

PROEFSTATION VOOR DE RUNDVEEHOUDERIJ,
SCHAPENHOUDERIJ EN PAARDENHOUDERIJ, LELYSTAD (PR)

HET KOEMODEL

J. W. F. Hijink
ir. A. B. Meijer

Redactie: ing. H. Snoek

PUBLIKATIE nr. 50

NOVEMBER 1987

INHOUDSOPGAVE

	blz.
1. Inleiding	4
2. Hoofdpijnen van het model	6
3. Voeropname	8
3.1 Opnamecurve	8
3.2 Opnameniveau	9
3.2.1 Opnameniveau wintervoer	9
3.2.2 Opnameniveau gras	10
3.2.3 Jaarproduktie opnameniveau	11
3.3 Afwijking van normale opname	12
3.4 Opname van meer dan één ruwvoersoort	12
3.5 Onderlinge verdringing van voeders	12
3.5.1 Verdringing van gras door bijvoeding met ruwvoer	13
3.5.2 Verdringing ruwvoer door bijvoeding met krachtvoer	13
3.5.3 Krachtvoergift begrensd door structureis	14
4. Energiebehoefte	15
4.1 Energievooronderhoud	15
4.2 Energie voor melkproductie	15
4.3 Energie voor dracht	15
4.4 Energie voor jeugdgroei	16
4.5 Energie voor diverse verrichtingen	16
5. Energiereserve	18
5.1 Energie mobilisatie	18
6. Melkproductie	19
6.1 Melkproductiecurve bij normvoeding	19
6.2 Verloop van het melkvetgehalte	20
7. Aanwending van de opgenomen energie	21
7.1 Nettoenergie	21
7.2 Verdeling van de netto energie	21
8. Gebruik van het koemodel	24
8.1 Invoer	24
8.1.1 Koegegevens	24
8.1.2 Graslandgegevens	25
8.1.3 Bijvoedingruwvoer	26
8.1.4 Gegevens winterruwvoer	27

8.15	Krachtvoergegevens	28
8.1.6	Uitvoergegevens	29
9.	Voorbeeld koemodel	30
9.1	Invoergegevens voorbeeld	30
9.2	Kalender- en lactatiewerken	33
9.3	Melkproductiecurve	33
9.4	Vetgehaltecurve	35
9.5	Meetmelkcurve	35
9.6	Theoretische normproductie	35
9.7	Normproductie met nawerking	36
9.8	VEM-behoefte	36
9.9	Curve voeropname	37
9.10	Droge-stofopname ruwvoer	38
9.11	Bijvoedingruwvoer	39
9.12	VEM-opname uit ruwvoer	40
9.13	Berekening krachtvoergift	41
9.14	Verdringing ruwvoer door krachtvoer	42
9.15	Controle op structuur	42
9.16	Energiebalans	43
9.17	Berekening correctiefactor	43
9.18	Vetmobilisatie c.q. vetaanzet	44
9.19	Mutatiegewicht	45
9.20	Geproduceerde hoeveelheid FCM	45
9.21	Berekeningvolgendeweken	46
10.	Literatuur	47
	Bijlage	51

1. INLEIDING

Melkveehouderij is een activiteit met een complex samenspel van biologische processen in een milieu dat sterk bepaald wordt door economische en sociale omstandigheden. Bij een dergelijk ingewikkeld geheel is er een sterke behoefte aan een ordentelijk overzicht van de samenhangen en aan mogelijkheden tot het bestuderen van het gedrag van het productieproces bij wijziging van de omstandigheden. In veel gevallen is men dan aangewezen op het uitvoeren van proeven met levend materiaal. Het nemen van proeven met dieren is echter een kostbare en tijdrovende aangelegenheid en als zodanig kan niet voor iedere vraag een dierproef worden opgezet. In die gevallen kan men trachten met een model de werkelijkheid na te bootsen. Nu is het nabootsen van een koe of een veestapel bijzonder moeilijk. In een koe spelen zich zeer ingewikkelde fysiologische processen af die wij nog niet alle doorgronden. Het model zal daarom ook altijd een vereenvoudigde weergave van de werkelijkheid zijn.



Het model kan van waarde zijn voor toepassing in het onderzoek en de voorlichting. In het onderzoek kunnen wij denken aan het testen van technische of economische gevoeligheden alvorens een onderzoek op te zetten en in de voorlichting kunnen wij ons voorstellen dat het koemodel een deelprogramma van berekeningen voor een bedrijfseconomisch advies wordt. Ook zien wij toepassingsmogelijkheden voor een koemodel in het bedrijfsbeheer en voor procesbesturing, bijvoorbeeld voor het voorspellen van de melkproductie en het berekenen van krachtvoergiften. Tenslotte lijkt het ook niet denkbeeldig dat men voor beleidsbeslissingen behoefte heeft aan een simulatiemodel om enigszins de gevolgen van een bepaalde beslissing te kunnen overzien.

Op het PR zijn wij enkele jaren geleden begonnen met het bouwen van een computermodel dat de productie, voeropname en energiehuishouding van een koe tracht na te bootsen. In veel details is de biologische relatie niet geheel bekend en is er gekozen voor de meest voor de hand liggende aanname. Andere processen zijn erg ingewikkeld en omslachtig en worden hier opgelost met een eenvoudig algoritme.

Wij willen dit werk dan ook zien als een eerste aanzet tot een voerverwerkingsmodel voor een melkkoe. Wij zijn ons ervan bewust dat er zeker nog veranderingen en aanvullingen op zullen volgen.

2. HOOFDLIJNEN VAN HET MODEL

Het model beschrijft alleen de energiehuishouding van de koe. Er is vanuit gegaan dat de eiwit-, mineralen- en vitaminenvoorziening niet in een minimum verkeert. In grote lijnen kan men het model verdelen in een gedeelte dat de voeropname en een aantal factoren die daarop van invloed zijn behandelt en een gedeelte waarin de energiebehoefte en de verwerking van de opgenomen energie in diverse processen aan de orde komen. Als uitgangspunt voor de voeropname werd het verloop van de opname over de lactatieperiode vastgesteld (van afkalven tot afkalven). Dit verloop werd bepaald bij gelijke concentratie van het voer en uitgedrukt in procenten van de opnametop, die globaal tussen tien en twintig weken na het afkalven ligt. Vervolgens werd het opnameniveau in afhankelijkheid van de voersoort en kwaliteit bepaald.

Naast ruwvoer wordt meestal krachtvoer gegeven. Als gevolg hiervan loopt de ruwvoeropname weer wat terug (verdringing). Om dit proces van beïnvloeding te beschrijven werd aan de hand van proefgegevens een verdringingsmodel voor gras en wintervoer ontworpen. Tenslotte werd het opnamemodel gecorrigeerd voor:

- hogere of lagere jaarproducties dan 6.000 kg
- afwijkende lichaamsconditie
- beperkt weiden of beperkt voeraanbod
- minder gunstige beweidingsomstandigheden in de herfst.

Het tweede gedeelte van het model gaat in op de processen waarin de opgenomen energie verbruikt of verwerkt wordt. Voor het uitoefenen van een aantal primaire levensfuncties heeft ieder levend wezen een zekere hoeveelheid energie nodig (basaalmetabolisme). Wij noemen deze hoeveelheid de onderhoudsenergie. In het model is de onderhoudsenergie rechtevenredig met het lichaamsgewicht genomen. Verder zijn er een aantal processen waarvan de benodigde energie gemakshalve ook tot de onderhoudsenergie is gerekend (lopen, grazen, overtollige eiwitverwerking).

Een tweede proces dat in het model ook altijd voorrang heeft op de overige processen is de reproductie. In het model is ervan uitgegaan dat er voor de groei van de vrucht altijd energie beschikbaar wordt gemaakt, ook al zou dat ten koste van het moederdier gaan.

De overblijvende energie kan het dier aanwenden voor melkproductie, reservevorming en bij nog niet volwassen dieren voor groei. Groei bij nog niet volwassen dieren heeft voorrang op melkproductie en reservevorming. Reservevorming en melkproductie zijn twee elkaar beconcurrerende processen. De verdeling van de energie over melkproductie en reservevorming is een vrij ingewikkeld proces dat van veel factoren afhankelijk is. Zoals bekend is bestaat er in het begin van de lactatie een sterke drang om zoveel mogelijk energie in het proces melkproductie te stoppen; zelfs zo sterk dat het proces reservevorming negatief wordt en er vetreserve voor melkproductie wordt gebruikt. Later in de lactatie neemt de drang tot melkgeven af en wordt er weer energie in de vetreserves gelegd.

In het model zijn wij ervan uitgegaan dat na het afkalven iedere koe die in een normale conditie verkeert een zekere hoeveelheid reserve-energie ter beschikking heeft, die voor melkproductie kan worden aangewend. Wat het verloop van de melkproductie betreft zijn wij uitgegaan van de formule van het IMAG, beschreven door Kerkhof. Deze empirische formule

is gecorrigeerd voor onder de norm voeren in het begin van de lactatie en boven de norm voeren later in de lactatie. Op deze manier is een theoretische lactatiecurve gevormd die weergeeft hoe het produktieverloop zou zijn indien een koe gedurende de hele lactatie volgens de norm gevoerd zou worden (energetisch steeds in evenwicht).

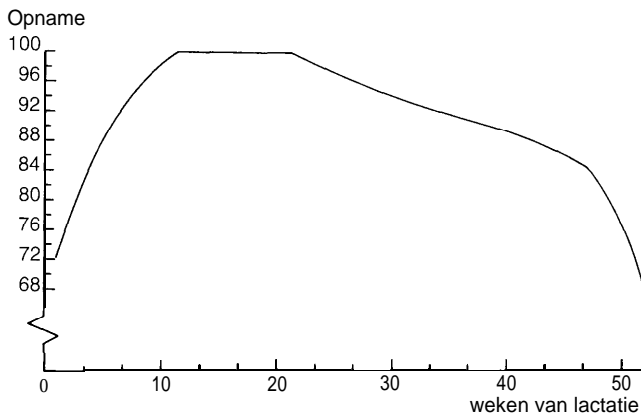
Het model beschrijft verder de invloed van het onder en boven de behoeftenorm voeren op de melkproduktie en de nawerking ervan op het verdere verloop van de produktie.

Verder kan nog opgemerkt worden dat melkvorming via reservevet gepaard gaat met een efficiëntieverlies van 20 %.

3. VOEROPNAME

3.1 Opnamecurve

Aan de hand van literatuurgegevens is het verloop van de voeropname gedurende de lactatieperiode nagegaan. Voor dit doel werden alleen die proefgegevens verwerkt waarbij over de betrokken periode geen verschil in krachtvoergift werd aangebracht of waarin een compleet voer met constante samenstelling werd gebruikt. Uit de gegevens bleek dat de voeropname rondom het afkalven een dieptepunt vertoont en ongeveer 70 % bedraagt van de top-opname die in de periode tussen tien en twintig weken na het afkalven optreedt. Verderop in de lactatie gaat de voeropname geleidelijk weer afnemen en tegen het eind van de droogstand is er een sterke afname. Uit de literatuurgegevens is een opnamecurve geconstrueerd en het bleek dat deze curve goed werd weergegeven met een 4e graads regressieformule op het aantal dagen na afkalven (figuur 1).



Figuur 1 Opname-curve ruwvoer (in procenten van maximum)

Deze regressieformule ziet er als volgt uit

$$\text{Curve} = 70 + 0,786D - 6,553 \times 10^{-3} \times D^2 + 2,113 \times 10^{-5} \times D^3 - 2,452 \times 10^{-8} \times D^4$$

Curve = de opname in procenten van de opnametop

D = dagen na afkalven

In het programma is opgenomen dat de curve 100 % niet te boven mag gaan. In de droogstand wordt een extra daling in opname bewerkstelligd door vanaf de 48e week na afkalven een extra aftrek op de curve toe te passen die oploopt tot acht eenheden in de 52e week na afkalven.

Het levend gewicht van melkvee is positief gecorreleerd met de voeropname. Er bestaat echter ook een positieve correlatie tussen productie per jaar en het gewicht. Wij zien dan ook dat het stijgen van de jaarproductie gepaard gaat met grotere en zwaardere koeien. Uit

regressieonderzoek bleek dan ook dat opname van gewicht als variabele naast jaarproductie weinig extra verklaring geeft van de opnameverschillen. Mede om praktische redenen hebben wij bij de schatting van de voeropname in dit model het lichaamsgewicht buiten beschouwing gelaten.

Er wordt wel een correctie op de opnamecurve aangebracht voor vervetting van dieren. Het is bekend dat de voeropname vermindert bij dieren die sterk vervet zijn. In dit model komt de correctie neer op een vermindering van de curve met zestien eenheden per 100 kg boven haar normale lichaamsreserve (zie hoofdstuk 5).

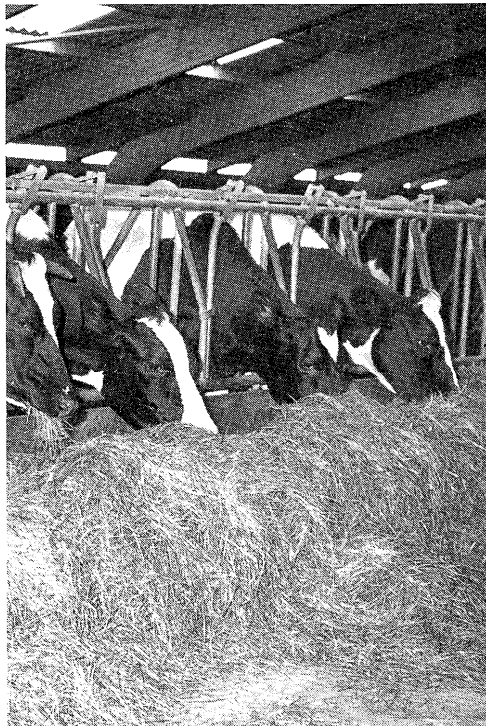
In geval van vers weidegras komt het erop neer dat een koe die 100 kg boven haar normale gewicht is, ongeveer 2,5 kg droge stof minder vreet. In een Engels onderzoek vond men bij een winterrantsoen (compleet voer) door opzettelijk aangebracht conditieverval per 50 kg gewichtsverschil een opnameverandering van 0,5-1,5 kg droge stof.

Literatuur: 1, 2, 5, 8, 17, 20, 22, 29, 31, 35, 48, 51, 54, 55, 57, 59, 61, 69.

3.2 Opnameniveau

3.2.1 Opnameniveau wintervoer

Het lijkt erg logisch dat de voeropname afhankelijk is van de meer of minder gemakkelijke afbreekbaarheid van het voer in het maagdarmkanaal. Voor een deel is dit ook waar, maar er zijn ook andere factoren die met het voer samenhangen en die grote invloed op de voeropname hebben. Zolang we echter niet weten welke factoren dit zijn of zolang de



Goed ruwvoer is de basis voor een hoge melkproductie.

desbetreffende factor niet routinematig bij het ruwvoeronderzoek wordt bepaald, kunnen we in ons model er ook geen rekening mee houden.

