natrium heeft een positief effect op de grasopname. Bemesting met Na heeft dan een bijkomend positief effect.
- Alleen bij een melkveerantsoen met veel snijmaïs is extra aanvulling nodig via krachtvoer of een mineralenmengsel.

Voerspoor

Natrium is niet essentieel voor het gras. Dit kan een reden zijn om geen Na-bemesting toe te passen. De Na-gehalten in gras en kuil kunnen daarmee stevig onderuit gaan. Bij de 95% ondergrens is het gehalte 0.6 g Na kg⁻¹ ds. Extra aandacht is dan nodig voor de Na-voorziening van het vee:

- bij beweiding en geen krachtvoer: via likblokken
- bij beweiding en wel krachtvoer: ruimere aanvulling via krachtvoer moet voldoende zijn voor dieren die weinig krachtvoer krijgen;
- in de winterperiode (bij het melkvee). Ook in gras(kuil)rantsoenen omdat gehalten te laag kunnen zijn. Bij snijmaïsrantsoenen is dan extra aanvulling nodig. De aanvulling kan plaatsvinden door 50 – 100 gram landbouwsout te strooien over het ruwvoer.

KostenBodem

Bij grasland dient eens per vier jaar grondonderzoek plaats te vinden in het kader van derogatie. Indien dan basis grasland wordt onderzocht vindt ook analyse plaats op Mg en Na.

Voor de analyse zijn geen extra kosten in rekening gebracht.

Bij toestand laag is naast dunne mest een aanvulling nodig met 50 kg Na₂O ha⁻¹ en bij toestand vrij laag 25 -30 kg Na₂O. We gaan uit van 30 kg Na₂O. De meststofkosten voor 30 kg Na₂O bedragen € 6,60 ha⁻¹.

In totaal is heeft ongeveer 0,5% van de percelen een lage Na-toestand en 32% een vrij lage toestand. We gaan uit van 33% van het areaal met een vrij lage toestand. De meststofkosten bedragen dan omgerekend: € 6,60/3 = € 2,20 ha⁻¹.

Natrium wordt veelal separaat gestrooid. Dit betekent strooikosten van € 22,- ha⁻¹. Bij 33% van het areaal bedragen de kosten voor het strooien dan € 7,50 per ha.

Voor een goede vergelijking het voerspoor brengen we de strooikosten (hoofdzakelijk arbeid) niet in rekening. Bij het voerspoor is de arbeid voor het strooien van zout over het ruwvoer niet in rekening gebracht.

Voerspoor

Een aanvulling van Na via het voerspoor kan plaatsvinden door landbouwzout over het ruwvoer te strooien. De kosten hiervan zijn € 13,15 per 100 kg. Melkvee en pinken krijgen bij respectievelijk onbeperkt weiden en in de stalperiode 50 gram per dier per dag.

Kosten:

O4: € 2,20 ha⁻¹.

B4: € 4,40 ha⁻¹.

S: € 5,- ha⁻¹.

Arbeid

Mineralen verstrekken kan extra arbeid kosten. Bij verstrekken via de voermengwagen kost dit nauwelijks extra tijd. Worden deze los verstrekt dan kan dit 50-100 uur extra arbeid met zich meebrengen. Bemesten met kost veelal extra tijd (omdat vaak landbouwzout wordt gebruikt), tenzij het als blend of als samengestelde meststof wordt gegeven. Dit kan bij benadering een tiental uren extra vergen op jaarbasis. Omdat de extra arbeid zeer bedrijfsspecifiek is wordt deze bij de beoordeling van de kosten achterwege gelaten.

Uitvoerbaarheid

Zowel bemesten als mineralen verstrekken via het voerspoor zijn goed uitvoerbaar.

Weidend vee dat geen zout krijgt kan een tekort aan Na krijgen. Dit is op te lossen door het gebruik van likstenen. De kosten hiervan zijn niet meegerekend (Prijs liksteen en aantal likstenen per jaar.....).

Advies natrium (beknopt):

Bemest percelen met een Na-toestand vrij laag. Bij veel maïs in het rantsoen is aanvulling nodig via het voerspoor.

Schematisch overzicht Na-advies voor de melkveehouderijpraktijk.

	Weidegang of Zomerstalvoeding	Stalseizoen of Summerfeeding
Veel gras	<ul style="list-style-type: none"> Gras bevat doorgaans voldoende Na om in de behoefte van droogstaand melkvee en jongvee te voorzien. Bij een vrij (lage) Na-toestand en op kalirijke gronden is het Na-gehalte in gras soms te laag voor melkgevend vee, zeker op kalirijke gronden. Percelen met vrij (lage) Na-toestand en op kalirijke gronden <i>bemesten</i>. Het advies is gericht op een voldoende Na-voorziening van het melkvee. <p>Bijzonderheden:</p> <ul style="list-style-type: none"> Op rantsoenbasis is minimaal een gehalte van 1,5 g Na kg⁻¹ ds gewenst. Voor een goede grasopname is een gehalte tussen 2,5 en 5,5 g Na kg⁻¹ ds gewenst. 	<ul style="list-style-type: none"> Gras bevat doorgaans voldoende Na om in de behoefte van droogstaand melkvee en jongvee te voorzien. Bij een vrij (lage) Na-toestand en op kalirijke gronden is het Na-gehalte in gras soms te laag voor melkgevend vee, zeker op kalirijke gronden. Percelen met vrij (lage) Na-toestand en op kalirijke gronden <i>bemesten</i>. Het advies is gericht op een voldoende Na-voorziening van het melkvee. <p>Bijzonderheden:</p> <ul style="list-style-type: none"> Op rantsoenbasis is minimaal een gehalte van 1,5 g Na kg⁻¹ ds gewenst. Effecten van hogere gehalten Na-gehalten op de kuilgrasopname zijn niet goed bekend.
Veel snijmaïs	<ul style="list-style-type: none"> Het gehalte in het basisrantsoen ligt meestal beneden 1,5 g Na kg⁻¹ ds. Aanvulling van het basisrantsoen met Na <i>via het voerspoor</i> is nodig. <p>Bijzonderheden:</p> <ul style="list-style-type: none"> Op graslandpercelen met een vrij (lage) Na-toestand en op kalirijke gronden is Na-bemesting aan te bevelen. Voor een goede grasopname is een gehalte tussen 2,5 en 5,5 g Na kg⁻¹ ds gewenst. 	<ul style="list-style-type: none"> Het gehalte in het basisrantsoen ligt meestal beneden 1,5 g Na kg⁻¹ ds. Aanvulling van het basisrantsoen met Na <i>via het voerspoor</i> is nodig. <p>Bijzonderheden:</p> <ul style="list-style-type: none"> Op graslandpercelen met een vrij (lage) Na-toestand en op kalirijke gronden is Na-bemesting aan te bevelen tot een gehalte van 1,5 g Na kg⁻¹ ds. Effecten van hogere gehalten op de kuilgrasopname zijn niet goed bekend.

8.4 KOPER

Criteria

Essentieel voor het dier: Ja

Belangrijkste functies in het dier:

- betrokken bij activiteit van veel enzymen,
- belangrijk voor de bloedvorming, botvorming en haarkleur, en
- belangrijk voor weerstand.

Lichaamsreserve: groot

De lichaamsreserve bevindt zich voor een groot deel in de lever.

Essentieel voor het gewas: Ja

Bij Cu-tekort ontstaan dode bladpunten (witte vlaggetjes). Voor de gewasgroei zijn lagere Cu-gehalten nodig dan voor de gezondheid van het dier.

Belangrijkste functie(s) in gewas:

- Van invloed op de stikstof- en koolhydraatstofwisseling.
- Belangrijk voor de reproductie (vruchtzetting).

Adequate bemesting mogelijk: Beperkt

Door bemesting is het mogelijk het Cu-gehalte in het gras te verhogen tot 9-13 mg Cu kg⁻¹ ds. De COMV heeft in haar laatstverschenen Handleiding Mineralenvoorziening Rundvee, Schapen, Geiten de Cu-behoefte van het vee aanzienlijk naar boven bijgesteld. Daarmee is voor een aantal diercategorieën de behoefte-norm hoger dan in het gras realiseerbaar is.

Het in mest aanwezige koper wordt slecht door het gewas opgenomen. Rundermest bevat circa 4 mg Cu kg⁻¹ product. Planten namen, bij een gelijke gift, minder Cu op uit de dierlijke mest en uit koperoxide dan uit kopersulfaat. Er was een grotere accumulatie van organisch gebonden Cu in de grond waarop het koper in de dierlijke mest was gegeven.

Behoefte, mg Cu kg⁻¹ ds

Jongvee	14,5 (850 gr groei)
	16,4 (700 gr groei)
	18,1 (526 gr groei)
Droogstaand	24 -25
Melkgevend, 20 kg	11
Melkgevend, 40 kg	12

Gemiddeld gehalte, mg Cu kg⁻¹ ds

Gras	8,9
Voordroogkuil	7,8
Maïs	3,9
Standaard krachtvoer	27

Aanvulling nodig?

Overwegend grasrantsoen:	ja meestal
Beweiding zonder krachtvoer:	ja meestal
Rantsoen veel snijmaïs	ja altijd

Milieu

Cu hoopt zich op in de bodem en kan door afspoeling en uitspoeling in grond- en oppervlaktewater terecht komen.

Tabel 8-1. Koperaanvoer ($\text{g}^{-1} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{jr}^{-1}$) bij de verschillende sporen.

	Onbeperkt weiden	Beperkt weiden	Summerfeeding
Basis zonder aanvulling	152	187	219
Aanvullen via bemesten	292	327	359
Aanvullen via voerspoor	219	307	333

De tabel laat zien dat de Cu-aanvoer per ha via het bodem- en gewasspoor wat hoger is dan via het voerspoor. De kosten via het voerspoor zijn echter aanzienlijk hoger.

Overwegingen bij methode verstrekking:Bodem

- Op zandgrond heeft 1% van de percelen een lage Cu-toestand en 22% een vrij lage toestand. Op klei en veen komt een lage Cu-toestand niet voor en hebben respectievelijk 15 en 18 % van de percelen een vrij lage Cu-toestand. Door op deze percelen de Cu-toestand in orde te maken kan het Cu-gehalte in het gras met circa 3 mg g^{-1} ds worden verhoogd.
- Bij een vrij lage Cu-toestand is er weinig beschikbaar Cu aanwezig. De kans op verliezen is dan gering.
- Het vee krijgt dan een grasrantsoen met een meer constant Cu-gehalte. De aanvulling via krachtvoer, mineralenmengsels of bolussen kan daardoor worden beperkt.
- Cu uit mest wordt slecht door het gewas opgenomen.
- Door jongvee in het voorjaar met een goede koperstatus in de wei te doen kan dit jongvee bij een voldoende Cu-toestand van de percelen de weideperiode overbruggen zonder aanvulling. Op percelen met een vrij lage Cu-toestand is dat niet mogelijk. Het verstrekken van een Cu-bolus is dan noodzakelijk.

Voerspoor

Voor vrijwel alle rantsoenen is een aanvulling met Cu nodig via krachtvoer, mineralenmengsel of bolus. Dit kan leiden tot de overweging de aanvulling voor het dier rechtstreek via het voerspoor te regelen.

- Bij beweiding en geen krachtvoer: via bolussen.
- Bij beweiden en wel krachtvoer: aanvulling via krachtvoer. Knelpunt: hoogproductieve dieren met veel krachtvoer krijgen een te ruime aanvulling. Bij oudmelkte dieren zonder krachtvoer is de voorziening krap.

KostenBodem

Aanvullend onderzoek op Cu, Co en Mn kost € 20,- per grondmonster extra.

Wanneer we 50% hiervan toerekenen aan Cu is dit € 10,- per perceel. Bij monsternamen eens per 4 jaar

is de € 2,50 per perceel per jaar. Bij een perceel van 3 ha is dit € 0,83 per ha.

Aanvullende Cu-bemesting nodig op 0,5 % van de percelen met toestand laag en 20% met toestand vrij laag. Bemesting eens per 4 à 5 jaar. Bij gemiddeld 3,5 kg Cu ha⁻¹ per 5 jaar is per jaar 0,7 kg Cu ha⁻¹ nodig. Dit komt overeen met € 6,- ha⁻¹. Bij 20% van het areaal betekent ongeveer €1,2 ha⁻¹. Samen met de extra kosten voor grondonderzoek bedragen de meerkosten ongeveer € 2 ha⁻¹. Cu wordt meestal in combinatie met landbouwsout gestrooid. De meerkosten voor het strooien zijn niet in rekening gebracht.

Voerspoor

Mineralen* :

O4: € 12,5 ha⁻¹ (in de stalperiode: melkvee en droogstaand 100 g per dag en pinken 50 g per dag)

B4: € 27 ha⁻¹ (melkvee en droogstaand 100 g per dag, pinken 50 g per dag in de stalperiode)

S: € 32 ha⁻¹ (melkvee en droogstaand 100 g per dag, pinken 50 g per dag in de stalperiode)

* complete mengsels dus ook Cu, Co Se etc

Arbeid

Mineralen verstrekken kan extra arbeid kosten. Bij verstrekken via de voermengwagen kost dit nauwelijks extra tijd. Worden deze los verstrekt dan kan dit 50-100 uur extra arbeid met zich meebrengen. Bemesten met Cu hoeft geen extra tijd te kosten indien Cu als samengestelde meststof wordt gegeven. Omdat de extra arbeid zeer bedrijfsspecifiek is wordt deze bij de beoordeling van de kosten achterwege gelaten.

