

Departement Industrieel Ingenieur en Biotechniek  
Bachelor in Agro- en Biotechnologie  
Rundveehouderij



## Belang van mineralen en vitaminen in de melkveevoeding

**CAMPUS**  
Geel



Gios Nele

**Academiejaar 2005-2006**

De houder van dit diploma is gerechtigd tot het voeren van de titel van Bachelor in Agro- en Biotechnologie

## Voorwoord

Uit mijn praktijk ervaring in de melkveehouderij blijkt dat er op vlak van gebruik van mineralen en vitaminen in de melkveevoeding, sterke verschillen waar te nemen zijn tussen de bedrijven onderling.

Dit zorgde ervoor dat ik mij de vraag stelde 'Wat is nu het belang van mineralen en vitaminen in de voeding van melkvee'.

Bij het tot stand brengen van dit eindwerk, heb ik dan ook getracht het belang van mineralen en vitaminen uit te leggen en in beeld te brengen aan de hand van enkele voorbeelden en de selenium voorziening op het stagebedrijf.

Graag wil ik mijn dank betuigen aan de bedrijfsleider van het bedrijf waar ik mijn stage heb gelopen voor het verlenen van de nodige informatie en de ervaring die ik heb mogen opdoen tijdens de stageperiode.

De docent Dirk Vermeiren wil ik bedanken voor de begeleiding bij het schrijven van dit eindwerk.

Verder dank ik de veeartsen Kristof Van Hoye, Jef Moens en Jozef Wullepit en de voedings adviseurs Lieve Van de Brouck, Peter Op't Roodt en Bart Claes voor het bezorgen van de nodige informatie om dit eindwerk tot stand te kunnen brengen.

## Samenvatting

Mineralen en vitamines zijn stoffen die in het dierlijk lichaam noodzakelijk zijn voor allerlei levensprocessen en de opbouw van de dierlijke lichaamsweefsels zelf.

In dit eindwerk wordt aan de hand van een uiteenzetting nagegaan in hoeverre mineralen en vitamines van belang zijn in de melkveevoeding. In het bijzonder wordt er dieper ingegaan op de seleniumvoorziening op het stagebedrijf.

De mineralen en vitamines worden er doorgelicht naar functie, behoefte en de gevolgen van tekort en overmaat bij melkvee. Door het optreden van interacties tussen mineralen en vitamines wordt van elk element weergegeven met welk ander mineraal en/of vitamine het een interactie aangaat.

Vervolgens wordt aan de hand van de selenium voorziening op het stagebedrijf en de vergelijking van enkele basisrantsoenen met de behoefte van een hoog productief dier getracht het belang van mineralen en vitamines in de melkveevoeding in beeld te brengen.

Mineralen en vitamines spelen een belangrijke rol bij de gezondheid van melkvee. Bij toenemende melkproductie stijgt de behoefte aan mineralen en vitamines.

Het mineralen aanbod uit een basisrantsoen van maïs en graskuil verhoogt naarmate het aandeel gras in het basisrantsoen verhoogt. Dit gaf tevens een verbeterde aanvulling van de behoeften aan mineralen bij een hoog productief dier.

Uit de seleniumvoorziening op het stagebedrijf waar een selenium tekort is vastgesteld, wordt een mogelijk verband waargenomen tussen het voorkomen van mastitis en een verlaagd selenium aanbod in het voeder en/of een verlaagd selenium gehalte in het bloed van drie onderzochte dieren.

Op het stagebedrijf geven tevens kengetallen van vruchtbaarheid en het voorkomen van mastitis mogelijk weer dat het toevoegen van extra mineralen in het randoen ten goede komen van de uiergezondheid en fertiliteit van de melkveestapel.

De meerkost van de mineralen weegt op het bedrijf niet op tegen de kosten ten gevolge van mastitis.

**Inhoudstafel**

**Inleiding.....7**

**1. Mineralen en vitaminen als element van de voeding in functie van melkvee 8**

1.1 Mineralen.....8

1.1.1 Mineralen van belang voor melkvee..... 8

1.1.1.1 Macro-elementen.....8

    A. Stikstof (N)..... 8

    B. Calcium (Ca)..... 8

    C. Fosfor (P).....9

    D. Magnesium (Mg)..... 9

    E. Natrium (Na)..... 10

    F. Kalium (K).....10

    G. Chloor (Cl).....10

    H. Zwavel (S)..... 11

1.1.1.2 Sporenelementen..... 12

    A. IJzer (Fe)..... 12

    B. Koper (Cu)..... 12

    C. Kobalt (Co)..... 12

    D. Mangaan (Mn)..... 12

    E. Zink (Zn)..... 13

    F. Jodium (I)..... 13

    G. Selenium (Se)..... 13

    H. Molybdeen (Mo)..... 14

    I. Chroom (Cr)..... 14

    J. Nikkel (Ni)..... 14

1.1.2 Mineralen behoeften melkvee..... 15

1.1.3 Gevolgen van mineralen tekort of overmaat..... 20

1.1.3.1 Macro-elementen..... 21

    A. Stikstof (N)..... 21

    B. Calcium (Ca)..... 22

    C. Fosfor (P)..... 23

    D. Magnesium (Mg)..... 24

    E. Natrium (Na)..... 24

    F. Kalium (K)..... 25

    G. Chloor (Cl)..... 25

    H. Zwavel (S)..... 25

1.1.3.2 Sporenelementen.....	26
A. IJzer (Fe).....	26
B. Koper (Cu).....	26
C. Kobalt (Co).....	27
D. Mangaan (Mn).....	27
E. Zink (Zn).....	27
F. Jodium (I).....	28
G. Selenium (Se).....	28
H. Molybdeen (Mo).....	29
I. Chroom (Cr).....	29
J. Nikkel (Ni).....	29
1.2 Vitaminen.....	30
1.2.1 Vitaminen van belang voor melkvee.....	30
1.2.1.1 Vetoplosbare vitaminen.....	30
A. Vitamine A (Retinol).....	30
B. Vitamine D (Calciferol).....	31
C. Vitamine E (Tocoferol).....	31
D. Vitamine K3 (Menadione).....	31
1.2.1.2 Wateroplosbare vitaminen.....	32
A. Vitamine C (Ascorbinezuur).....	32
B. Vitamine B-complex.....	32
1.2.2 Vitaminen behoeften melkvee.....	33
1.2.3 Gevolgen van vitaminen tekort of overmaat.....	35
1.2.3.1 Vetoplosbare vitaminen.....	35
A. Vitamine A (Retinol).....	35
B. Vitamine D (Calciferol).....	35
C. Vitamine E (Tocoferol).....	36
D. Vitamine K3 (Menadione).....	36
1.2.3.2 Wateroplosbare vitaminen.....	37
A. Vitamine C (Ascorbinezuur).....	37
B. Vitamine B-complex.....	37
1.3 Interacties tussen mineralen en vitaminen.....	38
1.4 Mineralen aanbod van enkele basisrantsoenen in vergelijking met mineralen behoeften.....	42

<b>2. Selenium voorziening op het stagebedrijf.....</b>	<b>46</b>
2.1 Resultaten bloedonderzoek.....	46
2.2 Selenium aanbod in vergelijking met behoeften.....	49
2.3 Selenium aanbod en behoeften in vergelijking met resultaten bloedonderzoek....	57
2.4 Mogelijke weerspiegeling van het selenium tekort in kengetallen van de melkveestapel op het stagebedrijf.....	59
<b>Besluit.....</b>	<b>60</b>
<b>Literatuurlijst.....</b>	<b>61</b>
<b>Bijlagen.....</b>	<b>63</b>

## **Inleiding**

Naar aanleiding van sterke verschillen in mineralen gebruik die waar te nemen zijn tussen melkveebedrijven onderling, is dit eindwerk opgebouwd rond de vraag wat het belang van mineralen en vitaminen in de melkveevoeding is.

De mineralen en vitaminen worden als element in de melkveevoeding besproken naar hun functie en hun behoefte voor het rund.

De gevolgen van een overmaat of een tekort van een mineraal of vitamine wordt in dit eindwerk uitgebreid toegelicht.

Mineralen en vitaminen komen zowel in de melkveevoeding als in het dier samen voor. Dit maakt dat er interacties tussen zowel mineralen als vitaminen mogelijk zijn. Deze interacties tussen de elementen onderling worden in beeld gebracht en verder besproken per element.

Verder wordt dieper ingegaan op het mineralen aanbod van enkele basisrantssoenen voor melkvee bestaande uit maïs en graskuil in verschillende verhoudingen, in vergelijking met de mineralen behoeften van een hoog productief dier.

In het algemeen wordt er getracht het belang van mineralen en vitaminen uit te leggen en in beeld te brengen aan de hand van enkele voorbeelden.

Bij wijze van praktijkvoorbeeld wordt naar aanleiding van uitgevoerde bloedonderzoeken de selenium voorziening op het stagebedrijf besproken en verder uitgediept. Er wordt getracht een verbeterd inzicht te brengen in wat deze selenium voorziening mogelijk betekent voor de melkveestapel op het bedrijf.

Het selenium aanbod via de voeding van de onderzochte dieren wordt vergeleken met de behoefte van het dier en de waargenomen resultaten bij de uitgevoerde bloedanalyses.

Verder worden kengetallen van het stagebedrijf aangehaald die een mogelijke weerspiegeling geven van het gevolg van de selenium voorziening op het bedrijf.

Naar aanleiding hiervan wordt de kostprijs van het bijvoederen van mineralen aangekaart.

## **1 Mineralen en vitaminen als element van de voeding in functie van melkvee**

### **1.1 Mineralen**

#### **1.1.1 Mineralen van belang voor melkvee**

Mineralen als essentieel element in de melkveevoeding, zijn anorganische stoffen die in het dierlijk lichaam noodzakelijk zijn voor allerlei levensprocessen en de opbouw van de lichaamsweefsels zelf.

Deze mineralen worden ingedeeld in twee groepen, naargelang de hoeveelheid waarin ze noodzakelijk zijn. Zo spreekt men van macro-elementen en micro-elementen of sporenelementen. De macro-elementen zijn in grote hoeveelheden noodzakelijk, hun behoefte wordt uitgedrukt in gram. Hiertoe behoren de elementen Calcium (Ca), Fosfor (P), Magnesium (Mg), Natrium (Na), Kalium (K), Chloor (Cl), Zwavel (S) en eventueel Stikstof (N).

De sporenelementen zijn slechts noodzakelijk in enkele milligrammen tot microgrammen. Tot de sporenelementen behoren IJzer (Fe), Koper (Cu), Kobalt (Co), Mangaan (Mn), Zink (Zn), Jodium (I), Selenium (Se), Molybdeen (Mo), Chroom (Cr), en nikkel (Ni).

##### **1.1.1.1 Macro-elementen**

###### **A. Stikstof (N)**

Stikstof wordt niet afzonderlijk beschouwd als een essentieel mineraal in de rundveevoeding. Het is wel een noodzakelijk element, dat als bouwsteen dient voor aminozuren in het dierlijk lichaam. Vermits aminozuren de bouwstenen zijn voor eiwitten, is de functie van stikstof te omschrijven in de functie van eiwit voor het dier. Eiwit is een bouwstof voor het lichaam en is dus van belang bij de groei en de productie van het dier. Tevens is eiwit een bestanddeel van enzymen en de gammaglobuline van het immuunsysteem.

###### **B. Calcium (Ca)**

Calcium is onder de vorm van een Ca-fosfaat-complex in het dier voor 98 % aanwezig in de beenderen. Het overige gedeelte functioneert in de zachte lichaamsweefsels en de lichaamsvloeistoffen.

Calcium komt in het botweefsel onder twee vormen voor, een makkelijk mobiliseerbare amorfe fractie en een moeilijk mobiliseerbare stabiele reserve de kristallijne fractie.

Naarmate het dier ouder wordt, verschuift de verhouding tussen beide fracties, van meer amorf bij jonge dieren naar meer kristallijn bij oudere dieren.

Calcium regelt in het lichaamsweefsel de stabiliteit van de celmembranen. Verder heeft het invloed op het functioneren van de spieren. Calcium regelt namelijk de spiercontracties onder invloed van prikkeloverdracht bij de zenuwen.

In het bloedplasma is calcium van belang in functie van bloedstolling en het regelen van de pH van het bloed. Het gehalte aan calcium in het bloed wordt door een wisselwerking tussen hormonen en vitamine D vrij constant gehouden. Het hormoon calcitonine tracht een verhoogd Ca gehalte in het bloed te voorkomen. Het parathyroid hormoon (PTH) tracht een verlaagd Ca gehalte in het bloed te voorkomen. Het vitamine D wat de absorptie en resorptie van calcium regelt, wordt door beide hormonen beïnvloed. Dit



zorgt in normale omstandigheden voor het constante calcium gehalte in het bloedplasma.

### **C. Fosfor (P)**

De fosfor in het dier bevindt zich voor 80 % in het botweefsel. Het grootste deel van deze fosfor in het botweefsel, komt voor in de vorm van Ca-fosfaat-complexen en bestaat net zoals calcium uit twee vormen, een makkelijk mobiliseerbare amorfe fractie en een moeilijk mobiliseerbare stabiele reserve de kristallijne fractie.

Fosfor is een bouwsteen van eiwitten. Het is dan ook een belangrijk mineraal bij de penswerking van het rund. Namelijk voor de groei van pensbacteriën, het microbieel eiwit. Verder is fosfor in de pens van belang voor de synthese van enzymen, die betrokken zijn bij de afbraak van celwanden in de pens.

Fosfor functioneert tevens als buffer in lichaamsvloeistoffen ter regeling van het zuur-basen evenwicht.

Het belang van fosfor bij de microbieel eiwitvorming en de buffer werking, maakt dat hoe intensiever de penswerking van een rund is, hoe belangrijker de beschikbaarheid van fosfor wordt in de pens.

Als bestanddeel in de energie verbindingen zoals ATP, heeft fosfor een belangrijke functie bij de energiestofwisseling in het dier. Verder is fosfor een component van fosfolipiden, deze vormen een belangrijke bouwsteen van de membranen van de lichaamscellen.

De aanwezigheid van fosfor in de nucleïnezuren van het DNA en het RNA, maken dat dit mineraal ook van belang is bij het genetische materiaal van het dier.

In het bloed komt fosfor onder twee vormen voor, gebonden aan eiwit in de bloedcellen en niet gebonden of anorganische fosfor in het bloedplasma. De gehalten zijn niet stabiel en variëren afhankelijk van de absorptie uit de darm, de resorptie uit het bot en de behoefte aan fosfor bij het dier.

### **D. Magnesium (Mg)**

Magnesium is net zoals calcium en fosfor een bouwstof voor het botweefsel. Van de magnesiumvoorraad in het dierlijk lichaam bevindt zich 70 % in de beenderen. In tegenstelling met calcium en fosfor kan deze magnesium slechts langzaam vrijgemaakt worden uit het botweefsel. De resorptie vermindert naarmate het dier ouder wordt. Na het vierde levensjaar kan nog maar weinig of zelf geen magnesium meer uit de beenderen worden vrijgemaakt.

In de zachte lichaamsweefsels functioneert magnesium als activator voor talrijke enzymen. Via het activeren van enzymen is magnesium onrechtstreeks betrokken bij de energie- en eiwitstofwisseling.

Samen met calcium is magnesium van belang bij de werking van de spieren, met name bij de overdracht van prikkels naar het centraal zenuwstelsel.

Verder is magnesium noodzakelijk bij de afscheiding van het parathyroid hormoon (PTH) door de bijnierschilddklier, wat invloed heeft op de calcium stofwisseling.

Het magnesium gehalte in het bloed is minder stabiel en varieert afhankelijk van de absorptie van magnesium uit darm en voormagen, en de uitscheiding door het lichaam.

**E. Natrium (Na)**

Natrium is voor ongeveer 45 % aanwezig in het beendergestel en voor 45 % in de extracellulaire vloeistof van de zachte lichaamsweefsels. Samen met het mineraal Chloor staat het in de extracellulaire vloeistof in voor het behouden van de osmotische waarde buiten de lichaamscellen, met andere woorden de vochtverdeling in het lichaam. Natrium behoudt mee het zuur-base evenwicht in het lichaam.

Het is tevens een belangrijke buffer in verteringssappen onder de vorm van natriumcarbonaat en natriumfosfaat.

Voorts functioneert natrium bij de overdracht van zenuwimpulsen, en is het een belangrijke activator van enzymen die instaan voor het actief transport van monosacchariden en aminozuren.

De gehalten aan natrium in het bloed, worden in normale omstandigheden zeer constant gehouden. Bij een tekort vermindert de afvoer en de concentratie aan natrium in de verteringssappen, bij overmaat verhoogt de afvoer van natrium.

**F. Kalium (K)**

In tegenstelling met natrium en chloor bevindt kalium zich in de intracellulaire vloeistof van de zachte lichaamsweefsels, waar het de osmotische waarde in de cellen op peil houdt. Tevens verzorgt het net zoals natrium mee het zuur-base evenwicht in het lichaam.

Kalium is een activator van enzymen die onder anderen instaan in functie van de energieoverdracht bij de cellen, de koolhydraatstofwisseling.

Verder is kalium van belang bij de overdracht van zenuwimpulsen en het functioneren van de spieren, ook het hart.

Het kaliumgehalte in het bloed is in normale omstandigheden zeer constant, bij een tekort vermindert de afvoer bij overmaat verhoogt de afvoer van kalium uit het lichaam.

**G. Chloor (Cl)**

Chloor is zoals natrium aanwezig in de extracellulaire vloeistof van de zachte lichaamsweefsels. Het houdt buiten de cellen de osmotische waarde op peil. Chloor heeft net zoals natrium en kalium belang bij het zuur-base evenwicht in het lichaam. Het is een bestanddeel van verteringssappen zoals maagzuur in de lebmaag van het rund. Chloor heeft verder nog belang bij de vertering bij een rund, het activeert het verteringsenzym amylase, dat zetmeel omzet tot maltose.

Ook in de longen speelt chloor een belangrijke rol bij de ademhaling, chloor ionen worden er namelijk uitgewisseld met  $\text{HCO}_3$  ( $\text{CO}_2$  die gebonden is aan water) aanwezig in de rode bloedcellen.

***H. Zwavel (S)***

Het mineraal zwavel is van belang bij de groei van pens micro-organismen, en dus het microbieel eiwit. Het is een bestanddeel van zwavelhoudende aminozuren in het dierlijk lichaam.

Zwavel is ook aanwezig in het hormoon insuline en de vitaminen B, namelijk Thiamine en Biotine. Hierdoor is het element onrechtstreeks betrokken bij de eiwit- en de koolhydraatstofwisseling.

### **1.1.1.2 Sporenelementen**

#### **A. IJzer (Fe)**

Als bestanddeel van de hemoglobine of rode bloedcellen en het enzym myoglobine, heeft ijzer een belangrijke rol bij de zuurstofoverdracht in het dierlijk lichaam.

IJzer is voorts nog een bestanddeel van enzymen die instaan bij oxidatie en reductie reacties in de lichaamscellen.

#### **B. Koper (Cu)**

Koper is een bestanddeel van het enzym dat noodzakelijk is voor de vorming van hemoglobine of rode bloedlichaampjes in het beenmerg. Buiten dit is koper nog betrokken bij meerdere enzymsystemen in het dierlijk lichaam.

Koper staat in bij de vorming van het collageen botmatrix en de elastine in bindweefsels. Op deze manier is koper betrokken bij de vorming van lichaamsweefsels, onder anderen beenderen, pezen, huid, bloedvaten en luchtwegen.

Voorts is koper nog noodzakelijk bij de vorming van melanine, het pigment dat de huid en het haar kleur geeft.

#### **C. Kobalt (Co)**

Kobalt is een essentieel element voor de synthese van vitamine B12, door de micro-organismen in de pens van het rund.

Het belang van kobalt kan men omschrijven met het belang van vitamine B12. Ze hebben namelijk een belangrijke invloed op het functioneren van de penswerking, met hieruit volgend de energiestofwisseling in het organisme.

Verder is de vitamine B12 en dus ook kobalt, van belang bij de bloedvorming en het functioneren van het zenuwstelsel.

#### **D. Mangaan (Mn)**

Mangaan is via de aanwezigheid in bepaalde enzymen betrokken bij de bloedstolling, de vorming van botweefsel en het functioneren van de geslachtsorganen.

In de pens van het rund bevordert mangaan reeds in kleine concentraties de vertering van ruwe celstof. Op deze manier beïnvloed mangaan de koolhydraatstofwisseling in het dier.

**E. Zink (Zn)**

Zink is een essentiële bestanddeel voor vele enzymsystemen, geassocieerd met verschillende stofwisselingsprocessen in het lichaam van het rund.

Het mineraal is betrokken bij groeiprocessen in het lichaam, van weefsels en van beenderen.

Voorts heeft zink belang bij het functioneren van de voortplantingsorganen, het afweersysteem dat het lichaam beschermt tegen ziektekiemen en van diverse lichaamsweefsels zoals huid, haar en hoeven.

Bijkomend beïnvloed zink de eetlust en de voederefficiëntie of voederbenutting bij runderen.

**F. Jodium (I)**

Jodium is een essentieel mineraal voor de vorming van de schildklierhormonen Thyroxine en Tri-jodothyronine. Deze hormonen regelen de intensiteit van de stofwisselingsprocessen in het rund, en spelen een rol bij de eiwitsynthese. Hierdoor zijn deze van belang bij de groei, ontwikkeling en productie van de dieren. Voorts is Thyroxine van belang bij de geslachtscyclus van het rund.

Een grotere schildklieractiviteit ten gevolge van sterke groei of hoge melkproductie, verhoogt het belang van jodium en de beschikbaarheid ervan.

**G. Selenium (Se)**

Het mineraal selenium is van belang voor de vorming van het enzym Glutathion peroxidase (GSH-Px). Dit enzym komt voor in het bloed, de organen en in de lichaamsweefsels. Het is betrokken bij het onschadelijk maken van peroxiden en superoxiden.

Peroxiden ontstaan bij de celstofwisseling door oxidatie van onverzadigde vetzuren, superoxiden worden gevormd bij de activiteit van de witte bloedcellen tijdens infecties. Peroxiden en superoxiden zijn agressieve vrije radicalen, die voortdurend in de lichaamscellen worden gevormd. Ze worden door anti-oxidanten zoals het enzym glutathionperoxidase, geneutraliseerd en vervolgens afgevoerd. In normale omstandigheden is er een evenwicht tussen de aanmaak en afvoer van vrije radicalen. Bij een verhoging van de aanmaak van vrije radicalen en een verlaagde afvoer ervan, veroorzaken de vrije radicalen een beschadiging van het celmembraan.

De beschadiging vermindert de kwaliteit van de celmembranen en verzwakt de cel in haar functie.

Selenium is verder van belang bij de voortplanting en bevordert de immunoreacties in het dierlijk lichaam.

De werking van selenium is te vergelijken met deze van vitamine E, met name bij het onschadelijk maken van vrije radicalen. De elementen kunnen elkaar niet vervangen, wel versterken ze elkaars werking.

**H. Molybdeen (Mo)**

Molybdeen is een bouwsteen voor enzymen die onder anderen instaan bij de nitraatstofwisseling en de zwavelstofwisseling in het dierlijk lichaam. Het mineraal is van belang bij de vorming van zwavel houdende aminozuren. En een tekort aan molybdeen vermindert het risico op nitraatvergiftiging, omdat het mineraal aanwezig is in het enzym dat nitraat reduceert tot het giftige nitriet.

**I. Chroom (Cr)**

Het mineraal chroom is van belang bij het opnemen van voedingsstoffen uit het bloed door de lichaamscellen, onder anderen voor glucose. Verder zijn er geen duidelijke functies van chroom bij het rund gekend.

