

## Hoofdstuk 2: Weende analyse – theorie (kwaliteit van voeders bepalen)



### Wat is krachtvoer

De term 'krachtvoer' is afkomstig uit de veehouderij. Krachtvoerders zijn voeders met een hogere concentratie energie per kilo dan bijvoorbeeld ruwvoerders als hooi en stro. Granen of bijproducten hiervan zijn meestal een belangrijk bestanddeel, daarnaast worden er vaak ook veel soja producten gebruikt. Het voordeel van deze geconcentreerde vorm van energie (vandaar het Engelse woord 'concentrate' voor krachtvoer) is dat dieren veel energie in een relatief klein volume krijgen aangeboden. De inhoud van maag en darmen is dus een minder beperkende factor voor de energieopname. In de veehouderij, waar de dieren vaak zwaar belast worden, is dat een voordeel.

Bij de indeling van krachtvoerders wordt onderscheid gemaakt tussen enkelvoudige krachtvoerders en samengestelde krachtvoerders.

### Enkelvoudige krachtvoerders

Enkelvoudige krachtvoerders zijn producten die slechts uit 1 ingrediënt bestaan dit zijn meestal granen (haver, gerst, gierst, millet etc.) of oliehoudende zaden zoals zonnebloempitten en nigerzaad. Om de verteerbaarheid van granen te verbeteren worden ze vaak in gemalen, gebroken of geplette vorm aangeboden. Deze bewerkingen vergroten het oppervlakte waardoor verteringsenzymen er beter op in kunnen werken.

Enkelvoudige voeders kunnen nooit de complete behoefte van een dier dekken zelfs als dit een gespecialiseerde zaadeter is.



### Samengestelde krachtvoerders

Samengestelde krachtvoerders zijn mengsels van meerdere (soms wel meer dan 20) ingrediënten. Dit maakt het mogelijk om een evenwichtige nutriëntensamenstelling te bereiken. Om de samenstelling compleet te maken en de gehalten van mineralen en sporenelementen te kunnen garanderen wordt er bij de bereiding van het voer vaak een zogenaamde premix toegevoegd. Dit is een mengsel van juist deze stoffen.

Verreweg de meeste krachtvoerders worden in de vorm van geperste of geëxtrudeerde brokken aangeboden.

Bij het persen of extruderen van voer wordt warmte gebruikt. Hierdoor worden bestanddelen van het voer vaak beter verteerbaar, worden van nature in planten aanwezige gifstoffen onwerkzaam en bacteriën gedood.

### Van een etiket van een commercieel krachtvoederproduct is veel informatie af te halen

Of het nou koeienvoer, apenbrokken, legvoer of kattenbrokjes betreft, dit soort voeders moeten op de verpakking of het label voorzien worden van informatie. Deze informatie is voor een deel wettelijk vastgelegd.

Als voorbeeld hieronder een gedeelte uit een label van een varkensvoeder:

#### TOEVOEGINGSMIDDELEN/KG:

Nutritionele toevoegingsmiddelen: E672 Vitamine A 14000 IE, E671 Vitamine D3 1800 IE, 3a700 Vitamine E (DL-a-tocoferolacetaat) 65 mg, E4 koper(II)sulfaat-pentahydraat 160 mg, E 6 Zinc-Zn Zinc sulphate, monohydrate ZnSO<sub>4</sub>·H<sub>2</sub>O 100 mg, E5 Mangaan mangaan(II)oxide 24 mg, E1 IJzer IJzersulfaat-monohydraat 80 mg, E8 Selenium natriumseleniet 0.25 mg, 3b202 Jodium uit Calciumjodaat, Anhydraat 0.8 mg  
Zoötechnische toevoegingsmiddelen: 4a1600 3-Phytase (EC 3.1.3.8) 909 FTU, E1606 Endo-1,4-Beta xylanase (EC 3.2.1.8) 10 U

**ANALYTISCHE BESTANDELEN:** As 57 g, Ruw eiwit 162 g, Ruw vet 37 g, Ruwe celstof 43 g, Calcium 5.9 g, Fosfor 4.6 g, Natrium 2.5 g, Lysine 11.1 g, Methionine 3.8 g