Uitvoerbaarheid

Zowel bemesten als het verstrekken van een mineralenmengsel zijn goed uitvoerbaar.

Gebruik van bolussen

Een overweging kan zijn om bij beweiden met jongvee te werken met bolussen in plaats van percelen met een (vrij) lage Cu-toestand te bemesten.

Op de doorgerekende bedrijven waren 32 pinken en 32 kalveren aanwezig. Pinken krijgen 2 bolussen per jaar en kalveren van meer dan 150 kg één bolus. Aangenomen is dat 22 kalveren een bolus krijgen. Er zijn dan in totaal 86 bolussen nodig à € 10,- per stuk. Dit is € 860,- Omgerekend per ha is dit € 14,- à € 16,-. De kosten hiervan zijn aanzienlijk hoger dan de bemestingskosten.

Advies koper (beknopt):

Bij beweiden is het advies eerst te bemesten tot een voldoende Cu-toestand. Indien nodig verder nog aanvullen via het voerspoor.

Schematisch overzicht Cu-advies voor de melkveehouderijpraktijk.

	Weidegang of Zomerstalvoeding	Stalseizoen of Summerfeeding
Veel gras	<ul style="list-style-type: none"> Voor jongvee zijn de gehalten in het gras ook na bemesten te laag om de Cu-behoefte te dekken. De lichaamsreserve is groot. Het dier kan een periode met een beperkt tekort overbruggen. Op percelen met een (vrij) lage Cu-toestand zijn de Cu-gehalten door <i>bemesting</i> zodanig te verhogen dat jongvee, als het met een goede Cu-status de wei ingaat, de weideperiode goed kan overbruggen. Advies: percelen met een (vrij) lage Cu-toestand bemesten naar een toestand voldoende. <p>Bijzonderheden:</p> <ul style="list-style-type: none"> Bij een voldoende Cu-toestand van de bodem heeft melkvee naast krachtvoer geen Cu-aanvulling nodig. Oudmelkte dieren kunnen een periode met een beperkt tekort overbruggen. Droogstaande dieren hebben een extra Cu-behoefte. 	<ul style="list-style-type: none"> Advies bij summerfeeding: Aanvulling <i>via het voerspoor</i> voor alle diercategorieën. Bij de gebruiksnormen is voor bedrijven met summerfeeding beweiden met jongvee toegestaan. Het bedrijf kan dan kiezen tussen bemesten en het geven van een bolus. <p>Bijzonderheden:</p> <ul style="list-style-type: none"> De aanvoer van Cu per ha is via bemesten hoger dan via een bolus. Het geven van bolussen aan jongvee is aanzienlijk duurder dan het bemesten van enkele percelen.
Veel snijmaïs	<ul style="list-style-type: none"> Snijmaïs heeft een aanzienlijk lager Cu-gehalte dan gras(kuil). Voor melkvee is een aanvulling <i>via het voerspoor</i> nodig. Voor weidend jongvee kan het bedrijf kiezen tussen bemesten en het geven van een bolus. <p>Bijzonderheden:</p> <ul style="list-style-type: none"> De aanvoer van Cu per ha is via bemesten hoger dan via een bolus. Het geven van bolussen aan jongvee is aanzienlijk duurder dan het bemesten van enkele percelen. 	<ul style="list-style-type: none"> Advies bij summerfeeding: Aanvulling <i>via het voerspoor</i> voor alle diercategorieën. Bij beweiden met jongvee kan het bedrijf kiezen tussen bemesten en het geven van een bolus. <p>Bijzonderheden:</p> <ul style="list-style-type: none"> De aanvoer van Cu per ha is via bemesten hoger dan via een bolus. Het geven van bolussen aan jongvee is aanzienlijk duurder dan het bemesten van enkele percelen.

8.5 KOBALT

Essentieel voor het dier: Ja

Belangrijkste functies in het dier:

- Het is nodig voor groei van de pensbacteriën en daarmee voor de spijsvertering, en
- Pensbacteriën vormen het belangrijke vitamine B₁₂.

Lichaamsreserve: klein

De kleine hoeveelheid vitamine B₁₂ in de lever die snel is verbruikt.

Essentieel voor het gewas: Ja

Belangrijkste functie(s) in gewas:

- van invloed op suikertransport en koolhydraatstofwisseling in de plant,
- noodzakelijk voor de stikstofbinding door vlinderbloemigen en bacteriën, en
- voor groei van gewas zijn lagere gehalten nodig dan voor in stand houden diergezondheid.

Adequate bemesting mogelijk: Ja

In het verleden had een aanzienlijk deel van de zandgronden een Co-gehalte beneden 0,3 mg kg⁻¹ grond. Op deze gronden werd bij het vee geregeld Co-gebrek geconstateerd. Door percelen met een lage of vrij lage Co-toestand eenmaal in de vijf tot 10 jaar met Co te bemesten wordt het gehalte afdoende verhoogd.

Dunne rundermest heeft een gehalte van 0,05 – 0,51 gram Co per ton. De werking van Co uit mest is niet bekend.

Behoefte, mg Co kg⁻¹ ds

Jongvee	0,1
Droogstaand	0,1
Melkgevend, 20 kg	0,1
Melkgevend, 40 kg	0,1

Gemiddeld gehalte, mg Co kg⁻¹ ds

Gras	0,1
Voordroogkuil	0,16
Maïs gemiddeld	0,06
Standaard krachtvoer	0,61

Aanvulling nodig?

Overwegend grasrantsoen:	nee
Beweiding zonder krachtvoer:	nee
Rantsoen veel snijmaïs	ja

Jongvee en droogstaand melkvee krijgt een overwegend grasrantsoen.

Aanvulling via voerspoor alleen nodig bij melkveerantsoen met veel snijmaïs.

Milieu

Kobalt is niet milieugevoelig.

Overwegingen bij methode verstrekking:

Bodem

- Co is essentieel voor het dier. De lichaamsreserve is klein. Er ontstaat snel een tekortsituatie → schadelijk voor de spijsvertering en de diergezondheid.
- Door een beperkt aantal percelen (vooral op zandgrond) te bemesten met een Co-meststof is het kobaltgehalte in het gras op zodanig peil te brengen dat de Co-voorziening voor alle diercategorieën bij beweiden en stalvoeren in orde is (m.u.v. rantsoenen met veel snijmaïs).

Voerspoor

Indien geen bemesting plaatsvindt is het Co-gehalte in gras op aantal percelen te laag en is aanvulling nodig:

- bij beweiding en geen krachtvoer: via bolussen
- bij beweiden en wel krachtvoer: ruime aanvulling via krachtvoer; moet voldoende zijn voor dieren die weinig krachtvoer krijgen.
- in de winterperiode voor alle diercategorieën. Ook in gras(kuil)rantsoenen omdat gehalten te laag kunnen zijn. Bij de 95% ondergrens is het gehalte 0,03 mg Co kg⁻¹ ds.
- bij graskuil die komt van percelen met een hoog Co-gehalte is de aanvulling absoluut niet nodig (dit leidt tot verspilling). Bij de 95% bovengrens is het gehalte 0,35 mg Co kg⁻¹ ds.
- bij summerfeeding voor alle diercategorieën aanvulling via krachtvoer of mineralenmengsel.

Kosten

Bodem

Aanvullend onderzoek op Cu, Co en Mn kost € 20,- per grondmonster extra. Wanneer we 50% hiervan toerekenen aan Co is dit € 10,- per perceel. Bij monsternamen eens per 4 jaar is de € 2,50 per perceel per jaar. Bij een perceel van 3 ha is dit € 0,83 ha⁻¹.

Aanvullende Co-bemesting nodig op 1 % van de percelen met toestand laag en 21% met toestand vrij laag. Bemesting eens per 5 à 10 jaar. Bij gemiddeld 0,3 kg Co ha⁻¹ per 5 jaar is per jaar 0,06 kg Co ha⁻¹ nodig. Dit komt overeen met € 5,90 afgerond € 6,- ha⁻¹. Bij 22% van het areaal betekent ongeveer €1,30 ha⁻¹. De kosten zijn vergelijkbaar met die voor de Cu-bemesting. Samen met de extra kosten voor grondonderzoek bedragen de meerkosten € 2 à € 2,50 ha⁻¹. Co wordt meestal in combinatie met landbouwsout gestrooid. De meerkosten voor het strooien zijn niet in rekening gebracht.

Voerspoor

Mineralen* :

O4: € 12,5 ha⁻¹ (in de stalperiode: melkvee en droogstaand 100 g per dag en pinken 50 g per dag)

B4: € 27 ha⁻¹ (melkvee en droogstaand 100 g per dag, pinken 50 g per dag in de stalperiode)

S: € 32 ha⁻¹ (melkvee en droogstaand 100 g per dag, pinken 50 g per dag in de stalperiode)

* complete mengsels dus ook Cu, Co Se etc

Arbeid

Mineralen verstrekken kan extra arbeid kosten. Bij verstrekken via de voermengwagen kost dit nauwelijks extra tijd. Worden deze los verstrekt dan kan dit 50-100 uur extra arbeid met zich meebrengen. Bemesten met Co hoeft geen extra tijd te kosten indien Co als samengestelde meststof wordt gegeven. Omdat de extra arbeid zeer bedrijfsspecifiek is wordt deze bij de beoordeling van de kosten achterwege gelaten.

Uitvoerbaarheid

Zowel bemesten als mineralen toediening zijn goed uitvoerbaar.

Advies kobalt (beknopt):

Door de Co-voorziening op een beperkt aantal percelen in orde te brengen is alleen een aanvulling nodig in melkveerantsoenen met veel snijmaïs.

Schematisch overzicht Co-advies voor de melkveehouderijpraktijk.

	Weidegang of Zomerstalvoeding	Stalseizoen of Summerfeeding
Veel gras	<ul style="list-style-type: none"> Gras bevat doorgaans voldoende Co om in de behoefte van melkvee en jongvee te voorzien. Bij een vrij (lage) Co-toestand is het Co-gehalte in gras soms te laag . Percelen met vrij (lage) Co-toestand <i>bemesten</i>. De Co-voorziening van weidend vee is dan, ook zonder bijvoeding, veilig gesteld. <p>Bijzonderheden:</p> <ul style="list-style-type: none"> Indien geen Co-bemesting plaatsvindt op percelen met een vrij (lage) Co-toestand dan voor jongvee aanvullen <i>via het voerspoor met een bolus</i> 	<ul style="list-style-type: none"> Gras bevat doorgaans voldoende Co om in de behoefte van melkvee en jongvee te voorzien. Bij een vrij (lage) Co-toestand is het Co-gehalte in gras soms te laag . Percelen met vrij (lage) Co-toestand <i>bemesten</i>. De Co-voorziening van vee is dan veelal veilig gesteld. <p>Bijzonderheden:</p> <ul style="list-style-type: none"> Indien geen Co-bemesting plaatsvindt op percelen met een vrij (lage) Co-toestand dan voor jongvee aanvullen <i>via het voerspoor</i>
Veel snijmaïs	<ul style="list-style-type: none"> Co-aanvulling <i>via het voerspoor</i> is meestal nodig om de Co-voorziening van het vee veilig te stellen. <p>Bijzonderheden:</p> <ul style="list-style-type: none"> Percelen met vrij (lage) Co-toestand <i>bemesten</i>. De Co-voorziening van weidend jongvee is dan, ook zonder bijvoeding, veilig gesteld. 	<ul style="list-style-type: none"> Co-aanvulling <i>via het voerspoor</i> is meestal nodig om de Co-voorziening van het vee veilig te stellen. <p>Bijzonderheden:</p> <ul style="list-style-type: none"> Op graslandpercelen met een vrij (lage) Na-toestand en op kalirijke gronden is Na-bemesting aan te bevelen tot een gehalte van 1,5 g Na kg⁻¹ ds. Effecten van hogere gehalten op de kuilgrasopname zijn niet goed bekend.

8.6 SELENIUM

Essentieel voor het dier: Ja

Belangrijkste functies in het dier:

- verhoogt de immuniteit,
- vermindert spierbeschadigingen, en
- verbetert de vruchtbaarheid.

Lichaamsreserve: groot

Se is onderdeel van het enzym GSH-Px. Dit enzym komt voor in rode bloedlichaampjes, organen en weefsels. Het dier kan hier in eerste instantie uit putten.

Essentieel voor het gewas: Nee

Recente publicaties geven echter aan dat Se in gras een anti-oxidatieve werking heeft waardoor een blad minder snel afsterft.

Belangrijkste functie(s) in gewas:

- Se wordt in het gewas vastgelegd in aminozuren als selomethionine and selocysteïne,
- mogelijk anti-oxidatieve werking, waardoor blad minder snel afsterft.

Adequate bemesting mogelijk: Ja

Internationaal wordt een eenmalige gift van 7-10 g Se ha⁻¹ jr⁻¹, toegediend als selenaat, gezien als een voldoende hoeveelheid voor Se-bemesting om in de behoefte van het vee te voorzien. De toediening kan dan bijvoorbeeld plaatsvinden als natriumselenaat. Naast eenmalige giften wordt er ook gewerkt met gedeelde giften. De Se is dan toegevoegd aan de N-meststof. Dit geeft in het algemeen een betere verdeling van het gehalte in het gras over het seizoen.

Dierlijke mest: Bij volwassen herkauwers wordt in de pens Se voor een groot deel omgezet in slecht oplosbaar Se dat wordt uitgescheiden met de faeces. De Se die vrijkomt is pas later in het seizoen beschikbaar.