**J. Nikkel (Ni)**

Een functie in het dierlijk lichaam waar het mineraal nikkel noodzakelijk voor is, is niet gekend. Wel is vastgesteld dat een tekort aan nikkel een verlaagde activiteit van een aantal enzymen veroorzaakt in de pens, de lever en het bloedserum.

### **1.1.2 Mineralen behoeften melkvee**

De dagelijkse behoefte aan mineralen voor het rund, bestaat uit de behoefte voor onderhoud van het lichaam en voor productie onder de vorm van melkproductie, groei of dracht.

Hierbij wordt rekening gehouden met verliezen en de mate van absorptie aan mineralen uit het voeder. Mineralenverliezen bestaan uit het verlies van eerder geabsorbeerde mineralen of endogene verliezen genoemd en het verlies aan mineralen die niet geabsorbeerd werden uit het opgenomen voeder.

De uitscheiding van de mineralen vindt plaats onder de vorm van mest, urine, huid, haren, hoeven en zweet.

Bij hogere voederopnames zijn de endogene verliezen via mest en urine groter. Dit brengt met zich mee dat de behoefte aan mineralen verhoogt naarmate het opnameniveau van het rund verhoogt.

Bij het bepalen van de behoefte in de praktijk, wordt er van uit gegaan van een groepsgemiddelde. Omdat een groep dieren uit verschillende individuen en dus ook verschillende behoeften bestaat, gaat men rekening houden met een veiligheidsmarge bovenop de bepaalde dagelijkse behoefte. Deze veiligheidsmarge compenseert eventuele afwijkingen op de gemiddelde behoefte.

De behoefte aan mineralen die men verkrijgt na de inbreng van een veiligheidsmarge wordt weergegeven in de voedernorm, de behoefte aan mineralen per kg droge stof.

Tabel 1.1.2.1 Mineralennormen voor volwassen melkvee (lichaamsgewicht 650 kg)

Mineraal /Sporenelement	Eenheid	Droogstaande koeien in Farr-of periode 8 tot 3 weken voor afkalven <sup>(1)</sup>		Droogstaande koeien in Close-up periode 3 tot 0 weken voor afkalven <sup>(2)</sup>	
		behoefte / dier / dag	behoefte / kg DS	behoefte / dier / dag	behoefte / kg DS
Calcium (Ca)	g	27	2,40	31	2,80
Fosfor (P)	g	21	1,90	22	2,00
Magnesium (Mg)	g	22	1,90	23	2,10
Natrium (Na)	g	7,6	0,70	6,6	0,60
Kalium (K)	g	56	4,90	55	5,00
Chloor (Cl)	g	7,7	0,70	8,5	0,80
Zwavel (S)	g		1,50		1,50
IJzer (Fe)	mg	345	30,00	345	31,40
Koper (Cu)	mg	277	24,10	277	25,20
Kobalt (Co)	mg	1,2	0,10	1,1	0,10
Mangaan (Mn)	mg	460	40,00	440	40,00
Zink (Zn)	mg	246	21,40	246	22,40
Jodium (I)	mg	5,5	0,10	5,5	0,10
Selenium (Se)	mg	1,44	0,13	1,44	0,13

Mineraal /Sporenelement	Eenheid	Melkgevende koeien 20 kg melk / dag <sup>(3)</sup>		Melkgevende koeien 40 kg melk / dag <sup>(4)</sup>	
		behoefte / dier / dag	behoefte / kg DS	behoefte / dier / dag	behoefte / kg DS
Calcium (Ca)	g	60	3,20	100	4,20
Fosfor (P)	g	47	2,50	79	3,30
Magnesium (Mg)	g	38	2,10	56	2,40
Natrium (Na)	g	20	1,10	33	1,40
Kalium (K)	g	134	7,20	190	8,10
Chloor (Cl)	g	37	2,00	66	2,80
Zwavel (S)	g		2,00		2,00
IJzer (Fe)	mg	150	8,10	300	12,80
Koper (Cu)	mg	227	12,20	260	11,10
Kobalt (Co)	mg	1,9	0,10	2,4	0,10
Mangaan (Mn)	mg	740	40,00	940	40,00
Zink (Zn)	mg	490	26,50	763	32,50
Jodium (I)	mg	9,5	0,50	12	0,50
Selenium (Se)	mg	2,72	0,15	4,22	0,18

(1) uitgaande van randsoen met energiewaarde per kg DS van 800 VEM, voederopname 11,5 kg DS /dag

(2) uitgaande van randsoen met energiewaarde per kg DS van 920 VEM, voederopname 11,0 kg DS /dag

(3) uitgaande van randsoen met energiewaarde per kg DS van 920 VEM, voederopname 18,5 kg DS /dag

(4) uitgaande van randsoen met energiewaarde per kg DS van 970 VEM, voederopname 23,5 kg DS / dag

Handleiding Mineralenvoorziening Rundvee, Schapen, Geiten (2005)



Melkvee in productie verliest dagelijks gemiddeld 7,4 gram mineralen per kg melk. Dit betekent dat het rund per kg melk die het produceert een bepaalde behoefte aan mineralen heeft. Hoe hoger de melkproductie, hoe hoger dus de behoefte aan mineralen zal zijn.

De eerste biest van een pasgekalfde koe bevat twee maal zoveel mineralen als de gewone melk. Vooral de gehalten aan de macro-elementen calcium, fosfor, magnesium, natrium, kalium en de sporenelementen ijzer, koper, zink, kobalt en jodium zijn sterk verhoogd. Dit brengt met zich mee dat de mineralen behoefte bij de kalving sterk verhoogt.

Tabel 1.1.2.2 De mineralen samenstelling van koe melk

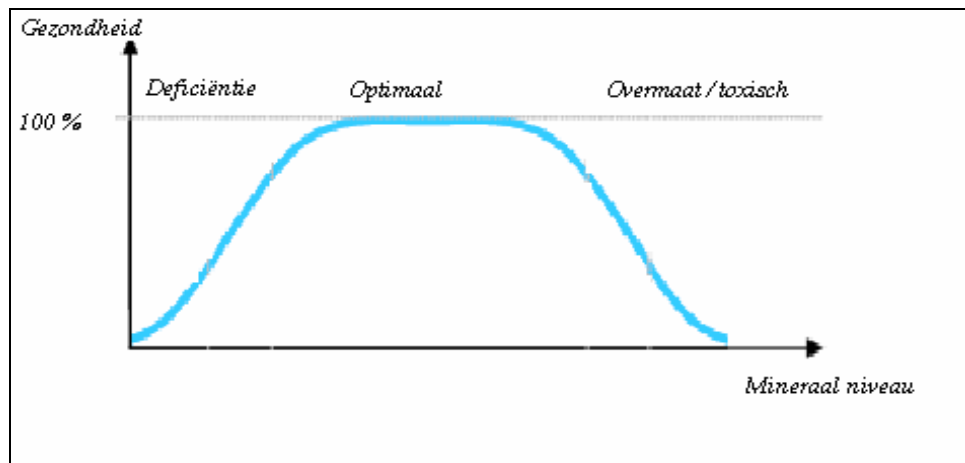
<i>Mineraal</i>	<i>Eenheid</i>	<i>Gemiddelde waarde</i>	<i>Minimum waarde</i>	<i>Maximum waarde</i>
<i>Nitraat</i>	$\mu\text{g}/100\text{ g}$	80,00	20,00	1240,00
<i>Calcium (Ca)</i>	$\text{mg}/100\text{ g}$	120,00	107,00	133,00
<i>Fosfor (P)</i>	$\text{mg}/100\text{ g}$	92,00	63,00	102,00
<i>Magnesium (Mg)</i>	$\text{mg}/100\text{ g}$	12,00	9,00	16,00
<i>Natrium (Na)</i>	$\text{mg}/100\text{ g}$	48,00	40,00	58,00
<i>Kalium (K)</i>	$\text{mg}/100\text{ g}$	157,00	144,00	178,00
<i>Chloor (Cl)</i>	$\text{mg}/100\text{ g}$	102,00	90,00	106,00
<i>Zwavel (S)</i>	-	-	-	-
<i>IJzer (Fe)</i>	$\mu\text{g}/100\text{ g}$	46,00	30,00	70,00
<i>Koper (Cu)</i>	$\mu\text{g}/100\text{ g}$	10,00	2,00	30,00
<i>Kobalt (Co)</i>	$\text{ng}/100\text{ g}$	80,00	50,00	130,00
<i>Mangaan (Mn)</i>	$\mu\text{g}/100\text{ g}$	2,50	1,30	4,00
<i>Zink (Zn)</i>	$\mu\text{g}/100\text{ g}$	380,00	210,00	550,00
<i>Jodium (I)</i>	$\mu\text{g}/100\text{ g}$	4,10	2,00	6,00
<i>Selenium (Se)</i>	$\mu\text{g}/100\text{ g}$	1,41	1,30	13,00
<i>Molybdeen</i>	$\mu\text{g}/100\text{ g}$	4,20	2,40	6,00
<i>Chroom</i>	$\mu\text{g}/100\text{ g}$	2,50	1,00	4,00
<i>Nikkel</i>	$\mu\text{g}/100\text{ g}$	2,50	0,40	6,00

De behoefte aan een mineraal ligt binnen een bereik van een optimaal opnameniveau voor dat mineraal. Met optimaal opnameniveau bedoelt men het mineralenniveau waarbij het dier in een constante en optimale gezondheid en productie verkeert.

In dit bereik van opname, kan het dier de absorptie en/of secretie van het mineraal aanpassen, zodanig dat noch deficiëntie noch overmaat ontstaat.

Een groter mineralen aanbod dan de behoefte kan resulteren in een afgeremde absorptie uit het voeder, een verhoogde mineralen uitscheiding door het lichaam of het opslaan van overmatig geabsorbeerd mineraal in depots in het lichaam.

Een te beperkt aanbod aan mineralen ten opzichte van de behoefte kan daarentegen een verhoogde absorptie uit het voeder en/ of een verminderde uitscheiding van mineralen geven. Hieruit blijkt dat de absorptie aan mineralen afhankelijk is van onder anderen de mineralenstatus van het dier.



Figuur 1.1.2.3 Het verloop van de gezondheid van het dier ten opzichte van het mineralen niveau in het lichaam

Bij deficiëntie ten opzichte van de behoefte, neemt de hoeveelheid aan het mineraal in het dierlijk lichaam af. Een kort tijdige deficiëntie leidt niet onmiddellijk tot gebrekverschijnselen. Dit omwille dat van de meeste mineralen een voorraad aanwezig is in het lichaam. Bij deficiëntie is resorptie van mineralen uit de voorraden mogelijk, zodanig dat tijdelijk het tekort aan absorptie kan worden opgevangen.

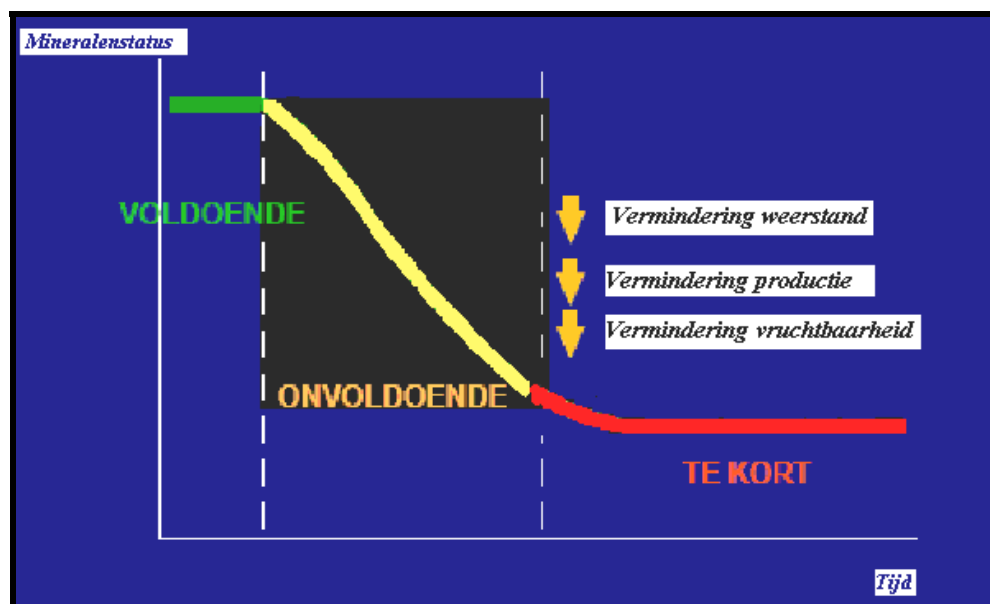
De resorptie aan mineralen uit de voorraad vraagt enigszins wel wat tijd. Dit kan bij een plotse deficiëntie bijvoorbeeld rond het afkalven, eventueel wel tot een tekort met gebrekverschijnselen tot gevolg leiden.

Een langdurige deficiëntie en het niet aanvullen van de voorraad, veroorzaakt en verdere daling van de mineralenhoeveelheid. Dit uit zich bij het dier in een verminderde weerstand, productie en vruchtbaarheid. Het tijdig opsporen van deficiëntie vraagt omwille van deze niet specifieke verschijnselen voor een goede controle van de dieren.

Deficiënties aan mineralen kunnen hierdoor grote economische verliezen veroorzaken bij de veestapel.

Blijvende deficiëntie komt uiteindelijk tot uiting in een wezenlijk tekort, met uiting van gebrekverschijnselen.

Een overmaat ten opzichte van de behoefte kan onvoldoende productie of intoxicatie tot gevolg hebben. Tevens heeft een te hoog mineraalniveau mogelijk invloed op de absorptie van andere mineralen.



Figuur 1.1.2.4 Het verloop van de mineralenstatus bij een suboptimale mineralenvoorziening in het voeder

**1.1.3 Gevolgen van mineralen tekort of overmaat**

Tabel 1.1.3.1 Grenswaarden om tekorten aan mineralen bij het rund op te sporen

Mineraal	Te onderzoeken materiaal	Eenheid	Grenswaarden			Referentiewaarden *
			Voldoende	Marginaal	Tekort	
Calcium (Ca)	Bloed serum	mmol Ca/liter	> 2,0	1,5-2,0	< 1,5	2,25 - 3,15
Fosfor (P)	Randsoen*					
Magnesium (Mg)	Bloed serum	mmol Mg/liter	0,8-1,2	0,4-0,8	< 0,4	0,78 -1,28
	Urine	mmol Mg/liter	> 4	1-4	< 1	
Natrium (Na)	Speeksel	mmol Na/liter	> 130	45-130	< 45	
Kalium (K)	Speeksel	mmol K/liter	< 13	13-64	> 64	
Chloor (Cl)	Bloed serum	mmol Cl/liter	niet gekend	niet gekend	< 85	100 -110
Zwavel (S)	Randsoen*					
IJzer (Fe)	Bloed (hemoglobine)	Hb waarde	5,0-8,0	-	< 5,0	5,0 - 8,0
Koper (Cu)	Bloed serum	µmol Cu/liter	niet gekend	niet gekend	< 7	7,5 - 18,0
	Lever	mg Cu/kg DS	100-400	50-100	< 50	
Kobalt (Co)	Lever	mg Co/kg DS	0,1-0,3	0,06-0,1	< 0,06	
Mangaan (Mn)	Randsoen*					
Zink (Zn)	Bloed serum	µmol Zn/liter	12-21	6-12	< 6	12 - 23
Jodium (I)	Melk	µg I/kg	30-300	25-30	< 25	
Selenium (Se)	Bloed (GSH-Px)	GSH-Px U/gHb	niet gekend	niet gekend	< 120	120 - 600

\* Voor de elementen waarbij men de waarden van het randsoen moet raadplegen voor de bepaling van een tekort, word verwezen naar de tabel 1.1.2.1 Mineralennormen voor volwassen melkvee

De des betreffende mineralen fosfor, zwavel en mangaan zijn alledrie van belang bij de penswerking, dit is mogelijk de verklaring waarom men een tekort moet bepalen via het aanbod aan het mineraal in het randsoen.

\*Referentiewaarden: Waarden waarbinnen 95% van de dieren ligt van een niet-afwijkende populatie.

### **1.1.3.1 Macro-elementen**

#### **A. Stikstof (N)**

Stikstof tekort leidt tot een gebrekkige eiwitvoorziening in het dierlijk lichaam.

Een overmaat aan stikstof kan daarentegen voorkomen als een overmaat aan eiwit of een overmaat aan niet eiwit stikstof in het voeder. Niet eiwit stikstof kan bestaan onder de vorm van ureum ( $\text{CH}_4\text{N}_2\text{O}$ ), ammonium ( $\text{NH}_4$ ), nitraat ( $\text{NO}_3$ ) en nucleïnezuur (bestanddeel DNA, RNA).

Een overmaat aan ureum als gevolg van een overmaat aan niet eiwit stikstof of eiwit, heeft een nadelige invloed op de vruchtbaarheid, embryonale ontwikkeling of het immuunsysteem van de koe, ten gevolge van toxiciteit.

Nitraat overmaat in ruwvoeder is afkomstig van stikstof die opgenomen is door de plant maar niet omgezet naar plantaardig eiwit. Een te hoog gehalte aan nitraat in het voeder kan leiden tot nitraatvergiftiging.

Bij de afbraak van nitraat ( $\text{NO}_3$ ) in de pens ontstaat nitriet ( $\text{NO}_2$ ) die in normale omstandigheden wordt omgezet tot ammoniak voor verdere vorming van eiwit.

Te grote hoeveelheden nitraat in het voeder, brengt grote hoeveelheden giftig nitriet in de pens die niet snel genoeg kunnen omgezet worden naar ammoniak.

Het organisme probeert in deze omstandigheden de nitriet onschadelijk te maken door te binden aan de hemoglobine in het bloed.

Hemoglobine is de stof die zorgt voor het transport van zuurstof in het bloed.

Wanneer nitriet gebonden is aan de hemoglobine, is deze niet meer in staat zuurstof te transporteren, met zuurstofgebrek tot gevolg.

De binding van nitriet is waar te nemen aan de kleur van het bloed, de normale rode kleur van de hemoglobine is nu bruin. De bruinverkleuring van het bloed is waar te nemen aan de sterk doorbloede slijmvliezen, bijvoorbeeld aan de schede van een koe.

Nitriet vergiftiging is waar te nemen wanneer 20 % van de hemoglobine is gebonden aan nitriet, aan de hand van de bruinverkleuring van het bloed. In deze toestand is abortus bij dracht mogelijk. Het dier vertoont tevens een versnelde ademhaling en hartslag. Wanneer de binding van hemoglobine met nitriet meer dan 50 % bedraagt van de aanwezige hemoglobine, treden er acute ziekteverschijnselen op ten gevolge van zuurstof gebrek, met dood tot gevolg.

## **B. Calcium (Ca)**

Een te weinig calcium absorptie uit het voeder ten opzichte van de behoefte. Leidt bij jonge dieren tot een verminderde groei en een verstoorde mineralisatie van het bot, waarbij te weinig calcium wordt afgezet in de beenderen.

Bij volwassen dieren vindt er ten gevolge van blijvend calcium tekort, ontkalking van het bot plaats. Hierdoor vermindert langzaam het volume van het botweefsel.

Verder treedt er bij calcium tekort een vertraagde bloedstolling en een verminderde melkproductie op.

Calcium tekort in het bloedplasma ten gevolge van hoge calcium behoefte, samengaan met onvoldoende calcium absorptie uit de darm en/of resorptie uit het botweefsel wordt omschreven als het fenomeen kalfziekte, melkziekte of hypocalcemie bij het melkvee. Kalfziekte komt meestal voor de eerste dagen na de kalving, een zeldzame keren tijdens de droogstand of in het midden van de lactatie.

Op deze momenten is er een sterk verhoogde behoefte aan calcium ten gevolge van de melkproductie. Een storing op die momenten ter hoogte van het parathyroid hormoon (PTH), vitamine D en/of de calcium voorziening, leidt hierbij tot een tekort aan geïoniseerde calcium in het bloed. Met kalfziekte tot gevolg.

De symptomen van hypocalcemie verlopen in drie stadia:

In het eerste stadium kan het dier nog blijven rechtstaan, het vertoont wel stoornissen ter hoogte van de spierwerking. Dit is onder anderen waar te nemen aan een knikkende beweging van de kop, een gespreide stand van de achterbenen, spierrillingen en een stijve slepende stap in de achterhand.

Voorts eet het dier niet meer ten gevolge van een verminderde penswerking.

In het tweede stadium kan het dier niet meer recht. Dit begint bij het niet recht kunnen met de achterhand. De koe gaat in dit stadium steeds met de kop langs het lichaam geplooid liggen.

Er treedt een daling van de lichaamstemperatuur op, waarbij mogelijk de stofwisseling bij het dier in gevaar kan komen.

Verder zijn er een versnelde hartslag, een droge neusspiegel en een verwijding van de pupillen waar te nemen bij het dier.

Ten gevolgen van de vermindering van de spierwerking, is er gas ophoping in de pens mogelijk en verslappen de spieren van de baarmoeder wat een geboorteprocés vertraagt of volledig kan stilleggen.

In het derde stadium verliest de koe volledig het bewustzijn.

Er is een ernstige vorm van gas ophoping in de pens, met mogelijk een terugvloeï van pensvocht in de slokdarm.

Er treden hartritmestoornissen op en een sterke daling van de bloeddruk, waaraan het dier uiteindelijk zal sterven.

Een overmaat aan calcium heeft gedurende de lactatie weinig schadelijke gevolgen. Wel vermindert een overmaat aan calcium de opneembaarheid van andere mineralen. Dit geldt onder anderen voor de mineralen Magnesium (Mg), Jodium (I), IJzer (Fe), Mangaan (Mn), Zink (Zn), Koper (Cu) en Fosfor (P).

Tijdens de droogstand geeft een calcium overmaat de aanleiding tot kalfziekte. Het hoog calcium gehalte vermindert de werking van het parathyroid hormoon (PTH), wat de calcium absorptie uit de darm en de resorptie uit het bot vermindert.

Calciumovermaat kan ook hypercalcemie tot gevolg hebben, dit wordt echter zelden aangetroffen. Hypercalcemie geeft hartritmestoornissen en abnormale mineralisatie van weefsels. De overmatige afzet van calcium in de weefsels kan onder anderen het barsten van grote bloedvaten tot gevolg hebben.

### **C. Fosfor (P)**

Fosfor tekort wordt waargenomen bij onvoldoende fosfor opname uit de voeding. Het ziektebeeld van fosfor tekort of hypofosfatemie kan onder drie vormen voorkomen, namelijk acuut rond de kalving, acuut na de kalving en chronisch.

Acuut fosfor tekort rond de kalving, ontstaat ten gevolge van de hoge fosforbehoefte voor de foetus en de opgang komende melkproductie. In deze situatie kan het dier niet meer rechtstaan, is er een verminderde penswerking en maakt het dier mogelijk hoge koorts. Vaak is bij hypofosfatemie rond de kalving ook lage gehalten aan calcium en magnesium waar te nemen.

Acuut fosfor tekort na de kalving, wordt vooral waargenomen in de eerste zes weken van de lactatie. Het wordt ook acute hemolytische crisis genoemd. Het tekort geeft een ziektebeeld van bloedarmoede en geelzucht ten gevolge van het stuk gaan van de rode bloedcellen binnen het bloedvatenstelsel.

Chronische hypofosfatemie is minder snel waarneembaar bij volwassen dieren ten opzichte van nog jonge groeiende dieren. Het chronisch fosfor tekort uit zich in een slechte eetlust, verminderde groei en het optreden van voortplantingsstoornissen zoals inactieve eierstokken. Tevens zijn de dieren geneigd om grond en hout te eten.