In dit opnamemodel is bij de vaststelling van het opnameniveau van ruwvoer alleen gebruik gemaakt van het verband dat aanwezig is tussen ruwvoeropname en ruwvoerkwaliteit (VEM in ds). Voor dit doel werden een groot aantal gegevens geanalyseerd van proeven die in het verleden door onder andere IVVO, IBVL, NMI en PR zijn uitgevoerd. Dit betrof uitsluitend proeven waarbij de krachtvoergift niet aan de melkgift of voerkwaliteit gerelateerd was. Uit deze individuele opnamegegevens ($n = 154$) werd het verband berekend tussen voerkwaliteit en de droge-stofopname. Het verband tussen deze twee grootheden was niet overduidelijk groot ($R^2 = 0,523$). Vooral in het gebied met een hoge VEM-waarde waaierte de puntenzwerm sterk uit. De regressieformule voor de droge-stofopname aan wintervoer luidt als volgt:

$$\text{Opname kg droge stof} = 4,965 + 0,009514 \times \text{VEM}$$

VEM = voederwaarde van het wintervoer uitgedrukt in VEM/kg ds

Ook hier geldt weer dat men het opnameniveau moet vermenigvuldigen met de opnamecurve/100 om de standaardopname te krijgen.

Literatuur: 7, 16, 17, 18, 20, 21, 46, 47, 48, 65.

3.2.2 Opnameniveau gras

Het niveau van grasopname werd vastgesteld aan de hand van proefgegevens van het IVVO en het PR. In een uitgebreid onderzoek van het IVVO werd onder beweidingomstandigheden bij verschillende hoeveelheden aangeboden gras de opname vastgesteld. Wat echter als een normaal aanbod onder praktijkomstandigheden kan worden beschouwd, was uit dit onderzoek niet af te leiden. Hierop gaven PR-proeven, uitgevoerd op het ROCHeino, een antwoord. In deze laatste proeven werd onder praktijkomstandigheden de grasopname door een uitmaaitest vastgesteld. Gezien de gevolgde bepalingmethode was een systematische fout niet uitgesloten; daarom werden de proeven van het ROCHeino alleen gebruikt om uit af te leiden wat een normaal grasaanbod onder praktijkomstandigheden is.

Uit de combinatie van deze twee onderzoeken kon worden afgeleid dat koeien in het stadium van 50-150 dagen na afkalven met een jaarproductie van ca. 6.000 kg melk bij een grasaanbod van 22 kg droge stof per dag (maaiahogte 4,5 cm) ongeveer 15 kg droge stof als weidegras opnemen. Deze opname geldt voor goed weidegras (950 VEM).

Bij een lagere VEM-waarde van het gras zal de opname geringer zijn. Om dit tot uitdrukking te brengen hebben wij aansluiting gezocht bij de opnameformule voor wintervoer. Uit opnameproeven met wintervoer werd namelijk een regressieformule berekend met een lineaire afhankelijkheid van de VEM-waarde van het ruwvoer (zie 3.2.1).

Voor beweiding nemen wij dezelfde formule, vermenigvuldigd met de factor 1,1; in formule:

$$\text{Opname kg ds gras} = 1,1 \times (4,965 + 0,009514 \times \text{VEM})$$

VEM = voederwaarde van het weidegras uitgedrukt in VEM/kg ds

De hogere opname van weidegras in verhouding tot wintervoer laat zich goed verklaren door het ruime aanbod en de grote selectiemogelijkheden onder beweidingomstandigheden.

Het opnameniveau vermenigvuldigd met elk willekeurig punt van de opnamecurve/100 levert de standaardopname (nog niet gecorrigeerd voor jaarproductie).

Bij overgang van stal naar weide moeten de koeien wennen aan de nieuwe situatie. Ze zijn nog erg onrustig, lopen veel en ook is in het grasland nog geen normale weidesnede aanwezig. Dit alles zal de grasopname niet ten goede komen. In het model gaan we daarom uit van een 10% geringere grasopname gedurende de eerste week. Verder wordt de eerste week bijgevoerd met 5 kg droge stof als winterruwvoer en de krachtvoergif van de laatste stalweek wordt nog aangehouden. De tweede week in de weide wordt alleen nog de halve krachtvoergif van de laatste stalweek gegeven.

Ook voor het opstallen in de herfst wordt de laatste twee weken bijgevoerd met 5 kg droge stof als winterruwvoer. In de weide afkalvende koeien krijgen de eerste week ook steeds 5 kg droge stof als wintervoer bijgevoerd.

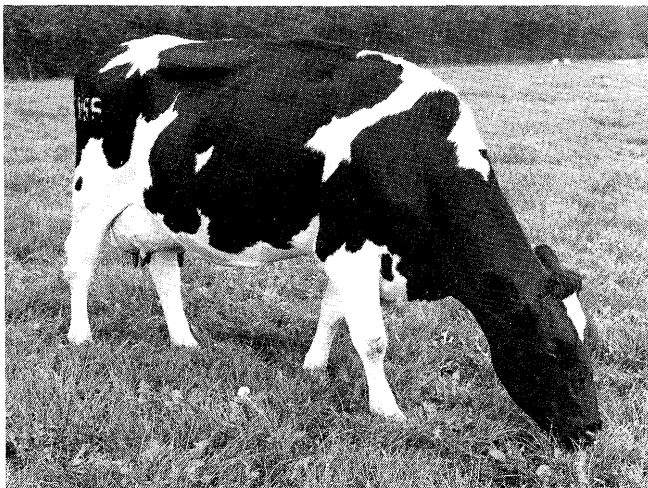
Als gevolg van de verslechterende beweidingssomstandigheden in de herfst wordt de laatste tien weken voor het opstallen de grasopname wekelijks met 1% verminderd.

Een groot deel van de lagere grasopname bij de overgangen in het voorjaar en in de herft wordt weer gecompenseerd doordat de verdringing door bijvoeding met kracht- of ruwvoer bij de lagere opname ook lager is.

Literatuur: 8, 30, 32, 36, 38.

3.2.3 Jaarproductie-opnameniveau

Voor het bereiken van hoge melkproducties moet een koe veel voer kunnen opnemen. We zien dan ook dat in de loop der jaren de productievoortgang gepaard ging met steeds grotere koeien en met een steeds grotere opnamecapaciteit. Toch vonden we in ons eigen materiaal dat met uitzondering van eerste kalfskoeien het gewicht per 1.000 kg hogere melkproductie slechts met ca. 11 kg toenam. In het model is geen automatische koppeling tussen jaarproductie en gewicht aangebracht. De literatuurgegevens over het verband tussen de jaarproductie en de voeropname zijn niet erg eenduidig. Wel is men het er in het algemeen over eens dat koeien met een hoge jaarproductie ook meer voer opnemen. De



De grasopname hangt nauw samen met het aanbod.

mate waarin de opname stijgt per 1 .000 kg hogere jaarproductie ligt globaal tussen 0,8 en 1,2 kg droge stof. De hoogte zal waarschijnlijk ook afhangen van de VEM-waarde van het voer. In dit model is ervan uitgegaan dat bij een jaarproductie van 6.000 kg het opname-niveau van weidegras (950 VEM) ca.1 5 kg droge stof bedraagt en dat voor iedere 1 .000 kg melk meer of minder dan 6.000 kg het opnameniveau 1 kg droge stof hoger of lager ligt. We noemen dit effect de diervariabele.

In formule:

$$\text{Diervariabele} = 1 + (\text{JP} - 6.000) / 15.000$$

waarin JP = jaarproductie

Literatuur: 16, 17, 43.

3.3 Afwijking van normale opname

De ruwvoeropname zoals beschreven in de voorgaande hoofdstukken kunnen we als normaal beschouwen. Er zijn echter situaties denkbaar waaronder deze opname niet wordt bereikt. Zo is ervan uitgegaan dat bij beweiding het grasaanbod 22 kg droge stof bedraagt (bij een maaihoogte van 4.5 cm). Het is bekend dat de opname nog wat gaat toenemen als we het grasaanbod gaan verhogen (dus als we grotere beweidingsresten accepteren).

Anderzijds neemt de opname af als we krap beweiden of als de omstandigheden (zoals het weer) voor beweiding erg ongunstig zijn. In het model kunnen we hierop inspelen door het opnameniveau te vermenigvuldigen met een correctiefactor (F) voor afwijkende omstandigheden.

Ook als de toegangstijd tot het voer beperkt wordt, krijgen we een lagere opname. Dit komt bijvoorbeeld voor als we de koeien 's nachts op stal houden. In het model is standaard ingebouwd dat bij 's nachts opstallen de correctiefactor 0,9 bedraagt. Bij zomerstalvoeder-ring accepteren we minder grasresten dan bij beweiding. Bovendien heeft de koe bij zomerstalvoeding minder mogelijkheden om in het voer de selecteren, terwijl door de ondergane bewerking verontreiniging met grond en eventueel met drijfmest optreedt. Dit alles werkt negatief op de voeropname. In het model is standaard opgenomen dat bij zomerstalvoeding de correctiefactor 0,87 bedraagt.

3.4 Opname van meer dan één ruwvoersoort

Wanneer in de winter meer dan één ruwvoersoort in het rantsoen wordt opgenomen, dan wordt gerekend met de gewogen gemiddelde VEM-waarde van het rantsoen en via de formule in paragraaf 3.2.2 de opname bepaald. Deze benadering is niet geheel juist, want we weten dat van samengestelde rantsoenen veelal wat meer wordt opgenomen en dat ook het mengen van de rantsoencomponenten een opnameverhoging tot gevolg kan hebben. Wel is het mogelijk hierop in te spelen met behulp van de correctiefactor (F), beschreven in 3.3.

3.5 Onderlinge verdringing van voeders

Verzadiging is een relatief begrip. Wanneer we een koe met een bepaald voeder tot verzadiging voeren en we verstrekken daarnaast nog een ander smakelijk voer (bijvoorbeeld krachtvoer), dan blijkt vaak dat de totale droge-stofopname door het verstrekken van

het tweede voer nog wat verhoogd wordt, terwijl de opname van het eerste voer wat terugloopt. We zeggen dan dat het ene voer het andere voer voor een deel verdringt. De verdringing wordt als volgt uitgedrukt

$$\text{Verdringing} = \frac{\text{verminderde ds-opname van het hoofdvoer}}{\text{ds-opname van het bijvoer}}$$

Voor een goede overdraagbaarheid moet verdringing bij gelijke toegangstijd tot het voer en bij gelijke voerresten bepaald worden.

3.5.1 *Verdringing van gras door bijvoeding met ruwvoer*

Wanneer in de zomer wordt bijgevoerd met ruwvoer dan zal dat invloed hebben op de totale ruwvoeropname en ook op de verdringing die het bijgevoerde krachtvoer zal geven. Uit verdringingsproeven met snijmais kwam de volgende verdringingsformule naar voren.

$$V = -1,013M + 0,133G \times M$$

waarin:

V = totale hoeveelheid verdrongen gras in kg ds

M = hoeveelheid bijgevoerde snijmais in kg ds

G = de grasopname in kg ds

De proeven werden uitgevoerd met koeien van ca. 6.000 kg melk en een snijmaisgift tot maximaal 6 kg droge stof. In het model hebben we deze formule aangepast voor andere jaarproducties, andere soorten bijvoer en afwijkende graskwaliteiten. De formule voor de verdringing van gras door bijvoeding van ruwvoer ziet er dan als volgt uit:

$$V_{\text{gras}} = \text{BYKDS} (0,133 \times F \times 15 - 1,013) \times \text{VARH} / (\text{VARDR} \times \text{VARB})$$

waarin:

BYKDS = kg ds bijvoeding met ruwvoer

F = werkelijke opname hoofdvoer/standaardopname hoofdvoer

VARDR = diervariabele

VARH = voervariabele hoofdvoer = VEM/950

VARB = voervariabele bijvoer = VEM/900

Literatuur: 37, 60, 62.

3.5.2 *Verdringing ruwvoer door bijvoeding krachtvoer*

In het verleden zijn veel bijvoedingsproeven met weidende melkkoeien uitgevoerd. Bij die proeven werden alleen de hoeveelheid extra bijvoer en dKJ het effect op de melkproductie gemeten. De grasopname werd niet gemeten. Opvallend in deze proeven was steeds het geringe effect van het extra krachtvoer op de melkproductie. Hoewel het niet kon worden bewezen, ontstond het vermoeden dat door het bijvoeren met krachtvoer de grasopname nogal wordt teruggedrongen.

Het latere bijvoedingsonderzoek heeft zich specifiek op deze verdringingsproblematiek gericht. Het PR onderzocht de verdringing van vers gras onder stalvoederingsomstandigheden, terwijl het IVVO soortgelijk onderzoek verrichtte onder beweidingssomstandigheden.

Uit dit onderzoek bleek dat de totale verdringing zich goed laat verklaren uit de hoogte van de krachtvoergift en het grasopnameniveau bij 0 kg krachtvoer. In formule:

$$V_t = -0,744K + 0,066 G \times K + 0,047K^2 (R^2 = 0,90)$$

waarin:

V_t = totale verdringing (kg ds)

K = bijvoeding met krachtvoer (kg ds)

G = opnameniveau gras (kg ds) bij 0 kg krachtvoer

Door de verdringing afhankelijk te stellen van het opnameniveau bij 0 kg krachtvoer bleken de lage verdringingscijfers van proeven waarbij alleen overdag gras verstrekt werd en proeven met een slechte opname (door bijvoorbeeld erg nat gras) heel goed verklaarbaar te zijn. De proeven zijn echter uitgevoerd met krachtvoergiften die maximaal 5,4 kg droge stof bedroegen. Dit houdt in dat het geldigheidsbereik van de verdringingsformule ook niet verder gaat. Bij extrapolatie naar hogere giften neemt de verdringing door de grote invloed van de kwadratische term onwerkelijk hard toe. Om deze reden en mede op grond van IVVO-proeven waarin de verdringing (ook bij hogere giften) wat lager was is besloten de kwadratische term te halveren. Hierdoor sluit de formule ook goed aan bij verdringingsproeven met wintervoer, zodat voor zomer en winter met één formule gewerkt kan worden.

De verdringingsformule voor krachtvoer ziet er dan als volgt uit.

$$V_{\text{ruwvoer}} = (-0,744K + F \times K + 0,023K^2) \times \text{VARH} \times 1/\text{VARDR}$$

waarin:

V_{ruwvoer} = verdringing ruwvoer in kg ds

K = krachtvoergift in kg ds

F = werkelijke ruwvoeropname/standaardopname

VARH = voervariabele hoofdvoer

VARDR = diervariabele

Literatuur: 20, 30, 38, 39, 58, 60, 62.

3.5.3 *Krachtvoergift begrensd door structureis*

Een herkauwer kan niet uitsluitend op krachtvoer leven. Een deel van het rantsoen moet uit lang ruwvoer bestaan om een zekere vezelige structuur in pens aan te brengen en om voldoende herkauwactiviteiten voor speekselvorming op te roepen. Niet alle ruwvoerders leveren een even grote bijdrage aan de structuur van het rantsoen. Zo levert krachtvoer geen bijdrage aan de structuur. Jong weidegras levert een vrij kleine en stro een grote bijdrage. Alhoewel men de structuur in samenhang met de overige samenstelling van het rantsoen (gehalte zetmeel + suiker) en het voersysteem moet zien is het toch een factor waar in de praktijk goed mee is te werken. Uit onderzoek en praktijkervaring blijkt dat het veilig is om als eis te stellen dat het rantsoen uit minstens 1/3 structuregevende droge stof bestaat. Ook in dit koemodel is deze grens aangehouden.