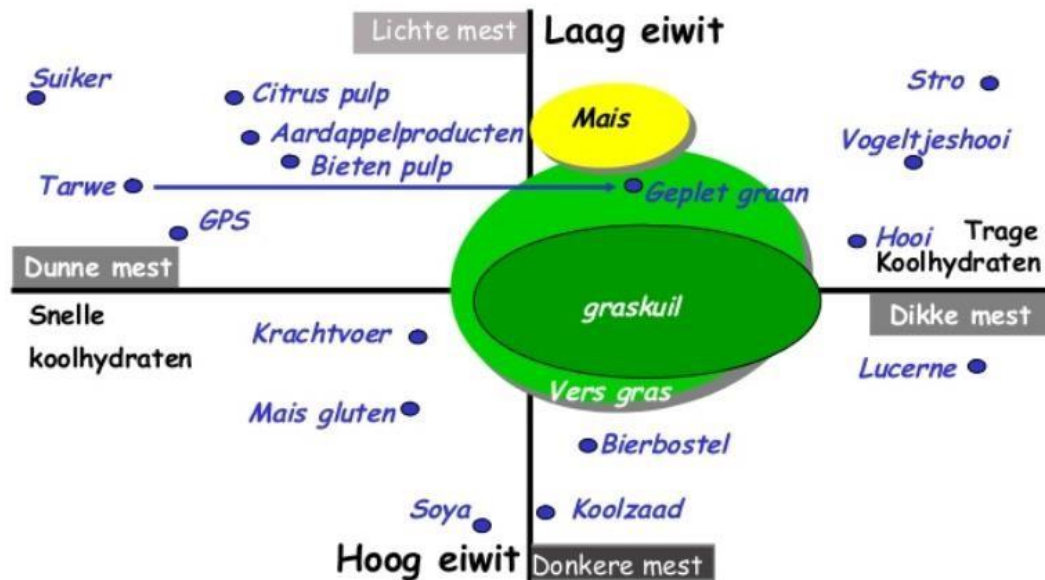
**SAMENSTELLING:** Gerst, Tarwe, Sojaschroot(1), Mais(1), Tarwegries, Melasse, Zonnebloemzaadschroot, Bakkerij- en deegwarenproducten, Vismeel, Weipoeder, Krijt, Palmpitolie, Sojaolie(1), Zout, Mais, Monocalciumfosfaat en Palmolie.

In tabel 1 op de volgende bladzijde volgt een toelichting op een aantal onderdelen:

**Tabel1: Overzicht informatie op verpakking of label van het voer.**

<b>RE = ruw eiwit</b>	Het minimum gehalte ruw eiwit moet op een voeder vermeld worden. RE is een ruwe benadering van het eiwitgehalte maar niet helemaal hetzelfde.
<b>RV = ruw vet</b>	Ook van ruw vet moet het minimumgehalte vermeld worden. Het omvat onder meer vet en olie.
<b>RC= ruwe celstof</b>	Van ruwe celstof moet het maximumgehalte vermeld worden. Het geeft de hoeveelheid plantcelwanddelen weer. Het is overigens een minder nauwkeurige weergave dan ADF en NDF maar deze weergave wordt in Nederland niet gebruikt.
<b>Ras = ruw anorganische stof</b>	Van ruw as moet ook het maximumgehalte weergegeven worden. Het is het deel van het voer wat overblijft na verbranding. Het bevat de mineralen en bijvoorbeeld ook zand wat met de grondstoffen is meegekomen.
<b>DS =droge stof</b>	Het droge stof of watergehalte van een voedermiddel hoeft pas vermeld te worden vanaf 14% vocht. In de praktijk hoeft dit dus nooit op de verpakking van droogvoerders te staan omdat boven 10% water de houdbaarheid van het voer sterk afneemt.
<b>Vitamine A</b>	De toegevoegde hoeveelheid vitamine moet vermeld worden. Wat van nature in het voer aanwezig is hoeft niet vermeld te worden en is overigens ook vaak niet bekend. Dit verklaart ook de mooie afgeronde getallen bij vitaminen.
<b>Vitamine D3</b>	Zelfde als bij vitamine A.
<b>Koper (Cu)</b>	Moet op een aantal voeders vermeld worden bijvoorbeeld schapen en hondenvoeders.
<b>Toevoegmiddelen</b>	Middelen om de houdbaarheid van het voer te verbeteren, smaakstoffen en vergelijkbare toevoegingen moeten vermeld worden op de verpakking. Omdat een vrij algemene omschrijving volstaat ("met in de EU toegestane toevoegmiddelen") haal je er meestal niet veel informatie uit.
<b>Vermelding diersoort</b>	De fabrikant moet vermelden voor welke diersoort of groep het voer gemaakt is.
<b>Ingrediënten</b>	De grondstoffen waaruit het voer is gemaakt moeten vermeld worden in de ingrediëntenlijst. De ingrediënten moeten in deze lijst worden vermeld op volgorde van gebruikte hoeveelheid. Het in de grootste hoeveelheid gebruikte ingrediënt staat dus altijd vooraan.
<b>Houdbaarheid</b>	De fabrikant moet altijd de houdbaarheid vermelden inclusief de werkzaamheid van de vitaminen. De gebruiker van het voer kan door het voer verkeerd te bewaren (te warm, nat, licht etc.) veel bijdragen aan een kortere houdbaarheid. Hiervoor is de leverancier uiteraard niet aansprakelijk.