Het fosfor tekort zal bij jonge dieren zorgen voor een week beendergestel ten gevolge van onvoldoende inbouw van fosfor in het bot. Bij volwassen dieren vindt er afbraak van het botweefsel plaats om het fosfor gehalte in het plasma op peil te houden, wat tevens voor een zwakker beendergestel zorgt. Hierbij kan fosfor tekort aanleiding geven tot botbreuk, beenmisvorming, en beenverdikking ten gevolge van eiwitophoping ontstaan bij de afbraak van botweefsel.

Een overmaat aan fosfor, verlaagt de opneembaarheid van calcium in het dier en kan hierdoor calcium tekort veroorzaken.

Fosfor overmaat in het dier of hyperfosfatemie kan voorkomen ten gevolge van:

- Onvoldoende excretie van fosfor

- Een verhoogde vrijstelling van fosfor in het lichaam door hoge afbraak/gebruik van spierweefsel of ATP

- Intoxicatie met vitamine D wat de fosfor aanvoer uit de darm en het skelet verhoogt

- Te veel aanbod via het voeder bij een slechte Ca/P verhouding

Bij fosfor overmaat treedt er ten gevolge van de wanbalans met calcium, demineralisatie of afbraak en misvorming van het bot op.

#### **D. Magnesium (Mg)**

Magnesium tekort wordt aangetroffen bij te lage magnesiumgehalten in het voeder of door onvoldoende absorptie van magnesium vanuit het spijsverteringsstelsel. De absorptie van magnesium wordt negatief beïnvloed door hoge gehalten aan kalium en onbestendig eiwit. Ook natrium tekort beïnvloed onrechtstreeks de absorptie van magnesium, omdat bij natrium tekort een hoger kalium gehalte in het speeksel aanwezig is.

Magnesium tekort is waar te nemen aan de symptomen van hypomagnesiëmie of kopziekte. Echter deze symptomen zijn pas waar te nemen bij een verlaging van de magnesium concentratie in het cerebrosпинаal vocht dat hersenen en ruggenmerg omgeeft. Dit gebeurt pas bij een sterke daling van het magnesium gehalte in het bloed. Hierdoor is het mogelijk dat bij lage gehalten in het bloed toch geen symptomen van kopziekte worden waargenomen.

Het ziektebeeld van hypomagnesiëmie geeft eerst een verminderde voederopname, het dier zondert zich af van het koppel en vertoont een stijve loopgang.

In een verder verloop van de ziekte vertoont het rund een nerveus tot zelfs agressief gedrag. Het heeft een verhoogde gevoeligheid voor prikkels vanuit de omgeving. Er ontstaan spierrillingen en het rund kan vervolgens niet meer recht. De spierrillingen kunnen verder evolueren tot krampen bij het dier. Wanneer er geen krampen ontstaan, treedt er een gedeeltelijke verlamming op. Bij krampen vertoont het dier ongecontroleerde bewegingen, er is tandengeknars waar te nemen en overvloedig speeksel uit de muil. De krampen hebben uiteindelijk een dodelijke afloop.

Een tekort aan magnesium vermindert tevens de werking van het parathyroid hormoon (PTH) met een daling van het calcium gehalte tot gevolg. Magnesiumgebrek in de droogstand verhoogt hierdoor de kans op kalfziekte.

Een overmaat aan magnesium veroorzaakt diarree bij het rund.

Hypermagnesiëmie waarbij een daling van de spiertonus is vast te stellen, wordt zelden waargenomen vanwege de vlugge excretie van magnesium uit het lichaam.

#### **E. Natrium (Na)**

Een natrium tekort geeft geen specifieke gebrekverschijnselen. Er is een verlaagde voeder opname, verlaagde productie en een afname in conditie waar te nemen.

Het rund krijgt een droge, stugge huid en vertoont het de neiging om aan vreemde voorwerpen te likken (likzucht). Tevens is waar te nemen dat het dier urine van andere dieren gaat drinken.

Het optreden van natrium overmaat is het gevolg van een tekort aan opname van zoet water, een overmatige natrium (zout) opname of als gevolg van een groter verlies aan water dan aan natrium (zout) bijvoorbeeld bij diarree.

Bij een natrium overmaat zonder vochttekort kan uieroedeem optreden bij hoogdrachtige dieren, ten gevolge van de expansie van het extracellulaire vocht in de zachte lichaamsweefsels. Andere verschijnselen bij een overmaat aan natrium kunnen zijn: veel drinken en speeksel vorming, diarree, spierrillingen en een stijve gang bij het dier. In sommige gevallen kan een overmaat leiden tot sterfte van het dier.



**F. Kalium (K)**

Een tekort aan kalium vermindert de voederopname en de melkproductie. Ook zal het dier minder water opnemen. Er zijn net zoals bij natrium symptomen van likzucht waar te nemen. Tevens vertoont het dier spierkrampen die gepaard gaan met een verhoogde gevoeligheid voor allerlei prikkels.

Kalium overmaat remt de absorptie van magnesium en calcium, waardoor dieren gevoeliger zijn voor kopziekte en kalfziekte.

Net zoals natrium overmaat geeft kalium overmaat kans op uieroedeem bij hoogdrachtige dieren, diarree en mogelijk sterfte van het dier.

**G. Chloor (Cl)**

Chloor tekort geeft net zoals natrium en kalium een verminderde voederopname en melkproductie en de symptomen van likzucht. Voorts treden er bij een tekort aan chloor groeistoornissen op.

Een overmaat aan chloor is te vergelijken met natrium. Men kan eveneens dunne mest en mogelijk oedeem vorming vaststellen bij hoogdrachtige dieren.

**H. Zwavel (S)**

Een gebrek aan zwavel vermindert de pensfermentatie. Het gevolg hiervan uit zich in een verlaagde voederopname en eiwittekort bij het dier. Het eiwit tekort bij jonge dieren leidt tot groeiremming, bij lacterende dieren treedt er een daling van de melkproductie op. Tevens is er een onvoldoende groei van haren en klauwen waar te nemen bij een zwavel tekort.

Een overmaat aan zwavel in het voeder, geeft hoge gehalten aan sulfide in de pens en een overmatige absorptie hiervan.

Er is een verminderde voederopname en productie waar te nemen.

Het verhoogde sulfide gehalte heeft tevens schadelijke effecten op het centraal zenuwstelsel, die onder anderen kunnen leiden tot blindheid bij het rund.

Een overmaat aan zwavel is ook nadelig voor de beschikbaarheid van koper en selenium bij herkauwers.

### **1.1.3.2 Sporenelementen**

#### **A. IJzer (Fe)**

IJzer tekort veroorzaakt bloedarmoede bij het rund. Er treedt een verminderde voederopname op en de slijmvliezen vertonen een bleke verkleuring.

Bij een overmaat aan ijzer is er een toename van schadelijke zuurstofradicalen, ook vrije radicale genoemd in het lichaam. Hierdoor is aantasting van de lichaamswefsels mogelijk. De mate van aantasting hangt af van de voorziening van anti-oxidanten zoals glutathion peroxidase, die de vrije radicalen onschadelijk dienen te maken.

Bij ijzer overmaat is er eveneens een verminderde voederopname vast te stellen. Verder heeft een overmaat een nadelig effect op de koper voorziening bij het rund.

#### **B. Koper (Cu)**

Kopertekort kan optreden als gevolg van te weinig aanbod van koper via het voeder of ten gevolge van slechte absorptie in het spijsverteringsstelsel. De opname van koper wordt voornamelijk geremd bij een hoge concentratie aan de combinatie van molybdeen en zwavel.

Bij kopertekort is een doffe vacht waar te nemen die vooral op de schoft er open en ruig uit ziet. De vacht vertoont tevens een depigmentatie, de normale zwarte haren krijgen een grijswitte of koperkleurige schijn, witte haren vertonen en vuilgele verkleuring.

Specifiek bij kopergebrek is er een verkleuring rond de ogen waar te nemen, een zogenaamde 'koperbril'. Deze verkleuring is ook te zien aan de oren.

Verder geeft kopergebrek bloedarmoede, chronische diarree en verminderde conditie en vruchtbaarheid.

Bij jonge dieren is kopergebrek vooral waar te nemen aan afwijkingen aan het beendergestel, zoals gezwollen gewrichten of spontane beenbreuken ten gevolge van beenbroosheid.

Een overmaat aan koper leidt tot koper intoxicatie.

Bij een chronische overmaat gebeurt er een opstapeling van koper in de lever.

Op een bepaald moment treedt er leverbeschadiging op, waardoor plots grote hoeveelheden koper vrijkomen in de bloedbaan. Ten gevolge van deze grote hoeveelheden koper ontstaat er een hemolytische crisis, met bloedarmoede en geelzucht ten gevolge van het stuk gaan van de rode bloedcellen binnen het bloedvatenstelsel.

Het dier vertoont ook een plots verminderde eetlust en urineert bloed.

In deze situatie is er een snelle verzwakking van het rund, dat na enkele uren tot de dood van het dier leidt.

**C. Kobalt (Co)**

Kobalt gebrek komt tot uiting wanneer de lichaamsreserve aan vitamine B12 is uitgeput. Een tekort aan kobalt geeft bij het rund verteringsstoornissen en bloedarmoede. Het dier heeft een dof haarkleed, weinig eetlust, likzucht en er is een vermindering van lichaamsconditie en productie waar te nemen. Bij kobalt gebrek is er tevens een vermindering van vruchtbaarheid en worden er zwakke of dode kalveren geboren.

Kobalt overmaat of intoxicatie komt zelden voor, gezien de slechte absorptie van kobalt en de geringe concentraties in het voeder. Teken van kobalt intoxicatie zijn onder anderen sterke afname in conditie en een overproductie aan rode bloedcellen.

**D. Mangaan (Mn)**

Mangaan tekort leidt tot ovulatiestoornissen en een vertraagde geslachtrijpheid bij jonge dieren. Tevens kan men waarnemen dat er bij een mangaan tekort meer mannelijke dan vrouwelijke kalveren geboren worden, en dat deze kalveren kromme of zwakke poten hebben.

Een overmaat aan mangaan wordt goed verdragen vanwege de gemakkelijke uitscheiding via darmsappen. Wel kan het de benutting van andere mineralen remmen, onder anderen van het element ijzer.

**E. Zink (Zn)**

Bij zink tekort zijn uitwendig aan het dier huidafwijkingen waar te nemen, zoals een ruwe schilferige huid en haaruitval. Verder is er een verminderde voederopname, groei, weerstand en vruchtbaarheid. Er is bij zink tekort ook onvoldoende botontwikkeling en er treedt bij wonden een vertraagde wondgenezing op.

Een overmaat aan zink vermindert de opname van koper. Indien er door zink overmaat zinkintoxicatie zou optreden kan men volgende verschijnselen waarnemen. Het rund heeft diarree, jeuk en een verminderde eetlust. Er kunnen beenafwijkingen waargenomen worden en bij drachtige dieren kan verwerping of dood geboorte van het kalf optreden.

### **F. Jodium (I)**

Jodium tekort kan een gevolg zijn van een stroring bij de schildklier van het dier, te weinig jodium aanbod via de voeding of de aanwezigheid van goitrogene of schildklierremmende stoffen in het voeder. De goitrogene stoffen verstoren de opname van jodium in de schildklier, ze komen onder anderen voor bij klaver.

Een jodium gebrek vermindert de hormoonproductie van de schildklier. Er is kaalheid in de vacht en een verminderde groei en melkproductie bij het rund waar te nemen. Verder is jodium te kort ook verantwoordelijk voor de vorming van oedeem en zwakke of doodgeboren kalveren bij de kalving.

Bij een langdurig tekort kan men een vergroting van de schildklier vaststellen.

Een jodium vergiftiging bij overmaat, vermindert de voeder opname, melkproductie en groei bij het dier. Voorts is er neus uitvloeï, traan ogen, overmatige speekselvorming, en snelle ademhaling waar te nemen. Een vergiftiging kan mogelijk ook verwerping veroorzaken bij een drachtig dier.

### **G. Selenium (Se)**

Een selenium tekort kan een gevolg zijn van een te laag aanbod via het voeder of een slechte benutting van de aanwezige selenium in het voeder, door onder anderen het mineraal zwavel.

Ten gevolge van selenium tekort vermindert de groei, de melkproductie en de weerstand van de dieren. Er is een verminderde weerstand omwille van de aantasting van de cellen van het immuunsysteem door vrije radicalen. De dieren zijn hierdoor gevoeliger voor infecties, zo kan een groep melkvee sterker onderhevig zijn aan uierontsteking ten gevolge van een selenium tekort, vooral op vlak van de ernst en de duur van de infectie. Ook geeft selenium tekort aanleiding tot meer vruchtbaarheidsstoornissen.

Selenium tekort veroorzaakt tevens een verzwakking van de spieren en het optreden van spierletsels.

Een aantasting van de skeletspieren kent een acuut en een chronisch verloop. Onder chronische vorm vertoont het rund een stijve en moeilijke loopgang. Bij de acute vorm zijn de skeletspieren hard en gezwollen, het dier heeft spierrillingen tijdens het rechtstaan en gaat zeer snel terug neerliggen, waarbij doorligwonden kunnen waargenomen worden.

Een aantasting van de hardspier, heeft sterfte van het rund tot gevolg.

Overmatig geabsorbeerde selenium wordt opgeslagen in de lever en de nieren.

Uiteindelijk zal selenium overmaat leiden tot vergiftiging, dit kan verlopen onder een acute of een chronische vorm.

Bij de chronische vorm kan men een verlaging van de conditie vaststellen en vertoont het dier een stijve en kreupele loopgang. Verder kan men een ruige vacht met eventueel kale plaatsen waarnemen. Het kan tevens ook het afvallen van de hoeven en sterfte tot gevolg hebben.

De acute vorm van selenium vergiftiging geeft blindheid, overvloedige speekselvorming, ademhalingsmoeilijkheden en sterfte tot gevolg.

***H. Molybdeen (Mo)***

Een tekort aan molybdeen leidt tot slechte groei en vruchtbaarheid bij runderen. Het vermindert tevens de kans op nitraatvergiftiging bij de dieren.

Molybdeen overmaat vermindert de benutting van het mineraal koper. Het ziekte beeld komt hierdoor overeen met dat van koper tekort. Het opvallendste verschijnsel van molybdeen overmaat is het optreden van waterige diarree.

***I. Chroom (Cr)***

Bij chroom tekort zijn geen specifieke ziektebeelden gekend. Er is wel een verlaagde voederopname en melkgift waar te nemen. Een overmaat aan chroom veroorzaakt diarree.

***J. Nikkel (Ni)***

Het ziektebeeld van nikkel tekort vertoont grotendeels overeenkomst met de verschijnselen van zink tekort. Verschijnselen bij nikkel overmaat zijn niet gekend.

## **1.2 Vitaminen**

### **1.2.1 Vitaminen van belang voor melkvee**

Vitaminen zijn organische verbindingen die in kleine hoeveelheden een noodzakelijke functie hebben bij bepaalde levensprocessen in het dierlijk lichaam. Iedere vitamine heeft een specifieke werking die niet door een andere vitamine kan overgenomen worden. Bij vitaminen kan men een onderscheid maken tussen vetoplosbare en wateroplosbare vitaminen.

De vetoplosbare vitaminen zijn de vitaminen A, D, E en K, deze zijn voornamelijk aanwezig in de lichaamsweefsels van het dier.

De wateroplosbare vitaminen zijn de vitaminen B en C, deze bevinden zich in de lichaamsvloeistoffen.

#### **1.2.1.1 Vetoplosbare vitaminen**

##### **A. Vitamine A (Retinol)**

Vitamine A of retinol is niet aanwezig in planten. Het is een vitamine die gevormd wordt uit de pro-vitamine caroteen. De stof caroteen is aanwezig in verse groene plantendelen, een droogproces of verdorring van het gewas vermindert het aandeel caroteen in de plantendelen. Het vermindert dus ook het aanbod aan vitamine A via een voeder voor het rund.

Vitamine A is van belang bij de werking van de ogen, welbepaald de waarneming van licht. En bij de vorming en instandhouding van het epitheel van organen, wat bescherming biedt tegen infecties. Verder functioneert vitamine A bij de groei, beenderontwikkeling en stofwisseling van het dier.

Vitamine A maakt tevens vrije radicalen die ontstaan bij de celstofwisseling onschadelijk, het is antioxidant in het dierlijk lichaam.

De pro-vitamine caroteen komt in hoge concentraties voor in het gele lichaam en de eierstokken bij het geslachtsorgaan van het vrouwelijk rund. Deze stof is hierdoor buiten voor de aanmaak van vitamine A nog van groot belang bij de vruchtbaarheid van melkvee.

### **B. Vitamine D (Calciferol)**

Calciferol of vitamine D komt voor in twee vormen van pro-vitamine D, namelijk ergocalciferol of vitamine D2 en cholecalciferol of vitamine D3.

Ergocalciferol wordt gevormd uit ergosterol, een stof aanwezig in groene verse planten. Onder invloed van het zonlicht, wordt deze stof tijdens een droogproces van de planten op het veld omgezet tot vitamine D2. Hoe langer het droogproces van de planten aanhoudt, des te meer ergocalciferol er zal aangemaakt zijn in het ruwvoer voor de runderen.

De aanmaak van cholecalciferol vindt daarentegen plaats in het dier zelf. Cholesterol die aanwezig is in het onderhuidse vetweefsel, wordt onder invloed van het zonlicht in de huid van het dier omgezet tot vitamine D3.

Beide pro-vitaminen D2 en D3 gaan uiteindelijk in het rund omgezet worden tot een actieve vorm van vitamine D.

Deze actieve vitamine D functioneert in het rund ter regeling van de calcium absorptie uit de darm en resorptie uit het botweefsel. Indirect heeft het hierdoor ook invloed op de absorptie en resorptie van het mineraal fosfor.

### **C. Vitamine E (Tocopherol)**

Vitamine E vindt men in verse groene plantendelen. Bij verdorring of een droogproces neemt het aandeel tocoferol in deze plantendelen af.

Vitamine E functioneert als antioxidant in het dierlijk lichaam. Hierdoor worden de lichaamscellen beschermd tegen schadelijke vrije radicalen, ontstaan bij de celstofwisseling. Waardoor er tevens een betere bescherming ontstaat tegen infecties. Verder is vitamine E van belang bij de vruchtbaarheid van het rund, door de invloed op de ontwikkeling en de werking van de geslachtsorganen.

Vitamine E heeft ook een gunstige invloed op de opname van vitamine A en caroteen.

### **D. Vitamine K3 (Menadione)**

Vitamine K3 of menadione is een vorm van vitamine K die in het rund zelf gesynthetiseerd wordt.

Deze vitamine is voor het dier van belang in functie van de bloedstolling.

### **1.2.1.2 Wateroplosbare vitaminen**

#### **A. Vitamine C (Ascorbinezuur)**

Vitamine C of ascorbinezuur is net zoals vitamine E en A een antioxidant in het dierlijk lichaam. Voorts is deze vitamine betrokken bij de activiteit van de hormonen van de bijnieren, waaronder bepaalde geslachtshormonen en hormonen die actief zijn bij stress. Vitamine C is ook van belang bij de bloedstolling, het transport van het mineraal ijzer in het dier en de inbouw van vitamine B11 in enzymen.

#### **B. Vitamine B-complex**

Het vitamine B-complex bestaat uit verschillen soorten vitaminen B. In het algemeen zijn de vitaminen B vooral betrokken bij het functioneren van de vet-, eiwit- en koolhydraat stofwisseling, bij het functioneren van het zenuwstelsel en als bestanddeel van enzymen of nucleïnezuren.

Tabel : Naamgeving vitamine B-complex

<i>Vitamine B1</i>	<i>Thiamine</i>
<i>Vitamine B2</i>	<i>Riboflavine</i>
<i>Vitamine B3</i>	<i>Niacine</i>
<i>Vitamine B4</i>	<i>Choline</i>
<i>Vitamine B5</i>	<i>Patotheenzuur</i>
<i>Vitamine B6</i>	<i>Pyridoxine</i>
<i>Vitamine B8</i>	<i>Biotine</i>
<i>Vitamine B11</i>	<i>Foliumzuur</i>
<i>Vitamine B12</i>	<i>Cyanocobalamine</i>



### 1.2.2 Vitaminen behoeften melkvee

Vitaminen kunnen onderverdeeld worden in essentiële en niet-essentiële vitaminen. De essentiële vitaminen moeten door het rund opgenomen worden via de voeding. Het dier kan deze vitaminen niet zelf aanmaken. Hiertoe behoren de vetoplosbare vitaminen A, D, en E. De vetoplosbare vitamine K en de wateroplosbare vitaminen B en C kunnen in het rund zelf aangemaakt worden. Dit gebeurt voor de vitaminen K en B door de micro-organismen in de pens van het rund. Het vitamine C wordt in de pens afgebroken en verder in het spijsverteringsstelsel gesynthetiseerd uit glucose door het enzym L-gulonolactone oxidase.

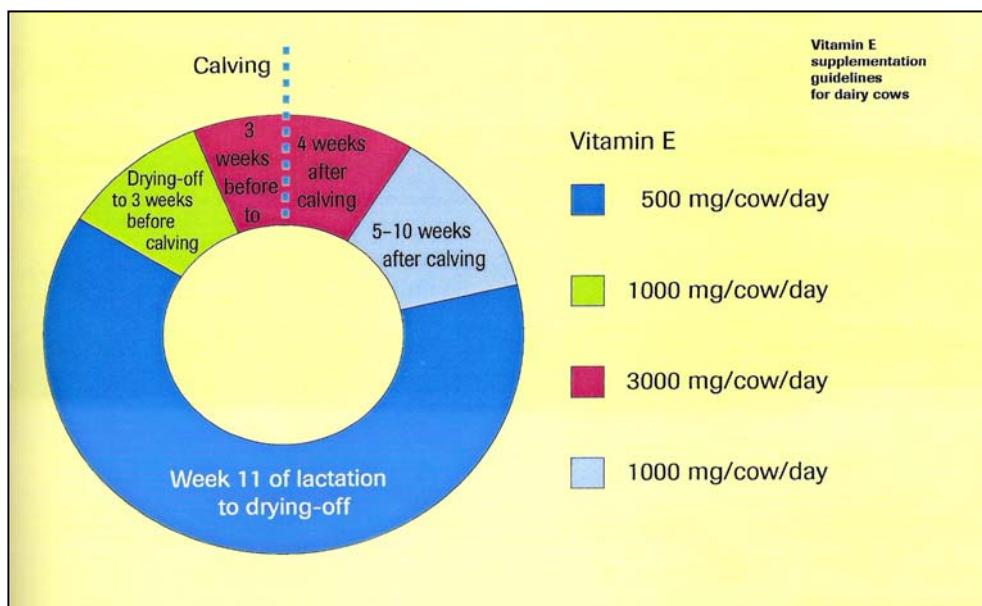
Tabel 1.2.2.1 Behoeften aan vitamine A, D en E in de melkveevoeding

Vitamine	Eenheid	Behoefte per kg lichaamsgewicht	Behoefte per kg DS in randsoen	Behoefte per dier per dag
A	I.E.	circa 200	3000 - 5000	80.000 -120.000
D	I.E.	circa 20	300 - 1000	8.000 -15.000
E	mg			500 -3000

De I.E. aanduiding staat voor Internationale Eenheden en is een maatsysteem wat de activiteit aangeeft van een vitamine.

Het gewicht van een I.E. kan daarom per vitamine verschillen; 1 I.E. vitamine A = 0,3 µg.