4. ENERGIEBEHOEFTE

4.1 Energie voor onderhoud

Onderhoudsenergie is de energie die nodig is voor de instandhouding van de levensfuncties zonder dat er vermeerdering of vermindering van de energievoorraad in het lichaam plaatsvindt. Tot de onderhoudsbehoefte kan worden gerekend de energie die nodig is voor:

- instandhouding van heterogeniteit op celniveau (vorming van structuren en potentialen)
- inwendige arbeid (bloedsomloop, spijsvertering, absorptieactiviteiten)
- reproductie en synthese van lichaamseigen stoffen (enzymen e.d.)
- uitwendige arbeid (voederopname, beweging)
- op temperatuur houden van het lichaam (buiten thermoneutrale zone).

Binnen een zeker gewichtstraject kan de onderhoudsbehoefte als rechtevenredig met het lichaamsgewicht worden beschouwd. In dit koemodel is de door het Centraal Veevoederbureau aanbevolen norm voor onderhoud aangehouden.

$$\text{Onderhoudsbehoefte} = 1.413 + 6G$$

waarin:

G = levend gewicht in kg

Literatuur: 24, 33

4.2 Energie voor melkproductie

Evenals de norm voor onderhoudsbehoefte werd ook de norm voor melkproductie ontleend aan de richtlijnen van het Centraal Veevoederbureau. Voor melkproductie met een vetgehalte van 4 % (FCM) geldt de volgende formule.

$$\text{Energiebehoefte melkproductie} = 440 \times \text{FCM} + 0,7293 \times \text{FCM}^2$$

In deze formule is reeds een correctie verwerkt die moet worden toegepast vanwege een geringe afname van de voerbenutting bij een hoger voederniveau (1,8 % per voederniveau). In dit model wordt de melk eerst tot FCM omgerekend ($\text{FCM} = (0,4 + 0,15V) \times M$) alvorens de benodigde energiebehoefte wordt berekend.

Literatuur: 23, 24, 41.

4.3 Energie voor dracht

Voor de berekening van de benodigde energie voor dracht wordt in de literatuur vrijwel steeds weer verwezen naar de formule van Jakobsen. Deze berekent een netto energie-aanzet voor dracht van $30e^{0,1741}$ kJ. Ook Van de Honing stelt in zijn notitie voor om deze formule als uitgangspunt te nemen. Hij stelt verder dat de voor graviditeitsprodukten gebruikte metaboliseerbare energie met een efficiëntie van 15 % wordt aangewend en dat voor de omrekening van metaboliseerbare energie naar netto energie de factor 0,6 kan worden gebruikt. De uiteindelijke dagelijkse behoefte voor dracht luidt dan

Energiebehoefte voor dracht = $17,5e^{0,0174t}$ VEM
waarin t = dagen dracht

De formule geeft de hoeveelheid energie weer die dagelijks nodig is voor de vorming van de conceptieproducten. Daarnaast is nog een kleine hoeveelheid extra onderhoudsenergie nodig voor het moederdier vanwege haar hoger lichaamsgewicht (6 VEM/kg extra gewicht). Hiervoor is als eindgewicht van de conceptieproducten 72 kg aangenomen.

Literatuur: 24, 34, 35, 41, 45.

4.4 Jeugdgroei

Vaarzen en tweede-kalfskoeien zijn bij afkalven nog niet op hun eindgewicht. Gegevens over de groei van 274 vaarzen op de Waiboerhoeve toonden aan dat het gewicht tijdens de eerste lactatie nog aanzienlijk toeneemt. Na de eerste keer afkalven was het gewicht 468 kg en na de tweede keer afkalven 537 kg. Dit is een toename van 69 kg. Van tweede keer afkalven tot derde keer afkalven was de toename bij 131 dieren gemiddeld 44 kg. In dit model is de door het CVB geadviseerde jeugdtoeslag aangehouden en deze bedraagt per dag 600 VEM gedurende de eerste lactatie en 300 VEM in de tweede lactatie. Dit komt neer op een groei van 53 kg voor de eerste-kalfs- en 26 kg voor de tweede-kalfsdieren.

Literatuur: 24, 42.

4.5 Diversen

De beschreven energienormen gelden voor opgestalde dieren. Bij beweiding moeten de dieren zelf het voedsel vergaren. Dit grazen en lopen tijdens grazen kost extra energie. Verder zijn de dieren in het weiland veel bewegelijker en moeten zij bij het melken vaak een aanzienlijke afstand afleggen naar de melkstal. Een ander nadelig punt bij beweiding is dat het rantsoen een overmaat aan N bevat, wat via ureum uitgescheiden wordt. Dit is een energievragend proces. Tenslotte kunnen we nog opmerken dat bij beweiding het opnamepatroon van dag tot dag sterk wisselend is. Bij een beweidingscyclus kunnen we ons voorstellen dat het dier zich het eerste 1/3 deel overeet, 1/3 deel volgens de norm eet en het laatste 1/3 deel ondervoed wordt. In het eerste deel treedt vet-reservevorming op die in het laatste deel weer gebruikt wordt. Het is duidelijk dat deze processen moeilijk te kwantificeren zijn. Aan de hand van literatuur en aanvullende schattingen stelt Van de Honing voor om in eerste instantie de volgende uitgangspunten te nemen bij onbeperkt weiden:

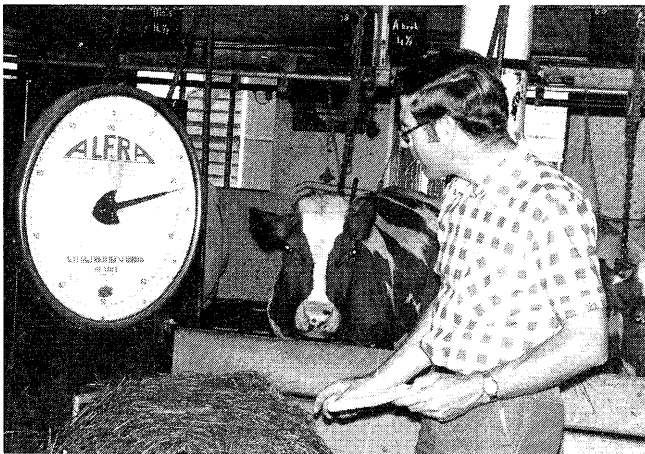
6 uur extra eten/grazen	=	360 VEM
3 km extra lopen X 100 VEM	=	300 VEM
750 gr vre overschot via ureum verwerken X 0,2 VEM	=	150 VEM
onregelmatig opnamepatroon (25% overeten, 20% efficiëntieverlies)		
1/3 X 0,25 X 0,20 X 15.000 VEM	=	250 VEM
Totale beweidingstoeslag		1.060 VEM

Bij beperkte weidegang spelen deze verliezen in beperkte mate en worden respectievelijk gesteld op $300 + 250 + 130 + 250 = 930$ VEM.

Voor zomerstalvoeding geldt alleen wat meer arbeid voor eten en een toeslag voor overmatige N-verwerking. We schatten dit op respectievelijk $100 + 130 = 230$ VEM. Deze VEM-toeslagen zijn in het model gekoppeld aan het systeem dat in de zomer gevolgd wordt (SVEM).

In onze berekeningen en in de ten grondslag liggende proefgegevens zijn we steeds uitgegaan van gezonde koeien en exact optimaal gevoerde koeien. In de praktijk zal dat niet steeds het geval zijn. Dit gaat gepaard met efficiëntieverliezen. Na een interne discussie hierover hebben wij dit geschat op een verlies overeenkomend met 60 kg krachtvoer voor een gemiddelde koe van 6.000 kg melk (0,2 kg krachtvoer/lactatiedag). In dit model hebben wij hiervoor een toeslag op de krachtvoergift toegepast van 1,3 % gedurende de lactatieperiode.

Literatuur: 8, 44, 66.



In proeven wordt, evenals in het model, steeds exact gevoerd.

5. ENERGIERESERVE

Wanneer uit het rantsoen meer energie wordt opgenomen dan voor de in hoofdstuk 4 besproken processen nodig is, dan wordt het overschot vastgelegd in de vorm van lichaamsreserves. Het dier gaat groeien, dat wil zeggen in gewicht toenemen. Als subjectieve maatstaf voor de energiereserve wordt vaak de term "conditie" gebruikt. In tijden met onvoldoende energieopname voor de genoemde processen kan weer uit de reserves geput worden. Hoe groot de mobiliseerbare lichaamsreserves zijn valt moeilijk te zeggen. Als extremen in conditie worden in de literatuur wel gewichtsverschillen van 150 kg vermeld. Verder vertegenwoordigt, volgens literatuurgegevens, 1 kg gewichtsverandering bij magere dieren ca. 3.000 VEM en bij vette dieren ca. 4.500 VEM. In dit model hebben wij gekozen voor een vaste hoeveelheid die per kg lichaamsverandering vrij komt namelijk 3.500 VEM.

Literatuur: 29, 33, 42, 78.

5.1 Energiemobilisatie

In het begin van de lactatie loopt de voeropname achter op de melkproductie zodat het dier vrijwel steeds een negatieve energiebalans heeft. Hoeveel er in die tijd gemobiliseerd kan worden is afhankelijk van de voorraad die bij het dier aanwezig is. Een te grote voorraad is echter ongewenst omdat te vette dieren eerder problemen ondervinden bij de partus en na het afkalven een verhoogd risico lopen op melkziekte en slepende melkziekte. Wij prefereren daarom bij afkalven een normale conditie en wij vinden het normaal dat een koe na afkalven 40-50 kg lichaamsgewicht verliest. Uit Amerikaanse balansproeven kwam naar voren dat hoogproductieve koeien (7.000 kg melk in 305 dagen) in het begin van de lactatie gemakkelijk 10Mcal (= ca. 6kVEM) per dag uit lichaamsweefsel vrijmaken. Sommige koeien mobiliseerden zelfs meer dan 15Mcal (ca. 9 kVEM) per dag. De efficiëntie waarmee deze energie voor melkproductie wordt aangewend kan op 80 % worden gesteld.

In het model gaan wij ervanuit dat een koe met een jaarproductie van 6.000 kg in een normale" conditie bij afkalven een mobiliseerbare energiereserve heeft van 150 kVEM. Wij nemen verder aan dat koeien met een hogere jaarproductie ook over wat meer reserve-energie beschikken en wel 20kVEM/1.000 kg jaarproductie. Volgens het model kan er per week 30 % van de mobiliseerbare voorraad vrij worden gemaakt. Bij een voorraad van 150 kVEM houdt dit in dat er 6,4 kVEM per dag gemobiliseerd kan worden. Bij een efficiëntie van 80 % voor aanwending van melkproductie is dat 5,1kVEM per dag.

Literatuur: 3, 4,9, 78.

6. MELKPRODUKTIE

6.1 Melkproductiecurve bij normvoeding

De melkproductie van een koe verloopt volgens een bepaald patroon dat met behulp van een algoritme redelijk goed kan worden benaderd. De aldus gevormde curve berust op praktijkgegevens en wordt gedeeltelijk door uitwendige omstandigheden bepaald. Als zuiver vertrekpunt voor dit model hebben wij behoefte aan een theoretische normcurve zoals die er zou uitzien indien het dier steeds in energetisch evenwicht zou zijn (dus bij normvoeding). Deze normcurve wordt daarna in het model onder invloed van uitwendige factoren (bv. voeding) tot een werkelijke melkcurve omgevormd.

Met behulp van een lineaire programmering voederbenutting voor de vakgroepen Agrarische Bedrijfseconomie en Veevoeding van de LUW is door De Jong een poging ondernomen om de empirische melkproductiecurve zoals die is gesimuleerd door Kerkhof om te vormen tot een normproductiecurve. Hij deed dit in overeenstemming met de ideeën van Broster over de verdeling van energie over melk en lichaamsreserve. Voor dit koemodel hebben wij ook gebruik gemaakt van het productieverloop volgens Kerkhof en de omrekening tot een normcurve volgens De Jong.

Kerkhof maakt daarbij gebruik van het begrip lactatiefactor, die de verhouding aangeeft tussen het productievermogen van een koe in de actuele situatie en de bijbehorende standaardkoe (de melkproductie op vijf weken na afkalven op zevenjarige leeftijd).

$$\text{Lactatiefactor} = 1/3 + \left\{ \frac{132 (0,4 + D/61)}{(0,4 + D/61 + 1)^2} - 17 \right\} \times \frac{A - 1}{(A + 5)^2}$$

waarin:

A = afkalfleeftijd

D = dagen na afkalven

Wanneer wij de lactatiefactor over 308 dagen (model werkt met 308 lactatiedagen) integreren en vermenigvuldigen met de standaardproductie dan komt daaruit de jaarproductie. De standaardproductie wordt verkregen door de dagproductie te delen door de lactatiefactor. Combinatie van beide gegevens levert

$$\text{Jaarproductie} = \frac{\text{dagproductie} \times 308}{\text{lactatiefactor}} \int_0^{\text{lactatiefactor}}$$

Integratie van de lactatiefactor levert de volgende formule voor de dagproductie.

$$\text{Dagproductie} = \frac{\text{jaarproductie} \times \text{lactatiefactor}}{102,6 + 2.566,5 \times \frac{A - 1}{(A + 5)^2}}$$

Om melkproducties met verschillende vetgehaltes energetisch onder één noemer te brengen wordt de melk eerst omgerekend naar melk met 4 % vet (FCM).

$$\text{FCM} = (0,4 + 0,15 \times \text{vetgehalte}) \times \text{melkhoeveelheid}$$

Daarna berekenen wij de theoretische normproductie door de op vet gecorrigeerde dagproductie te delen door de factor $1,04 \times e^{-3,6/D}$ (D = dagen na afkalven).

Literatuur: 15, 19, 27, 52, 56.

6.2 Verloop van het melkvetgehalte

Het melkvetgehalte is geen constant gegeven. Naast invloeden door genetische factoren is het gehalte vrij sterk afhankelijk van milieufactoren zoals de voeding. Ook vertoont het een bepaald verloop met het lactatiestadium. Na afkalven begint het vrij hoog, daalt gedurende de eerste maanden na afkalven en neemt daarna weer geleidelijk toe tot het eind van de lactatie. Uit gegevens van Wilmink (NRS) werd een regressieformule voor het verloop van het vetgehalte berekend.

$$\text{VET} = (1,15 - 5,17 \times 10^{-3} \times D + 5,64 \times 10^{-5} \times D^2 - 2,2695 \times 10^{-7} \times D^3 + 3,323 \times 10^{-10} \times D^4) \times \text{VETG} - 0,24$$

VET = vetgehalte op de dag D van de lactatie

VETG = gemiddelde vetgehalte van de gehele lactatie

7. AANWENDING VAN DE OPGENOMEN ENERGIE

7.1 Netto energie

De energie die door het dier via het rantsoen wordt opgenomen kan niet geheel benut worden. Een deel van het voer is onverteerbaar en verlaat zonder te zijn benut het lichaam via de faeces. Een ander verlies treedt op in het maagdarmkanaal waar micro-organismen voer fermenteren en waarbij ook methaangas gevormd wordt dat opgerispt wordt en dus verloren gaat. Bovendien produceren de micro-organismen bij de fermentatie veel warmte die niet benut kan worden. Van de energie die wel in het bloed komt gaat nog een deel verloren en wel dat deel dat met de urine (o.a. ureum) wordt uitgescheiden. De rest van de energie komt voor het dier beschikbaar, maar kan niet volledig nuttig worden aangewend. Van de beschikbare energie gaat weer een groot deel (ca. 40 %) door omzettingsverliezen in de vorm van warmte verloren. De uiteindelijke netto energie die wij in VEM uitdrukken kan het dier voor onderhoud en andere processen gebruiken.