Behoefte, mg Se kg⁻¹ ds

Jongvee	0,1 – 0,12
Droogstaand	0,13
Melkgevend, 20 kg	0,15
Melkgevend, 40 kg	0,18

Gemiddeld gehalte, mg Se kg⁻¹ ds

Gras bemest	0,15 - 0,8
Maïs niet bemest	0,016
Standaard krachtvoer	0,37

Aanvulling nodig?

Overwegend grasrantsoen:	nee
Beweiding zonder krachtvoer:	nee

Rantsoen veel snijmaïs: ja

Jongvee en droogstaand melkvee krijgt een overwegend grasrantsoen. Aanvulling via voerspoor is alleen nodig bij melkveerantsoenen met veel snijmaïs.

Milieu

Se is niet milieubelastend. Onder bepaalde omstandigheden kan Se vervluchtigen in de vorm van (di)methylselenide. Dit kan leiden tot verliezen van 1-2 g Se ha⁻¹ jaar⁻¹. Zoals eerder is aangegeven is selenaat is de belangrijkste ionvorm in de bodemoplossing bij hoge redoxpotentiaal. In de midden redoxrange is seleniet predominant en bij lage redox is selenide de belangrijkste ionvorm. De redoxpotentiaal neemt in de regel af met de diepte. Reductie van selenaat via seleniet naar selenide leidt tot een zeer sterke adsorptie. Daardoor wordt weinig Se in grondwater aangetroffen.

Overwegingen bij methode verstrekking:

Bodem

- Se-bemesting is goed mogelijk door Se toe te voegen aan een N- of Na-meststof. Dit leidt tot een goede verdeling en goede gehalten in het weidegras.
- Door bemesting is de Se-voorziening in orde voor weidende dieren en voor stalrantsoenen. (m.u.v. rantsoenen met veel maïs).

Voerspoor

Indien geen bemesting plaatsvindt is het gemiddelde Se-gehalte in gras 0,04 mg Se kg⁻¹ ds. Dit betekent dat een aanvulling via het voerspoor vrijwel steeds nodig zal zijn:

- bij beweiding en geen krachtvoer: via likblokken of bolussen;
- bij beweiden en wel krachtvoer: ruime aanvulling via krachtvoer; moet voldoende zijn voor dieren die weinig krachtvoer krijgen; en
- in de winterperiode en bij summerfeeding voor alle diercategorieën.

Kosten

Aanvullend onderzoek op is geschat op € 10,- extra kosten per grondmonster. Bij monstername eens per 4 jaar is de € 2,50 per perceel per jaar. Bij een perceel van 3 ha is dit € 0,83 Se ha⁻¹ jr⁻¹.

Het is niet bekend op welk percentage van de percelen een aanvullende Se-bemesting nodig is. De Se-gehalten in gras en kuil zijn op zandgronden vrijwel steeds te laag. Op klei en veen is eveneens zo in een groot aantal gevallen. Gerekend is met 75% van de percelen. Bemesting dient jaarlijks plaats te vinden met bijv. 10 g Se ha⁻¹ jr⁻¹. Se is meestal toegevoegd aan een Na-meststof of een N-meststof. De extra kosten voor een Se-meststof bedragen € 15,- ha⁻¹. Bij 75% van de percelen is dit € 11,25. Samen met de extra kosten voor grondonderzoek bedragen de meerkosten circa € 12,- ha⁻¹. Voor het strooien worden geen extra kosten in rekening gebracht, omdat Se altijd is toegevoegd aan een andere meststof.

Opmerking: het is mogelijk dat op basis van de grondanalyse een aanvullende bemesting met 5 g Se ha⁻¹ voldoende is. De kosten zijn dan ongeveer gehalveerd. Hier is verder niet mee gerekend.

Voerspoor

Mineralen* :

O4: € 12,5 ha⁻¹ (in de stalperiode: melkvee en droogstaand 100 g per dag en pinken 50 g per dag)

B4: € 27 ha⁻¹ (melkvee en droogstaand 100 g per dag, pinken 50 g per dag in de stalperiode)

S: € 32 ha⁻¹ (melkvee en droogstaand 100 g per dag, pinken 50 g per dag in de stalperiode)

* complete mengsels dus ook Cu, Co Se etc

Arbeid

Mineralen verstrekken kan extra arbeid kosten. Bij verstrekken via de voermengwagen kost dit nauwelijks extra tijd. Worden deze los verstrekt dan kan dit 50-100 uur extra arbeid met zich meebrengen.

Bemesten met Se kost geen extra tijd. Het is toegevoegd aan een dragermeststof.

Omdat de extra arbeid zeer bedrijfsspecifiek is wordt deze bij de beoordeling van de kosten achterwege gelaten.

Uitvoerbaarheid

Zowel bemesten als mineralen toediening zijn goed uitvoerbaar.

Advies seleen (beknopt):

Se-bemesting heeft veelal de voorkeur om een adequate Se-voorziening te waarborgen voor alle diercategorieën.

Schematisch overzicht Se-advies voor de melkveehouderijpraktijk.

	Weidegang of Zomerstalvoeding	Stalseizoen of Summerfeeding
Veel gras	<ul style="list-style-type: none"> Gras(kuil) en snijmaïs bevatten van nature te weinig Se voor melkvee, droogstaand melkvee en jongvee. Aanvulling is altijd nodig. <i>Se-bemesting</i> grasland heeft de voorkeur om op rantsoenniveau voor alle diercategorieën een goede Se-voorziening te realiseren. <i>Via het voerspoor</i> kunnen weidend jongvee en droogstaande dieren moeilijk met voldoende Se worden voorzien. <p>Bijzonderheden:</p> <ul style="list-style-type: none"> Er is geen "officieel" bemestingsadvies voor Se 	<ul style="list-style-type: none"> Gras(kuil) en snijmaïs bevatten van nature te weinig Se voor melkvee, droogstaand melkvee en jongvee. Aanvulling is altijd nodig. Een goede Se-voorziening is voor een stalrantsoen met veel gras(kuil) voor alle diercategorieën is te realiseren <i>via Se-bemesting</i>. <p>Bijzonderheden:</p> <ul style="list-style-type: none"> Bij Se-bemesting is geen aanvulling van Se in krachtvoer nodig.
Veel snijmaïs	<ul style="list-style-type: none"> Gras(kuil en snijmaïs bevatten te weinig Se voor melkvee, droogstaand melkvee en jongvee. Aanvulling is altijd nodig. Een goede Se-voorziening voor melkvee is te realiseren <i>via het voerspoor</i>. Een goede Se-voorziening voor weidend jongvee is te realiseren door <i>Se-bemesting</i> van percelen waar jongvee weidt. <p>Bijzonderheden:</p> <ul style="list-style-type: none"> Er is geen "officieel" bemestingsadvies voor Se. Stem Se-bemesting en Se-aanvulling via voerspoor goed op elkaar af. 	<ul style="list-style-type: none"> Gras(kuil) en snijmaïs bevatten te weinig Se voor melkvee, droogstaand melkvee en jongvee. Aanvulling is altijd nodig. Een goede Se-voorziening voor alle diercategorieën is te realiseren <i>via het voerspoor</i>. <p>Bijzonderheden:</p> <ul style="list-style-type: none"> Bij de gebruiksnormen is voor bedrijven met summerfeeding beweiden met jongvee toegestaan. Een goede Se-voorziening voor weidend jongvee is te realiseren door <i>Se-bemesting</i> van percelen waar jongvee weidt. Stem Se-bemesting en Se-aanvulling via voerspoor goed op elkaar af.

8.7 MANGAAN

Criteria:

Essentieel voor het dier: Ja

Belangrijkste functies in het dier:

- belangrijk voor vorming van been en kraakbeen,
- het functioneren van geslachtsorganen, en
- de bloedstolling.

Lichaamsreserve: redelijk groot

Mn is opgeslagen in de darmwand. Dieren kunnen bij tekort hieruit enkele maanden putten.

Essentieel voor het gewas: Ja

De minimum Mn-concentratie ligt voor de meeste planten tussen de 10 en 25 mg kg⁻¹ ds.

Op grasland ook bij zeer lage voorziening in de bodem (vrijwel nooit) beperkend voor gewasgroei.

Belangrijkste functie(s) in gewas:

- Mn speelt een belangrijke rol bij de productie van zuurstof gedurende de fotosynthese.

Adequate bemesting mogelijk:

Op grasland is bemesting niet van toepassing. Mn-gehalten zijn steeds ruim voldoende. Voor snijmaïs en akkerbouwgewassen wordt de kans op Mn-gebrek vooral bepaald door de pH. Is deze lager dan 5,4 dan bestaat er geen gevaar voor gebrek. Indien bij een hogere pH Mn-gebrek optreedt dan wordt geadviseerd een Mn-bespuiting uit te voeren.

Behoefte, mg Mn kg⁻¹ ds

Jongvee	25
Droogstaand	40
Melkgevend, 20 kg	40
Melkgevend, 40 kg	40

Gemiddeld gehalte, mg Mn kg⁻¹ ds

Gras	95
Maïs	28
Standaard krachtvoer	71

Aanvulling nodig?

Overwegend grasrantsoen:	nee
Beweiding zonder krachtvoer:	nee
Rantsoen veel snijmaïs	kan nodig zijn

Jongvee en droogstaand melkvee krijgt een overwegend grasrantsoen. Aanvulling via het voerspoor is alleen nodig bij melkveerantsoen met veel snijmaïs.

Milieu

Niet van toepassing.

Overwegingen bij methode verstrekking:**Bodem**

- Er is geen reden tot Mn-bemesting op grasland. De gehalten zijn vrijwel steeds voldoende voor de voeding van het vee.
- Voor snijmaïs en voedergewassen is er een gewasgericht advies.

Voerspoor

Aanvulling met Mn is nodig in rantsoenen met veel snijmaïs. Dit kan plaatsvinden via toediening aan het krachtvoer dat bij een rantsoen met veel maïs past.

Advies Mn beknopt: Voerspoor

Een aanvulling met mangaan is zelden nodig. Indien een aanvulling toch nodig is dan heeft het voerspoor de voorkeur.

Schematisch overzicht Mn-advies voor de melkveehouderijpraktijk.

	Weidegang of Zomerstalvoeding	Stalseizoen of Summerfeeding
Veel gras	<ul style="list-style-type: none"> Gras en graskuil bevatten van nature ruim voldoende Mn om in de behoefte van melkvee, droogstaand melkvee en jongvee te voorzien. Er is geen aanvulling van Mn nodig (niet via het bodem- en gewasspoor en ook niet via het voerspoor). <p>Bijzonderheden:</p> <ul style="list-style-type: none"> Er is geen Mn-bemestingsadvies voor grasland. 	<ul style="list-style-type: none"> Graskuil bevat van nature ruim voldoende Mn in de behoefte van melkvee, droogstaand melkvee en jongvee te voorzien. Er is geen aanvulling met Mn nodig (niet via het bodem- en gewasspoor en ook niet via het voerspoor). <p>Bijzonderheden:</p> <ul style="list-style-type: none"> Er is geen Mn-bemestingsadvies voor grasland.
Veel snijmaïs	<ul style="list-style-type: none"> Gras, graskuil en krachtvoer bevatten van nature voldoende Mn. Mn-gehalten in uitsluitend snijmaïs zijn onvoldoende. Ook bij snijmaïsrijke rantsoenen naast weidegang is geen aanvulling van Mn nodig (niet via het bodem- en gewasspoor en ook niet via het voerspoor). <p>Bijzonderheden:</p> <ul style="list-style-type: none"> Mn-bemesting van snijmaïs is soms nodig bij hoge pH om in de Mn-behoefte van snijmaïs te voorzien. 	<ul style="list-style-type: none"> Graskuil bevat van nature ruim voldoende Mn in de behoefte van alle melkvee en jongvee te voorzien. Met enige graskuil naast snijmaïs wordt de Mn-behoefte reeds gedekt Mn-verstrekking via het voerspoor is nodig bij rantsoenen met uitsluitend snijmaïs en weinig mengvoer. <p>Bijzonderheden:</p> <ul style="list-style-type: none"> Mn-bemesting van snijmaïs is soms nodig bij hoge bodem-pH om in de Mn-behoefte van snijmaïs te voorzien.

8.8 ZINK

Essentieel voor het dier: Ja

Belangrijkste functies in het dier:

- aanwezig in enzymen voor onder andere de voortplantingsorganen;
- is belangrijk voor het functioneren van het afweersysteem; en
- bevordert de eetlust en groei.

Lichaamsreserve: klein

Herkauwers hebben geen Zn-reserve van enige betekenis. Een Zn-tekort zal zich dus snel openbaren.

Essentieel voor het gewas: Ja

Zn-gebrek kan voorkomen indien de concentratie Zn in een gewas minder is dan 10 tot 20 mg kg⁻¹ ds. In Nederland is het Zn-gehalte in gras en maïs gemiddeld ongeveer 40 mg Zn kg⁻¹ ds, maar er zijn grote verschillen tussen percelen.

Belangrijkste functie(s) in gewas:

- Zink is een bestanddeel van vele enzymen en is betrokken bij de synthese van aminozuren en eiwitten en de vorming van het groeihormoon auxine.

Adequate bemesting mogelijk: Ja

In Nederland is er geen bemestingadvies voor Zn. De kans op een Zn-tekort is aanwezig in situaties zonder dierlijke mest, bij een hoge pH en lage temperaturen. Dunne rundveemest bevat gemiddeld 166 mg Zn kg⁻¹ product. Bij een Zn-tekort is het advies dan ook om te bemesten met bij voorkeur dunne rundveemest. Dunne varkensmest bevat minder Zn (78 mg kg⁻¹ product).