1 I.E. vitamine D = 0,025 µg en 1 I.E. vitamine E = 0,67 mg.



Figuur 1.2.2.2 Richtlijnen vitamine E toediening voor melkvee

De behoefte aan vitaminen ligt in verband met het melkproductie niveau: hoe hoger de melkproductie, hoe groter de behoefte zal zijn aan deze vitaminen bij het dier. Melk bevat zowel vetoplosbare als wateroplosbare vitaminen. Dit is van grote betekenis voor de jonge kalveren, omdat de pens van deze dieren nog niet in staat is om het kalf te voorzien van vitaminen.

De eerste biest van een pasgekalfde koe bevat een hoger gehalte aan vitaminen dan de gewone melk. Vooral van de vetoplosbare vitaminen A, D, E en de wateroplosbare vitaminen B zijn deze hoger.

Tabel 1.2.2.3 De vitamine samenstelling van koe melk

<i>Vitamine</i>	<i>Eenheid</i>	<i>Gemiddelde waarde</i>	<i>Minimum waarde</i>	<i>Maximum waarde</i>
<i>Vitamine A (Retinol)</i>	$\mu\text{g}/100\text{g}$	32,17	27,00	35,20
<i>Beta-caroteen</i>	$\mu\text{g}/100\text{g}$	17,00	-	-
<i>Vitamine D (Calciferol)</i>	$\text{ng}/100\text{g}$	63,00	20,00	90,00
<i>Vitamine E (Tocopherol)</i>	$\mu\text{g}/100\text{g}$	128,00	41,00	140,00
<i>Vitamine K (fylloquinon en menaquinon)</i>	$\mu\text{g}/100\text{g}$	4,00	0,00	33,00
<i>Vitamine B1(Thiamine)</i>	$\mu\text{g}/100\text{g}$	37,00	30,00	55,00
<i>Vitamine B2 (Riboflavine)</i>	$\mu\text{g}/100\text{g}$	180,00	140,00	220,00
<i>Vitamine B3 (Niacine)</i>	$\mu\text{g}/100\text{g}$	90,00	70,00	110,00
<i>Vitamine B5 (Pantotheenzuur)</i>	$\mu\text{g}/100\text{g}$	350,00	280,00	420,00
<i>Vitamine B6 (Pyridoxine)</i>	$\mu\text{g}/100\text{g}$	36,00	22,00	50,00
<i>Vitamine B8 (Biotine)</i>	$\mu\text{g}/100\text{g}$	3,50	2,00	5,00
<i>Vitamine B11 (foliumzuur)</i>	$\mu\text{g}/100\text{g}$	6,70	-	-
<i>Vitamine B12 (Cyanocobalamine)</i>	$\text{ng}/100\text{g}$	420,00	300,00	760,00
<i>Vitamine C (Ascorbinezuur)</i>	$\text{mg}/100\text{g}$	1,70	1,00	2,40

### **1.2.3 Gevolgen van vitaminen tekort of overmaat**

Een overmaat aan vitaminen komt praktisch niet voor, het is echter wel mogelijk. Dit vanwege dat de vetoplosbare vitaminen een reserve vormen in het lichaam en meer specifiek in de lever, bij een ruime voorziening via de voeding. Uitgezonderd vitamine K waarbij weinig of geen reserve wordt aangemaakt in het lichaam. De wateroplosbare vitaminen vormen geen reserve, een te veel wordt afgevoerd via de urine.

Tekorten komen wel voor, echter duidelijke vitaminen tekorten worden zelden waargenomen. Een deficiënte vitaminen voorziening uit zich net zoals mineralen in onspecifieke verschijnselen, zoals verminderde productie, weerstand en/of vruchtbaarheid. Vitaminen tekort kan bij de essentiële vitaminen een gevolg zijn van onvoldoende aanwezigheid in het voeder of een beschadiging van het darmepitheel of de lever. Bij de niet essentiële vitaminen kunnen tekorten voorkomen als gevolg van een langdurig verstoorde pensfermentatie door onder anderen pensverzuring of als gevolg van een tekort aan kobalt in de voeding voor vitamine B12.

#### **1.2.3.1 Vetoplosbare vitaminen**

##### **A. Vitamine A (Retinol)**

Bij een tekort aan vitamine A leidt het rund aan nachtblindheid, tengevolge van dat het minder goed het onderscheid kan maken tussen licht en donker.

Er treedt verhoorning op bij het epitheel en de slijmvliezen. En de kans op infecties bij het dier vergroot.

Omdat het pro-vitamine caroteen van belang is bij de vruchtbaarheid, zal een tekort zich tevens uiten in vruchtbaarheidsproblemen. Hierbij zijn stille bronsten, uitgestelde ovulaties en meer frequent voorkomende ovariumcysten waar te nemen. Er treedt tevens een verlaagde progesteronproductie op.

Onder het koppel dieren is er een verlaagd bevruchtingspercentage en er zijn embryonale sterfte ten gevolge van een te lage caroteen voorziening voor de vrucht.

Een overmaat aan vitamine A leidt tot intoxicatie, waarbij een verminderde eetlust, diarree en een ontstoken epitheel en slijmvliezen zijn waar te nemen.

Ook is er bij een overmaat aan vitamine A een verminderde opname van vitamine D in het spijsverteringsstelsel.

##### **B. Vitamine D (Calciferol)**

Bij een vitamine D tekort is er een verstoring van de calcium voorziening bij het rund, wat calcium gebrek tot gevolg kan hebben.

Een overmaat aan vitamine D leidt tot een abnormale calcium resorptie uit het beendergestel. Dit zorgt voor een overmaat aan calcium en fosfor in het bloed en de nieren van het dier.

**C. Vitamine E (Tocopherol)**

Vitamine E tekort geeft een verminderde immuniteit, een aantasting van het zenuwstelsel en degeneratie van de skeletspieren en de hartspier tot gevolg. Ook heeft een vitamine E tekort een nadelige invloed op de vruchtbaarheid van het rund.

Intoxicatie verschijnselen van vitamine E zijn niet gekend.

**D. Vitamine K3 (Menadione)**

Een vitamine K tekort uit zich bij het rund in een vertraagde bloedstolling. Vanwege dat vitamine K geen of slecht weinig reserve aanmaakt in het lichaam, wordt een overmaat aan vitamine K niet waargenomen.

### **1.2.3.2 Wateroplosbare vitaminen**

#### **A. Vitamine C (Ascorbinezuur)**

Vitamine C tekorten zijn niet gekend. Het dier is door de eigen synthese zelf in staat om in zijn behoefte te voorzien.

Een overmaat wordt niet waargenomen, ten gevolge van de afvoer via de urine.

#### **B. Vitamine B-complex**

Tekorten aan vitaminen van het B-complex leiden in het algemeen tot een verminderde gezondheid, groei, melkproductie en vruchtbaarheid. Mogelijk kunnen ook storing omtrent de zenuwstelsel optreden.

Een overmaat wordt eveneens niet waargenomen, vanwege de afvoer via de urine.

Ondanks de eigen synthese is van sommige B-vitamines bekend dat extra toevoeging gedurende langere periode, als aanvulling op de eigen synthese in de pens, tot zinvolle verbeteringen kan leiden bij de gezondheid van het rund.

Dit is onder anderen het geval bij vitamine B8 ook biotine genaamd. Een toevoeging van deze vitamine bleek uit onderzoek een verhoogde melkproductie en een stevigere klauw met verminderde klauwproblemen tot gevolg te geven.

Het effect van de toevoeging van biotine via het voeder, bleek groter te zijn bij hoog productieve koeien (boven 20 kg melk per dag) en lager bij een productie niveau onder 20 kg melk per dag.

Voorts heeft men vastgesteld dat bij hoog productieve koeien die een groot aandeel krachtvoer in hun randsoen krijgen, de synthese van biotine door de micro-organismen in de pens tot de helft kan afnemen.

Hierbij is mogelijk vast te stellen dat het positief effect van het toevoegen van vitamine B8, een gevolg is van een niet optimale penswerking bij de koe.

### 1.3 Interacties tussen mineralen en vitaminen

Tabel 1.3.1 Interacties tussen mineralen en vitaminen

	Mineraal, vitamine dat invloed heeft														Vitamine B										
	N	Ca	P	Mg	Na	K	Cl	S	Fe	Cu	Co	Mn	Zn	I		Se	Mo	Cr	Ni	Vitamine A	Vitamine D	Vitamine E	Vitamine K	Vitamine C	
Mineraal, vitamine dat invloed wordt																									
N																									
Ca			•	•		•															•				
P				•																	•				
Mg			•																						
Na																									
K						•																			
Cl							•																		
S																									
Fe									•																•
Cu										•															
Co																									
Mn												•													
Zn														•											
I																									
Se																									
Mo																									
Cr																									
Ni																									
Vitamine A																									
Vitamine D																									
Vitamine E																									
Vitamine K																									
Vitamine C																									
Vitamine B																									

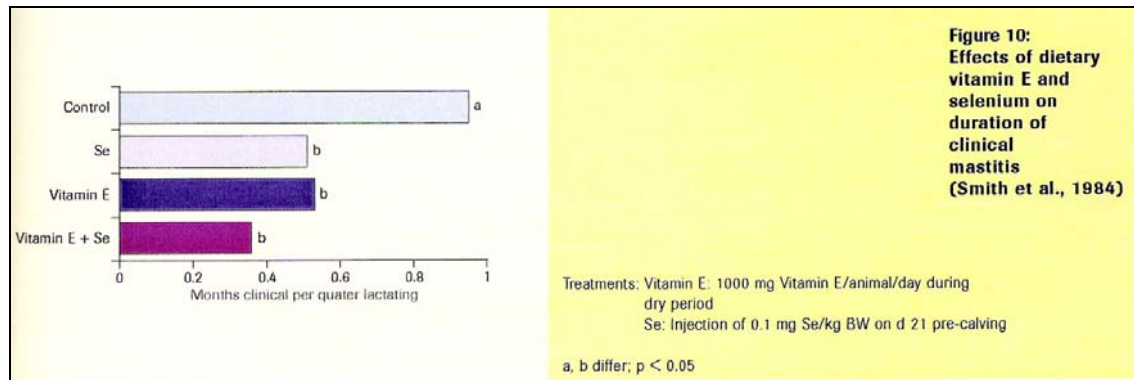
Tabel 1.3.2 Interacties tussen mineralen en vitaminen: Bespreking

<b><i>Mineraal, vitamine dat invloed heeft</i></b>	<b><i>Bespreking interactie</i></b>
<b><i>N</i></b>	Een overmaat aan onbestendig eiwit (N) vermindert de absorptie van Mg.
<b><i>Ca</i></b>	Een verhoogd Ca gehalte vermindert de absorptie van P, Mg, Mn, Zn, Cu, Fe en I.  Een verhoogd Ca gehalte verhoogt de P uitscheiding.  Een Ca/P verhouding die afwijkt van 1 à 2/1 verhoogt de behoefte aan vitamine D.
<b><i>P</i></b>	Een verhoogd P gehalte vermindert de absorptie van Ca, Mg, Mn.  Een Ca/P verhouding die afwijkt van 1 à 2/1 verhoogt de behoefte aan vitamine D.
<b><i>Mg</i></b>	Een verhoogd Mg gehalte vermindert de opname van P.  Een verlaagd Mg gehalte vermindert de werking van vitamine D en verlaagd de Ca absorptie en resorptie.
<b><i>Na</i></b>	Na is samen met K en Cl van belang voor de kationen-anionen balans of het zuur-base evenwicht.
<b><i>K</i></b>	Een verhoogd K gehalte vermindert de absorptie van Mg en Ca.  Bij een verhoogd K gehalte is er een verlaagd Na gehalte.  K is samen met Na en Cl van belang voor de kationen-anionen balans of het zuur-base evenwicht.
<b><i>Cl</i></b>	Cl is samen met K en Na van belang voor de kationen-anionen balans of het zuur-base evenwicht.
<b><i>S</i></b>	Een verhoogd S gehalte vermindert de absorptie van Cu en Se.  Een verhoogd S gehalte verhoogt de behoefte aan Mo.  S is aanwezig in de vitaminen B1 en B8.
<b><i>Fe</i></b>	Een verhoogd Fe gehalte vermindert de absorptie van P, Cu, Mn, Zn.  Door een verhoogd Fe gehalte is er een hogere behoefte aan anti-oxidanten en dus een verhoogde behoefte aan Se, Vitamine A, E en C.
<b><i>Cu</i></b>	Een verhoogd Cu gehalte verlaagt de Fe opname.  Cu verhoogt het gehalte aan Se in de lichaamsweefsels.

<b>Co</b>	Co is noodzakelijk voor de synthese van vitamine B12.
<b>Mn</b>	Een verhoogd Mn gehalte vermindert de absorptie van Fe, P en Cu.  Een verlaagd Mn gehalte samen met een Ca/P verhouding die afwijkt van 1 à 2/1 => leidt tot onvruchtbaarheid.  Een verhoogd Mn gehalte geeft een verlaagd Mg gehalte in het bloed.
<b>Zn</b>	Een verhoogd gehalte Zn verlaagt de absorptie van Fe, Cu, P.  Een verhoogd Zn gehalte bevordert de uitscheiding van S via de mest.
<b>I</b>	
<b>Se</b>	Se en Vitamine E versterken elkaars werking.
<b>Mo</b>	Een verhoogd Mo gehalte vermindert de absorptie van Cu.  Een verhoogd Mo gehalte verhoogt de P uitscheiding via de urine.  Een verlaagd Mo gehalte vermindert de kans op nitraatvergiftiging.
<b>Cr</b>	
<b>Ni</b>	
<b>Vitamine A</b>	Een overmaat aan vitamine A vermindert de opname van vitamine D.
<b>Vitamine D</b>	De behoefte van vitamine D is afhankelijk van de Ca/P verhouding. Een Ca/P verhouding die afwijkt van 1 à 2/1 verhoogt de behoefte.  Een verlaagd vitamine D gehalte verlaagt de Ca absorptie en resorptie.
<b>Vitamine E</b>	Vitamine E en Se versterken elkaars werking.  Een verhoogd vitamine E gehalte verbetert de absorptie van vitamine A.
<b>Vitamine K</b>	
<b>Vitamine C</b>	Vitamine C is van belang bij het transport van Fe.  Vitamine C is nodig bij de inbouw van vitamine B11 in enzymen
<b>Vitamine B</b>	



Voorbeeld: Interactie tussen selenium en Vitamine E



Figuur 1.3.3 Het effect van Vitamine E en selenium op de duur van klinische mastitis

De duur van klinische mastitis wordt door toediening van Vitamine E of selenium verkort. Een suppletie van selenium in combinatie met vitamine E, geeft een sterkere verkorting van de duur van de infectie ten opzichte van het toedienen van elk element apart.

#### **1.4 Mineralen aanbod van enkele basisrantsoenen in vergelijking met mineralen behoeften**

Er is uit gegaan van de ruwvoerders die het grootste gedeelte van een basisrantsoen voor melkvee uitmaken, namelijk graskuil en maïskuil.

De samenstelling van deze ruwvoerders kan sterk variëren.

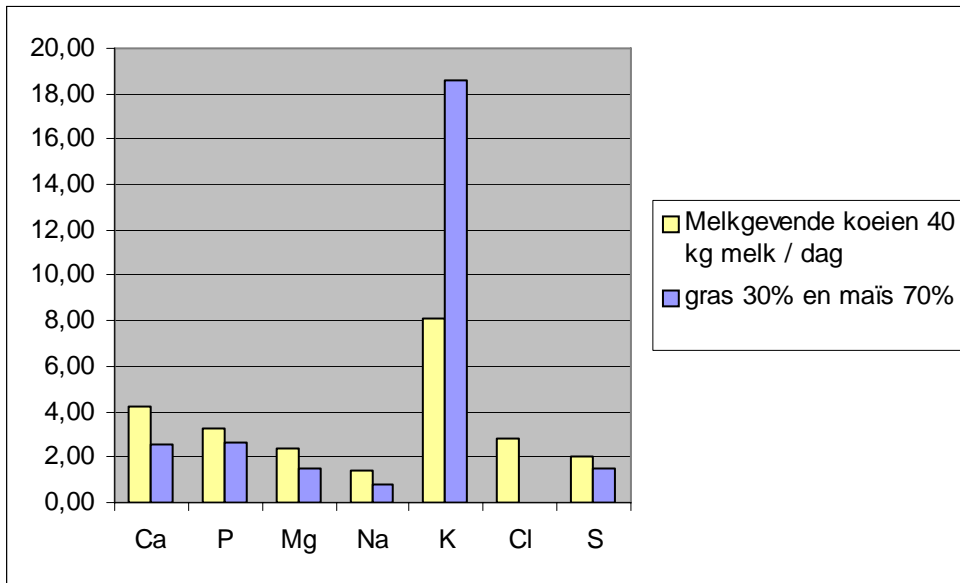
Factoren die invloed hebben op de mineralen samenstelling van deze ruwvoerders zijn onder anderen de botanische samenstelling van de plant, het ontwikkelingsstadium en de rijpheid van de plant bij oogst, de bemesting, de grondsoort en de Ph en ontwatering van de bodem. Ook grondverontreiniging en mineralenverliezen ten gevolge van perssappen bij bewaring kunnen de mineralen samenstelling in ruwvoeder doen variëren.

Graskuil en maïs hebben zoals de meeste voedermiddelen een tekort aan één of meerdere mineralen om aan de behoefte van een dier te kunnen voldoen. Deze tekorten aan mineralen, worden meestal aangevuld via samengesteld krachtvoer en/of via een mineralenkern. Het verstrekken van een mineralenkern kan vooral nodig zijn bij laagproductieve koeien die naast een eenzijdig basis randsoen weinig of geen krachtvoer krijgen, of wanneer een gedeelte van het samengesteld krachtvoer vervangen wordt door een grondstof zoals bijvoorbeeld geplette tarwe.

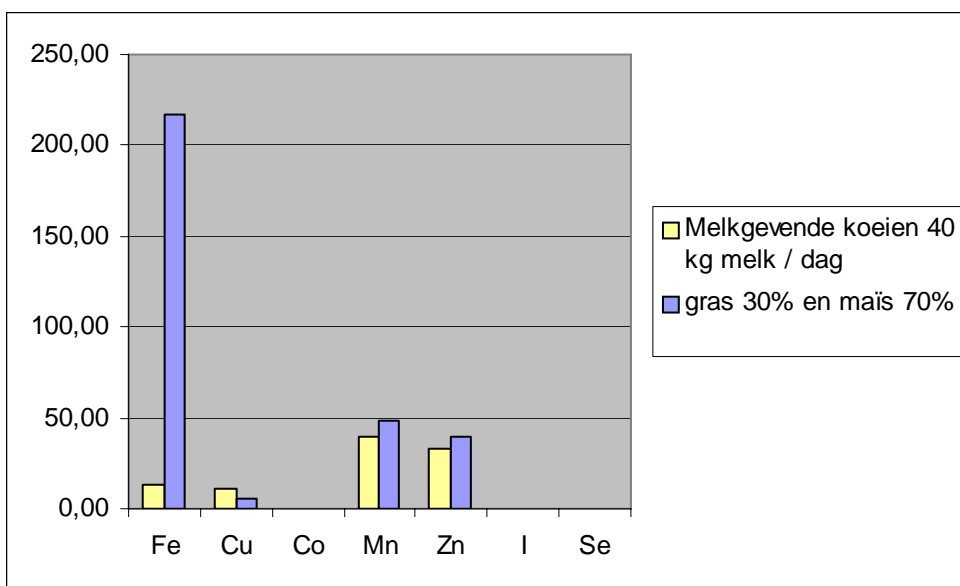
Graskuil en maïs kunnen in een basisrantsoen voorkomen onder verschillende verhoudingen.

In onderstaande grafieken is de behoefte van melkgevende koeien vergeleken met het mineralen aanbod uit de combinatie van graskuil en maïs in de verhoudingen 30/70, 50/50 en 70/30. (bijlage 2)

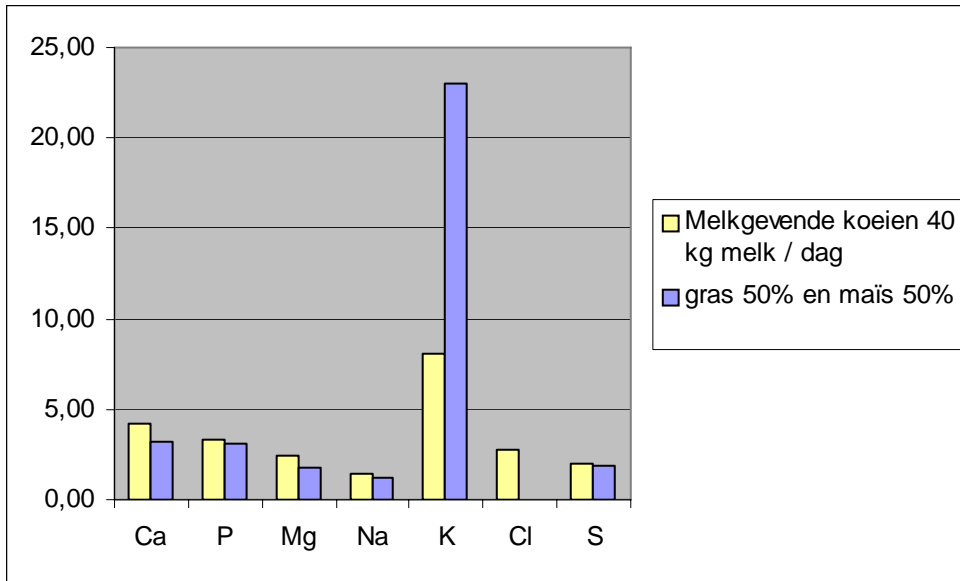
Grafiek 1.4.1.a Behoefte – Aanbod [g/kg droge stof]



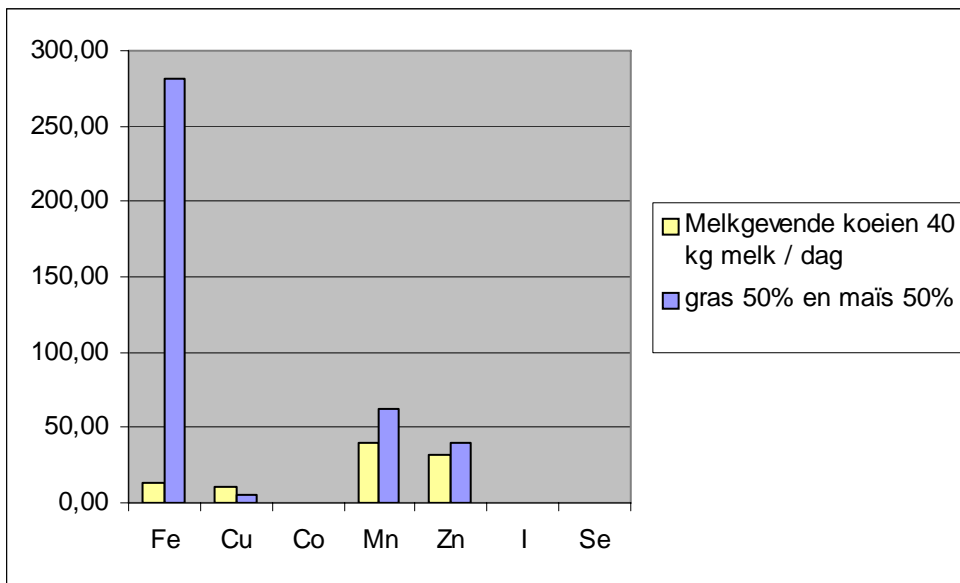
Grafiek 1.4.1.b Behoefte – Aanbod [mg/kg droge stof]



