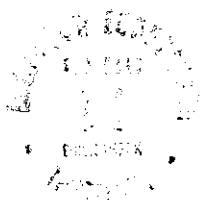


Ir. T. de Haan
Ir. G.W.J. Giesen
Prof.dr.ir. S. Tamminga

Onderzoekverslag 130

REKENREGELS VOOR DIVERSE VOEDERTACTIEKEN EN HUN EFFECTEN OP MELKPRODUKTIE EN BEDRIJFSRESULTAAT

April 1995



SEK: L28-130
EX: C
MLV:

Landbouw-Economisch Instituut (LEI-DLO)
LUW-Vakgroep Veevoeding
LUW-Vakgroep Agrarische Bedrijfseconomie

REFERAAT

REKENREGELS VOOR EN EFFECTEN VAN DIVERSE VOEDERTACTIEKEN OP MELK- PRODUKTIE EN BEDRIJFSRESULTAAT

Haan, T. de, G.W.J. Giesen en S. Tamminga

Den Haag, Landbouw-Economisch Instituut (LEI-DLO), 1995

Onderzoekverslag 130

ISBN 90-5242-284-2

171 p., fig., tab., bijl.

De voeding van melkvee vormt een belangrijk instrument om de melkproductie per koe en daarmee het bedrijfsresultaat te beïnvloeden. In deze studie zijn rekenregels opgesteld waarmee de effecten van diverse voedertactieken op de melkproductie per koe, de gehalten in de melk en op het bedrijfsresultaat berekend kunnen worden. Deze rekenregels kunnen worden gebruikt voor de advisering van melkveebedrijven op basis van data uit de bedrijfseconomische administratie. Als referentie is het LEI-boekhoudnet gekozen. Voor het gebruik van de opgestelde rekenregels dienen echter wel additionele data geregistreerd te worden in deze administratie. Registratie van deze data kost uiteraard tijd en geld, maar geeft de administratie een forse meerwaarde, door middel van het verstrekken van adviezen.

Met behulp van de rekenregels zijn voor een aantal bedrijfstypen de effecten van diverse voedertactieken op het saldo per ha doorgerekend.

Melkvee/Voeding/Bedrijfseconomie/Management/Boekhouding/Melkproductie/
Beslissingsondersteuning/Model

CIP-GEGEVENS KONINKLIJKE BIBLIOTHEEK, DEN HAAG

Haan, T. de

Rekenregels voor en effecten van diverse voedertactieken
op melkproductie en bedrijfsresultaat / T. de Haan, G.W.J. Giesen

en S. Tamminga. - Den Haag : Landbouw-Economisch

Instituut (LEI-DLO). - Fig., tab. - (Onderzoekverslag /

Landbouw-Economisch Instituut (LEI-DLO) ; 130)

ISBN 90-5242-284-2

NUGI 835

Trefw.: veevoeding / bedrijfseconomie ; melkveehouderijen.

Overname van de inhoud toegestaan, mits met duidelijke bronvermelding.

INHOUD

	Blz.
WOORD VOORAF	7
SAMENVATTING	9
1. INLEIDING	15
2. HET EFFECT VAN VOEDERTACTIEKEN OP MELKPRODUKTIE EN -GEHALTES	19
2.1 Veevoeding algemeen	19
2.2 Voersamenstelling en waardering	21
2.2.1 Samenstelling van een voedermiddel volgens de Weende-analyse	21
2.2.2 Energie en energiewaardering	24
2.2.3 Eiwit en eiwitwaardering	28
2.2.4 Fermentatieproducten als precursors voor melkbestanddelen	30
2.3 De pensfermentatie	31
2.3.1 Pensfermentatie algemeen	31
2.3.2 Koolhydraatafbraak in de pens	34
2.3.3 Eiwitafbraak en synthese in de pens	37
2.3.4 Interactie tussen energie en eiwit in de pens	40
2.3.4.1 Het effect van de eiwitvoorziening	40
2.3.4.2 Het effect van de koolhydraatvoorziening	42
2.3.4.3 De invloed van vet op de fermentatie	43
2.4 Diverse voertactieken en hun effect op melkproductie en -gehalten	44
2.4.1 Verbetering van de ruwvoerkwaliteit	44
2.4.1.1 Factoren die de ruwvoerkwaliteit bepalen	44
2.4.1.2 Het effect op de voeropname	47
2.4.1.3 Het effect op de melkproductie	49
2.4.2 Wijziging van de hoogte van de krachtvoergif	51
2.4.2.1 Het effect op de melkproductie	52
2.4.2.1.1 Het effect op de productie per dag	52
2.4.2.1.2 Het effect op de productie op jaarbasis	62
2.4.2.2 Het effect op het vetgehalte	72
2.4.2.3 Het effect op het eiwitgehalte	75

	Blz.	
2.4.3	Wijziging van de samenstelling van het krachtvoer	78
2.4.3.1	Vetrijk krachtvoer	78
2.4.3.2	Krachtvoer met langzaam afbreekbaar zetmeel	80
2.4.3.3	Eiwitrijk krachtvoer	83
2.4.3.4	Krachtvoer met bestendig eiwit	85
2.4.4	Frequenter verstrekken van krachtvoer	87
2.4.5	Gemengd voeren van ruwvoer en krachtvoer	90
2.4.6	Het voeren van bijprodukten	92
2.4.6.1	Bierbostel	93
2.4.6.2	Perspulp	93
2.4.6.3	Maisglutenvoer	95
2.4.7	Samenvatting van de uitgangspunten bij de voedertactieken	96
3.	DE ECONOMISCHE RESULTATEN VAN DIVERSE VOEDERTACTIEKEN	101
3.1	Model en modeluitgangspunten	102
3.2	Het effect van de voertactieken op het saldo per hectare	106
3.2.1	De hoogte van de krachtvoergift	106
3.2.1.1	Effecten bij 6.000 kg fpcm per koe en 15.000 kg quotum per hectare	106
3.2.1.2	Effecten bij verschillende uitgangssituaties	109
3.2.2	Verbetering van de ruwvoer kwaliteit	113
3.2.3	De samenstelling van krachtvoer	117
3.2.3.1	Vetrijk krachtvoer	117
3.2.3.2	Krachtvoer met langzaam afbreekbaar zetmeel	120
3.2.3.3	Krachtvoer met bestendig eiwit	124
3.2.4	Het gemengd of frequent voeren van krachtvoer	127
3.2.5	Het voeren van bijprodukten	132
3.2.5.1	Perspulp	132
3.2.5.2	Maisglutenvoer	135
3.2.5.3	Bierbostel	138
3.3	Samenvatting van de effecten van de voedertactieken op het saldo	142
4.	VALIDATIE VAN DE EFFECTEN VAN VOEDERTACTIEKEN OP PRAKTIJKBEDRIJVEN	145
4.1	Het effect van een gewijzigde krachtvoergift	146
4.2	Het frequent verstrekken van krachtvoer	147
4.3	Het gemengd voeren van krachtvoer en ruwvoer	150
4.4	Het voeren van bijprodukten	153
4.5	Samenvatting	155

INHOUD

	Blz.
WOORD VOORAF	7
SAMENVATTING	9
1. INLEIDING	15
2. HET EFFECT VAN VOEDERTACTIEKEN OP MELKPRODUKTIE EN -GEHALTES	19
2.1 Veevoeding algemeen	19
2.2 Voersamenstelling en waardering	21
2.2.1 Samenstelling van een voedermiddel volgens de Weende-analyse	21
2.2.2 Energie en energiewaardering	24
2.2.3 Eiwit en eiwitwaardering	28
2.2.4 Fermentatieproducten als precursors voor melkbestanddelen	30
2.3 De pensfermentatie	31
2.3.1 Pensfermentatie algemeen	31
2.3.2 Koolhydraatafbraak in de pens	34
2.3.3 Eiwitafbraak en synthese in de pens	37
2.3.4 Interactie tussen energie en eiwit in de pens	40
2.3.4.1 Het effect van de eiwitvoorziening	40
2.3.4.2 Het effect van de koolhydraatvoorziening	42
2.3.4.3 De invloed van vet op de fermentatie	43
2.4 Diverse voertactieken en hun effect op melkproductie en -gehalten	44
2.4.1 Verbetering van de ruwvoer kwaliteit	44
2.4.1.1 Factoren die de ruwvoer kwaliteit bepalen	44
2.4.1.2 Het effect op de voeropname	47
2.4.1.3 Het effect op de melkproductie	49
2.4.2 Wijziging van de hoogte van de krachtvoergif	51
2.4.2.1 Het effect op de melkproductie	52
2.4.2.1.1 Het effect op de productie per dag	52
2.4.2.1.2 Het effect op de productie op jaarbasis	62
2.4.2.2 Het effect op het vetgehalte	72
2.4.2.3 Het effect op het eiwitgehalte	75

	Blz.	
2.4.3	Wijziging van de samenstelling van het krachtvoer	78
2.4.3.1	Vetrijik krachtvoer	78
2.4.3.2	Krachtvoer met langzaam afbreekbaar zetmeel	80
2.4.3.3	Eiwitrijik krachtvoer	83
2.4.3.4	Krachtvoer met bestendig eiwit	85
2.4.4	Frequenter verstrekken van krachtvoer	87
2.4.5	Gemengd voeren van ruwvoer en krachtvoer	90
2.4.6	Het voeren van bijprodukten	92
2.4.6.1	Bierbostel	93
2.4.6.2	Perspulp	93
2.4.6.3	Maisglutenvoer	95
2.4.7	Samenvatting van de uitgangspunten bij de voedertactieken	96
3.	DE ECONOMISCHE RESULTATEN VAN DIVERSE VOEDERTACTIEKEN	101
3.1	Model en modeluitgangspunten	102
3.2	Het effect van de voertactieken op het saldo per hectare	106
3.2.1	De hoogte van de krachtvoergift	106
3.2.1.1	Effecten bij 6.000 kg fpcm per koe en 15.000 kg quotum per hectare	106
3.2.1.2	Effecten bij verschillende uitgangssituaties	109
3.2.2	Verbetering van de ruwvoer kwaliteit	113
3.2.3	De samenstelling van krachtvoer	117
3.2.3.1	Vetrijik krachtvoer	117
3.2.3.2	Krachtvoer met langzaam afbreekbaar zetmeel	120
3.2.3.3	Krachtvoer met bestendig eiwit	124
3.2.4	Het gemengd of frequent voeren van krachtvoer	127
3.2.5	Het voeren van bijprodukten	132
3.2.5.1	Perspulp	132
3.2.5.2	Maisglutenvoer	135
3.2.5.3	Bierbostel	138
3.3	Samenvatting van de effecten van de voedertactieken op het saldo	142
4.	VALIDATIE VAN DE EFFECTEN VAN VOEDERTACTIEKEN OP PRAKTIJKBEDRIJVEN	145
4.1	Het effect van een gewijzigde krachtvoergift	146
4.2	Het frequent verstrekken van krachtvoer	147
4.3	Het gemengd voeren van krachtvoer en ruwvoer	150
4.4	Het voeren van bijprodukten	153
4.5	Samenvatting	155

	Blz.
5. DISCUSSIE	156
5.1 Modeluitgangspunten	156
5.2 Gevoeligheid van het model met betrekking tot onbekende data	157
5.3 Kanttekeningen voor het vakgebied Veevoeding	160
5.4 Kanttekeningen voor instanties die een bedrijfs- economische administratie verzorgen	162
6. CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN	163
LITERATUUR	165

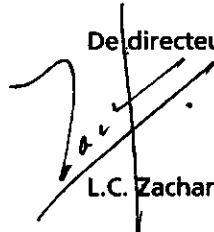
WOORD VOORAF

De voeding van melkvee vormt een belangrijk instrument om de melkproductie per koe en daarmee het bedrijfsresultaat te beïnvloeden. In deze studie zijn rekenregels opgesteld waarmee, op basis van data uit de bedrijfseconomische administratie, de effecten van diverse voedertactieken op de melkproductie per koe, de gehalten in de melk en het bedrijfsresultaat berekend kunnen worden. Voor een aantal typen bedrijven zijn de effecten van diverse voedertactieken op het saldo per hectare doorgerekend.

Dit rapport is tot stand gekomen na samenwerking van de Landbouwniversiteit (LUW) en het Landbouw-Economisch Instituut (LEI-DLO). De auteurs ir. G.W.J. Giesen, prof.dr.ir. S. Tamminga en ir. T. de Haan zijn achtereenvolgens werkzaam bij de vakgroep Agrarische Bedrijfseconomie (LUW), de vakgroep Veevoeding (LUW) en het Landbouw-Economisch Instituut (LEI-DLO).

Een woord van dank is op zijn plaats voor ir. W.H.G.J. Hennen (LEI-DLO) voor de begeleiding en het kritisch commentaar.

Den Haag, april 1995

De directeur,

L.C. Zachariasse

SAMENVATTING

Inleiding

De invoering van de melkquotering en later van de vetquotering heeft ertoe geleid dat melkveehouders andere doelen nastreven ten aanzien van de melkproductie. Voor de invoering van de melkquotering werd een verhoging van de melkproductie per koe en een verhoging van de gehalten in de melk automatisch vertaald in een verhoging van de opbrengsten. De quotering maakte hieraan een eind. In het begin van de quotering waren de opbrengsten nog te verhogen door het leveren van melk met een hoger vet- en/of eiwitgehalte. Sinds de invoering van de vetquotering is ook de weg van het verhogen van het vetgehalte nagenoeg afgesloten als mogelijkheid om de opbrengsten te verhogen. Het verhogen van het vetgehalte, boven de vetreferentie, leidt tot een korting van het quotum. De meeste bedrijven hebben momenteel een vetgehalte in de melk dat boven de referentiewaarde ligt. Het verlagen van het vetgehalte leidt dan tot een verruiming van het quotum. De opbrengsten kunnen sinds de vetquotering vooral worden verhoogd via een verhoging van het eiwitgehalte. Daarnaast is kostenbeheersing een steeds belangrijker aspect geworden, om het bedrijfsresultaat op peil te houden of te verhogen.

De veehouder heeft de keuze uit een ruim scala aan voedertactieken waarmee de melkproductie per koe en de gehalten in de melk gestuurd kunnen worden. Te denken valt onder andere aan de volgende tactieken:

- verbetering van de ruwvoer kwaliteit;
- wijziging van de hoogte van de krachtvoergift;
- wijziging van de krachtvoersamenstelling;
- verdeling van de krachtvoergift over de dag;
- het gemengd voeren van ruwvoer en krachtvoer;
- het vervangen van krachtvoer door bijprodukten.

Om de veehouder te kunnen adviseren omtrent de beste voedertactiek voor specifiek zijn bedrijf, is informatie nodig omtrent de huidige bedrijfssituatie en bedrijfsvoering. Bedrijfseconomische administraties, waaronder die van accountantskantoren alsook het LEI-boekhoudnet, bevatten een rijke bron aan bedrijfseconomische en technische kengetallen, die mogelijk zouden kunnen dienen voor de advisering van de veehouder. Momenteel worden deze cijfers slechts gebruikt voor het vergelijken met normen of met gemiddelde cijfers van andere (vergelijkbare) bedrijven. Er wordt niet aangegeven wat de effecten van een wijziging van de voedertactiek op de melkproductie en het bedrijfsresultaat zijn.

Het voeren van krachtvoer met een afwijkende samenstelling heeft geen positief effect op het saldo per hectare. Zowel vetrijk krachtvoer als krachtvoer met bestendig eiwit verhoogt het vetgehalte waardoor het quotum extra gekort wordt. Krachtvoer met langzaam afbreekbaar zetmeel beïnvloedt de gehalten in de melk wel op een gunstige manier, waardoor de melkopbrengsten stijgen. Het krachtvoer is echter f 4,- per 100 kVEM duurder dan standaard A-brok, waardoor de voerkosten toene men en het saldo niet verhoogd wordt.

Het frequenter voeren van krachtvoer of het gemengd voeren van krachtvoer met ruwvoer heeft een stabiliserende werking op de pensfermentatie tot gevolg, waardoor de vertering beter verloopt. Daarom is aangenomen dat deze tactieken tot een iets hogere melkproductie (fpcm) bij dezelfde VEM-opname leiden. De effecten op het saldo zijn echter niet erg groot, vooral op bedrijven met een laag quotum per hectare. Het frequent of gemengd voeren van krachtvoer leidt uiteraard tot een investering in hetzij een voercomputer, hetzij een voermengwagen of een voermengbak. Dit leidt tot hogere vaste kosten.

In het onderzoek is aangenomen dat het voeren van bijprodukten het eiwitgehalte verhoogt. Daarnaast verlagen persulp en maisglutenvoer het vetgehalte, waardoor het quotum toeneemt. Het vervangen van krachtvoer door bijprodukten verhoogt het saldo vrij sterk, waarbij maisglutenvoer het saldo het sterkst verhoogt. Dit wordt veroorzaakt door de relatief lage prijs per netto-kVEM (zie tabel 2.38). Het voeren van bijprodukten vereist een investering in opslagruimte en machines voor het transporter en doseren van de bijprodukten. Ook de arbeidskosten nemen toe, zodat de vaste kosten zullen stijgen.

Tactieken waarbij de vaste kosten stijgen, zullen voor grote bedrijven relatief gunstiger zijn dan voor kleine bedrijven. De vaste kosten nemen namelijk per hectare af, naarmate de oppervlakte toeneemt.

De grote diversiteit in zowel de bedrijfsstructuur als het management is er de oorzaak van dat de variatie in technische en economische resultaten zeer groot is, zodat de invloeden van de diverse tactieken, die relatief klein zijn, moeilijk traceerbaar zijn. Dit maakt een validatie van de modeluitkomsten nagenoeg onmogelijk, zoals bleek in hoofdstuk 4.

Kanttekeningen voor het vakgebied Veevoeding

Uit de literatuur (De Brabander et al., 1994) is gebleken dat de structureis, die in het begin van de lactatie de hoeveelheid krachtvoer limiteert, minder vast is dan altijd is aangenomen, maar afhankelijk is van het suiker- en zetmeelgehalte in een rantsoen, het soort zetmeel (langzaam of snel afbreekbaar) en de frequentie van krachtvoerverstrekking. Het verdient daarom de voorkeur te komen tot een nieuwe structureis, die afhankelijk gesteld wordt van het suiker- en zetmeelgehalte in een rantsoen, het soort zetmeel en de frequentie van krachtvoerverstrekking.

Er is gebleken dat de hoeveelheid aan ketogene, glucogene en aminogene nutriënten, en de verhouding waarin ze voor de koe ter beschikking komen, grote gevolgen hebben voor de hoeveelheid en de samenstelling van de melk, omdat:

- ketogene nutriënten precursors zijn voor de productie van melkvet;
- aminogene nutriënten precursors zijn voor de productie van melkeiwit;
- glucogene nutriënten precursors zijn voor de productie van melksuiker, wat voor een groot deel de melkplas bepaald. Daarnaast is bij een ruim aanbod aan glucogene nutriënten het gebruik door de koe van aminogene nutriënten als energieleverancier lager, waardoor meer aminogene nutriënten beschikbaar zijn voor de vorming van melkeiwit.

Het huidige VEM-systeem en het oude vre-systeem houden geen rekening met de verhouding waarin nutriënten voor de koe beschikbaar komen. Het nieuwe DVE-systeem vormt een aanzienlijke verbetering omdat het, in tegenstelling tot het oude vre-systeem, aangeeft hoeveel eiwit daadwerkelijk voor de koe in de darm verteerbaar is (bestendig voereiwit en microbiëel eiwit). Het VEM-systeem geeft de hoeveelheid netto-energie aan die voor de koe beschikbaar komt, maar maakt echter geen onderscheid tussen energie uit ketogene, glucogene of aminogene nutriënten. De hoeveelheid en de verhouding waarin deze voor de koe beschikbaar komen, zijn echter zeer belangrijk voor de hoogte van de melkproductie en de gehalten in de melk. Er is daarom behoefte aan een model dat de pensfermentatie kan nabootsen en een voorspelling kan vormen van de hoeveelheid nutriënten en de verhouding waarin ze voor de koe beschikbaar komen. Totdat dergelijke modellen operationeel zijn verdient het aanbeveling om bij de VEM-waarde van voedermiddelen aan te geven voor welk percentage de VEM-waarde uit de volgende categorieën bestaat:

- vetten;
- oplosbare suikers en snel afbreekbaar zetmeel;
- langzaam afbreekbaar zetmeel;
- structurele koolhydraten;
- eiwitten.

Per categorie kan dan in kwalitatieve zin vermeld worden, wat het effect is van het verhogen of verlagen van het VEM-percentage binnen die categorie, op de melkproductie en de bijbehorende gehalten.

De indeling van de VEM in de diverse categorieën kan tevens leiden tot het aangeven van veiligheidsmarges voor een goed verlopende pensfermentatie. Zo kunnen voor de categorie vetten en de categorie oplosbare suikers en snel afbreekbaar zetmeel een maximumpercentage aangegeven worden. Dit biedt dan tevens de mogelijkheid tot het introduceren van een structureis, die afhankelijk is van het percentage VEM uit de categorie oplosbare suikers en snel afbreekbaar zetmeel.

Advisering op basis van de bedrijfseconomische administratie

Het doel van dit onderzoek is omschreven als het opstellen van rekenregels of vuistregels die, op basis van gegevens uit de bedrijfseconomische administratie, het effect van diverse voedertactieken op de melkproductie per koe en het bedrijfsresultaat kunnen weergeven. Om de opgestelde rekenregels daadwerkelijk te gebruiken voor de advisering van praktijkbedrijven op basis van de bedrijfseconomische administratie, ontbreekt een aantal essentiële data. Dit zijn data omtrent de ruwvoerkwaliteit, de verdeling van krachtvoer tussen de melkkoeien en overig vee, het type krachtvoer en de manier van krachtvoerverstrekking in de beginsituatie (zie discussie in paragraaf 5.4). Vandaar dat in dit onderzoek de opgestelde rekenregels slechts toegepast zijn op een aantal fictieve bedrijven.

Om de opgestelde rekenregels daadwerkelijk te kunnen gebruiken voor de advisering van praktijkbedrijven dienen additionele data geregistreerd te worden in de bedrijfseconomische administratie. Registratie van deze data kost uiteraard tijd en geld, maar geeft de administratie een forse meerwaarde, door het verstrekken van adviezen.

1. INLEIDING

Als gevolg van de invoering van het quoteringssysteem in 1984 is maximalisatie van de melkproductie per koe niet langer automatisch een methode om het bedrijfsresultaat op peil te houden of te verhogen. Volgens Daatselaar (1988) is de economisch optimale melkproductie per koe onder andere afhankelijk van de hoogte van het quotum per hectare. Voor een bedrijf met een hoog quotum per hectare, dat niet zelfvoorzienend in de ruwvoerbehoefte is, betekent iedere koe minder een forse besparing op de voerkosten. Vandaar dat het voor een intensief bedrijf interessant kan zijn het quotum vol te melken met een relatief klein aantal koeien met een hoge productie per koe. Voor een extensief bedrijf, dat zelfvoorzienend is in de ruwvoerbehoefte, is het minder interessant de melkproductie per koe te verhogen. Voor deze bedrijven is het beter de krachtvoergifft per koe laag te houden, waardoor het eigen ruwvoer beter benut kan worden. Een lagere melkproductie per koe noodzaakt een iets grotere veestapel, teneinde het quotum vol te kunnen melken. Bijkomend voordeel is een iets grotere opbrengst aan omzet en aanwas.

Omdat de veehouder de melkleveranties uitbetaald krijgt per kilogram vet en eiwit, is er in de beginjaren van de quotering veel gebruik gemaakt van stieren, die vooral het vetgehalte in de melk verhogen. Hierdoor is het vetgehalte in de melk snel gestegen. In 1986 is er tevens een vetquotering ingesteld. Dit houdt in dat het quotum gekort wordt, indien het vetpercentage van de melk een bepaalde referentiewaarde overschrijdt. Deze korting bedraagt 1,8% per 0,1% vetgehaltestijging (Waiboer, 1988). Een meerderheid van de melkveebedrijven heeft een vetgehalte in de melk dat hoger is dan de referentiewaarde, en zal dus gekort worden op het quotum. De gespecialiseerde melkveebedrijven in het LEI-boekhoudnet 1991/92 hadden gemiddeld een vetgehalte in de melk van 4,44% (zie tabel 1.1), terwijl de gemiddelde referentiewaarde 4,22% bedroeg. Gemiddeld is het quotum van de sterk gespecialiseerde melkveebedrijven dus met 3,96% gekort in 1991/92, als gevolg van de overschrijding van de vetreferentie.

Het kan zinvol zijn te streven naar melk met een laag vetgehalte. Verlaging van het vetgehalte verruimt namelijk het melkquotum (de melkplas). Daarnaast blijft het streven naar een hoog eiwitgehalte economisch interessant, omdat dit de melkprijs verhoogt (Meijs, 1989, Mandersloot et al., 1992 en Waiboer, 1988). Via de fokkerij is het op korte termijn nauwelijks mogelijk, om het vetgehalte in de melk te verlagen en het eiwitgehalte te verhogen. Bepaalde voedermiddelen of voedertactieken die het vetgehalte in de melk verlagen en/of het eiwitgehalte verhogen, kunnen een

Tabel 1.1 De ontwikkeling van de melkproductie met bijbehorende gehalten op de sterk gespecialiseerde melkveebedrijven

	1987/88	1988/89	1989/90	1990/91	1991/92	1992/93
Melkproductie	6.181	6.350	6.584	6.564	6.617	6.781
Vetgehalte (%)	4,33	4,34	4,41	4,44	4,44	4,45
Eiwitgehalte (%)	3,38	3,41	3,45	3,47	3,47	3,48

Bron: Van Dijk et al. (1994).

belangrijke bijdrage vormen in het op peil houden of het verhogen van het bedrijfsresultaat, mits ze niet te duur zijn.

Voor melkveehouders kan het een probleem zijn te bepalen welke voedertactiek het best bij hun specifieke bedrijfssituatie past. Meer concreet: veehouders worden continu geconfronteerd met vragen als:

- Wat is gezien het huidige quotum en de huidige prijsverhouding tussen krachtvoer en ruwvoer de optimale krachtvoergift per koe?
- Wat levert het voeren van krachtvoer met een afwijkende samenstelling op (bijvoorbeeld vetrijk krachtvoer of krachtvoer met bestendig eiwit of met langzaam afbreekbaar zetmeel)?
- Moet ik krachtvoer gaan vervangen door bijproducten?
- Moet ik krachtvoer en ruwvoer gemengd verstrekken?
- Wat levert een betere kwaliteit ruwvoer op?

Om op al deze vragen een antwoord te kunnen geven, ten einde de veehouder te kunnen adviseren, is informatie nodig omtrent de huidige bedrijfssituatie en bedrijfsvoering. Bedrijfseconomische administraties, waaronder die van accountantskantoren alsook het LEI-boekhoudnet, bevatten een rijke bron aan bedrijfseconomische en technische kengetallen, die mogelijk zouden kunnen dienen voor de advisering van de veehouder. Momenteel worden deze cijfers slechts gebruikt voor het vergelijken met normen of met gemiddelde cijfers van andere (vergelijkbare) bedrijven. Er wordt niet aangegeven wat de effecten van een wijziging van de voedertactiek op de melkproductie en het bedrijfsresultaat zijn. Er kan bijvoorbeeld alleen geconstateerd worden dat de krachtvoergift relatief hoog is, of dat er relatief duur krachtvoer gevoerd is, zonder aan te geven hoe hoog de melkproductie per koe en het bedrijfsresultaat zouden zijn geweest, indien een andere hoeveelheid krachtvoer per koe gevoerd was, of indien krachtvoer met een afwijkende samenstelling gevoerd was. Voor de veehouder zijn dit juist de essentiële vragen, waarop hij een antwoord moet hebben, wil hij zijn management aanpassen.

Er bestaan simulatiemodellen die de veehouder van de vereiste antwoorden kunnen voorzien. Deze hebben vaak ontzettend veel en gedetailleerde data nodig omtrent de opbouw van de veestapel en de perceel-sindeling. Indien deze data in de vorm van een of ander digitaal opgeslagen bestand voorhanden zijn, kan vrij snel een redelijk betrouwbaar effect van een bepaalde voedertactiek op de melkproductie en het bedrijfsresultaat

taat worden berekend. Een nadeel van de simulatiemodellen is, dat het aantal door te rekenen tactieken beperkt is. Het afwijken van de voedernormen is bijvoorbeeld vaak niet mogelijk. Vaak ook ontbreekt het aan de beschikbare data in digitale vorm. De noodzaak de gevraagde data via het toetsenbord aan te leveren, kan dan zeer ontmoedigend werken bij het gebruik van het model. Tevens is het de vraag in hoeverre de zeer gedetailleerde data stabiel zijn, zodat men een "schijnnaauwkeurigheid" kan nastreven. De invoervariabelen voor het simulatiemodel kunnen op het moment van de simulatie een andere waarde hebben dan in de periode waarop de simulatie betrekking heeft. Als voorbeeld kunnen worden genoemd: een quotumdaling, grondaankopen en -verkoop, en onvoorziene mutaties in de veestapel. Ook de schoksgewijze stijging van de melkproductie per koe (zie tabel 1.1), als gevolg van onder andere weersinvloeden, geeft aan dat het moeilijk is om de melkproductie per koe zeer nauwkeurig te voorspellen.

Uit het voorgaande blijkt dat er behoefte bestaat aan rekenregels of vuistregels die het effect van een gewijzigde voedertactiek op de melkproductie per koe en het bedrijfsresultaat aan kunnen geven, op basis van de data uit de bedrijfseconomische administraties. Omdat de data uit deze administraties bestaat uit globale kengetallen op jaarbasis, zullen de uitkomsten minder nauwkeurig zijn dan de uitkomst van bovengenoemde simulatiemodellen.

Het *doel* van dit onderzoek kan dan ook omschreven worden als het opstellen van rekenregels of vuistregels die, op basis van gegevens uit de bedrijfseconomische administratie, het effect van diverse voedertactieken op de melkproductie per koe, de vet- en eiwitgehalten in de melk en op het bedrijfsresultaat weergeven.

Dit verslag beschrijft het tot stand komen van de bovengenoemde rekenregels en het daadwerkelijk toepassen ervan. Hoofdstuk 2 bestaat voornamelijk uit literatuuronderzoek. Het doel van dit hoofdstuk is het maken van een inventarisatie van de effecten van verschillende voertactieken op de melkproductie per koe en het vet- en eiwitpercentage van de melk.

De volgende tactieken zullen onderscheiden worden:

- verbetering van de ruwvoer kwaliteit;
- wijziging van de hoogte van de krachtvoergift;
- wijziging van de krachtvoersamenstelling:
 - krachtvoer met een verhoogd vetpercentage;
 - krachtvoer met langzaam afbreekbaar zetmeel;
 - krachtvoer met een hoog eiwitgehalte;
 - krachtvoer met bestendig eiwit;
- verdeling van de krachtvoergift over de dag;
- het gemengd voeren van ruwvoer en krachtvoer;
- het vervangen van krachtvoer door bijproducten.

Hoofdstuk 3 bestaat uit een kosten/baten-analyse van de hierboven genoemde voedertactieken, voor een aantal verschillende bedrijfstypes. De

verschillende bedrijfstypes variëren in hoogte van het quotum per hectare en hoogte van de genetisch potentiële melkproductie. Het beoordelingscriterium bij de kosten/baten-analyse is het saldo per hectare. Het saldo wordt berekend als de opbrengsten minus de bijkomende voerkosten, minus de dierkosten (diergezondheidskosten, inseminatiekosten en dergelijke) en minus de kosten voor de voederoppervlakte (bemestingskosten en kosten voor zaaizaad en bestrijdingsmiddelen). Bij de analyse zal gebruik worden gemaakt van zogenaamde bedrijfsvergelijkende maatstaven (De Haan, 1991). Deze maatstaven geven voor ieder kosten- en opbrengstenpost aan hoe hoog deze op vergelijkbare bedrijven, met dezelfde bedrijfskengetallen, zijn. Bedrijfskengetallen waarvoor gecorrigeerd wordt, zijn onder andere: veebezetting, ras, melkproductie per koe, N-gift en percentage overige (niet-grasland) voederoppervlakte. Indien bijvoorbeeld de melkproductie per koe stijgt, dan zal de veebezetting dalen. Met behulp van de maatstaven worden dan, als gevolg van de lagere veebezetting, lagere voerkosten, een lagere omzet en aanwas en lagere dierkosten per hectare berekend. Voertactieken die het saldo per hectare het meest verhogen zullen als meest gewenst geclassificeerd worden. Indien bepaalde tactieken de vaste kosten verhogen, dan kan met de berekende stijging van het saldo worden aangegeven met hoeveel de vaste kosten maximaal mogen stijgen, wil de tactiek interessant zijn.

In hoofdstuk 4 tenslotte wordt getracht de ontwikkelde rekenregels te valideren, op basis van gegevens van de gespecialiseerde melkveebedrijven in het LEI-boekhoudnet. Via een groepsvergelijking worden technische en economische kengetallen van bedrijven, die een bepaalde voedertactiek hebben doorgevoerd, vergeleken met die van andere vergelijkbare bedrijven.

2. HET EFFECT VAN VOEDERTACTIEKEN OP MELKPRODUKTIE EN -GEHALTES

De eerste paragraaf van dit hoofdstuk behandelt de doelstelling van het vakgebied Veevoeding.

Paragraaf 2.2 behandelt de voersamenstelling en waardering van achtereenvolgens energie en eiwit. Uit de laatste subparagraaf blijkt dat de wijze waarop de fermentatie in de pens verloopt en de mate waarin de diverse fermentatieproducten ontstaan, van grote invloed zijn op de melkproduktie en de bijbehorende gehalten.

Paragraaf 2.3 beschrijft de fermentatie in de pens. Na een inleidende subparagraaf worden achtereenvolgens de fermentatie van koolhydraten, de afbraak en resynthese van eiwitten, en de interactie tussen energie en eiwit tijdens de fermentatie in de pens behandeld.

In een vierde en laatste paragraaf worden de effecten van diverse voedertactieken op de melkproduktie en het vet- en eiwitgehalte beschreven.

2.1 Veevoeding algemeen

Voor een optimale dierlijke produktie is het nodig het dier de nutriënten die het nodig heeft aan te bieden in de juiste hoeveelheid en in de juiste verhoudingen. Het vakgebied Veevoeding omvat volgens Hof (1988) dan ook de volgende doelstellingen:

- analyse van diereigenschappen;
- analyse van voereigenschappen;
- synthese tot een rantsoen.