7.2 Verdeling van de netto energie

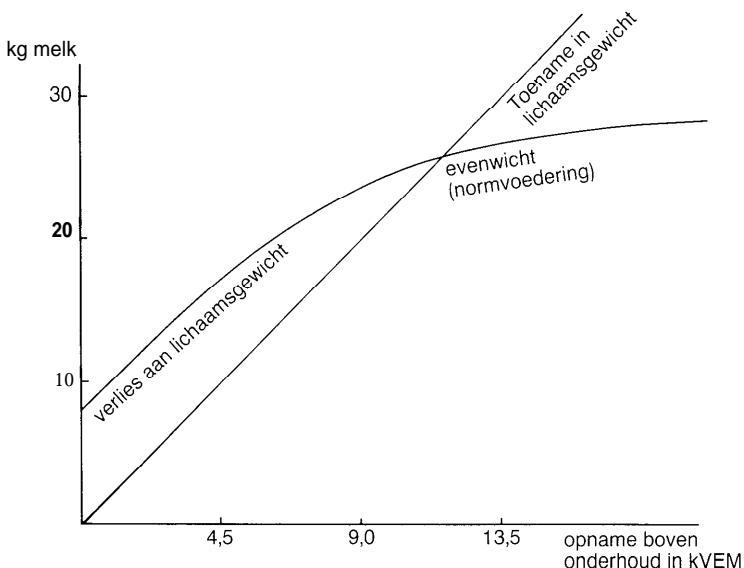
De opgenomen netto energie wordt gebruikt voor de in hoofdstuk 4 besproken processen. Bij de verdeling van de energie worden bepaalde processen met voorrang behandeld. Energie voor onderhoud is een eerste noodzaak, terwijl de benodigde extra energie voor



Bij de ontwikkeling van het model is van veel gegevens uit de literatuur gebruik gemaakt.

het weiden ook voorrang krijgt. Verder is bekend dat de groei van de vrucht weinig beïnvloed wordt door de voeding. De „jeugdgroei” gedurende de eerste twee lactaties zal waarschijnlijk niet geheel onafhankelijk zijn van de voeding, maar voor de eenvoud worden in ons model al deze processen met voorrang behandeld.

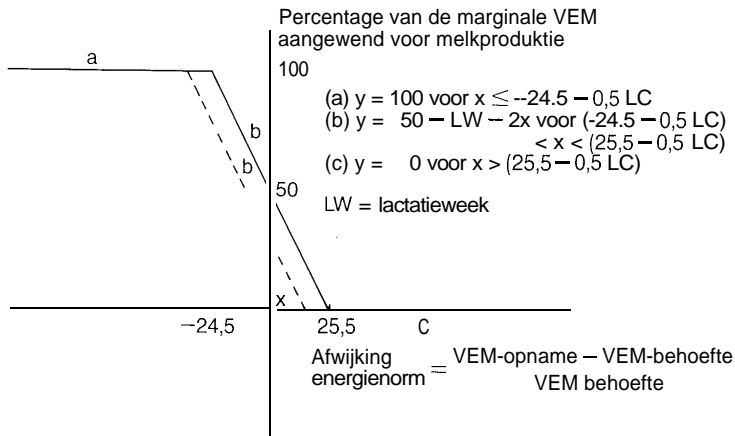
De resterende energie moet daarna verdeeld worden over melkproductie en reservevorming, waarbij het proces reservevorming ook negatief kan uitvallen. Op korte termijn bezien kunnen wij ons het proces melkvorming als in figuur 2 voorstellen.



Figuur 2 Verdeling van de energie over melk en lichaamsreserve

Uit onderzoek naar de marginale interne energieverdeling van koeien die energetisch gezien ongeveer in evenwicht zijn (dus geen vet aanzetten of mobiliseren) wordt van de laatst toegediende eenheid ongeveer 50 % voor melkproductie gebruikt. Dit geldt voor koeien in het begin van de lactatie. Het is logisch dat dit effect gaat teruglopen bij het voortschrijden van de lactatie. Verder mogen wij ook verwachten dat dit effect afneemt naarmate er meer boven de evenwichtssituatie wordt gevoerd. Het effect neemt toe naarmate er verder onder gevoerd wordt. Omdat wij in de praktijk meestal proberen rond de norm te voeren is het niet van groot belang nauwkeurig te weten vanaf welk punt reeds een deel van de laatst toegediende energie voor reservevorming wordt gebruikt. In figuur 3 wordt weergegeven welk deel van de laatst toegediende energie voor melkproductie wordt aangewend.

In deze figuur wordt op de y-as weergegeven het percentage van de laatst toegediende hoeveelheid netto energie dat wordt aangewend voor de productie van melk. De x-as geeft aan hoeveel procent het dier boven of onder de energiebehoefte wordt gevoerd. Onder energiebehoefte wordt dan verstaan de behoefte die behoort bij de theoretische normcurve, gecorrigeerd voor nawerking. In het rechte stuk a bevindt het dier zich in een negatieve energiebalans en alle extra toegevoegde energie wordt nog omgezet in melk. In het deel



Figuur 3 Aandeel van de laatst toegediende eenheid energie dat voor melkvorming wordt aangewend in relatie tot het percentage normafwijking en het aantal weken na afkalven

b van de grafiek wordt een deel van de laatst toegediende eenheid energie aangewend voor melkproductie en een deel voor reservevorming. Het punt waar de lijn b de y-as snijdt is het evenwichtspunt. In die situatie is de energiebalans nul; er wordt dan geen energie opgeslagen en er wordt geen reserve-energie gemobiliseerd. De lijn b schuift met het toenemen van de lactatieweken naar links, dat wil zeggen het dier gaat van de laatst toegediende energie steeds minder melk en meer reserve energie maken bij het voortschrijden van de lactatie. De lijn c geeft weer het traject waarin alle extra toegevoegde energie aangewend wordt voor vetvorming.

Literatuur: 11, 12, 26, 49, 70, 73, 75.

8. GEBRUIK VAN HET KOEMODEL

In dit hoofdstuk worden de benodigde invoergegevens besproken. Dit geschiedt aan de hand van het rekenmodel (en invoerset) zoals dat op het PR is ontwikkeld (computerprogramma).

8.1 Invoer

De benodigde gegevens voor de invoer zijn verdeeld in zes categorieën:

1. Koegegevens
2. Graslandgegevens
3. Bijvoeding ruwvoer
4. Gegevens winterruwvoer
5. Krachtvoergegevens
6. Uitvoergegevens

8.1.1 Koegegevens

In tabel 1 is het gedeelte van de vragenset voor wat betreft de koegegevens vermeld.

Tabel 1 Koegegevens

Nr.	Vraag
1.	Wat is de jaarproductie? Opgeven in werkelijke liters (geen meetmelk)
2.	Wat is het vetgehalte
3.	Wat is de afkalfleeftijd?
4.	Wat is de afkalfmaand?
5.	Wat is de afkalfdag?
5.1	Wat gebeurt er met droogstaande koeien? 1 = Op stal (normvoeding) 2 = In weide (volop gras) 3 = In weide (beperkt gras: norm) 4 = In weide (% beperking)
5.2	Wat is het percentage beperking van de grasopname?
6.	Wat is het begingewicht?
7.	Wat is het eindgewicht?
8.	Wilt u een aangepast vet-reserveniveau? Als de vetreserve aan het begin van de lactatie afwijkt van de standaardhoeveelheid moet u hier JA invullen
8.1	Wat is het vet-reserveniveau (in kVEM)
9.	Is het een individuele (K) of een gemiddelde (G) koe? Een gemiddelde is opgebouwd uit vaarzen, tweede kalfs- en oudere koeien

Bij vraag 1 dient de jaarproductie (JP) ingevuld te worden die de koeien onder goede omstandigheden kunnen bereiken. De vragen 2 tot en met 5 spreken voor zichzelf.

Zoals reeds eerder vermeld, wordt in het koemodel uitgegaan van een tussenkalftijd van 365 dagen. Indien de maand van afkalven in de periode mei-december ligt, valt de droogstand geheel of voor een deel in de weideperiode. Als dat zo is, zal het model om een antwoord

vragen op de keuzemogelijkheden genoemd bij vraag 5.1. indien als antwoord keuze 4 wordt gekozen, wordt vervolgens gevraagd in hoeverre (in percentages) de koeien in grasopname worden beperkt tijdens de droogstandperiode (vraag 5.2).

Bij vraag 7 wordt gevraagd welk gewicht de koeien zullen hebben na de volgende keer afkalven. Standaard wordt bij de veestapel van een gemiddeld begin- en eindgewicht uitgegaan van respectievelijk 550 en 575 kg. Dit is gebaseerd op de volgende gewichtsverdeling binnen een veestapel.

Tabel 2 Gewichtsverdeling diersoorten binnen een veestapel

	begingewicht	eindgewicht
vaars	500	551
tweede kalfskoe	550	576
oudere koe	575	585
gemiddeld	550	575

Het programma zorgt ervoor dat tijdens de laatste 18 weken de koeien zodanig worden gevoerd dat ze op het gewenste eindgewicht uitkomen. Als voor het eindgewicht hetzelfde gewicht wordt ingevoerd als het begingewicht, dan zal bij vaarzen en tweede kalfskoeien het eindgewicht toch hoger uitkomen doordat de leeftijdstoelage zonder meer zorgt voor de gewichtstoename. Als voor het eindgewicht 0 wordt ingevuld, wordt tijdens de laatste 18 weken niet „gestuurd”. Het eindgewicht is dan een gevolg van de voeding.

Bij vraag 8 wordt gevraagd of het niveau van de vetreserve (bij afkalven) aanpassing behoeft. Standaard (dus bij antwoord NEE) wordt uitgegaan van de volgende hoeveelheid kVEM, afhankelijk van jaarproductie (JP):

$$\text{RESJP} = 30 + 20 \times (\text{JP}/1.000).$$

Bij een JP van 7.000 kg is de vetreserve (RESJP) dus $30 + 20 \times 7 = 170$ kVEM.

Als laatste (vraag 9) wordt gevraagd of de berekening voor een individuele koe of voor een gemiddelde koe moet plaatsvinden. Deze vraag is nodig voor de bepaling van de VEM-behoefte. Tijdens de lactatie krijgt een vaars een leeftijdstoelage van 600 VEM en een tweede kalfskoe 300 VEM. Voor een gemiddelde koe wordt 186VEM aangehouden op basis van 22 % vaarzen, 18 tweede kalfskoeien en 60 oudere koeien.

$$(0,22 \times 600 + 0,18 \times 300 + 0,60 \times 0).$$

8.1.2 Graslandgegevens

In tabel 3 is het tweede gedeelte van de vragenset voor wat betreft de graslandgegevens vermeld.

Bij vraag 1 wordt het graslandgebruikssysteem gevraagd. Afhankelijk van het antwoord is de vaststelling van de extra VEM-behoefte tijdens de weideperiode (systeemtoelage). Deze toelage is als volgt.

De verdere vragen in tabel 3 behoeven geen nadere toelichting.

Tabel 3 Graslandgegevens

Nr.	Vraag
1.	Wat is het graslandgebruikssysteem?
2.	Wat is de inschaardag?
3.	Wat is de inschaarmaand?
4.	Wat is de uitschaardag?
5.	Wat is de uitschaarmaand?
6.	Wat is de kwaliteit van het weidegras (VEM)?
7.	Wat is de structuurwaarde van het weidegras?

Tabel 3a Toeslagen bij verschillende systemen

systeem	SVEM	
0	1.060	dag en nacht weidegang
B	930	's nachts op stal
Z	230	zomerstalvoeding

8.1.3 Bijvoeding ruwvoer

In tabel 4 is het derde gedeelte van de vragenset voor wat betreft de bijvoeding met ruwvoer vermeld.

Tabel 4 Bijvoeding ruwvoer

Nr.	Vraag
1.	Welk systeem van ruwvoer bijvoeren in zomer? 0 = Niet bijvoeren 1 = Bijvoeren 5 kg ds in overgangsperioden 2 = Bijvoeren in weideperiode (zelf op te geven perioden en hoeveelheid) en 5 kg ds in overgang 3 = Bijvoeren in zelf op te geven perioden, zelf oip te geven hoeveelheid
1.1	Kwaliteit van het bij te voeren ruwvoer (VEM/kg ds)?
1.2	Wat is de structuurwaarde van bij te voeren ruwvoer?
2.	Voor hoeveel perioden wilt u bijvoeding opgeven?
2.1	Wat is de eerste kalenderweek van periode 1 ?
2.2	Wat is de laatste kalenderweek van periode 1?
2.3	Hoeveel kg ds wordt er in periode 1 gevoerd?
2.4	Wat is de eerste kalenderweek van periode 2?
2.5	Wat is de laatste kalenderweek van periode 2?
2.6	Hoeveel kg wordt er in periode 2 gevoerd?
	Enz. tot en met periode 6

Bij vraag 1 wordt gevraagd welk systeem van ruwvoer bijvoeren wordt toegepast. De keuzemogelijkheden staan bij vraag 1 in tabel 4 vermeld. Standaard wordt ervan uitgegaan dat tijdens de overgang van stal naar weide en van weide naar stal wordt bijgevoerd (keuze 1). De gegevens van de bijvoeding met ruwvoer en de krachtvoergift zijn dan als volgt.

Tabel 5 Bijvoeding met ruwvoer en krachtvoer

weideperiode	voeding
1e week	- 5 kg droge stof uit ruwvoer; - krachtvoergift gelijk aan die van de laatste week op stal.
2e week	- geen ruwvoer bijvoeding; - de halve krachtvoergift van die van de laatste week op stal.
laatste 2 weken	- 5 kg droge stof uit ruwvoer; - krachtvoergift volgens de norm.

Uit het voorgaande blijkt dus dat bij keuze 1 er (automatisch) van wordt uitgegaan dat de koeien tijdens de eerste week en de laatste twee weken van de weideperiode 's nachts op stal staan.

Als de eerste lactatieweek in de weideperiode valt, wordt ook 5 kg droge stof uit ruwvoer bijgevoerd en staat de koe 's nachts op stal. Als het antwoord 0 is, gaat het invoerprogramma verder met de vragenset vermeld in tabel 6 (gegevens winterruwvoer).

Na keuze 2 of 3 wordt vervolgens gevraagd naar de kwaliteit van het bij te voeren ruwvoer (vraag 1.1), de structuurwaarde (vraag 1.2) en het aantal perioden (vraag 2) waarin men wil gaan bijvoeren. Voor elke periode wordt dan de eerste en laatste kalenderweek gevraagd, alsmede de kwaliteit en de structuurwaarde van het bij te voeren ruwvoer. Maximaal kunnen 6 perioden worden opgegeven.