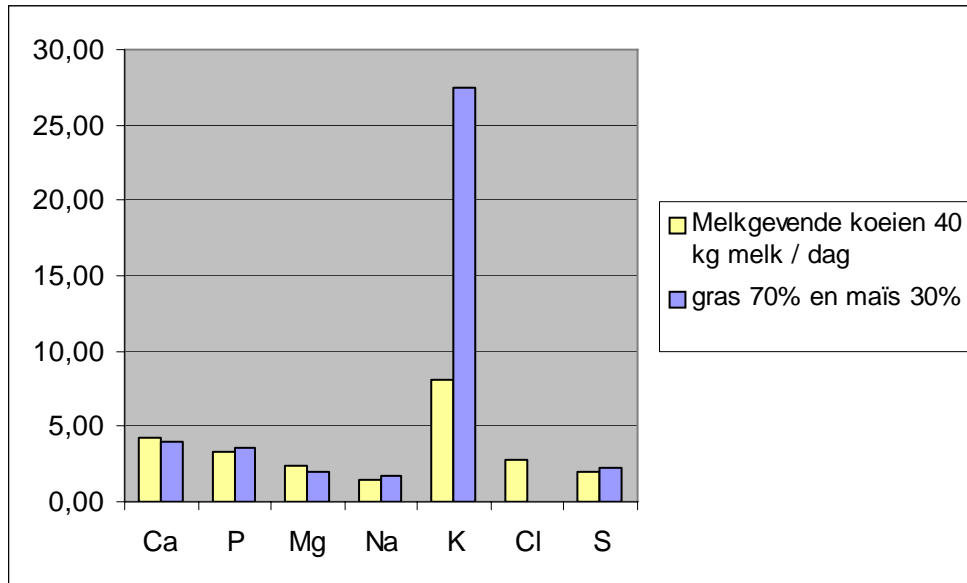
Grafiek 1.4.2.a Behoefte – Aanbod [g/kg droge stof]



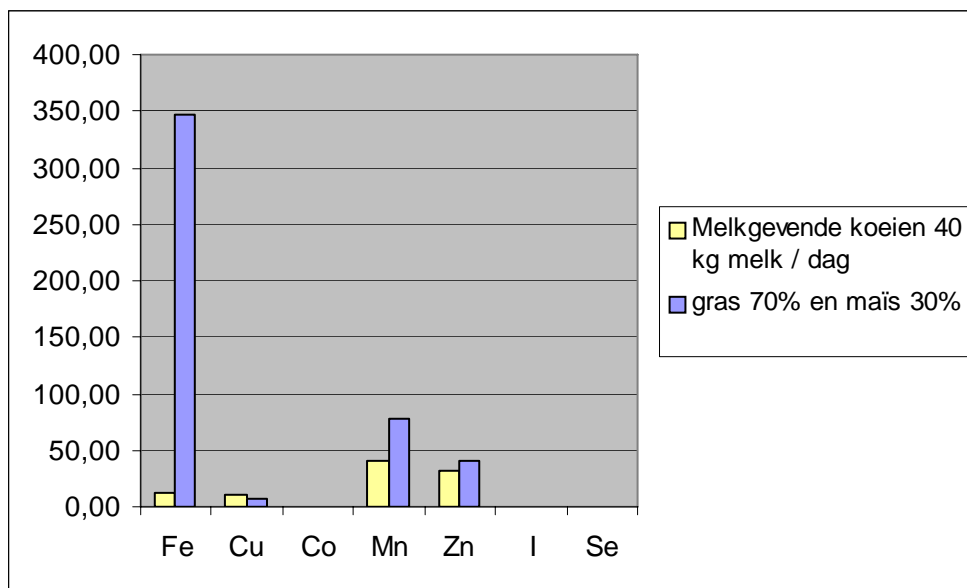
Grafiek 1.4.2.b Behoefte – Aanbod [mg/kg droge stof]



Grafiek 1.4.3.a Behoefte – Aanbod [g/kg droge stof]



Grafiek 1.4.3.b Behoefte – Aanbod [mg/kg droge stof]



#### Algemeen besluit:

Een verhoging van het aandeel graskuil, geeft in het algemeen een verhoogd aanbod aan mineralen per kg droge stof.

Bij een gras/maïs verhouding van 70/30 worden de behoeften aan de mineralen calcium, fosfor, magnesium, natrium en zwavel het beste aangevuld.

Verder is er op te merken dat het kalium en het ijzer gehalte zowel bij een lage als een hoge gras/maïs verhouding, ver boven de behoeften van het dier ligt.

De waarden van de mineralen selenium en kobalt zijn niet waar te nemen in de grafieken, in bijlage 2 kan men echter wel zien dat gras hogere gehalten aan selenium en kobalt bevat dan maïs.

## **2. Selenium voorziening op het stagebedrijf**

Naar aanleiding van aanhoudende problemen met uierontstekingen op het stagebedrijf, heeft men in de loop van de jaren 2005 en 2006 bij drie koeien, drie maal een bloedanalyse uitgevoerd. Op onderzoek naar de selenium en vitamine E voorziening. Het bedrijf kampte in het jaar 2004 namelijk met 156 uierontstekingen, wat 223 % bedroeg ten opzichte van de gemiddelde aanwezige melkveestapel. Dit was ruim boven de opgestelde grens van 36 % per jaar.

Uit de bloedanalyses bleek dat men bij de drie koeien te lage selenium gehalten in het bloed kon waarnemen.

De drie onderzochte dieren vertoonden in de periode van de eerste bloed staalnamen symptomen van klinische en subklinische mastitis. In de loop van het jaar heeft men bij deze koeien nog twee maal een bloedstaal genomen, ter controle op de vitamine E en vooral de selenium voorziening van deze dieren.

Verder in de tekst volgt een bespreking van de bloedanalyse en een verdere uitdieping op de selenium voorziening van de drie onderzochte koeien.

### **2.1 Resultaten bloedonderzoek**

Tabel 2.1.1 Resultaten bloedonderzoek

<b><i>Koe nummer 28</i></b>			
<b><i>Datum Bloedstaalname</i></b>	<b><i>Vitamine E waarde</i></b>	<b><i>Referentie waarde Vitamine E</i></b>	<b><i>Selenium waarde</i></b>
<i>13/04/2005</i>	<i>7,3 mg/l</i>	<i>3,0 -7,0 mg/l</i>	<i>52,9 µg/l</i>
<i>28/12/2005</i>	<i>7,2 mg/l</i>	<i>3,0 -7,0 mg/l</i>	<i>80,0 µg/l</i>
<i>28/04/2006</i>	<i>4,9 mg/l</i>	<i>3,0 -7,0 mg/l</i>	<i>60,2 µg/l</i>

<b><i>Koe nummer 44</i></b>			
<b><i>Datum Bloedstaalname</i></b>	<b><i>Vitamine E waarde</i></b>	<b><i>Referentie waarde Vitamine E</i></b>	<b><i>Selenium waarde</i></b>
<i>13/04/2005</i>	<i>9,2 mg/l</i>	<i>3,0 -7,0 mg/l</i>	<i>64,2 µg/l</i>
<i>28/12/2005</i>	<i>5,9 mg/l</i>	<i>3,0 -7,0 mg/l</i>	<i>64,6 µg/l</i>
<i>28/04/2006</i>	<i>5,3 mg/l</i>	<i>3,0 -7,0 mg/l</i>	<i>59,0 µg/l</i>

<b><i>Koe nummer 64</i></b>			
<b><i>Datum Bloedstaalname</i></b>	<b><i>Vitamine E waarde</i></b>	<b><i>Referentie waarde Vitamine E</i></b>	<b><i>Selenium waarde</i></b>
<i>13/04/2005</i>	<i>6,1 mg/l</i>	<i>3,0 -7,0 mg/l</i>	<i>50,8 µg/l</i>
<i>28/12/2005</i>	<i>7,2 mg/l</i>	<i>3,0 -7,0 mg/l</i>	<i>74,1 µg/l</i>
<i>28/04/2006</i>	<i>2,8 mg/l</i>	<i>3,0 -7,0 mg/l</i>	<i>74,4 µg/l</i>

De bloedanalyse toont aan dat het gehalte aan vitamine E bij de drie koeien grotendeels binnen de referentiewaarden ligt.

Voor de verdere bespreking van selenium heeft men de selenium waarden in  $\mu\text{g/l}$  uit de bloedanalyse, omgerekend naar GSH-Px U/g Hb of de activiteit van het enzym glutathion-peroxidase (GSH-Px) per gram hemoglobine in het bloed.

Dit omdat selenium aanwezig is in het enzym glutathion-peroxidase (GSH-Px), en de waarde van dit enzym in runderbloed een goede maat is om de seleniumstatus van runderen te beoordelen.

Om problemen te vermijden zou de gemiddelde GSH-Px waarde van een bedrijf tussen de 120 en 600 U/g Hb moeten liggen (Referentie: Bijlage 1)

Het duurt ongeveer 6 tot 8 weken voordat de selenium die het dier opneemt, wordt ingebouwd in het enzym glutathion-peroxidase. Bij een wijziging in het selenium aanbod door bijvoorbeeld een randsoen verandering, zal men pas na 6 tot 8 weken een veranderen van de GSH-Px waarde waarnemen.

Omrekening  $\mu\text{g}$  selenium/l bloed naar GSH-Px U/g Hb:

1. Selenium waarde bloed ( $\mu\text{g/l}$ ) x 8,29 – 68,77 = GSH-Px activiteit in U kat/l bloed (Referentie: Bijlage 4)
2. GSH-Px activiteit in U kat/l x 60 = GSH-Px activiteit in U/l bloed
3. GSH-Px activiteit in U/l : gemiddeld 460,8 gram Hemoglobine (g Hb)/l bloed = GSH-Px U/g Hb

Voorbeeld:

Koe nr. 28, bloedanalyse 13/04/2005

1.  $52,9 \mu\text{g/l} \times 8,29 - 68,77 = 369,77 \text{ U kat/l}$
2.  $369,77 \times 60 = 22\ 186,26 \text{ U/l}$
3.  $22\ 186,26 : 460,8 = 48,15 \text{ GSH-Px U/g Hb}$

Uit de berekening blijkt dat de hoeveelheid GSH-Px in het bloed een verband heeft met de hoeveelheid hemoglobine in het bloed.

Vermits het mineraal ijzer instaat bij de vorming van de hemoglobine of rode bloedcellen, heeft het ijzer gehalte onrechtstreeks invloed op de aanwezigheid van GSH-PX en dus selenium in het bloed.

Hierbij zal een verhoogd ijzergehalte een verhoogd gehalte aan hemoglobine geven, wat de activiteit van het enzym glutathion-peroxidase per liter bloed vermindert, ten gevolge van een verhoogde productie aan vrije radicalen. De behoefte aan glutathion-peroxidase en dus ook de behoefte aan selenium wordt hiermee verhoogd.

Een verlaagd ijzer en hemoglobine gehalte daarentegen, verhoogd de enzym activiteit per liter bloed. Hierdoor zal de behoefte aan glutathion-peroxidase en selenium verlagen.

Tabel 2.1.2 GSH-Px waarde van de selenium waarde uit de bloedanalyse

<b>Koe nummer 28</b>			
<i>Datum Bloedstaalname</i>	<i>Selenium waarde</i>	<i>GSH-Px U/g Hb</i>	<i>Referentiewaarde GSH-Px U/gHb</i>
13/04/2005	52,9 µg/l	48,15	120 - 600
28/12/2005	80,0 µg/l	77,40	120 - 600
28/04/2006	60,2 µg/l	56,03	120 - 600

<b>Koe nummer 44</b>			
<i>Datum Bloedstaalname</i>	<i>Selenium waarde</i>	<i>GSH-Px U/g Hb</i>	<i>Referentiewaarde GSH-Px U/gHb</i>
13/04/2005	64,2 µg/l	60,34	120 - 600
28/12/2005	64,6 µg/l	60,78	120 - 600
28/04/2006	59,0 µg/l	54,73	120 - 600

<b>Koe nummer 64</b>			
<i>Datum Bloedstaalname</i>	<i>Selenium waarde</i>	<i>GSH-Px U/g Hb</i>	<i>Referentiewaarde GSH-Px U/gHb</i>
13/04/2005	50,8 µg/l	45,88	120 - 600
28/12/2005	74,1 µg/l	71,03	120 - 600
28/04/2006	74,4 µg/l	71,35	120 - 600

\*Referentiewaarden: Waarden waarbinnen 95% van de dieren ligt van een niet-afwijkende populatie.

In de tabellen is waar te nemen dat de drie onderzochte koeien een afwijkende waarde hebben ten opzichte van de referentiewaarden tussen 120 en 600 GSH-Px U/g Hb.

Er is een duidelijk tekort aan selenium bij deze dieren.

Men kan hieruit mogelijk besluiten dat deze dieren de selenium status van de dieren op gans het bedrijf weergeeft, of dat de onderzochte dieren een uitzondering zijn ten opzichte van de selenium status op het bedrijf.

Bij de hierboven berekende de activiteit van het enzym glutathion-peroxidase (GSH-Px) per gram hemoglobine in het bloed, heeft men voor het gewicht van de hemoglobine in het bloed een gemiddelde waarde genomen ( Referentie: Tabel 1.1.3.1 Grenswaarden om tekorten aan mineralen bij het rund op te sporen, Fe).

Om een correcte beoordeling over de GSH-Px U/g Hb te kunnen doen, zou men het werkelijke ijzer en hemoglobine gehalte in het bloed van de onderzochte dieren moeten weten.



## 2.2 Selenium aanbod in vergelijking met de behoeften

De selenium concentratie in voedermiddelen kan sterk variëren.

Het gehalte aan selenium in ruwvoeder varieert afhankelijk van de plantensoort, het deel van de plant dat gebruikt wordt en het tijdstip dat het ruwvoeder geoogst wordt.

Ook de textuur en de bemesting van de bodem beïnvloed het gehalte aan selenium in ruwvoeder.

Dieren die enkel ruwvoeder verstrekt krijgen, en in het bijzonder bij maïs zullen ten gevolge van lage seleniumgehalten in het voeder gevoelig zijn voor selenium tekort.

Het verstrekken van samengesteld krachtvoer en of een gevitamineerd mineralenmengsel is hierbij van belang om aan de selenium behoefte van de dieren te voldoen.

De behoeftenorm aan selenium in een totaal randsoen wordt gesteld op 0,1 tot 0,3 mg/kg droge stof.

Selenium is in hoge concentraties toxisch. Indien er over een periode van enkele weken tot maanden een randsoen gevoederd wordt dat 5 tot 40 mg selenium per kg droge stof bevat, treedt er chronische toxiciteit op bij melkvee.

Om de kans op toxiciteit te vermijden is de behoeftenorm voor een melkvee randsoen tot 20 maal lager dan het laagste gehalte dat chronische toxiciteit kan veroorzaken.

Hieromtrent verplicht tevens de wetgeving dat krachtvoer maximum 0,5 mg Se/kg en mineralenmengsels maximum 20 mg Se/kg (Natriumseleniet) mogen bevatten.

Tabel 2.2.1 Factoren voor het berekenen van de selenium behoefte

Factor	Eenheid	Behoefte melkvee
Onderhoud	µg/kg lichaamsgewicht	0,5
Dracht (vanaf 8 weken voor de kalving)	mg/dag	0,06 *
Groei	mg/kg groei	0,05
Melk	mg/kg melk	0,02
Werkelijke absorptie	%	40

\* Er is vanuit gegaan dat het kalf een geboorte gewicht heeft van 44 kg.

Handleiding Mineralenvoorziening Rundvee, Schapen, Geiten (2005)

Tabel 2.2.2 Selenium behoeften melkvee (650 kg LG)

	Eenheid	Normen voor selenium behoeften*	
		behoefte / dier / dag	behoefte / kg DS
Droogstaande koeien in Farr-of periode 8 tot 3 weken voor afkalven (1)	mg	1,44	0,13
Droogstaande koeien in Close-up periode 3 tot 0 weken voor afkalven (2)	mg	1,44	0,13
Melkgevende koeien 20 kg melk / dag (3)	mg	2,72	0,15
Melkgevende koeien ** 30 kg melk / dag	mg	3,50	0,16
Melkgevende koeien 40 kg melk / dag (4)	mg	4,22	0,18

(1) uitgaande van randsoen met energiewaarde per kg DS van 800 VEM, voederopname 11,5 kg DS /dag

(2) uitgaande van randsoen met energiewaarde per kg DS van 920 VEM, voederopname 11,0 kg DS /dag

(3) uitgaande van randsoen met energiewaarde per kg DS van 920 VEM, voederopname 18,5 kg DS /dag

(4) uitgaande van randsoen met energiewaarde per kg DS van 970 VEM, voederopname 23,5 kg DS / dag

\* Bij de berekening van de norm is de behoefte vermenigvuldigt met de veiligheidsfactor 1,5.

Bij de berekening van de behoeftenorm is de werkelijke absorptie in rekening gebracht

=> Behoeftenorm = nettobehoefte: werkelijke absorptie x veiligheidsmarge

Handleiding Mineralenvoorziening Rundvee, Schapen, Geiten (2005)

\*\* Opgenomen uit Handboek Melkveehouderij (2006)

De berekeningen van het selenium aanbod in het randsoen zijn gebaseerd op praktische gegevens van de onderzochte dieren, waarvan met behulp van theoretische berekeningen het aanbod in het randsoen per dier, per dag bepaald is. (Bijlage 3: gegevens koeien)  
Het aanbod in het randsoen is dus een theoretisch gegeven. Er zijn geen praktische invloeden zoals een verlaagde voederopname ten gevolge van weersomstandigheden, rantsoenwisselingen of gezondheidsproblemen in rekening gebracht.

Rekenvoorbeeld:

Koe nummer 28, rantsoen 1/02/2005.

1. Randsoen:

- a. VOC of voederopname capaciteit => 16,337
- b. Verzadigingswaarde basisrantsoen => 13,79 VW=> 0,86 VW/kg droge stof (DS)
- c. Drogestof opname uit basisrantsoen en krachtvoeder:

**c.1 VOC – (VW krachtvoeder x kg DS krachtvoeder verstrekt per dag) = VOC uit basisrantsoen**

$$16,337 \text{ VOC} - (0,32 \text{ VW} \times 3,22 \text{ kg DS}) = 15,307 \text{ VOC basisrantsoen}$$

**c.2 VOC uit ruwvoeder : VW/kg DS basisrantsoen**

$$15,307 \text{ VOC} : 0,86 \text{ VW/kg DS} = 17,8 \text{ kg DS uit basisrantsoen} + 3,22 \text{ kg DS krachtvoer}$$

*Opmerking:*

*Bij het berekenen van de voederopname capaciteit (VOC), is het lactatienummer, het aantal dagen lactatie en het aantal dagen dracht van het desbetreffende dier in rekening gebracht.*

*Voorts is de formule voor het berekenen van de voederopnamecapaciteit, gebaseerd op gegevens afkomstig van een Holstein-Friesian dier met een hoge genetische aanleg voor melkproductie en dat gehouden is onder optimale productieomstandigheden.*

$$\text{VOC} = \left[ \left\{ \left[ 8.0838 + 3.2956(1 - e^{-1.258 \text{lactatienr}}) \right] e^{0.3983(1 - e^{-0.05341 \text{lactatiedag}})} \right\} \left( 1 - 0.06907 \left( \frac{\text{drachtdag}}{220} \right) \right) \right]$$

*In deze praktijk situatie kunnen er echter afwijkingen op onder anderen productieomstandigheden mogelijk zijn. Waardoor men de berekende voederopname capaciteit zou moeten corrigeren met een correctiefactor die verschilt van bedrijf tot bedrijf.*

$$\text{VOC}(a, d, g) = \left[ \left\{ \left[ 8.0838 + 3.2956(1 - e^{-1.258a}) \right] e^{0.3983(1 - e^{-0.05341d})} \right\} \left( 1 - 0.06907 \left( \frac{g}{220} \right) \right) \right] \times C$$

*Vermits de correctiefactor voor het desbetreffende bedrijf niet gekend is, is deze niet in rekening gebracht. Dit heeft tot gevolg dat de berekende voederopname capaciteit uit het basisrantsoen, hoger zal liggen dan in werkelijkheid.*

*De hier verder berekende drogestof opname uit het basisrantsoen en het selenium aanbod in het basisrantsoen, zal hierdoor in werkelijkheid iets lager liggen dan de berekening aangeeft.*

- d. Drogestof opname uit basisrantsoen => percentuele verdeling per voedermiddel

Maïs (68 %) = 12,1 kg DS  
Voordroog (19 %) = 3,38 kg DS  
Soja (13 %) = 2,3 kg DS

- e. Kg DS van ieder voedermiddel uit het basisrantsoen wordt vermenigvuldigd met de selenium inhoud van het voedermiddel. (Referentie: Bijlage 2)

Maïs => 12,1 kg DS x 0,016 mg Se/kg DS = 0,194 mg Se  
Voordroog => 3,38 kg DS x 0,046 mg Se/kg DS = 0,155 mg Se  
Soja => 2,3 kg DS x 0,41 mg/kg DS = 0,943 mg Se

- f. Som van selenium aanbod in basisrantsoen => 1,292 mg Se/dag

2. Krachtvoer:

Er is een gemiddelde krachtvoergift berekend per dag per lactatie aan de hand van een totale hoeveelheid krachtvoer verstrekt aan deze koe en de melkproductie gedurende de lactatie.

Kg krachtvoer x selenium inhoud => 0,43 mg Se/kg x 3,5 kg KV = 1,505 mg Se/dag  
(Referentie: Bijlage 2)

3. Mineralen:

De samenstelling van het mineralen mengsel => Natriumseleniet 20 mg/ kg  
Berekening hoeveelheid selenium er in 20 mg/kg natriumseleniet aanwezig is:

Se : Na<sub>2</sub> SeO<sub>3</sub> = 78,96 g/mol : 172,93 g/mol => 78,96 : 172,93 x 20 mg/kg = 9,13 mg Se/kg

De selenium inhoud wordt vermenigvuldigd met de verstrekte hoeveelheid mineralen

9,13 mg /1000g x 100 gr/koe/dag = 0,913 mg Se/koe/dag

4. Water:

Aan de hand van de gemiddelde melkproductie gedurende de lactatie, is een gemiddelde vochtbehoefte per dag bepaald.

Gem. 25 kg melk/dag => gem. 105 liter water/dag

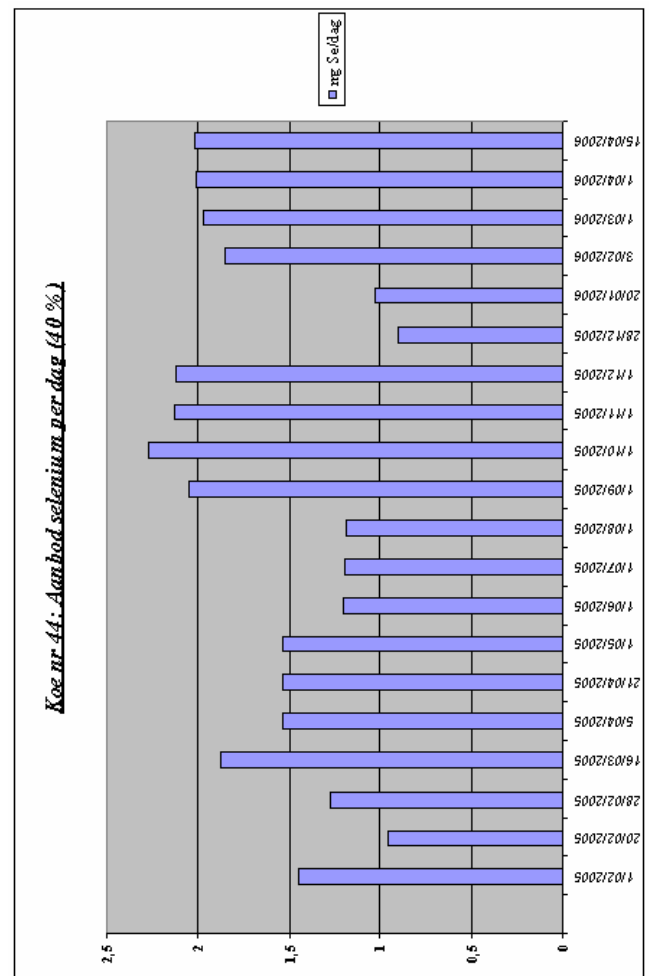
Vochtbehoefte per dag wordt vermenigvuldigd met een selenium waarde van 0,07 µg/liter grondwater.