Veel fabrikanten geven veel extra informatie op of bij het product. Andere leverancier vermelden soms juist heel weinig op het etiket. Meestal is men echter wel bereid informatie over het gebruik van bepaalde grondstoffen of nutriënten te geven als men er als gebruiker om vraagt. Zo niet, dan is het misschien een idee een andere leverancier te overwegen. Er is genoeg concurrentie in de sector.



### Het zetmeel en suiker gehalte in krachtvoerders is gemakkelijk uit te rekenen

Met 'Overige Koolhydraten' (OK) wordt het gehalte aan zetmeel en suikers weergegeven. Dit is geen verplichte vermelding op de verpakking en daarom vaak niet te vinden. Wanneer het nuttig is dit toch te weten is het vrij gemakkelijk uit te rekenen.

Je stelt het totale gehalte op 100%, hiervan trek je vervolgens de optelsom van ruw eiwit, vet, as, ruwe celstof en water af. Water staat vaak niet vermeld maar daarvoor kun je in droogvoer 10% rekenen.

$$\text{In formule OK} = 100 - (\text{re} + \text{rv} + \text{rc} + \text{as} + \text{water})$$

Pas dit bijvoorbeeld toe op varkensbrok en je zult zien dat het gehalte overige koolhydraten vaak hoog is (40% en meer). Meestal betreft het zetmeel omdat dit nodig is voor de productie van een goede brok.

### Wees terughoudend met het gebruik van krachtvoer

Het gebruik van krachtvoer in de veehouderij is vaak heel logisch. In dierentuinen moet het gebruik kritisch overwogen worden. Een belangrijk argument voor krachtvoer is dat de gehalten, waaronder die van mineralen en vitaminen, behoorlijk zeker zijn. Dat mag waar zijn maar dit is natuurlijk ook het gevolg van het feit dat de gebruikte bulkproducten als hooi en ruwvoer eigenlijk nooit geanalyseerd worden. Investerings in analyses zouden terugverdiend kunnen worden door de hierdoor mogelijke reductie in krachtvoergebruik.

Bij dieren waar een hoog gehalte aan plantcelwandbestanddelen noodzakelijk is in de voeding (zeg maar alle planteneters) kan krachtvoer meestal niet bieden wat nodig is. Dit komt omdat een hoog % ruwe celstof het produceren van een samenhangende brok vrijwel onmogelijk maakt. Hierdoor verkruimelt zo'n brok gemakkelijk en dat gaat weer ten koste van de opname. Verder hebben brokken vaak ook een hoog zetmeelgehalte wat ook niet altijd even gunstig is voor herbivoren.

Tenslotte is het belangrijkste kenmerk van krachtvoer de energiedichtheid: veel energie in een relatief klein volume. Dit draagt bij aan een overmatige opname en dus ook aan de overgewichtproblematiek van dierentuindieren. Voeg daarbij dat het op een brok vrijwel onmogelijk is natuurlijk voeropnamegedrag uit te oefenen en je hebt genoeg redenen het gebruik van krachtvoer eens kritisch te bezien.