De eerste doelstelling levert informatie over het te voeren dier zoals onder andere diersoort, ras, gewicht en produktie. Deze informatie dient ter berekening van de behoefte aan specifieke nutriënten. Hierbij bestaat de behoefte uit twee categorieën: onderhoud en produktie. De onderhoudsbehoefte aan nutriënten omvat die nutriënten die nodig zijn om het dier in stand te houden. Deze worden verbruikt voor onder andere het constant houden van de lichaamstemperatuur, het vervangen van weefsels en het verkrijgen en verteren van voedsel. Pas als de onderhoudsbehoefte volledig is gedekt, kunnen de extra opgenomen nutriënten worden aangewend voor produktie van:

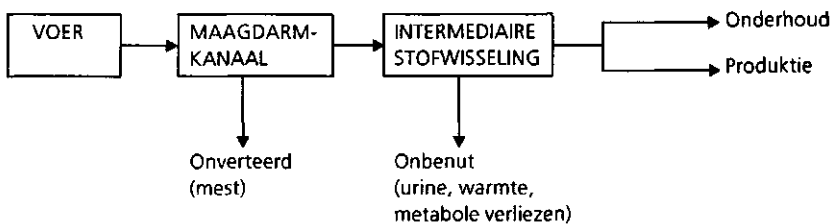
- melk;
- nakomelingen (voortplanting);
- spier- en vetweefsel (groei).

Volgens Hijink et al. (1987) heeft de voortplanting de hoogste prioriteit bij de verdeling van de beschikbare nutriënten. Daarna worden de be-

schikbare nutriënten verdeeld over melkproductie en groei, waarbij de productie van melk een hogere prioriteit krijgt naarmate de voeropname lager is, en de potentiële melkproductie hoger is. Dit wordt uitvoeriger behandeld in paragraaf 2.4.2.1.

Als tweede doelstelling van het vakgebied Veevoeding is genoemd: analyse van voereigenschappen. Voor een goede afstemming van de aanvoer van nutriënten op de behoefte van een dier is het nodig de eigenschappen van diverse voorhanden zijnde voedermiddelen te kennen. Hierbij is niet alleen de nutriëntensamenstelling van het voer van belang, maar ook de vertering en de benutting, zodat berekend kan worden wat het dier netto ten goede komt. Slechts een deel van de nutriënten die via het voer worden opgenomen komt beschikbaar voor het dier voor onderhoud en productie, zoals blijkt uit figuur 2.1. Deze figuur is algemeen geldig voor zowel energie als eiwit. Hier wordt energie als voorbeeld genomen. Paragraaf 2.2.2 geeft een indicatie van de hoogte van de diverse verliezen.

Een deel van het voer wordt niet afgebroken en wordt via de mest uitgescheiden. Het deel dat wel verteerd is, wordt naarmate de samenstelling van de opgenomen nutriënten meer afwijkt van de behoefte, minder efficiënt benut. Dit niet-benutte deel wordt via de urine uitgescheiden. Een andere vorm van verlies is de productie van gassen bij de fermentatie door micro-organismen. Bij herkauwers kan wel 10% van de bruto-energie verloren gaan in de vorm van methaangas (CH_4). Als laatste verliespost kunnen de metabole verliezen worden genoemd. Metabole verliezen bestaan uit door het lichaam aangemaakte bestanddelen, zoals enzymen, slijmstoffen en darmcellen. Indien ze niet alsnog door de darm worden ge-resorbeerd (opgenomen) verdwijnen ze met de mest en vormen aldus een verliespost.



Figuur 2.1 Verliezen van voerbestanddelen bij de vertering en benutting
Bron: Hof (1988).

Slechts in weinig gevallen komt de nutriëntensamenstelling van een voedermiddel geheel overeen met de behoefte van een dier. Het is dus meestal onmogelijk de behoefte van een dier volledig te dekken met een voedermiddel zonder dat er een tekort of een overmaat aan een of meerdere nutriënten ontstaat. Teneinde wel te kunnen voldoen aan de behoefte

te aan specifieke nutriënten worden diverse voedermiddelen als een rantsoen aangeboden aan het dier (derde doelstelling veevoeding). Wat het ene voedermiddel tekortschiet aan een bepaald nutriënt kan door een ander voedermiddel worden aangevuld. Teneinde het samenstellen van rantsoenen te kunnen vereenvoudigen, zijn zogenaamde voederwaarderingsssystemen geïntroduceerd. Doordat de voederwaardes additief zijn, kan van ieder willekeurig rantsoen de voederwaarde worden berekend en worden vergeleken met de behoefte van het dier.

Doordat de vertering en benutting van een bepaald voedermiddel per diersoort verschillend is, zijn de voederwaardes meestal diersoortspecifiek. De voederwaarde voor energie voor melkkoeien in Nederland is de VEM (Voeder Eenheid Melk). Dit is de netto-energiewaarde van een voedermiddel, zodat gecorrigeerd is voor verterings- en benuttingsverliezen. De voederwaarde voor eiwit bij melkkoeien is de DVE. Deze geeft aan hoeveel verteerbaar eiwit (zowel voeder- als microbiëel eiwit) in de dunne darm van de koe beschikbaar komt.

2.2 Voersamenstelling en waardering

In paragraaf 2.2.1 wordt de Weende-analyse behandeld, waarmee de chemische samenstelling van een voedermiddel bepaald kan worden. Deze samenstelling vormt de basis van de berekening van de voederwaarde. De paragrafen 2.2.2 en 2.2.3 behandelen respectievelijk de energie- en eiwitwaardering in voedermiddelen. Paragraaf 2.2.4 tenslotte geeft aan dat de huidige voederwaardes voor energie en eiwit erg globaal zijn. Het blijkt namelijk dat de hoogte en de verhouding waarin fermentatieproducten voor het dier beschikbaar komen, erg belangrijk zijn voor de hoogte van de productie en de vet- en eiwitgehalten in de melk.

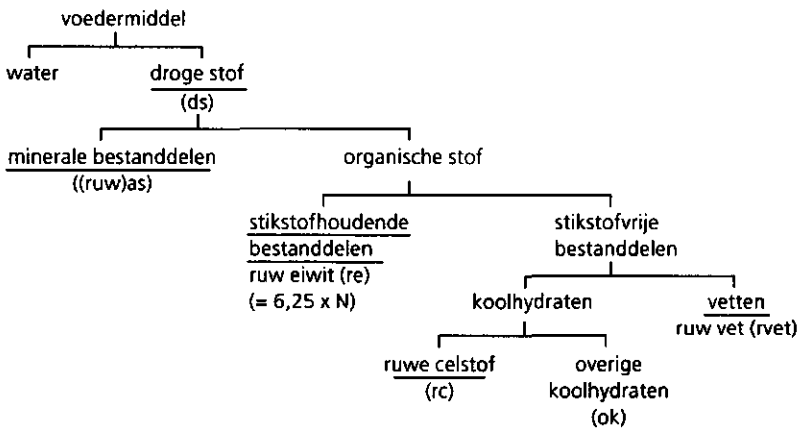
2.2.1 Samenstelling van een voedermiddel volgens de Weende-analyse

Om van een bepaald voedermiddel de voederwaarde te kunnen berekenen, dient de samenstelling van dit voedermiddel bekend te zijn. Voor het bepalen van de samenstelling van een voedermiddel is meer dan honderd jaar geleden de Weende-analyse ontwikkeld. Figuur 2.2 geeft een overzicht van de diverse bestanddelen van een voedermiddel die met behulp van de Weende-analyse bepaald kunnen worden. In deze paragraaf worden de diverse bestanddelen beschreven.

Het percentage water in een voedermiddel wordt bepaald als het verschil in gewicht tussen het voedermiddel voor en na droging. Het kan variëren van 10% bij gedroogde producten tot wel 80 tot 90% bij verse voedermiddelen en natte bijproducten. Water is voor een dier zeer belangrijk als onder andere oplosmiddel en transportmiddel. Bovendien is het zeer belangrijk bij de temperatuurregulatie en neemt het deel aan allerlei fysiologische reacties in het lichaam. Bij droge voedermiddelen zal

het dier over meer drinkwater moeten beschikken, om aan de totale vochtbehoefte te kunnen voldoen. Droge voedermiddelen hebben bij aankoop over het algemeen de voorkeur omdat ze beter houdbaar en goedkoper te transporteren zijn.

Het ruw as wordt bepaald door het voedermiddel totaal te verassen. Het ruw as bevat belangrijke mineralen die voor het goed functioneren van het lichaam onmisbaar zijn. In dit onderzoek worden ze echter buiten beschouwing gelaten, omdat de gehalten van de diverse mineralen in de voedermiddelen niet bekend zijn. Naast mineralen kan de ruw-asfractie ook een aanzienlijk deel verontreinigingen als zand bevatten. Dit is vaak een gevolg van slecht afgestelde machines tijdens de voederwinning.



Figuur 2.2 Onderscheid van voerbestanddelen volgens de Weende-analysmethode. (De onderstreepte bestanddelen worden direct geanalyseerd, de overige als verschil berekend)

Bron: Hof (1988).

Het ruw eiwit wordt bepaald als het N-gehalte maal 6,25. Deze 6,25 is de gemiddelde verhouding tussen eiwit en N. Bij sommige voedermiddelen waarvan deze verhouding beter bekend is (bijvoorbeeld melk), wordt een ander verhoudingscijfer gehanteerd. Ruw eiwit bestaat uit:

- werkelijk eiwit opgebouwd uit aminozuren;
- amides (produkten ontstaan als gevolg van eiwitafbraak zoals de aminozuren asparagine en glutamine, ureum, allantoïne en urinezuur);
- amines (organische bestanddelen gebaseerd op ammoniak (NH₃));
- nitraat (NO₃).

Als gevolg van economische motieven en een groter milieubesef is men steeds meer waarde gaan hechten aan de samenstelling en vertering van het ruw eiwit. Bij eenmagigen is de aminozuursamenstelling van een voedermiddel een steeds belangrijker gegeven geworden. Naarmate deze

meer overeenkomt met de behoefte van het dier zal er minder eiwit worden afgebroken en voor energieproductie worden benut. Er zal dan minder N in het milieu verloren gaan. Bij herkauwers is het vooral de energie/eiwit-verhouding die bepaalt hoeveel N in het milieu terecht komt. In paragraaf 2.2.3 zal de eiwitvertering bij herkauwers worden behandeld.

De fractie ruw vet wordt bepaald door middel van extractie met diethyl-ether of hexaan en bevat naast echte vetten ook andere apolaire stoffen als fosfolipiden, cartenoiden, harsen en wassen. Hun relatieve aandeel is echter gering en ze worden daarom niet verder behandeld. Vet is hoogenergetisch en kan bij eenmagigen aan het voer worden toegevoegd om het energiegehalte te verhogen. Bij herkauwers zijn de mogelijkheden beperkt. Door het apolaire karakter van vet stoot het water af. Als gevolg hiervan vormt het vet een dun laagje rond de voerdeeltjes in de pens, waardoor deze deeltjes minder goed bereikbaar zijn voor de micro-organismen. Hierdoor neemt de afbraaksnelheid van ruwe celstof en overige koolhydraten af.

Ruwe celstof bestaat voornamelijk uit de celwandbestanddelen cellulose, hemicellulose en lignine. Het wordt bepaald door een extractie met zwavelzuur en een extractie met natronloog. Het residu wordt verast, waarbij het ruw celstof wordt berekend als het verschil tussen residu en as. Ruwe celstof is niet verteerbaar door mens en dier, door het ontbreken van het enzym cellulase. Bij herkauwers zijn het de micro-organismen in de pens die beschikken over cellulase en dus in staat zijn het cellulose af te breken. Lignine echter is ook voor de pensflora onafbreekbaar. Naarmate een gewas ouder wordt neemt het ruwe-celstofgehalte toe, waarbij het aandeel lignine toeneemt (zie figuur 2.8 in paragraaf 2.4.1.1). Doordat ruwe celstof voornamelijk in de celwand aanwezig is, verhindert het ook de vertering van bestanddelen in de cel. Tabel 2.1 laat zien dat naarmate een gewas ouder is, het meer ruwe celstof bevat en slechter verteerbaar is.

Omdat lignine ook voor herkauwers niet verteerbaar is, is een meer verfijnde analysemethode in gebruik die inzicht geeft in het aandeel van de diverse celwandbestanddelen cellulose, hemicellulose en lignine. Deze methode is de methode-Van Soest. Allereerst wordt het te onderzoeken monster gekookt bij een neutrale pH, om celwanden en celinhoud te scheiden. Het residu heet Neutral Detergent Residu en bevat celwandbe-

Tabel 2.1 *Invloed van het groeistadium van gras op de verteringscoëfficiënt van organische stof (VC-os) bij herkauwers*

Groeistadium	rc (% in ds)	VC-os
Jong	22,8	75
Voor de bloei	28,4	69
Tijdens de bloei	32,8	64
Na de bloei	36,3	60

Bron: Nehring et al. (1972).

standdelen en as. Daarna wordt gekookt in 0,5 M zwavelzuur. Het residu heet Acid Detergent Fibre en bevat cellulose en lignine. Het verschil tussen NDR en ADF is dus het hemicellulose. Vervolgens wordt gekookt in 72% zwavelzuur. Het residu bevat alleen nog lignine en as. Hoewel de methode-Van Soest al zo'n 25 jaar oud is, wordt nog steeds gebruik gemaakt van de minder verfijnde ruwe-celstofbepalingsmethode.

De overige koolhydraten bestaan voornamelijk uit de niet-structurele koolhydraten (niet tot celwand behorend), zetmeel en de gemakkelijk oplosbare suikers. Het dier heeft zelf de beschikking over de enzymen die de ze niet-structurele koolhydraten afbreken, in tegenstelling tot de enzymen voor de afbraak van de structurele koolhydraten. De overige koolhydraten vormen een belangrijke bron van energie. Bij herkauwers leidt een overmaat aan deze snel afbreekbare koolhydraten gemakkelijk tot verzuring van de pens. In paragraaf 2.3.2 wordt dit fenomeen beschreven.

2.2.2 Energie en energiewaardering

In levende cellen vinden voortdurend allerlei biochemische reacties plaats, waarbij overdracht van energie plaatsvindt. Om het lichaam in stand te houden is dus een bepaalde hoeveelheid energie nodig om alle noodzakelijke chemische reacties draaiende te houden. Naast deze onderhoudsbehoefte is energie nodig voor de synthese van eiwitten, koolhydraten en vetten voor de groei of produktie. Planten zijn in staat zonne-energie vast te leggen in energierijke verbindingen. Dit proces, waarbij glucose wordt gevormd uit CO₂ en H₂O, heet fotosynthese. Mens en dier zijn direct dan wel indirect afhankelijk van deze, door planten vastgelegde, bron van energie.

Voederbestanddelen die als energieleverancier kunnen dienen zijn vetten, koolhydraten en in mindere mate eiwitten. Eiwitten worden pas als energieleverancier gebruikt, wanneer er een energietekort of een overmaat aan eiwit is.

Tabel 2.2 geeft aan dat slechts een beperkt deel van de bruto-energie (GE = Gross Energy) beschikbaar is voor produktie en groei. Zoals blijkt is

Tabel 2.2 Verliezen bij de benutting van de opgenomen energie (%)

	Herkauwers	Eénmagigen
Bruto-energie (GE) in het voer	100	100
energie in mest (FE)	20-60	15-25
Verteerbare energie (DE)	40-80	75-85
energie in urine en gassen	15-20	5-10
Omzetbare energie (ME of OE)	32-68	55-75
thermische energie	15-20	18-22
Netto-energie	0-30	43-62

Bron: Tamminga en Jansman (1992).

de energiebenutting door herkauwers, in vergelijking met die van eenmagigen, zeer laag. Daar staat tegenover dat het voer van herkauwers voor eenmagigen, en dus ook voor de mens, niet verteerbaar is.

De GE wordt bepaald in de zogenaamde bomcaloriemeter. In een luchtdichte cilinder (de bom) wordt een monster van het voedermiddel onder hoge druk en onder zeer zuurstofrijke omstandigheden ontstoken. De bom bevindt zich in een geïsoleerd waterbad, waarvan de temperatuur zeer nauwkeurig kan worden gemeten. Het monster wordt verbrand en de bom geeft de ontstane warmte af aan het waterbad. De temperatuurstijging van het waterbad wordt gemeten en hieruit wordt de vrijgekomen energie (GE) berekend. Voor routine-onderzoek wordt de GE bepaald aan de hand van de chemische samenstelling, zoals die bepaald wordt met de Weende-analyse. Schieman et al. (1971) ontwikkelden onderstaande formule voor de berekening van de GE voor herkauwers:

$$GE = 24,14 re + 36,57 rvet + 20,92 rc + 16,99 ok - 0,63 *suikers 1)$$

De verteerbare energie (DE = Digested Energy) wordt berekend als het verschil tussen GE en de energie in de mest. DE is de maatstaf voor schijnbaar verteerde energie, omdat de energie in de mest voor een deel bestaat uit endogene energie. Endogene energie is de energie van producten die door de darm afgescheiden en niet weer geresorbeerd zijn, zo als slijmstoffen, darmcellen en enzymen. De werkelijke vertering van een voedermiddel is dus iets hoger dan de schijnbare vertering.

De beschikbare energie (ME = Metabolisable Energy), ook wel omzetbare energie genoemd, is de energie die beschikbaar is voor onderhoud en/of produktie. ME bestaat uit de verteerbare energie (DE) minus verliezen in urine en methaangas. Vooral bij herkauwers kan het verlies aan energie in methaan als produkt van de pensfermentatie wel oplopen tot 10% van de bruto-energie (GE). De energie in urine bestaat uit ureum, een afvalprodukt van de eiwitafbraak. Deze verliespost is vooral hoog bij situaties, waarbij eiwit als energieleverancier wordt verbruikt. Dit komt voor bij zowel een energietekort of een eiwitovermaat. De efficiëntie waarmee GE wordt omgezet in ME wordt aangegeven met de factor q ($q = 100 * ME / GE$). De q-waarde varieert van 30 voor stro tot ruim 70 voor krachtvoer en bedraagt in een gemiddeld rantsoen voor melkkoeien 57.

De netto-energie (NE) is de ME minus de thermische energie. De thermische energie is de energie die verloren gaat bij de omzetting van ME in de hoogenergetische verbinding ATP en bij de daarop volgende hydrolyse van ATP in ADP (AMP) + Pi. ATP is de energiebron voor allerlei chemische reacties. Bij herkauwers ontstaat thermische energie ook bij de pensfermentatie. Dit verlies kan wel oplopen tot 10% van de bruto-energie (GE). De thermische energie kan gebruikt worden om het lichaam op

1) Alleen indien het suikergehalte in de droge stof groter is dan 8%.

temperatuur te houden, zodat geen onderhoudsenergie voor warmteproductie hoeft te worden gebruikt. Doordat de thermische energie bij herkauwers zo hoog is, is de onderste kritische temperatuur zeer laag. Dit is de temperatuur waarbij extra onderhoudsenergie wordt verbruikt voor warmteproductie.

De efficiëntie waarmee ME wordt benut is niet constant en hangt af van enerzijds de samenstelling van het verteerde deel van het voer en anderzijds het doel waarvoor dit substraat wordt gebruikt (onderhoud, melkproductie, spieraanzet of vetaanzet). De efficiëntie waarmee ME wordt benut ten behoeve van onderhoud is gemiddeld 80%. Ten behoeve van de melkproductie is dit 60% en ten behoeve van de groei 40-55%. Bij herkauwers zijn deze getallen lager dan bij eenmagigen, omdat de ME bij herkauwers ook warmte bevat die bij de fermentatie vrijkomt.

In spierweefsels vindt een voortdurende eiwit-turnover plaats. Dit wil zeggen dat tegelijkertijd eiwit wordt opgebouwd en afgebroken. Als gevolg van deze turnover wordt meer eiwit gesynthetiseerd dan er wordt aangezet. Bij de productie van melk vindt deze turnover in mindere mate plaats, waardoor de omzetting van ME in energie in melk efficiënter verloopt dan de omzetting van ME in groei.

Omdat de efficiëntie voor energieproductie sterk afhankelijk is van het produktiedoel is niet alleen per diersoort, maar ook per produktierichting een andere energiewaardering in gebruik. Bij herkauwers is dit de VEVI (Voeder Eenheid Vleesvee Intensief) voor mestvee en de VEM (Voeder Eenheid Melk) voor melkvee. De VEM is ontwikkeld door Van Es en Van der Honing en is gebaseerd op een reeks energie-balansproeven. De VEM is de hoeveelheid netto-energie van 1 gram gerst en wordt berekend aan de hand van regressie-vergelijkingen die het verband weergeven tussen:

- GE en gehalten bepaald met de Weende-analyse;
- ME en de gehalten aan verteerbare bestanddelen;
- NE en ME voor melkvee.

Voor het berekenen van de GE in krachtvoer wordt de al eerder genoemde formule van Schieman et al. (1971) gehanteerd:

$$GE_{\text{krachtvoer}} = 24,14 \text{ re} + 36,57 \text{ rvet} + 20,92 \text{ rc} + 16,99 \text{ ok} - 0,63 * \text{suikers 1)}$$

Het vetgehalte in ruwvoerders is laag en varieert weinig. De organische stof bestaat daarom voornamelijk uit eiwitten en koolhydraten. Naarmate het rc-gehalte toeneemt daalt het gehalte aan re en ok. De energiewinst door het hogere rc gehalte in verhouding tot ok wordt tenietgedaan door een lager re-gehalte. Dit is de reden dat GE in ruwvoer per kg ds constant wordt verondersteld.

$$GE_{\text{ruwvoer}} = 18.410 \text{ kJ/kg ds.}$$

1) Alleen indien het suikergehalte in de droge stof groter is dan 8%.

De ME is sterk afhankelijk van de verteerbaarheid van de bestanddelen. Voor krachtvoer is de onderstaande formule overgenomen van Van Es (1977), na omrekening van kcal naar kJ:

$$ME_{\text{krachtvoer}} = 15,9 \text{ vre} + 37,66 \text{ vrvet} + 13,81 \text{ vrc} + 14,64 \text{ vok} - 0,63 * \text{suikers } 1)$$

Bij ruwvoerders kan ook de ME op een eenvoudiger manier berekend worden, afhankelijk van het vre-aandeel in de verteerbare organische stof (vos).

$$\begin{aligned} ME_{\text{ruwvoer}} &= 14,23 \text{ vos} + 5,86 \text{ vre} && \text{(bij } \text{vos/vre} \leq 7) \\ ME_{\text{ruwvoer}} &= 15,06 \text{ vos} && \text{(bij } \text{vos/vre} > 7) \\ ME_{\text{ruwvoer}} &= 15,48 \text{ vos} && \text{(bij snijmais)} \end{aligned}$$

De efficiëntie waarmee ME wordt omgezet in NE hangt af van het produktiedoel en de q-waarde. Naarmate de q-waarde hoger is kost het een dier minder energie om het voer te verteren (GE om te zetten in ME), en wordt de efficiëntie van de omzetting van ME in NE hoger. Omdat de richtingscoëfficiënt van de omzetting van ME naar NE voor produktie en die van de omzetting van ME naar NE voor onderhoud nagenoeg gelijk zijn wordt uitgegaan van de eerste (omzetting voor produktie). De gemiddelde q-waarde voor rantsoenen van melkkoeien bedraagt 57. Indien q respectievelijk een eenheid groter of kleiner is dan 57 dan zal de efficiëntie respectievelijk toe- of afnemen met 0,4%.

Vervolgens vindt nog een correctie plaats voor het voerniveau. Verteringsproeven zijn namelijk uitgevoerd op onderhoudsniveau. Bij verhoging van het voederniveau met een eenheid daalt de vertering met 1,8%. De VEM is afgestemd op het gemiddelde produktieniveau van 1975, dat wil zeggen: op een voerniveau van koeien die 15 kg melk per dag produceren. Het voerniveau van deze dieren is 2,48, dat wil zeggen: 1,48 boven onderhoud. Er moet dus nog gecorrigeerd worden voor $1 - (1,38 * 1,8\%) = 0,9752$.

De formule voor de berekening van de netto-energie lactatie (NEL) is dus als volgt:

$$NEL = 0,6 * (1 + 0,004 (q-57)) * 0,9752) ME \text{ (kJ/kg)}$$

Zoals eerder genoemd is de VEM-waarde de netto-energie-inhoud van 1 g gerst. Gerst bevat per gram 6,9 kJ/. De VEM is nu:

$$VEM = NEL/6,9$$

Onderstaand wordt een voorbeeld gegeven van de berekening van de VEM voor gedroogde bietenpulp op basis van de samenstelling in tabel 2.3.

1) Alleen indien het suikergehalte in de droge stof groter is dan 8%.

Tabel 2.3 Samenstelling van gedroogde bietenpulp ter berekening van de VEM

Gedroogde bietenpulp	ds	re	rvet	rc	ok	Suikers
Samenstelling (gr./kg)	893	98	0	161	577	130
VC (%)		65	-	82	92	
Verteerd (gr./kg)		63,7	0	132,0	530,8	

Bron: Hof (1988).

$$\begin{aligned}
 GE &= 24,14 * 98 + 36,57 * 0 + 20,92 * 161 + 16,99 * 577 - 0,63 * 130 \\
 &= 15.455 \text{ kJ/kg} \\
 ME &= 15,9 * 63,7 + 36,66 * 0 + 13,81 * 132 + 14,64 * 530,8 - 0,63 * 130 \\
 &= 10.526 \text{ kJ/kg} \\
 q &= 100 * ME/GE = 100 * 10.526/15.455 = 68,1 \\
 NEL &= 0,6 * (1 - 0,004 * (68,1 - 57)) * 0,9752 * 10.526 = 6.432 \text{ kJ/kg} \\
 VEM &= NEL/6,9 = 932 \\
 VEM \text{ in de ds} &= 932/0,893 = 1.043
 \end{aligned}$$

2.2.3 Eiwit en eiwitwaardering

Eiwitten zijn hoogmoleculaire verbindingen die zijn opgebouwd uit aminozuren. Iedere soort eiwit ontleent zijn specifieke functionele eigenschappen aan de specifieke aminozuursamenstelling en de volgorde van aminozuren in de eiwitketen. Eiwitten vormen een essentieel bestanddeel van onder andere:

- spierweefsels;
- steunweefsels (bot en pezen);
- beschermweefsels (bindweefsels, huid, haren en wol);
- enzymen;
- hormonen;
- immuniteitsstoffen.

Tabel 2.4 geeft een overzicht van twintig aminozuren, met het feit of ze al of niet essentieel zijn. Niet-essentiële aminozuren kunnen door het dier zelf worden gemaakt uit koolhydraten en NPN (Non Protein Nitrogen). De semi-essentiële aminozuren kunnen in principe door het dier gemaakt worden uit andere aminozuren, bijvoorbeeld cysteïne uit methionine, maar het tempo van synthese is zo laag, dat niet volledig aan de behoefte kan worden voldaan. Essentiële aminozuren kunnen niet door het dier aangemaakt worden en dienen in ruime mate in het voer aanwezig te zijn. Indien er bij de eiwitsynthese een tekort is aan een bepaald essentieel aminozuur, dan werkt dit aminozuur limiterend, dat wil zeggen dat er niet meer eiwit wordt aangemaakt, dan op grond van het limiterende aminozuur mogelijk is. De overmaat aan overige aminozuren kan niet meer voor de eiwitsynthese worden benut en wordt verbrand. De hierbij vrijgekomen N wordt als ureum in de urine uitgescheiden. Dit ureum is de voornaamste bron van energieverlies via de urine (zie paragraaf 2.2.2). In drijfmest vormt het ureum een grote bron voor de productie van ammoniak, wat uit milieu-oogpunt niet gewenst is.

Tabel 2.4 Essentiële en niet-essentiële aminozuren

Essentieel		Semi-essentieel		Niet-essentieel	
Arginine	Arg	Cysteïne	Cys	Alanine	Ala
Histidine	His	Tyrosine	Tyr	Aspartaat	Asp
Isoleucine	Ile			Citrulline	Cit
Leucine	Leu			Glutaminezuur	Glu
Lysine	Lys			Glycine	Gly
Methionine	Met			Hydroxyproline	OHPro
Phenylalanine	Phe			Proline	Pro
Threonine	Thr	Serine	Ser		
Tryptophaan	Try				
Valine	Val				

Bron: Tamminga en Jansman (1991).

Bij eenmagigen is veel onderzoek gericht op het afstemmen van de aanvoer van de juiste aminozuren in de juiste verhoudingen op de behoefte van het dier. De behoefte van het dier hangt af van de produktierichting (melk of vlees) en het produktieniveau. Omdat het vaak n of twee aminozuren zijn, die limiterend zijn, worden ze ook wel synthetisch geproduceerd en aan het voer toegevoegd (bijvoorbeeld lysine). Dit verhoogt de benutting van de overige aminozuren en verlaagt de verliezen naar het milieu. Bij eenmagigen zijn het voornamelijk lysine, methionine en cysteine die limiterend kunnen zijn. Een maatstaf voor de eiwitkwaliteit is de zogenaamde biologische waarde (BW). Deze geeft aan welk deel van de werkelijk verteerde N voor produktie wordt benut. Het nadeel van de BW is dat zij niet additief is. Twee voedermiddelen met beide een zeer slechte BW kunnen elkaar gebrek aan een bepaald aminozuur zodanig compenseren, dat een mengsel van beide een zeer hoge BW heeft. De BW wordt als volgt berekend:

$$BW = \frac{N_{\text{voer}} - (N_{\text{mest}} - N_{\text{endogeen in mest}}) - (N_{\text{urine}} - N_{\text{endogeen in urine}})}{N_{\text{voer}} - (N_{\text{mest}} - N_{\text{endogeen in mest}})}$$

Bij herkauwers speelt de fermentatie in de voermagen een grote rol bij de vertering en benutting van eiwit. Van het in de pens verteerde eiwit is het belangrijk te weten hoeveel procent ingebouwd is in microbiëel eiwit en als zodanig voor het dier beschikbaar komt. Van het niet in de pens verteerde eiwit, het bestendig eiwit, is het belangrijk de darmverteerbaarheid te weten. Bij de oude eiwitwaardering, de vre, werd hier geen rekening mee gehouden. De vre (verteerbaar ruw eiwit) werd berekend als de verteerde N * 6,25. De nieuwe eiwitwaarde, de DVE (darmverteerbaar eiwit) bestaat uit zowel het microbiëel eiwit als ook het verteerbaar bestendig eiwit. In paragraaf 2.3 komt de pensfermentatie verder aan bod en met name paragraaf 2.3.3 gaat over de afbraak en synthese van eiwit in de pens.

In tegenstelling tot bij eenmagigen, komt bij herkauwers een gebrek aan een essentieel aminozuur nauwelijks voor. De micro-organismen in de pens zijn zelf in staat om aminozuren aan te maken. Het eiwit van deze micro-organismen vormt de belangrijkste bron (ongeveer 70%) van eiwit voor de herkauwer (zie paragraaf 2.3.3). De aminozuursamenstelling van microbiële eiwit komt in ruime mate overeen met die van melkeiwit.

2.2.4 Fermentatieproducten als precursors voor melkbestanddelen

Bij het energiewaarderingssysteem (VEM) wordt ervan uitgegaan dat de diverse energie-houdende nutriënten additief en in ruime mate uitwisselbaar zijn. Het is echter al geruime tijd bekend dat een overmaat of juist een tekort aan bepaalde nutriënten de gehalten in melk aanzienlijk kunnen beïnvloeden. Zo weten veehouders in de praktijk dat melkkoeien die jong, kort weidegras krijgen, melk produceren met een zeer laag vetgehalte.

Volgens Van Bruchem (1991) bestaan er drie typen nutriënten, te weten:

- ketogene nutriënten: azijnzuur, boterzuur, lange-ketenvetzuren;
- glucogene nutriënten: propionzuur, melkzuur, glycerol, glucose, fructose;
- aminogene nutriënten: aminozuren.

De ketogene, glucogene en de aminogene nutriënten kunnen respectievelijk dienen voor de synthese van vet, koolhydraten (lactose in melk) en eiwitten. Aminogene nutriënten kunnen relatief gemakkelijk dienen voor de synthese van koolhydraten of vetten. Evenzo kunnen glucogene nutriënten vrij gemakkelijk gebruikt worden voor de vetsynthese. Ketogene nutriënten worden bij melkproductie alleen voor vetsynthese gebruikt.

Thomas et al. (1988) hebben literatuur verzameld over het effect van infusie van fermentatieproducten op de melkproductie en melksamenstelling. Resultaten van dit onderzoek staan vermeld in tabel 2.5. Er blijkt dat de ketogene nutriënten azijnzuur, boterzuur en lange-ketenvetzuren een positieve invloed hebben op het vetgehalte in de melk. Daarbij hebben lange-ketenvetzuren vooral een negatief effect op het eiwitgehalte, omdat ze de groei van micro-organismen in de pens en dus de vorming van microbiële eiwit negatief beïnvloeden. Paragraaf 2.3.4.3 gaat hier verder op in. Op basis van deze data lijkt toevoeging van vet aan het rantsoen van melkvee minder zinvol bij een vetquotering.

Voedertactieken die de vorming van propionzuur en microbiële eiwit stimuleren en de vorming van azijnzuur remmen, lijken het meest gewenst, omdat ze de melkproductie en het eiwitgehalte verhogen, zonder het vetgehalte positief te beïnvloeden. In paragraaf 2.3 zal blijken dat de vorming van relatief veel propionzuur en weinig azijnzuur mogelijk is door het voeren van krachtvoer met veel oplosbare suikers en zetmeel. Het is echter juist deze tactiek die pensverzuring kan veroorzaken.

Tabel 2.5 *Effect van infusie van nutriënten op melkproductie en samenstelling van de melk*

Fermentatie-product	Reactie (% ten opzichte van een controlegroep)				
	type	melkproductie	vet(%)	eiwit(%)	lactose(%)
Azijnzuur	ketogeen	108	109	99	102
Propionzuur	glucogeen	98	92	106	101
Boterzuur	ketogeen	95	114	102	102
Glucose	glucogeen	106	90	99	101
Aminozuren	aminogeen	107	98	106	101
Lange-keten-vetzuren	ketogeen	102	113	90	-

Bron: Thomas en Martin (1988).

2.3 De pensfermentatie

In paragraaf 2.2.4 is gebleken dat de hoeveelheid en de verhouding waarin fermentatieproducten in de pens geproduceerd worden zeer belangrijk zijn voor de hoeveelheid melk die geproduceerd wordt en voor de samenstelling van de melk. Het is dus zeer belangrijk bij een bepaald rantsoen, het fermentatieproces in de pens goed te kennen, teneinde een voorspelling te kunnen maken van de hoeveelheid fermentatieproducten. In de AFRC studie "Characterisation of Feedstuffs: Energy" wordt dan ook geconcludeerd dat er behoefte is aan een mogelijkheid tot inschatting van de produktie van fermentatieproducten, teneinde te kunnen komen tot een substraat-gebaseerd evaluatiesysteem. Webster et al. (1988) beschrijven een model, genaamd MENTOR, dat de fermentatie en produktie van fermentatieproducten kan voorspellen. Ook Dijkstra et al. (1990) hebben een model ontwikkeld dat de fermentatie in de pens nabootst. Volgens de auteurs schat het model de microbiële eiwitsynthese, de uitstroom van NDF (Neutral Detergent Fibre) en NAN (Non Ammoni Nitrogen) en de concentraties aan vluchtige vetzuren vrij goed. De concentraties aan afzonderlijke vluchtige vetzuren werden echter minder goed geschat.