Behoefte, mg Zn kg⁻¹ ds

Jongvee	25-28
Droogstaand	22
Melkgevend, 20 kg	26
Melkgevend, 40 kg	33

Gemiddeld gehalte, mg Zn kg⁻¹ ds

Gras	42
Maïs	38
Standaard krachtvoer	60

Aanvulling nodig?

Overwegend grasrantsoen:	nee
Beweiding zonder krachtvoer:	nee
Rantsoen veel snijmaïs	nee

Een aanvulling met Zn is over het algemeen niet nodig. Bij de 95% ondergrens is het Zn-gehalte voor gras 22 en voor maïs 19 mg Zn kg⁻¹ ds. Een beperkte aanvulling kan dan nodig zijn.

Milieu

Zn hoopt zich op in de bodem. Zn komt via de dierlijke mest op het land terecht. Daarom is het belangrijk de aanvoer van Zn beperkt te houden.

Overwegingen bij methode verstrekking:**Bodem**

- Zn-tekort komt voor in situaties zonder dierlijke mest bij een hoge pH en lage temperaturen.
- In situaties van een Zn-tekort is het advies dan ook om te bemesten met bij voorkeur dunne rundveemest. Dit heeft een hoog Zn-gehalte.

Voerspoor

De aanvulling met Zn bij melkveerantsoenen is alleen bij uitzondering noodzakelijk. De aanvulling dient dan plaats te vinden via het voerspoor.

Opmerking

Standaard krachtvoer bevat 60 mg Zn per kg. Voor de voorziening van het vee is dit niet nodig. Een mineralenmengsel graskuil bevat 1000-4000 mg Zn per kg. De Zn belasting neemt bij het verstrekken van een mineralenmengsel met Zn sterk toe.

Advies zink (beknopt):

Sporadische kans op Zn-tekorten. Eventuele tekorten aanvullen via het voerspoor

Schematisch overzicht Zn-advies voor de melkveehouderijpraktijk (opm. elk quadrant heeft hier hetzelfde advies).

	Weidegang of Zomerstalvoeding	Stalseizoen of Summerfeeding
Veel gras	<ul style="list-style-type: none"> Gras(kuil) en snijmaïs bevatten gemiddeld zoveel Zn dat de behoefte van melkvee, droogstaand melkvee en jongvee ruim gedekt is. Alleen in situaties met zeer lage gehalten in het ruwvoer (< 5% van de situaties) is aanvulling nodig <i>via het voerspoor</i>. De lichaamsreserve aan Zn is klein en een eventueel Zn-tekort zal zich snel openbaren. <p>Bijzonderheden:</p> <ul style="list-style-type: none"> Er is geen Zn-bemestingsadvies. Met mest wordt genoeg Zn aangevoerd. Gebruik geen mineraalsupplementen met Zn of krachtvoer met toegevoegd Zn . De Zn-voorziening van het vee is meestal zeer ruim (200 – 400 % van de behoefte) 	<ul style="list-style-type: none"> Gras(kuil) en snijmaïs bevatten gemiddeld zoveel Zn dat de behoefte van melkvee, droogstaand melkvee en jongvee ruim gedekt is. Alleen in situaties met zeer lage gehalten in het ruwvoer (< 5% van de situaties) is aanvulling nodig <i>via het voerspoor</i>. De lichaamsreserve aan Zn is klein en een eventueel Zn-tekort zal zich snel openbaren. <p>Bijzonderheden:</p> <ul style="list-style-type: none"> Er is geen Zn-bemestingsadvies. Met mest wordt genoeg Zn aangevoerd. Gebruik geen mineraalsupplementen met Zn of krachtvoer met toegevoegd Zn . De Zn-voorziening van het vee is meestal zeer ruim (200 – 400 % van de behoefte)
Veel snijmaïs	<ul style="list-style-type: none"> Gras(kuil) en snijmaïs bevatten gemiddeld zoveel Zn dat de behoefte van melkvee, droogstaand melkvee en jongvee ruim gedekt is. Alleen in situaties met zeer lage gehalten in het ruwvoer (< 5% van de situaties) is aanvulling nodig <i>via het voerspoor</i>. De lichaamsreserve aan Zn is klein en een eventueel Zn-tekort zal zich snel openbaren. <p>Bijzonderheden:</p> <ul style="list-style-type: none"> Er is geen Zn-bemestingsadvies. Met mest wordt genoeg Zn aangevoerd. Gebruik geen mineraalsupplementen met Zn of krachtvoer met toegevoegd Zn . De Zn-voorziening van het vee is meestal zeer ruim (200 – 400 % van de behoefte) 	<ul style="list-style-type: none"> Gras(kuil) en snijmaïs bevatten gemiddeld zoveel Zn dat de behoefte van melkvee, droogstaand melkvee en jongvee ruim gedekt is. Alleen in situaties met zeer lage gehalten in het ruwvoer (< 5% van de situaties) is aanvulling nodig <i>via het voerspoor</i>. De lichaamsreserve aan Zn is klein en een eventueel Zn-tekort zal zich snel openbaren. <p>Bijzonderheden:</p> <ul style="list-style-type: none"> Er is geen Zn-bemestingsadvies. Met mest wordt genoeg Zn aangevoerd. Gebruik geen mineraalsupplementen met Zn of krachtvoer met toegevoegd Zn . De Zn-voorziening van het vee is meestal zeer ruim (200 – 400 % van de behoefte)

8.9 IJZER

Essentieel voor het dier: Ja

Belangrijkste functies in het dier:

- Is onderdeel van hemoglobine en daarmee belangrijk voor de zuurstofbinding door de rode bloedlichaampjes.
- Is onderdeel van bepaalde eiwitten.

Lichaamsreserve: groot

IJzer is onderdeel van hemoglobine en is in het bloed ook gebonden aan transferrine. Hieruit kan het dier in een tekortsituatie geruime tijd putten. Bovendien kan een herkauwer zeer efficiënt omgaan met opgenomen Fe.

Essentieel voor het gewas: Ja

Fe-gebrek kan voorkomen indien de concentratie Fe in een gewas minder is dan 30 tot 50 mg kg⁻¹ ds.

Belangrijkste functie(s) in gewas:

Fe speelt een rol in diverse enzymsystemen, is betrokken bij de chlorofylvorming van de gewassen en bij de N-binding door vlinderbloemigen. De eerste symptomen van Fe-gebrek zijn zichtbaar in de chlorose van jonge bladeren.

Adequate bemesting mogelijk: Niet van toepassing

Op kalkrijke kleigronden In Nederland is geen bemestingsadvies ontwikkeld voor Fe. IJzertekorten kunnen optreden bij snijmaïs, indien geen bemesting met dierlijke mest plaatsvindt. Het advies is dan om een bladbespuiting uit te voeren.

Over het Fe-gehalte en de werking van Fe in rundveemest zijn geen gegevens beschikbaar.

Behoefte, mg Fe kg⁻¹ ds

Jongvee	36 -93 (snelst groeiende dieren hebben de hoogste Fe-behoefte)
Droogstaand	30-32
Melkgevend, 20 kg	8
Melkgevend, 40 kg	12

Gemiddeld gehalte, mg Fe kg⁻¹ ds

Gras	149
Maïs	120
Standaard krachtvoer	350

Aanvulling nodig?

Overwegend grasrantsoen:	nee
Beweiding zonder krachtvoer:	nee
Rantsoen veel snijmaïs	nee

Een aanvulling met Fe is over het algemeen niet nodig. Bij de 95% ondergrens is het Fe-gehalte voor gras <100 en voor maïs < 75 mg Fe kg⁻¹ ds. Een beperkte aanvulling kan dan nodig zijn.

Milieu

Fe is geen aandachtspunt.

Overwegingen bij methode verstrekking:

In rantsoenen met gras en maïs komt zelden een Fe-tekort voor. Fe-tekorten zullen het snelst optreden bij snelgroeiende dieren. Een aanvulling via het voerspoor ligt dan voor de hand.

Advies ijzer (beknopt):

Een aanvulling met ijzer is niet nodig, uitzonderingen daargelaten. Indien een aanvulling nodig is dan toedienen via het voerspoor.

Schematisch overzicht Fe-advies voor de melkveehouderijpraktijk (opm. elk quadrant heeft hier hetzelfde advies).

	Weidegang of Zomerstalvoeding	Stalseizoen of Summerfeeding
Veel gras	<ul style="list-style-type: none"> Gras, graskuil bevatten van nature ruim voldoende Fe om in de behoefte van melkvee, droogstaand melkvee en jongvee te voorzien. Er is geen aanvulling van Fe nodig (niet via het bodem- en gewasspoor en ook niet via het voerspoor). <p>Bijzonderheden:</p> <ul style="list-style-type: none"> Er is geen Fe-bemestingsadvies. 	<ul style="list-style-type: none"> Gras, graskuil bevatten van nature ruim voldoende Fe om in de behoefte van melkvee, droogstaand melkvee en jongvee te voorzien. Er is geen aanvulling van Fe nodig (niet via het bodem- en gewasspoor en ook niet via het voerspoor). <p>Bijzonderheden:</p> <ul style="list-style-type: none"> Er is geen Fe-bemestingsadvies.
Veel snijmaïs	<ul style="list-style-type: none"> Gras, graskuil en snijmaïs bevatten van nature ruim voldoende Fe om in de behoefte van melkvee, droogstaand melkvee en jongvee te voorzien. Er is geen aanvulling van Fe nodig (niet via het bodem- en gewasspoor en ook niet via het voerspoor). <p>Bijzonderheden:</p> <ul style="list-style-type: none"> Er is geen Fe-bemestingsadvies. 	<ul style="list-style-type: none"> Gras, graskuil en snijmaïs bevatten van nature ruim voldoende Fe om in de behoefte van melkvee, droogstaand melkvee en jongvee te voorzien. Er is geen aanvulling van Fe nodig (niet via het bodem- en gewasspoor en ook niet via het voerspoor). <p>Bijzonderheden:</p> <ul style="list-style-type: none"> Bij jonge dieren met uitsluitend snijmaïs en (kunst)melk is de Fe-voorziening onvoldoende en is een aanvulling via het voerspoor nodig. Er is geen Fe-bemestingsadvies.

8.10 MOLYBDEEN

Essentieel voor het dier: Ja

Belangrijkste functies in het dier:

- is onderdeel van enzymen die belangrijk zijn voor de nitraat- en de zwavelstofwisseling in de pens; en
- heeft samen met S een sterk remmende werking op de Cu-opname uit de darm.

Lichaamsreserve: groot

Molybdeen wordt opgeslagen in de lever en de nieren.

Essentieel voor het gewas: Ja

Gebreksverschijnselen kunnen optreden als het Mo-gehalte lager is dan 0,1-1,0 mg Mo kg⁻¹ ds. In gras en maïs zijn de Mo-gehalten over het algemeen hoger.

Belangrijkste functie(s) in gewas:

Molybdeen is een bestanddeel van enzymen voor de reductie van nitraat tot ammonium en voor de binding van moleculaire N door vlinderbloemigen.

Adequate bemesting mogelijk: N.v.t.

Er is geen bemestingadvies voor Mo. Gebrek is het eerst te verwachten bij een te lage pH van de grond. In dat geval wordt geadviseerd te bekalken tot een optimale pH.

Behoefte, mg Mo kg⁻¹ ds

Jongvee	0,1
Droogstaand	0,1
Melkgevend, 20 kg	0,1
Melkgevend, 40 kg	0,1

Gemiddeld gehalte, mg Mo kg⁻¹ ds

Gras	2,7
Maïs	0,4
Standaard krachtvoer	0,47

Aanvulling nodig?

Overwegend grasrantsoen:	nee
Beweiding zonder krachtvoer:	nee
Rantsoen veel snijmaïs	nee

Een aanvulling met Mo is niet nodig. Bij de 95% ondergrens is het Mo-gehalte voor gras <0,8 en voor maïs 0,2 mg Mo kg⁻¹ ds.

Milieu

Mo is voor het milieu geen aandachtspunt.

Overwegingen bij methode verstrekking:

Bemesten met Mo en toedienen van extra Mo via het voerspoor zijn niet gewenst. Te hoge Mo-gehalten remmen in combinatie met te hoge S-gehalten de Cu-absorptie uit de pens.

Advies Mo (beknopt): *Geen aanvulling via het bodem- en gewasspoor en ook niet via het voerspoor.*

Schematisch overzicht Mo-advies voor de melkveehouderijpraktijk

	Weidegang of Zomerstalvoeding	Stalseizoen of Summerfeeding
Veel gras	<ul style="list-style-type: none"> Gras, snijmaïs en krachtvoerders bevatten ook bij zeer lage gehalten aanzienlijk meer Mo dan voor de voorziening van de verschillende diercategorieën nodig is. Advies: Geen aanvulling via het bodem- en gewasspoor en ook niet via het voerspoor. <p>Bijzonderheden:</p> <ul style="list-style-type: none"> Hoge Mo-gehalten in combinatie met (te) hoge S-gehalten in het gewas remmen de Cu-absorptie uit de pens. 	<ul style="list-style-type: none"> Advies: Geen aanvulling via het bodem- en gewasspoor en ook niet via het voerspoor. <p>Bijzonderheden:</p> <ul style="list-style-type: none"> Hoge Mo-gehalten in combinatie met (te) hoge S-gehalten in het gewas remmen de Cu-absorptie uit de pens.
Veel snijmaïs	<ul style="list-style-type: none"> Advies: Geen aanvulling via het bodem- en gewasspoor en ook niet via het voerspoor. <p>Bijzonderheden:</p> <ul style="list-style-type: none"> Hoge Mo-gehalten in combinatie met (te) hoge S-gehalten in het gewas remmen de Cu-absorptie uit de pens. 	<ul style="list-style-type: none"> Advies: Geen aanvulling via het bodem- en gewasspoor en ook niet via het voerspoor. <p>Bijzonderheden:</p> <ul style="list-style-type: none"> Hoge Mo-gehalten in combinatie met (te) hoge S-gehalten in het gewas remmen de Cu-absorptie uit de pens.