## Voederwaardering

Het is belangrijk om te weten in hoeverre het verstrekte diervoedsel de dieren kan voorzien in hun energie- en nutriëntenbehoefte. Met andere woorden wat de waarde van het voer voor het dier is.

Hiertoe moeten een aantal eigenschappen van het voer bepaald worden. De hiervoor beschikbare bepalingen zijn onder te verdelen in twee groepen:

1. Bepalingen van eigenschappen van het voer;
2. Bepaling van hoe de voederbestanddelen uitwerken in het dier.

Tot de eerste groep bepalingen horen de methoden om de chemische samenstelling van het voer vast te stellen zoals de Weende- en van Soest –analyse en de bepaling van de Bruto Energiewaarde. Tot de tweede groep bepalingen behoren onder andere de verteerbaarheidsbepalingen en het meten van de verteerbare, verteerbare en netto energie.

## Goede balans is belangrijk

### Te veel snelle koolhydraten

- Suikers of zetmeel
- Pensverzuring
  - Zieke koe
  - Dunne mest
  - Melkproductie zakt extreem

### Te veel langzame koolhydraten

- Ruwe celstof
- Slepemde melkziekte
  - Hele dikke mest
  - Trage koeien
  - Melkproductie zakt maar minder extreem



## Weende-analyse

Hoewel in voedermiddelen een zeer groot aantal chemisch verschillende stoffen kan voorkomen, wordt gewoonlijk uitgegaan van "chemische" classificaties, waarbij deze stoffen groepsgewijs worden samengevat. Het oudste, nog uitgebreid toegepast analysesysteem hiervoor is de Weende-analyse. Een andere benaming voor de Weende-analyse die in de literatuur gebruikt wordt is "proximate analysis". Deze analyseprocedure dankt zijn naam, aan het plaatsje Weende, bij Gottingen. In 1866 ontwikkelden Henneberg en Stohmann, werkzaam aan een onderzoekstation in dit plaatsje, deze analyse. Zij verdeelden de chemische componenten van voedermiddelen in een aantal groepen en werkten tevens bepalingen uit om de hoeveelheid van elk van deze groepen in voedermiddelen vast te stellen. De indeling, (zie figuur 1 en 2 op de volgende bladzijde) van de verschillende chemische verbindingen in dit systeem is betrekkelijk grof. Dit komt tot uitdrukking in de naamgeving van de diverse fracties. Niettemin heeft het Weende-analysesysteem zich al meer dan 100 jaar weten te handhaven. Hiervoor is een aantal belangrijke redenen aan te geven.

De bepalingen zijn eenvoudig uit te voeren, zijn relatief goedkoop en zijn goed routinematig uit te voeren. Daarnaast is veel diervoedkundig onderzoek, met name de voederwaardering, gebaseerd op resultaten verkregen via deze analysemethode. Tenslotte is iedere leverancier van diervoeders verplicht op het etiket van zijn producten te vermelden (volgens EUrichtlijn):

- het minimum gehalte aan ruw eiwit
- het minimum gehalte aan vetten
- het maximum gehalte aan ruwe celstof
- het maximum gehalte aan as