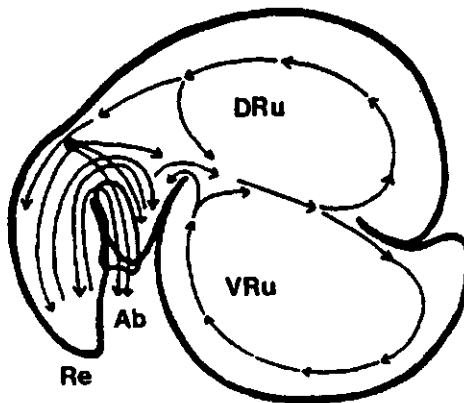
Deze paragraaf bestaat uit een aantal subparagrafen, die respectievelijk een beeld geven van de fermentatie algemeen, van de koolhydraatfermentatie, van de eiwitafbraak en -synthese, en van de interactie tussen energie en eiwit bij de pensfermentatie.

2.3.1 Pensfermentatie algemeen

Herkauwers onderscheiden zich van niet-herkauwers door de aanwezigheid van de voermagen. In deze voermagen bevinden zich de micro-organismen, die de herkauwer in staat stellen voedermiddelen met veel cellulose te verteren.

De micro-organismen breken via fermentatie, organische stof af tot microbiële organische stof, vluchtige vetzuren, fermentatiegassen (CO_2 en CH_4), warmte en ammoniak. De vluchtige vetzuren kunnen door de penswand diffunderen naar de bloedbaan en als energiebron voor de herkauwer dienen. Fermentatiegassen en warmteproductie vormen verliesposten (zie paragraaf 2.2.2). Het ammoniak kan voor een deel door de micro-organismen worden benut voor inbouw in het eigen eiwit (zie paragraaf 2.3.3). Afhankelijk van de samenstelling van de opgenomen voedermiddelen wordt ongeveer 70% van het ruw eiwit, 50% van de structurele koolhydraten cellulose en hemicellulose, 85% van het zetmeel en 90% van de celinhoud in de pens afgebroken (Tamminga en Jansman, 1992).

Figuur 2.3 geeft een overzicht van de voormagen en de diverse penscompartimenten en de richting van digestastromen door de voormagen. De voormagen bestaan uit de pens (rumen), de netmaag (Re=reticulum) en de boekmaag (omasum). In de pens zijn vervolgens nog een aantal compartimenten te onderscheiden, genaamd de dorsale (DRu), de ventrale (VRu) en de craniale penszak (in figuur 2.3 de zak tussen reticulum en ventrale penszak).



Figuur 2.3 Digestastromen door de diverse penscompartimenten
Bron: Van Bruchem (1991).

Na het doorslikken van het voer komen de voerdeeltjes in het bovenste deel van de craniale penszak. Als gevolg van contracties gaan de voerdeeltjes richting dorsale penszak. Vandaar gaan ze direct, of via de ventrale zak (vooral kleine, zware deeltjes), terug naar de craniale zak. In de craniale zak en ook in de netmaag vindt een scheiding plaats tussen kleine deeltjes met een hoog soortelijk gewicht en grote deeltjes met een laag soortelijk gewicht. Het verschil in soortelijk gewicht hangt vooral samen met gasballetjes die zich in en rond de deeltjes bevinden. Deze gasballetjes zijn ontstaan bij de fermentatie.

De kleine relatief zware deeltjes maken bij de eerst volgende penscontractie een grote kans opgenomen te worden door de boekmaag, alwaar ze 1-2 uren verblijven voor ze naar de eigenlijke zure maag, de lebmaag (Ab=abomasum) getransporteerd worden. De kritische deeltjesgrootte bedraagt 1,25 mm en het soortelijk gewicht moet minimaal 1,3 kg/dm³ bedragen, willen de deeltjes toegelaten worden door de boekmaag (Van Bruchem, 1991).

De grote en relatief lichte deeltjes verplaatsen zich richting slokdarmopening en maken een kans bij de eerstvolgende oprisping naar de mond getransporteerd te worden, alwaar ze herherkauwd worden. Na herkauwing komen de voerdeeltjes wederom in het bovenste deel van de craniale penszak en herhaalt het proces zich. Het herkauwen heeft 3 functies, te weten:

- het verkleinen van de voerdeeltjes;
- het verwijderen van aangehechte gasbelletjes, waardoor het functionele soortelijk gewicht toeneemt;
- toevoeging van speeksel. In dit speeksel bevindt zich bicarbonaat, dat dient als pH-buffer. Als gevolg van de produktie van vluchtige vetzuren bij de fermentatie zou de pH snel dalen, indien er geen bicarbonaat aanwezig zou zijn.

De snelheid en volledigheid van de fermentatie van een voedermiddel in de pens is afhankelijk van de samenstelling van het voedermiddel. De fermentatiesnelheid van de droge stof, of van een speciaal bestanddeel, kan volgens Van Bruchem (1991) beschreven worden met de volgende formule:

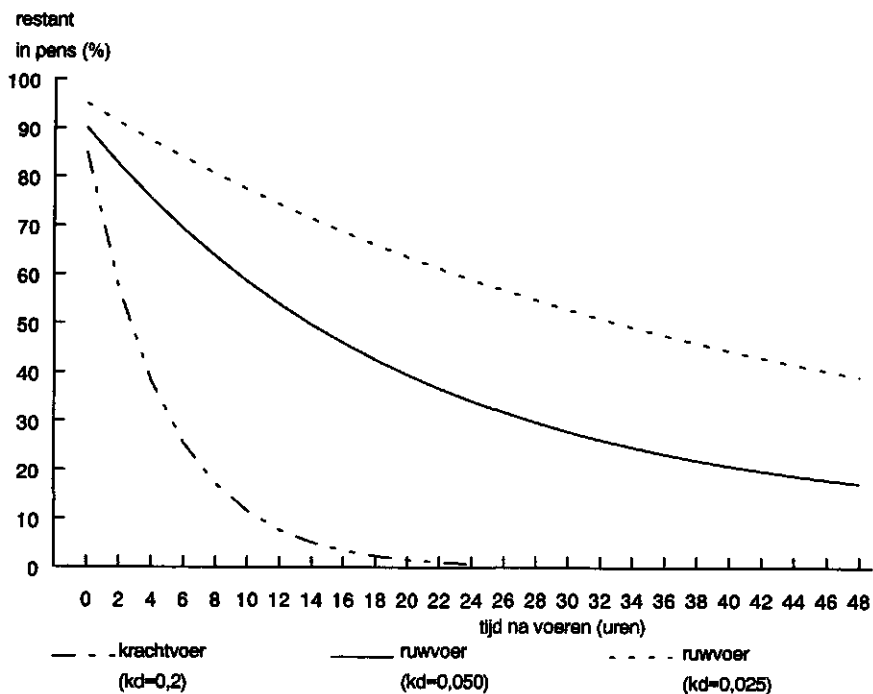
$$Y_t = Y_r + (Y_0 - Y_s - Y_r) * e^{-(kd*t)}$$

waarin:

- Y_t = overgebleven fractie na tijd t
- Y_0 = beginhoeveelheid
- Y_s = oplosbare fractie
- Y_r = onverteerbare fractie
- kd = fractionele afbraak per tijdseenheid
- t = tijd na voeren

Figuur 2.4 geeft een voorbeeld van de fermentatiesnelheid van twee ruwvoerders met een fractionele afbraaksnelheid (kd) van respectievelijk 2,5 en 5% per uur en van een krachtvoer met een kd van 20% per uur. De oplosbare fracties Y_s bedragen respectievelijk 5, 10 en 15% en de onverteerbare fracties Y_r bedragen respectievelijk 15, 10 en 0%.

Uit figuur 2.4 blijkt dat de mate van vertering van een voedermiddel of bestanddeel niet alleen afhangt van de fractionele afbraak per tijdseenheid (kd), maar ook van de fractionele passagesnelheid (kp) door de pens.



Figuur 2.4 Vertering van ruwvoer en krachtvoer in de pens
Bron: Van Bruchem (1991).

Indien de k_p toeneemt, bijvoorbeeld als gevolg van een grotere voeropname, kunnen voederbestanddelen de pens sneller verlaten, en aldus neemt de totale vertering af.

In afzonderlijke paragrafen wordt verder ingegaan op de fermentatie van koolhydraten en de afbraak en wederopbouw van eiwitten en de interactie tussen beide.

2.3.2 Koolhydraatafbraak in de pens

Koolhydraten in voedermiddelen zijn in te delen in structurele en niet-structurele koolhydraten. De structurele koolhydraten vormen een bestanddeel van de celwand en bestaan voornamelijk uit cellulose en hemicellulose. De niet-structurele koolhydraten bevinden zich voornamelijk in de celvloeistof of in reservedepots en bestaan uit oplosbare koolhydraten en zetmeel. De verhouding tussen structurele en niet-structurele koolhydraten in het rantsoen is van grote invloed op de produktie en verhouding van vluchtige vetzuren in de pens. Daarnaast is het ook van invloed of de koolhydraten van krachtvoer of van ruwvoer afkomstig zijn. Doordat de celwanden in krachtvoeringrediënten niet intact zijn, komen oplosbare

suikers en zetmeel veel directer voor fermentatie beschikbaar dan bij ruwvoer. Dit veroorzaakt een veel sneller verlopende fermentatie met andere eindproducten. Dit blijkt uit tabel 2.6.

Naarmate een substraat minder snel afbreekbaar is (ruwvoer), en voor een groter deel uit cellulose en hemicellulose bestaat, worden meer ketogene nutriënten gevormd. Dit wil zeggen dat de NGR-verhouding (Non glucogen/glucogen ratio) hoger wordt. Deze verhouding wordt berekend als de som van de hoeveelheid azijnzuur en boterzuur gedeeld door de hoeveelheid propionzuur.

Tabel 2.6 Verhouding tussen geproduceerde vluchtige vetzuren (mol %) bij pensfermentatie van verschillende substraten

Substraat	Rantsoen- type a)	Azijnzuur	Propionzuur	Boterzuur	Valeraat
Oplosbare kool- hydraten	R	68,9	20,5	10,6	0,0
	K	44,8	20,8	30,3	4,2
Zetmeel	R	59,5	14,2	20,5	5,9
	K	39,9	30,2	19,6	10,4
Hemicellulose	R	56,7	18,0	20,6	4,6
	K	55,8	25,7	10,9	7,4
Cellulose	R	65,8	8,7	22,8	2,8
	K	78,8	5,8	6,5	8,9
Eiwit	R	45,1	30,2	17,7	7,0
	K	35,5	37,2	20,0	7,3

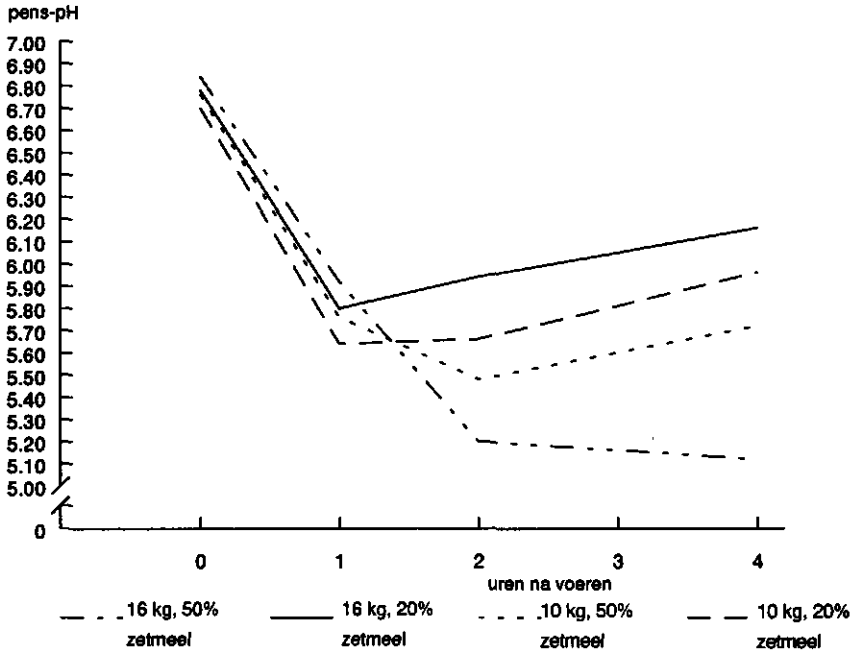
a) R = ruwvoer-rijk; K = krachtvoer-rijk.

Bron: Murphy et al. (1982).

Naarmate er meer krachtvoer gegeven wordt, en dit krachtvoer meer snel oplosbare suikers en zetmeel bevat, daalt de pH sterker. Deze sterke pH-daling wordt veroorzaakt doordat de produktie van vluchtige vetzuren sneller is dan de diffusie van deze vetzuren uit de pens. Daarnaast wordt er minder herkauwd, waardoor er minder van het zuurbufferende bicarbonaat via speeksel aan de pensinhoud wordt toegevoegd. Naarmate de pH daalt verbetert de concurrentiepositie van de propionzuur-producerende bacteriën en neemt de produktie van propionzuur toe. De produktie van propionzuur vereist namelijk de aanwezigheid van H⁺-ionen, die in een zure omgeving in ruime mate aanwezig zijn. Vandaar dat in tabel 2.6 de produktie van propionzuur relatief het hoogst is bij krachtvoerrijke rantsoenen met een hoog gehalte aan oplosbare koolhydraten en zetmeel.

Naarmate de pensinhoud verder verzuurt neemt de activiteit van celwandafbrekende bacteriën af en krijgen melkzuurbacteriën de overhand, waardoor de snel afbreekbare koolhydraten worden afgebroken tot melkzuur. Melkzuur diffundeert relatief traag uit de pens ten opzichte van de andere vluchtige vetzuren. Als gevolg van een traag verlopende afbraak

van de ruwe celstof wordt er niet meer herkauwd, zodat er geen buffering meer door bicarbonaat uit het speeksel plaatsvindt. Er is sprake van een chronische verzuring van de pens en de koe zal geen voer meer opnemen. Figuur 2.5 toont de invloed van de samenstelling van krachtvoer en de hoogte van een eenmalige krachtvoergift op de pH in de pens. De pH in de pens van de koe die 16 kg zetmeelrijk krachtvoer verstrekt krijgt, herstelt zich niet meer en de koe zal als gevolg van pensacidose (pensverzuring) geen voer meer opnemen.



Figuur 2.5 De invloed van de krachtvoersamenstelling en de hoogte van de gift op de pH in de pens

Bron: Visser et al. (1988).

Om het optreden van pensverzuring te voorkomen dient het rantsoen van herkauwers te voldoen aan een minimumeis betreffende de hoeveelheid voederverzels. Dit wordt vertaald in de zogenaamde structuurwaarde (zie tabel 2.7). Het rantsoen van herkauwers dient op droge-stofbasis voor minimaal 1/3 uit structuur te bestaan. Daarnaast dient krachtvoer niet te veel suikers en zetmeel te bevatten (10-20%). In diverse landen wordt met een minimumgehalte aan ruwe celstof van 17% gewerkt, teneinde het optreden van pensverzuring te voorkomen. De Brabander et al. (1994) hebben aangetoond dat de hoogte van de structureis onder andere af-

hankelijk is van de frequentie van krachtvoerverstrekking en van de soort krachtvoer. In paragraaf 2.4.1.3 komt dit verder aan de orde.

Tabel 2.7 *Structuurwaarde van voeders per kg ds*

Voedermiddel	Structuurwaarde
Stro	1,2
Grashooi	1,0
Voordroogkuil	0,7 - 1
Snijmaiskuil	0,6
Weidegras	0,4 - 0,7
Krachtvoeders	0,0

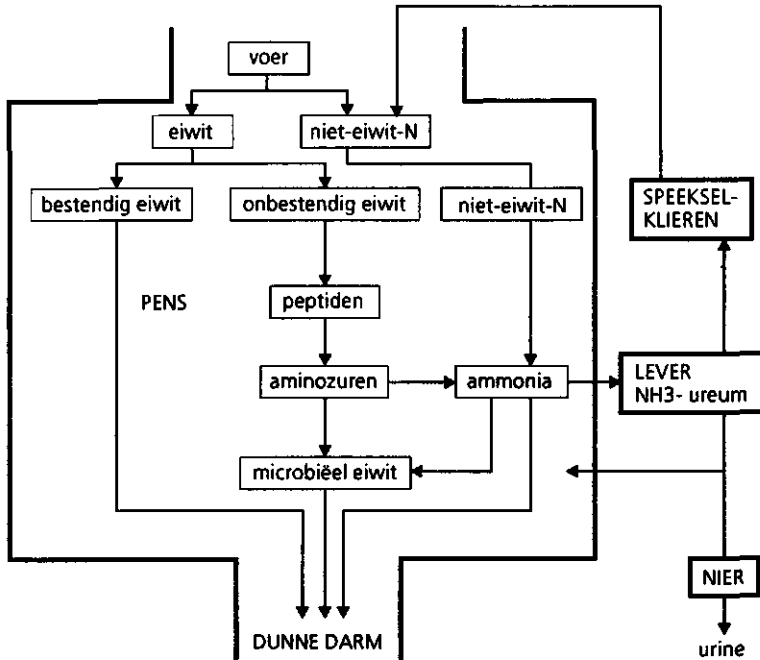
Bron: CVB (1991).

2.3.3 Eiwitafbraak en synthese in de pens

Bij niet-herkauwers begint de eiwitvertering in de maag. Bij herkauwers heeft een groot gedeelte van het eiwit dat in de eigenlijke zure (lebmaag) terecht komt, al een aantal omzettingen doorlopen, en heeft als gevolg daarvan een andere samenstelling dan het oorspronkelijke voereiwit. Gemiddeld wordt 70% van het voereiwit in de pens afgebroken (Tamminga et al., 1992 en Kaufmann, 1979). Omdat de pensfermentatie van grote invloed is op de hoeveelheid eiwit die uiteindelijk beschikbaar komt voor de herkauwer is het nodig de mate van afbraak van voereiwit en de synthese van microbiëel eiwit in de pens te kennen. Figuur 2.6 is afkomstig van McDonald et al. (1988) en geeft de vertering en metabolisme van eiwit in de pens weer.

Zoals uit figuur 2.6 blijkt, bestaat het ruw eiwit in het voer uit werkelijk eiwit en niet-eiwit stikstof, ook wel NPN genoemd (Non Protein Nitrogen). Zoals bij de Weende-analyse (paragraaf 2.2.1) besproken is, bestaat de fractie NPN uit amiden, amines en nitraat. Omdat een groot deel van NPN snel oplosbaar is (voornamelijk nitraat), wordt het in de pens zeer snel afgebroken tot ammoniak en koolzuurgas.

Een deel van het werkelijke eiwit in het voer ontsnapt aan de pensfermentatie en komt niet-afgebroken in de dunne darm aan, waar het als nog kan worden afgebroken en opgenomen. Dit deel wordt het bestendige eiwit genoemd. De fractie bestendig eiwit wordt groter naarmate een voedermiddel meer ruwe celstof en meer ruw vet bevat. Ook een versnelde penspassage kan een verhoging van het bestendig eiwit tot gevolg hebben. Hoewel de vertering van eiwit in de dunne darm voor de herkauwer met minder verliezen gepaard gaat dan eiwitvertering in de pens, is maximalisatie van de eiwitbestendigheid niet wenselijk. Naarmate de eiwitbestendigheid toeneemt, kan ook de vertering in de dunne darm afnemen.



Figuur 2.6 Vertering en metabolisme van eiwitten in de pens
Bron: McDonald et al. (1988).

Het onbestendige eiwit wordt door de micro-organismen afgebroken tot peptiden en aminozuren. Een klein deel hiervan wordt rechtstreeks in het eiwit van de micro-organismen ingebouwd. De rest van de aminozuren wordt verder afgebroken tot ammonia en vluchtige vetzuren. Het ammonia in de pens, dat afkomstig kan zijn van de afbraak van NPN of de afbraak van aminozuren, kan worden benut voor de aanmaak van nieuwe aminozuren uit vertakte C-ketens (isozuren), afkomstig van de afbraak van koolhydraten of aminozuren. Naarmate de ammonia-concentratie in de pens hoger is en de zuurtegraad (pH) lager is, diffundeert meer ammonia door de penswand in de bloedbaan. In de lever wordt van de N in ammonia ureum gemaakt. Een gedeelte hiervan komt via de speekselklieren terug in de pens, wordt afgebroken tot ammonia, en kan vervolgens alsnog door de micro-organismen worden benut voor de aanmaak van eiwit. Naarmate de overmaat aan N groter is wordt een groter deel van de N in de vorm van ureum via de urine uitgescheiden.

Micro-organismen in de pens kunnen dus eiwitten maken door:

1. aminozuren afkomstig van het voereiwit aan elkaar te koppelen;

2. aminozuren afkomstig van het voereiwit af te breken tot ammonia en vluchtige vetzuren, waarna nieuwe aminozuren gevormd worden uit de ammonia en zogenaamde isozuren afkomstig van de aminozuur- en koolhydraatfermentatie;
3. NPN-verbindingen afkomstig uit het voer af te breken tot ammonia en CO₂, waarna aminozuren gevormd worden uit de ammonia en isozuren afkomstig van de koolhydraatfermentatie.

De drie genoemde manieren van microbiële eiwitsynthese kosten oplopend van methode 1 naar 3 steeds meer energie. Bij methode 1 kost alleen het weer aan elkaar koppelen van aminozuren tot eiwitten energie. Bij methode 2 komt daar nog de energie bij, die nodig is voor de koppeling van een NH₂-groep aan een C-keten (isozuur). Bij deze methode komen echter nog energie en isozuren vrij bij de afbraak van aminozuren. Bij methode 3 dienen zowel de energie als de isozuren afkomstig te zijn van de koolhydraatfermentatie.

Samenvattend de waarde van voereiwit bij herkauwers hangt af van:

- verhouding NPN en werkelijk eiwit;
- mate van bestendigheid van het werkelijke eiwit;
- microbiële eiwitsynthese (voorwaarde is voldoende energie);
- vertering van bestendig voereiwit en microbiëel eiwit in de dunne darm;
- benutting van de verteerde aminozuren.

Het oude eiwitwaarderingssysteem (vre) hield alleen rekening met het gehalte aan ruw eiwit van een voedermiddel en de verteerbaarheid hiervan. Het nieuwe DVE-systeem geeft aan hoeveel eiwit in de vorm van microbiëel eiwit en verteerbaar bestendig eiwit in de darm van de herkauwer aankomt. De benutting van de verteerbare aminozuren wordt hierbij buiten beschouwing gelaten.

Bij het nieuwe DVE-systeem wordt ervan uitgegaan, dat er per kilogram gefermenteerde organische stof 150 g microbiëel eiwit wordt gevormd (Tamminga en Jansman, 1992). De hoeveelheid gefermenteerde organische stof (FOM) wordt berekend als de hoeveelheid verteerde organische stof minus de hoeveelheid bestendig eiwit minus de hoeveelheid zetmeel minus de hoeveelheid vet minus de hoeveelheid fermentatieproducten in het voer. Van het microbiëel eiwit bestaat 75% uit werkelijk eiwit (aminozuren). De rest bestaat voornamelijk uit nucleïnezuren. Van dit werkelijk microbiëel eiwit is vervolgens 85% verteerbaar. Het werkelijk verteerd microbiëel eiwit kan dus als volgt worden berekend: $0,85 * 0,75 * 0,15 * \text{FOM}$ (gefermenteerd organisch materiaal). De DVE wordt vervolgens berekend als verteerbaar microbiëel eiwit + verteerbaar bestendig voereiwit minus endogene eiwitverliezen.

2.3.4 Interactie tussen energie en eiwit in de pens

Deze paragraaf bestaat uit een aantal subparagrafen waarin interacties tussen energie en eiwit bij de fermentatie in de pens worden beschreven. Omdat de koolhydraten en de vetten de belangrijkste energieleveranciers zijn, en omdat hun effecten op de fermentatie totaal verschillend zijn, worden ze apart behandeld. Achtereenvolgens worden behandeld:

- het effect van de eiwitvoorziening op de energievoorziening;
- het effect van de koolhydraatvoorziening op de eiwitvoorziening;
- het effect van vetten op de eiwitvoorziening.

2.3.4.1 Het effect van de eiwitvoorziening

Het eiwit dat in de dunne darm van herkauwers aankomt bestaat voor 60 tot 80% uit microbiëel eiwit (Kaufmann, 1979), afhankelijk van de eiwitbestendigheid en de passagesnelheid door de pens. Het is dus van groot belang dat de pensbacteriën volop kunnen groeien. Kaufmann (1979) heeft 45% van de eiwitbehoefte vervangen door NPN (niet-eiwit stikstof) en kwam tot de conclusie dat de bacteriegroei onveranderd was gebleven. Hij concludeerde daaruit dat de groei van bacteriën meer afhankelijk is van de beschikbaarheid van N, ongeacht in welke vorm, dan van aminozuren. Een ammoniakgehalte van 4-5 mMol/l in de pens, zou voldoende zijn om de bacteriën ongelimiteerd te laten groeien. Dit komt overeen met een rantsoen van ongeveer 13% verteerbaar ruw eiwit in de droge stof. Ook Buttery geeft aan dat de groei van micro-organismen niet geremd wordt als gevolg van een tekort aan N, bij een ammoniakgehalte hoger dan 5 mMol/l. Satter et al. (1977) vonden, aan de hand van fermentatieproeven in een fermentatievat, dat bij een ruw-eiwitgehalte boven de 13% het ammoniakgehalte in de ketel ging oplopen. De micro-organismen waren dan niet meer in staat het extra ammoniak in eiwit in te bouwen. Bij een verteerbaarheid van de organische stof in het voer van 60% lag dit getal op 11% en bij een verteerbaarheid van 85% op 14%.

Uit de bovenstaande proeven kan geconcludeerd worden, dat de micro-organismen in de pens voldoende eiwit krijgen bij een minimum gehalte aan ruw eiwit tussen 13 en 15%. Bij hogere eiwitgehalten komt alleen het bestendig eiwit beschikbaar voor de koe. Het onbestendige eiwit wordt vrij snel afgebroken tot ammoniak. Omdat de micro-organismen niet meer in staat zijn alle gevormde ammoniak in eiwit in te bouwen, loopt het ammoniakgehalte in de pens op. Als gevolg van de hogere ammoniakconcentratie neemt de diffusie van ammoniak naar het bloed toe, waardoor ook de uitscheiding via de urine toeneemt.

Bij lagere gehalten kan de bacteriële groei gelimiteerd worden, waardoor de afbraak van celwanden afneemt en de gehele vertering trager verloopt. Ook de microbiële eiwitsynthese zal dan lager zijn. Onder Nederlandse omstandigheden komt dit nauwelijks voor, omdat gras- en graslandprodukten volop ruw eiwit bevatten. Volgens Tamminga (1992) bevat

ten rantsoenen voor melkvee in Nederland 30-35 g N per kg ds. Dit komt overeen met 19-22% ruw eiwit in de droge stof.

Vooraf in ontwikkelingslanden, waar ruwvoer eiwitarm is en eiwit duur is, kan toevoeging van NPN (Non Protein Nitrogen) aan eiwitarme rantsoenen zinvol zijn. Het toegevoegde NPN is echter zeer snel oplosbaar, terwijl de benodigde energie voor de microbiële eiwitsynthese uit de fermentatie van ruwe celstof moet komen, wat traag verloopt. Omdat beide asynchroon verlopen ontstaan hoge ammonia-pieken in de pens en gaat veel van de N via ureum in de urine verloren. Kaufmann (1979) geeft aan dat toevoeging van NPN geen zin heeft, indien de verhouding tussen de zetmeelwaarde en de vre groter is dan 7:1. Dit is een verhouding tussen VEM en vre van groter dan 10:1.

Hof (1988) berekent het nut van NPN-toevoeging als volgt. Per 100 gram verteerbare organische stof (vos) wordt ongeveer 13 gram microbiëel eiwit gevormd. Globaal wordt slechts 50% van het microbiëel eiwit door de herkauwer benut. Ongeveer 30% van het microbiëel eiwit bestaat uit nucleïnezuren (DNA en RNA) en is dus niet uit aminozuren opgebouwd. Een overige 20% is verbonden aan onverteerbare celwanden. Toevoeging van NPN-verbindingen is theoretisch volgens Hof (1988) alleen zinvol indien het rantsoen een vos/vre-verhouding (verteerbaar organische stof/verteerbaar ruw eiwit) heeft die hoger is dan 6,5. Indien deze verhouding tussen 6,5 en 10 ligt, is toevoeging in de praktijk twijfelachtig. Bij een verhouding hoger dan 10 kan toevoeging van NPN aan eiwitarme rantsoenen zinvol zijn. Tabel 2.8 geeft van een aantal rundveecategorieën de mogelijkheden om NPN-verbindingen aan het rantsoen toe te voegen. Opmerkelijk is dat juist bij de categorie met de laagste eiwitbehoefte toevoeging van NPN, om bij te dragen in de eiwitvoorziening, zinvol is.

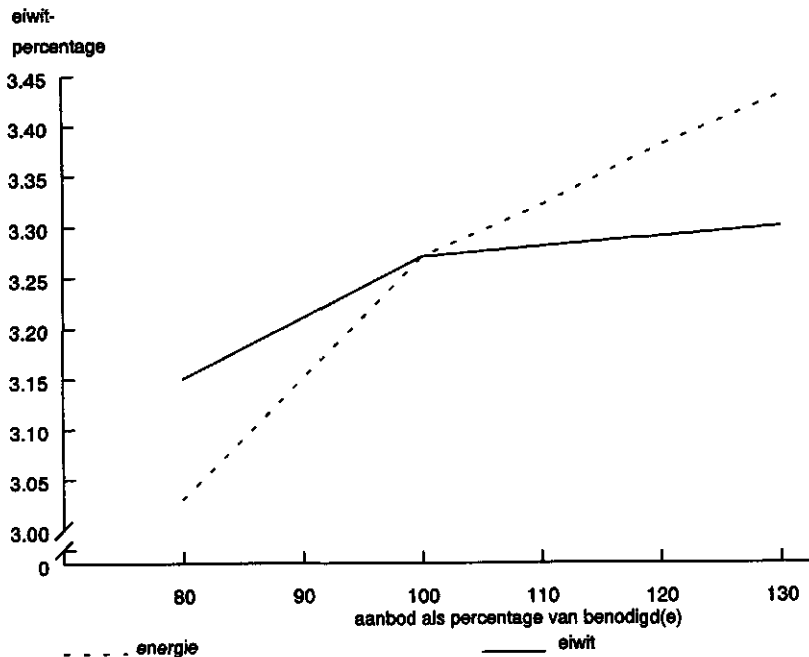
Tabel 2.8 Mogelijkheden om via een toevoeging van NPN bij te dragen in de eiwitvoorziening van enkele categorieën rundvee

Dier	Behoefte			Mogelijkheden voor NPN
	g vos	g vre	verh.	
Melkkoe:				
droogstand	5.575	710	7,9	?
15 L	9.059	1.335	6,8	?
30 L	14.500	2.280	6,4	-
Meststier:				
400 kg; 1,1 kg groei/dag;	7.800	590	13,2	+

Bron: Hof (1988).

2.3.4.2 Het effect van de koolhydraatvoorziening

Uit de vorige paragraaf is gebleken dat de hoeveelheid eiwit waarover een melkkoe kan beschikken, voor een groot gedeelte afhangt van de synthese van microbiëel eiwit. Als gevolg van een ruime eiwitvoorziening via graslandprodukten, is onder Nederlandse omstandigheden de hoeveelheid in de pens geproduceerd microbiëel eiwit niet gelimiteerd door de hoeveelheid eiwit, maar door de hoeveelheid gefermenteerde koolhydraten. In het DVE-systeem wordt de microbiële eiwitsynthese zelfs rechtstreeks berekend uit de hoeveelheid gefermenteerde organische stof (zie paragraaf 2.3.3). Om de produktie van microbiëel eiwit te verhogen is het dus nodig een rantsoen te verstrekken dat in ruime mate fermenteerbare koolhydraten bevat. In paragraaf 2.3.2 is gewezen op het gevaar van te veel snel fermenteerbare suikers en zetmeel. Als gevolg van een sterke pH-daling kan een daling van de microbiële groei optreden. Dit is de reden dat tegenwoordig voedermiddelen met langzaam afbreekbaar zetmeel in de belangstelling staan. De pensflora wordt daarmee voorzien van veel fermenteerbaar zetmeel, zonder de kans op een al te grote pH-daling. Figuur 2.7 geeft het effect van een variërende hoeveelheid energie en eiwit op het eiwitgehalte van de melk. De lijn die het effect van energie aangeeft is bepaald bij voldoende eiwit. Opvallend is dat het effect



Figuur 2.7 Het effect van energie en eiwit op het eiwitgehalte van de melk
Bron: Kaufmann (1979) naar Gordon (1977).

van extra eiwit op het eiwitgehalte zeer gering is, indien boven de eiwitbehoefte wordt gevoerd. Extra energie heeft echter nog steeds invloed op het eiwitgehalte, ook indien boven de behoefte van het dier wordt gevoerd. Blijkbaar zijn de pensbacteriën in staat deze extra energie te benutten voor de vorming van extra microbiëel eiwit.

In het begin van de lactatie van een hoogproductieve koe is de voeropname te laag. Als gevolg hiervan is de microbiële eiwitsynthese te laag om de eiwitbehoefte van de koe te dekken. Een energietekort in het begin van de lactatie kan de koe nog redelijk aanvullen vanuit de vetreserves. Volgens Coppock et al. (1986) kan uit vetreserves wel 1.000 kg melk geproduceerd worden, terwijl uit lichaamseiwitten slechts 120 kg geproduceerd kan worden. In Nederland wordt aangenomen dat een koe ongeveer 500 kg melk uit lichaamreserves kan produceren (Tamminga, 1994). Als gevolg van de scheve verdeling tussen energie- en eiwitreserves heeft de koe, die aangewezen is op zijn lichaamsreserves, de beschikking over relatief veel lange-ketenvetzuren en relatief weinig aminozuren. Het gevolg is een melkproductie met een verhoogd vetgehalte en een verlaagd eiwitgehalte.