9 Aanbevelingen, conclusies en onderzoeksvragen

9.1 Aanbevelingen voor de praktijk

- Van belang is eerst vast te stellen wat de actuele voorzieningsstatus van het vee is (bijv. via Spoorwijzer). Aansluitend dient de veehouder in samenspraak met de toeleverancier een strategie te ontwikkelen om een optimale voorziening via bemesting of via de veevoeding te regelen. Slechts in enkele gevallen is oplossing via beide sporen nodig.
- Van belang is goed te weten wat de beschikbaarheid van mineralen en sporen in de bodem is. Dit vormt de basis voor aanvullende maatregelen of via bemesting of via extra suppletie in het voerspoor. De beschikbaarheidsindicatoren zijn nog belangrijk te verbeteren door toepassen van nieuwe methodieken van grondonderzoek.
- Op bedrijven met weidend jongvee is bemesting de beste garantie voor een adequate voorziening met mineralen en sporen. Incidenteel kan het verstrekken van bolussen (hoewel duurder) ook een goede oplossing zijn.
- **Na:** Bij weidegang en veel graskuil is het gewenst om via bemesting het Na-gehalte in gras op peil te houden. Dit is gunstig voor de voeropname. Daarnaast worden percelen beter afgeweid.
- **Cu:** Let op de Cu-voorziening. Op basis van de nieuwe verhoogde behoeftenormen is de Cu-voorziening van weidend jongvee via alleen gras niet te garanderen. Dit is opvallend daar in de praktijk weinig problemen bij weidend jongvee voorkomen. Aanvullend onderzoek zal meer duidelijkheid kunnen geven
- **Se:** Bemesting met Se is de beste garantie voor een adequate voorziening van de veestapel met Se. Vermijd daarbij de situatie van een te hoge voorziening van vee door en bemesting en mineralenmengsels en krachtvoer te verstrekken.
- **Mo:** Mo hoeft nooit aangevuld te worden
- **Zn:** Zn kan bijna altijd worden weggelaten uit mineralenmengsels op basis van de huidige normen.
- Mineralenmengsels worden veelal elke dag in vaste hoeveelheden gegeven van 100 g per koe en 60 gram per pink. Indien een beperkte aanvulling met sporen en mineralen nodig is is het goed mogelijk om niet iedere dag maar om de 2 dagen tot om de week het mineralenmengsel te verstrekken. Dit geeft een duidelijke besparing op de kosten voor mineralenmengsels. Bovendien kost het minder arbeid.

9.2 Conclusies

- Er is winst te behalen met een op maat voorziening met mineralen en spoorelementen.
- De voorspelling van de beschikbaarheid van mineralen en spoorelementen in de bodem op basis van grondonderzoek is belangrijk te verbeteren door het toepassen van grondextractie met zwakke elektrolyten daarbij gebruikmakend van de huidige bodemchemische kennis en de ontwikkelingen in meetapparatuur. Het beter op maat sturen bij te lage gehalten in ruwvoer, via aangepaste voeding of via bemesting, om zo op rantsoenniveau het vee van voldoende sporen en mineralen te voorzien wordt daarmee mogelijk.
- Voor een aantal elementen zoals bijvoorbeeld Se dient bovendien nog een beschikbaarheidsindicator op basis van grondonderzoek te worden ontwikkeld.
- Er zijn diverse mogelijkheden om het voorzieningsniveau bij te sturen via het voerspoor. Sturen via

krachtvoer en mineralenmengsels is het meest gebruikelijk.

- Voor de meeste elementen is bemesting iets voordeliger dan aanvoer via mineralen of sporen bij normvoeding per element, met uitzondering van Se. Worden mineralenmengsels in vaste dagelijkse hoeveelheden verstrekt dan is bemesting voordeliger. Door bewust om te gaan met mineralen en spoorelementen zijn besparingen van €1000 per bedrijf en meer mogelijk.
- Op bedrijven met weidend jongvee is bemesting de beste garantie voor een adequate voorziening met mineralen en sporen.
- Vanuit milieuoogpunt laat bemesting altijd licht hogere balansoverschotten zien dan aanvoer via voerspoor.
- Op maat voorziening van sporen met mineralenmengsels is buitengewoon lastig. In veel gevallen vindt er voor bepaalde elementen een te ruime dosering plaats (bijvoorbeeld Zn). Voor op maat voeren is meer differentiatie in de samenstelling van het mineralenmengsel gewenst.
- Zn kan bijna altijd worden weggelaten uit mineralenmengsels op basis van de huidige normen. De industrie betwijfelt dit. Aanvullend onderzoek zal moeten uitwijzen of Zn verstrekken positieve gevolgen heeft op de dierprestatie.

9.3 Onderzoeksvragen

Op basis van deze studie en de workshop van 17 januari met vertegenwoordigers van het bedrijfsleven en het onderzoek zijn een aantal kennishiaten aan het licht gekomen.

Koper

Differentiatie absorptiecoëfficiënt van Cu naar grondsoort

Bij het vaststellen van de Cu-behoefte wordt gerekend met een absorptiecoëfficiënt van 3,6% (COMV, 2005). Deze absorptiecoëfficiënt is gebaseerd op een rantsoen bestaande uit graskuil met 2,8 g S en 2,1 mg Mo kg⁻¹ ds. Dergelijke S en Mo gehalten in graskuil gelden zeker voor graslandproducten afkomstig van jonge zeeklei en veengrond. Echter op zandgrond zijn de S en Mo gehalten in graslandproducten lager. Vanwege de lagere S en Mo gehalten is de absorptie van koper op zandgrond hoger. Omdat Cu sterk milieubelastend is zou een potentieel een sterke reductie van de Cu-belasting kunnen worden gerealiseerd door de adviezen voor Cu te differentiëren naar grondsoort.

Verhogen absorptiecoëfficiënt van Cu

De absorptiecoëfficiënt van Cu is laag. Een kleine (absolute) verhoging van de Cu-absorptie kan tot een aanmerkelijke reductie van de koperbehoefte en het balansoverschot van Cu leiden. Onderzoek naar mogelijkheden om de Cuabsorptie te verhogen door middel van de chemische samenstelling (mineraal of organisch gebonden vorm), en/of de rantsoensamenstelling lijkt gewenst

De Cu-beschikbaarheid in de grond

De grondonderzoeksmethodiek voor Cu in de bemestingsadviesbasis (daterend uit de jaren 50) geeft de beschikbaarheid van Cu in grond te globaal weer. Juist nu is het vooraf nauwkeurig voorspellen van wat de bodem kan naleveren aan het gewas zeer belangrijk. Daarmee is per saldo op het bedrijf waarschijnlijk minder Cu via bemesting of via krachtvoer en/of mineralenmengsels om zo op rantsoenniveau het vee van voldoende sporen en mineralen te voorzien nodig om het dier. Extractie met een zwak elektrolyt in combinatie met meting van de eigenschappen van de vaste fase, het toepassen bodemchemische kennis en moderne meetapparatuur wordt gezien als een kansrijke

oplossing om de Cu-opname door het gewas beter te voorspellen. Dit geldt niet alleen voor Cu maar ook voor andere elementen)

Het is nu gangbaar om 1 keer per 4 a 5 jaar een indien nodig een reparatiebemesting met Cu te geven op de gehalten in de bodem weer op peil te brengen. Wellicht is het vanuit het oogpunt van Cu-benutting efficiënter om de bemesting te verdelen in kleine jaarlijkse giften. Hetzelfde geldt eveneens voor Co.

Zink

Uit de studie, daarbij uitgaande van de normen van het COMV (2005), komt naar voren dat Zn bij de meest gangbare bedrijfssystemen (graslandbedrijf met onbeperkt weiden, beperkt weiden met snijmaïsbijsijvoeding en summerfeeding) elke aanvulling met Zn aan het rantsoen overbodig is. Vertegenwoordigers van de veevoersektor trekken deze conclusie in twijfel. Zij geven tevens aan dat met het hanteren van hogere (Amerikaanse) behoeftenormen voor Zn hogere melkproducties worden gerealiseerd. Tevens wordt gesuggereerd dat hogere Zn-normen gunstig zijn voor de gezondheid en weerstand, met name de uiergezondheid. Tijdens de workshop 17 januari werd door de vertegenwoordigers van de veevoersektor letterlijk gezegd dat zij geen verantwoordelijkheid zouden willen dragen voor de in dit rapport gehanteerde Zn-normen en daaruit getrokken conclusies. Dit geeft aan dat er blijkbaar een discrepantie is tussen de recente normen van de COMV (2005) en ervaringen in de praktijk. Gezien de milieubelasting die door Zn wordt veroorzaakt is het raadzaam om de huidige Zn-normen voor melkvee te toetsen en na te gaan of onder gecontroleerde omstandigheden de huidige Zn-normen adequaat zijn voor optimale melkproductie.

Selenium

Het blijkt dat Se-bemesting een effectieve methode is om het Se-gehalte in gras te verhogen, waarbij op rantsoen niveau de hele veestapel met voldoende Se-kan worden voorzien. Een methodiek voor grondonderzoek om op maat adviezen vast te stellen ontbreekt tot dusver. Onderzoek hierna is gewenst.

Uit de workshop is naar voren gekomen dat Se uit gist een betere beschikbaarheid heeft dan Se uit ruwvoerders. In de EU zijn organische gebonden Se-preparaten op de markt toegelaten omdat ze een hogere beschikbaarheid hebben dan mineraal gebonden seleen. Onderzoek naar een betere normering die rekening houdt met de vorm waarin Se wordt aangeboden (organisch vs. mineraal) is daarom wenselijk.

Interacties tussen elementen

Dier

De absorptie van mineralen kan negatief worden beïnvloed door de opname van andere elementen (bv. Cu vs. Fe, Zn, S, Mo; Se vs. S). Mineralen worden vrijwel altijd aangeboden in de vorm van mengsels die meerdere mineralen bevatten. Bijvoorbeeld bij een Cu-tekort is het daarom ongewenst om mineralen mengsels die zink bevatten te voeren. Ten eerste, is de aanvulling vaak niet nodig, bovendien heeft het ook nog een antagonistische werking op het element waar een tekort aan is. Daarom is het wenselijk dat er systemen worden ontwikkeld die de samenstelling van mineralen mengsels optimaliseert waarbij rekening wordt gehouden met (negatieve) interacties tussen de elementen.

Geconstateerd wordt dat op dit vlak de laatste decennia nauwelijks onderzoek heeft plaatsgevonden.

Bodem

Ook in de bodem zijn er interacties tussen elementen. In de bemestingsadvisering wordt daar tot dusver geen rekening meegehouden. Naar de toekomst toe is het daarom gewenst te werken aan multi-nutriënt gerelateerde bemestingsadviezen (bijv. de bemesting met Mg hangt af van de K-toestand van de bodem). De (bodemchemische) kennis en meettechnieken om deze ontwikkelingsslag te maken zijn beschikbaar.

Mest

De belangrijkste aanvoer bron van mineralen is mest. Er zijn weinig gegevens beschikbaar over de werking van spoorelementen uit mest en de hoeveelheden die in mest aanwezig zijn.