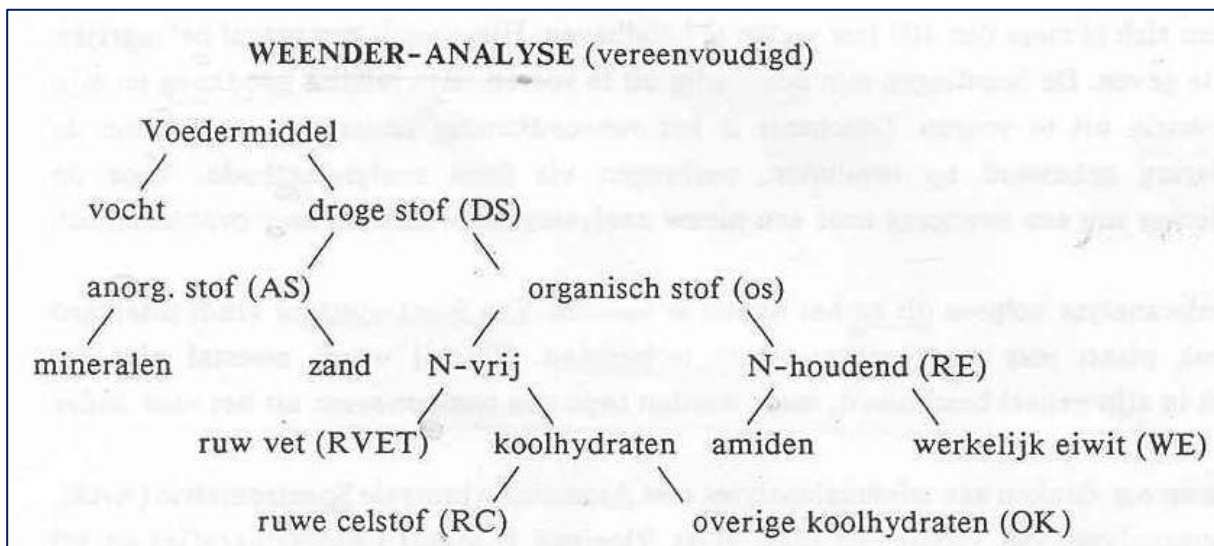
Deze fracties worden allemaal met de Weende analyse bepaald.

Naast diervoedervoederanalyse volgens het Weende systeem vindt er uiteraard ook onderzoek plaats met meer geavanceerde technieken. Hierbij wordt meestal niet het voedermiddel in zijn geheel beschouwd, maar worden bepaalde componenten uit het voer nader onderzocht. Een voorbeelden hiervan is een speciale analysetechniek, **Atomaire Absorptie Spectrometrie (AAS)** genaamd, waarmee het gehalte aan mineralen bepaald kan worden. Een andere techniek is **gaschromatografie (GC)** voor andere vluchtige voedingsstoffen.

Voor de hierna te beschrijven analyses wordt uitgegaan van het luchtdroge, gemalen en voedermiddel. In het algemeen worden gehalten (tenzij anders vermeld) opgegeven in grammen per kilogram (g/kg).

WEENDER-ANALYSE	
Voedermiddel	{ vocht droge stof (DS) = (A)
(A) droge stof	{ anorganische stof of ruwas (AS of RAS) = (B) organische stof(os) = (C)
(B) anorg. stof	{ macro-elementen (K, Na, Ca, Mg, P, Cl, S) micro-elementen (o.a. Fe, I, Cu, Co, Zn) zand
(C) organische stof	{ N-houdende stof of ruw eiwit (RE) = (D) N-vrije stof = (E)
(D) N-houdende stof	{ werkelijk eiwit (WE) amiden
(E) N-vrije stof	{ ruw vet (RVET) koolhydraten = (F)
(F) koolhydraten	{ ruwe celstof (RC) overige koolhydraten (OK)

**Figuur 1:** Indeling van de Weende analyse.



**Figuur 2:** Weende analyse in een schema.

### Vocht

Het vochtgehalte van een voedermiddel wordt bepaald door een monster van dit voedermiddel bij 103 °C tot een constant gewicht te drogen. Bij dit proces gaan, indien aanwezig, behalve water ook andere vluchtige stoffen geheel of gedeeltelijk verloren, zoals ammoniak, alcohol en vluchtige vrije vetzuren (azijnzuur, propionzuur, boterzuur). Wanneer

een product veel vluchtige bestanddelen bevat, kan het nutriëntenaanbod voor het dier onderschat worden.

### Droge stof (DS)

Het droge stofgehalte van een voedermiddel =  $1000 - \text{vochtgehalte (g/kg)}$ . Voor de voeding van landbouwhuisdieren is de droge stof een belangrijke maatstaf omdat zich hierin, met uitzondering van water, de essentiële voedingsstoffen bevinden. Een onderlinge vergelijking van voedermiddelen gebeurt daarom bij voorkeur op basis van de gehalten in de droge stof.