2.3.4.3 De invloed van vet op de fermentatie

Vet is hoogenergetisch en kan bij eenmagigen aan het voer worden toegevoegd om het energiegehalte te verhogen. Bij herkauwers zijn de mogelijkheden beperkt. Door het apolaire karakter van vet stoot het water af. Als gevolg hiervan vormt het vet een dun laagje rond de voerdeeltjes en de micro-organismen in de pens, waardoor het contact tussen voerdeeltjes en de micro-organismen afneemt. Hierdoor neemt de afbraaksnelheid van ruwe celstof en overige koolhydraten af. Als gevolg hiervan komen de micro-organismen energie te kort. Om aan de energiebehoefte te kunnen voldoen wordt een groter deel van het ruw eiwit gefermenteerd. Desondanks blijft als gevolg van het energietekort de microbiële groei

Tabel 2.9 De invloed van extra vet op de verteerbaarheid en N-benutting bij groeiend rundvee

Verteringscoëfficiënt en N-retentie	Vetopname (gr./dag)		
	controle 289	+ plantaardig vet 430	+ dierlijk vet 436
VC-os	73,0	72,1	71,2
VC-N	73,5	76,2	78,3
VC-rvet	73,6	78,7	78,6
VC-rc	57,0	52,5	50,0
VC-ok	78,2	76,8	75,4
N-retentie	22,2	20,3	18,1

Bron: Schreurs en Schuring (1985).

(eiwitsynthese) laag. Hierdoor wordt minder, uit het voereiwit vrijgemaakte, NH_3 ingebouwd in microbiëel eiwit, resulterend in een hogere N-verteerbaarheid, maar een lagere N-benutting. Tabel 2.9 toont dit aan voor groeiend rundvee. Uit paragraaf 2.4.3.1 zal blijken dat het effect vergelijkbaar is bij melkvee.

2.4 Diverse voertactieken en hun effect op melkproductie en -gehalten

Deze paragraaf behandelt een aantal voedertactieken en hun effect op de melkproductie en de gehalten in de melk. Omdat ruwvoer de basis vormt van ieder rantsoen voor herkauwers wordt de kwaliteit van ruwvoer als eerste behandeld. Vervolgens wordt het voeren van krachtvoer, zowel boven als onder de norm, en de samenstelling van krachtvoer behandeld. Daarna worden de effecten van het frequenter verstrekken van krachtvoer en van het gemengd voeren van ruwvoer en krachtvoer behandeld. Tenslotte komt het gedeeltelijk vervangen van krachtvoer door bijprodukten aan de orde.

2.4.1 Verbetering van de ruwvoerkwaliteit

In een eerste subparagraaf komen de factoren die de ruwvoerkwaliteit bepalen aan de orde. De tweede subparagraaf behandelt het effect van de ruwvoerkwaliteit op de ruwvoeropname. De derde subparagraaf geeft de effecten op de melkproductie en de gehalten weer.

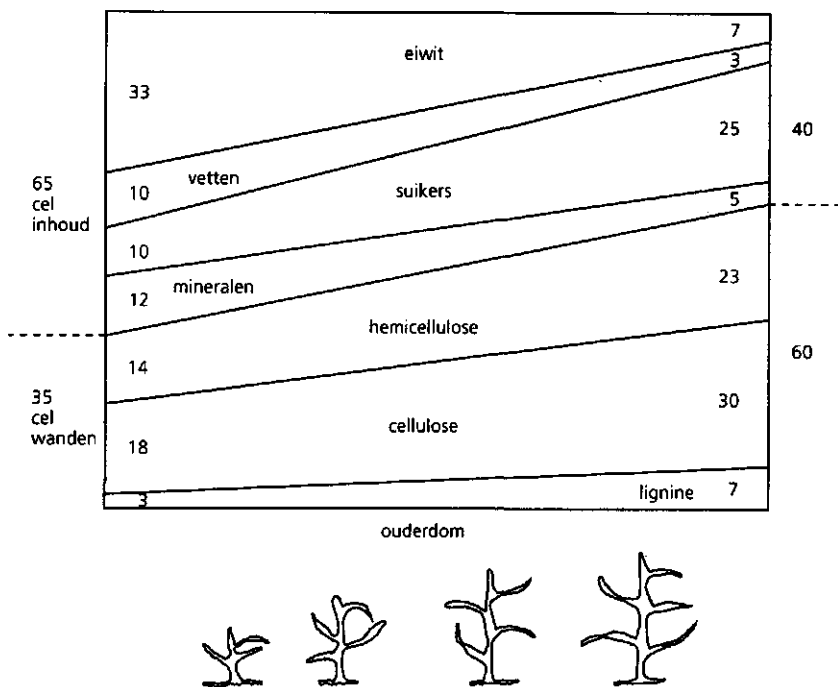
2.4.1.1 Factoren die de ruwvoerkwaliteit bepalen

Het is voor de veehouder belangrijk te weten waar de ruwvoerkwaliteit van afhangt, teneinde deze te kunnen verbeteren. De kwaliteit van winterruwvoer hangt af van zowel het uitgangsmateriaal (gras) als van de voederwinning en de conservering. De kwaliteit van het uitgangsmateriaal (gras) hangt voornamelijk af van:

- botanische samenstelling;
- zwaarte van de snede en ouderdom gewas (zie figuur 2.8);
- N-bemesting.

Een goede kwaliteit uitgangsmateriaal garandeert nog geen goede kwaliteit winterruwvoer. De winning en de conservering kunnen mislukken doordat:

- het produkt te nat of juist te droog is, wat respectievelijk tot de produktie van boterzuur en van schimmels kan leiden;
- er te lang zuurstof aanwezig is, waardoor de ademhaling te lang door kan gaan en er broei kan ontstaan. De oorzaak is een slechte afdekking of een slechte manier van aanrijden. Ook tijdens het uithalen kan zuurstof, als gevolg van een te trage voersnelheid, leiden tot broei.



Figuur 2.8 Het effect van de ouderdom op de chemische samenstelling van het gewas
Bron: Thomas et al. (1988).

Tabel 2.10 Overzicht van analysegegevens van twee kuilvoermongsters

	Voordroogkuil	Vochtige kuil zonder toevoegmiddel
Maaidatum	15 mei	20 juni
Veldperiode	3	2
In het produkt:		
- % ds	45,0	25,0
- NH ₃ -fractie	8	20
- gram grond	-	20
In de droge stof:		
- re	170	150
- rc	240	280
- ras	100	180
- VEM	890	720
- vre	120	92
Beoordeling	zeer goed	zeer matig

Bron: Van Dijk (1986).

Omdat het nodig is de ruwvoer kwaliteit te weten bij het berekenen van een rantsoen, kan de veehouder ruwvoer laten onderzoeken bij de Laboratoria voor gewasonderzoek in Oosterbeek en Leeuwarden. De cijfers op het uitslagformulier geven niet alleen informatie omtrent de hoogte van de voederwaarde. Het is ook mogelijk om bij een tegenvallende kwaliteit na te gaan wat de oorzaak is geweest. De onderstaande beoordeling van de cijfers in tabel 2.10 is afkomstig van Van Dijk (1986).

Beoordeling:

- Voor een goede conservering is het nodig het gras op het veld te laten drogen tot een drogestofgehalte van ongeveer 40% is bereikt.
- De NH₃-fractie is een goede maatstaf voor de mate waarin de conservering geslaagd is. Ammoniak is namelijk afkomstig uit afgebroken eiwit. Indien het getal lager is dan 9, dan is het goed. Soms komt een hoge NH₃-fractie voor, terwijl het ds-gehalte hoog is. Dit duidt op natte plekken in de kuil of op een te lange veldperiode.
- Het ruwe-celstofgehalte is hoog indien het uitgangsmateriaal uit een zware snede bestond. Soms is het rc-gehalte ook hoog als gevolg van een slechte conservering. Doordat makkelijk afbreekbare bestanddelen reeds zijn afgebroken stijgt de rc-fractie verhoudingsgewijs. Indien een hoog rc-gehalte het gevolg is van een slechte conservering blijkt dit ook uit de eerder besproken NH₃-fractie.
- Het ruw-asgehalte bestaat uit mineralen en grond. Het varieert van 80 tot 120 gr./kg ds en bedraagt gemiddeld 100 g. Indien het veel hoger is, is dit vaak het gevolg van verontreiniging met grond als gevolg van molshopen of van een slechte afstelling van machines tijdens de voederwinning. Grond verdund als het ware de voederwaarde. Indien een voeder 180 in plaats van 120 gr./kg ds ruw as bevat, dan betekent dit een daling van de voederwaarde met 80 VEM/kg ds.

De invloed van de N-bemesting op de gras- en ruwvoer kwaliteit wordt aangegeven door tabel 2.11, die afkomstig is van Vellinga (1991). De tabel is berekend met het GRAMIN-model dat ontwikkeld is door het PR en het NMI. Uit de tabel blijkt dat de invloed van het N-regime op de graskwaliteit slechts gering is in het traject tussen 200 en 400 kg stikstof.

Tabel 2.11 De invloed van de N-bemesting op de kwaliteit van weidegras en ruwvoer van de latere sneden

N-regime	Weidegras			Ruwvoer		
	VEM	DVE	OEB	VEM	DVE	OEB
200	956	98	29	840	57	40
400	977	104	64	860	64	80

Bron: Vellinga (1991).

Bij een daling van 400 naar 200 kg daalt de kwaliteit met slechts 20 VEM per kg ds en 6 gDVE. De OEB daalt met 40 g, wat een winst voor het milieu betekent.

2.4.1.2 Het effect op de voeropname

Het rantsoen van herkauwers bestaat voor een groot gedeelte uit vezelrijk ruwvoer. Zoals uit paragraaf 2.3.2 bleek, is een bepaalde minimale hoeveelheid onmisbaar voor een goede penswerking. In het voorjaar kan vers gras voldoende energie bevatten voor de produktie van 22 tot 25 kg melk per dag (Looijen (1990) en Subnel (1994)). Als gevolg van een hogere melkproduktie of als gevolg van een lagere ruwvoerkwaliteit kan het gebeuren dat de energiebehoefte niet meer gedekt kan worden met alleen ruwvoer. Er kan dan krachtvoer gevoerd worden om het tekort aan te vullen.

Naarmate de kwaliteit van ruwvoer beter is, wordt per kg ds (droge stof) meer VEM opgenomen. Daarnaast wordt van een betere kwaliteit ruwvoer meer ds opgenomen. Dit komt doordat een goede kwaliteit ruwvoer over het algemeen smakelijker is en doordat een beter kwaliteit sa-mengaat met een lager rc-gehalte, waardoor de verteerbaarheid toeneemt. Naarmate de verteerbaarheid toeneemt, is de pens sneller leeg, en is er dus sneller ruimte beschikbaar in de pens voor een nieuwe ruwvoeropname. Het grote voordeel van een betere ruwvoerkwaliteit is, dat bespaard kan worden op krachtvoer. Tevens is de koe in de top van de lactatie beter naar behoefte te voeren, zodat de jaarproduktie kan toenemen.

Tabel 2.12 van het CVB (1991) geeft de ds-opname van ruwvoer op de top van de lactatie (70 tot 150 dagen na afkalven), afhankelijk van de ruwvoerkwaliteit en de jaarproduktie van de koe. De jaarproduktie van de koe is gecorreleerd aan de pensinhoud. Globaal geldt, dat per 500 kg melk meer of minder dan 6.500 kg de opname stijgt, respectievelijk daalt, met 0,4 kg ds. Per 100 VEM kwaliteitsverbetering neemt de ruwvoeropname met globaal 1 kg ds per dag toe.

Tabel 2.12 Invloed van de hoogte van de melkproduktie en kwaliteit van het ruwvoer op ds-opname uit ruwvoer

Melkproduktie (kg/koe/lactatie)	ds-opname (kg/dier/dag)			
	VEM/kg ds in kuilvoer			vers gras a)
	800	850	900	
5.500	12,2	12,6	13,1	14,9
6.500	13,0	13,5	14,0	16,1
7.500	13,8	14,4	14,9	17,4

a) Goede kwaliteit, dag en nacht weiden, voorjaar en zomer.

Bron: CVB (1991).

Hijink et al. (1987) berekenen in het Koemodel de maximale ruwvoeropname met de formule:

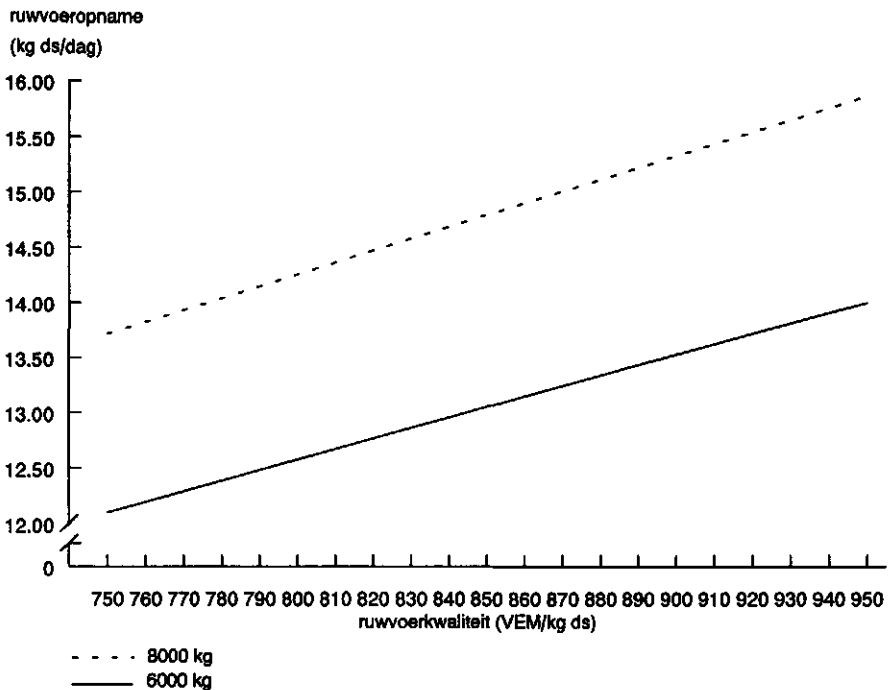
$$OPNTOP = (4,965 + 0,009514 * KWAL) * (1 + (JP - 6.000) / 15.000)$$

waarin:

OPNTOP = ruwvoeropname tijdens top van de lactatie (kg ds);
 JP = jaarproductie (kg);
 KWAL = ruwvoerkwaliteit (VEM/ kg ds).

Ook deze formule berekent bij een kwaliteitsverbetering van 100 VEM per kg ds een stijging van de opname van ongeveer 1 kg ds. Figuur 2.9 geeft het effect van de ruwvoerkwaliteit op de maximale opname van ruwvoer weer. De figuur is berekend met de bovenstaande formule. Voor vers gras wordt de uitkomst van de formule met 1,1 vermenigvuldigd.

Naast de ruwvoerkwaliteit en het gewicht van de koe is de ruwvoeropname van een koe afhankelijk van het lactatiestadium. Aan het begin en aan het eind van de lactatie is het volume van de pens kleiner waardoor de opname ongeveer 70% beneden de maximale opname ligt.



Figuur 2.9 Het effect van de ruwvoerkwaliteit en jaarproductie op de maximale ruwvoeropname per koe per dag

Tabel 2.13 (Van der Wel, 1991) geeft het effect van de botanische samenstelling en de zwaarte van de snede op de kwaliteit en de opname van het ingekuilde produkt. De kwaliteit is zowel bepaald aan de hand van in vitro onderzoek, als aan de hand van standaardregressievergelijkingen, die de voederwaarde berekenen afhankelijk van de chemische samenstelling. Uit de tabel blijkt dat de VEM-waarde, die met regressievergelijkingen berekend is, aanzienlijk hoger is bij ruwvoer van slechte kwaliteit. Geconcludeerd wordt dan ook door Van der Wel (1991) dat de berekening van de VEM-waarde met de regressievergelijking alleen onder gemiddelde omstandigheden voldoet. Indien het kuilgras gewonnen is van gras met een lage botanische samenstelling, of van een extreem zware snede, dan wordt de VEM met behulp van de regressievergelijkingen systematisch overschat. Uitgaande van de in-vitro bepaalde kwaliteit, blijkt dat de kwaliteit van ruwvoer afneemt naarmate de botanische samenstelling slechter is en de zwaarte van de snede toeneemt. Ook het verband tussen ruwvoerkwaliteit en ruwvoeropname wordt door de tabel aangetoond.

Tabel 2.13 Opbrengst, verteerbaarheid en opname van graskuil van verschillende botanische samenstellingen

Resultaten	Maai-datum	Botanische samenstelling	ds/ha (kg)	Opname kg ds	VEM		
					vitro	regressie	verschil a)
1989	mei	goed	3.000	13,8	954	960	6
		matig	3.200	14,1	897	961	64
	juni	goed	5.600	11,6	815	825	20
		matig	5.900	11,9	761	837	76
1990	mei	goed	5300	13,2	848	815	-33
		matig	4300	12,8	824	862	38
	juni	goed	9700	11,5	753	726	-27
		matig	6900	10,2	677	776	99

a) Verschil = regressie-VEM minus vitro-VEM Bron: Van der Wel (1991).

2.4.1.3 Het effect op de melkproductie

De effecten van een lager bemestingsregime op de ruwvoerkwaliteit zijn door Vellinga (1991) berekend en weergegeven in tabel 2.11. Vervolgens is het effect van de verlaagde ruwvoerkwaliteit op de melkproductie per koe op jaarniveau doorgerekend met het melkveemodel van het PR (Proefstation voor de Rundveehouderij). De resultaten staan vermeld in tabel 2.14. Er blijkt dat de kwaliteitsdaling van 20 VEM per kg ds een daling van de ruwvoeropname (gras en ruwvoer) met ongeveer 50 kg ds per jaar tot gevolg heeft. Omdat iedere opgenomen kg ds vervolgens ook nog eens 40 VEM minder bevat, daalt de melkproductie in de top van de lacta-

tie. De koe krijgt dan maximaal krachtvoer gevoerd (structureis), en compensatie van de slechtere ruwvoerkwaliteit door extra krachtvoer is dan niet meer mogelijk. Om tijdens de rest van de lactatie de koe naar behoefte te kunnen voeren is 100 kg extra krachtvoer nodig.

De structuurwaarde-eis, die in bovenstaande berekening de krachtvoergift in de top van de lactatie beperkt, dient als veiligheidsmarge ter voorkoming van pensverzuuring (zie paragraaf 2.3.2). Als gevolg van een slechtere ruwvoerkwaliteit kan de structuurwaarde van het voer toenemen. Daarnaast zal de samenstelling van het krachtvoer en de verdeling van het krachtvoer over de dag het optreden van pensverzuuring beïnvloeden. Het valt dus te bezien in hoeverre de structuurwaarde-eis een harde eis, of slechts een veiligheidsmarge is. De Brabander et al. (1994) hebben onderzoek verricht naar de hoogte van het kritische ruwvoeraandeel in het rantsoen. Dit is het minimale aandeel ruwvoer waarbij nog net geen pensverzuuring optreedt. Er bleek dat het kritische ruwvoeraandeel 9% hoger lag bij een zetmeelrijk krachtvoer met snel afbreekbaar zetmeel, dan bij een krachtvoer met een laag percentage zetmeel. Het zesmaal daags verstrekken van krachtvoer verlaagde het kritische ruwvoeraandeel met gemiddeld 4%.

Tabel 2.14 De invloed van de lagere voederwaarde op de ruwvoeropname en de krachtvoerbehoefte van melkvee

N-regime	Melkproductie	Gras en ruwvoer	Krachtvoer	N-opname	N-benutting
200	7.308	4.494	1.712	172	24
400	7.354	4.548	1.615	199	21

(Melk met 4,40% vet en 3,40% eiwit).

Bron: Vellinga (1991).

In ingekuilde ruwvoerders heeft reeds een fermentatie plaatsgevonden, waardoor suikers zijn gefermenteerd tot vluchtige vetzuren. Dit heeft tot gevolg dat het ingekuilde ruwvoerders relatief weinig snel fermenteerbare koolhydraten bevatten. Ruwvoer van een slechte kwaliteit bevat bovendien meer ruwe celstof en minder suikers, zetmeel en ruw eiwit, dan ruwvoer van een hoge kwaliteit. Hierdoor levert de fermentatie van vooral een slechte kwaliteit ruwvoer, in de pens relatief veel azijnzuur en relatief weinig propionzuur op. Deze verschuiving kan een verhoogd vetgehalte tot gevolg hebben (zie paragraaf 2.2.4). Als gevolg van de kleine hoeveelheid fermenteerbare koolhydraten, kan de pensfermentatie trager verlopen, waardoor de synthese van microbiëel eiwit gering is. Bij een slechte kwaliteit ruwvoer kan dus een verhoogd vetgehalte en een verlaagd eiwitgehalte verwacht worden.

Tabel 2.15 toont de melkproductie van koeien, gevoerd met 5 verschillende kuilqualiteiten. De kwaliteit daalt van kuil 1 naar kuil 5, getuige de dalende metaboliseerbare energie (ME) per kg ds. De koeien kregen alleen kuilvoer verstrekt. Met name het eiwitgehalte is sterk gedaald bij een afnemende ruwvoer kwaliteit. Ondanks de hierboven uitgesproken verwachting, is het vetgehalte niet hoger bij een lage ruwvoer kwaliteit.

Tabel 2.15 Het effect van verschillende kuilqualiteiten op de melkproductie en de melksamenstelling

	1	2	3	4	5
Droge stof (%)	35,5	33,5	24,6	21,2	22,2
Ruw eiwit (%)	23,6	20,2	18,9	22,1	18,9
Melkzuur (% van zuur)	63,1	64,0	62,0	56,2	50,6
ME (MJ/kg ds)	11,5	11,3	11,5	11,2	10,6
Opname (kg ds)	13,6	13,0	13,1	11,5	11,6
Melkproductie (kg/dag)	23,1	21,7	21,8	21,3	19,4
Vet (%)	4,05	4,07	3,93	4,00	3,62
Eiwit (%)	3,18	3,12	2,99	2,93	2,72

Bron: Thomas (1988).

Een slechte ruwvoer kwaliteit kan gedeeltelijk gecompenseerd worden door een hogere krachtvoergift, zoals blijkt uit tabel 2.14. Hierdoor moet het effect van een betere ruwvoer kwaliteit op de melkproductie in samenhang met de hoogte van de krachtvoergift worden bekeken. In de volgende paragraaf, waarin het effect van de hoogte van de krachtvoergift wordt beschreven, wordt ook de ruwvoer kwaliteit meegenomen.

Voor verdere berekeningen wordt aangenomen, dat het verhogen van de ruwvoer kwaliteit geen invloed heeft op het vetgehalte. Het effect op het eiwitgehalte bedraagt volgens tabel 2.15 ongeveer 0,5% per 0,9 MJ ME/kg ds. Dit komt overeen met een stijging van het eiwitgehalte van 0,0625% bij een kwaliteitsstijging van het ruwvoer van 10 VEM/kg ds. Dit geldt, indien het rantsoen voor 100% uit ruwvoer bestaat. Indien krachtvoer wordt gevoerd, dan is het effect van een betere kwaliteit ruwvoer evenredig kleiner met het aandeel krachtvoer in het rantsoen.

2.4.2 Wijziging van de hoogte van de krachtvoergift

Voor het kunnen doorrekenen van de effecten van het wijzigen van de hoogte van de krachtvoergift op de melkproductie, gehalten in de melk en de ruwvoeropname per koe is een literatuurstudie verricht. In een drietal opeenvolgende subparagrafen worden de effecten van de hoogte van de krachtvoergift op respectievelijk de melkproductie, het vetgehalte en het eiwitgehalte behandeld.

2.4.2.1 Het effect op de melkproductie

In de eerste subparagraaf wordt, op basis van literatuurgegevens, het effect van een gewijzigde krachtvoergift op de dagproductie behandeld. In de tweede subparagraaf wordt, op basis van de uitkomsten van een model, het effect van de hoogte van de krachtvoergift op de jaarproductie behandeld. Tevens komt in deze paragraaf de ontwikkeling van rekenregels aan bod. Met behulp van deze rekenregels kan, op basis van gegevens uit de bedrijfseconomische administratie, een inschatting worden gemaakt van het effect van een gewijzigde krachtvoergift op de melkproductie per koe op jaarbasis.

2.4.2.1.1 Het effect op de productie per dag

Volgens Wiktorsson (1988) is de traditionele benadering van het vakgebied Veevoeding gebaseerd op behoeftesystemen, gericht op het behalen van een constante balans tussen energie-opname en energiebehoefte voor onderhoud en productie (zie ook paragraaf 2.1). Volgens MacRea et al. (1988) ligt de volgende formule ten grondslag aan de meeste behoeftesystemen voor energie:

$$ME_{\text{behoefte}} = M + (1/k) * E_m * x$$

waarin:

ME_{behoefte}	= behoefte aan metaboliseerbare energie;
M	= hoeveelheid benodigde energie (ME) voor onderhoud;
k	= efficiëntie waarmee ME wordt omgezet in netto-energie (NE) (0,60-0,65);
E_m	= energie hoeveelheid per kilogram melk;
x	= aantal kilogram geproduceerde melk.

Het vreemde van deze algeheel geldende formule is dat de melkproductie wordt beschouwd als onafhankelijke variabele voor de berekening van de voederbehoefte, terwijl de melkproductie afhankelijk is van de hoeveelheid en verhouding tussen de gevoerde nutriënten. De behoeftesystemen verschillen van land tot land en daarnaast worden ze lang niet altijd strikt opgevolgd. Volgens Wiktorsson (1988) mag dan ook worden verwacht dat het laten afwijken van de voergift van de behoeftesystemen (of normen) als tactiek kan worden doorgevoerd, zonder al te grote gevolgen voor de koe. Dit blijkt ook uit een groot aantal input/output-studies dat in de literatuur beschreven wordt. Hier zullen er slechts enkele beschreven worden.

Dat de krachtvoergift in ruime mate kan worden gevarieerd blijkt uit onderzoek van Oosterhof en Stegink (1993). Zij vergeleken onder andere bedrijven uit het LEI-boekhoudnet die gedurende 4 achtereenvolgende

jaren (1987/88 tot en met 1990/91) de krachtvoergift per koe verhoogden, met bedrijven die gedurende dezelfde periode de krachtvoergift verlaagden. Op de bedrijven die verhoogden steeg de krachtvoergift in de 4 jaren met 300 kg per koe en steeg de melkproduktie per koe met 650 kg. Op de bedrijven die de krachtvoergift verlaagden daalde deze met 540 kg per koe, terwijl de melkproduktie per koe toch nog met 190 kg steeg. Uiteraard speelt hierbij ook de ontwikkeling van de genetische aanleg van de melkveestapels in beide groepen een rol. Deze is echter niet bekend. Ook is de ruwvoerkwaliteit in de genoemde boekjaren fors gestegen, waardoor op veel bedrijven de krachtvoergift per koe kon worden verlaagd, zonder dat de melkproduktie daalde. Het onderzoek toont aan dat de hoogte van de krachtvoergift per koe in ruime mate variabel is en effect heeft op de melkproduktie per koe.

Wiktorsson (1988) heeft onderzoek verricht naar het effect van extra krachtvoer in de eerste 16 weken van de lactatie. Omdat de voeropname in deze periode nog niet op volle sterkte is, is het moeilijk de koe naar behoefte te voeren. Het voeren van krachtvoer boven de structureis, zonder het voerpatroon te veranderen, kan een verstoring van de pensfermentatie veroorzaken (zie paragraaf 2.3.2) en leidt daardoor niet tot een hogere produktie. Wiktorsson (1988) zag evenwel kans via het verhogen van het aantal maaltijden, de krachtvoergift dusdanig te verhogen, dat de voeropname boven onderhoud (ruwvoer+krachtvoer) steeg van 4,60 naar 5,10 MJ ME per kilogram meetmelk (FCM = Fat Corrected Milk). Dit houdt in, dat de extra hoeveelheid energie minder efficiënt in energie in melk is omgezet, of voor een ander doel is aangewend. De extra hoeveelheid krachtvoer leidde tot een extra produktie van 1,50 kg FCM per dag.

Dijkstra et al. (1963 en 1969) doen verslag van een aantal voederproeven in het winterseizoen, waarbij koeien onder en boven de destijds geldende zetmeelwaarde-norm gevoerd zijn. De resultaten staan vermeld in tabel 2.16. Omdat bijna alle regels in de tabel betrekking hebben op verschillende proeven in verschillende jaren, en als gevolg daarvan op verschillende ruwvoerkwaliteiten, moeten de resultaten met enige voorzichtigheid worden geïnterpreteerd. De eerste regel beschrijft het gemiddelde resultaat van drie proeven in drie verschillende jaren. De laatste twee regels zijn afkomstig van dezelfde proef. Uit de proeven blijkt dat een toename van de energie-opname gepaard gaat met een stijging van de melkproduktie. Opvallend is dat het vetpercentage niet afneemt bij een toename van de krachtvoer/ruwvoer-verhouding in het rantsoen. Waarschijnlijk komt dit door de vrij lage krachtvoergiften. Bij voeding boven de norm bedraagt de krachtvoergift ongeveer 7 kg per dag. Het eiwitgehalte (grootste deel van de vetvrije droge stof) stijgt echter wel aanzienlijk bij een toename van de krachtvoergift. In paragraaf 2.3.4.2 is reeds uitgelegd dat dit komt doordat de groei van pensbacteriën minder gelimiteerd wordt door een gebrek aan fermenteerbare energie. Hoewel andere bronnen melding maken van het bestaan van de wet van afnemende meerop-

brengrst bij toename van de voerhoeveelheid, is dit in tabel 2.16 niet aantoonbaar.

Tabel 2.16 Invloed van afwijking van de voedernorm op de melkproduktie en de samenstelling van de melk a)

Zetmeelwaarde b) minus-norm (g)	Onderzoek	Kg melk	% vet	% vetvrij ds	% eiwit
-1.321	1965/66 t/m 1967/68	-1,72	+0,02	-0,11	-0,06
+1.042	1948/49	+1,62	+0,11	+0,17	
+1.061	1946/47	+1,84	-0,01	+0,19	
+1.120	1959/60	+0,75	+0,06	+0,12	
+1.940	1959/60	+1,56	+0,03	+0,22	

a) Ten opzichte van een controlegroep die wel op norm gevoerd werd; b) 1 g zetmeelwaarde komt ongeveer overeen met 0,7 VEM.

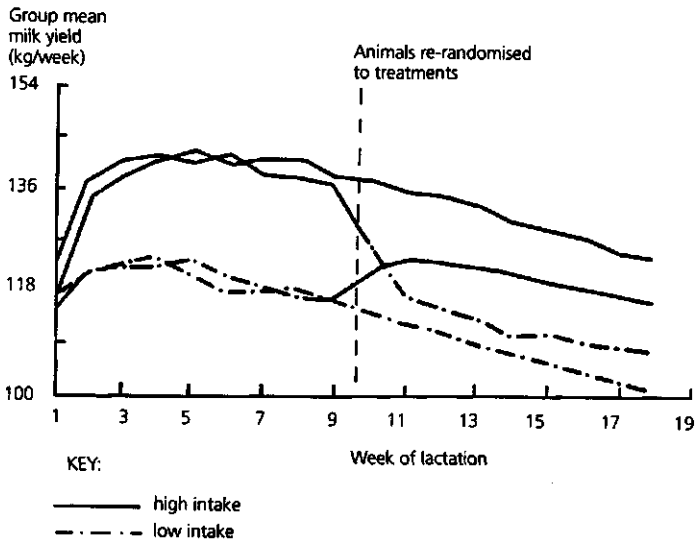
Bron: Dijkstra (1969) en Dijkstra et al. (1963).

Figuur 2.10 is overgenomen van Wiktorsson (1988) en is afkomstig van Broster et al. (1969). De figuur geeft het effect van het voeren volgens de Woodman-standaard (high intake) en een verlaging van de voergift tot 75% van deze standaard (low intake). Uit de figuur blijkt dat de produktie van de koeien die in de beginperiode het lage rantsoen kregen, niet meer op het niveau van de hoge groep komt, zelfs wanneer de koeien na negen weken het hoge rantsoen kregen. In de figuur is het effect van een gewijzigde voeropname vrij groot, omdat alleen het onder de norm voeren als alternatief van het op de norm voeren wordt getoond.

Gardner (1969) vergeleek twee niveaus van energie-opname, een volgens de NRC-standaard en een andere, waarbij gepoogd werd het gewicht van de koeien constant te houden. De koeien van de laatste groep namen tijdens de piek van de lactatie gemiddeld 6 kg krachtvoer meer op. Over de gehele lactatie hebben ze 980 kg krachtvoer meer opgenomen en behaalden ze een melkproduktie die 550 kg FCM hoger was. Dit betekent dat per extra kilogram krachtvoer 0,56 kg melk is geproduceerd.

Ekern (1972) heeft uit verschillende studies berekend dat het effect van een extra energie-opname 0,06-0,07 kg melk per MJ ME bedraagt bij een laag voerniveau en 0,02 kg melk per MJ ME bij een hoog voerniveau.

Wiktorsson (1988) doet verslag van een tweetal experimenten waarbij het effect van energie-opname op de melkproduktie per koe is onderzocht. In het eerste experiment bedroeg het effect van een extra hoeveelheid energie 0,06 kg melk per MJ ME bij een laag voerniveau en 0,03 kg melk per MJ ME bij een hoog voerniveau. Deze waarden zijn te vergelijken met die van Ekern (1972). Bij het tweede experiment was het effect 0,095 kg melk per MJ ME bij een laag voerniveau en 0,05 kg melk per MJ ME bij een hoog voerniveau. Wiktorsson (1988) verklaart dit verhoogde effect uit een iets verlaagde energie-inhoud bij alle voerniveaus.



Figuur 2.10 Het effect van twee voerniveaus op de melkproductie per koe per dag
Bron: Wiktorsson (1988)

Ook Leaver (1988) doet verslag van het effect van een verhoging van de krachtvoergift (zie tabel 2.24). Bij koeien die in een negatieve energiebalans verkeerden, steeg de melkproductie 0,84 kg per kilogram krachtvoer. Bij koeien die in een positieve energiebalans verkeerden, steeg de melkproductie met 0,96 kg per kilogram krachtvoer. De wet van afnemende meeropbrengsten is hier niet aantoonbaar.