Onder keuze 2 of 3 kunnen ook perioden worden opgegeven die vallen in de winterperiode. Wanneer bijvoorbeeld twee ruwvoerders worden verstrekt kan het ene als hoofdvoer worden bestempeld (zie tabel 6, vraag 1) en het tweede als „bijvoer” (tabel 4, vraag 1.1). De bijvoeding met ruwvoer zal in de weide de opname van gras en op stal de opname van hoofdvoer verlagen (verdringing).

8.1.4 Gegevens *winterruwvoer*

In tabel 6 is het vierde gedeelte van de vragenset voor wat betreft de winterruwvoergegevens vermeld.

Tabel 6 Gegevens winterruwvoer

Nr.	Vraag
1.	Wat is de kwaliteit van het ruwvoer (VEM/kg ds)?
2.	Wat is de structuurwaarde van het ruwvoer?
3.	Welk systeem van ruwvoerverstrekking wordt toegepast? 1 = Voeren volgens standaardformule, dus met opnameverloop gedurende de lactatie 2 = Voeren van vaste hoeveelheden in op te geven perioden
3.1	Wat is de factor voor de winterruwvoeropname? De factor winterruwvoeropname geeft aan in welke mate ad lib ruwvoer wordt gevoerd, uitgedrukt in procenten (1,0 = ad lib; 0,9 = 90% van ad lib)
4.	In hoeveel perioden zijn er vaste ruwvoergiften?
4.1	Wat is de eerste lactatieweek van periode 1?
4.2	Wat is de laatste lactatieweek van periode 1?
4.3	Hoeveel kg wordt er in periode 1 gevoerd?
	Enz. tot en met periode 6

De vragen 1 en 2 behoeven geen toelichting.

Bij vraag 3 kan opgegeven worden of gevoerd wordt volgens het normale opnamepatroon (opnamecurve) of met vaste ruwvoergiften. Bij keuze 1 zal dan gevraagd worden of er ruim dan wel krap ruwvoer verstrekt wordt (vraag 3.1). Bij volop ruwvoer is deze factor 1. Wordt er krapper gevoerd dan heeft dat een lagere opname tot gevolg en zal de factor ook wat lager moeten zijn (bijvoorbeeld 0,95 of 0,90).

Als de keuze 2 is, wordt gevraagd in hoeveel perioden deze vaste giften ruwvoer worden verstrekt (vraag 4). Vervolgens worden evenals bij vraag 2 van het derde gedeelte van de vragenset (tabel 4) de benodigde gegevens gevraagd. Ook hier kunnen maximaal 6 perioden worden opgegeven.

8.1.5 Krachtvoergegevens

In tabel 7 is het vijfde gedeelte van de vragenset voor wat betreft de krachtvoergegevens vermeld.

Tabel 7 Krachtvoergegevens

Nr.	Vraag
1.	Welk systeem van krachtvoer verstrekken? 1 = Normvoeding, minimaal 1 kg krachtvoer 2 = Als 1, met koeffect 3 = Normvoeding, geen lokbrok 4 = Afwijking met kg krachtvoer (lactatieweken) ten opzichte van mogelijkheid 1
2.	Voor hoeveel perioden wilt u afwijking opgeven?
2.1	Wat is de eerste lactatieweek van periode 1 ?
2.2	Wat is de laatste lactatieweek van periode 1 ?
2.3	Hoe groot is de afwijking in periode 1 ? Enz. tot en met periode 6
3.	Worden er grenzen aan de krachtvoergift gesteld?
4.	Voor hoeveel perioden wilt u grenzen opgeven?
4.1	Wat is de eerste lactatieweek van periode 1 ?
4.2	Wat is de laatste lactatieweek van periode 1 ?
4.3	Hoe groot is de minimale gift in periode 1 ?
4.4	Hoe groot is de maximale gift in periode 1 ? Enz. tot en met periode 6

Bij vraag 1 wordt het systeem van krachtvoer verstrekken gevraagd. Standaard wordt van keuze 1 uitgegaan. Bij keuze 2 gaat het model ervanuit dat vanaf de tweede helft van de lactatie de koe 0,5 kg melk extra produceert (koeffect). Bij keuze 4 kan men afwijken met de krachtvoergift ten opzichte van keuze 1. Het is dan mogelijk in bepaalde perioden meer of wellicht minder krachtvoer te verstrekken dan het model aanvankelijk (volgens keuze 1) heeft berekend. Voor maximaal 6 perioden kunnen de benodigde gegevens worden opgegeven.

Bij vraag 3 wordt gevraagd of er grenzen aan de krachtvoergift worden gesteld. Het is op deze wijze mogelijk de krachtvoergift te limiteren. Ook kan op deze wijze flat-feeding worden nagebootst door namelijk de maximale krachtvoergift gelijk te stellen aan de minimale krachtvoergift. Ook bij deze vraag kunnen voor maximaal 6 perioden grenzen worden opgegeven.

8.1.6 *Uitvoergegevens*

In het zesde gedeelte van de vragenset wordt slechts één vraag gesteld over de titel. Hier kan een duidelijke tekst worden opgegeven zodat men later de diverse uitdraaien" snel kan onderscheiden.

9. VOORBEELD KOEMODEL

In dit hoofdstuk wordt met voorbeelden aangegeven worden hoe de berekeningen in het model verlopen. Tegelijkertijd worden de benodigde regressieformules vermeld. Tijdens de uitwerking zal zo nu en dan ook worden aangegeven hoe het een en ander verloopt onder andere omstandigheden en situaties.

9.1 Invoergegevens voorbeeld

De volgende invoergegevens zijn gebruikt voor de voorbeeldberekeningen.

Tabel 8 Voorbeeld invoergegevens

Vraagnr.	Omschrijving	Codering	Waarde in voorbeeld
Koegegevens			
1.	Jaarproductie	JP	7.000
2.	Vetgehalte	VETG	4,00
3.	Afkalfleeftijd	A	4,3
4.	Afkalfmaand	AMD	2
5.	Afkalfdag	ADG	
6.	Begingewicht	GEW	550
7.	Eindgewicht	GEW2	575
8.	Aangepast vet-reserveniveau?	WYZ	NEE
9.	Koe (indiv.) of gem.	MOD	G
Graslandgegevens			
1.	Graslandgebruikssysteem	GB	0
2.	Inschaardag	IDG	
3.	Inschaarmaand	IMD	5
4.	Uitschaardag	UDG	
5.	Uitschaarmaand	UMD	11
6.	Kwaliteit weidegras	VEMH (2)	955
7.	Structuurwaarde	SWH (2)	0.55
Bijvoeding ruwvoer			
1.	Systeem ruwvoer bijvoeren	BYVSYS	2
1.1	Kwaliteit bijvoer	VEMB	895
1.2	Structuurwaarde bijvoer	SWBYV	0,60
2.	Aantal perioden	IIB	
2.1	Eerste kalenderweek	LBA	22
2.2	Laatste kalenderweek	LBZ	25
2.3	Hoeveel kg ds	BYKDS	4.0
Gegevens winterruwvoer			
1.	Kwaliteit ruwvoer	VEMH (1)	800
2.	Structuurwaarde ruwvoer	SWH (1)	0,90
3.	Systeem ruwvoerverstrekking	RUWSYS	
3.1	Factor winterruwvoeropname	FSYS	1.0

Krachtvoergegevens

1.	Systeem krachtvoer verstrekken	KRVSYS	1
----	--------------------------------	--------	---

Uitvoergegevens

1.	Titel	TITEL	Voorbeeld
----	-------	-------	-----------

Het resultaat van de berekening met deze invoergegevens is weergegeven in het hiernavolgende overzicht.

De meeste invoergegevens zijn in de kop vermeld. Het wekelijkse verloop van de waarden in de diverse rubrieken is in de desbetreffende kolommen aangegeven. Ter verduidelijking van de bespreking van het voorbeeld zijn de kolommen genummerd (tussen haakjes). In het voorbeeld is de gehele eerste lactatieweek doorgerekend. Af en toe is een zijsprong gemaakt om aan te geven hoe het een en ander verloopt in een andere periode van de lactatie. Hier en daar zullen de uitkomsten in de voorbeeldberekening iets afwijken van het overzicht vanwege het (meer) afronden van de getallen in het te bespreken voorbeeld.

9.2 Kalender- en lactatieweken

Voor een totaaloverzicht wordt een jaar verdeeld in 52 kalenderweken. Een kalfdatum van 1 februari valt in lactatieweek (LC) 0 en in kalenderweek

(KALWK) 4 volgens

$$\begin{aligned} \text{KALWK} &= ((\text{AMD}-1) \times 30,4 + \text{ADG})/7 \\ \text{KALWK} &= ((2-1) \times 30,4 + 1)/7 = 4 \text{ (afgekapt)} \end{aligned}$$

Voor de berekening van voeropnamen en melkproducties wordt voor de bepaling van de dag in het jaar steeds de "middelste" dag van de betreffende week genomen. In de eerste lactatieweek is dat dag 3, in de tweede week dag 10 enz. In de koemodelberekening wordt steeds begonnen met lactatieweek 1 (kolom 2). In dit voorbeeld valt deze in kalenderweek 5 (kolom 1). Van de 52 weken zijn 44 weken melkgevend en 8 weken droogstand. De laatste kalenderweek op stal wordt bepaald volgens

$$\begin{aligned} \text{KWSTWE} &= ((\text{IMD}-1) \times 30,4 + \text{IDG})/7 \\ \text{KWSTWE} &= ((5-1) \times 30,4 + 1)/7 = 17 \text{ (afgekapt)} \end{aligned}$$

en de laatste kalenderweek in de weide volgens

$$\begin{aligned} \text{KWWEST} &= ((\text{UMD}-1) \times 30,4 + \text{UDG})/7 \\ \text{KWWEST} &= ((11-1) \times 30,4 + 1)/7 = 43 \text{ (afgekapt)} \end{aligned}$$

Deze gegevens zijn nodig om de stalperiode en de weideperiode te bepalen. De koeien krijgen op stal veelal een andere kwaliteit ruwvoer dan in de weide. In de uitvoer worden de stalweken nader aangeduid met S en de weideperiodeweken met W (kolom 3: SW).

9.3 Melkproductiecurve

De melkgift (MKCV) op een bepaalde dag wordt berekend met de twee volgende formules

$$\begin{aligned} \text{LF} &= \frac{1}{3} + \left\{ \frac{132 (0,4 + D/61)}{(0,4 + D/61 + 1)^2} - 17 \right\} \times \frac{A - 1}{(A + 5)^2} \\ \text{en MKCV} &= \text{JP} \times \text{LF} / (102,6 + 2.566,5 \times \frac{A - 1}{(A + 5)^2}) \end{aligned}$$

waarin

LF = Lactatiefactor

D = Dag van lactatie

JP = Jaarproduktie

A = Afkalfleeftijd (jaren).

De berekening van de melkgift (volgens de curve) in de eerste lactatieweek (dag 3) verloopt aldus

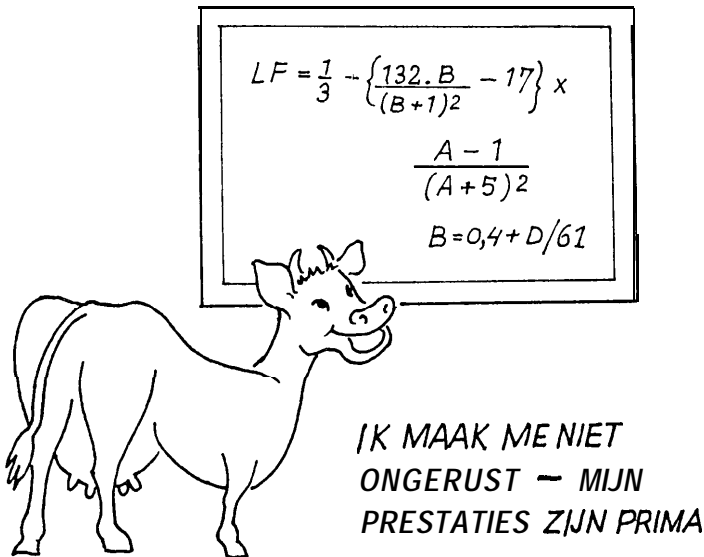
$$LF = \frac{1}{3} \left\{ + \frac{132 (0,4 + 3/61) - 17}{(0,4 + 3/61 + 1)^2} \right\} \times \frac{4,3 - 1}{86,49}$$

$$LF = \frac{1}{3} \left\{ + \frac{132 \times 0,44918 - 17}{(1,4491 + 8)^2} \right\} \times \frac{3,3}{86,49}$$

$$LF = \frac{1}{3} + 11,2325 \times 0,0381546 = 0,7619048$$

$$MKCV = 7.000 \times 0,7619048 / (102,6 + 2.566,5 \times 0,0381546)$$

$$MKCV = 5.333,33365 / 200,52378 = 26,5971 = 26,60 \text{ (kolom 4)}$$



9.4 Vetgehaltecurve

Uit het verloop van het vetgehalte tijdens de lactatie en het gemiddeld opgegeven vetgehalte wordt het actuele vetgehalte van de melk op een bepaalde dag berekend.

$$VET = (1,15 - 5,17 \times 10^{-3} D + 5,64 \times 10^{-5} D^2 - 2,2695 \times 10^{-7} + 3,323 \times 10^{-10} D^4) \times VETG - 0,24$$

D = Dag van de lactatie

VETG = Vetgehalte gemiddeld (opgegeven)

Voor de melkgift op dag 3 (MKCV = 26,60) geldt het volgende vetgehalte:

$$VET = (1,15 - 5,17 \times 10^{-3} \times 3 + 5,64 \times 10^{-5} \times 9 - 2,2695 \times 10^{-7} \times 27 + 3,323 \times 10^{-10} \times 81) \times 4,00 - 0,24$$

$$VET = (1,15 - 0,01551 + 0,5076 \times 10^{-3} - 0,612765 \times 10^{-5} + 0,269163 \times 10^{-7}) \times 4,00 - 0,24$$

$$VET = 1,13499 \times 4,00 - 0,24 = 4,29996 = 4,30 \text{ (kolom 5)}$$

9.5 Meetmelkcurve

Uit melkgift en vetgehalte wordt de meetmelk (melk van 4 % vet) berekend.

$$FCCV = (0,4 + 0,15 \times VET) \times MKCV$$

$$FCCV = (0,4 + 0,15 \times 4,29996) \times 26,5971$$

$$FCCV = 1,044994 \times 26,5971 = 27,7938 = 27,79 \text{ (kolom 6)}$$

9.6 Theoretische normproductie

Het is de bedoeling als uitgangspunt die lactatiecurve te verkrijgen waarbij de energiebalans van de koeien steeds in evenwicht is. Aangezien de koeien in de praktijk de eerste lactatieweken niet op de norm gevoerd kunnen worden en later in de lactatie wel wat boven de norm gevoerd worden is de meetmelkcurve (FCCV) geen juist uitgangspunt.

Immers, de meetmelkcurve is feitelijk een resultante van praktijkgegevens. Derhalve dient de meetmelkcurve omgevormd te worden naar een theoretische normproductiecurve. Deze theoretische curve geeft aan hoe het verloop zou zijn als de koeien gedurende de gehele lactatie volgens de norm gevoerd zouden worden.