105 liter x 0,07 µg/l = 7,35 µg/dag = 0,007 mg/dag



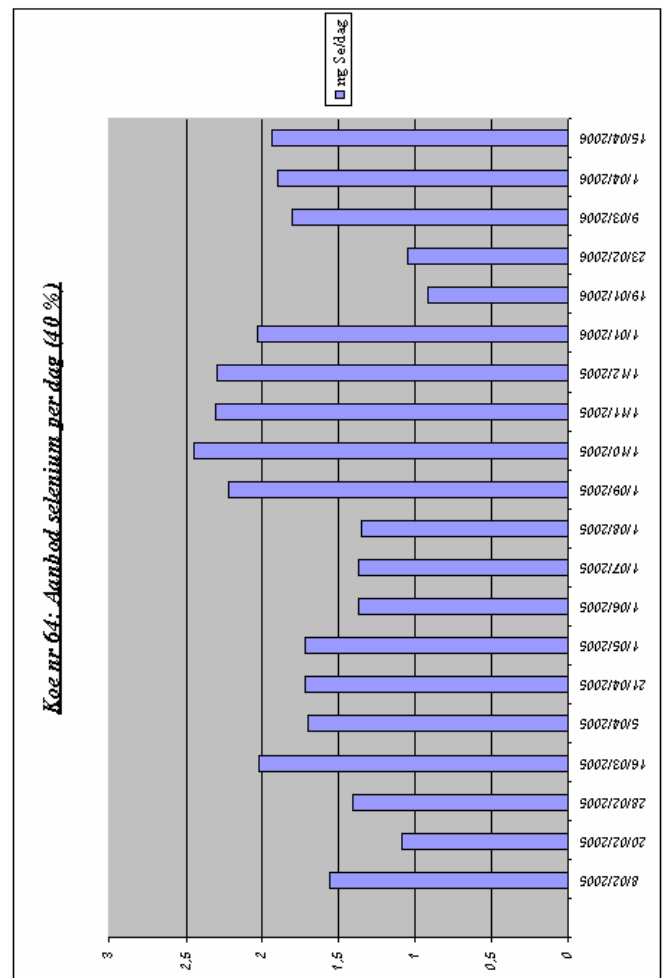
Tabel 2.2.3.b Selenium aanbod bij koe nummer 44

Koe nummer 44	Eenheid	Jaargang 2005-2006																			
		1/02/2005	20/02/2005	16/03/2005	5/04/2005	21/04/2005	1/05/2005	1/06/2005	1/07/2005	1/08/2005	1/09/2005	1/10/2005	1/11/2005	1/12/2005	23/12/2005	20/01/2006	3/02/2006	1/03/2006	1/04/2006	15/04/2006	
Randsoen	mg Se/dag	0,898	0,577	0,467	1,957	1,121	2,034	2,029	1,191	1,180	1,142	1,126	1,686	1,669	1,651	0,415	0,739	0,778	1,064	1,160	1,171
Randsoen samenstelling	maïs	x		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x		x	x	x	x	x
	voortroeg	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x		x	x	x	x	x
	weide																				
	soja	x			x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x				x	x	x
	drug				x	x	x	x													
ccm																					
Kranchvoeder	mg Se/dag	1,806	1,806	1,806	1,806	1,806	1,806	1,806	1,806	1,806	1,806	1,806	1,806	1,806	1,806			2,021	2,021	2,021	2,021
Mineralen	mg Se/dag	0,913	0,913	0,913	0,913	0,913						2,170	2,170	1,830	1,830	1,830	1,830	1,830	1,830	1,830	1,830
Water	mg Se/dag	0,007	0,007	0,007	0,007	0,007	0,007	0,007	0,007	0,007	0,007	0,007	0,007	0,007	0,007	0,007	0,007	0,007	0,008	0,008	0,008
Totaal	mg Se/dag	3,624	2,390	3,193	4,683	3,847	3,847	3,842	3,004	2,993	2,955	5,109	5,669	3,312	5,294	2,246	2,372	4,637	4,923	5,019	5,030
40% van het aanbod wordt werkelijk opgenomen	mg Se/dag	1,450	0,956	1,277	1,873	1,539	1,539	1,537	1,202	1,197	1,182	2,044	2,268	1,325	2,118	0,899	1,029	1,855	1,969	2,008	2,012

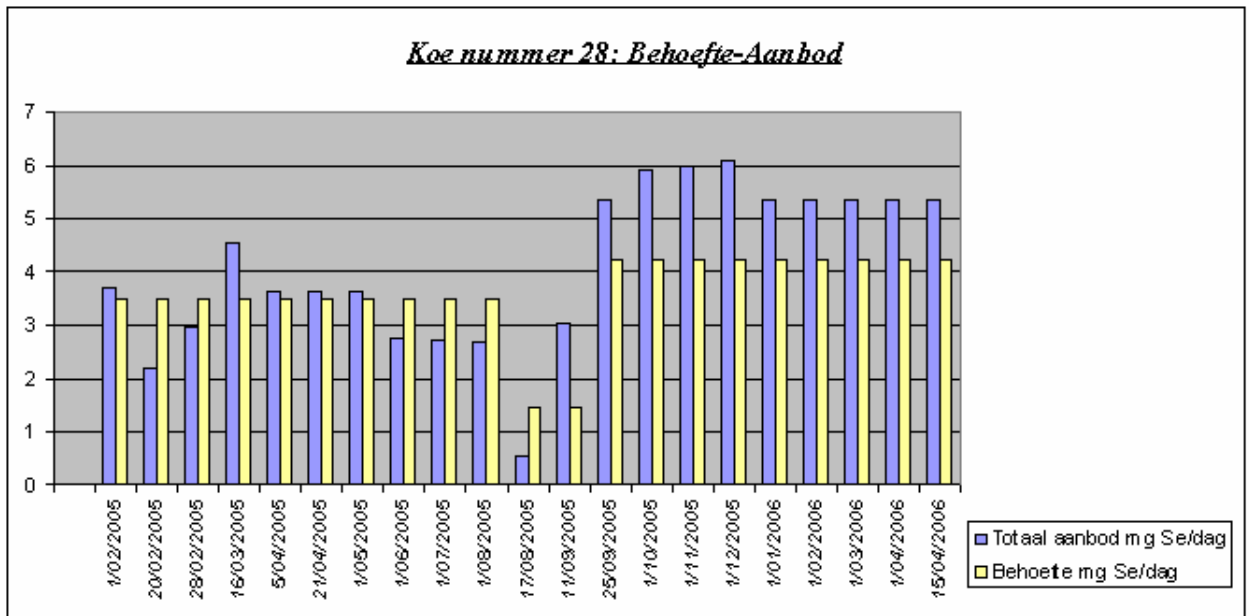


Tabel 2.2.3.c Selenium aanbod bij koe nummer 64

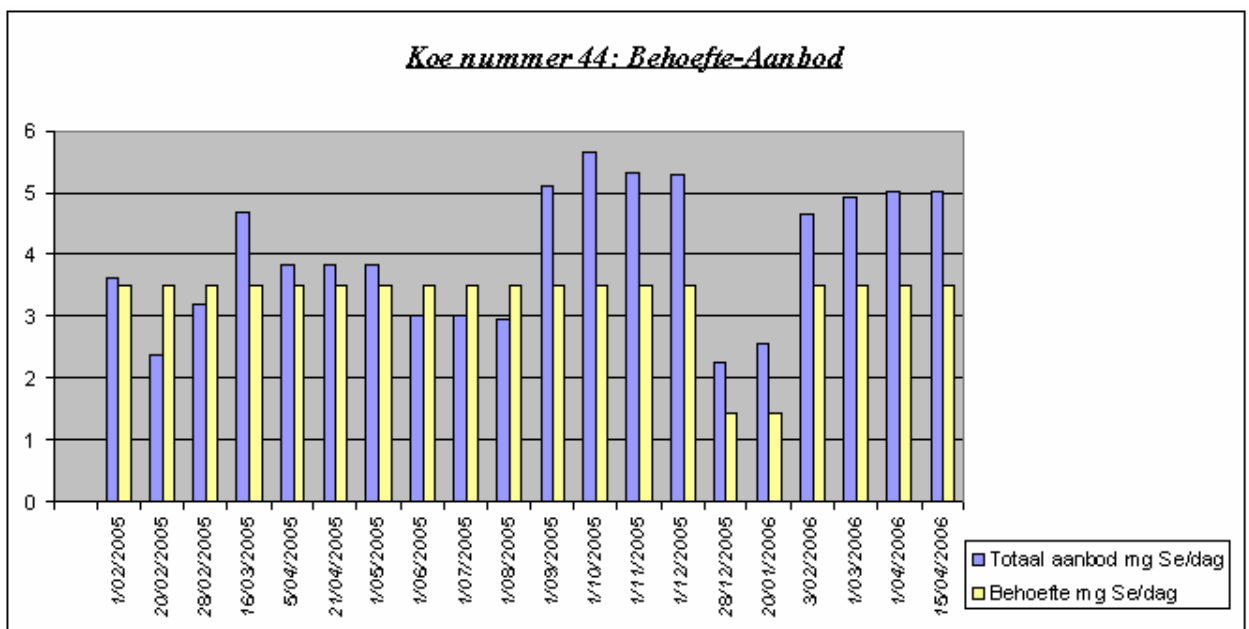
Koe nummer 64	Manier van Se aanbod	Eenheid	Jaargang 2005-2006																				
			8/02/2005	20/02/2005	28/02/2005	16/03/2005	5/04/2005	21/04/2005	1/05/2005	1/06/2005	1/07/2005	1/08/2005	1/09/2005	1/10/2005	1/11/2005	1/12/2005	1/01/2006	19/01/2006	23/02/2006	9/03/2006	1/04/2006	15/04/2006	
Randsoen		mg Se/dag	0,536	0,534		0,454	1,992	1,166	2,136	2,139	1,289	1,256	1,211	1,200	1,794	1,778	1,755	1,092	0,443	0,795	0,801	1,000	1,142
Randsoen samenstelling	maïs		x		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
	voortroeg		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
	weide																						
	soja		x		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
	drug																						
ccm																							
Kranchvoeder		mg Se/dag	2,150	2,150	2,150	2,150	2,150	2,150	2,150	2,150	2,150	2,150	2,150	2,150	2,150	2,150	2,150	2,150	2,150	2,150	1,849	1,849	1,849
Mineralen		mg Se/dag	0,913		0,913	0,913	0,913							2,170	1,830	1,830	1,830	1,830	1,830	1,830	1,830	1,830	1,830
Water		mg Se/dag	0,011	0,011	0,011	0,011	0,011	0,011	0,011	0,011	0,011	0,011	0,011	0,011	0,011	0,011	0,011	0,011	0,011	0,011	0,011	0,011	0,011
Totaal		mg Se/dag	3,910	2,695	3,528	5,066	4,240	4,297	4,300	3,480	3,417	3,372	5,331	5,331	6,125	5,769	5,746	5,083	2,276	2,628	4,490	4,749	4,831
40% van het aanbod wordt werkelijk opgenomen		mg Se/dag	1,564	1,078	1,411	2,026	1,696	1,719	1,720	1,372	1,367	1,349	2,212	2,212	2,450	2,308	2,298	2,033	0,910	1,051	1,796	1,900	1,932



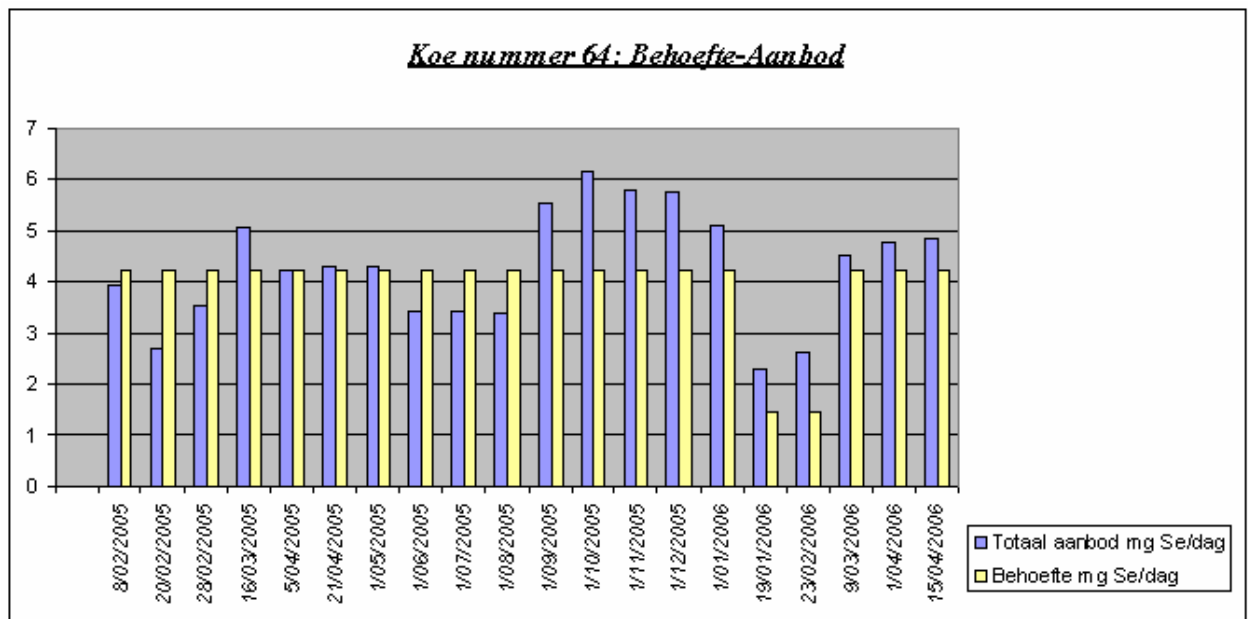
Voor de vergelijking van het aanbod aan selenium met de behoeften, zijn de normen gebruikt uit 'tabel 2.2.2 Selenium behoeften melkvee (650 kg LG)'. Vermits er enkel de normen voor de behoeften bij een melkproductie van 20 kg, 30 kg en 40 kg melk zijn weergegeven, is het aanbod vergeleken met de dichtst aangrenzende behoefte bij de werkelijke melkproductie.



Figuur 2.2.4.a Vergelijking behoefte met aanbod uit het randsoen



Figuur 2.2.4.b Vergelijking behoefte met aanbod uit het randsoen



Figuur 2.2.4.c Vergelijking behoefte met aanbod uit het randsoen

#### Algemeen besluit:

Uit de voorgaande tabellen en figuren kan afgeleid worden dat een basisrantsoen uit maïs, voordroog of weide en soja aangevuld met krachtvoer, voor de onderzochte dieren niet aan de selenium behoefte voldoet.

Een toevoeging van mineralen en/of draf en een verhoogde krachtvoergift doen het selenium aanbod sterk stijgen. In de perioden dat er een aanvulling met deze voedermiddelen plaatsvond, bevatte het randsoen dan ook een hoger selenium gehalte dan de behoefte voor het dier.

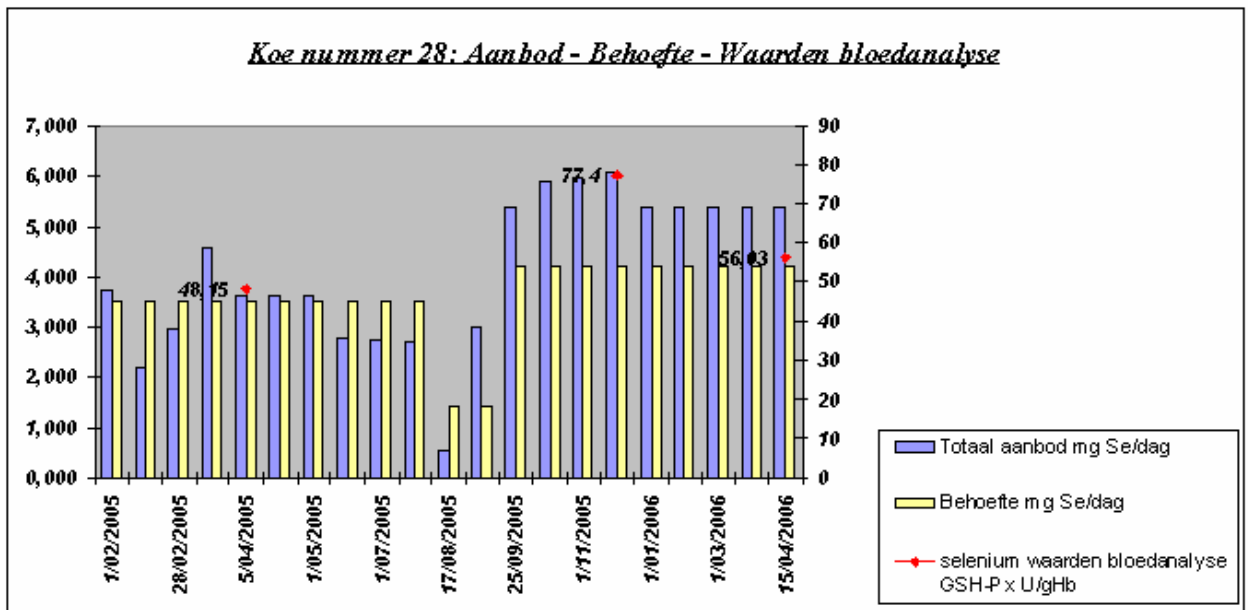
Hieruit kan men mogelijk besluiten dat voor de drie onderzochte dieren op het bedrijf, bovenop het basisrantsoen uit maïs, voordroog of gras en soja een verhoogde krachtvoergift en/of een extra toevoeging van mineralen of bijproduct noodzakelijk is om aan de selenium behoefte te voldoen.

Uit de rantsoen samenstelling en het selenium aanbod van 5 en 21 april 2005 bleek, dat het selenium aanbod vanuit draf, het selenium aanbod vanuit een mineralenmengsel volledig kan vervangen. Praktisch zal dit mogelijk anders zijn, omdat draf in tegenstelling tot een mineralen mengsel buiten mineralen nog andere voedingsstoffen bevat, die de fermentatie, de vertering bij het dier en de benutting van het mineraal mogelijk kunnen beïnvloeden.

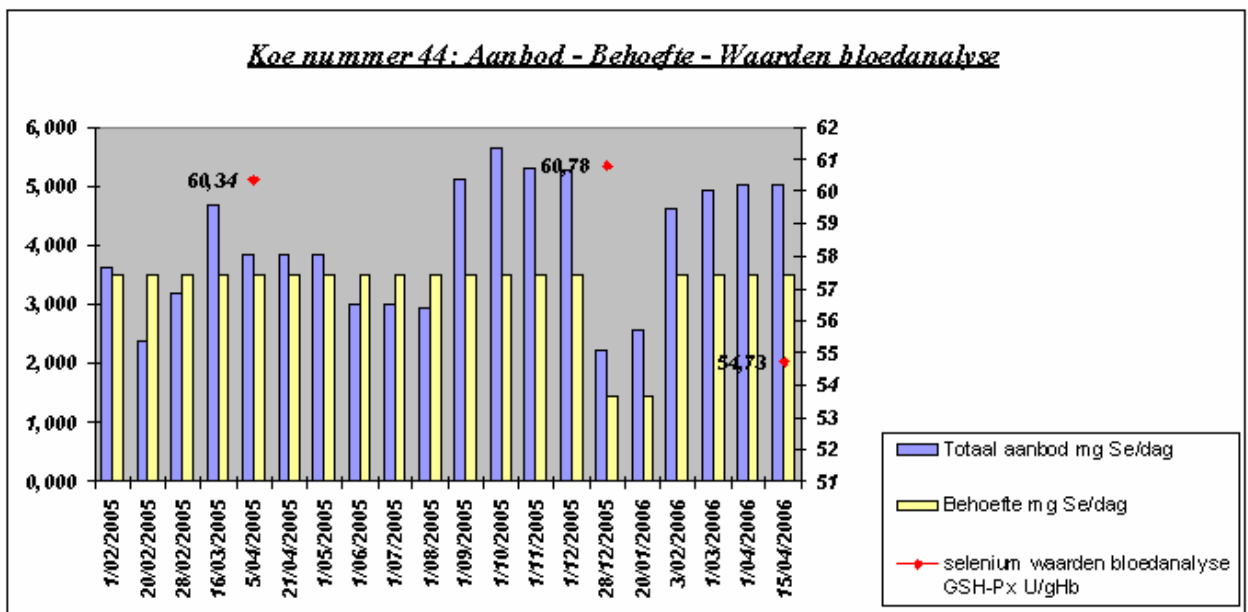
Verder is op te merken dat tijdens de droogstand, een extra toevoeging van mineralen bovenop het ruwvoeder noodzakelijk is om aan de selenium behoefte te voldoen. Dit kan waargenomen worden bij de vergelijking van koe nr. 28 met koe nr. 44 en 64.



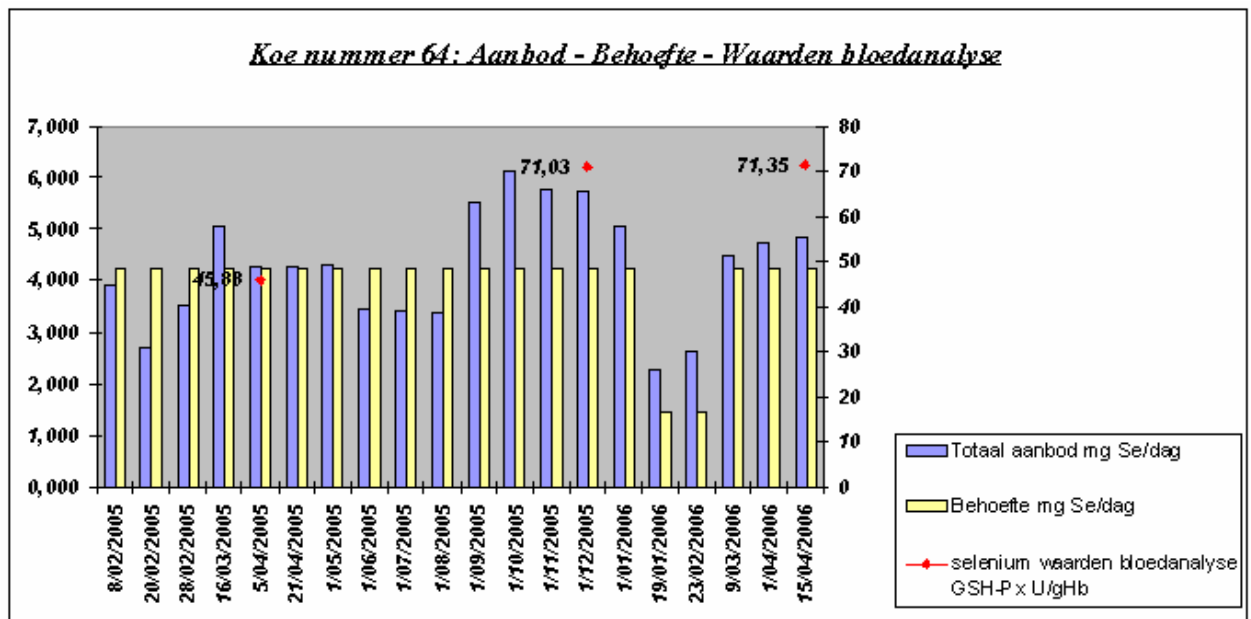
### 2.3 Selenium aanbod en behoefte in vergelijking met resultaten bloedonderzoek



Figuur 2.3.1 Vergelijking aanbod en behoefte met resultaten bloedonderzoek



Figuur 2.3.2 Vergelijking aanbod en behoefte met resultaten bloedonderzoek



Figuur 2.3.3 Vergelijking aanbod en behoefte met resultaten bloedonderzoek

#### Algemeen besluit:

Aan de hand van het gegeven dat men bij een wijziging in het selenium aanbod, pas na 6 tot 8 weken een verandering kan waarnemen in de GSH-Px activiteit per gram hemoglobine. Is het mogelijk dat de waarden van de bloedanalyse op 13 april 2005 een gevolg zijn van het tekort in aanbod in de maand februari.