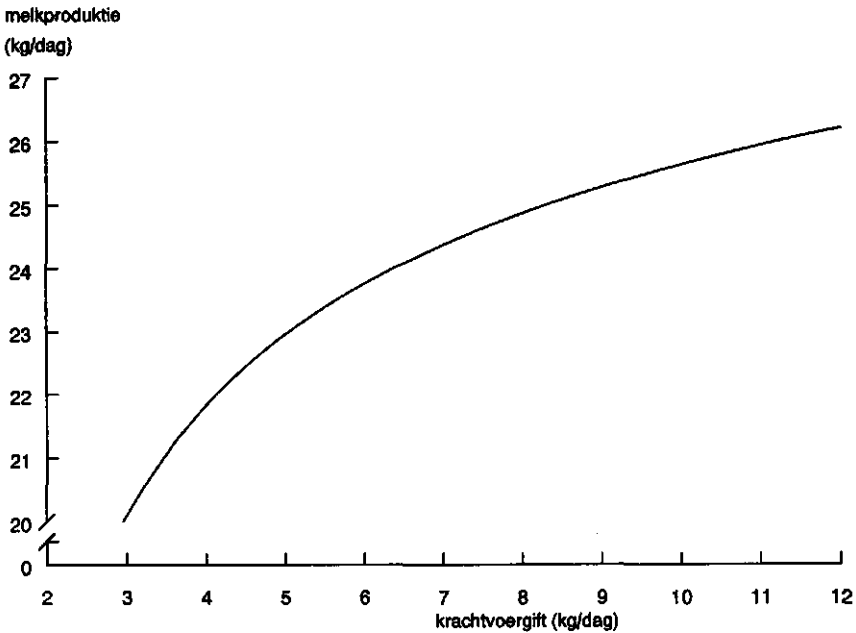
Tabel 2.17 is van Østergaard et al. (1987) en geeft het effect van een variërende krachtvoergift op de hoogte van de ruwvoeropname, de melkproductie en het lichaamsgewicht. Duidelijk is dat, naarmate de krachtvoergift toeneemt, het marginale effect op de melkproductie afneemt. Dit komt doordat enerzijds de ruwvoeropname steeds kleiner wordt, waardoor de marginale energie-opname per kilogram extra krachtvoer steeds kleiner wordt. Anderzijds wordt van de extra opgenomen energie een steeds groter deel voor de toename van het lichaamsgewicht gebruikt.

Gordon (1981) heeft onderzoek verricht naar het effect van een toename van de krachtvoergift op de melkproductie per koe. Uit een omvangrijke literatuurstudie concludeert hij dat het effect van extra krachtvoer bij ad libitum ruwvoeropname gemiddeld 0,78 kg melk per kilogram krachtvoer bedraagt. Deze respons is ongeveer de helft lager dan bij proeven met een beperkte ruwvoergift. Dit komt doordat bij ad libitum ruwvoeropname, het extra krachtvoer ook ruwvoer verdringt. Op basis van vier verschillende experimenten bij koeien met dezelfde potentie voor

Tabel 2.17 *Dagelijkse voeropname, melkgift en toename lichaamsgewicht bij verschillende hoeveelheden krachtvoer gedurende de eerste 24 weken van de lactatie (43% vaarzen)*

		Krachtvoeropname, kg ds per koe per dag				
		4	5	6	7	8
Basis rantsoen ds		5,3	5,3	5,3	5,3	5,3
Kuilopname, kg ds	gemiddeld	6,2	5,9	5,5	5,1	4,6
	marginiaal	-0,27	-0,34	-0,41	-0,48	-0,54
Totale voeropname ds, kg		15,5	16,2	16,8	17,4	17,9
	zetmeelwaarde	13,2	14,1	14,9	15,7	16,5
Melkgift, kg FCM	gemiddeld	19,8	20,9	21,6	22,0	22,1
	marginiaal	1,19	0,87	0,56	0,24	-0,07
Lichaamsgewicht, toename in kg	gemiddeld	0,054	0,132	0,226	0,336	0,462
	marginiaal	0,070	0,086	0,102	0,118	0,134

Bron: Østergaard et al. (1987).



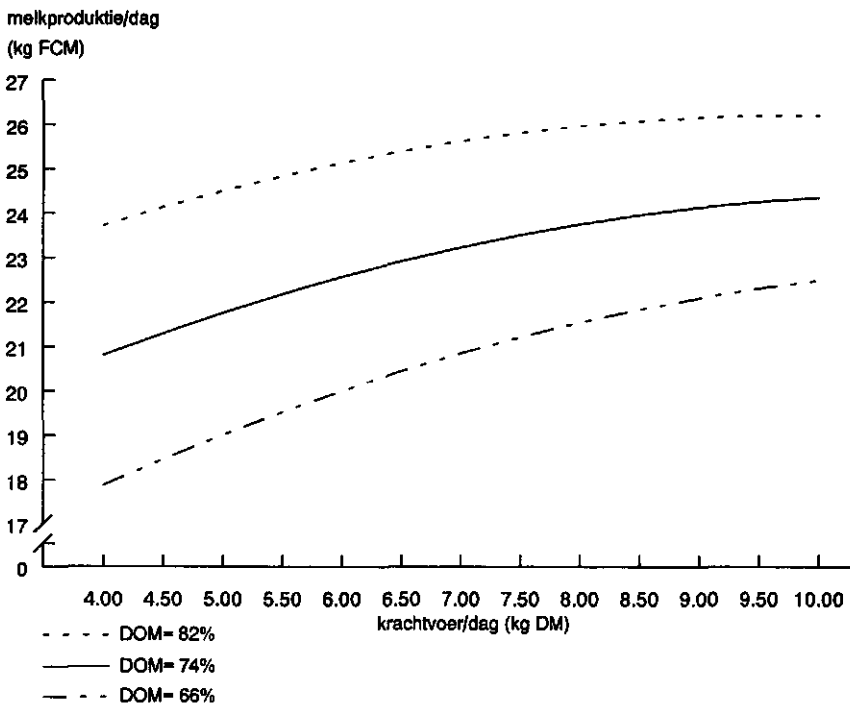
Figuur 2.11 *Het effect van een stijgende krachtvoergift op de melkproductie per koe*
Bron: Gordon (1981).

melkproductie, bij dezelfde ruwvoer kwaliteit en variërend in krachtvoergift, komt Gordon (1981) tot de volgende formule die de relatie tussen krachtvoeropname en melkproductie weergeeft (zie figuur 2.11):

$$\text{melkproductie (kg/dag)} = 19,38 + 7,5 * \% \log * \% \log * \text{krachtvoer (kg/dag)}$$

Figuur 2.12 geeft het effect van een stijgende krachtvoergift op de melkproductie per koe bij 3 ruwvoer kwaliteiten. Uit de figuur blijkt dat naarmate de ruwvoer kwaliteit beter is, de melkproductie hoger is. Daarnaast neemt het marginale effect van krachtvoer op de melkproductie af naarmate de ruwvoer kwaliteit beter is en de krachtvoergift hoger is. De punten in de figuur zijn berekend met behulp van de onderstaande formule van Kristensen et al. (1987), waarin de hoogte van de melkproductie per koe per dag, gecorrigeerd voor 4% vet (FCM), afhankelijk gesteld is van de ruwvoer kwaliteit (DOM = digestable organic matter) en de krachtvoergift in kilogram per dag (C):

$$\text{FCM} = 0,453 \text{ DOM} + 3,242 \text{ C} - 0,073 \text{ C}^2 - 0,022 \text{ DOM} * \text{C} - 18,017 \quad (R^2 = 0,93)$$



Figuur 2.12 Het effect van een variërende krachtvoergift op de ruwvoeropname en melkproductie per dag bij ad lib. verstrekking van graskuil van drie verschillende kwaliteiten

Ook Østergaard et al. (1987) tonen met tabel 2.18 aan dat het marginale effect van krachtvoer op de melkproductie kleiner wordt naarmate het absolute niveau van de krachtvoergift hoger is en naarmate de ruwvoer kwaliteit beter is.

Tabel 2.18 Het effect van een variërende krachtvoergift op de ruwvoeropname en melkproductie per dag bij ad lib. verstrekking van graskuil van 3 verschillende kwaliteiten (uitgedrukt in percentage verteerbaar organisch materiaal (DOM))

	Krachtvoer per dag (kg)				
	3,5	5,0	6,5	8,0	9,5
Graskuil DOM 62%					
DM (kg)	8,7	8,1	7,4	6,7	6,1
Totale SFU a)	9,2	10,5	11,8	13,1	14,3
Melk (4% vet)	15,7	17,7	19,4	20,6	21,5
Melk/marginale SFU		1,6	1,3	1,0	0,7
Graskuil DOM 72%					
DM (kg)	10,4	9,7	9,0	8,4	7,7
Totale SFU	11,1	12,3	13,5	14,7	16,0
Melk (4% vet)	19,3	21,0	22,3	23,2	23,6
Melk/marginale SFU		1,4	1,0	0,7	0,4
Graskuil DOM 82%					
DM (kg)	12,0	11,3	10,7	10,0	9,3
Totale SFU	14,0	15,1	16,3	17,4	18,5
Melk (4% vet)	23,1	24,5	25,4	25,9	26,0
Melk/marginale SFU		1,2	0,8	0,5	0,1

a) SFU (Scandinavian Feed Unit).

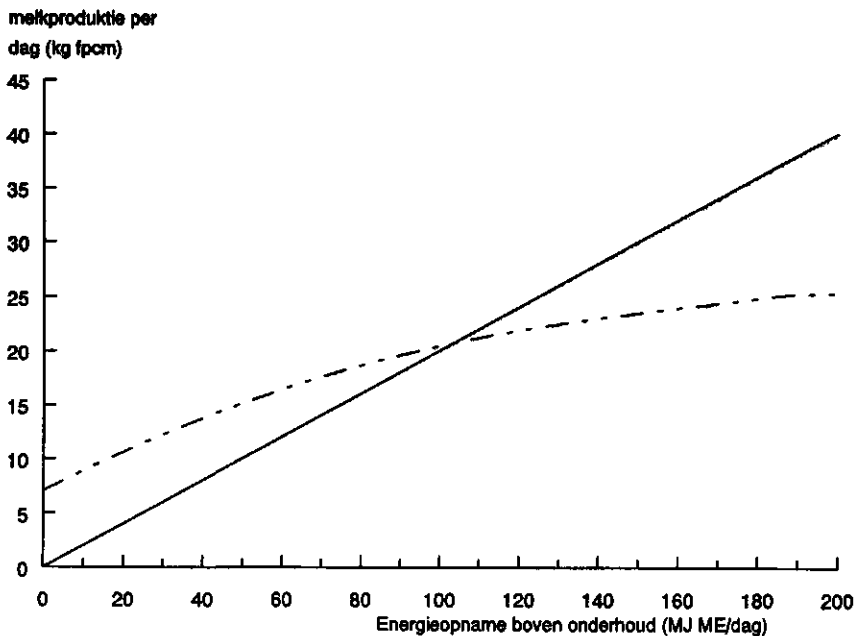
Bron: Østergaard et al. (1987).

In alle bovengenoemde studies is sprake van een toenemende melkproductie bij een toename van de energie-opname via het voer. De respons van de extra hoeveelheid opgenomen energie op de melkproductie wordt echter kleiner naarmate het voerniveau hoger is. Dit fenomeen wordt verklaard met behulp van figuur 2.13, die afkomstig is van Broster et al. (1981). De rechte lijn in de figuur is de energiebehoefte boven onderhoud die nodig is voor de melkproductie op de y-as, volgens de ARC-norm. Bij het VEM-systeem is deze lijn niet recht. De kromme lijn in de figuur geeft de werkelijke melkproductie weer, bij de op de x-as vermelde voeropname. Op het punt waar de lijnen elkaar kruisen zijn behoefte en opname gelijk aan elkaar. Het genetisch niveau van de koe en het lactatiestadium zijn dusdanig dat de koe in staat is 20 kg fpcm te produceren bij normvoeding (daar waar de lijnen elkaar kruisen). Het voerniveau bedraagt dan 105 MJ ME boven onderhoud. Dit komt overeen met 63 MJ NE, indien ervan uitgegaan wordt dat de efficiëntie van omzetting van ME in

NE 60% bedraagt. De VEM-behoefte voor normvoeding bedraagt dan 9.120 VEM voor produktie plus 5.013 voor onderhoud, is 14.133 VEM. Dit komt redelijk overeen met de in Nederland geldende norm. Volgens het CVB (1991) is de behoefte voor een koe met een produktie van 20 kg melk 14.100 VEM.

In het begin van de lactatie is de energiebalans vaak negatief, doordat de piek van de produktie ongeveer vier weken vooruitloopt op de piek van de voeropname. Als gevolg van de structuurwaarde-eis is de krachtvoergift dan gelimiteerd en de energie-opname onvoldoende voor de melkproduktie. De melkproduktie wordt dan voor een deel bereikt door afname van lichaamsreserves. De energie die hierbij voor melkproduktie beschikbaar komt, wordt in de figuur weergegeven als de ruimte boven de rechte en onder de kromme lijn, links van het evenwichtspunt. De respons van een extra hoeveelheid energie op de melkproduktie is vooral in dit traject erg hoog, getuige de sterke helling van de kromme lijn in dit traject.

Bij een bepaalde energie-opname ontstaat een balans tussen de energie-opname en de berekende energiebehoefte voor onderhoud en produktie. Dit is de opname waar de meeste behoeftesystemen op aansturen.



Figuur 2.13 Het effect van de opname van metaboliseerbare energie (ME) op de melkproduktie (kromme lijn) van een koe die bij normvoeding (rechte lijn is ARC-norm) 20 kg produceert

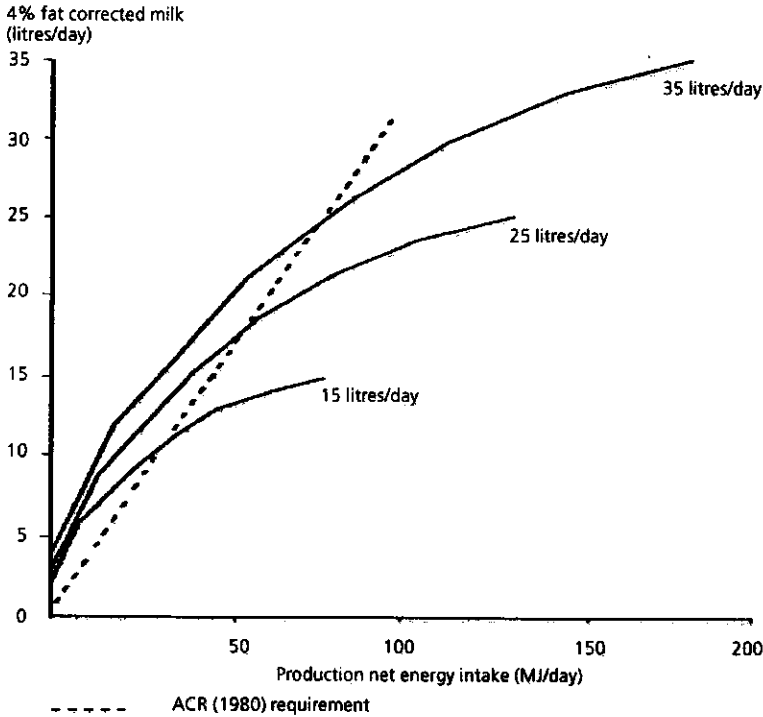
Bron: Broster (1981).

Naarmate de energie-opname nog verder stijgt, neemt de respons van de extra opgenomen energie op de melkproductie af. Volgens Broster et al. (1981) wordt naarmate de energiebalans positiever wordt, een steeds kleiner gedeelte van de extra opgenomen energie voor melkproductie aangewend. De rest van de extra opgenomen energie wordt voor de opbouw van lichaamsreserves benut. De energie van en naar de lichaamsreserves wordt in de figuur weergegeven als de ruimte boven de kromme lijn en onder de rechte lijn. Dit houdt in dat koeien die boven de norm gevoerd worden, zwaarder worden. De extra energiereserves kunnen in een volgende lactatie weer voor melkproductie worden benut. Het aanzetten van vet (uit een verhoogde energie-opname) kan in een volgende lactatie voor melkproductie worden benut. Dat dit niet erg efficiënt is blijkt uit het volgende:

- volgens Van Es (1977) bedraagt zowel de efficiëntie voor vetaanzet als de efficiëntie voor melkproductie uit metaboliseerbare energie (ME) uit voer ongeveer 60%. De efficiëntie van melkproductie uit lichaamsreserves (vet) bedraagt ongeveer 80%. De efficiëntie van melkproductie uit de vetreserves bedraagt dus 48%. Dit is laag in vergelijking met de efficiëntie van 60% uit voer;
- koeien die zwaarder worden hebben een hogere onderhoudsbehoefte. Voor iedere 50 kg die een koe zwaarder is, is 300 VEM per dag meer onderhoud nodig (CVB, 1991). Bij de diverse proeven van Dijkstra et al. (1963) werden de koeien die boven de norm gevoerd werden, 20 tot 30 kg zwaarder dan de koeien die op de norm gevoerd werden. Dit betekent een extra onderhoudsbehoefte van 150 VEM per dag.

De hoogte van het evenwichtspunt waarbij de voeropname voldoende is voor de melkproductie, is afhankelijk van het genetisch niveau van de koe en het lactatiestadium. Naarmate het genetische niveau van de koe hoger is en het lactatiestadium zich dichterbij de piekproductie bevindt, schuift het evenwichtspunt verder omhoog langs de rechte lijn. Dit betekent dat de melkproduktiestijging, ten gevolge van een extra energie-opname, groter zal zijn bij een koe met een hoog genetische niveau dan bij een koe met een laag genetisch niveau. Hulme et al. (1986) geven dit weer in figuur 2.14 voor drie koeien met een potentiële melkproductie van respectievelijk 15, 25 en 35 kg melk. Bij voeding volgens de ARC-norm geven de koeien 72% van hun potentiële produktie. Deze relatie tussen voeropname en melkproductie is in gebruik in een model dat ontwikkeld is voor de optimalisatie van de voeding van melkkoeien (CAMDAIRY).

Tabel 2.19 is van De Jong (1983) en is gebaseerd op de gegevens uit figuur 2.13. Zoals uit de tabel blijkt, is hier duidelijk de wet van afnemende meeropbrengsten van toepassing. Volgens de tabel zou het theoretisch mogelijk zijn een koe ongeveer 25% meer melk te laten produceren dan bij normvoeding (evenwichtsvoeding). Dit is vrijwel in overeenstemming met figuur 2.14, waarin koeien bij evenwichtsvoeding 72% van



Figuur 2.14 De respons van een verhoging van de voeropname op de melkproductie bij 3 verschillende potenties voor melkproductie
Bron: Hulme et al. (1986).

hun theoretische topproductie halen. Ook tabel 2.17 en figuur 2.11 wijzen in die richting, hoewel het hier niet duidelijk is hoe hoog de norm is. In de praktijk zal het nauwelijks haalbaar zijn om de energie-opname boven onderhoud dusdanig te verhogen (te verdubbelen in tabel 2.19), dat de melkproductie 25% hoger is dan bij evenwichtsvoeding.

Samengevat kan worden gesteld, dat de respons van een extra eenheid energie op de melkproductie per koe per dag afhangt van het absolute niveau van energie-opname en van de genetisch potentiële melkproductie op de betreffende dag. Het absolute niveau van energie-opname hangt af van de ruwvoerkwaliteit en de krachtvoergif. De genetisch potentiële melkproductie hangt af van het genetisch niveau en van het lactatiestadium. Bij vervolgberekeningen wordt ervan uitgegaan dat het theoretisch mogelijk is een koe op iedere dag in de lactatie 25% meer melk te laten produceren dan bij evenwichtsvoeding. In het begin van de lactatie zal dit praktisch niet haalbaar zijn omdat normvoeding dan niet eens haalbaar is (in verband met stuctuureis). Er wordt aangenomen dat

het na de top van de lactatie mogelijk is om boven de norm te voeren. Naarmate verder boven de norm gevoerd wordt, wordt een steeds groter deel van de extra energie benut voor vetaanzet. Uit het voorgaande bleek, dat melkproductie uit lichaamsvet minder efficiënt verloopt dan melkproductie rechtstreeks uit voer. Daarnaast hebben zwaardere koeien meer onderhoudsvoer nodig. Om bovenstaande redenen en omdat het effect van extra vetreserves in een volgende lactatie niet bekend zijn, wordt in dit onderzoek aangenomen dat de aangezette vetreserves niet benut worden.

Tabel 2.19 Het effect van onder en boven de norm voeren op de melkproductie per dag

Energie-opname in % van de behoefte boven onderhoud	Melkproductie in % van de productie bij normvoeding
50	77,5
60	83,0
70	88,0
80	92,5
90	96,4
100	100,0
120	106,9
150	116,0
180	123,5
200	127,5

Bron: De Jong (1983), naar figuur 2.13.

2.4.2.1.2 Het effect op de productie op jaarbasis

In hoofdstuk 1 is het doel van dit onderzoek omschreven als: het opstellen van rekenregels of vuistregels die, op basis van gegevens uit de bedrijfseconomische administratie, het effect van diverse voedertactieken op de melkproductie per koe, de vet- en eiwitgehalten in de melk en het bedrijfsresultaat weergeven. Met behulp van deze rekenregels kan voor een bepaald bedrijf de optimale voedertactiek worden bepaald. De gegevens uit de bedrijfseconomische administraties zijn grotendeels globale kengetallen op jaarbasis. Het is dus belangrijk dat de rekenregels op jaarbasis zijn.

In de vorige paragraaf is de relatie tussen de krachtvoergift en de melkproductie per koe steeds op dagbasis weergegeven. Voor het berekenen van de effecten op jaarbasis is gebruik gemaakt van een computermodel. Het model rekent met de rekenregels van het KOEMODEL, zoals beschreven door Hijink et al. (1987). Het KOEMODEL volgt de lactatie van een koe van dag tot dag, waarna zowel de voeropname als de melkproductie gesommeerd kunnen worden naar totalen per jaar. Afhankelijk van het ingevoerde genetisch niveau van de koe op jaarbasis wordt voor iede-

re lactatiedag een potentiële melkproduktie berekend met een bijbehorende energiebehoefte voor die dag. Afhankelijk van de maximaal mogelijke energie-opname via ruwvoer wordt krachtvoer bijgevoerd om aan de energiebehoefte te kunnen voldoen. Zoals eerder opgemerkt, zal tijdens de top van de lactatie de voeropname die nodig is voor melkproduktie, niet gehaald worden. De krachtvoeropname is namelijk gelimiteerd, omdat gesteld is dat het rantsoen van melkkoeien voor minimaal een derde uit structuurhoudende droge stof bestaat. De Brabander et al. (1994) hebben aangetoond dat de hoogte van de structureis minder vast is, en onder andere afhankelijk is van de frequentie van krachtvoerverstrekking en van de soort krachtvoer. In paragraaf 2.3.2 en in paragraaf 2.4.1.3 is dit verder aan de orde gekomen. In dit onderzoek wordt echter aan de eis van minimaal een derde structuurhoudende droge stof vastgehouden.

De melkproduktie per jaar, zoals het KOEMODEL berekent, wordt in het vervolg de genetisch potentiële melkproduktie genoemd. Dit is de melkproduktie per jaar die gehaald kan worden, indien zoveel mogelijk op de norm gevoerd wordt bij een gemiddelde ruwvoerkwaliteit.

Het gehanteerde model is op de volgende punten afwijkend van het KOEMODEL (Hijink et al., 1987):

- het gewicht van de koe is afhankelijk gemaakt van de genetisch potentiële melkproduktie. Er wordt aangenomen dat een koe van 5.000 kg FPCM 500 kg weegt. Iedere 1.000 kg FPCM extra gaat samen met 50 kg gewichtstoename;
- het model berekent voor iedere dag tussen 1 mei en 1 november de kwaliteit van het gras (VEM/kg ds), afhankelijk van de kalenderdag en de stikstofgift, en gebruikt deze variërende kwaliteit als uitgangspunt bij de rantsoenberekening;
- het is mogelijk een veestapel te creëren met een verspreid afkalfpatroon. Hierbij wordt het model meerdere malen gedraaid met diverse afkalfdata waarna de uitkomsten gewogen worden gemiddeld. Er is in dit onderzoek uitgegaan van een gemiddeld afkalfpatroon gerelateerd aan cijfers aangaande de spreiding van inseminaties uit "Jaarstatistiek van het NRS". Tevens is bij de berekening van de onderhoudsbehoefte van het vee rekening gehouden met het feit dat een gemiddelde veestapel bestaat uit 22% vaarzen, 18% tweede-kalfskoeien en 60% oudere koeien (Hijink et al., 1987). Omdat vaarzen en tweede-kalfskoeien nog niet helemaal volgroeid zijn, wordt een iets hogere onderhoudsbehoefte berekend;
- het is mogelijk de krachtvoergift per dag met een bepaald percentage te laten afwijken van de krachtvoergift die het KOEMODEL berekent om de genetisch potentiële melkproduktie te kunnen produceren. De krachtvoeropname is echter te allen tijde gelimiteerd door de structureis. In paragraaf 2.3.2 is reeds aangegeven dat de structuurwaarde-eis geen harde eis, maar een veiligheidsmarge inhoudt. Hier wordt echter niet van de "eis" afgeweken.

- bij een energietekort kan een deel van het tekort worden gecompenseerd door mobilisatie van lichaamsreserves. Deze mobilisatie is afhankelijk van de mate van het energietekort, de omvang van de lichaamsreserves en het lactatiestadium. De mobilisatie wordt berekend met de rekenregels van Hijink et al. (1987) en komt dus overeen met het KOEMODEL;
- bij een energie-opname waarbij de energiebalans (opname minus behoefte voor genetisch potentiële produktie) groter dan nul is, wordt van iedere kVEM die extra opgenomen wordt, een steeds kleiner deel voor de melkproduktie benut. De norm is echter geen vast gegeven en varieert met de melkproduktie. Daarom wordt hier en volgend met norm bedoeld: de hoogte van de energie-opname die geen verandering van het lichaamsgewicht tot gevolg heeft (evenwichtsvoeding). Ook volgens het KOEMODEL (Hijink et al., 1987) wordt van iedere kVEM die extra opgenomen wordt, een steeds kleiner deel voor de melkproduktie benut. Bij het KOEMODEL wordt echter van de eerste kVEM die boven de norm gevoerd wordt, slechts 50% voor melkproduktie benut. De overgang van normvoeding, waarbij 100% van de energie boven onderhoud voor melkproduktie wordt benut, naar boven de norm voeren, waarbij maximaal 50% voor melkproduktie wordt benut, is dus in het KOEMODEL zeer abrupt. De maximale melkproduktie die in het KOEMODEL mogelijk is, ligt 25% boven de genetisch potentiële melkproduktie. Dit geldt alleen tijdens de eerste lactatieweek. Deze maximale melkproduktiestijging neemt lineair af van 25% in de eerste week tot 0% aan het eind van de lactatie. Volgens het KOEMODEL heeft voeding boven de norm dus nauwelijks zin in de tweede helft van de lactatie. In het aangepaste KOEMODEL is de overgang van normvoeding naar boven de norm voeren minder abrupt. Daarnaast is een toename van de melkproduktie tot boven de potentiële melkproduktie, gedurende de gehele lactatie mogelijk. Zoals aan het eind van paragraaf 2.4.2.1.1 is aangenomen op basis van de literatuur, bedraagt de theoretisch maximale melkproduktie op iedere lactatiedag 125% van de genetisch potentiële melkproduktie. Het absolute niveau neemt echter wel fors af gedurende de lactatie. In de volgende alinea wordt aangegeven hoe deze relatie in het model is ingebouwd.

Voor het berekenen van het effect van een extra energie-opname boven de norm is gebruik gemaakt van de bijzondere vorm van de complementair hyperbolische of Michaelis-Menten-functie. Deze ziet er als volgt uit:

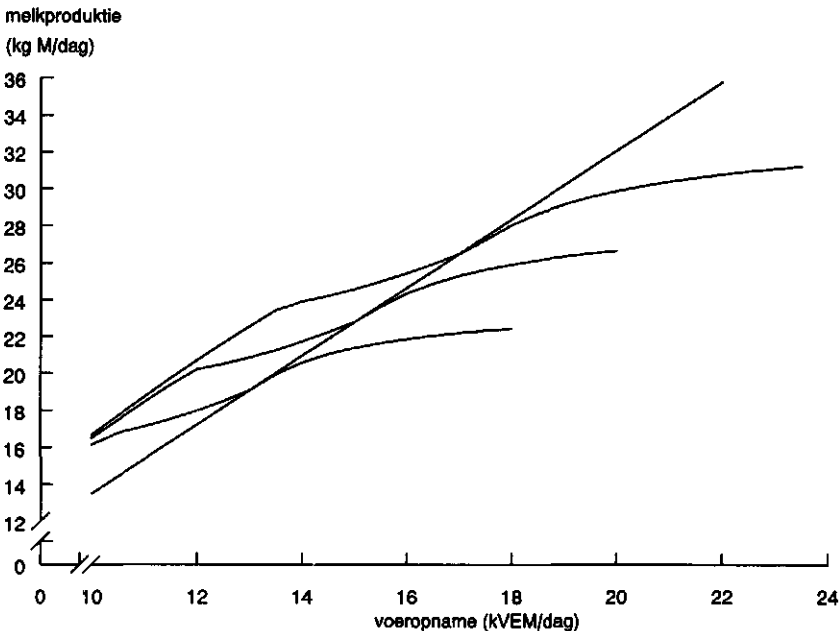
$f(x) = (a * X) / (a + X)$, waarbij:

X = energie boven de normbehoefte, als percentage van de energie boven onderhoud voor de normproduktie;

$f(x)$ = de extra energie die voor een extra melkproduktie kan worden benut, als percentage van de normenergiebehoefte boven onderhoud (dit is het percentage waarmee de melkproduktie maximaal boven de normproduktie uit kan stijgen).

Het bijzondere van de Michaelis-Menten-functie is, dat $f(x)$ limiteert naar de constante waarde a en dat bij $X = a$, $f(x) = 0,5 * a$. In het voermodel is voor de constante waarde $a=25$ ingevuld. Dit houdt in dat de melkproduktie op een bepaalde dag nooit hoger kan zijn dan 1,25 maal de berekende normproduktie voor die dag.

Figuur 2.15 illustreert hoe het effect van boven en onder de norm voeren in het aangepaste KOEMODEL is ingebouwd. In deze figuur is de melkproduktie per koe per dag, bij drie verschillende potentiële melkprodukties (afhankelijk van genetisch niveau en lactatiestadium) en bij een variërende energie-opname weergegeven. De nagenoeg rechte lijn geeft de relatie tussen de melkproduktie en de voedernorm.



Figuur 2.15 De melkproduktie per dag van 3 koeien met een verschillende potentie voor melkproduktie bij een toenemende energie-opname, berekend met het aangepaste KOEMODEL (zie tekst)

Zoals hierboven vermeld is, wordt het effect van onder de norm voeren berekend volgens het KOEMODEL. Naarmate meer onder de norm gevoerd wordt (links van het snijpunt), wordt een steeds groter gedeelte

van het energietekort uit lichaamsreserves aangevuld. Bij een nog groter energietekort wordt de maximale mobilisatie bereikt. De koe is dan niet meer in staat om de mobilisatie uit lichaamsreserves toe te laten nemen bij een toenemend energietekort, waardoor de melkproductie fors daalt. Dit wordt weergegeven door de knik in de lijn. In de figuur wordt de mobilisatie uit lichaamsreserves weergegeven als de ruimte boven de rechte lijn en onder de kromme lijnen. Bij het onder de norm voeren neemt de koe tijdens de lactatie in gewicht af. Dit lagere gewicht wordt in de droogstand gecompenseerd door een extra ruwvoeropname, zodat het eindgewicht gelijk is aan het begingewicht.

Bij het boven de norm voeren wordt de hierboven beschreven Michaelis-Menten-functie gehanteerd. Naarmate meer boven de norm wordt gevoerd, wordt een groter deel van de extra energie voor de vorming van lichaamsvetten gebruikt. Dit wordt in de figuur weergegeven door de ruimte onder de rechte lijn en boven de kromme lijnen. Bij het boven de norm voeren neemt de koe dus tijdens de lactatie in gewicht toe. Bij de varianten, waarbij getracht wordt de koe tweemaal de krachtvoergiftnorm te voeren (dit lukt alleen tijdens de tweede helft van de lactatie als gevolg van de structureis), neemt een koe gemiddeld tijdens de lactatie 40 kg in gewicht toe. Tijdens de droogstand wordt zo gevoerd, dat het gewicht niet nog meer toeneemt. In dit onderzoek wordt, zoals in paragraaf 2.4.2.1.1 reeds genoemd, geen positief effect van deze extra lichaamsreserve aangenomen, omdat gesteld is dat melkproductie uit lichaamsvet minder efficiënt verloopt, zwaardere koeien meer onderhoudsvoer nodig hebben, en getwijfeld wordt aan de geldigheid van een vaste verteringscoëfficiënt.

Voor het opstellen van rekenregels die het effect van een wijziging van de krachtvoergift op jaarbasis weergeven, is het aangepaste KOEMODEL enkele honderden malen gedraaid voor een gemiddelde veestapel, waarbij de hoogte van een aantal variabelen is gevarieerd. Gevarieerd zijn die variabelen die onder normale omstandigheden (geen ziekte) de hoogte van de melkproductie het meest bepalen. Zoals reeds bij de uitleg van het aangepaste KOEMODEL is aangegeven, is een gemiddelde veestapel gedefinieerd als een veestapel met een gemiddeld afkalpatroon gerelateerd aan cijfers aangaande de spreiding van inseminaties uit "Jaarstatistiek van het NRS". Tevens is aangenomen dat een gemiddelde veestapel bestaat uit 22% vaarzen, 18% tweede-kalfskoeien en 60% oudere koeien (Hijink et al., 1987).

Bij het draaien van het aangepaste KOEMODEL zijn de volgende variabelen gevarieerd:

- het genetische niveau, gedefinieerd als de potentiële melkproductie per jaar, indien normvoeding wordt toegepast, variërend van 5.000 tot en met 9.000 kg FPCM met stapjes van 500. Uit het LEI-boekhoudnet 1991/92 blijkt dat slechts 7,5% van de sterk gespecialiseerde melkveebedrijven buiten deze range valt;

- de krachtvoergift, als percentage van wat nodig is voor normvoeding, variërend van 40 tot 200% met stapjes van 20%. De krachtvoergift is echter wel gelimiteerd aan de structureis. Een verhoging van de krachtvoergift in de top van de lactatie is dus nauwelijks mogelijk. Uit het LEI-boekhoudnet 1988/89 blijkt dat de variatie van de krachtvoergift per koe ten opzichte van de norm erg groot is. Zo heeft 8,5% van de gespecialiseerde melkveebedrijven een krachtvoergift die kleiner is dan 80% of groter is dan 180% van de norm, met uitschieters naar beneden 40% en boven 200%. Er is voor gekozen om het KOEMODEL deze hele range te laten doorrekenen. Met behulp van de uiteindelijk op te stellen rekenregels is het dan ook mogelijk om deze extreme krachtvoergiften door te rekenen.
- bijvoeding van snijmais in de zomer variërend van 0, 2, 4, en 6 kg ds per dag. Er is vanuit gegaan dat snijmais 900 VEM/kg ds bevat;
- kwaliteit winter ruwvoer variërend van 800, 825, 850, 875 en 900 VEM/kg ds;
- kwaliteit gras, als gevolg van een variërende N-gift (100, 200, 300 en 400 kg N). De gemiddelde graskwaliteit bedroeg achtereenvolgens 900, 925, 940 en 950 VEM/kg ds.

De uitkomsten van het aangepaste KOEMODEL zijn onder andere de jaartotalen van de melkproductie (kilogram FPCM), de krachtvoergift (kVEM) en de ruwvoeropname inclusief gras (kVEM).