Om de FCM-normcurve te berekenen wordt de FCM-productiecurve (FCCV) gedeeld door een bepaalde waarde die afhankelijk is van de dag van de lactatie; in formule

$$FCNM = \frac{FCCV \times 100}{103 \times e^{(-3,6/D)}} \quad \text{Indien } D < 20 \text{ dan } D = 20$$

D = Dag van de lactatie

e = grondgetal van de natuurlijke logaritme (e = 2,7183)

$$FCNM = 27,7938 \times 100 / (103 \times 2,7183^{-3,6/20})$$

$$FCNM = 2.779,38 / (103 \times 0,83527)$$

$$FCNM = 2.779,38 / 86,03281 = 32,3060 = 32,31 \text{ (kolom 7)}$$

9.7 Normproductie met nawerking

In het koemodel wordt ook rekening gehouden met een nawerking op de melkproductie als de koeien in een negatieve energiebalans verkeren. Het is bekend dat wanneer koeien een tijd beneden de norm gevoerd worden en vervolgens weer op de norm, de melkgift niet meer op hetzelfde niveau terugkomt dan wanneer continu op de norm gevoerd was. In het koemodel is de nawerking (CORFC) gedefinieerd als de sommatie van 3 % van het verschil tussen de normproductie met nawerking (FCNC) en de werkelijke FCM-productie (FCWE) in de voorafgaande lactatieweek.

In formule

$$CORFC = CORFC + 0,03 \times (FCNC - FCWE)$$

De normproductie met nawerking is dan

$$FCNC = FCNM - CORFC$$

In de eerste lactatieweek kan nog geen sprake zijn van nawerking gebaseerd op de voorafgaande lactatieweek, derhalve

$$FCNC = 32,3060 - 0 = 32,3060 = 32,31 \text{ (kolom 8)}$$

In de tweede lactatieweek geldt:

$$CORFC = 0 + 0,03 \times (32,31 - 27,57) = 0,14$$

$$FCNC = 35,22 - 0,14 = 35,08$$

En in de derde lactatieweek geldt:

$$CORFC = 0,14 + 0,03 \times (35,22 - 30,95) = 0,14 + 0,13 = 0,27$$

$$FCNC = 36,80 - 0,27 = 36,53$$

Naarmate er langer en meer onder de norm gevoerd wordt, wordt de correctie (CORFC) dus groter en derhalve wordt de theoretische normproductie (FCNM) sterker gecorrigeerd om de normproductie met nawerking (FCNC) te verkrijgen.

Anderzijds zal in perioden van boven de norm voeren de FCNC weer wat dichterbij de FCNM komen (verschil wordt kleiner).

9.8 VEMbehoefte

De VEMbehoefte van de koe is opgebouwd uit verschillende onderdelen, te weten:

- Basisonderhoud (bij 600 kg gewicht)	: 5.013	
- Melkproductie (FCVEM)	: $440 \times FCNC + 0,7293 \times FCNC^2$	
- Leeftijdstoelage (LFVEM)	: vaarzen (< 2,5 jaar)	600
(tijdens lacterende deel)	2e kalfs (2,5 – 3,5 jaar)	300
- Beweidingsystemen	: Onbeperkt weiden	1.060
	: Beperkt weiden	930
	: Zomerstalvoeding	230
- Drachtigheidstoelage (DRVEM)	: $17,5 \times e^{0,0174 \times (D - 90)}$	
(na 90 dagen)		
- Gewichtscorrectie (GWVEM)	: 6 VEM per kg afwijking van 600 kg	
	dus $GWVEM = (GEWTOT - 600) \times 6$	

Het „totale” gewicht van de koe wordt berekend uit het gewicht van de koe zelf en het gewicht van de foetus inclusief vruchtwater etc. Het gewicht van de foetus (inclusief vruchtwater) wordt berekend door de cumulatieve som van DRVEM te vermenigvuldigen met 0,0006; dus

$$GEWTOT = GEW + Som\ DRVEM \times 0,0006$$

Voor een gemiddelde koe (22% vaarzen en 18% tweede kalfskoeien) is de leeftijdstoelage LFVEM = $0,22 \times 600 + 0,18 \times 300 = 186$ VEM.

In dit voorbeeld is de VEM-behoefte op basis van de melkgift:

$$FCVEM = 440 \times 32,306 + 0,7293 \times 32,306^2$$

$$FCVEM = 14.214,64 + 761,154 = 14.975,794 = 14.975,8$$

De totale VEMbehoefte in de eerste lactatieweek (op dag 3) is dus

$$BHVEM = 5.013 + FCVEM + LFVEM + SVEM + DRVEM + GWVEM$$

$$BHVEM = 5.013 + 14.975,8 + 186 + 0 + 0 + (550-600) \times 6$$

$$BHVEM = 5.013 + 14.975,8 + 186 - 300 = 19.874,8 = 19.875 \text{ (kolom 9)}$$

In de eerste week van de weideperiode (overgang) wordt ervan uitgegaan dat de koeien meer dan normaal lopen en springen in de weide. De grasopname wordt dan wat lager verondersteld en de behoefte wordt met 500 VEM verhoogd.

Dit geldt uitsluitend in de eerste week overgang van stal naar weide.

9.9 Curve voeropname

Het percentage voeropname wordt berekend uit

$$CURVE = 70 + 0,786D - 6,553 \times 10^{-3}D^2 + 2,113 \times 10^{-5}D^3 - 2,452 \times 10^{-8}D^4$$

$$CURVE = 70 + 0,786 \times 3 - 6,553 \times 10^{-3} \times 9 + 2,113 \times 10^{-5} \times 27 - 2,452 \times 10^{-8} \times 81$$

$$CURVE = 70 + 2,358 - 0,059 + 0,00057 - 0,000002$$

$$CURVE = 72,2996 = 72,30 \text{ (kolom 11)}$$

Zodra de vetreserve van een koe op een bepaald moment boven het standaardniveau uitkomt, heeft dat een remmende invloed op de opname. Bij het begin van de lactatie heeft de koe van 7.000 kg melk standaard de volgende reserve

$$\text{RESJP} = 30 + 20 \times (\text{JP}/1.000) \text{ kVEM}$$

$$\text{RESJP} = 30 + 20 \times 7 = 170 \text{ kVEM} = 170.000 \text{ VEM}$$

Zou op een bepaald moment van de lactatie de reserve (RES) boven 170 kVEM komen, dan is de correctie op de voeropnamecurve als volgt

$$\text{CURVE} = \text{CURVE} - (\text{RES} - \text{RESJP}) \times 0,000046$$

9.10 Droge-stofopname ruwvoer

In bepaalde perioden zal de koe niet de verwachte hoeveelheid ruwvoer kunnen opnemen. Gemeld is reeds dat in de eerste week van de weideperiode de grasopname wat lager is. In deze week wordt een aftrekpercentage van 10 % gehanteerd. In de laatste 10 weken van de weideperiode (onder herfstomstandigheden) wordt de grasopname gecorrigeerd, met 1 % in kalenderweek 34 oplopend tot 10 % in kalenderweek 43.

In formule

$$\text{AFPC} = \text{KALWK} - 33$$

De opname van droge stof uit ruwvoer is afhankelijk van het lactatiestadium (CURVE), de kwaliteit van het ruwvoer (VEMH) en de jaarproductie (JP). De jaarproductie is verwoord in de diervariabele.

$$\text{VARDR} = 1 + (\text{JP} - 6.000) / 15.000$$

$$\text{VARDR} = 1 + (7.000 - 6.000) / 15.000$$

$$\text{VARDR} = 1 + 1/15 = 16/15 = 1,0667$$

De top van de ruwvoeropname (bij CURVE = 100) wordt berekend uit de volgende formule

$$\text{OPNTOP} = (4,965 + 0,009514 \times \text{VEMH}) \times \text{VARDR} \text{ (winterruwvoer)}$$

$$\text{OPNTOP} = (4,965 + 0,009514 \times 800) \times 16/15$$

$$\text{OPNTOP} = 12,5762 \times 16/15 = 13,4146 = 13,41$$

De ruwvoeropname (bij 0 krachtvoer) in de eerste lactatieweek (dag 3) is

$$\text{CVKDS} = \text{OPNTOP} \times \text{CURVE} / 100$$

$$\text{CVKDS} = 13,4146 \times 0,722996 = 9,6987 = 9,70$$

Rekening houdend met het aftrekpercentage (AFPC) en de opnamefactor (FSYS) wordt de formule

$$\text{RVKDS} = \text{CVKDS} \times (100 - \text{AFPC}) / 100 \times \text{FSYS}$$

$$\text{RVKDS} = 9,6987 \times (100 - 0) / 100 \times 1$$

$$\text{RVKDS} = 9,6987 \times 1 \times 1 = 9,70 \text{ (kolom 14)}$$

In de stalperiode wordt standaard uitgegaan van FSYS = 1; in de weideperiode is FSYS afhankelijk van het beweidingssysteem

bij 0: FSYS = 1,0
B: FSYS = 0,9
z: FSYS = 0,87

De verhouding RVKDSCVKDS geeft de mate van verzadiging van de koe weer: $F = \text{RVKDSCVKDS}$. In de stalperiode is deze F gelijk aan FSYS, in de weideperiode is ook het aftrekpercentage (in de betreffende weken) van invloed.

9.11 Bijvoeding ruwvoer

In het model wordt eerst de onderlinge beïnvloeding van ruwvoerders berekend en vervolgens de invloed van krachtvoerbijvoeding op de opname van het ruwvoer (hoofdvoer). De verdringing van het hoofdvoer door bijvoeding met ruwvoer is in formule

$$\text{VDBYV} = \text{BYKDS} \times (0,133 \times F \times 15 - 1,013) \times \text{VARH} / (\text{VARDR} \times \text{VARB})$$

waarin:

$$F = \text{RVKDSCVKDS}$$
$$\text{VARH} = \text{VEMH} / 950$$
$$\text{VARB} = \text{VEMB} / 900$$

We berekenen nu de verdringing van gras door bijvoeding met 4 kg ds snijmais in de 22^e kalenderweek. Daartoe berekenen we eerst de OPNTOP, dan de CVKDS en vervolgens RVKDS.

$$\text{OPNTOP} = (4,965 + 0,009514 \times \text{VEMH}) \times 1,1 \times \text{VARDR}$$
$$\text{OPNTOP} = (4,965 + 0,009514 \times 955) \times 1,1 \times 16/15$$
$$\text{OPNTOP} = 14,05087 \times 1,1 \times 16/15 = 16,4864 = 16,49$$


'sNachts opgestalde koeien worden vaak bijgevoerd met snijmais.

$$CVKDS = OPNTOP \times CURVE / 100$$

$$CVKDS = 16,4864 \times 100/100 = 16,49$$

Tijdens de periode van bijvoeding staan de koeien 's nachts op stal dus
FSYS = 0,9

$$RVKDS = CVKDS \times (100 - AFPC) / 100 \times FSYS$$

$$RVKDS = 16,4864 \times (100 - 0) / 100 \times 0,9$$

$$RVKDS = 14,8378 = 14,84$$

Nu de verdringing

$$VDBYV = 4 \times (0,133 \times 14,8378/16,4864 \times 15 - 1,013) \times 955/950 : (16//15 \times 8951900)$$

$$VDBYV = 4 \times (1,7955 - 1,013) \times \frac{955 \times 15 \times 900}{950 \times 16 \times 895}$$

$$VDBYV = 4 \times 0,7825 \times 0,9477$$

$$VDBYV = 2,9663 = 2,97$$

De grasopname (bij 0 krachtvoer) is dan als volgt:

$$RVKDS = RVKDS - VDBYV$$

$$RVKDS = 14,8378 - 2,9663 = 11,8715 = 11,87 \text{ (kolom: RVKDS)}$$

$$\text{De totale ruwvoeropname } 11,87 + 4 = 15,87$$

$$\text{De F wordt dan } F = RVKDS/CVKDS = 15,87 : 16,49 = 0,96$$

9.12 VEM-opname uit ruwvoer

De bruto VEM-opname uit ruwvoer wordt berekend uit de VEM-hoofdvoer en de VEM-bijvoer.

$$RVVEM = RVKDS \times VEMH + BYKDS \times VEMB$$

In de eerste lactatieweek aldus

$$RVVEM = 9,6987 \times 800 + 0$$

$$RVVEM = 7.758,96 = 7.759$$

9.13 Berekening krachtvoergift

Uit de VEM-behoefte en de VEM-opname uit ruwvoer wordt het tekort of overschot aan VEM berekend.

$$TKVEM = BHVEM - RVVEM$$

$$TKVEM = 19.874,8 - 7.758,96 = 12.115,84 = 12.116 \text{ (kolom 10)}$$

De berekening van de krachtvoergift volgt uit de formule

$$DSKRV = \frac{-B - \sqrt{B^2 - 4AC}}{2A}$$

waarin $A = 0,023 \times \text{VARH} / \text{VARDR} \times \text{VEMH}$

$$B = (F - 0,744) \times \text{VARH} / \text{VARDR} \times \text{VEMH} - 1,044$$

$$C = TKVEM$$

$$A = 0,023 \times 800 / 950 \times 15/16 \times 800$$

$$A = 0,023 \times 631,559 = 14,52586$$

$$B = (1 - 0,744) \times 800 / 950 \times 15/16 \times 800 - 1,044$$

$$B = 0,256 \times 631,559 - 1,044 = -882,32$$

$$C = 12.115,84$$

$$DSKRV = \frac{882,32 - \sqrt{778.488,58 - 703.923,17}}{29,05172}$$

$$DSKRV = \frac{882,32 - \sqrt{74.565,41}}{29,05172} = \frac{882,32 - 273,07}{29,05172}$$

$$DSKRV = \frac{609,25}{29,05} = 20,97$$

Om in de VEM-behoefte in de eerste lactatieweek te voorzien zou 21 kg ds uit krachtvoer gegeven moeten worden. Dit kan niet omdat de krachtvoergift in het begin van de lactatie geleidelijk verhoogd moet worden. Ook om reden van een juiste ruwvoer/krachtvoerverhouding (structuur) zal de krachtvoergift aangepast (lees verlaagd) moeten worden.

In de eerste lactatieweek wordt de krachtvoergift namelijk als volgt vastgesteld

$$DSKRV = 5,4 + 0,9 \times (JP - 6.000) / 1.000$$

$$DSKRV = 5,4 + 0,9 \times (7.000 - 6.000) / 1.000$$

$$DSKRV = 5,4 + 0,9 \times 1 = 6,30$$

In de tweede lactatieweek geldt

$$\text{DSKRV} = 9,5 + 0,9 \times (\text{JP} - 6.000) / 1.000$$

$$\text{DSKRV} = 9,5 + 0,9 \times 1 = 10,40$$

Vanaf de derde lactatieweek wordt de krachtvoergift berekend met de reeds beschreven formule.