Dit is tevens een mogelijke verklaring voor de verhoogde bloedwaarde van de drie dieren bij de bloedanalyse op 28 december 2005. Vermits het selenium aanbod de drie voorgaande maanden tot meer dan 1 mg per dag boven de behoefte kwam.

Voorts is er geen mogelijk verband waar te nemen tussen het selenium aanbod, de selenium behoefte en de resultaten van de bloedanalyses.

Wel is er mogelijk een verband waar te nemen tussen het voorkomen van klinische mastitis (bijlage 3) en een verlaagd selenium aanbod en/of een verlaagd selenium gehalte in het bloed.

De drie koeien die bij de eerste bloedanalyse klinische mastitis vertoonden, hadden elk een laag selenium gehalte in het bloed.

De koeien die bij de volgende bloedanalyses een verlaagd selenium gehalte vertoonden, kregen kort nadien klinische mastitis.

## **2.4 Mogelijke weerspiegeling van het selenium tekort in kengetallen van de melkveestapel op het stagebedrijf**

Tabel 2.4.1 Kengetallen stagebedrijf in de jaren 2004 en 2005

	2004	2005	Opgestelde grenswaarden
<i>Gemiddeld voorkomen mastitis per koe</i>	2,23	1,11	0,36
<b>Vruchtbaarheidsgetallen:</b>			
<i>Aantal inseminaties per dracht</i>	2,6	2,3	1,8
<i>Percentage dracht na 1e inseminatie</i>	31%	35%	50%
<i>Interval afkalven - dracht</i>	170 dagen	149 dagen	125 dagen*
<i>Fertiliteitsstatus</i>	-38,88	-23,85	0,28*

\* De waarden zijn genomen naar veronderstelling dat de fertiliteitsstatus positief dient te zijn.

Uit de tabel is waar te nemen dat de vruchtbaarheid en het voorkomen van mastitis op het bedrijf, niet voldoen aan de opgestelde grenswaarden. Indien het selenium tekort bij de drie onderzochte dieren de selenium status van gans het bedrijf zou weergeven, is het mogelijk dat dit hiervan een gevolg is.

Men kan opmerken dat in het jaar 2005 de resultaten beter zijn ten opzichte van het jaar 2004. Dit zou mogelijk een gevolg kunnen zijn van het bijvoederen van mineralen, waaronder selenium vanaf 2005.

Echter de vruchtbaarheid en het voorkomen van mastitis, zijn afhankelijk van vele factoren. Het is dus niet mogelijk te besluiten dat toevoeging van mineralen eventuele problemen op dit vlak verbeterd hebben.

Naar aanleiding van een verminderd aantal uierontstekingen in 2005 en het bijvoederen van mineralen vergelijken we de kostprijs van mastitis aan veeartskosten en verlies aan melk ten opzichte van de kostprijs van mineralen.

De kostprijs is berekend aan de hand van de werkelijke kosten en de werkelijk geleverde liters van het des betreffende jaar. Het verlies aan melk ten gevolge van mastitis, is berekend met een gemiddelde melkproductie per koe per dag, aan een melkprijs van 0,29 euro/ liter.

Tabel 2.4.2 Vergelijking kostprijs mastitis met kostprijs mineralen

	2004	2005
<i>Geleverde liters melk</i>	572.511	565.782
<i>gemiddeld aantal liter per koe per dag</i>	22,40	22,00
<i>Aantal uierontstekingen</i>	156	78
<i>Gemiddeld aantal dagen melkverlies/ uierontsteking</i>	5	5
<b>Kostprijs aan verlies van melk</b>		
	5.066,88 €	2.488,20 €
<b>Veeartskosten</b>	1.560,13 €	1.392,01 €
<b>Totale kostprijs mastitis</b>	6.627,01 €	3.880,21 €
<b>Kostprijs mastitis per geleverde liter melk</b>	0,012 €	0,007 €
<b>Totale kostprijs mineralen</b>		1.581,00 €
<b>Kostprijs mineralen per geleverde liter melk</b>		0,003 €

Besluit:

We kunnen opmerken dat in vergelijking met 2004 de daling van de totale kostprijs van mastitis in 2005 groter is dan de totale kostprijs van de mineralen. De meerkost van de mineralen weegt dus niet op tegen de kosten ten gevolge van mastitis.

### **Besluit**

Mineralen en vitaminen spelen ten gevolge van hun veelzijdige functies in het dierlijk lichaam een belangrijke rol bij de gezondheid van melkvee.

Een toenemende melkproductie doet de behoefte aan mineralen en vitaminen bij het melkvee stijgen.

De behoefte aan een mineraal ligt binnen een bereik van een optimaal opnameniveau uit de voeding waarbij het dier in een optimale gezondheid en productie verkeert.

Voor de behoefte aan vitaminen is het rund voor enkele vitaminen zelf in staat in deze behoefte te voorzien, de andere vitaminen dienen via de voeding opgenomen te worden.

Een overmaat, deficiëntie of tekort aan mineralen en/of vitaminen komen ten nadele van de gezondheid van melkvee.

Uit een vergelijking van de mineralenbehoeften van een hoog productief dier en het mineralen aanbod van enkele basisrantsoenen bestaande uit verschillende verhoudingen aan maïs en graskuil, is waar te nemen dat een verhoging van het aandeel graskuil het mineralen aanbod verhoogt en een betere aanvulling geeft naar de behoefte van het dier toe.

Bij de selenium voorziening op het stagebedrijf waar een selenium tekort is vastgesteld, wordt waargenomen dat extra toevoeging van mineralen noodzakelijk is om aan de selenium behoefte te voldoen, zowel bij de melkgevende als de droge koeien.

Er wordt eveneens een mogelijk verband waargenomen tussen het voorkomen van mastitis en een verlaagd selenium aanbod in het voeder en/of een verlaagd selenium gehalte in het bloed van de onderzochte dieren.

Op het stagebedrijf geven tevens kengetallen van de vruchtbaarheid en het voorkomen van mastitis mogelijk weer dat het toevoegen van extra mineralen in de rantsoenen ten goede komt van de uiergezondheid en de fertiliteit van de melkveestapel.

Als algemeen besluit omtrent het belang van mineralen en vitaminen in de melkveevoeding kunnen we stellen dat deze rechtstreeks instaan voor de gezondheid en de productiviteit van de veestapel. Een onbalans tussen behoeften en aanbod leidt vaak tot hoge en vaak verdoken kosten en/of verlies aan productiviteit en de daaruit voortvloeiende inkomsten.

Het is bijgevolg van groot belang dat deze vitaminen- en mineralen balans in evenwicht wordt gehouden. De extra kosten die het toevoegen van mineralen en vitaminen aan de melkvoeding meebrengen wegen niet op tegen kosten die een tekort met zich kunnen meebrengen.

**Literatuurlijst**

Animal Sciences Group (2006). Handboek Melkveehouderij. Zutphen: Roodbont.

Commissie Onderzoek Minerale Voeding (2005). Handleiding Mineralenvoorziening Rundvee, Schapen, Geiten. Lelystad: Centraal Veevoederbureau.

Dierengezondheidszorg Vlaanderen vzw. Informatie mineralen en sporenelementen.

D'Hulster S. (2006). Mineralen: Behoefte, Beschikbaarheid, Opneembaarheid.

Malestein A. . De basis van de rundveevoeding.

Orcovet b.v.b.a . Informatie mineralen en vitaminen in de rundveehouderij.

Roche Vitamins Europe. Informatie vitamine E.

Steeland G. (1995). Rol van de diervoeding in de bedrijfsbegeleiding. Harelbeke: Carpat

Souci S.W., Fachmann W., Kraut H. (1994). Food Composition and Nutrition Tables. Stuttgart: Medpharm scientific Publisher.

Veepraktijk. Gezondheidszorg: Ziekten door te veel mineralen.

Veepraktijk. Voeding: Samenstelling en vertering voedermiddelen.

Vermeiren Dirk. Veevoeding 2. Onuitgegeven cursus voor het 1<sup>e</sup> jaar van de opleiding graadaat landbouw. Katholieke Hogeschool Kempen, Departement Bachelor in Agro- en Biotechnologie.

Vermeiren Dirk. Jongveeopfok. Onuitgegeven cursus voor het 2<sup>e</sup> jaar van de opleiding graadaat landbouw optie rundveehouderij. Katholieke Hogeschool Kempen, Departement Bachelor in Agro- en Biotechnologie.

Wouters V., De Brabander D. (2004) . Biotine in relatie tot de melkproductie. Melkveebedrijf, december.

Zom R.L.G., Van Riel J.W., André G., Van Duinkerken G. (2002). Voorspelling voeropname met koemodel 2002.

(1998). Sporelementen en vitaminen in voeders. Landbouwleven, 6 november.

(2003). Biotine speelt rol in preventie hoefproblemen. Landbouwleven, 14 augustus.

Kengetallen voor de uiergezondheid.

Gevonden in juli 2006 op het internet:

[www.dierengezondheidszorg.be/ondersteuning/programmas\\_runderen/gezonmelk\\_vinger\\_pols.asp](http://www.dierengezondheidszorg.be/ondersteuning/programmas_runderen/gezonmelk_vinger_pols.asp)

Minimumkwaliteit en streefwaarden voor water, sediment en grondwater.

Gevonden in juli 2006 op het internet:

[www.waterland.net/nw4/Nederlands/wk-9-bij/sub/9.0-02.html](http://www.waterland.net/nw4/Nederlands/wk-9-bij/sub/9.0-02.html)

My notes on oxygen concentration in plasma and tissue.

Gevonden in juli 2006 op het internet:

[www.shef.ac.uk/content/1/c6/04/34/87/O2concentrations.pdf](http://www.shef.ac.uk/content/1/c6/04/34/87/O2concentrations.pdf)

Seleenwaarden rundvee weer wat lager.

Gevonden in juli 2006 op het internet:

[www.gezondedieren.nl/pmsclient/infopage.aspx?location=18669726251778764,1048921,1002325,N,0,N,752327&SMSESSION=NO](http://www.gezondedieren.nl/pmsclient/infopage.aspx?location=18669726251778764,1048921,1002325,N,0,N,752327&SMSESSION=NO)

Selenium status in cattle at slaughter : Analyses of blood, skeletal muscle, and liver.

Gevonden in juli 2006 op het internet:

[www.vfu.cz/acta-vet/actavet.htm](http://www.vfu.cz/acta-vet/actavet.htm)

Umrechnung von Enzymaktivitäten

Gevonden in juli 2006 op het internet:

[www.medizin.uni-greifswald.de/klinchem/hw\\_einheiten.htm](http://www.medizin.uni-greifswald.de/klinchem/hw_einheiten.htm)

## **Bijlagen**

### **Bijlage 1**

Bijlage 1: Beoordeling van seleniumconcentratie en GSH-Px activiteit in volledig bloed voor rundvee.

<b>Beoordeling</b>	<b>Se in plasma (<math>\mu\text{mol/L}</math>)</b>	<b>GSH-Px (U/g Hb)</b>
<b>Tekort</b>	0,03 - 0,3	< 120
<b>Marginaal</b>	0,4 - 0,8	
<b>Voldoende</b>	1,0 - 3,8	
<b>Hoog</b>	31,6 - 44,3	> 600
<b>Giftig</b>	> 44,3	

## Bijlage 2: Gemiddelde mineralengehalte voeders

Voedermiddel	Droge stof g/kg	Raw etwit	Ca	P	g/kg Droge stof			S	Fe	Cu	Co	mg/kg Droge stof			I	Se	Mo
					Mg	Na	K					Cl	Mn	Zn			
Vers weildegroen	163	227	5,80	4,30	2,50	2,30	36,60	149,00	8,90	0,106	95,00	43,00	0,046			3,10	
Grasruil	474	173	5,00	4,20	2,30	2,30	34,10	443,00	7,80	0,167	98,00	42,00	0,046			2,20	
Stijmaiskruil	301	75	1,50	2,00	1,20	0,20	12,00	120,00	3,90	0,060	28,00	38,00	0,016			0,40	
Bierborstel	270	245	3,20	5,50	2,00	0,70	0,50	260,00	21,80	0,090	37,50	50,50	0,600				
MES (CCM)																0,006	
Soja Cehave nr 205	900	387	4,50	7,90	3,00	0,30	17,00	5,40	12,00		58,00	48,00	0,3	0,410			
Krachtvoer Cehave nr 221	916	179	7,50	5,90	5,50	4,00	19,00	2,10	28,00	0,300	106,00	62,00	1,3	0,430			
Handleiding Mineralenvoorziening Rundvee, Schapen, Geiten (2005)																	
Tabellenboek Voeding 2004, CTFB																	
Hendrix Haeck Nutrientgegevens																	
Cehave Nutrientgegevens																	



Bijlage 3: Gegevens koeien

Koe nummer 28:

Kalfdatum: 13/08/2004

- ⇒ 2<sup>e</sup> lactatie
- ⇒ 369 dagen lactatie: 9299 kg melk => gemiddeld 25 kg melk/dag
- ⇒ 21/12/2004 drachtig

Begin droogstand: 17/08/2005

- ⇒ 39 dagen droogstand

Kalfdatum: 25/09/2005

- ⇒ 3<sup>e</sup> lactatie
- ⇒ 202 dagen lactatie tot 15/04/2006: 8126 kg melk => gemiddeld 40 kg melk/dag
- ⇒ 4/12/2005 drachtig

Voorkomen klinische mastitis: april 2005, 27 september 2005, juni 2006

Koe nummer 44:

Kalfdatum: 24/01/2005

- ⇒ 1<sup>e</sup> lactatie
- ⇒ 330 dagen lactatie: 8243 kg melk => gemiddeld 25 kg melk/dag
- ⇒ 2/05/2005 drachtig

Begin droogstand: 28/12/2005

- ⇒ 45 dagen droogstand

Kalfdatum: 3/02/2006

- ⇒ 2<sup>e</sup> lactatie
- ⇒ 71 dagen lactatie tot 15/04/2006: 1990 kg melk => gemiddeld 28 kg melk/dag

Voorkomen klinische mastitis: maart 2005, augustus 2005, juni 2006

Koe nummer 64:

Kalfdatum: 8/02/2005

- ⇒ 2<sup>e</sup> lactatie
- ⇒ 345 dagen lactatie: 12297 kg melk => gemiddeld 36 kg melk/dag
- ⇒ 31/05/2005 drachtig

Begin droogstand: 19/01/2006

- ⇒ 49 dagen droogstand

Kalfdatum: 9/03/2006

- ⇒ 3<sup>e</sup> lactatie
- ⇒ 37 dagen lactatie tot 15/04/2006: 1305 kg melk => gemiddeld 35 kg melk/dag

Voorkomen klinische mastitis: april 2005

## Bijlage 4

ACTA VET. BRNO 2001, 70: 277-284

## SELENIUM STATUS IN CATTLE AT SLAUGHTER: ANALYSES OF BLOOD, SKELETAL MUSCLE, AND LIVER

L. PAVLATA, A. PECHOVÁ, O. BEČVÁŘ, J. ILLEK

Clinic of Diseases of Ruminants, Faculty of Veterinary Medicine,  
University of Veterinary and Pharmaceutical Sciences, Brno, Czech Republic

Received February 28, 2001

Accepted May 28, 2001

## Abstract

Pavlata L., A. Pechová, O. Bečvář, J. Illek: *Selenium Status in Cattle at Slaughter: Analyses of Blood, Skeletal Muscle, and Liver*. Acta Vet. Brno 2001, 70: 277-284.

The objective of the study was to assess relationships among selenium concentrations in the blood, and liver and diaphragmatic muscle tissues and the activity of glutathione peroxidase (GSH-Px) in whole blood and to decide on the use of these biochemical values in the diagnostics of selenium deficiency in cattle. Samples were collected from 44 cattle at slaughter. Regression and correlation analyses yielded equations of regression lines and correlation coefficients ( $r$ ) documenting significant ( $p < 0.01$ ) relationships between whole blood selenium concentration on the one hand and all the other biochemical parameters under study on the other hand. The relations were expressed by the following equations and correlation coefficients: blood Se vs. liver tissue Se  $y = 1.20x + 31.58$ ,  $r = 0.78$ ; blood Se vs. muscular tissue Se  $y = 0.53x + 11.97$ ,  $r = 0.83$ ; blood Se vs. GSH-Px  $y = 8.29x - 68.77$ ,  $r = 0.93$ . The equations were used to calculate selenium concentrations in hepatic and muscular tissues and GSH-Px activity corresponding to whole blood selenium concentration of  $100 \mu\text{g.l}^{-1}$  and critical concentrations indicating selenium deficiency (calculated value - 10%). Poor selenium status, as assessed from blood, muscle and liver selenium concentrations, was found in 80%, 70% and 73% of the tested animals, respectively. Considering these results and the rather uniform within-herd distribution of the values we can conclude that tissue analyses are suitable for the assessment of selenium status particularly in feeder bulls and grazed beef cattle in which only minor individual differences in selenium supply can be expected.

*Glutathione peroxidase, diagnostics, diaphragm, beef cattle*

Natural intake of selenium by ruminants depends primarily on the geographical position, or more specifically, on selenium concentration in soil. The general and well documented principle of the control of trace element intake by the link soil-plant-animal applies also to selenium (Groce et al. 1995; Campbell et al. 1995; Kamada et al. 2000). The assessment of selenium status in animals can be based on clinical examination focused on manifestations of selenium deficiency, such as locomotory disorders resulting from muscular dystrophy, disorders of heart activity, increased activity of muscle-specific enzymes in blood plasma, postmortem macroscopic and microscopic lesions in muscle tissue, and, above all, on direct determination of selenium content in feeds, blood, and tissues.

Determination of selenium in whole blood, blood plasma or blood serum is the approach used in most of recent studies of saturation with selenium and the concentration in whole blood of  $100 \mu\text{g.l}^{-1}$  is regarded as the reference value for the assessment of selenium status most frequently (Van Saun 1990; Fisher et al. 1995). Another criterion is the activity of glutathione peroxidase that contains selenium as its structural component (Enjalbert et al. 1999; Pavlata et al. 2000). In their comparative study of various forms of selenium supplementation, Ortman et al. (1999) used a combination of selenium determination in whole blood and blood plasma and measurement of glutathione peroxidase in whole blood. A similar approach was used also by Pehrson et al. (1999) in their study of selenium status. Selenium concentration in tissues is a criterion used mostly in the assessment of selenium

## Address for correspondence:

MVDc. Lech Pavlata  
Clinic of Diseases of Ruminants, Faculty of Veterinary Medicine  
University of Veterinary and Pharmaceutical Sciences Brno  
Palackého 1-3, 612 02 Brno, Czech Republic

Phone: +420 5 4156 2407  
Fax: +420 5 4924 8841  
E-mail: pavlata@vfu.cz  
http://www.vfu.cz/acta-vestet/acta-vestet.htm

278

metabolism in the dam-offspring system (Van Saun et al. 1989; Kirk et al. 1995). Abdelrahman and Kincaid (1993) and Orr and Blakley (1997) investigated selenium concentrations in foetal liver and kidney tissues. Züst et al. (1996) assessed the selenium status in calves by its concentrations in blood plasma and liver tissue. Also usable for this purpose is muscular tissue (Pavlatá et al. 2001). Although the selenium status can be assessed by tissue concentrations, the interpretation of values obtained in various areas, various animal species and categories, and various laboratories is often difficult. Selenium status in the man and in animals can also be assessed from concentrations in hair and urine (Kursa and Kroupová 1975; Kohler et al. 1994; Kvíčala et al. 1995; Shiobara et al. 1998; Kvíčala et al. 1999).

The objective of our investigations was to assess the relations among selenium concentrations and activity of GSH-Px in whole blood and in liver and diaphragmatic muscle tissue and decide on samples suitable for the diagnosis of selenium deficiency, or the assessment of selenium status in cattle.

#### Materials and Methods

Blood and tissue samples were collected on slaughter from 44 animals (21 feeder bulls, 14 heifers, 9 cows) coming from 9 herds. Blood samples were collected from *vena jugularis* into plastic heparinised tubes and liver (from the incision behind the caudate lobe done within meat inspection) and diaphragmatic muscle samples were put into polyethylene bags. The samples were kept in frozen state until further processing. The samples were mineralised by microwave digestion technique in a closed system in the presence of nitric acid and hydrogen peroxide using the apparatus MILESTONE MLS - 120. The mineralised sample was prepared for the determination of selenium by evaporation, dissolution in water and treatment with 20% hydrochloric acid. Selenium was determined in the processed samples using the UNICAM 939 AA spectrometer and the hydride technique AAS. The concentrations are expressed in  $\mu\text{g.l}^{-1}$  and  $\mu\text{g.kg}^{-1}$  in blood and wet tissue samples, respectively. The activity of glutathione peroxidase in heparinised whole blood samples, was determined by the method described by Paglia and Valentine (1967) using the Randox set and the automatic analyser COBAS MIRA, and was expressed in  $\mu\text{kat.l}^{-1}$  of whole blood. Mean values, standard deviations and variation coefficients were calculated for the whole set of animals and for separate herds and categories. Regression line equations and correlation coefficients were calculated to estimate relationships among the results of analyses of various samples. The regression line equations were used to calculate selenium concentrations in liver and muscle tissues corresponding to the concentration of  $100 \mu\text{g.l}^{-1}$  in whole blood. The selenium status was assessed by critical concentrations which were by 10% lower than those calculated for the whole blood concentration given above. All the statistic calculations were done using the EXCEL software.

#### Results

The results of analyses are indicative of considerable differences in the selenium status in cattle. Mean values and ranges were as follows: whole blood  $56.6 \pm 36.4 \mu\text{g.l}^{-1}$  (11.5 to  $145.9 \mu\text{g.l}^{-1}$ ); hepatic tissue  $99.1 \pm 63.9 \mu\text{g.kg}^{-1}$  (29.6 to  $235.8 \mu\text{g.kg}^{-1}$ ); muscular tissue  $42.2 \pm 13.3 \mu\text{g.kg}^{-1}$  (4.1 to  $83.1 \mu\text{g.kg}^{-1}$ ). Mean GSH-Px activity in whole blood was  $400.0 \pm 323.7 \mu\text{kat.l}^{-1}$  (13.1 to  $1112.7 \mu\text{kat.l}^{-1}$ ). Correlation analyses for GSH-Px activity and selenium concentrations demonstrated the closest correlation between blood selenium concentration and activity of GSH-Px ( $r = 0.93$ ;  $p < 0.01$ ). Also highly significant were the correlations among the tissue and blood concentrations and GSH-Px activity ( $r = 0.76$  to  $0.83$ ;  $p < 0.01$ ). All the calculated correlation coefficients and data on statistical significance are given in Table 1. Blood selenium concentration and GSH-Px activity

Table 1

	Se-blood	GSH-Px-blood	Se-liver	Se-diaphragm
Se-blood	1	0.93**	0.78**	0.83**
GSH-Px-blood		1	0.76**	0.82**
Se-liver			1	0.80**
Se-diaphragm				1

correlated better with the concentrations found in muscle samples than with those found in liver samples.