Vervolgens zijn regressie-vergelijkingen geschat met als afhankelijke variabele respectievelijk de melkproductie per koe en de ruwvoeropname per koe. Als onafhankelijke variabelen zijn in beide regressievergelijkingen de variabelen opgenomen die bij het draaien van het aangepaste KOEMODEL gevarieerd zijn. Er zijn tevens interactietermen en kwadratische termen opgenomen. Voor de krachtvoergift is zelfs een derde-machtsterm opgenomen. Dit is nodig omdat het marginale effect van krachtvoer op de melkproductie veel lager is, indien boven de norm gevoerd wordt dan indien onder de norm gevoerd wordt. De resultaten van de regressie-analyse zijn weergegeven in de formules I en II. De R^2_{adj} van beide formules bedragen ruim 99,99%. Bij de formules wordt uitgegaan van ad lib. verstrekking van ruwvoer.

$$\begin{aligned}
 \text{FPCM} = & 1.595 - 1.223,1 * \text{NM} - 74,093 * \text{NM}^2 + 4.920,3 * \text{KV} - 354,56 * \text{KV}^2 - 47,42 * \text{KV}^3 \\
 & + 194,96 * \text{NM} * \text{KV} + 34,75 * \text{NM} * \text{KV}^2 + 2.737 * \text{QRUWV} - 1.964 * \text{QRUWV}^2 \\
 & - 4.103 * \text{QGRAS} + 1.003 * \text{QGRAS}^2 + 1.194,7 * \text{NM} * \text{QRUWV} + 1.562,5 * \text{NM} * \text{QGRAS} \\
 & - 2.599,4 * \text{KV} * \text{QRUWV} - 2.512,6 * \text{KV} * \text{QGRAS} + 277,8 * \text{MAIS} - 1,6785 * \text{MAIS}^2 \\
 & + 15,964 * \text{NM} * \text{MAIS} - 16,436 * \text{KV} * \text{MAIS} - 355,9 * \text{QGRAS} * \text{MAIS} \quad \text{I}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{RV} = & 5.140 - 61,66 * \text{NM} + 2,6861 * \text{NM}^2 + 196,8 * \text{KV} - 29,92 * \text{KV}^2 + 4,995 * \text{KV}^3 \\
 & + 1.589 * \text{NM} * \text{KV} - 0,938 * \text{NM} * \text{KV}^2 - 621 * \text{QRUWV} + 1331,1 * \text{QRUWV}^2 - 9.249 * \text{QGRAS} \\
 & + 6.126 * \text{QGRAS}^2 + 212,3 * \text{NM} * \text{QRUWV} + 173,45 * \text{NM} * \text{QGRAS} - 534,8 * \text{KV} * \text{QRUWV} \\
 & - 55,0 * \text{KV} * \text{QGRAS} + 161,52 * \text{MAIS} + 0,4492 * \text{MAIS}^2 + 7,0072 * \text{NM} * \text{MAIS} \\
 & - 2,2041 * \text{KV} * \text{MAIS} - 214,19 * \text{QGRAS} * \text{MAIS} \quad \text{II}
 \end{aligned}$$

waarin:

- FPCM = werkelijke melkproductie per koe per jaar (gecorrigeerd voor vet- en eiwitpercentage);
 RV = ruwvoeropname per koe per jaar (kVEM), inclusief gras;
 QRUVV = kwaliteit winter ruwvoer (kVEM/kg ds);
 QGRAS = gemiddelde graskwaliteit (kVEM/kg ds);
 MAIS = bijvoeding van mais gedurende de zomer (kg ds per dag);
 KV = krachtvoergifft per koe per jaar (1.000 kVEM);
 NM = potentiële melkproductie per koe per jaar (1.000 kg FPCM) indien op de norm gevoerd zou zijn);

Tabel 2.20 is berekend met de formules I en II en geeft het effect weer van een toename van de krachtvoergifft op de ruwvoeropname en de melkproductie per koe. Er is daarbij uitgegaan van een koe met een

Tabel 2.20 Het effect van de hoogte van de krachtvoergifft op de ruwvoeropname en de melkproductie per koe per jaar, bij een ruwwoerkwaliteit van 850 VEM/kg ds en een potentiële melkproductie van 7.000 kg fpcm)

Krachtvoer (kVEM/koe)	Ruwvoer (kVEM/koe)	Tot.voer (kVEM/koe)	Melkproductie (kg fpcm/koe)	Marginale produktiviteit (kg fpcm/kVEM)
1.000	4.102	5.102	6.346	
1.100	4.066	5.166	6.476	2,2
1.200	4.030	5.230	6.601	1,95
1.300	3.993	5.293	6.719	1,88
1.400	3.956	5.356	6.832	1,79
1.500	3.919	5.419	6.939	1,70
1.600	3.881	5.481	7.039	1,61
1.700	3.844	5.544	7.133	1,50
1.800	3.806	5.606	7.219	1,39
1.900	3.767	5.667	7.298	1,28
2.000	3.729	5.729	7.369	1,16
2.100	3.690	5.790	7.433	1,03
2.200	3.652	5.852	7.488	0,90
2.300	3.613	5.913	7.535	0,76
2.400	3.574	5.974	7.573	0,62
2.500	3.535	6.035	7.601	0,47

850 kVEM per kg ds en een gemiddelde graskwaliteit van 950 kVEM/kg ds. Duidelijk is dat naarmate het voerniveau hoger is, de stijging van de melkproductie kleiner wordt.

De figuren 2.16 tot en met 2.19 zijn berekend met de formules I en II. Figuur 2.16 en 2.17 geven het effect van een variërende krachtvoergift op de melkproductie en de ruwvoeropname per koe, bij twee ruwvoerkwaliteiten en drie potentiële melkproducties (6.500, 7.000 en 7.500 kg fpcm). Uit de figuren blijkt dat een koe met een hoog genetisch niveau in staat is een bepaalde hoeveelheid melk met een lagere krachtvoer/ruwvoer-verhouding in het rantsoen te produceren dan een koe met een laag genetisch niveau. Figuur 2.18 en 2.19 geven het effect van een variërende ruwvoerkwaliteit op de melkproductie en de ruwvoeropname per koe, bij twee krachtvoerniveaus (1.500 en 1.700 kVEM) en twee potentiële melkproducties (6.500 en 7.500 kg fpcm).

De formules I en II kunnen dienen als rekenregels ter bepaling van het effect van de hoogte van de krachtvoergift op de melkproductie en de ruwvoeropname per koe. Het probleem bij het gebruiken van deze formules is, dat de genetisch potentiële melkproductie, dat wil zeggen de melkproductie indien zoveel mogelijk op norm gevoerd wordt (NM), onbekend is. Indien de krachtvoergift en de ruwvoerkwaliteit bekend zijn, dan is de genetisch potentiële melkproductie te berekenen volgens de onderstaande methode.

Stel, op een bedrijf is de werkelijke melkproductie 7.369 kg fpcm per koe (FPCM=7.369). De ruwvoerkwaliteit is gemiddeld en er wordt geen mais gevoerd (QGRAS=0,95, QRUVV=0,85, MAIS=0). Er wordt per koe 2.000 kVEM krachtvoer gevoerd (KV=2). Dit is exclusief krachtvoer voor jongvee en overig vee. De veehouder wil weten wat het effect is van een verandering van de krachtvoergift, op zowel de melkproductie per koe, als op het ruwvoerconsumptie per koe. Allereerst dient de genetisch potentiële melkproductie per koe (NM) berekend te worden. Dit is de enige onbekende variabele in formule I. Deze formule is nu te herschrijven tot een tweede-gradspolynoom met als onbekende de genetisch potentiële melkproductie (NM).

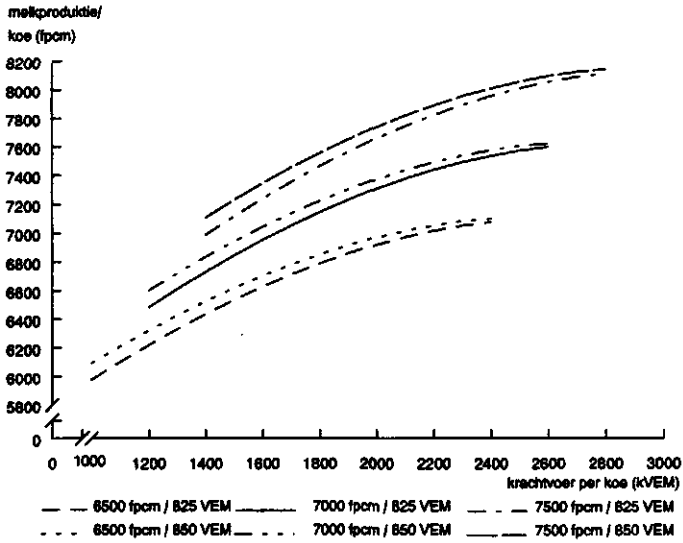
$$a \cdot NM^2 + b \cdot NM + c$$

De genetisch potentiële melkproductie (NM) is nu als volgt te berekenen met behulp van de wortel formule:

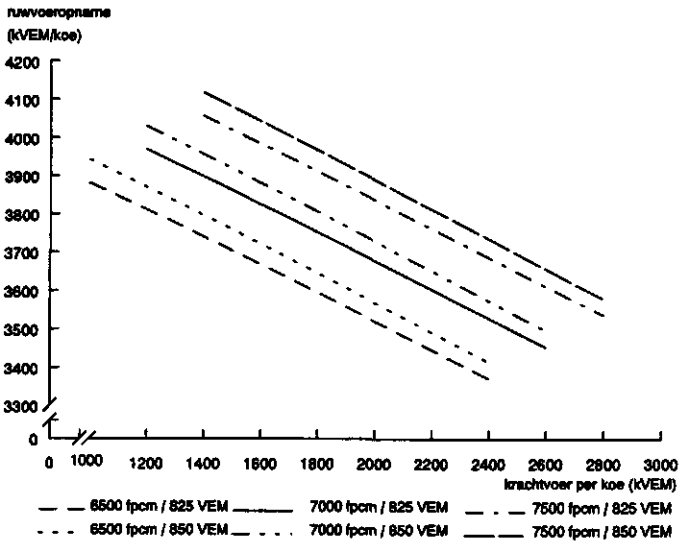
$$NM = \frac{-b + \sqrt{(b^2 - 4 \cdot a \cdot c)}}{2 \cdot a}$$

waarin:

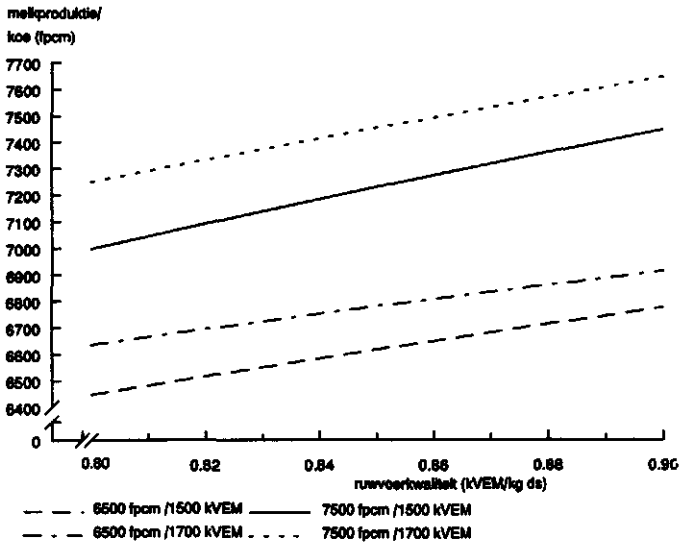
$$\begin{aligned} a &= -74,093 \\ b &= -1.223,1 + 194,96 \cdot KV + 34,75 \cdot KV^2 + 1.194,7 \cdot QRUVV + 1.562,5 \cdot QGRAS = 1.805,69 \\ c &= 1.595 + 4.920,3 \cdot KV - 354,56 \cdot KV^2 - 47,42 \cdot KV^3 - 2.599,4 \cdot KV \cdot QRUVV \\ &\quad - 2.512,6 \cdot KV \cdot QGRAS + 2.737 \cdot QRUVV - 1.964 \cdot QRUVV^2 - 4.103 \cdot QGRAS \\ &\quad + 1.003 \cdot QGRAS^2 - FPCM \\ &= -9.009,27 \\ NM &= 7 \end{aligned}$$



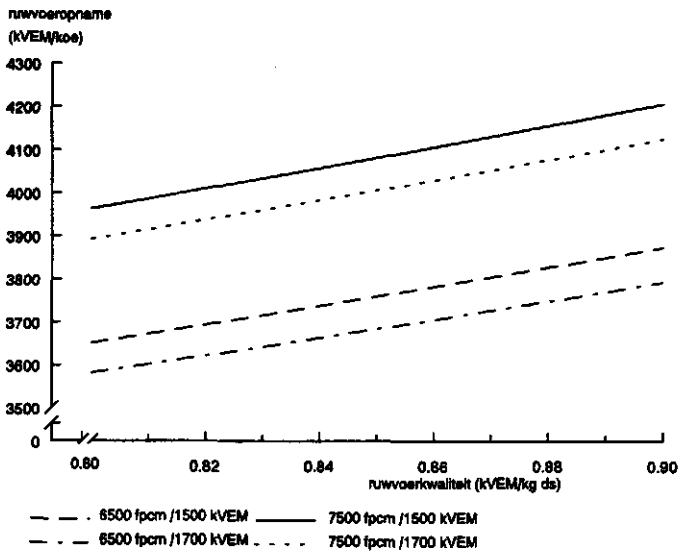
Figuur 2.16 Het effect van de krachtvoergift op de melkproductie (fpcm), bij 2 ruwvoer-kwaliteiten (825, 850 VEM) en 3 potentiële melkproducties (6.500, 7.000 en 7.500 kg fpcm)



Figuur 2.17 Het effect van de krachtvoergift op de ruwvoeropname (kVEM), bij 2 ruwvoer-kwaliteiten (825, 850 VEM) en 3 potentiële melkproducties (6.500, 7.000 en 7.500 kg fpcm)



Figuur 2.18 Het effect van de ruwvoerwaliteit op de melkproductie (fpcm), bij 2 krachtvoergiften (1.500, 1.700 kVEM) en 2 potentiële melkproducties (6.500 en 7.500 kg fpcm)



Figuur 2.19 Het effect van de ruwvoerwaliteit op de ruwvoeropname (kVEM), bij 2 krachtvoergiften (1.500, 1.700 kVEM) en 2 potentiële melkproducties (6.500 en 7.500 kg fpcm)

Omdat de bijvoeding van mais in de zomer op nul gesteld is, is het deel van formule I met de variabele MAIS weggelaten. De genetisch potentiële melkproductie per koe bedraagt dus 7.000 kg fpcm. Vervolgens kan met behulp van de formules I en II het effect van een verhoging of verlaging van de krachtvoergift op de ruwvoeropname en de melkproductie per koe worden berekend. Als antwoord op de vraag van de veehouder wat het effect is van een verandering van de krachtvoergift op zowel de melkproductie per koe (fpcm) als op het ruwvoerconsumptie per koe, kan tabel 2.20 worden getoond.

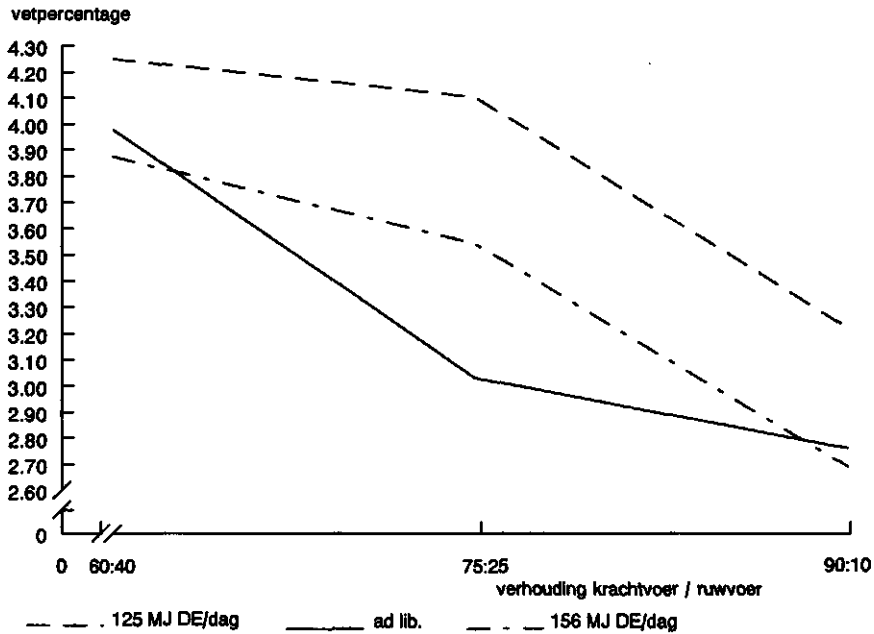
De formules I en II kunnen dienen voor het berekenen van het effect van een verhoging of verlaging van de krachtvoergift per koe op de melkproductie en de ruwvoeropname per koe, zoals hierboven is aangetoond. Er dient echter wel een aantal kanttekeningen geplaatst te worden, zoals:

- het is niet altijd bekend welk deel van de krachtvoeraankopen aan het overig vee (niet melkkoeien) wordt gevoerd. Dit zou normatief berekend kunnen worden;
- er zijn bedrijven die met de aankoop van structuurarm ruwvoer of met de teelt van eigen krachtvoer (voederbieten, MKS, CCM) een lage krachtvoergift per koe realiseren. De krachtvoergift in de formule zou hiervoor gecorrigeerd moeten worden;
- de ruwvoer kwaliteit is niet altijd bekend. Eventueel kan van een gemiddelde kwaliteit worden uitgegaan (zie discussie);
- er wordt in de formule uitgegaan van ad lib. ruwvoer verstrekking;
- de formules houden er geen rekening mee dat, indien een koe aan het eind van de lactatie zwaarder is dan aan het begin, dit gevolgen kan hebben voor een volgende lactatie.

2.4.2.2 Het effect op het vetgehalte

Zoals in paragraaf 2.3.2 reeds is behandeld, leidt het voeren van krachtvoer tot een verschuiving van de fermentatieproducten. Er wordt bij een stijgende krachtvoergift minder azijnzuur en meer propionzuur geproduceerd. Zoals in paragraaf 2.2.4 bleek, is azijnzuur een precursor voor de productie van vet in de melk. Het is dan ook te verwachten dat bij een stijgend aandeel krachtvoer in het rantsoen, het vetgehalte in de melk daalt. Dit blijkt met name uit figuur 2.20, die afkomstig is van Oldham (1979). De figuur toont een dalend vetgehalte bij een toename van de krachtvoer/ruwvoer-verhouding in het rantsoen bij verschillende energieopnames.

Ook tabel 2.21 toont het effect van de krachtvoer/ruwvoer-verhouding in het rantsoen en het effect van twee typen krachtvoer op het melkvetgehalte. Vooral bij het zetmeelrijke krachtvoer leidt een hoge krachtvoergift tot een zeer laag vetgehalte.



Figuur 2.20 Het effect van de krachtvoer/ruwvoer-verhouding in het rantsoen op het melkvetgehalte

Bron: Oldham (1979).

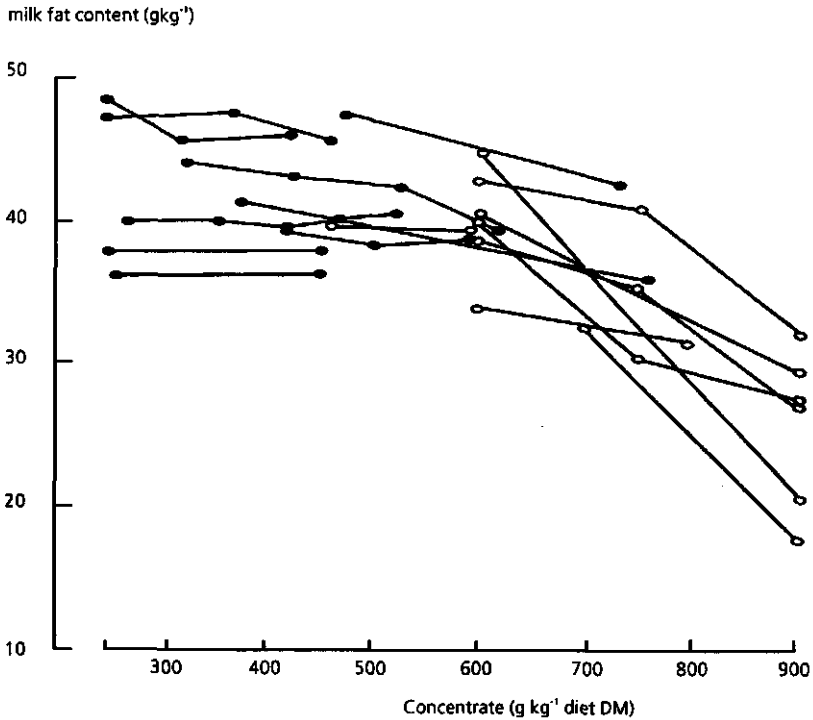
Tabel 2.21 Het effect van het aandeel krachtvoer in het rantsoen en de koolhydraatsamenstelling van het krachtvoer op de melkgift en de samenstelling van de melk

Aandeel krachtvoer in rantsoen (gr./kg)	Type ruwvoer	Type krachtvoer	Melkgift (kg/dag)	Vetgehalte (%/kg)	Vetproductie (gr./dag)
800	hooi	zetmeelrijk	32,0	2,26	730
		vezelrijk	25,5	3,62	910
600	hooi	zetmeelrijk	26,3	4,15	1.090
		vezelrijk	26,5	4,29	1.120
640	kuil	zetmeelrijk	29,1	3,83	1.110
		vezelrijk a)	30,1	3,93	1.177
430	kuil	zetmeelrijk	24,6	4,63	697
		vezelrijk a)	26,7	4,05	727
370	kuil	zetmeelrijk	19,9	4,18	800
		vezelrijk b)	18,6	4,04	752

a) Vezelrijk krachtvoer bevatte tevens toegevoegd vet; b) Het krachtvoer bevatte 360 g melasse ds/kg ds.

Bron: Thomas et al. (1988).

Van Thomas et al. (1988) is ook figuur 2.21, die het effect van een variërend aandeel krachtvoer in het rantsoen op het vetgehalte weergeeft. De data in de figuur zijn afkomstig uit diverse bronnen.



Figuur 2.21 Het effect van het aandeel krachtvoer in het rantsoen op het vetgehalte van de melk

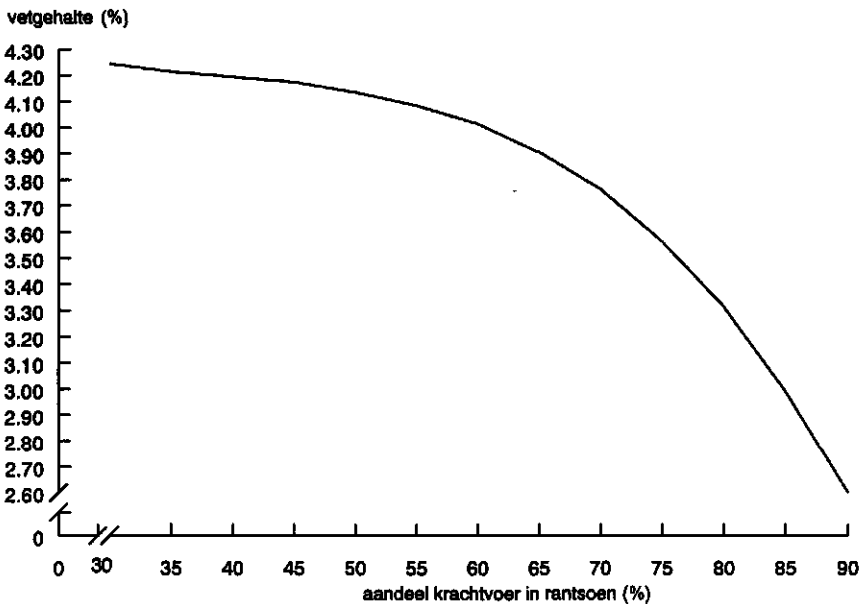
Bron: Thomas et al. (1988).

Op basis van de data in figuur 2.21 van Thomas et al. (1988) is regressie-analyse uitgevoerd met het melkvetgehalte als afhankelijke variabele (y) en het percentage krachtvoer in het rantsoen (x) als verklarende variabele. Het resultaat is formule III met een R² 66,8%. De formule is alleen te gebruiken bij een aandeel krachtvoer tussen 30 en 90%.

$$y = 5,024 - 0,05442 * x + 0,001265 * x^2 - 0,00001066 * x^3 \quad R^2 \text{ 66,8\%} \quad \text{III}$$

Figuur 2.22 geeft het verloop van het vetgehalte bij een stijgend aandeel krachtvoer in het rantsoen volgens formule III. Uiteraard is het vetgehalte van de melk mede afhankelijk van andere zaken, als nutriëntensamenstelling van de voedermiddelen en de erfelijke aanleg van het vee. Dat verklaart de vrij lage R² van 66,8%. De formule zal daarom het absolu-

te niveau van het vetgehalte in individuele gevallen slecht schatten. Hij is echter wel goed te gebruiken voor het doorrekenen van het effect van een verhoging of verlaging van de krachtvoergift op het vetgehalte. Formule III zal dan ook een van de uitgangspunten vormen bij de berekeningen in hoofdstuk 3. Uit de figuur blijkt dat tot 55% een stijging van het aandeel krachtvoer in het rantsoen met 10% leidt tot een daling van het vetgehalte met slechts 0,06%. Bij een verdere stijging wordt de daling van het vetgehalte steeds sterker. Zoals uit tabel 2.21 bleek, en nog zal blijken uit paragraaf 2.4.3, is niet alleen de hoogte van de krachtvoergift, maar ook de samenstelling van het krachtvoer zeer belangrijk voor de hoogte van het vetgehalte. In paragraaf 2.4.4 en 2.4.5 zal blijken dat ook de frequentie van de krachtvoerverstrekking en het al of niet gemengd verstrekken van krachtvoer en ruwvoer effect heeft op de hoogte van het melkvetgehalte. Figuur 2.24 en tabel 2.41 vatten al deze effecten samen en geven de uitgangspunten voor de berekeningen in hoofdstuk 3.



Figuur 2.22 Het effect van het aandeel krachtvoer in het rantsoen op het vetgehalte van de melk volgens formule III (bepaald door middel van regressie-analyse op de data in figuur 2.21)

2.4.2.3 Het effect op het eiwitgehalte

Zoals uit paragraaf 2.3.4.2 bleek, is de hoeveelheid fermenteerbare energie in de pens van invloed op de synthese van microbiëel eiwit. Onder Nederlandse omstandigheden is dit vaak zelfs de limiterende factor voor

de synthese van microbiëel eiwit. Naarmate de krachtvoergift toeneemt, neemt de hoeveelheid fermenteerbare koolhydraten toe. Er mag dus ook een toename van de hoeveelheid microbiëel eiwit verwacht worden. Uit het onderzoek van Dijkstra et al. (1963 en 1969) blijkt inderdaad dat naarmate de krachtvoergift hoger is, het percentage vetvrije droge stof hoger is. Vetvrije droge stof bestaat voornamelijk uit eiwit en lactose.

Door Boxem (1990) worden twee proeven beschreven, waarbij getracht werd de ruwvoeropname per koe te laten stijgen door de krachtvoergift te verlagen. Uit tabel 2.22 blijkt dat bij de proef op Zegveld, de ruwvoeropname steeg met 0,50 kg ds per kg ds minder krachtvoer. In totaal werd 3,1 kVEM minder opgenomen. De melkproductie was daardoor 3,3 kg meetmelk lager. Op de Waiboerhoeve steeg de ruwvoeropname met 0,42 kg ds per kilogram krachtvoerdaling. De totale energie-opname daalde met 1,7 kVEM. De melk productie was daardoor 1,9 kg meetmelk lager. Bij beide proeven is het eiwitgehalte, als gevolg van de lagere krachtvoer/ruwvoer-verhouding, gedaald met 0,11%.

Tabel 2.22 Gemiddelde voeropname (kilogram per koe per dag) en produktiegegevens bij twee niveaus van krachtvoertoediening

Niveau	Zegveld		Waiboerhoeve	
	normaal	verlaagd	normaal	verlaagd
Droge stof uit krachtvoer	10,3	5,6	6,7	4,1
Droge stof uit ruwvoer a)	9,2	11,6	13,0	14,1
Aandeel krachtvoer (%)	52,8	32,5	34,0	22,5
kVEM	18,1	15,0	18,6	16,9
Melk met 4% vet (kg)	32,6	29,3	29,0	27,1
Eiwit (%)	3,15	3,04	3,52	3,41

a) Zegveld: graskuil, Waiboerhoeve: graskuil en snijmais.

Bron: Boxem (1990).

Ook uit de literatuurstudie van Thomas et al. (1988) blijkt dat naarmate de krachtvoer/ruwvoer-verhouding in het rantsoen toeneemt, het eiwitgehalte hoger is (zie tabel 2.23). Op basis van tabel 2.23 is regressie-analyse uitgevoerd, met als afhankelijke variabele het eiwitgehalte in de melk en als onafhankelijke variabele het aandeel krachtvoer in het rantsoen (% op ds basis). Tevens is voor iedere verschillende literatuurverwijzing een dummy-variabele in de vergelijking opgenomen. Deze dummy-variabelen corrigeren onder andere voor het verschil in genetisch niveau en krachtvoersamenstelling bij de diverse bronnen. Als gevolg van het vrij grote aantal dummy's is het aantal vrijheidsgraden slechts 7. Desondanks is de coëfficiënt behorend bij het percentage krachtvoer in het rantsoen significant (t-waarde = 4.78). De coëfficiënt bedraagt 0,00509 bij een R² van

94%. Dit wil zeggen, dat indien het aandeel krachtvoer in het rantsoen met 10% stijgt, het eiwitgehalte in de melk met 0,0509 stijgt.

Tabel 2.23 Het effect van het aandeel krachtvoer in het rantsoen op melkgift en eiwitgehalte van de melk

Aandeel krachtvoer in rantsoen (gr./kg)	Meopname (MJ/dag)	Melkgift (kg/dag)	Eiwitgehalte (%/kg)	Eiwitproductie (gr./dag)		
A	470	143	13,1	2,93	378	
	470 a)	142	14,6	2,96	431	
B	470	129	10,0	3,14	307	
	730	127	11,9	3,22	378	
C	400	145	15,4	3,32	508	
	880 b)	143	16,7	3,47	579	
D	400	144	16,5	3,42	562	
	880 b)	140	16,8	3,50	585	
E	c)	530	129	16,3	2,94	475
	740 b)	131	17,0	3,12	524	
F	c)	620	156	17,9	3,07	545
	780 b)	157	18,5	3,25	593	
G	c)	0	- d)	13,7	3,37	461
	200	-	16,2	3,50	567	
	400	-	16,6	3,68	610	
	630	-	16,3	3,83	624	

a) Krachtvoer met 450 gr./kg geplette mais; b) Krachtvoer met extra geplette mais in vergelijking met de lage krachtvoergift; c) Ruwvoer bestond uit hooi; alle andere uit graskuil; d) Niet beschikbaar.

Bron: Thomas et al. (1988)

Naar: Chalmers (1979) (A, B, C, D, E en F) en Bartsch et al. (1979) (G).

Voor de berekeningen in hoofdstuk 3 wordt aangenomen dat een verhoging van het aandeel krachtvoer in het rantsoen met 10% een verhoging van het eiwitgehalte van 0,05% tot gevolg heeft. Dit komt nagenoeg overeen met de gegevens in tabel 2.22. Op Zegveld daalde het aandeel krachtvoer in het rantsoen met 20% en daalde het eiwitgehalte in de melk met 0,10%. Bij de proef op de Waiboerhoeve daalde het eiwitgehalte met 0,11% bij een verlaging van het aandeel krachtvoer met 13%. Ook in tabel 2.24 is een duidelijk positief effect van de hoogte van de krachtvoergift op het eiwitgehalte van de melk waarneembaar. In deze tabel is het effect van een stijging van het aandeel krachtvoer in het rantsoen bijna twee keer zo groot als de aangenomen 0,05% bij een stijging van het aandeel krachtvoer met 10%. Omdat de studie van Thomas et al. (1988) een veel groter aantal bronnen omvat, wordt in het vervolg uitgegaan van een stijging van het eiwitgehalte met 0,05% bij een stijging van het aandeel krachtvoer in het rantsoen met 10%.

Tabel 2.24 Effect van de hoogte van de krachtvoergift op de melkproductie in de eerste 21 weken van de lactatie

Krachtvoergift (kg ds/dag)	2,2	4,7	7,6
Kuilvoer (kg ds/dag)	10,3	9,2	6,9
Aandeel krachtvoer (%)	17,6	33,8	52,4
Melkproductie (kg/dag)	15,9	18,0	20,8
Vet (%)	3,61	3,80	3,61
Eiwit (%)	2,82	3,03	3,21
Verandering lichaamsgewicht (kg/dag)	-0,26	-0,07	+0,17

Bron: Leaver (1988).

2.4.3 Wijziging van de samenstelling van het krachtvoer

In een aantal subparagrafen wordt het effect van krachtvoersoorten met een afwijkende samenstelling op het vet- en eiwitgehalte behandeld. Achtereenvolgens zijn dit krachtvoer met een verhoogd vetgehalte, krachtvoer met langzaam afbreekbaar zetmeel, eiwitrijk krachtvoer en krachtvoer met bestendig eiwit.

2.4.3.1 Vetrijk krachtvoer

Hoogproductieve melkkoeien verkeren in het begin van de lactatie in een negatieve energiebalans. Omdat vet bijna driemaal zoveel energie bevat als koolhydraten, lijkt het toevoegen van vet aan krachtvoer zeer gunstig. Boxem (1988) beschrijft een driejaarlijkse proef, waarbij standaardkrachtvoer met 940 VEM per kilogram en 3,5% vet wordt vergeleken met vetrijk krachtvoer met 1.050 VEM per kilogram en 7% vet. De resultaten van deze proeven staan vermeld in tabel 2.25.

Tabel 2.25 Effect van vetrijk krachtvoer op ruwvoeropname en melkproductie en samenstelling van de melk

	Gelijke krachtvoergift		Gelijke VEM-gift uit krachtvoer	
	A	B	A	B
Ruwvoer (kg ds)	8,9	8,4	8,9	9,5
Krachtvoer (kg ds)	10,5	10,5	11,0	10,0
Totaal opname (kg ds)	19,4	18,9	19,9	19,5
kVEM	18,9	19,7	19,3	20,0
g vre	2.715	2.784	2.684	2.769
Melkproductie	29,4	30,2	30,8	31,2
Vet (%)	3,99	4,05	4,02	4,10
Eiwit (%)	3,18	3,11	3,22	3,12

A = standaardkrachtvoer

B = vetrijk krachtvoer

Bron: Boxem (1988).