De hoeveelheid krachtvoer in kg wordt als volgt berekend

$$\text{KGKRV} = \text{DSKRV} / 0,9$$

$$\text{KGKRV} = 6,30 / 0,9 = 7,00 \text{ (kolom 17)}$$

9.14 Verdringing ruwvoer door krachtvoer

De verdringing wordt berekend met de volgende formule.

$$\text{VDVR} = \{ (F - 0,744) \times \text{DSKRV} + 0,023 \text{DSKRV}^2 \} \times \text{VARH} / \text{VARDR}$$

$$\text{VDVR} = \{ (1 - 0,744) \times 6,30 + 0,023 \times 6,30^2 \} \times 800 / 950 \times 15/16$$

$$\text{VDVR} = (0,256 \times 6,30 + 0,91287) \times 16/19 \times 15/16$$

$$\text{VDVR} = 2,52567 \times 15/19 = 1,99395 = 1,99 \text{ (kolom 15)}$$

De opname aan ruwvoer na bijvoeding met krachtvoer wordt:

$$\text{RWKDS} = \text{RVKDS} - \text{VDVR}$$

$$\text{RWKDS} = 9,6987 - 1,99395 = 7,7048 = 7,70 \text{ (kolom 16)}$$

9.15 Controle op structuur

Na de berekening van de krachtvoergift en de ruwvoeropname moet gecontroleerd worden of het rantsoen aan de structureis voldoet. Minimaal 1/3 deel van de droge stof uit ruw- en krachtvoer moet structuurhoudend zijn.

$$\text{STREIS} = (\text{RWKDS} + \text{BYKDS} + \text{DSKRV}) / 3$$

$$\text{STREIS} = (7,7048 + 0 + 6,30) / 3$$

$$\text{STREIS} = 4,6683 = 4,67$$

In de eerste lactatieweek moet het rantsoen 4,67 kg ds structuurhoudend materiaal bevatten.

De opname aan structuurhoudend materiaal is

$$\text{STROPN} = \text{RWKDS} \times \text{SWH} (1) + \text{BYKDS} \times \text{SWBYV}$$

$$\text{STROPN} = 7,7048 \times 0,90 + 0$$

$$\text{STROPN} = 6,9343 = 6,93$$

De structuuropname is hoger dan de structureis en dus behoeft de krachtvoergift geen aanpassing. Indien de structuuropname lager was dan de structureis, wordt de krachtvoergift zodanig verminderd dat juist aan de eis wordt voldaan.

9.16 Energiebalans

Uit het verschil in VEM-opname uit ruw- en krachtvoer en de VEM-behoefte wordt de energiebalans uitgerekend.

$$\begin{aligned} \text{ENBAL} &= \text{RWKDS} \times \text{VEMH} + \text{BYKDS} \times \text{VEMB} + \text{DSKRV} \times 1.044 - \text{BHVEM} \\ \text{ENBAL} &= 7,7048 \times 800 + 0 + 6,30 \times 1.044 - 19.874,8 \\ \text{ENBAL} &= 6.163,84 + 6.577,2 - 19.874,8 = -7.133,76 = -7.133 \text{ (kolom 8)} \end{aligned}$$

Op basis van 7,70 kg ds ruwvoer en 6,30 kg ds krachtvoer komt de koe in de eerste lactatieweek 7.133 VEM tekort. Uitgedrukt in een percentage/factor is dat

$$\begin{aligned} \text{PERC} &= \text{ENBAL} / \text{BHVEM} \\ \text{PERC} &= -7.133,76 / 19.874,8 = -0,3589 = -0,36 \end{aligned}$$

9.17 Berekening correctiefactor

Daar de koe in deze eerste lactatieweek onvoldoende energie kan opnemen zal zij haar reserves aanspreken. De mate waarin de reserves worden aangesproken wordt uitgedrukt in de zogenaamde correctiefactor (CORR). De correctiefactor bepaalt welk deel van de mobiliseerbare reserve aan de koe wordt onttrokken (bij negatieve energiebalans) of welk deel van het energie-overschot aan de reserve wordt toegevoegd (bij positieve energiebalans). De correctiefactor is afhankelijk van PERC, FLAC en FBAL.

FLAC is afhankelijk van het lactatiestadium; in formule

$$\begin{aligned} \text{FLAC} &= 0,51 - \text{LC} / 100 \\ \text{FLAC} &= 0,51 - 1/100 = 0,50 \end{aligned}$$

FBAL is afhankelijk van het percentage (PERC) en de twee punten MAXPC en MINPC op de x-as (zie figuur 3).

$$\begin{aligned} \text{MAXPC} &= 0,255 - 0,005 \times \text{LC} \\ \text{MAXPC} &= 0,255 - 0,005 \times 1 = 0,250 \\ \text{MINPC} &= -0,245 - 0,005 \times \text{LC} \\ \text{MINPC} &= -0,245 - 0,005 \times 1 = -0,250 \end{aligned}$$

Bij een negatieve energiebalans ($\text{ENBAL} < 0$) geldt voor FBAL en CORR het volgende. Is het percentage (PERC) kleiner dan MINPC ($\text{PERC} = -0,36$ en $\text{MINPC} = -0,250$) dan is

$$\begin{aligned} \text{FBAL} &= 1 \text{ en} \\ \text{CORR} &= (-\text{MINPC} \times 0,5 \times (\text{FLAC} + \text{FBAL}) + \text{MINPC} - \text{PERC}) / (-\text{PERC}) \\ \text{CORR} &= (0,25 \times 0,5 \times (0,50 + 1,0) - 0,25 + 0,3589) / (0,3589) \\ \text{CORR} &= (0,1875 - 0,25 + 0,3589) / 0,3589 \end{aligned}$$

$$\text{CORR} = 0,2964 / 0,3589 = 0,82586 = 0,83 \text{ (kolom 24)}$$

Zou $\text{MINPC} < \text{PERC} < 0$ dan geldt:
 $\text{FBAL} = (\text{MAXPC} - \text{PERC}) / 0,5$ en
 $\text{CORR} = (\text{FLAC} + \text{FBAL}) / 2$

Bij een positieve energiebalans ($\text{ENBAL} > 0$) geldt voor FBAL en CORR het volgende. Als $0 < \text{PERC} < \text{MAXPC}$ dan is

$\text{FBAL} = \text{FLAC} \times (1 - \text{PERC} / \text{MAXPC})$ en
 $\text{CORR} = (\text{FLAC} + \text{FBAL}) / 2$

Indien $\text{PERC} \geq \text{MAXPC}$ dan is
 $\text{FBAL} = 0$ en
 $\text{CORR} = \text{MAXPC} / \text{PERC} \times \text{FLAC} / 2$

9.18 **Vetmobilisatie c.q. vetaanzet**

Zoals reeds vermeld begint de koe na het kalven met een bepaalde vetreserve. Standaard is deze reserve

$\text{RES} = 30 + 20 \times (\text{JP} / 1.000) \text{ kVEM}$
 $\text{RES} = 30 + 20 \times 7 = 170 \text{ kVEM} = 170.000 \text{ VEM}$

Per week kan maximaal 30 % van de aanwezige hoeveelheid worden vrijgemaakt, per dag dus 30/7%, dus

$\text{RESVRY} = \text{RES} \times 0,30 / 7$
 $\text{RESVRY} = 170.000 \times 0,30 / 7 = 7.285,7 \text{ VEM}$

De hoeveelheid die maximaal per dag in de eerste lactatieweek kan worden vrijgemaakt is hoger dan de „behoefte”, de energiebalans geeft immers aan: -7.133 VEM . Derhalve gaat de berekening verder met deze waarde, dus indien $\text{RESVRY} > -\text{ENBAL}$ dan is $\text{RESVRY} = \text{ENBAL}$.

$\text{RESVRY} = 7.133$.

De hoeveelheid VEM die in „werkelijkheid” wordt vrijgemaakt (VTVEM), wordt bepaald door de reeds berekende correctiefactor (**CORR**).

$\text{VTVEM} = -\text{RESVRY} \times \text{CORR}$
 $\text{VTVEM} = -7.133 \times 0,82586 = -5.890,86 = -5.891 \text{ (kolom 21)}$

Deze 5.891 VEM wordt in de eerste lactatieweek aan de vetreserve van de koe onttrokken om hieruit melk te produceren (zie verder). De actuele reserve (RES) van de koe daalt hierdoor in één week met $7 \times 5.890,86$ dus na 1 week is de actuele reserve:

$\text{RES} = (\text{RES} + \text{VTVEM} \times 7)$
 $\text{RES} = (170.000 - 5.890,86 \times 7)$
 $\text{RES} = 170.000 - 41.236 = 12.876 \text{ VEM} = 129 \text{ kVEM}$ 88 (kolom 23)

9.19 Mutatie gewicht

Vetmobilisatie en vetaanzet hebben een gewichtsafname resp. gewichtstoename tot gevolg. Tevens zorgt de leeftijdstoelag ervoor dat het dier iets in gewicht toeneemt. Er wordt vanuit gegaan dat 1 kg gewichtsverandering overeenkomt met 3.500 VEM.

$$\begin{aligned} \text{GWCR} &= \text{VTVEM} / 3.500 + \text{LFVEM} / 3.500 \\ \text{GWCR} &= -5.890,86 / 3.500 + 186 / 3.500 \\ \text{GWCR} &= -5.704,86 / 3.500 = -1,62996 = -1,63 \end{aligned}$$

De gewichtsverandering is -1,63 kg per dag, na één week is het gewicht dus.

$$\begin{aligned} \text{GEW} &= \text{GEW} + \text{GWCR} \times 7 \\ \text{GEW} &= 550 - 1,62996 \times 7 \\ \text{GEW} &= 550 - 11,41 = 538,59 = 539 \text{ (kolom 22)} \end{aligned}$$

9.20 Geproduceerde hoeveelheid FCM

Het produceren van melk uit reserves gaat met een efficiëntie van 80 %. Dat betekent dat 80 % van de VTVEM benut wordt voor melk en dat 20 % van de VTVEM hierbij verloren gaat.

In het model wordt ervan uitgegaan dat bij vetmobilisatie en vetaanzet 1 kg FCM 460 VEM vergt. De hoeveelheid FCM die in de eerste lactatieweek uit vetreserve wordt geproduceerd is dus

$$\begin{aligned} \text{ENFC} &= 0,8 \times -\text{VTVEM} / 460 \\ \text{ENFC} &= 0,8 \times 5.890,86 / 460 \\ \text{ENFC} &= 10,245 \text{ (kolom 19)} \end{aligned}$$

De hoeveelheid FCM die uit ruw- en krachtvoer wordt geproduceerd (FCVR), wordt berekend met de formule

$$\text{FCVR} = \frac{-440 + \sqrt{440^2 - 4 \times 0,7293 \times \text{ccc}}}{2 \times 0,7293}$$

waarin CCC = 5.013 + GWVEM + DRVEM + SVEM + LFVEM - VEM-opname

$$\begin{aligned} \text{CCC} &= 5.013 - 300 + 0 + 0 + 186 - (\text{BHVEM} + \text{ENBAL}) \\ \text{CCC} &= 5.013 - 300 + 186 - (19.874,8 - 7.133,76) \\ \text{CCC} &= 4.899 - 12741,04 = -7.842 \end{aligned}$$

$$\text{FCVR} = \frac{-440 + \sqrt{193.600 + 22.876,7}}{1,4586}$$

$$\text{FCVR} = \frac{-440 + 465,27}{1,4586} = 17,3248 = 17,32$$



De behoefte aan een koemodel bestond in deze tijd nog niet.

De „werkelijke” FCM-productie (FCWE) van de koe is de totaaltelling van FCM uit ruw- en krachtvoer en FCM uit vetreserve

$$FCWE = FCVR + ENFC$$

$$FCWE = 17,3248 + 10,245 = 27,5698 = 27,57 \text{ (kolom 20)}$$

9.21 Berekening volgende weken

In het voorgaande voorbeeld is de eerste lactatieweek van een dier geheel doorgerekend. Daarna worden in het model successievelijk de tweede, derde enz. week doorgerekend. Berekeningen in de opeenvolgende weken hebben als invoer bepaalde uitkomsten uit de voorafgaande week nodig, zoals FCWE, RES, GEW. Per periode (stal, weide, droogstand en totaal) worden de uitkomsten van de afzonderlijke lactatieweken getotaliseerd. Bij deze totaaltellingen vindt voor wat betreft de hoeveelheid krachtvoer een bijtelling plaats. Deze bedraagt 1,3 % van de totale VEM-behoefte tijdens de lactatie.

10. LITERATUUR

1. A.R.C.
The nutrient requirements of ruminant livestock. (1978).
2. Akinyele, I.O., and S.L. Sphar.
Stage of lactation as a criterion for switching cows from one complete feed to another during early lactation.
J. Dairy Sci. (1974), 6, 917-921.
3. Alderman, G., W.H. Broster, M.J. Strickland, C.L. Johnson.
The estimation of the energy value of liveweight change in the lactating dairy cow.
Livestock Production Science. (1982), 9, 665-673.
4. Beleya, R.L., G.R. Frost, F.A. Martz, J.L. Clark, and L.G. Forkner.
Body composition of dairy cattle by potassium-40 liquid Scintillation detection.
J. Dairy Sci. (1978), 61, 206-211.
5. Bines, J.A., S. Suzuki, and C.C. Balch.
The quantitative of long-term regulation of food intake in the cow.
Br. J. Nutr. (1969), 23, 695-704.
6. Bines, J.A.
Regulation of food intake in dairy cows in relation to milk production.
Livestock Produktion Science. (1976), 3, 115-128.
7. Boer, D.J. den.
Voederwaarde en opname van stro behandeld met ammoniak.
Jaarverslag P.R. (1981).
8. Boer, P.B., de, A.B. Meijer.
Tussentijdsverslag van de werkgroep voedertechische normen voor modellenstudies. (1980).
9. Boisclair, Y., D.G. Grieve, J.B. Stone, R.B. Allen and R.A. Curtis.
Influence of prepartum energy intake and bodycondition on performance and health in early lactating cows.
Animal meeting EAAP. (1984).
10. Boxem, Tj.
Voeding van melkvee met weinig ruwvoer.
PR-rapport no 20, 1974.
11. Boxem, Tj.
Krachtvoeding in de droogstand en na het afkalven.
Jaarverslag R.O.C. Zegveld. (1976 + 1977).
12. Broster, W.H.
Plane of nutrition for the dairy cow.
Principles of cattle productions. (1986), pp. 271-285.
13. Broster, W.H.
Principles and practice in level of feeding for the dairy cow.
S. Afr. J. Anim. Sci. (1975), 5, 143-148.
14. Broster, W.H. and V.J. Broster. Reviews of the progress of Dairy Science: long term effects of plane of nutrition on the performance of dairy cows.
Journal of Dairy Research. (1984), 51, 149-196.
15. Broster, W.H., and C. Thomas.
The influence of level and pattern of concentrate input on milk output.
Recent advances of Animal nutrition. (1981).
16. Brown, C.A., P.T. Chandler, and J.B. Holter. 1977.
Development of Predictive Equations for Milk Yield and Dry Matter Intake in Lactating Cows.
Journal of Dairy Science. (1977), 60, 1739-1754.
17. Brown, C.A., and P.T. Chandler.
Feed intake, ... how is it regulated?
Hoard's Dairyman. (1977), pp. 859.
18. Bull, L.S., B.R. Baumgardt, and M. Clancy.
Influence of caloric density on energy intake by dairy cows.
Journal of Dairy Science. (1976), 59, 1078-1086.