10 Referenties

- Alfthan G & Aro A (2005) Environmental effects of selenium fertilization –Is there a potential risk. Proceedings: Twenty years of selenium fertilization. September 8-9. Helsinki. p. 33-36
- Anonymus (2003) Mangaangebrek gerst sterk ras-gebonden. Boerderij/akkerbouw 26, 3.
- Aquilar A & Van Diest A (1981) Rock-phosphate mobilization induced by the alkaline uptake pattern of legumes utilizing symbiotically fixed nitrogen. Plant and Soil 61, 27-42.
- Ashley JTF (1996) Adsorption of Cu(II) and Zn(II) by estuarine, riverine and terrestrial humic acids. Chemosphere 33, 2175-2187.
- Bisbjerg B & Gissel-Nielsen (1969) Uptake of applied selenium by agricultural plants. I. influence of soil type and plant species. Plant and Soil 31, 287-298.
- Brennan RF, Armour JD & Reuter DJ (1993) Diagnosis of zinc deficiency. In: Robson AD (ed.) Zinc in plants and soils. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht.
- Brye KR & Pirani AL (2006). Metal uptake by tall fescue (*Festuca arundinacea*) as affected by poultry litter application. Grass For. Sci. 61:192-199.
- Bahners N (1987) Selengehalte von Böden und deren Grasaufwuchs in der Bundesrepublik sowie Möglichkeiten der Selenanreicherung durch verschiedene Selen Düngungen. PhD Thesis, Friedrich Wilhelms Universität, Bonn, 151 pp.
- Balistrieri LS & Chao TT (1987) Selenium adsorption by goethite. Soil Science Society of America Journal 51, 1145-1151.
- Barrow NJ (1992) The effect of time on the competition between anions for sorption. Journal of Soil Science 43, 421-428.
- Barrow NJ (1993) Mechanisms of reaction of zinc with soil and soil components. In: Robson AD (ed.) Zinc in soils and plants. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht.
- Bedrijfslaboratorium voor grond- en gewasonderzoek Blgg (2006) Website www.blgg.nl.
- Binnerts WT, Das HA & Viets TC (1993) Liver selenium analysis in cows with a fast method of neutron activation reveals deficiency areas in The Netherlands. Netherlands Journal of Agricultural Science, 41, 47-57.
- Boons-Prins ER, Van Dijk TA en Den Boer DJ (2004) Suboptimale N- en P-bemesting van grasland. Bosma Zathe, 2000. NMI-rapport, Verslag 306.00. Nutriënten Management Instituut NMI, Oosterbeek, 50pp.
- Bolan NS, Khan MA, Donaldson J Adriano DC and Matthew C (2003) Distribution and bioavailability of copper in farm effluent. In: Science of total environment 309 (1/3), pp 225-236. Elsevier Science B.V. Amsterdam.
- Brown D, Shepherd KD, Walsh MG 2006. Global soil characterization with VNIR diffuse reflectance spectroscopy. Geoderma 132, 273–290
- Bussink DW & Temminghoff (2004). Soil and tissue testing for micronutrient status. The international Fertiliser Society (IFS). Proceedings 548. York, UK. pp 42.
- Bussink DW & Valk H (2005) Naar een nieuwe Na-behoeftenorm voor melkvee en een verantwoorde Na-bemesting op grassland. NMI-rapport O896.02. Wageningen, pp 62.
- Cartes P, Gianfreda L, y Mora, ML (2005). Uptake of selenium and its antioxidant activity in ryegrass when applied as selenite and selenate forms. Plant and Soil, 276: 359-367.
- Chang CW, Laird DA, Mausbach MJ & Hurburgh CR (2001). Near-infrared reflectance spectroscopy-principle components regression analyses of soil properties. Soil Sci. Soc. Am. J. 65:480-490.
- Charter RA, Tabatai MA & Schafer JW (1995) Arsenic, molybdenum, selenium, and tungsten contents of

- fertilizers and phosphate rocks. *Communications in Soil Science and Plant Analysis* 26, 3051-3062.
- Chiy PC en Phillips CJC (1991) The effects of sodium chloride application to pasture or its direct supplementation, on dairy cows production and grazing preference. *Grass and Forage Science* 46, pp 325-331.
- Chiy PC, Phillips CJC en Omed HM (1993) Sodium Fertilizer Application To Pasture.3. Rumen Dynamics. *Grass And Forage Science* 48, pp 249-259.
- Chiy PC, Al-Tulihan ALA, Hassan MH en Phillips CJC (1998) Effects of sodium and potassium fertilisers on the composition of herbage and its acceptability to dairy cows. *Journal Of The Science Of Food And Agriculture* 76, pp 289-297.
- Combs GF & Combs SF (1986) *The role of selenium in nutrition*. Academic Press, London, 532 pp.
- CBGV (2005) *Adviesbasis bemesting grasland en voedergewassen*. Praktijkonderzoek van de Animal Science Group, Lelystad.
- COMV (2005) *Handleiding Mineralenvoorziening Rundvee, Schapen, Geiten*. Centraal Veevoederbureau, Lelystad, 228pp.
- Cox, F.R. (1992) Residual value of copper fertilization. *Commun Soil Sci Plant Anal* 23:101–12.
- Dam Kofoed A (1984) The contents of heavy metals in animal manure. *Saertryk af Tidsskrift for Planteavl* 88, pp 349-352.
- Den Boer DJ (1998) Effects of Mg fertilizer type and level on chemical composition of grass. Summary of results on sandy and peaty soils. Report 228.98. Nutriënten Management Instituut NMI, Oosterbeek, pp 16.
- Den Boer DJ & Bakker RF (2005) Bemesting en kwaliteit graskuil. *Koeien & Kansen 1997 – 2003*. Rapport 25, pp43, Animal Sciences Group, Lelystad.
- De Vries W, Römkens PFAM, Van Leeuwen T en Bronswijk JJB (2002) Heavy Metals. Uit: Haygarth PM & Jarvis SC (eds) *Agriculture, Hydrology and Water Quality*, Chapter 5. CABI publishing, ISBN 0-85199-545-4.
- Dijkshoorn W (1954) Een onderzoek naar de opname van kobalt en koper door Engels raaigras uit enige handelsmonsters koperslakkenbloem. Overdruk 217 van Centr Inst Landbouwkundig Onderz.
- Driessen JJM & Roos AH (1996) Zware metalen, organische microverontreinigingen en nutriënten in dierlijke mest, compost, zuiveringsslib, grond en kunstmeststoffen. Rapport 96.14, Rikilt-DLO, Wageningen, 24 pp.
- Duckart EC, Waldron LJ & Donner HE (1992) Selenium uptake and volatilization from plants growing in soil. *Soil Science* 153, 94-99.
- Dufresne I, Cabaraux JF, Coenen M, Scholz H, Hornick JL en Istasse L (2005). Effect of fertilisation with selenium on plasma selenium in Belgian Blue suckling cows and heifers: first results. In: Luscher A. El-Joual T & Cox DA (1998) Manganese toxicity in plants. *J. Plant Nutr.* 21, 353-356.
- Elrashidi MA, Adriano DC & Lindsay WL (1987) Solubility, speciation, and transformations of selenium in soils. In: Jacobs LW (ed.) *Selenium in agriculture and the environment*. Proceedings, Symposium ASA-SSSA, New Orleans, USA, 2 December 1986, SSSA Special Publication, Soil Science Society of America 23, 51-63.G20
- Evers MAA & Pothoven R (1995) *Handboek Meststoffen*. Misset/NMI, Doetinchem/Wageningen, 480 pp.
- Fageria NK, Baligar VC & Clark RB (2002) Micronutrients in crop production. *Advances in Agronomy* 77, 185-268.
- Fisher GEJ (2004) Micronutrients for grass/animal systems, The International Fertiliser Society Conference. The International Fertiliser Society, Cambridge, pp. 24.
- Gahoonia TS, Claassen N & Jungk A (1992) Mobilization of phosphate in different soils by ryegrass

- supplied with ammonium or nitrate. *Plant and Soil* 140, 241-248.
- Gartrell JW (1980) The residual effectiveness of copper fertilizers. for wheat in Western Australia. *Aust J Exp Agric Anita ttusb.* 20:370-376
- Geering HR, Hodgson JF & Sdano C (1969) Micronutrient cation complexes in soil solution: IV. The chemical state of manganese in soil solution. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.* 33, 81-85.
- Gierus M (1999) Selenstatus laktierender und trockenstehender Milchkühe bei Selenzulagen in der Sommer- und Winterfütterung. Dissertation, TU-München, 170 pp.
- Gissel-Nielsen G, Gupta UC, Lamand M & Westermarck T (1984) Selenium in soils and plants and its importance in livestock and human nutrition. *Advances in Agronomy* 37, 397-460.
- Gissel-Nielsen G (1993) General aspects of selenium fertilization. *Norwegian Journal of Agricultural Sciences*, supp. 11, 135-140.
- Goldberg S & Forster HS (1998) Factors affecting molybdenum adsorption by soils and minerals. *Soil Sci.* 163, 109-114.
- Guo L, Frankenberger WT-Jr en Jury WA (1999) Evaluation of simultaneous reduction and transport of selenium in saturated soil columns. *Water-Resources-Research* 35(3) 663-669.
- Gustafsson JP & Johnsson L (1992) Selenium retention in the organic matter of Swedish forest soils. *Journal of Soil Science* 43, 461-472.
- Hanekamp WJA, Ouweltjes W, Schepers AJ en Smolders EAA (1994) Diergezondheid en management. Proefstation voor de Rundvehouderij, Schapenhouderij en Paardenhouderij, Lelystad, Nederland, pp. 47.
- Hart ML 't en Deys WB (1951) Onderzoek betreffende het kobaltgehalte van de grond van een aantal graslandpercelen. Verslag Centr Inst Landbouwkundig Onderz over 1950, pp 137-144.
- Haygarth PM, Fowler D, Sturup S, Davison BM & Jones KC (1994) Determination of gaseous and particulate selenium over a rural grassland in the U.K. *Atmospheric Environment*, 28, 22, 3655-3663.
- Henkens ChH (1959) Kobalt op grasland. *Landbouwvoorlichting* 16, pp 642-651.
- Henkens CH & Van Luit B (1963) Bepaling van de natriumtoestand van grasland met behulp van grondonderzoek. Verslagen van landbouwkundige onderzoeken, Wageningen, 1-52.
- Henkens PCLM (1987) Voorstel voor nieuwe richtlijnen voor de natriumbemesting van grasland. Nota Consulentenschap Bodem-, Water- en Bemestingszaken. Wageningen, 18 pp.
- Henkens PCLM (1988-0) Nieuwe richtlijnen voor de natriumbemesting van grasland. *De buffer* 34, 38-50.
- Henkens PLCM (1988-1) Basis van richtlijnen voor koperbemesting op grasland. *Meststoffen 1- 1988*, pp 47-49. Nutriënten Management Instituut NMI, Oosterbeek.
- Henkens PLMC (1988-2) Basis voor richtlijnen voor kobaltbemesting op grasland. *Meststoffen 1- 1988*, pp 45-46. Nutriënten Management Instituut NMI, Oosterbeek.
- Henkens PLMC (1990) Basis van richtlijnen voor magnesiumbemesting op grasland. *Meststoffen ½ 1990*, pp 33-40. Nutriënten Management Instituut NMI, Oosterbeek.
- Hidiroglou M (1979) Manganese In Ruminant Nutrition. *Canadian Journal Of Animal Science* 59, pp 217-236.
- Houba VJG, Novozamsky I, Lexmond TM & Van der Lee JJ (1990) Application of 0.01 M CaCl₂ as a single extraction solution for the assessment of the soil for diagnostic purposes. *Commun. Soil Sci. Plant Analysis* 21, 2281-2290.
- Houba VJG, Temminghoff EJM, Gaikhorst GA & Van Vark W (2000) Soil analysis procedures using 0.01 M calcium chloride as extraction reagent. *Commun. Soil Sci. Plant Analysis* 31, 1299-1396.

- Hotsma PH, Bruins WJ & Maathuis EJR (1996) Gehalten aan zware metalen in meststoffen. Informatie en Kennis Centrum (IKC), Ede, 28 pp.
- Japenga J & Harmsen K (1990) Determination of mass balances and ionic balances in animal manure. *Netherlands Journal of Agricultural Science* 38, 353-367.
- Jongbloed AW, Tsikakis P en Kogut J (2005) Quantification of the effects of copper, molybdenum and sulphur on the copper status of cattle and sheep and inventory of these minerals contents in roughages. *Animals Sciences Group - Nutrition & Food, Wageningen Universiteit and Researchcentre, Lelystad, Nederland*, pp. 78.
- Johnsson L (1992) Selenium in Swedish soils. Factors influencing soil content and plant uptake. PhD Thesis, Department of Soil Sciences, Uppsala.
- D. T. Juniper*, R. H. Phipps*, A. K. Jones* and G. Bertin (2006) Selenium Supplementation of Lactating Dairy Cows: Effect on Selenium Concentration in Blood, Milk, Urine, and Feces *J. Dairy Sci.* 89:3544-3551
- Kabata-Pendias A (1995). *Agricultural Problems Related to Excessive Trace Metal Contents of Soil*, in "Heavy Metals (Problems and Solutions)", (Ed. W. Salomons, U. Förstner and P. Mader), Springer Verlag, Berlin, Heidelberg, New York, London, Tokyo, 3-18.
- Kabata-Pendias A & Pendias H (2001) *Trace elements in Soils and Plants*. Third Edition. CRC Press, Boca Raton, Florida.
- Kalmbacher RS (2001) In: *Proceedings Soil- and Crop Science Society of Florida*, 60, pp 20-25.
- Kemp A (1960) Hypomagnesaemia in milking cows. The response of serummagnesium to alterations in herbage composition resulting from potash and nitrogen dressings on pasture. *Netherlands Journal of Agricultural Science* 8, pp281-304.
- Kemp A, Deijs WB, Hemkes OJ and Es AJH van (1961) Hypomagnesaemia in milking cows: Intake and utilisation of magnesium from herbage by lactating cows. *Journal of Agricultural Science* 9, pp134-149.
- Kemp A (1970) invloed van magnesiumbemesting op het magnesiumgehalte van de grondk het gras en het bloedserum bij melkkoeien. *Verslagen Landbouwkundig Onderzoek* 747, pp33.
- Kendall NR, Mackenzie AM en Telfer SB (2001a). Effect of a copper, kobalt and selenium soluble glass bolus given to grazing sheep. *Livestock Production Science* 68, pp 31-39.
- Kendall NR, Jackson DW, Mackenzie AM, Illingworth DV, Gill IM en Telfer SB (2001b). The effect of a zinc, kobalt and selenium soluble glass bolus on the trace element status of extensively grazed sheep over winter. *Animal Science* 73, pp 163-169.
- Knott CM (1996) Control of manganese deficiency in field peas grown for seed or human consumption. *Journal of Agricultural-Science* 127, 207-213.
- Kool A, Jongbloed AW, Moolenaar SW, Hilhorst GJ en Van der Schans FC (2006) De aanpak zware metalen op melkveehouderijbedrijven. Koeien en kansen een samenwerkingsproject van 17 melkveehouders en Animal Sciences Group, Plant Research International, Landbouw Economisch Instituut en Agrotechnology and Food Innovations van Wageningen Universiteit en Researchcentrum; Centrum Landbouw en Milieu (CLM); Nutriënten Management Instituut (NMI), Lelystad, Nederland, pp. 62.
- Kubota J & Cary EE (1982) Cobalt, Molybdenum, and Selenium. In: Page AL, Miller RH & Keeney DR (eds.) *Methods of soil analysis. Part 2 Chemical and microbiological properties*, second edition. American Society of Agronomy and Soil Science Society of America, Madison, Wisconsin, USA, 485-500.
- Li Z, McLaren RG & Metherell AK (2001) Cobalt and manganese relationships in New Zealand soils.