Regression analyses yielded the following equations of regression lines for  $y$  (selenium concentrations in tissue samples and GSH-Px activity) corresponding to whole blood selenium concentration ( $x$ ):

$$y = 1.20x + 31.58 \text{ for liver and blood selenium concentrations;}$$

$$y = 0.53x + 11.97 \text{ for muscle and blood selenium concentrations;}$$

$$y = 8.29x - 68.77 \text{ for GSH-Px activity and blood selenium concentration.}$$

Replacing  $x$  by  $100 \mu\text{g.l}^{-1}$  yielded the following values: liver selenium concentration  $151.58 \mu\text{g.kg}^{-1}$ ; muscle selenium concentration  $64.97 \mu\text{g.kg}^{-1}$ ; GSH-Px activity  $760.23 \mu\text{kat.l}^{-1}$ .

Results of selenium status assessment by the individual herds and categories of animals are shown in Tables 2 and 3, respectively.

Table 2

Selenium concentrations and activity of GSH-Px in whole blood and selenium concentrations in tissues of slaughtered animals by herds (B = bulls; H = heifers; C = cows; n = number of animals;  $v_x$  = variation coefficient)

Herd		Se-blood $\mu\text{g.l}^{-1}$	GSH-Px $\mu\text{kat.l}^{-1}$	Se-liver $\mu\text{g.kg}^{-1}$	Se-diaphragm $\mu\text{g.kg}^{-1}$
1 - B (n = 4)	mean $\pm$ S.D. $v_x$ (%)	$69.0 \pm 15.3$ 22	$457.1 \pm 96.1$ 21	$128.5 \pm 33.1$ 26	$40.1 \pm 14.9$ 37
2 - B (n = 5)	mean $\pm$ S.D. $v_x$ (%)	$12.7 \pm 1.1$ 9	$29.9 \pm 9.8$ 33	$41.7 \pm 5.4$ 13	$6.7 \pm 2.7$ 40
3 - B (n = 6)	mean $\pm$ S.D. $v_x$ (%)	$113.7 \pm 19.9$ 18	$831.8 \pm 134.2$ 16	$173.7 \pm 47.9$ 28	$72.0 \pm 6.2$ 9
4 - B (n = 6)	mean $\pm$ S.D. $v_x$ (%)	$28.9 \pm 5.8$ 20	$129.1 \pm 26.2$ 20	$52.9 \pm 10.6$ 20	$22.0 \pm 4.6$ 21
5 - H (n = 5)	mean $\pm$ S.D. $v_x$ (%)	$55.4 \pm 14.6$ 26	$267.9 \pm 78.0$ 29	$62.8 \pm 9.2$ 15	$34.3 \pm 14.3$ 42
6 - H (n = 5)	mean $\pm$ S.D. $v_x$ (%)	$35.2 \pm 23.9$ 68	$254.2 \pm 193.9$ 76	$109.4 \pm 24.0$ 22	$45.7 \pm 8.8$ 19
7 - H (n = 4)	mean $\pm$ S.D. $v_x$ (%)	$23.2 \pm 5.9$ 25	$143.3 \pm 50.8$ 35	$40.2 \pm 7.1$ 18	$28.3 \pm 5.6$ 20
8 - C (n = 5)	mean $\pm$ S.D. $v_x$ (%)	$76.4 \pm 19.7$ 26	$672.7 \pm 183.2$ 27	$129.2 \pm 25.2$ 20	$63.3 \pm 13.1$ 21
9 - C (n = 4)	mean $\pm$ S.D. $v_x$ (%)	$91.6 \pm 19.3$ 21	$827.9 \pm 287.8$ 35	$159.3 \pm 50.3$ 32	$67.9 \pm 11.5$ 17

Table 3

Selenium concentration and activity of GSH-Px by categories of slaughtered animals (mean  $\pm$  S.D.)

	Se-blood $\mu\text{g.l}^{-1}$	GSH-Px $\mu\text{kat.l}^{-1}$	Se-liver $\mu\text{g.kg}^{-1}$	Se-diaphragm $\mu\text{g.kg}^{-1}$
Bulls (n = 21)	$56.9 \pm 43.2$	$368.7 \pm 343.4$	$99.1 \pm 63.9$	$36.1 \pm 26.7$
Heifers (n = 14)	$39.0 \pm 20.8$	$227.4 \pm 130.8$	$73.0 \pm 33.1$	$36.6 \pm 12.2$
Cows (n = 9)	$83.2 \pm 20.0$	$741.7 \pm 233.5$	$142.6 \pm 38.9$	$65.3 \pm 11.9$

280

Variation coefficients were calculated to estimate within-herd differences in selenium intake. As can be seen in Table 2, the selenium status was fairly uniform in the individual herds. Minimum differences were observed in liver selenium concentrations, followed by muscle and blood concentration and GSH-Px activity.

The concentrations calculated by regression analysis reduced by 10%, i.e.  $137 \mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$  and  $58 \mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$  for liver and muscle concentrations, respectively, were taken as critical values for the diagnosis of selenium deficiency. Further critical values were blood selenium concentration of  $90 \mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$  and GSH-Px activity  $680 \mu\text{kat}\cdot\text{l}^{-1}$ . The results of selenium status assessment are shown in Table 4.

Table 4  
Assessment of selenium deficiency by results of blood and various tissues analyses

Herd	Se-blood < $90 \mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$ (number of animals)	GSH-Px < $680 \mu\text{kat}\cdot\text{l}^{-1}$ (number of animals)	Se-liver < $137 \mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ (number of animals)	Se-diaphragm < $58 \mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ (number of animals)
1 (n = 4)	4	4	3	4
2 (n = 5)	5	5	5	5
3 (n = 6)	0	0	1	0
4 (n = 6)	6	6	6	6
5 (n = 5)	5	5	5	5
6 (n = 5)	5	5	4	5
7 (n = 4)	4	4	4	4
8 (n = 5)	4	2	3	1
9 (n = 4)	3	2	1	1
1 to 9 (n = 44)	36	33	32	31
Selenium deficiency	82 %	75 %	73 %	70 %

The data show a high degree of agreement in the demonstration of insufficient selenium intake by cattle. Discrepancy was observed in 8 animals showing blood selenium concentrations lower than  $90 \mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$  and higher-than-critical concentrations in liver and muscle tissues (n = 3), liver tissue (n = 3), or muscle tissue (n = 2). The data given in Table 4 also indicate a high percentage of selenium deficient animals. Determination of blood, liver and muscle concentrations and activity of GSH-Px branded as selenium-deficient 36 (82%), 32 (73%), 31 (70%) and 33 (75%) animals.

### Discussion

The close correlation between blood selenium concentration and activity of GSH-Px ( $r = 0.93$ ;  $p < 0.01$ ) has confirmed the conclusions of Pavlata et al. (2000), Thompson et al. (1981), Stevens et al. (1985), Erskine et al. (1987), and Mass et al. (1993) that selenium status in cattle can be assessed by the activity of GSH-Px. The two methods are also used most frequently for the assessment of selenium status.

Analyses of tissue samples are used both in diagnostics and in experimental studies. Close correlations between blood and tissue concentrations of selenium were demonstrated in our preceding study (Pavlata et al. 2001) in which the effects of organic and inorganic selenium compounds were compared in 15 calves. Statistical processing of analytical data demonstrated close and highly significant ( $p < 0.01$ ) correlation between blood and liver concentrations ( $r = 0.85$ ), blood and skeletal muscle concentrations ( $r = 0.80$ ), and blood and myocardial concentrations ( $r = 0.77$ ). Also high

were the correlation coefficients for selenium concentrations among the tested tissues ( $r = 0.78$  to  $0.94$ ).

The present study has extended the number of tissues suitable for investigations of selenium status, have confirmed our previous results, and completed them by data on correlation between blood and tissue concentrations and activity of GSH-Px. Liver and diaphragmatic muscular tissues were selected because of simple sampling with minimum damage to carcasses and organs.

Any comparison of absolute values of selenium concentrations is rather difficult, because published data are expressed in different units (fresh tissue, dry matter) and were obtained in different regions from various animal species and categories. Nevertheless, there were efforts to assess selenium status, or diagnose selenium deficiency, on the basis of tissue concentrations. Stowe and Herd (1992) found that blood serum concentrations 50 to 80  $\text{ng.ml}^{-1}$  in calves and lambs and 70 to 100  $\text{ng.ml}^{-1}$  in adult cattle corresponded to liver selenium concentration 1200 to 2000  $\mu\text{g.kg}^{-1}$  dry matter irrespective of animal species and age. Züst et al. (1996) assessed selenium status in calves by blood plasma and liver concentrations regarding the values 30  $\mu\text{g.l}^{-1}$  of blood plasma and 300  $\mu\text{g.kg}^{-1}$  of liver dry matter as minimum. Stussy et al. (2000) assessed selenium status in Oregon elk by liver concentration regarding 0.120 ppm as the critical value, but concluded that blood samples should be preferred for this purpose. Galgan and Frank (1995), who monitored selenium status in Sweden by testing wild moose (*Alces alces* L.), found liver concentrations ranging from 0.03 to 3.1  $\text{mg.kg}^{-1}$  fresh tissue and used the concentration 0.1  $\text{mg.kg}^{-1}$ , recommended for cattle, as the critical value for the diagnosis of selenium deficiency. The corresponding concentration calculated from our results (137  $\mu\text{g.kg}^{-1}$ ) is very close to this critical value. Our results are congruent with data published by Grace et al. (2000) who demonstrated positive correlation ( $r = 0.86$ ;  $y = 1.25 + 71.6$ ) between liver and blood concentrations of selenium in red deer (*Cervus elaphus*). Selenium concentrations in diaphragmatic muscles found in our investigations are similar to results published by Jorhem et al. (1996) who reported concentrations ranging from 0.030 to 0.18  $\text{mg.kg}^{-1}$  fresh tissue in beef imported to Sweden. Data similar to our results were published also by Van Vle et al. (1975) who tested fresh tissues collected from clinically normal weaned calves after slaughter and found selenium concentrations 0.12 ppm and 0.05 ppm in liver and muscle samples, respectively. Venäläinen et al. (1997) within their study of selenium saturation in the Finnish population demonstrated the dependence of selenium concentrations in bovine tissues on the level of soil treatment with selenium-containing fertilisers. Mean selenium concentration in bovine liver samples was  $0.28 \pm 0.05 \text{ mg.kg}^{-1}$  fresh tissue during the period of low-level fertilisation and  $0.51 \pm 0.18 \text{ mg.kg}^{-1}$  fresh tissue during the period of high-level fertilisation. Salisbury et al. (1991) found in liver tissue of slaughtered cattle selenium concentration 280  $\mu\text{g.kg}^{-1}$ .

The high percentage of animals in which selenium deficiency was demonstrated after slaughter is consistent with results of our earlier investigations in which deficiency was demonstrated in 64% of the 326 cattle from various regions of the Czech Republic (Pavlat et al. 2000). Selenium deficiency was observed more frequently in slaughtered heifers and bulls than in dairy cows. This difference apparently resulted from ration composition and supply of minerals which is controlled in dairy cows more carefully.

Assessment of selenium status by all the four parameters (whole blood selenium concentration, activity of GSH-Px, selenium concentrations in liver and diaphragmatic muscle tissues) showed a relatively high agreement, which was almost absolute in the herds 1 through 7 (differences found at most in one sample within one herd). The agreement was weaker in the herds 8 and 9 in which the whole blood selenium concentration lay near the critical value decisive for the diagnosis of deficiency. In spite of this among-herd difference it is apparent that the critical tissue selenium concentrations can be used for the assessment

282

of selenium status, or diagnosis of severe selenium deficiency, in particular in beef and fattened cattle. Findings of critical or near-critical concentrations indicate the necessity to assess the selenium status by tests of more samples.

Our results further showed a fair within-herd uniformity of selenium status. Hence, results obtained in individual animals can be regarded as representative for the whole herd. Results of tissue analyses were even more uniform than those of blood analyses. These findings facilitate herd diagnostics of deficiencies, because results of tests of representative samples, including those collected from slaughtered animals, allow the assessment of herd selenium status and, when necessary, elaboration and timely implementation of prophylactic and therapeutic measures. Tests of tissue samples can become a suitable alternative to blood testing above all in grazing cattle and feeder bulls. Handling of beef cattle reared all the year round on pastures without shelters is very difficult and blood sampling may be hazardous to the personnel. Stress associated with blood sampling affects not only the sampled individuals, but the whole herd. In selenium-deficient animals, stress can induce clinical or subclinical manifestations of nutritional myodystrophy. Tissue samples are less suitable for testing of dairy cow herds in which nutrition is not so uniform as in other cattle categories and in beef cattle in general. Great variations in intake of concentrates and mineral supplements in various phases of lactation and stages of the reproductive cycle can lead to considerable differences in selenium saturation. This applies particularly to the dry period and first weeks of the lactation period when selenium deficiency develops most frequently (Anonymous 1998; Illek et al. 1999).

#### Hodnocení stavu zásobení selenem u jatečného skotu na základě vyšetření krve, svaloviny a jater

Cílem sledování bylo vyhodnotit vztah hodnot koncentrací selenu v krvi, játrech, svalovině bránice a aktivity GSH-Px v plné krvi a posoudit možnost použití těchto hodnot v diagnostice karence selenu u skotu. Vzorky k vyšetření byly získány od 44 kusů poráženého skotu. Mezi koncentrací selenu v plné krvi a aktivitou glutathionperoxidázy (GSH-Px) v plné krvi, koncentrací selenu v játrech i ve svalovině bránice byly regresní a korelační analýzou získány rovnice regresní přímky a korelační koeficienty ( $r$ ) dokládající těsný, statisticky významný vztah ( $p < 0,01$ ). Pro vztah koncentrace selenu v krvi a koncentrace selenu v játrech  $y = 1,20x + 31,58$ ;  $r = 0,78$ , pro hodnotou selenu v krvi a koncentrací selenu ve svalovině bránice  $y = 0,53x + 11,97$ ;  $r = 0,83$  a pro vztah mezi hodnotou selenu v krvi a aktivitou GSH-Px  $y = 8,29x - 68,77$ ;  $r = 0,93$ . S použitím těchto rovnic byly vypočteny hodnoty selenu v játrech, svalovině bránice a aktivity GSH-Px odpovídající koncentraci selenu v plné krvi  $100 \mu\text{g.l}^{-1}$ . Za pomoci vypočtených hraničních hodnot deficitu (vypočtená hodnota - 10 %) pak bylo provedeno vyhodnocení stavu zásobení selenem u vyšetřených zvířat. Nízká úroveň zásobení selenem byla nalezena u 82 % zvířat, dle koncentrace selenu v krvi a u 70 %, resp. 73 % zvířat dle koncentrací selenu ve svalovině bránice, resp. játrech. Vzhledem k uvedeným výsledkům a poměrně vysoké vyrovnanosti hodnot u zvířat stejného chovu lze konstatovat, že stav zásobení selenem lze vyšetřením uvedených tkání porážených zvířat posoudit. Tato vyšetření jsou použitelná především pro posouzení stavu zásobení selenem u vykrmovaných býků a pastevně chovaného masného skotu, kde je velká vyrovnanost krmné dávky u zvířat celého stáda a tím i obdobná saturace selenem.

#### Acknowledgement

This work was a part of the FRVŠ project No. 1224/1999 and the project of the Ministry of Education, Youth, and Sports of the Czech Republic No. 161700002.



## References

- ABDELRAHMAN, M. M., KINCAID, R. L. 1993: Deposition of copper, manganese, zinc, and selenium in bovine fetal tissue at different stages of gestation. *J. Dairy Sci.* 76: 3588-3593
- ANONYMOUS 1998: Přehodnocení zdrojů selenu do krmiv pro mléčný skot. *Feeding Times*, Vol. 3 No 4: 7-9
- CAMPBELL J. R., JIM G. K., BOOKER C. W., GUICHON P. T. 1995: A survey of the selenium status of beef cows in Alberta. *Can. Vet. J.* 36: 698-702
- ENJALBERT, F., LEBRETON, P., SALAT, O., SCHELCHER, F. 1999: Effects of pre- or postpartum selenium supplementation on selenium status in beef cows and their calves. *J. Anim. Sci.* 77: 223-229
- ERSKINE, R. J., EBERHART, R. J., HUTCHINSON, L. J., SCHOLZ, R. W. 1987: Blood selenium concentrations and glutathione peroxidase activities in dairy herds with high and low somatic cell counts. *J. Am. Vet. Med. Ass.* 190: 1417-1421
- FISHER, D. D., SAXTON, S. W., ELLIOTT, R. D., BEATTY, J. M. 1995: Effects of selenium sources on Se status of lactating cows. *Vet. Clin. Nutr.* 2: 68-73
- GALGAN, V., FRANK, A. 1995: Survey of bioavailable selenium in Sweden with the moose (*Alces alces* L.) as monitoring animal. *Sci. Total Environ.* 172: 37-45
- GRACE, N. D., WILSON, P. R., THOMAS, W. J., MARCHANT, R. M. 2000: The effect of long-acting injectable selenium formulations on blood and liver selenium concentrations and liveweights of red deer (*Cervus elaphus*). *New Zeal. Vet. J.* 48: 53-56
- GROCE, A. W., TAYLOR, C. E., PETTRY, D. E., KERR, L. A. 1995: Levels of selenium and other essential minerals in forages, bovine blood and serum relative to soil type. *Vet. Clin. Nutr.* 2: 146-152
- ILLEK, J., PAVLATA, L., PECHOVÁ, A., MATĚJČEK, M. 1999: Selenium deficiency in cattle. In: III. Kábrtovy dietetické dny, Proceedings Brno 2. 9., 242-243
- JORHEM, L., SUNDSTRÖM, B., ENGMAN, J., ASTRANDYATES, C., OLSSON, I. 1996: Levels of certain trace elements in beef and pork imported to Sweden. *Food Addit. Contam.* 13: 737-745
- KAMADA, H., NISHIMURA, K., KRONGYUTI, P., SUKKASAME, P., PHOENGPONG, N., INTRAMANE, S. 2000: Selenium status of soil, herbage and beef cattle in southern Thailand. *Asian Austral. J. Anim.* 13: 757-760
- KIRK, J. H., TERRA, R. L., GARDNER, I. A., WRIGHT, J. C., CASE, J. T., MAAS, J. 1995: Comparison of maternal blood and fetal liver selenium concentrations in cattle in California. *Am. J. Vet. Res.* 56: 1460-1464
- KOHLER, P., FARRIES, E., ANKE, M., SMID, T. D., SALLMANN, H. P. 1994: The influence of an additional selenium supplementation on performance and health in grazing dairy-cows (in German). *Zuchtungskunde* 66: 66-72
- KURSA, J., KROUPOVA, V. 1975: Selenium content in cattle fur in incidence areas of nutritional muscle dystrophy (in Czech). *Vet. Med. (Praha)* 20: 75-81
- KVÍČALA, J., ZAMRAZIL, V., CEROVSKÁ, J., BEDNÁR, J., JANDA, J. 1995: Evaluation of selenium supply and status of inhabitants in 3 selected rural and urban regions of the Czech Republic. *Biol. Trace Elem. Res.* 47: 365-375
- KVÍČALA, J., ZAMRAZIL, V., JIRÁNEK, V. 1999: . *Biol. Trace Elem. Res.* 71-2: 31-39
- MAAS, J., PEAUROI, J. R., TONJES, T., KARLONAS, J., GALEY, F. D., HAN, B. 1993: Intramuscular selenium administration in selenium-deficient cattle. *J. Vet. Int. Med.* 7: 342-348
- ORR, J. P., BLAKLEY, B. R. 1997: Investigation of the selenium status of aborted calves with cardiac failure and myocardial necrosis. *J. Vet. Diagn. Invest.* 9: 172-179
- ORTMAN, K., ANDERSSON, R., HOLST, H. 1999: The influence of supplements of selenite, selenate and selenium yeast on the selenium status of dairy heifers. *Acta Vet. Scandinavica*, 40: 23-34
- PAGLIA, D. E., VALENTINE, W. N. 1967: Studies on the quantitative and qualitative characterisation of erythrocyte glutathione peroxidase. *J. Lab. Clin. Med.*, 70: 158-169
- PAVLATA, L., ILLEK, J., PECHOVÁ, A. 2001: Blood and tissue selenium concentrations in calves treated with inorganic or organic selenium compounds – a comparison. *Acta Vet. Brno* 70: 19-26
- PAVLATA, L., PECHOVÁ, A., ILLEK, J. 2000: Direct and indirect assessment of selenium status in cattle – a comparison. *Acta vet. Brno* 69: 281-287
- PEHRSON, B., ORTMAN, K., MADJID, N., TRAFIKOWSKA, U. 1999: The influence of dietary selenium yeast or sodium selenite on the concentration in the milk of suckler cows and the selenium status of their calves. *J. Anim. Sci.* 77: 3371-3376
- SALISBURY, C. D., CHAN, W., SASCHENBRECKER, P. W. 1991: Multielement concentrations in liver and kidney tissues from five species of Canadian slaughter animals. *J. Assoc. Off. Anal. Chem.* 74: 587-591
- SHIOBARA, Y., YOSHIDA, T., SUZUKI, K. T. 1998: Effects of dietary selenium species on Se concentrations in hair, blood, and urine. *Toxicol. Appl. Pharm.* 152: 309-314
- STEVENS, J. B., OLSON, W. G., KRÄEMER, R., ARCHAMBEAU, J. 1985: Serum selenium concentrations and glutathione peroxidase activities in cattle grazing forages of various selenium concentrations. *Am. J. Vet. Res.* 46: 1556-1560
- STOWE, H. D., HERDT, T. H. 1992: Clinical assessment of selenium status of livestock. *J. Anim. Sci.* 70: 3928-3933
- STUSSY, R. J., FINDHOLT, S. L., JOHNSON, B. K., NOYES, J. H., DICK, B. L. 2000: Selenium levels and productivity in three Oregon elk herds. *Northwest Sci.* 74: 97-101

284

- THOMPSON, K. G., FRASER, A. J., HARROP, B. M., KIRK, J. A., BULLIANS, J., CORDES, D. O. 1981: Glutathione peroxidase activity and selenium concentration in bovine blood and liver as indicators of dietary selenium intake. *New Zeal. Vet. J.* 29: 3-6
- VAN SAUN, R. J., HERDT, T. H., STOWE, H. D. 1989: Maternal and fetal selenium concentrations and their interrelationships in dairy cattle. *J. Nutr.* 119: 1128-1137
- VAN SAUN, R. J. 1990: Rational approach to selenium supplementation essential. *Feedstuffs* (Jan 15): 15-17
- VAN VLEET, J. F. 1975: Retention of selenium in tissues of calves, lambs, and pigs after parenteral injection of a selenium-vitamin E preparation. *Am. J. Vet. Res.* 36: 1335-1340
- VENALAINEN, E. R., HIRVI, T., HIRN, J. 1997: Effect of selenium supplementation on the selenium content in muscle and liver of Finish pigs and cattle. *J. Agr. Food Chem.* 45: 810-813
- ZUST, J., HROVATIN, B., SIMUNDIC, B. 1996: Assessment of selenium and vitamin E deficiencies in dairy herds and clinical disease in calves. *Vet. Rec.* 139: 391-394