Bij een gelijke krachtvoergift van 10,5 kg per dag blijkt dat de koeien die het vetrijke krachtvoer kregen, per dag 0,5 kg ds minder ruwvoer opnamen. In paragraaf 2.3.4.3 is reeds uitgelegd dat vet in het rantsoen de pensvertering remt. Ondanks de lagere ruwvoeropname is de totale VEM-en vre-opname hoger bij de dieren die het vetrijke krachtvoer kregen. Als gevolg hiervan was de melkproduktie 0,8 kg hoger en het vetgehalte 0,06% hoger. Het eiwitgehalte was echter 0,07% lager. Dit komt doordat de microbiële eiwitsynthese geremd is, als gevolg van een energietekort voor de micro-organismen.

Vetrijk (energierijk) krachtvoer kan ook gebruikt worden om de krachtvoergift te verlagen. Hierop is de rechterhelft van de tabel gebaseerd, waarin de VEM-gift uit krachtvoer gelijk is gehouden. Van het vetrijke krachtvoer is 1 kg minder gevoerd, met als gevolg een verhoogde ruwvoeropname van 0,6 kg ds. Deze 0,6 kg ds is een indicatie van de verdringing. Door de extra ruwvoeropname, en doordat de VEM-opname via krachtvoer niet exact gelijk was, was de totale VEM-opname 0,6 kVEM hoger. De melkproduktie was 0,4 kg hoger en het vetgehalte 0,08% hoger. Het eiwitgehalte was wederom gedaald (-0,10%).

Uit het voorgaande blijkt dat het voeren van vetrijk krachtvoer een positief effect op het vetgehalte in de melk heeft. Zoals uit tabel 2.5 in paragraaf 2.2.4 al bleek, zijn lange-ketenvetzuren precursors voor de produktie van melkvet. Het is dus niet verwonderlijk dat het vetgehalte in de melk stijgt. Zoals uit paragraaf 2.3.4.3 bleek, vertragen vetten de pensfermentatie en dus ook de microbiële eiwitsynthese. Dit is er de oorzaak van dat het voeren van vetrijk krachtvoer een negatief effect op het eiwitgehalte heeft. Dit effect treedt in toenemende mate op naarmate vetzuren korter en meervoudig onverzadigd zijn (Thomas et al., 1988). Dergelijke vetten kunnen wel beschermd gevoerd worden, via het coaten van vet. Tabel 2.26 geeft het effect van een verhoogd vetgehalte bij een nagenoeg gelijke totale energie-opname. Het vet in deze proef is beschermd, zodat een grote hoeveelheid vet kon worden verstrekt zonder het optreden van een verstoring van de pensfermentatie. Als gevolg van een iets lagere energie-opname bij de vetrijke rantsoenen, is de melkproduktie bij deze rantsoenen iets lager. Omdat in de rantsoenen de energie-opname nagenoeg gelijk is, en de hoeveelheid lipogene nutriënten in de vetrijke rantsoenen hoger is, is de hoeveelheid aminogene en glucogene nutriënten lager geweest bij de vetrijke rantsoenen. Dit heeft tot gevolg dat het gehalte aan vetvrije droge stof (voornamelijk eiwit en lactose) aanzienlijk lager, en het vetgehalte fors hoger was bij de vetrijke rantsoenen.

Uit het voorgaande blijkt dat het voeren van vetrijk krachtvoer aan melkvee onder het huidige quotumsysteem met vetquotering niet aantrekkelijk is. In de proef van Boxem (1988) werd het eiwitgehalte met 0,10% verlaagd en het vetgehalte met 0,08% verhoogd bij 50% krachtvoer in het rantsoen (zie tabel 2.25). Voor de berekeningen in hoofdstuk 3 is op basis van de proef aangenomen dat vetrijk krachtvoer, per procent krachtvoer

in het rantsoen, het vetgehalte verhoogt met 0,0016% en het eiwitgehalte verlaagt met 0,0020%.

Tabel 2.26 *Het effect van beschermd dierlijk vet, gevoerd tijdens de eerste 15 weken van de lactatie*

	Vet in rantsoen		
	0%	6%	12%
Opname ds (kg/dag)	20,7	19,8	17,0
Opname dierlijk vet (kg/dag)	0	1,19	2,04
Netto-energie voor melk (MJ/dag)	160	153	153
Melkproductie (kg/dag)	31,3	30,9	30,0
Vet (%)	3,38	4,28	4,48
Vetvrije ds (%)	9,23	8,91	8,79

Bron: Smith (1988).

2.4.3.2 Krachtvoer met langzaam afbreekbaar zetmeel

Zoals uit paragraaf 2.3.2 bleek, wordt bij rantsoenen met veel suikers en zetmeel relatief veel propionzuur en weinig azijnzuur gevormd. Zoals uit paragraaf 2.2.4 bleek, heeft dit een verlagend effect op het melkvetgehalte. Omdat bij een toename van fermenteerbare koolhydraten de micro-organismen in de pens de beschikking over extra energie krijgen, neemt de eiwitsynthese in de pens toe (zie paragraaf 2.3.4.2). Toename van de hoeveelheid fermenteerbare energie in de vorm van zetmeel en suikers heeft dus een gunstig effect op de verhouding tussen het vet- en eiwitgehalte in de melk. Dit gunstige effect van extra fermenteerbare koolhydraten bleek ook uit paragraaf 2.4.2, waarin bij nagenoeg alle genoemde proeven, een verhoging van de krachtvoergift, een verlaging van het vetgehalte en een verhoging het eiwitgehalte tot gevolg had.

Gezien het gunstige effect van suikers en zetmeel op de verhouding tussen het vet- en eiwitgehalte, lijkt het voeren van krachtvoer met veel suikers en zetmeel gunstig. In paragraaf 2.3.2 is reeds gewezen op de gevaren van het verstrekken van te veel snel afbreekbare koolhydraten, in verband met het optreden van pensverzuring. Door een te snelle pH-daling, kan de totale vertering afnemen, waardoor zelfs een negatief effect op de melkproductie kan worden bereikt. In het verleden zijn proeven met een hoger aandeel zetmeel in het krachtvoer vaak uitgevoerd met zetmeel afkomstig uit granen of uit tapioca. Dit zetmeel is veel sneller afbreekbaar dan maiszetmeel, zoals blijkt uit tabel 2.27. Dit is waarschijnlijk de reden dat Meijs (1986) in een proef met zetmeelrijk krachtvoer (tapioca), slechts een geringe verhoging van het eiwitpercentage (+0,03%) en een lagere melkproductie (1,3 kg per dag) waarnam. Ook Jackson et al. (1991) vonden een lagere melkproductie (-1,7 kg per dag) bij het voeren

van zetmeelrijk krachtvoer. De belangrijkste zetmeelbron in het krachtvoer bestond uit tarwe. In tegenstelling tot de twee bovengenoemde proeven vermeldt tabel 2.23 zelfs bij zeer hoge krachtvoergiften nog geen daling van de melkproductie. Het toegevoegde krachtvoer in deze tabel bevat dan ook een groot deel maiszetmeel.

Tabel 2.27 Gehalte aan zetmeel (gr./kg ds) en bestendigheid van zetmeel

	Zetmeel	Bestendigheid (%) a)
Mais (korrel)	676	42
Maisglutenvoer	403	13
Gerst	561	7
Tarwe	654	8
Tapioca	726	6

a) Bestendigheid, uitgaande van een fractionele passage van 6% per uur
Bron: Subnel en De Visser (1994).

Het mag duidelijk zijn, dat bij het verhogen van het aandeel fermenteerbare koolhydraten in het krachtvoer, langzaam afbreekbaar zetmeel de voorkeur verdient boven oplosbare suikers en snel afbreekbaar zetmeel. Het voordeel van langzaam afbreekbaar zetmeel op het eiwitpercentage in de melk is tweeledig:

- doordat de fermentatie langzamer verloopt, treedt geen sterke pH-daling op, waardoor vertering in de pens en de microbiële eiwitsynthese niet verstoord wordt;
- doordat een groter deel van het zetmeel onafgebroken de pens passeert, heeft de koe de beschikking over meer glucose, zodat de koe minder aminozuren als energiebron zal gebruiken.

Tabel 2.28 en 2.29 geven het effect van het voeren van zetmeelrijk krachtvoer, met langzaam afbreekbaar zetmeel, in vergelijking met het voeren van zetmeelarm krachtvoer. Uit beide onderzoeken blijkt dat het voeren van zetmeelrijk krachtvoer gepaard gaat met een lichte melkproductiestijging. Het vetpercentage daalde met respectievelijk 0,09 en 0,24%, en het eiwitpercentage steeg met respectievelijk 0,12 en 0,08%.

Dat het effect van een hoger zetmeelgehalte in het krachtvoer ook afhangt van de ruwvoer kwaliteit, blijkt uit onderzoek van Bruins (1989 en 1990). Van een zevental proeven bleken er slechts drie een duidelijk positief effect op het eiwitgehalte te bewerkstelligen. Bruins (1990) verklaart dit uit het feit dat het ruwvoer, gewonnen in het zomerseizoen 1989, van extreem goede kwaliteit was.

Tabel 2.28 *Vergelijking van celwandrijk en zetmeelrijk (met langzaam afbreekbaar zetmeel) rantsoen voor nieuwmelkte koeien*

Rantsoen	Celwandrijk	Zetmeelrijk
Ruwvoer (kg ds)	12,2	12,2
Maiszemelen (kg ds)	6,1	-
Krachtvoer (kg ds)	6,0	12,2
Totale ds (kg)	24,3	24,4
Suikers (gr./kg ds)	36	45
Zetmeel (gr./kg ds)	143	231
Best. zetmeel (gr./kg ds)	24	61
KVEM/dag	24,1	24,9
DVE gr./dag	2.551	2.452
Melk (kg)	38,1	38,2
Vet (%)	4,34	4,25
Eiwit (%)	3,41	3,53
Azijnzuur (%)	62	60
Propionzuur (%)	24	25
Boterzuur (%)	12	13

Bron: Subnel et al. (1994).

Tabel 2.29 *Effect van krachtvoer, rijk aan langzaam afbreekbaar zetmeel, op melkproductie en gehalten, bij een vaste verhouding ruwvoerkrachtvoer*

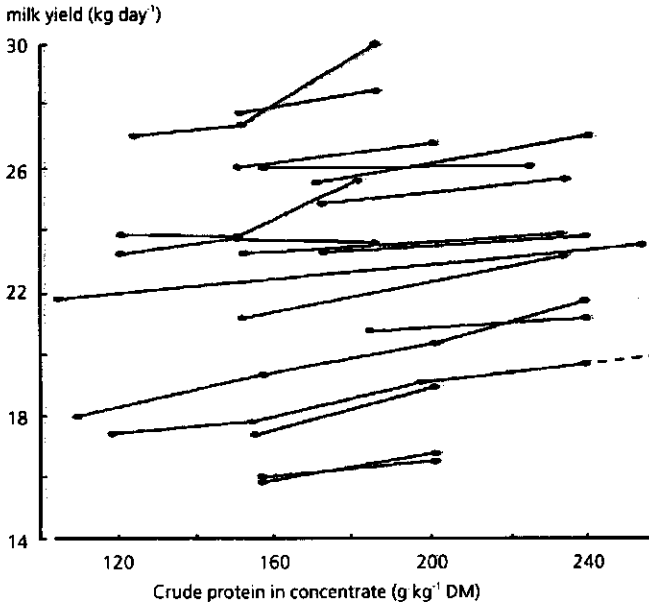
	Zetmeelarm	Zetmeelrijk
Droge stof uit ruwvoer	10,4	10,3
Droge stof uit krachtvoer	11,0	11,1
Ruwvoeraandeel in rantsoen	49	48
Melk	33,0	33,7
Vetpercentage	4,34	4,10
Eiwitpercentage	3,28	3,36
Vet/eiwit-verhouding in grammen	1,32	1,22

Bron: Meijs (1989).

Samenvattend blijkt dat krachtvoer met veel langzaam afbreekbaar zetmeel het vetgehalte verlaagt en het eiwitgehalte verhoogt. De effecten variëren echter per genoemd onderzoek. Bij de berekening in hoofdstuk 3 wordt aangenomen dat het voeren van krachtvoer met langzaam afbreekbaar zetmeel het vetgehalte met 0,15% verlaagt en het eiwitgehalte met 0,10% verhoogt. Deze getallen gelden bij 50% krachtvoer in het rantsoen. Per procent krachtvoer in het rantsoen betekent dit een verlaging van het vetgehalte met 0,003% en een verhoging van het eiwitgehalte met 0,002%.

2.4.3.3 Eiwitrijk krachtvoer

Thomas et al. (1988) hebben literatuur verzameld omtrent het effect van een verhoging van het eiwitgehalte van het krachtvoer op de melkproductie. Figuur 2.23 vat de gevonden effecten volgens de verschillende bronnen samen. Het effect varieert sterk per bron en bedraagt 0 - 0,5 kg melk bij een stijging van het ruw-eiwitgehalte met 10 g per kg ds. Gemiddeld bedraagt de stijging van de melkproductie 0,17 kg bij een stijging van het ruw-eiwitgehalte in het krachtvoer met 10 g ruw eiwit per kg ds. Volgens Thomas et al. (1988) ging in veel van de proeven een verhoging van het eiwitgehalte in het krachtvoer samen met een stijging van de vertering en een stijging van de ruwvoeropname. Het produktieverhogend effect zou dus voor een groot deel te verklaren zijn uit een verhoging van de energie-opname.



Figuur 2.23 Het effect van de hoogte van het eiwitgehalte in krachtvoer op de melkproductie per koe
Bron: Thomas et al. (1988).

Uit paragraaf 2.3.4.1 is al gebleken dat de bacteriën in de pens ongeïmitteerd kunnen groeien bij een gehalte aan ruw eiwit van 13 tot 15% in de droge stof van het rantsoen. Indien het eiwitpercentage in het rantsoen hierboven komt, dan neemt de ammoniakconcentratie in de pens toe, met als gevolg grotere stikstofverliezen via de urine. Het verhogen van het percentage eiwit in het rantsoen boven de 15% vre in de droge

stof heeft dan ook alleen zin, indien een vrij groot deel van dit eiwit niet in de pens, maar in de dunne darm wordt afgebroken. Dit blijkt ook uit tabel 2.30. Het voeren van een rantsoen met een verhoogd eiwitgehalte heeft vooral een positief effect op de melkproductie in de proeven waarbij vismeel als eiwitbron is gebruikt. Eiwit in vismeel is namelijk bestendiger dan eiwit in sojameel (Thomas et al., 1988). Het eiwitgehalte van de melk in de diverse proeven varieert nauwelijks. Als gevolg van de hogere melkproductie, is de eiwitproductie wel hoger. Paragraaf 2.4.3.4 gaat verder in op de effecten van het voeren van krachtvoer met bestendig eiwit.

Samengevat kan worden gesteld dat het positief verband tussen het eiwitgehalte in het krachtvoer en de melkproductie kan worden verklaard uit een hogere verteerbaarheid. Omdat het VEM-systeem hiervoor corrigeert via de in paragraaf 2.2.2 genoemde q-waarde ($q=ME/GE$), wordt geen positief effect van het voeren van extra eiwitrijk krachtvoer op de melkproductie aangenomen. Ook blijkt dat het voeren van extra eiwitrijk krachtvoer weinig effect op de melksamenstelling heeft, indien de eiwitbron niet bestendig is. Voor de berekeningen in hoofdstuk 3 wordt aangenomen dat het voeren van extra eiwitrijk krachtvoer geen effect heeft op zowel melkproductie als op de gehalten in de melk. Eiwitrijk krachtvoer kan alleen interessant zijn ter aanvulling van eiwitarme rantsoenen. In dit onderzoek worden dergelijke rantsoenen niet behandeld.

Tabel 2.30 Het effect van de hoogte van het eiwitgehalte in het rantsoen en de bestendigheid van het eiwit op de melkproductie en de melksamenstelling

	Eiwit in het rantsoen (gr./kg ds)	Eiwitbron	Melkgift (kg/dag)	Vet (%)	Eiwit (%)
1	129	-	20,3	4,13	2,88
	154	S	21,8	4,05	2,92
	154	V	22,9	3,76	3,01
	186	S	21,9	3,60	3,06
	186	V	24,0	3,99	2,99
2	150	-	19,8	4,30	3,29
	186	V	23,0	4,12	3,29
3	145	-	19,3	4,38	2,93
	184	S	22,3	4,15	3,08
	184	V	23,4	4,21	3,01

1: door Thomas en Chamberlain; 2 en 3: door Girdler, Thomas en Chamberlain; S: sojameel; V: krachtvoer met vismeel.

Bron: Thomas et al. (1988).

2.4.3.4 Krachtvoer met bestendig eiwit

Zoals in paragraaf 2.3.3 al besproken is, wordt gemiddeld 70% van het voereiwit in de pens afgebroken. De rest passeert de pens en kan in de dunne darm worden afgebroken en geresorbeerd. Dit gaat gepaard met minder verliezen. De opzet van het voeren van krachtvoer met bestendig eiwit, is het verhogen van het aandeel eiwit dat de pens onafgebroken verlaat. Hierdoor krijgt de koe de beschikking over meer eiwit.

De bestendigheid van eiwit is groter, naarmate een voedermiddel meer ruwe celstof en meer vet bevat. Beide bestanddelen vertragen de pensfermentatie. Daarnaast zijn er ook diverse processen die het eiwit bestendiger maken, zoals expelling, extractie van vet, formaldehydebehandeling en een alcoholbehandeling (Van Straalen en Tamminga, 1992).

In paragraaf 2.3.1 (zie figuur 2.4) is reeds aangegeven dat de afbraak van diverse voederbestanddelen afhankelijk is van de volgende parameters:

- kd = fractionele afbraaksnelheid (% per tijdseenheid);
- kp = fractionele passagesnelheid (% per tijdseenheid);
- Y_s = oplosbare fractie;
- Y_r = onverteerbare fractie.

De bypass, of bestendigheid, van voedereiwit is groter, naarmate kd en Y_s lager zijn en kp en Y_r hoger zijn. Dit blijkt uit figuur 2.4. In tabel 2.31 is de bypass van eiwit in verschillende krachtvoeringrediënten bekend, uitgaande van een fractionele passage van 6% per uur. Met name bierbostel, babassumeel, palmpitten, kokosmeel en verenmeel bevatten eiwit met een zeer hoge bestendigheid. Het nadeel van kokosmeel en palmpitten, is dat ze bekend staan als vetverhogers. Verenmeel is met name minder geschikt als gevolg van een eenzijdige aminozuursamenstelling.

Een hogere eiwitbestendigheid gaat vaak samen met een hoger ruwe-celstofgehalte en/of een hoger vetgehalte in het voer. Als gevolg van een hoger ruwe-celstofgehalte verloopt pensfermentatie trager, waarbij de verhouding tussen azijnzuur en propionzuur oploopt. Een hoger vetgehalte in het voer leidt tot een grotere aanvoer van lange-ketenvetzuren. Zowel een verhoging van de verhouding tussen azijnzuur en propionzuur als een grotere aanvoer van lange-ketenvetzuren leidt tot een stijging van het vetgehalte in de melk. Volgens Boxem (1990) leidt het voeren van krachtvoer met bestendig eiwit (50% krachtvoer in het rantsoen) tot een stijging van het vetgehalte met 0,225% en een stijging van het eiwitgehalte met slechts 0,025%.

Tabel 2.31 Eiwitbestendigheid van krachtvoeringrediënten

	cp	Y _s	Y _r	kd	B
Bonen	26,5	27,5	0,8	8,24	31
Paardebonen	26,3	62,8	0,3	10,82	14
Lupine	34,2	25,5	0,2	12,87	24
Erwten	25,2	55,6	0,0	8,95	18
Hominy-voer	18,3	27,9	1,7	7,84	32
Rijstzemelen	14,4	32,6	6,6	9,40	31
Tarwekiemen	18,4	12,8	7,2	13,44	32
Bietenpulp	10,3	23,8	6,4	5,15	44
Bierborstel	24,9	4,6	30,1	5,09	65
Citruspulp	7,0	40,7	3,3	5,62	32
Maisglutenvoer	21,6	44,9	5,5	5,15	32
Palmpitten	10,4	8,0	6,5	2,39	68
Sojabonen (rauw)	40,6	33,9	0,0	10,24	24
Sojabonen (getoast)	39,0	7,4	0,0	6,76	44
Babassu-meel	20,2	3,0	9,5	3,35	66
Kokosmeel	21,5	13,9	3,2	3,03	58
Katoenzaadmeel	48,6	13,4	1,8	7,58	39
Grondnootmeel	57,0	22,3	1,3	9,39	31
Lijnzaadmeel	33,4	17,2	4,1	5,04	48
Nigerzaadmeel	36,1	9,4	5,4	10,56	36
Palmpitmeel	15,1	8,8	6,7	3,47	60
Kool-/raapzaadmeel	36,9	21,2	5,9	13,84	29
Rijstevoermeel	14,2	4,3	17,6	6,18	56
Sojameel	49,5	6,2	0,1	8,25	40
Zonnebloemzaadmeel	37,2	14,7	3,3	14,68	27
Verenmeel	88,9	13,3	9,5	0,95	76
Vleesmeel	60,4	36,2	11,8	1,66	53
Luzernemeel	16,0	26,0	19,9	5,44	48

cp = ruw eiwit (%);

kd = fractionele afbraaksnelheid (% per tijdseenheid);

kp = fractionele passagesnelheid (% per tijdseenheid);

Y_s = oplosbare fractie;

Y_r = onverteerbare fractie;

B = bestendigheid, bepaald bij kp = 6% per uur.

Bron: Van Straalen en Tamminga (1992).

In tabel 2.32 wordt zelfs helemaal geen positief effect op het eiwitgehalte waargenomen (Boxem 1991). Uit de tabel blijkt verder, dat juist het voeren van de (eiwitarme) pulpbrok het eiwitgehalte in de melk heeft verhoogd. Waarschijnlijk is, als gevolg van het aanbieden van sneller fermenteerbare koolhydraten, de produktie van microbiëel eiwit toegenomen. De lagere melkproduktie bij de koeien die pulpbrok kregen, verklaart Boxem (1991) uit een lagere opname van de pulpbrok.

Voor verdere berekeningen wordt aangenomen dat krachtvoer met bestendig eiwit het vetgehalte met 0,225% en het eiwitgehalte met 0,025% doet stijgen. Dit is bij 50% krachtvoer in het rantsoen. Per procent

bestendig krachtvoer in het rantsoen betekent dit een stijging van het vetgehalte met 0,0045 en een stijging van het eiwitgehalte met 0,0005%.

Tabel 2.32 De voeropname per dag, de melkproductie per dag en de melksamenstelling bij het voeren van krachtvoer met onbestendig eiwit, krachtvoer met bestendig eiwit en pulpbrok

Bijvoeding met:	Eiwit-onbestendig krachtvoer	Eiwit-bestendig krachtvoer	Pulpbrok
Verstrekt (kg)	5,6	5,6	5,6
Opname (kg)	5,6	5,6	4,7
kVEM	5,3	5,3	4,4
g vre	672	672	286
Melk (kg)	27,9	27,0	26,3
Vet (%)	3,88	4,02	3,94
Eiwit (%)	3,38	3,35	3,44
Vet en eiwit (gr.)	2.025	1.990	1.941
Melk 4% vet (kg)	27,4	27,1	26,1

Bron: Boxem (1991).

2.4.4 Frequenter verstrekken van krachtvoer

Voor een goed verlopende pensfermentatie is een ruime verstrekking van fermenteerbare koolhydraten nodig, zodat de koe de beschikking krijgt over voldoende vluchtige vetzuren en microbiëel eiwit. Hoge krachtvoergiften, met veel suikers en zetmeel, kunnen zoals in paragraaf 2.3.2 is genoemd, leiden tot een pH-daling in de pens. Dit heeft een trager verlopende pensvertering tot gevolg en in extreme gevallen stopt de fermentatie zelfs geheel. In paragraaf 2.4.3.2 is reeds het voeren van krachtvoer met langzaam afbreekbaar zetmeel genoemd als mogelijkheid om de pH-daling in de hand te houden. Ook valt te denken aan het verspreid voeren van krachtvoer in kleinere porties. Dit heeft als voordeel dat de pH minder ver zal dalen na het opnemen van een kleinere portie krachtvoer. Daarnaast beschikken de pensbacteriën gedurende langere tijd over voldoende fermenteerbare koolhydraten, wat de vorming van microbiëel eiwit ten goede kan komen. Vooral de opmars van geprogrammeerde krachtvoerverstrekking maakt het mogelijk de krachtvoergift te verdelen over een groot aantal kleine porties per dag.

Keown (1988) heeft onderzoek verricht naar het verband tussen managementpraktijken en melkproductie op melkveebedrijven in Nebraska (VS). Uit een enquête met 4.221 deelnemers bleek dat op bedrijven waar krachtvoer vaker dan tweemaal per dag werd verstrekt, een significant hogere melkproductie werd gehaald (6.010 kg versus 5.800 kg). Uiteraard

kunnen hier ook andere zaken mee hebben gespeeld, zodat geen sprake is van een duidelijke oorzaak-gevolg relatie.

Tabel 2.33 van Meijer (1981) geeft het effect van een gespreide krachtvoergift op de ruwvoeropname (stro) en de melkproduktie per koe. Bij de groep die viermaal per dag krachtvoer kreeg, is de krachtvoerverstrekking aanmerkelijk hoger geweest. Ondanks de hogere krachtvoergift, is de ruwvoeropname bij deze groep ook hoger. Het verspreid voeren van krachtvoer heeft kennelijk een geringere verdringing van het ruwvoer tot gevolg gehad. Overigens was het ruwvoer in deze proef van extreem slechte kwaliteit (stro). Waarschijnlijk heeft het verspreid voeren van krachtvoer ertoe bijgedragen dat er gedurende een langere periode voldoende stikstof voor de micro-organismen aanwezig was, resulterend in een toename van de vertering van het stro.

Bij vervolgonderzoek op vier verschillende proefbedrijven met een beter ruwvoer (voordroogkuil) bleek het effect op de ruwvoeropname zeer klein (Meijer, 1981). Met uitzondering van een proefbedrijf stegen in alle proeven de melkproduktie (gemiddeld +0,15 kg) en het vetpercentage (+0,05, +0,06 en +0,70%). De stijging van de melkproducties in bovengenoemde proeven, en ook in tabel 2.33, zijn voor een groot deel te verklaren uit de extra energie-opname.

Tabel 2.33 De invloed van het frequenter verstrekken van krachtvoer op de voeropname per dag, de melkproduktie per dag en de gehalten in de melk, bij een strantsoen

	Behandeling	
	2 x krachtvoer	4 x krachtvoer
Aantal dieren	14	14
Stro-opname (kg produkt)	4,5	4,9
Krachtvoeropname (kg)	13,5	15,4
Energie-opname (kVEM)	14,4	16,3
Melkproduktie (kg)	25,2	27,9
Vetgehalte (%)	3,21	3,75
Eiwitgehalte (%)	2,96	3,04

Bron: Meijer (1981).

Het effect van het frequenter verstrekken van krachtvoer wordt zilverder weergegeven door tabel 2.34. In deze tabel bevatten alle rantsoenen ongeveer evenveel energie (180 MJ/dag). Uit de tabel blijkt dat bij het zesmaal daags voeren van krachtvoer, het vetgehalte in de melk aanzienlijk hoger is dan bij het tweemaal daags verstrekken van krachtvoer. Ook de melkproduktie is hoger bij het frequenter verstrekken van krachtvoer, met uitzondering van het rantsoen bij 90% krachtvoer.

Tabel 2.34 Het effect van het frequenter verstrekken van krachtvoer op de melkproductie per dag en de gehalten in de melk, bij een vaste verhouding tussen hooi en krachtvoer in het rantsoen en een vaste energie-opname (180 MJ/dag)

Experiment 1					
Krachtvoer (%)	70		90		
Aantal giften/dag	2	6	2	6	6
Melkproductie (kg/dag)	19,7	20,2	23,0	21,4	
Vetproductie (kg/dag)	0,65	0,79	0,42	0,62	
Vetgehalte (%)	3,26	3,92	1,79	2,97	
Experiment 2					
Krachtvoer (%)	60		80		
Aantal giften/dag	2	6	2	6	6
Melkproductie (kg/dag)	19,4	20,8	20,6	24,5	
Vetproductie (kg/dag)	0,70	0,75	0,65	0,83	
Vetgehalte (%)	3,59	3,60	3,16	3,38	

Bron: Sutton (1981).

Tabel 2.35 geeft het effect van het twaalfmaal daags, in vergelijking met het tweemaal daags, verstrekken van krachtvoer. Het gebruikte krachtvoer bestond uit een snel fermenteerbaar, op gerst gebaseerd krachtvoer. Als gevolg van het twaalfmaal daags verstrekken bleven sterke pH-dalingen uit, en ook de gemiddelde pH in de pens was hoger. De melkproductie, het vetgehalte en het eiwitgehalte waren respectievelijk 0,8 kg, 0,06% en 0,07% hoger bij de koeien die twaalfmaal daags krachtvoer kregen. Genoemde verschillen waren echter niet significant.

Tabel 2.35 Het effect van het frequenter voeren van krachtvoer op de melkproductie en de melksamenstelling

	Aantal malen verstrekken van krachtvoer	
	2	12
Melkproductie (kg/dag)	36,5	37,3
Vet (%)	2,97	3,03
Eiwit (%)	3,05	3,12
Lactose (%)	4,97	5,08

Bron: Robinson (1989), naar French en Kennelly.

Samengevat kan worden gesteld dat het frequenter verstrekken van krachtvoer leidt tot een verhoging van zowel het vet- als het eiwitgehalte in de melk. De exacte hoogte van de effecten verschilt per proef en hangt sterk af van het aandeel krachtvoer in het rantsoen. Ook zal het type

krachtvoer van grote invloed zijn op de effecten op de gehalten. Voor de berekeningen in hoofdstuk 3 wordt aangenomen dat het frequenter verstrekken van krachtvoer, bij 50% A-brok in het rantsoen, zal leiden tot een stijging van het vetgehalte met 0,25% en een stijging van het eiwitgehalte met 0,075%. Per procent krachtvoer in het rantsoen betekent dit een stijging van het vetgehalte met 0,005% en een stijging van het eiwitgehalte met 0,0015%.

2.4.5 Gemengd voeren van ruwvoer en krachtvoer

In de voorgaande paragraaf is het effect van het verspreid voeren van krachtvoer behandeld. Een extreme vorm van krachtvoer verspreid voeren is het mixen van krachtvoer en ruwvoer, om dit vervolgens als compleet rantsoen te voeren. Het onderzoek van Keown (1988), waarbij het verband werd gelegd tussen managementpraktijken en de melkproductie op melkveebedrijven in Nebraska (VS), is reeds eerder genoemd. Uit de enquête met 4.221 deelnemers, bleek dat op bedrijven waar krachtvoer gemengd met ruwvoer werd verstrekt, een significant hogere melkproductie werd gehaald. Uiteraard kunnen hier ook andere zaken mee hebben gespeeld, zodat geen sprake is van een duidelijke oorzaak-gevolg relatie.

Tabel 2.36 laat zien dat het gemengd voeren van krachtvoer en ruwvoer, vooral bij een hoog percentage krachtvoer in het rantsoen, een positief effect op de voeropname vertoont. Als gevolg hiervan neemt de melkproductie iets toe. Het vetgehalte stijgt fors, waarschijnlijk door een fermentatie, waarbij iets meer azijnzuur en minder propionzuur gevormd wordt.

Tabel 2.36 Het effect van gemengd voeren op de melkproductie

Krachtvoer/ruwvoer ds	0,50		0,65	
	apart	gemengd	apart	gemengd
Melkproductie (kg/dag)	24,4	23,6	22,1	22,2
Vet (%)	4,01	4,07	3,16	3,92
Totaal opname (kg ds/dag)	16,1	16,4	14,3	16,5

Bron: Leaver (1988) naar Phipps et al.

Zoals genoemd, is het gemengd voeren van krachtvoer en ruwvoer te vergelijken met een extreem doorgevoerde spreiding van de krachtvoergift. Op de Waiboerhoeve zijn het frequenter verstrekken van krachtvoer (geprogrammeerd) en het gemengd voeren van krachtvoer en ruwvoer gedurende een aantal jaren met elkaar vergeleken. In de periode 1975-1977 bestond het ruwvoer voor de helft uit snijmaiskuil en voor de andere helft uit voordroogkuil. In de daaropvolgende jaren bestond het ruwvoer

uit uitsluitend voordroogkuil. De resultaten staan vermeld in tabel 2.37. In de eerste jaren, toen het ruwvoer uit zowel maaskuil als voordroogkuil bestond, leidde het gemengd voeren tot een hogere ruwvoeropname. Als gevolg van de hogere energie-opname hadden de gemengd gevoerde dieren een iets hogere melkproduktie met een hoger vetgehalte. In de tweede proefserie, waarbij alleen voordroogkuil werd gevoerd, werd van deze effecten niets teruggevonden. Snijmais bevat een lagere structuurwaarde dan voordroogkuil. Waarschijnlijk verloopt de pensfermentatie met snijmais minder stabiel dan bij alleen voordroogkuil. Vandaar dat het gemengd voeren bij het rantsoen met alleen voordroogkuil geen extra stabilisatie van de fermentatie veroorzaakte, maar wel bij het rantsoen dat voor de helft uit snijmais bestond. Overigens moet wel opgemerkt worden dat de krachtvoergif in de proeven niet extreem hoog was. Juist bij hoge krachtvoergiften kan een positief effect van gemengd voeren worden verwacht.

Uit deze en de vorige paragraaf kan geconcludeerd worden, dat het voordeel van frequenter verstrekken van krachtvoer en/of het gemengd voeren van ruwvoer en krachtvoer het grootst zal zijn bij:

- een hoge krachtvoergif;
- snel fermenteerbaar krachtvoer;
- ruwvoer met een lage structuurwaarde;
- ruwvoer van zeer lage kwaliteit (stro), waarbij eiwit de beperkende factor voor de pensfermentatie vormt.

Tabel 2.37 Geprogrammeerde krachtvoerverstrekking vergeleken met gemengd voeren van krachtvoer en ruwvoer (Proefresultaten Waiboerhoeve)

Proefjaren	1975-1977		1977-1979	
	geprogram-meerd	gemengd voer	geprogram-meerd	gemengd voer
Aantal dieren	134	134	130	130
Ruwvoeropname aan ds (kg)	10,7	12,0	10,6	10,4
Krachtvoeropname (kg)	6,3	6,0	7,2	7,4
Energie-opname (kVEM)	15,9	16,7	15,9	15,9
Melkproduktie (kg)	21,0	21,2	21,6	21,7
Vetgehalte (%)	4,12	4,24	4,24	4,22
Eiwitgehalte (%)	3,38	3,36	3,29	3,25
Meetmelk (4%) (kg)	21,4	22,0	22,4	22,4

Bron: Meijer (1981).