### Anorganische stof (AS)

Het gehalte aan asbestanddelen wordt bepaald door het monster te verassen (verbranden in een moffeloven bij  $550\text{ }^{\circ}\text{C}$ ). Bij het verassen, verbranden alle organische bestanddelen. Na het verassen blijft er een mengsel van onbrandbare delen: de AS, bestaande uit oxiden en zouten van de minerale bestanddelen in het voer. De anorganische stof wordt ook wel aangeduid als de mineralenfractie. Naast de hoeveelheid waarin deze mineralen gewoonlijk in de voedermiddelen voorkomen, en meer in het bijzonder naar de behoefte van de landbouwhuisdieren aan deze mineralen, worden ze ingedeeld in massa- of macroelementen (K, Na, Ca, Mg, P, Cl en S) en spoor- of micro-elementen (o.a. I, Cu, Co, Zn, Mn). De AS kan ook zand bevatten.

### N-houdende stof (RE)

Eiwit onderscheidt zich van de overige organische voerbestanddelen door de aanwezigheid van een vrij constant gehalte aan stikstof (N). Het gehalte aan ruw eiwit wordt dan ook verkregen door het N-gehalte van het voedermiddel te bepalen. De meest gebruikte methode voor deze bepaling is de Kjeldahl-stikstofbepaling.

Daar eiwitten gemiddeld 16% N bevatten kan uit het N-gehalte het ruw eiwitgehalte worden berekend door dit gehalte te vermenigvuldigen met  $100/16 = 6,25$ . Dit getal wordt de internationale eiwitfactor genoemd. Deze benadering kent echter wel een aantal bedenkingen.

Niet alle aminozuren bevatten evenveel stikstof. De factor is afgeleid van eiwitbronnen zoals diermeel, visewit en eieren. Tarwe en rogge eiwit bevatten echter 17,5% stikstof en melkeiwit bevat 15,7% stikstof. Voor plantaardige eiwitten wordt dus met de factor van 6,25 een te hoog RE gehalte berekend.

### Samenvattend:

RE bevat het werkelijk eiwit (= aminozuren, peptiden en eiwitten) en de stikstofbevattende stoffen die geen eiwit zijn (= NPN ofwel **Non-Protein Nitrogen**). Deze NPN-fractie kan bestaan uit; betaine, ureum, ammoniak en ammoniumzouten). Wanneer een voedermiddel veel NPN bevat, wordt het eiwitgehalte dus overschat. Het aandeel NPN kan in de totale Nfractie van granen ongeveer 5 a 10% zijn, in groenvoeder tot 50% en in bieten meer dan 50% bedragen. In het algemeen geldt hierbij; des te jonger en malser de plant en hoe sneller de groei, hoe hoger het NPN gehalte.

### Ruw vet (RVET)

Het gehalte aan vet in een voedermiddel wordt bepaald door dit voeder in een Soxhletapparaat te extraheren met een extractiemiddel, waarin het vet goed oplost. Bij de



extractie komen alle stoffen die in het extractiemiddel goed oplosbaar zijn in de RVET fractie terecht. Deze fractie bestaat dus behalve uit zuivere vetten ook uit wassen, harsen, sterolen, fosfolipiden vetoplosbare vitaminen en kleurstoffen zoals carotenoïden en chlorofyl. Voor diervoederdoeleinden wordt doorgaans geen verdere scheiding aangebracht, omdat in de eerste plaats het ruw vetgehalte in voedermiddelen, doorgaans laag is (als er in het oorspronkelijk product veel vet voorkomt, wordt het veelal industrieel gewonnen, waarna het residu als voedermiddel wordt gebruikt) en in de tweede plaats is het gehalte aan niet echte vetbestanddelen daarbij meestal bijzonder laag.

### Ruwe celstof (RC)

De in het voer aanwezige koolhydraten worden in de Weende-analyse verdeeld in twee groepen, die aangeduid worden als ruwe celstof en de overige koolhydraten (OK). De RCfractie bestaat globaal uit cellulose, een deel van de hemicellulosen en lignine (zie ter verduidelijking ook figuur 16). Het ruwe celstofgehalte van een voedermiddel wordt bepaald door een monster van dit voeder achtereenvolgens te koken met verdunde oplossingen van een sterk zuur en een sterke base. De organische stof die bij deze behandeling niet oplost, wordt aangeduid met de naam ruwe celstof (oude naam: ruw vezel).

De ruwe celstof speelt een belangrijke rol bij de klassieke berekening van de voederwaarde van voedermiddelen. Het is daarom van het grootste belang, dat deze bepaling op correcte wijze wordt uitgevoerd.