- New Zealand Journal of Agricultural Research 44, 191-200.
- Lindsay WL (1972) Inorganic phase equilibria of micronutrients in soils. In: Mortvedt JJ, Giordano PM & Lindsay WL (eds.) Micronutrients in agriculture. Soil Science Society America Inc., Madison, Wisconsin, 41-58.
- Luit B van en Henkens ChH (1967) Invloed van de kopertoestand van de grond op het kopergehalte van gras en klaver. Verslagen van Landbouwkundige Onderzoekingen 695, Centrum voor landbouwpulicaties en landbouwdocumentatie, Wageningen, 33pp.
- Mäkelä-Kurtto R & Sippola J (2002). Monitoring of Finnish cultivated arable land changes in soil quality between 1987 and 1998. Agricultural and Food Science in Finland 11: 273-284 has been monitored for agricultural and environmental purposes
- Mahendra-Singh, Narendra Singh, Relan PS, Singh M & Singh N (1981) Adsorption and desorption of selenite and selenate selenium on different soils. Soil Science 132, 134-141.
- Marschner H (1988) Mechanisms of manganese acquisition by roots from soils. In: Graham RD, Hannam RJ & Uren NC (eds.) Manganese in soils and plants. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht.
- Marschner H (1995) Mineral nutrition of higher plants. Academic Press, London. pp.889.
- Martens, D.C. and D.T. Westerman (1991) Fertilizer applications for correcting micronutrient deficiencies. In: Mortvedt JJ, Cox FR, Shuman LM & Welch RM (eds.) Micronutrients in agriculture 2e editie. SSSA book series 4. Soil Science Society of America, Madison, WI.
- Mayland HF (1994) Selenium in plant and animal nutrition. In: Frankenberger WT & Benson S (eds.) Selenium in the Environment. Marcel Dekker Inc., Basel, 29-46.
- McFarlane JD, Judson GJ, Turnbull RK en Kempe BR (1991) An Evaluation Of Copper-Containing Soluble Glass Pellets, Copper-Oxide Particles And Injectable Copper As Supplements For Cattle And Sheep. Australian Journal Of Experimental Agriculture 31, pp 165-174.
- McLaren RG, Lawson DM & Swift RS (1987) The availability to pasture plants of native and applied soil cobalt in relation to extractable soil cobalt and other soil properties. Journal of the Science of Food and Agriculture 39, 101-112.
- Mengel K & Kirkby EA (1987) Principles of plant nutrition. Fourth edition, International Potash Institute, Bern, Switzerland, 687 pp.
- Mitchell RL (1945) Cobalt and Nickel in soils and plants. Soil Science 60, pp 63 – 70.
- Mitchell RL (1957) Trace-elements uptake in relation to soil content. Journal Science Food and Agriculture 8 51-59.
- Moraghan JT & Mascagni HJ (1991) Environmental and soil factors affecting micronutrient deficiencies and toxicities. In: Mortvedt JJ, Cox FR, Shuman LM & Welch RM (eds.) Micronutrients in Agriculture. 2e editie. SSSA book series 4. Soil Science Society of America, Madison, WI, 371-425.
- Neal RH, Sposito G, Holtzclaw KM & Traina SJ (1987) Selenite adsorption on alluvial soils: II. Solution composition effects. Soil Science Society of America Journal 51, 1165-1169.
- Oostendorp D & Harmsen HE (1961) Natriumbemesting op grasland. PAW, Gestencilde verslagen van interprovinciale proeven 81.
- Oostendorp D & Harmsen HE (1964) De invloed van kalium- en natriumtoestand van de grond op het natriumgehalte van weidegras. PAW, Mededeling 92, Wageningen, 1-19.
- Orloff SB & Carlson HL (1997). Intermountain alfalfa management. Publication 3366. University of California. Oakland. pp142.
- Ouweltjes W, Counotte G en Dobbelaar P (2002). Kopervoorziening bij melkvee in West-Nederland, PraktijkRapport. Praktijkonderzoek Veehouderij, Lelystad, Nederland, pp. 49.

- Phillips CJC, Waita JM, Arney DR en Chiy PC (1999). The effects of sodium and potassium fertilizers on the grazing behaviour of dairy cows. *Applied Animal Behaviour Science* 61, pp 201-213.
- Pinxterhuis JB (1997) Koper en kobalt in de grond: grassland. Intern rapport 313 Praktijkonderzoek Rundvee, Schapern en Paarden (PR).
- Poelarends J (2006) persoonlijke mededeling.
- Plomp M (2006) Persoonlijke mededeling.
- Raven KP & Loeppert RH (1997) Trace element composition of fertilizers and soil amendments. *Journal of Environmental Quality* 26, 551-557.
- Reisenauer HM (1988) Determination of plant-available soil manganese. In: Graham RD, Hannam RJ & Uren NC (eds.) *Manganese in soils and plants*. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht.
- Reith JWS, Burridge JC, Berrow ML and Caldwell KS (1984) In : *Journal of the Science of Food and Agriculture* 35 (3), pp 245 -256.
- Rimmer DL, Shiel RS & Syers JK (1990) Effects of soil application of selenium on pasture composition. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 51, 407-410.
- Rolvink W (1959) Het voorkomen van kobalt en zijn betekenis voor plant en dier. Landbouwkundig bureau voor de sporenelement meststoffen, Landbouwdocumentatie 15, 163-168.
- Römheld V & Marschner H (1990) Genotypical differences among graminaceous species in release of phytosiderophores and uptake of iron phytosiderophores. *Plant and Soil* 123, 147-153.
- Roorda van Eysinga JPNL, Van Dijk PA & De Bes SS (1978) The available manganese content of soils in the Netherlands determined by various methods. *Commun. Soil Sci. Plant Anal.* 9, 141-151.
- Schonewille JT en Beynen AC (2005). Reviews on the mineral provision in ruminants 3: Magnesium metabolism and requirements in ruminants, CVB documentation report. Centaal Veevoederbureau, Lelystad, Netherlands, pp. 47.
- Shand C, Coutts G, Duff E & Atkinson D (1992) Soil selenium treatments to ameliorate selenium deficiency in herbage. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 59, 27-35.
- Shanker AK (2006). Countering UV-B stress in plants: Does Selenium have a role? *Plant and Soil* 282: 21- 26
- Sims JT & Johnson GV (1991) Micronutrient soil tests. In: Mortvedt JJ, Cox FR, Shuman LM & Welch RM (eds.) *Micronutrients in agriculture 2e editie*. SSSA book series 4. Soil Science Society of America, Madison, WI.
- Sluijsmans CMJ (1962) Magnesium- en kaligehalten van gras in afhankelijkheid van bodem en andere factoren. *Tijdschrift Diergeneeskunde* 87, pp547-556.
- Sluijsmans CMJ (1967) Invloed van bemesting met kieseriet en kalizout op het magnesiumgehalte van weidegras (serie 71). Verslag over 1962/1964. Gestenc. Verslagen Interprov. Proeven 120, pp58.
- Sluijsmans CMJ (1987) het magnesiumgehalte van weidegras in afhankelijkheid van bemesting en bodemvruchtbaarheid. Instituut voor Bodemvruchtbaarheid, Rapport 1-87, pp49.
- Smilde KW (1970) Onderzoek naar de koper- en kobaltoestand van grassland (verslag interprovinciale proeven 1966 t/m 1968, serie 74). Gest. Versl. Interprovinciale Proeven 141, pp 22.
- Smilde KW (1986) Zware metaalgehalten van kunstmeststoffen en aanvoer van zware metalen via deze meststoffen op de landbouwgronden. IB-Nota 154.
- Spears JW (1996). Organic trace minerals in ruminant nutrition. *Animal Feed Science And Technology* 58, pp 151-163.
- Spears JW (2003). Trace mineral bioavailability in ruminants. *Journal Of Nutrition* 133, pp 1506S-1509S.
- Stewart J, Mitchell RL, Stewart AB and Young HM (1946) Solway pine: a marasmic condition in lambs in certain district in Kirkcubrightshire. *Empire J Exp Agric* 14, pp 145-152.

- Suttle NF en McLaughlan M (1976) Predicting Effects Of Dietary Molybdenum And Sulfur On Availability Of Copper To Ruminants. *Proceedings Of The Nutrition Society* 35, A22-A23.
- Telfer SB, Zervas G en Carlos G (1984) Curing Or Preventing Deficiencies In Copper, Kobalt And Selenium In Cattle And Sheep Using Tracerglass. *Canadian Journal Of Animal Science* 64, pp 234-235.
- Temminghof EJM, Van der Zee SEATM & Keizer MG (1994) The influence of pH on the desorption and speciation of copper in a sandy soil. *Soil Sci.* 158, 398-408.
- Temminghof EJM, Van der Zee SEATM & De Haan FAM (1998b) Copper speciation in sandy soil in relation to copper uptake and copper toxicity by ryegrass (*Lolium multiflorum* L.). In: Temminghof EJM. *Chemical speciation of heavy metals in sandy soils in relation to availability and mobility*. PhD dissertation, Landbouwniversiteit Wageningen.
- Terry N, Carlson C, Raab TK & Zayed AM (1992) Rates of selenium volatilization among crop species. *Journal of Environmental Quality* 21, 341-344.
- Thomson CJ, Marschner H & Römheld V (1993) Effect of nitrogen fertilizer form on pH of the bulk soil and rhizosphere, and on the growth, phosphorus, and micronutrient uptake of bean. *J. Plant Nutr.* 16, 493-506.
- Thornton I, Kinniburgh DG, Abrahams P, Gaye C, Rundle S, Pullen G & Smith CD (1983) Agriculture Group Symposium. Trace elements in soils, crops and forages. Summaries of papers presented at a joint meeting of the Agriculture Group of the Society of Chemical Industry and the British Society of Soil Science held at the Society of Chemical Industry, London on 19 October 1982. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 34, 49-61.
- Trengove CL en Judson GJ (1985) Trace-Element Supplementation Of Sheep - Evaluation Of Various Copper Supplements And A Soluble Glass Bullet Containing Copper, Kobalt And Selenium. *Australian Veterinary Journal* 62, pp 321-324.
- Underwood EJ en Suttle NF (1999) *The mineral nutrition of livestock*. CABI Publishing, Oxon, U.K.
- Valk H en Kogut J (1998) Salt block consumption by high yielding dairy cows fed rations with different amounts of NaCl. *Livestock Production Science* 56, pp 35-42.
- Van Dorst SH & Peterson PJ (1984) Selenium speciation in the soil solution and its relevance for plant uptake. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 35, 601-605.
- Van Dijk W (2003) Adviesbasis voor de bemesting van akkerbouw- en vollegrondsgroentengewassen. *Praktijkonderzoek Plant & Omgeving B.V. Publicatienr. 307*.
- Van Erp PJ & Meeuwissen PC (1994) Invloed van het meststoffengebruik op de zware-metalenaanvoer in Nederlandse landbouwgronden. *Heidemij advies*, 67 pp.
- Van Toor CH & Van der Vleuten CWJM (1990) Rapport van onderzoek naar de gehalten aan cadmium, koper, lood en zink in de Nederlandse Landbouwgronden. *Blgg Oosterbeek*.
- Van den Top AM (2005a) Reviews on the mineral provision in ruminants 9: Copper metabolism and requirements in ruminants, CVB documentation report. Centraal Veevoederbureau, Lelystad, Netherlands, pp. 61.
- Van den Top AM (2005b) Reviews on the mineral provision in ruminants 1: Calcium metabolism and requirements in ruminants, CVB documentation report. Centraal Veevoederbureau, Lelystad, Netherlands, pp. 43.
- Van den Top AM (2005c) Reviews on the mineral provision in ruminants 14: Selenium metabolism and requirements in ruminants, CVB documentation report. Centraal Veevoederbureau, Lelystad, Netherlands, pp. 35.
- Van den Top AM (2005d) Reviews on the mineral provision in ruminants 8: Iron metabolism and

- requirements in ruminants, CVB documentation report. Centraal Veevoederbureau, Lelystad, Netherlands, pp. 18.
- Van den Top AM (2005e) Reviews on the mineral provision in ruminants 10: Kobalt metabolism and requirements in ruminants, CVB documentation report. Centraal Veevoederbureau, Lelystad, Netherlands, pp. 33.
- Van den Top AM (2005f) Reviews on the mineral provision in ruminants 13: Manganese metabolism and requirements in ruminants, CVB documentation report. Centraal Veevoederbureau, Lelystad, Netherlands, pp. 18.
- Van den Top AM (2005g) Reviews on the mineral provision in ruminants 12: Zinc metabolism and requirements in ruminants, CVB documentation report. Centraal Veevoederbureau, Lelystad, Netherlands, pp. 31.
- Van der Kamp A, De Boer JA, Evers A, Holshof GJ en Zom RLG (2003) Voederveorzieningswijzer in BBPR. Animal Sciences Group, Wageningen Universiteit en Researchcentrum, Lelystad, Nederland, pp. 35.
- Van Erp PJ & Van Beusichem ML, (1998). Soil and plant testing as a tool for optimizing fertilizer strategies. *Journal of Crop Production* 1, 53-80.
- Van Erp PJ, Houba, VJG. & Van Beusichem ML (1998). One hundred molar calcium chloride extraction procedure. Part 1: A review of chemical, analytical and plant nutritional aspects *Commun. Soil Sci. Plant Analysis* 29, 1603-1623.
- Watkinson JH (1983) Prevention of selenium deficiency in grazing animals by annual topdressing of pasture with sodium selenate. *New Zealand veterinary Journal* 31, 78-85.
- Whitehead DC (1995) *Grassland Nitrogen*. CAB International. Wallingford, UK, 397pp.
- Woodford ST, Murphy MR, Davis CL, en Holmes KR (1984) Ruminal Bypass Of Drinking-Water In Lactating Cows. *Journal Of Dairy Science* 67, pp 2471-2474.
- Ylärinta T (1983) Effect of liming and sulphate on the selenium content of Italian ryegrass (*Lolium multiflorum*). *Annales Agriculturae Fenniae* 22, 152-163.
- Ylärinta T (1990) Effects of liming and the addition of sulphate and phosphate on the selenium content of Italian rye grass. *Annales Agriculturae Fenniae* 29, 141-149.
- Ylärinta T (1993) Selenium fertilization in Finland: Selenium soils interactions. *Norwegian Journal of Agricultural Sciences*, No. suppl. 11, 141-149.
- Yli-Halla M (2005) Influence of selenium fertilization on soil selenium status. *Proceedings: Twenty years of selenium fertilization*. September 8-9. Helsinki. p. 25-32
- Zom RLG, Van Riel JW, André G en Van Duinkerken G (2002) Voorspelling voeropname met Koemodel 2002. *PraktijkRapport Rundvee* 11. Praktijkonderzoek Veehouderij, Lelystad, 50pp.