19. Burema, H.J., en J.A. Kerkhof.
Automatisering van de produktie- en gezondheidsbewaking op melkveebedrijven. (1980).
20. Campling, R.C., and J.C. Murdoch.
The effect of concentrates on the voluntary intake of roughages by cows.
J. Dairy Res. (1966), 33, 1-11.
21. Conrad, H.R., A.D. Pratt, and J.W. Hibbs.
Regulation of feed intake in dairy cows. 1. Change in importance of physical and physiological factors with increasing digestibility.
Department of Dairy Science. (1963), 62, 54-62.
22. Coppock, C.E., C.H. Noller, and S.A. Wolfe.
Effect of forage-concentrate ratio in complete feeds fed ad libitum on energy intake in relation to requirements by dairy cows.
J. Dairy Sci. (1974), 11, 1371-1379.
23. Croveto, G.M., and Y. van der Honing.
Prediction of the energy content of milk from Friesian and Jersey cows with normal and high fat concentration.
Zeitschrift für Tierphysiologie, Tierernährung und Futtermittelkunde. (1984), 1, 88-97.
24. CVB.
Voedernormen landbouwhuisdieren en voederwaarden veevoerders.
Centraal Veevoederbureau in Nederland, 1986.
25. Dijkstra, N.D., en A.M. Frens.
Invloed van voeding boven de zetmeelwaardennormen op het levend gewicht en de produktie van melkkoeien. (1963).
26. Dijkstra, N.D. en A.M. Frens.
Invloed van voeding onder de zetmeelwaardennormen op het levend gewicht en de produktie van melkkoeien. (1969).
27. Dommerholt, J., S.R. Snijbrandij, en W.M.G. Wismans.
De individuele standaardkoeproduktie, de bedrijfsstandaardkoeproduktie en de lactatiewaarde.
Bedrijfsontwikkeling, (1977), 4, 1-8.
28. Es, A.J.H., van.
Energy intake and requirement of dairy cows during the whole year.
Livest. Prod. Sci., (1974), 1, 21-32.
29. Garnsworthy, P.C., and J.H. Topps.
The effect of body condition of dairy cows at calving on their food intake and performance when given complete diets. Anim. Prod. (1982), 35, 113-119.
30. Geneijgen, J. van.
Zomerstalvoeding met weinig krachtvoer.
P.R. publikatie. (1978), 10, 21-26.
31. Gordin, S., R. Volcani, and Yehudith Birk.
The effects of nutritional level on milk yields and milk composition in cows and heifers.
J. Dairy Res. (1971), 38, 287-294.
32. Greenhalgh, J.F.D., en G.W. Reid.
The effects of grazing intensity on herbage, consumption and animal production.
J. of Agr. Sc. (1969), 223-228.
33. Henseler, G., e.a. Die Verwertung der Futterenergie für die Milchproduktion.
Arch. Tierernährung. (1973), 23, 353-384.
34. Henseler, G., en W. Jentsch.
Die Verwertung der Futterenergie für die Milchproduktion.
Arch. Tierernährung. (1973), 23, 567-579.
35. Hernandez-urdenata, A., C.E. Coppock, R.E. McDowell, D. Gianola, and N.E. Smith.
Changes in forage-concentrate ratio of complete feeds for dairy cows.
J. Dairy Sci. (1975), 4, 695-705.
36. Hijink, J.W.F.
Snijmais bijvoeren aan koeien in de weideperiode.
P.R. publikatie. (1978), 12.
37. Hijink, J.W.F.
Snijmais als enig ruwvoer voor melkvee.
P.R. publikatie. (1979), 13.
38. Hijink, J.W.F., e.a.

- Supplementation of the dairy cow. Paper for the IVth Europ. Grazing Workshop, Theix 1981. Rapport IVVO nr 141.
39. Hijink, J.W.F.
Invloed van krachtvoer op grasopname bij beperkte en onbeperkte grasverstrekking. Jaarverslag R.O.C. Heino. (1978), pp. 24-27.
 40. Hoffman, L., e.a.
Die Verwertung der Futterenergie für die Milchproduktion. Arch. Tierernahrung. (1972), 22, 721-742.
 41. Hoffman, L., e.a.
Die Verwertung der Futterenergie für die Milchproduktion. Arch. Tierernahrung. (1974), 24, 245-261.
 42. Hoffman, L., R. Schieman, en W. Jentsch.
Zum Energie-bedarf wachsender Bullen. Arch. Tierernahrung. (1981), 31, 481-496.
 43. Hoffman, L., en G. Koriath.
NEF-t-aufwand und Verwertung der Futterenergie für Milchproduktion. Arch. Tierernahrung. (1969), 19, 209-222.
 44. Honing, Y. v.d.
Notitie ten behoeve van de werkgroep Voedertechnische Normen. Intern.
 45. Honing, Y. v.d.
Notitie n.a.v. discussiestuk Gewichten Jongvee. Intern.
 46. Honing, Y. v.d., en L. van Reeuwijk.
De voederopname van voordroogkuil I. Mededelingen I.B.V.L. (1968/'69), 389.
 47. Honing, Y. v.d., en L. van Reeuwijk.
De voederopname van voordroogkuil II. Mededelingen I.B.V.L. (1969/'70), 390.
 48. Huth, F.W.
Futtermoegen und Naehrstoffverwertung bei schwartzbunten Kuehen. Schriftreihe des Max-Planck-Instituts fuer Tierzucht und Tierernahrung 34 (1968) 354.
 49. Hutton, J.B.
The effect of lactation on intake in the dairy cow. Soc. Anim. Prod. (1963), 23, 35-52.
 50. Johnson, C.L.
The effect of feeding in early lactation on feed intake, yield of milk, fat and protein and on live-weight change over one lactation cycle in dairy cows. J. agr. Sci., Camb. (1984), 103, 629-637.
 51. Johnson, W.L., G.W. Trimberger, M.J. Wright, L.D. van Vleck, and C.R. Henderson.
Voluntary intake of forage by holstein cows as influenced by lactation, gestation, body weight, and frequency of feeding. J. Dairy Sci. (1966), 49, 856-864.
 52. Jong, H. de
Voederbenuttings-tp, een lineair programmeringsmodel voor de voeding van een koe het jaar rond. Scriptie LU Wageningen (1983).
 53. Jong, S. de
Indelen van melkvee in productiegroepen. Bedrijfsontwikkeling. 12 (1975) 12.1987.
 54. Journet, M., B. Remond.
Physiological factors affecting the voluntary intake of feed by cows: a review. Livestock Production Science. (1976), 3, 129-146.
 55. Journet, M., M. Poutous, et S. Calomiti.
Appetit de la vache laitiere. 1. Variations individuelles des Quantities d'aliments ingerees. Ann. Zootech. (1965), 14, 5-38.
 56. Keown, J.F., R.W. Everett, N.B. Empet, and L.H. Wadell.
Lactation Curves. J. Dairy Sci. (1986), 69, 769-781.
 57. Kirchgessner, M., und F.J. Schwarz.
Einflussfaktoren auf die Grundfutteraufnahme bei Milchkuhen. Übers. Tierernahrung. (1984), 12, 187-214.

58. Kleinmans, J., und V. Potthast.
Zur Verdrangung von Grundfutter in der Milchviehfütterung.
Übers. Tierernährg. (1984), 11, 165-186.
59. Korver, S.
De voeropname en de genotype-voersamenstelling interactie bij melkkoeien. (1979).
60. Leaver, J.D., R.C. Campling, W. Holmes.
Use of supplementary feeds for grazing dairy cows.
Dairy Sci. Abstr. (1968), 30, 355-361.
61. March, R., M. Curran, and R. Campling.
Vol. intake of roughages by pregnant and by lactating dairy cows.
Animal Produktion. (1971), 13, 107-116.
62. Meijer, A.B.
Verdrangt Maissilage Gras?
Mais 3, 1987, pp 26-27.
63. Modeley, J.E., C.E. Coppock and G.B. Lake.
Abrupt changes in Forage Concentrate ratio of Complete feeds fed ad. lib. to dairy cows.
J. of Dairy Sc. 59 (1976) 695.
64. Ostergaard, vagn.
Feeding strategy and optimum level of concentrate feeding in milk production.
Report from national Institute of Animal Science. (1977).
65. Reeuwijk, L. van.
De voeropname van voordroogkuil III.
Mededelingen I.B.V.L.(1970/'71), 430.
66. Ribeiro, J.M. de CR., J.M. Brockway, and A.J.F. Webster.
A note on energy cost of walking in cattle.
Anim. Prod. (1977), 25, 107-110.
67. Roberts, C.J., I.M. Reid, S.M. Dew, A.J. Stark, e.a.
The effects of underfeeding for 6 months during pregnancy and lactation on blood constituents, milk yield and body weight of dairy cows.
J. Agri. Sci. (1978), 90, 383-394.
68. Roehmoser, G.
Auswirkung einer periodisch begrenzten Unterversorgung an Energie und Eiweiß auf Milchleistung und Milchinhaltstoffe.
Fütterungstechnik in der Rinderhaltung. (1982).
69. Smith, N.E., G.R. Ufford, C.E. Coppock.
One group versus two group system for lactating cows fed complete rations.
J. Dairy Sci. (1978), 61, 1138-1145.
70. Subnel, A.P.J., Th. de Vries.
De gevolgen van verschillende voerniveaus voor produktiekenmerken van melkvee. (1986).
71. Tayler, J.C., and J.M. Wilkinson.
The influence of level of concentrate feeding on the voluntary intake of grass and on live-weight gain by cattle.
Anim. Prod. (1972), 14, 85-96.
72. Vik-Mo, L.
Milk production during short term changes of substandard energy allowances for dairy cows in early lactation. (1984).
73. Wieling, H., A.H. Koops, L.E.M. Rempelberg, S. de Jong.
Normen voor de voedervoorziening. (1977).
74. Wijlen, D.W. van.
De invloed van het energieopnameniveau op de melkproductie en de mobilisatie respectievelijk aanzet van lichaamsreserves bij het rund. (1985).
75. Wilmink, J.B.M.
De correctie van melkproductiegegevens voor leeftijd, seizoen en lactatiestadium. (1985).
76. Wilmink, J.B.M.
Het voorspellen van een onbekende proefmelking, deellijst and 305-dagen productie in de lopende lactatie. (1985).
77. Wright, I.A. and A.J.F. Russel.
The composition and energy content of empty body-weight change in mature cattle.
Anim. Prod. (1984), 39, 365-369.

BIJLAGE

Afleiding dagproductie (= lactatiecurve) uit lactatiefactor van Kerkhof.

Lactatiefactor (LF) is de actuele productie gedeeld door de standaardproductie

$$LF = 1/3 + \left\{ \frac{132(0,4 + D/61)}{(0,4 + D/61 + 1)^2} - 17 \right\} \times \frac{A - 1}{(A + 5)^2}$$

waarin:

LF = Lactatiefactor

A = Afkalfleeftijd (jaren)

D = Dagen na afkalven

Standaardproductie (SP) is de productie op zevenjarige leeftijd, 35 dagen na afkalven.

$$\text{Jaarproductie (JP)} = \text{SP} = \int_0^{308} LF$$

Dagproductie (MKCV) = SP X LF

SP = MKCV/LF

$$JP = \frac{\text{MKCV}}{LF} = \int_0^{308} LF$$

$$\text{MKCV} = \frac{JP \times LF}{\int_0^{308} LF}$$

Integratie van LF van 0 tot 308 dagen (model werkt met 308 lactatiedagen) levert de volgende formule.

$$\int_0^{308} LF = 102,6 + 2.566,5 \times \frac{A - 1}{(A + 5)^2}$$

De formule voor dagproductie bij gegeven leeftijd en jaarproductie is dan als volgt.

$$\text{MKCV} = \frac{JP \times LF}{102,6 + 2.566,5 \times \frac{A - 1}{(A + 5)^2}}$$

Tot nu toe verschenen publikaties

Nr. 1.	Waiboerhoeve 1971. Verslag onderzoek in bedrijfsverband, mei 1972	uitverkocht
Nr. 2.	Waiboerhoeve 1972. Verslag onderzoek in bedrijfsverband, april 1973.	uitverkocht
Nr. 3.	Waiboerhoeve 1973. Verslag onderzoek in bedrijfsverband, juli 1974.	uitverkocht
Nr. 4.	Waiboerhoeve 1974/75. Verslag onderzoek in bedrijfsverband, januari 1976.	uitverkocht
Nr. 5.	Verstrekken van krachtvoer boven de norm in het begin van de lactatieperiode. Resultaten van vier vergelijkende proeven op De Waag en Bosma Zathe in 1971-1974. J. W. F. Hijink en ir. A. B. Meijer, januari 1976.	f 10,—
Nr. 6.	Bijvoeding van melkvee in de weide. Verslag van vergelijkend onderzoek op vier proefbedrijven in de periode 1972-1974. Ing. Tj. Boxem, januari 1976.	f 10,—
Nr. 7.	Centrale opfok van jongvee. Verslag van een commissie, mei 1976	uitverkocht
Nr. 8.	Waiboerhoeve 1976. Verslag onderzoek in bedrijfsverband, mei 1977.	uitverkocht
Nr. 9.	Het afkalfpatroon in de Nederlandse melkveehouderij. Ir. P. B. de Boer, september 1977.	f 10,—
Nr. 10.	Waiboerhoeve 1977. Verslag onderzoek in bedrijfsverband, mei 1978.	uitverkocht
Nr. 11.	Ontwatering van veengrasland. Ing. Tj. Boxem en A. W. F. Leusink, september 1978.	f 10,—
Nr. 12.	Snijmais bijvoeren aan koeien in de weideperiode. J. W. F. Hijink, nov. 1978.	uitverkocht
Nr. 13.	Snijmais als enig ruwvoer voor melkvee. J. W. F. Hijink, januari 1978.	uitverkocht
Nr. 14.	Waiboerhoeve 1978. Verslag onderzoek in bedrijfsverband, mei 1979.	uitverkocht
Nr. 15.	Waiboerhoeve 1979. Verslag onderzoek in bedrijfsverband, mei 1980.	uitverkocht
Nr. 16.	Zelfvoeding van melkvee met snijmais- en voordroogkuil. Onderzoek op Waiboerhoeve 1976-1979. Ing. A. G. Hengeveld en ing. J. Overvest, april 1981.	f 15,—
Nr. 17.	Waiboerhoeve 1980. Verslag onderzoek in bedrijfsverband, juni 1981.	uitverkocht
Nr. 18.	Het optimale melkveebedrijf. Ir. H. Wieling, oktober 1981.	f 15,—
Nr. 19.	Waiboerhoeve 1981. Verslag onderzoek in bedrijfsverband, juni 1982.	uitverkocht
Nr. 20.	Waiboerhoeve 1982. Verslag onderzoek in bedrijfsverband, augustus 1983.	uitverkocht
Nr. 21.	Kort omweiden van melkvee met naweiden van jongvee en droge koeien. Ing. Tj. Boxem, augustus 1983.	f 15,—
Nr. 22.	Opfok van stierkalveren met kalverkorrels of stierenbrok met of zonder romensin. Ing. H. E. Harmsen, september 1983.	f 10,—
Nr. 23.	Normen voor de voedervoorziening. Ing. L. E. M. Rempelberg, ir. H. Wieling, ing. J. Overvest, januari 1984.	f 12,—
Nr. 24.	Grasmengsels en grassoorten voor weiden en maaien. Ir. W. Luten, ing. G. J. Rimmelink, januari 1984.	f 10,—