De ruwe celstof bestaat voornamelijk uit moeilijk afbreekbare celwandbestanddelen zoals cellulose, een deel van de (voor dieren onverteerbare) Lignine (houtstof) en cutine (kurkstof). In dierlijk materiaal komt normaal geen ruwe celstof voor tenzij via besmetting met maagdarminhoud. In plantaardig materiaal stijgt met het groeistadium niet alleen het ruwe celstofgehalte maar vindt er ook een verschuiving plaats van cellulose naar lignine, cutine e.d. Daarmee daalt de kwaliteit van het voedermiddel. Met het ouder worden van planten en dus de toename van lignine, cutine e.d. wordt de verteerbaarheid minder.

### Overige koolhydraten (OK)

De laatste groep die bepaald wordt bij de Weende-analyse is de Overige Koolhydratenfractie (OK). Het OK-gehalte wordt nooit bepaald, maar altijd berekend als restant; het voeder na aftrek van de andere hoofdcomponenten van de Weende-analyse. Dus:

**OK = voedermiddel - vocht - AS - RE - RVET - RC**

of OK = os - RE - RVET - RC

òf OK = koolhydraten - RC

Dit betekent, dat alle analysefouten gemaakt bij de voorgaande bepalingen in het gehalte aan overige koolhydraten terecht komen. Er wordt dus voor de OK-fractie slechts een globaal cijfer verkregen. Wat samenstelling betreft, is de OK-fractie een verzamelbak van verbindingen, die geen plaats gevonden hebben in de overige fracties. Een belangrijke component in de OK-fractie is het zetmeel. Daarnaast treft men onder andere de wateroplosbare suikers, vitamine C en organische zuren uit de celinhoud in deze fractie aan. Daarnaast bevat deze fractie de celwandbestanddelen zoals het grootste deel van de hemicellulose, pectine en dat deel van de lignine, dat bij de RC-bepaling is opgelost. In

dierlijke producten kunnen we lactose (melk), glucose (bloed en lichaamscellen) en glycogeen (lever) aantreffen.

In sommige producten wordt een negatief OK-gehalte gevonden. Dit is niet het gevolg van analysefouten. Het betreft hier altijd zeer eiwitrijke producten van dierlijke oorsprong, zoals bij voorbeeld haringmeel. De negatieve OK-waarde is een gevolg van het feit, dat het eiwit in deze producten iets meer dan 16 % N bevat. Bij de berekening van het RE wordt echter gewoon 6,25 gebruikt, zodat de totale eiwit hoeveelheid wordt overschat, wat bij afwezigheid van of zeer lage reële gehalten aan OK tot schijnbaar negatieve OK-gehalten aanleiding kan geven.

## Vragen:

1. Waar staat de term RE voor?
2. Noem 2 voorbeelden van veel toegepaste ingrediënten die een laag gehalte aan eiwit hebben en een hoog gehalte aan snelle koolhydraten.
3. Wat kan je zeggen over het eiwit- en koolhydratengehalte van lucerne?
4. Atomaire Absorptie Spectrometrie (AAS) en Gaschromatografie (GC) zijn twee technieken om gehalten te kunnen bepalen in (chemische) mengsels. Voor welke groep(en) stoffen worden deze technieken ingezet bij de bepaling van de kwaliteit van (kracht)voeders?
5. a) Noem 5 macro-elementen die belangrijk zijn in diervoeding.  
b) Noem 5 micro-elementen die belangrijk zijn in diervoeding.
6. Bij de bepaling van het ruw eiwit gehalte wordt gerekend met een factor 6,25. Waarom wordt er met deze factor gerekend?
7. Bij de bepaling van het gehalte aan vet in een voedermiddel wordt een zogenaamde Soxhletextractie uitgevoerd. Beschrijf (gebruikmakend van internet) hoe deze scheikundige methode werkt.
8. Beschrijf in maximaal 5 zinnen wat de Weende-analyse inhoudt.
9. Benoem een 3-tal bestanddelen van Ruwe Celstof. Denk je dat deze stoffen gemakkelijk een chemische reactie zullen aangaan? Leg uit waarom je dit denkt.