Bijlage 1. Functie van mineralen en sporelementen in melkvee en in het gewas

Element	Functie in dier (melkvee)	Functie in gewas (gras en maïs)
Mg	<ul style="list-style-type: none"> • Co-factor voor diverse enzymen en beïnvloeding van de activiteit van talloze enzymen • Secretie van parathyroid hormoon (PTH) en PTH-gevoeligheid: daarmee van invloed op het vitamine D metabolisme • Prikkelgeleiding door zenuwstelsel en functioneren van spieren • <i>Speelt belangrijke rol bij het normaal verlopen van spiercontracties</i> 	<ul style="list-style-type: none"> • Nodig voor de groei van gras en maïs • Essentieel als bouwsteen van bladgroen • Voor groei gewas zijn lagere Mg- gehalten vereist dan voor instandhouden diergezondheid
Na	<ul style="list-style-type: none"> • Instandhouding waterbalans van het lichaam • Instandhouding zuur-base evenwicht en membraanpotentialen • Absorptie van glucose en enkele aminozuren • Buffering van pensvloeistof via natriumbicarbonaat (NaHCO₃) 	<ul style="list-style-type: none"> • Niet essentieel voor groei gras, wel voor maïs • Invloed op waterhuishouding van de plant • Kan gedeeltelijk de rol van K overnemen • Invloed op de smakelijkheid en opname van gras
Cu	<ul style="list-style-type: none"> • Werkzaam bestanddeel van vele enzymen (met name oxidasen), beïnvloedt daarmee stofwisselingsprocessen • Bloed- en pigmentvorming en haarstructuur • Collageenvorming in de botmatrix • Weefselademhaling en bescherming van weefsels tegen vrije radicalen 	<ul style="list-style-type: none"> • Nodig voor groei gras en maïs • Van invloed op de reproductie → slechte vruchtzetting • Van invloed op de chlorofyl productie • Van invloed op het koolhydraten en stikstofmetabolisme • Voor groei gewas zijn lagere Cu- gehalten vereist dan voor instandhouden diergezondheid
Co	<ul style="list-style-type: none"> • Groei en vermenigvuldiging van pensbacteriën: daarmee van invloed op pensfermentatie en vitamine B₁₂ vorming. Deze vitamine is nodig voor glucosevorming in de lever, de bloedvorming en het functioneren van het zenuwstelsel 	<ul style="list-style-type: none"> • Symbiotische stikstofbinding en Rhizobium groei (klaver), in vlinderbloemigen nodig voor de vorming van wortel knolletjes • Beïnvloedt suikertransport in de plant en is daarmee van invloed op de koolhydraatstofwisseling, de eiwitsynthese en de actieve ionenopneming • Voor groei gewas lagere Co- gehalten vereist dan voor in stand houden diergezondheid.
Se	<ul style="list-style-type: none"> • Onderdeel van het enzym glutathionperoxidase (GSH-Px). Dit enzym is nodig voor preventie van weefselschade door peroxidatie en vrije 	<ul style="list-style-type: none"> • Niet essentieel voor groei gewas • Incidenteel van invloed op antioxidant werking (ook in raaigras)

Element	Functie in dier (melkvee)	Functie in gewas (gras en maïs)
	radicalen	<ul style="list-style-type: none"> • Stimuleert de chlorofylproductie
Mn	<ul style="list-style-type: none"> • Bestanddeel van diverse enzymen die van belang zijn voor de vorming van been en kraakbeen, het functioneren van geslachtsorganen, de bloedstolling en de koolhydraat- en vetstofwisseling 	<ul style="list-style-type: none"> • Productie van zuurstof tijdens de fotosynthese (vooral aanwezig in de chloroplasten) • Betrokken bij de regulatie van de hoeveelheid groeihormoon auxine
Zn	<ul style="list-style-type: none"> • Betrokken bij de werking van vele enzymen en daarmee van belang voor het functioneren van diverse weefsels, waaronder de voortplantingsorganen • Van belang voor groeiende botten, huid, haar en hoeven • Functioneren van het afweersysteem • Bevordert eetlust en groei • Betrokken bij genexpressies 	<ul style="list-style-type: none"> • Komt voor in veel enzymen • Betrokken bij de synthese van aminozuren en eiwitten en de vorming van het groeihormoon auxine
Fe	<ul style="list-style-type: none"> • Onderdeel van hemoglobine en myoglobine en daarmee van belang voor zuurstofbinding in rode bloedlichaampjes en spieren (zuurstoftransport via bloed naar spieren) • Nodig voor specifieke eiwitten die van belang zijn voor de energiestofwisseling 	<ul style="list-style-type: none"> • In enzymssystemen, haemine • Binding van moleculaire N door vlinderbloemigen • De chlorofylvorming • De reductie van nitraat tot ammonium
Mo	<ul style="list-style-type: none"> • Onderdeel van enkele specifieke enzymen die betrokken zijn bij de nitraatstofwisseling in de pens en bij de zwavelstofwisseling • Mo heeft in combinatie met zwavel een (ongewenste) remmende invloed op de absorptie van koper uit de darminhoud 	<ul style="list-style-type: none"> • Bestanddeel van enzymen voor de reductie van nitraat tot ammonium • Binding van N door vlinderbloemigen

Bronnen: COMV (2005) en Mengel & Kirkby (1987)

Bijlage 2. Workshop: Mineralenvoorziening rundvee via Bodem en gewas of via Voerspoor

Inleiding

De resultaten van de studie zijn besproken in een workshop met vertegenwoordigers vanuit het meststoffenbedrijfsleven en vanuit de mengvoerindustrie. Daarnaast waren een aantal vertegenwoordigers aanwezig van Wageningen Universiteit en andere onderzoeksinstituten. In totaal waren circa 40 personen aanwezig.

Opzet workshop

De resultaten van de studie zijn per element (Mg, Na, Cu, Co, Se, Zn, Mn en Fe) toegelicht in enkele korte presentaties. Vervolgens hebben de aanwezigen in groepen over de opzet en resultaten van de studie gediscussieerd. Per groep zijn 2 elementen besproken respectievelijk koper en ijzer; selenium en mangaan; natrium en kobalt; zink en magnesium. De bevindingen zijn teruggerapporteerd in een plenaire discussie.

Opmerkingen vanuit de groepen

Algemeen

In de workshop is niet goed duidelijk geworden welke elementen antagonisten zijn van elkaar. Welke interacties treden op en hoe kan daar rekening mee te houden. In het rapport is dit verder uitgewerkt. In hoeverre kan de industrie ons helpen om mineralen in mineralenmengsels te differentiëren? Als een dier Cu nodig heeft dan niet ook Zn toevoegen want zink heeft interactie met Cu. Aandacht wordt gevraagd voor jodium. Analyses van Blgg duiden op jodiumtekort.

Koper

Voor koper is in de Handleiding Mineralenvoorziening Rundvee, Schapen, Geiten gerekend met een gemiddelde absorptie van 3,6%. Vanuit het wetenschappelijk onderzoek is opgemerkt dat deze lage absorptiecoëfficiënt zeker van toepassing is op gronden met een relatief hoog S- en Mo-gehalte. Dit zijn met name jonge zeeklei en veengronden. Zandgronden hebben over het algemeen een laag Mo-gehalten en ook een lager S-gehalte in het gras. De absorptie kan dan wel 5 à 5,5% zijn. Het verdient aanbeveling hier rekening mee te houden. Door de hogere absorptie kan de veestapel op zandgronden met een aanzienlijk lager Cu-gehalte in het gewas op de behoeftenorm worden gevoerd. Juist op zandgronden komen percelen voor met een lage of vrij lage kopertoestand. Een primair kopertekort (te laag gehalte in het gewas) kan het gevolg zijn. Door percelen met een onvoldoende kopertoestand aanvullend te bemesten kan dit op de zandgronden worden voorkomen.

Vraagpunten:

Hoe is het met de benutting van koper door het dier? Wordt organisch gebonden koper of koper als mineraal toegediend beter benut?

In de praktijk wordt wel gewerkt met een kleine jaarlijkse bemesting met koper in plaats van de geadviseerde aanvullende bemesting eens per vier à vijf jaar. Leidt dit tot een betere koperopname door het gras of juist niet?

IJzer

IJzer heeft een negatief effect op de koperbenutting. Gras, maïs en krachtvoer bevatten meer ijzer dan

nodig is om de behoefte van het vee te dekken. De vraag is hoe je het gehalte naar beneden kan brengen om de interactie-effecten te verminderen.

In graskuil komen soms hoge ijzergehalten voor (> 1000 mg Fe/kg ds). Verontreiniging met grond speelt hier een rol.

Selenium

De discussie spitst zich toe op de beschikbaarheid van selenium zowel voor de plant als in het dier. Hoe meet je dat? Vanuit het wetenschappelijk onderzoek is opgemerkt dat in de EU organisch gebonden selenium is toegelaten omdat de absorptie ervan hoger is dan van mineraal selenium. In de plant wordt selenium ingebouwd in aminozuren als methionine en cysteïne. Het komt dan in organisch gebonden vorm beschikbaar voor het dier. Onderzoek bij geiten liet een betere beschikbaarheid van selenium uit gisten zien dan uit ruwvoerders.

Over de behoefte van het vee aan selenium is opgemerkt dat jonge dieren selenium meekrijgen bij de geboorte. Vervolgens hebben ze selenium nodig uit gras en graskuil. Melkvee krijgt krachtvoer waaraan selenium is toegevoegd. Als daarnaast ook een mineralenmengsel verstrekt wordt met selenium kan én én teveel zijn. Het is belangrijk hierop bedacht te zijn.

Mangaan

De groep geeft aan mangaan niet te zien als een gezondheidsitem. Het mangaanadvies voor snijmaïs is gericht op de gewasproductie. Vooral bij een hoge pH kan mangaangebrek optreden. Het advies is dan een bespuiting met mangaan. De groep geeft aan dit mangaanadvies als misleidend te ervaren.

Natrium

Natrium heeft een positief effect op de grasopname. De vraag is of dit ook bij grassilage van toepassing is. Vanuit het wetenschappelijk onderzoek wordt aangegeven dat onderzoeksresultaten laten zien dat de opname van kuilvoer afneemt als het Na-gehalte beneden 1 à 1,2 g Na per kg ds komt. Het verdient aanbeveling een basis van 1,5 à 2 g Na per kg ds in de kuil te hebben.

Kobalt

In de praktijk wordt (evenals bij koper) wel gewerkt met een kleine jaarlijkse bemesting met kobalt in plaats van de geadviseerde aanvullende bemesting eens per vijf à tien jaar. Leidt dit tot een betere kobaltopname door het gras of juist niet?

Zink

Vanuit het mengvoerbedrijfsleven wordt aangegeven dat men werkt met hogere behoeftenormen voor zink en ook voor kobalt en jodium. Het programma voor de rantsoenberekening laat dan soms een tekort aan zink zien. De vraag wordt gesteld wat nu belangrijk is: het dier overleeft, de gezondheid of de productie?

Opgemerkt wordt daarnaast dat extra zink leidt tot een lager celgetal en een betere uiergezondheid. Hierop is geantwoord dat de mengvoerindustrie dan gebruik maakt van Amerikaanse normen. Deze zijn aanzienlijk hoger dan de behoeftenormen in Nederland. Vanuit ruwvoer en krachtvoer is de voorziening al aanzienlijk hoger dan de behoeftenorm. In deze behoefte norm is een forse veiligheidsfactor ingebouwd. De vraag is of toevoegen extra zink dan nog zinvol is.

Magnesium

Over magnesium zijn geen aanvullende opmerkingen gemaakt.