Samengevat kan worden gesteld dat het frequenter voeren van krachtvoer en het gemengd voeren van krachtvoer en ruwvoer berusten op hetzelfde principe. Bij beide tactieken wordt gestreefd naar een stabilere pensfermentatie. Beide tactieken vertonen dan ook nauwelijks andere

effecten, zoals bleek uit tabel 2.37. Voor beide tactieken worden dan ook dezelfde uitgangspunten aangenomen. Er wordt aangenomen, dat het vetgehalte met 0,25% en het eiwitgehalte met 0,075% stijgt, als gevolg van het gemengd of frequenter verstrekken van krachtvoer. Deze effecten gelden bij een rantsoen met 50% krachtvoer. Per procent krachtvoer in het rantsoen stijgt het vetgehalte met 0,005% en stijgt het eiwitgehalte met 0,0015% ten gevolge van het frequent of gemengd voeren van krachtvoer. Bij de vorige tactieken werd steeds aangenomen, dat de vet- en eiwitgecorrigeerde melkproductie (fpcm) steeds gelijk is bij eenzelfde VEM-opname, ongeacht de voedertactiek. Omdat bij een stabielere pensfermentatie de vertering efficiënter zal verlopen, wordt aangenomen dat niet de hoeveelheid fpcm, maar de melkplas (kilogram) gelijk is aan die bij het tweemaal daags verstrekken van A-brok. Bij het gemengd verstrekken van krachtvoer stijgt de productie van fpcm dus evenredig met de stijging van de gehalten en is de productie het grootst bij een hoge krachtvoergift.

2.4.6 Het voeren van bijprodukten

Bijprodukten zijn nevenprodukten die vrijkomen bij de productie van voedings- en genotmiddelen. In gedroogde vorm vormen ze belangrijke grondstoffen voor de mengvoederindustrie. Ze kunnen echter ook nat aan de veehouder worden geleverd, waarna ze vers, of ingekuild kunnen worden vervoerd. Bijprodukten worden wel eens krachtvoerachtigen genoemd, omdat ze voor een groot deel krachtvoer kunnen vervangen. Soms worden positieve effecten op de vertering en de voeropname toegeschreven aan bepaalde bijprodukten. Nadelen van bijprodukten zijn de slechte houdbaarheid en het niet altijd in ruime mate voorhanden zijn van de produkten. Met name perspulp is alleen in het najaar te verkrijgen. Als grote voordeel van bijprodukten wordt vaak de lage prijs genoemd. Zoals blijkt uit tabel 2.38 vinden er echter vrij grote verliezen plaats bij het bewaren en het voeren van natte bijprodukten. De prijs per kVEM, gecorrigeerd voor verliezen, is daarom niet veel lager dan die van standaard A-brok. Ter vergelijking: in het boekjaar 1991/92 bedroeg de krachtvoerprijs f 41,11 per 100 kVEM.

Tabel 2.38 De energie-inhoud, bewarings- en vervoederingsverliezen en de netto-kVEM-prijs van enkele bijprodukten

Bijprodukt	VEM/kg	Bewarings- verlies	Vervoederings- verlies	Prijs (gulden/ 100 kVEM-netto)
Bierbostel	216	12	3,5	40,51
Perspulp	208	7	3,5	39,78
Maisglutenvoer	442	3	3,5	37,56

Bron verliezen: Handboek voor de Rundveehouderij.

Bron prijzen: LEI-boekhoudnet 1991/92.

2.4.6.1 Bierbostel

Bierbostel is een nevenprodukt van de bierbrouwerij. Het bestaat voor het grootste gedeelte uit de kiem en de zemelen van de gerstekorrels. Het zetmeel van de gerstekorrel is vergist. Het produkt heeft een iets lager VEM-gehalte per kilogram droge stof, dan krachtvoer. Het eiwitgehalte is echter hoger. Boxem (1990) vat het effect van diverse voedertactieken op het vet- en eiwitgehalte samen. Volgens Boxem (1990) zijn de effecten van het voeren van bierbostel gering. Hij neemt aan dat, indien 1,3 kg ds krachtvoer wordt vervangen door bierbostel, het vetgehalte constant blijft en het eiwitgehalte met 0,025% stijgt. Per kg ds betekent dit geen verandering van het vetgehalte en een stijging van het eiwitgehalte met 0,0192%. Bij de berekeningen in hoofdstuk 3 wordt van deze effecten uitgegaan.

2.4.6.2 Perspulp

Perspulp is een nevenprodukt van de suikerindustrie. Bij de suikerwinning ontstaat natte pulp, met een drogestofgehalte van 10%. Dit wordt vervolgens geperst, tot het produkt een drogestofgehalte heeft van 20%. Perspulp is vrij eenvoudig in te kuilen en bevat ook na inkuilen nog een VEM-gehalte in de droge stof, dat nagenoeg gelijk is aan dat van krachtvoer. Het eiwitgehalte is echter aanzienlijk lager. Naast (eiwitrijke) voordroogkuil is perspulp uitermate geschikt, om het eiwitoverschot terug te dringen.

Tabel 2.39 Het effect van het voeren van perspulp en maisglutenvoer op de melkproductie en de gehalten in de melk

Opname/productie	Controle	Perspulp	Controle	Maisglutenvoer
OPNAME (kg ds):				
voordroogkuil	8,7	6,4	9,9	8,0
perspulp	-	4,6	-	5,0
krachtvoer a)	10,1	8,1	9,9	7,2
totaal ds	18,8	19,1	19,8	20,2
kVEM	17,7	18,4	19,0	20,1
PRODUKTIE:				
melk (kg)	27,5	28,6	29,1	29,0
vet (%)	4,68	4,49	4,59	4,53
eiwit (%)	3,23	3,38	3,24	3,35
melk (fpcm)	29,5	30,3	31,0	30,8

a) Inclusief sojaschroot bij de perspulpgroep.

Bron: Boxem (1990).

Boxem (1990) heeft verslag gedaan van een aantal meerjaarlijkse voederproeven op ROC Bosma Zathe, waarbij de effecten van perspulp en maisglutenvoer op de melkproductie en de gehalten in de melk werden onderzocht. In tabel 2.39 zijn de resultaten weergegeven. Uit de tabel blijkt, dat perspulp het vetgehalte met 0,19% verlaagt en het eiwitgehalte met 0,15 verhoogt. Dit is een gemiddeld effect over 3 jaren.

Er dient bij deze proef echter wel een aantal kanttekeningen geplaatst te worden:

- de kVEM-opname uit krachtvoerachtigen (perspulp en krachtvoer) was bij de perspulpgroep hoger dan bij de controlegroep. Dit verklaart voor een deel het lagere vetgehalte (zie paragraaf 2.4.2.2) en het hogere eiwitgehalte (zie paragraaf 2.5.2.3) bij de perspulpgroep. Bij een gelijke verhouding van krachtvoerachtigen en ruwvoer, zou het effect van perspulp op de gehalten geringer zijn geweest. De hogere totale kVEM-opname bij de perspulpgroep verklaart de hogere melkproductie bij deze groep;
- in alle gevallen, met uitzondering van de perspulpgroep in het derde proefjaar, werd het rantsoen aangevuld met eiwitbestendige standaard A-brok. De perspulpgroep kreeg echter in het derde jaar krachtvoer met extra aardappeliwit, om de eiwitvoorziening gelijk te houden aan die van de controlegroep. In de twee voorgaande jaren was dit gebeurd, door het verstrekken van sojaschroot (0,5 kg en 1 kg in respectievelijk het eerste en het tweede jaar). Omdat de samenstelling van het krachtvoer van de controlegroep en de perspulpgroep in het derde jaar verschillend was, is het effect van het voeren van perspulp in dat jaar minder zuiver. Helaas zijn geen gegevens gepubliceerd van de afzonderlijke proefjaren.

De Visser et al. (1993) vergeleken gemengde rantsoenen, met droge pulp, perspulp met een rantsoen van alleen krachtvoer en maiskuil. Alle drie de rantsoenen bevatten als basis 20% kunstmatig gedroogd gras, 20% maiskuil en 35% krachtvoer (op droge-stofbasis). De overige 25% van de droge stof bestond uit gedroogde bietepulp (DP), perspulp (PP) of extra maiskuil (M). Om de lagere energie-inhoud van rantsoen M te compenseren, is 2% van de extra maiskuil vervangen door krachtvoer. De gemengde rantsoenen werden ad libitum verstrekt. De resultaten van de proef staan vermeld in tabel 2.40.

Ook in deze proef heeft het voeren van perspulp (en ook droge bietepulp) een verlaging van het vetgehalte en een verhoging van het eiwitgehalte tot gevolg. Het vetgehalte daalt echter minder sterk dan bij de proeven, beschreven door Boxem (1990) in tabel 2.39. Bij deze proef komen de hoeveelheden droge stof van de proefgroep en de controlegroep beter overeen dan bij de proeven van Boxem (1990). Ook is in beide groepen dezelfde soort krachtvoer gevoerd. Voor de berekeningen in hoofdstuk 3 wordt aangenomen dat 5,5 kg ds perspulp in het rantsoen het vetgehalte met 0,11% doet dalen en het eiwitgehalte met 0,11% doet stij-

gen. Per kg ds betekent dit een daling van het vetgehalte met 0,02% en een stijging van het eiwitgehalte met 0,02%.

Tabel 2.40 Voeropname, melkproductie en melksamenstelling bij drie rantsoenen a) (gemiddelde van 13 lactatieweken van 16 dieren per rantsoen)

	DP	PP	M
VOEROPNAME:			
ruwvoer (kg ds/d)	9,2	8,8	13,4
krachtvoer (kg ds/d)	8,0	7,7	8,6
bietenpulp (kg ds/d)	5,7	5,6	-
totale opname (kg ds/d)	22,9	22,1	22,0
netto-energie (MJ/d)	148	144	140
eiwit opname (g vre/d)	2.871	2.768	2.788
PRODUKTIE:			
melkproductie (kg/d)	32,9	33,5	32,5
vet (%)	4,44	4,41	4,52
eiwit (%)	3,32	3,30	3,19
FCM (kg bij 4% vet)	35,0	35,5	34,9

a) DP = gedroogde bietenpulp, PP = perspulp, M = extra maiskuil.

Bron: De Visser et al. (1993).

2.4.6.3 Maisglutenvoer

Maisglutenvoer is een nevenproduct dat ontstaat bij de winning van zetmeel uit mais. Het bestaat uit de zemelen van de maiskorrel met het ingedampde weekwater dat gebruikt is voor het weken van de maiskorrels. Het product heeft een drogestofgehalte van ongeveer 42%. Omdat er zetmeel onttrokken is, bevat maisgluten per kg ds minder zetmeel dan de volledige maiskorrel. Zoals uit tabel 2.27 bleek, is ook de bestendigheids van het zetmeel lager dan dat van de hele maiskorrel, maar nog altijd bijna het dubbele van de bestendigheid van zetmeel in gerst, tarwe en tapioca. Maisglutenvoer bevat per kilogram droge stof iets meer energie en eiwit dan standaardkrachtvoer.

Tabel 2.39 van Boxem (1990) geeft naast de effecten van het voeren van perspulp ook de effecten weer van het voeren van maisglutenvoer. In tegenstelling tot de proef met perspulp, waar het ging om het gemiddelde van een driejaarlijkse proef, betreft het hier het gemiddelde van een twee jaarlijkse proef. Bij de proef met maisgluten is, in tegenstelling tot de proef met perspulp, dezelfde soort krachtvoer aan zowel de proefgroep als aan de controlegroep gevoerd, zodat beide groepen goed vergelijkbaar zijn. Wel is de VEM-opname van de proefgroep ruim 1 kVEM hoger geweest, wat niet heeft geleid tot een hogere melkproductie.

Het effect op het vetgehalte is bij het voeren van maisglutenvoer iets geringer dan bij het voeren van perspulp. Het vetgehalte daalt namelijk

met 0,06%, terwijl het eiwitgehalte stijgt met 0,11%. Dit is bij een opname van 5 kg ds. Voor de berekeningen in hoofdstuk 3 wordt aangenomen dat het voeren van 1 kg ds maisglutenvoer het vetgehalte met 0,012 verlaagt en het eiwitgehalte met 0,022 verhoogt.

2.4.7 Samenvatting van de uitgangspunten bij de voedertactieken

In deze paragraaf worden de rekenregels of vuistregels besproken die als uitgangspunten dienen voor de berekeningen in hoofdstuk 3. Tabel 2.41 vat de uitgangspunten bij de diverse tactieken samen.

Voor het berekenen van het effect van de ruwvoer kwaliteit, de genetisch potentiële melkproductie en de hoogte van de krachtvoergift op de melkproductie (FPCM) per koe per jaar, respectievelijk de ruwvoeropname, wordt gebruik gemaakt van onderstaande formules I en II. Deze formules nemen het effect van de ruwvoer kwaliteit, de genetisch potentiële melkproductie en de krachtvoergift geïntegreerd mee. In paragraaf 2.4.2.1 is reeds uitgelegd, hoe de formules gebruikt dienen te worden, en hoe de onbekende genetisch potentiële melkproductie (NM) berekend kan worden.

$$\begin{aligned} \text{FPCM} = & 1.595 - 1.223,1 \cdot \text{NM} - 74,093 \cdot \text{NM}^2 + 4.920,3 \cdot \text{KV} - 354,56 \cdot \text{KV}^2 - 47,42 \cdot \text{KV} \\ & + 194,96 \cdot \text{NM} \cdot \text{KV} + 34,75 \cdot \text{NM} \cdot \text{KV}^2 + 2.737 \cdot \text{QRUWV} - 1.964 \cdot \text{QRUWV}^2 - 4,103 \cdot \text{QGRAS} \\ & + 1,003 \cdot \text{QGRAS}^2 + 1.194,7 \cdot \text{NM} \cdot \text{QRUWV} + 1,562,5 \cdot \text{NM} \cdot \text{QGRAS} - 2,599,4 \cdot \text{KV} \cdot \text{QRUWV} \\ & - 2.512,6 \cdot \text{KV} \cdot \text{QGRAS} + 277,8 \cdot \text{MAIS} - 1,6785 \cdot \text{MAIS}^2 + 15,964 \cdot \text{NM} \cdot \text{MAIS} \\ & - 16,436 \cdot \text{KV} \cdot \text{MAIS} - 355,9 \cdot \text{QGRAS} \cdot \text{MAIS} \end{aligned} \quad \text{I}$$

$$\begin{aligned} \text{RV} = & 5.140 - 61,66 \cdot \text{NM} + 2,861 \cdot \text{NM}^2 + 196,8 \cdot \text{KV} - 29,92 \cdot \text{KV}^2 + 4,995 \cdot \text{KV}^3 + 1,589 \cdot \text{NM} \cdot \text{KV} \\ & - 0,938 \cdot \text{NM} \cdot \text{KV}^2 - 621 \cdot \text{QRUWV} + 1,331,1 \cdot \text{QRUWV}^2 - 9,249 \cdot \text{QGRAS} + 6,126 \cdot \text{QGRAS}^2 \\ & + 212,3 \cdot \text{NM} \cdot \text{QRUWV} + 173,45 \cdot \text{NM} \cdot \text{QGRAS} - 534,8 \cdot \text{KV} \cdot \text{QRUWV} - 55,0 \cdot \text{KV} \cdot \text{QGRAS} \\ & + 161,52 \cdot \text{MAIS} + 0,4492 \cdot \text{MAIS}^2 + 7,0072 \cdot \text{NM} \cdot \text{MAIS} - 2,2041 \cdot \text{KV} \cdot \text{MAIS} \\ & - 214,19 \cdot \text{QGRAS} \cdot \text{MAIS} \end{aligned} \quad \text{II}$$

waarin:

- FPCM = werkelijke melkproductie per koe per jaar (gecorrigeerd voor vet- en eiwitpercentage);
- RV = ruwvoeropname per koe per jaar (kVEM), inclusief gras;
- QRUWV = kwaliteit winter ruwvoer (kVEM/kg ds);
- QGRAS = gemiddelde graskwaliteit (kVEM/kg ds);
- MAIS = bijvoeding van mais gedurende de zomer (kg ds per dag);
- KV = krachtvoergift per koe per jaar (1.000 kVEM);
- NM = potentiële melkproductie per koe per jaar (in 1.000 kg FPCM).

Tabel 2.41 De effecten van de voedertactieken op de melkproductie per koe per jaar en de gehalten in de melk (%) a)

Tactiek	Effect op melkproductie en gehalten (x = %krachtvoer in rantsoen)		
	productie (fpcm)	vet (%)	eiwit (%)
Wijziging krachtvoergift	formule I	formule III	+0,005 x
Verbetering ruwvoer kwaliteit (+10 VEM/kg ds)	formule I	0 +0,000625	(100-x)
Frequent (6 i.p.v. 2 maal) of gemengd voeren van krachtvoer	evenredig met gehalten	+0,0050 x	+0,0015 x
Krachtvoersamenstelling:			
- vetrijk (7 i.p.v. 3,5% vet)	geen	+0,0016 x	-0,0020 x
- zetmeelrijk (34 i.p.v. 20%)	geen	-0,0030 x	+0,0020 x
- bestendig eiwit	geen	+0,0045 x	+0,0005 x
Bijprodukten (per kg ds):			
- perspulp	geen	-0,0200	+0,0200
- maisglutenvoer	geen	-0,0120	+0,0220
- bierbostel	geen	0	+0,0192

a) Bij de tactieken: frequent of gemengd krachtvoer verstrekken, wijziging van de krachtvoersamenstelling, en het voeren van bijprodukten, wordt de tactiek vergeleken met het tweemaal daags verstrekken van standaard A-brok bij dezelfde hoeveelheid krachtvoerachtigen (krachtvoer + bijprodukten).

Aangenomen is in paragraaf 2.4.1.3 dat een verhoging van de ruwvoer kwaliteit geen effect op het vetgehalte heeft. Dit is in overeenstemming met tabel 2.15. Het effect op het eiwitgehalte bedraagt volgens tabel 2.15 ongeveer 0,5% per 0,9 MJ ME/kg ds. Dit komt overeen met een stijging van het eiwitgehalte van 0,0625% bij een kwaliteitsstijging van het ruwvoer van 10 VEM/kg ds. Dit geldt, indien geen krachtvoer verstrekt wordt. Indien de helft van het rantsoen uit krachtvoer bestaat, dan wordt via interpolatie aangenomen dat het effect van een betere ruwvoer kwaliteit op het eiwitgehalte nog maar de helft bedraagt.

Bij het veranderen van de hoogte van de krachtvoergift wordt het effect op het vetgehalte berekend met formule III uit paragraaf 2.4.2.2. Deze formule is gebaseerd op proeven met standaardkrachtvoer. Het effect van het aandeel krachtvoer in het rantsoen op het eiwitgehalte is besproken in paragraaf 2.4.2.3. In deze paragraaf is aangenomen dat een verhoging van het aandeel krachtvoer in het rantsoen met 10% een verhoging van het eiwitgehalte met 0,05% tot gevolg heeft.

Bij het voeren van vetrijk krachtvoer (7% in plaats van 3,5% vet) is in paragraaf 2.4.3.1 aangenomen, dat het vetgehalte van de melk stijgt met 0,08% en het eiwitgehalte daalt met 0,10% (zie tabel 2.25), indien het

aandeel krachtvoer in het rantsoen 50% bedraagt. Per procent krachtvoer in het rantsoen betekent dit een stijging van het vetgehalte met 0,0016% en een daling van het eiwitgehalte met 0,002%. De melkproductie, uitgedrukt in kilogram meetmelk, en de ruwvoeropname ontwikkelen zich als in formule I en II, waarin de krachtvoergift uitgedrukt is in kVEM. Dit wil zeggen, dat vetrijk krachtvoer (1.050 VEM) per kilogram ongeveer 12% extra ruwvoer verdringt dan standaardkrachtvoer (940 VEM).

Bij het voeren van zetmeelrijk krachtvoer met langzaam afbreekbaar zetmeel (34% ten opzichte van 20% suikers en zetmeel) is in paragraaf 2.4.3.2 aangenomen dat het vetgehalte 0,15% verlaagd en het eiwitgehalte 0,10% verhoogd wordt. Deze getallen gelden bij 50% krachtvoer in het rantsoen. Per procent krachtvoer in het rantsoen betekent dit een verlaging van het vetgehalte met 0,003% en een verhoging van het eiwitgehalte met 0,002%.

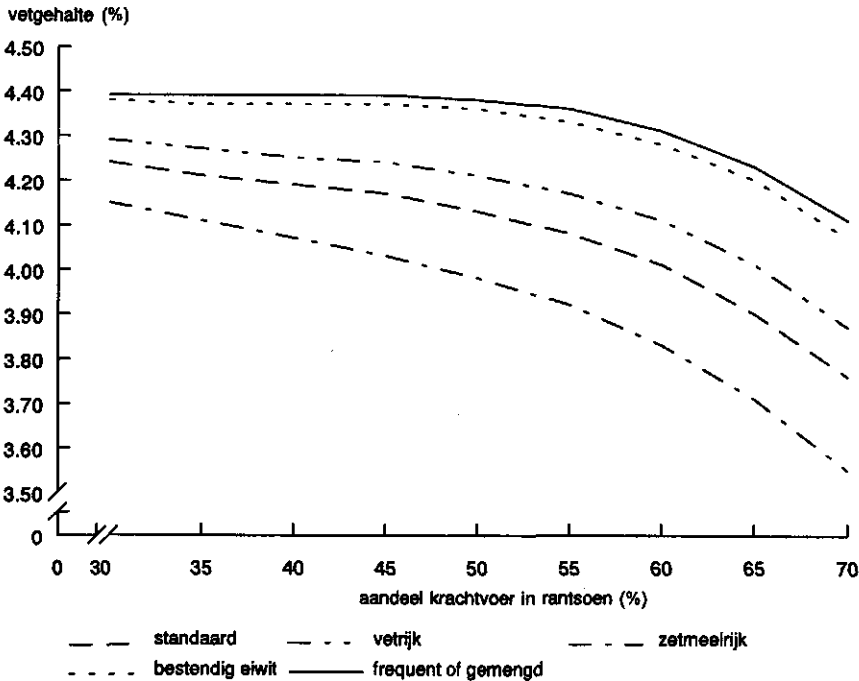
In paragraaf 2.4.3.3 bleek dat het voeren van extra eiwitrijk krachtvoer weinig effect op de melkproductie en de melksamenstelling had, indien de eiwitbron niet bestendig was. Een eventueel positief verband tussen eiwitgehalte en melkproductie kon worden verklaard uit een hogere verteerbaarheid. Omdat het VEM-systeem hiervoor corrigeert, via de in paragraaf 2.2.2 genoemde q-waarde ($q=ME/GE$), wordt geen positief effect van het voeren van extra eiwitrijk krachtvoer verondersteld.

In paragraaf 2.4.3.4 is het voeren van krachtvoer met bestendig eiwit behandeld. Conform tabel 2.39 is aangenomen dat bij 50% krachtvoer in het rantsoen het vetgehalte met 0,225% en het eiwitgehalte met 0,025% verhoogd wordt. Per procent krachtvoer in het rantsoen betekent dit een verhoging van het vetgehalte met 0,0045 en een verhoging van het eiwitgehalte met 0,0005%.

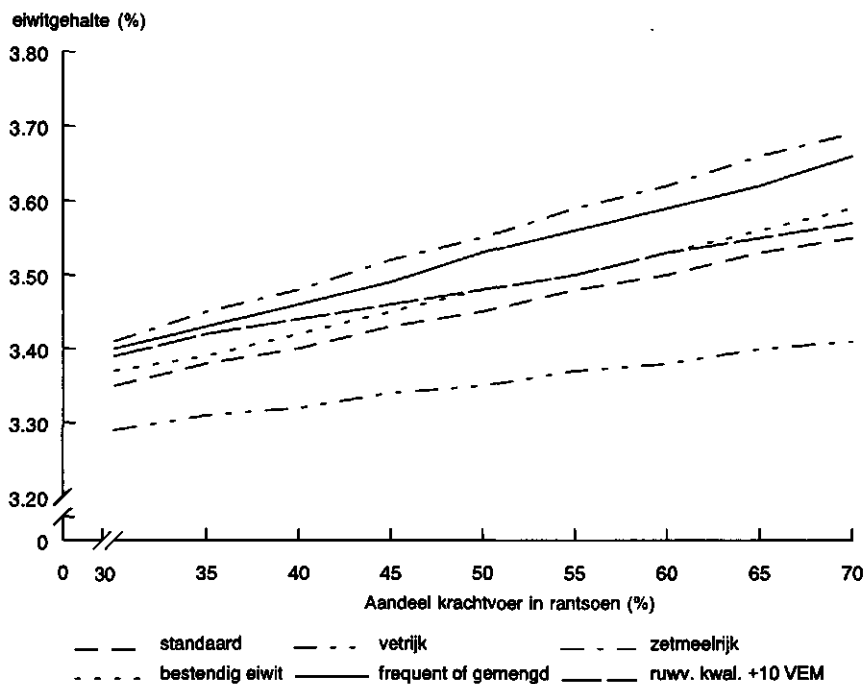
In paragraaf 2.4.4 is het effect van het frequenter verstrekken van krachtvoer op de melkproductie en melksamenstelling behandeld. Het principe van deze tactiek is het bereiken van een stabielere pensfermentatie. Ook met het gemengd voeren van krachtvoer en ruwvoer wordt dit principe nagestreefd (zie paragraaf 2.4.5). Beide tactieken vertonen dan ook nauwelijks andere effecten, zoals bleek uit tabel 2.37. Voor beide tactieken is aangenomen, dat het vetgehalte met 0,25% en het eiwitgehalte met 0,075% stijgt. Deze effecten gelden bij een rantsoen met 50% krachtvoer. Per procent krachtvoer in het rantsoen betekent dit een stijging van het vetgehalte van 0,005% en een stijging van het eiwitgehalte met 0,0015. Bij de vorige tactieken werd steeds aangenomen, dat de vet- en eiwitgecorrigeerde melkproductie (fpcm) steeds gelijk is bij eenzelfde VEM-opname, ongeacht de voedertactiek. Omdat bij een stabielere pensfermentatie de vertering efficiënter zal verlopen, wordt aangenomen dat niet de hoeveelheid fpcm, maar de melkplas (kilogram) gelijk is aan die bij het tweemaal daags verstrekken van A-brok. De productie van fpcm stijgt dus evenredig met de gehalte en is het grootst bij een hoge krachtvoergift.

In paragraaf 2.4.6.1 is aangenomen, dat bierbostel per kg ds het eiwitgehalte met 0,0192% verhoogt. In de paragraaf 2.4.6.2 is aangenomen dat persulpulper per kg ds het vetgehalte met 0,02% verlaagt en het eiwitgehalte met 0,02% verhoogt. Van maisglutenvoer tenslotte is aangenomen dat het per kg ds het vetgehalte verlaagt met 0,012% en het eiwitgehalte met 0,022% verhoogt.

De figuren 2.24 en 2.25 geven het effect van een aantal tactieken weer op het vetgehalte en het eiwitgehalte; de tactieken zijn afhankelijk van het aandeel krachtvoer bij een variërend aandeel krachtvoer in het rantsoen.



Figuur 2.24 Het effect van enkele voedertactieken en het aandeel krachtvoer in het rantsoen op het vetgehalte in de melk



Figuur 2.25 Het effect van enkele voedertactieken en het aandeel krachtvoer in het rantsoen op het eiwitgehalte in de melk

3. DE ECONOMISCHE RESULTATEN VAN DIVERSE VOEDERTACTIEKEN

In de inleiding is als doel van dit onderzoek genoemd het opstellen van rekenregels die, op basis van gegevens uit de bedrijfseconomische administratie, het effect van diverse voedertactieken op de melkproductie per koe, de vet- en eiwitgehaltes in de melk en het bedrijfsresultaat kunnen aangeven.

In paragraaf 2.4 zijn deze rekenregels afgeleid uit gegevens uit de literatuur, en/of uit modelberekeningen. Deze rekenregels zijn vervolgens in een spreadsheetmodel ingebouwd, waarmee het effect van de diverse voedertactieken op de ruwvoeropname, de melkproductie per koe met bijbehorende gehalten en op het bedrijfsresultaat doorgerekend kan worden. Het criterium voor het bedrijfsresultaat is het saldo per hectare voederoppervlakte. Het saldo wordt berekend als de opbrengsten minus de bijkomende voerkosten, minus de dierkosten (diergezondheidskosten, inseminatiekosten en dergelijke) en minus de kosten voor de voederoppervlakte (bemestingskosten en kosten voor zaaizaad en bestrijdingsmiddelen). Het model berekent het saldo, afhankelijk van de voedertactiek (soort, hoeveelheid en manier van toedienen van het krachtvoer), de genetische potentiële melkproductie van de veestapel, de hoogte van het melkquotum en de hoogte van de voerprijzen. De genetisch potentiële melkproductie is in het vorige hoofdstuk geformuleerd als de melkproductie die gehaald kan worden, indien zoveel mogelijk op de norm gevoerd wordt bij een gemiddelde ruwvoerqualiteit. Dit is de melkproductie, zoals het KOEMODEL (Hijink, 1977) deze berekent.

De voedertactiek met het hoogste saldo verdient de voorkeur, mits de vaste kosten niet hoger zijn als gevolg van het doorvoeren van deze tactiek. Het is evenwel mogelijk om bij een verandering van voedertactiek, middels de stijging van het saldo, aan te geven hoeveel de vaste kosten maximaal mogen toenemen.

In dit hoofdstuk worden de diverse voedertactieken voor een viertal bedrijfstypen doorgerekend. Deze bedrijfstypen variëren in hoogte van quotum per hectare (10.000 en 15.000 kilogram melk) en in genetisch potentiële melkproductie per koe (6.000 en 8.000 kg). Er komt op deze fictieve bedrijven alleen grasland voor. Er wordt verder verondersteld dat het aantal gve-jongvee per koe 0,25 bedraagt.

In een eerste subparagraaf wordt het model met de uitgangspunten in het model weergegeven. In een tweede subparagraaf worden de modeluitkomsten bij de diverse voedertactieken behandeld. De derde en tevens laatste subparagraaf vormt een samenvatting van de effecten van de diverse voedertactieken op het saldo.

3.1 Model en modeluitgangspunten

In deze paragraaf wordt het model weergegeven aan de hand van de variabelen die erin voorkomen. Tabel 3.1 geeft van iedere variabele aan, of het een aangenomen waarde betreft of dat de waarde uit andere variabelen is berekend. In het tweede geval wordt ook aangegeven, hoe en uit welke andere variabelen de waarde wordt berekend. Waar sprake is van het aantal hectare, wordt het aantal hectare voederoppervlakte bedoeld.

In de tabel wordt veelvuldig het woord "maatstaf" gebruikt. Hiermee wordt de bedrijfsspecifieke vergelijkingsmaatstaf bedoeld, zoals die beschreven is door De Haan (1991). Een maatstaf voor een bepaalde kosten- of opbrengstenpost is de gemiddelde hoogte van die bepaalde post, gecorrigeerd voor de onafhankelijke variabelen in de formule waarmee de maatstaf wordt berekend. Deze onafhankelijke variabelen zeggen iets over de structuur en de bedrijfsvoering van het bedrijf waarvoor de maatstaf wordt berekend, en maken de maatstaf bedrijfsspecifiek. Er is gebruik gemaakt van de maatstaven die bepaald zijn op basis van de data van de sterk gespecialiseerde melkveebedrijven uit het LEI-boekhoudnet 1991/92.

Bij de modelberekeningen is er steeds van uitgegaan, dat er per koe 0,25 gve-jongvee aanwezig zijn, en dat de veestapel voor 100% uit HF-dieren bestaat. Tevens is aangenomen dat de voederoppervlakte voor 100% uit grasland bestaat.

Voor de prijzen van krachtvoer, ruwvoer, melkproducten en stikstof is gebruik gemaakt van de gemiddeld betaalde prijs per 100 kVEM (bij stikstof per 100 kg). Ze bedragen achtereenvolgens *f* 41,11, *f* 33,20, *f* 182,50 per 100 kVEM voor krachtvoer (A-brok), ruwvoer en melkproducten en *f* 125,70 per 100 kg zuivere stikstof. Indien er bij bepaalde varianten ruwvoer overblijft, dan wordt dit verkocht voor vijftien gulden per 100 kVEM. Er is voor deze lage prijs gekozen, omdat extensieve bedrijven die ruwvoer overhouden vaak ook zelf in een extensieve regio liggen. Hierdoor zullen ze het ruwvoer moeilijk kunnen verkopen voor de gemiddelde ruwvoerprijs. De prijsmaatstaven zijn voor ieder bedrijfstype gelijk en zijn dus niet bedrijfsspecifiek.

Voor de omzet en aanwas per koe is gebruik gemaakt van een maatstaf die gecorrigeerd is voor de hoogte van de melkproductie per koe, het ras en het aantal gve-jongvee per melkkoe. Het rastype en het aantal gve-jongvee per koe blijven in het model constant. De melkproductie per koe varieert en is afhankelijk van de voedertactiek. Het is niet duidelijk of de relatie tussen de hoogte van de melkproductie per koe en de omzet en aanwas per koe, zoals aangegeven door de maatstaf, een causaal verband inhoudt. Het is met andere woorden niet helemaal duidelijk in hoeverre de omzet en aanwas stijgt bij voedertactieken die de melkproductie per koe laten stijgen. Bij voedertactieken die de melkproductie verhogen, zal vaak sprake zijn van een ruimere voedervoorziening. Bij een ruime voedervoorziening groeien de dieren sneller, wat een hogere omzet en aanwas

op kan leveren. Bovendien zullen veehouders, in individuele gevallen, in staat zijn meer fokvee te verkopen, indien de melkproduktie per koe hoger is. Er is daarom gekozen voor een omzet en aanwas per koe die hoger is naarmate de melkproduktie per koe hoger is. Conform de maatstaf stijgt de omzet en aanwas per koe met f 32,45 indien de melkproduktie met 1.000 kg stijgt.

Voor de overige opbrengsten geldt hetzelfde als voor de omzet en aanwas per koe. Hoewel in de praktijk een duidelijk positief verband tussen melkproduktie per koe en overige opbrengsten gevonden wordt, en de maatstaf ook hiervoor corrigeert, is het niet zeker of hier sprake is van een causaal verband. Voor de overige opbrengsten wordt, in tegenstelling tot de omzet en aanwas, eenmalig een vast bedrag per koe berekend, op basis van de genetisch potentiële melkproduktie.

De dierkosten bestaan uit gezondheidskosten, inseminatiekosten, kosten voor stamboek en melkcontrole en rentekosten. Ook hiervoor geldt, dat er eenmalig een maatstaf per koe wordt berekend op basis van de genetisch potentiële melkproduktie. De veeverbeteringskosten (inseminatie, stamboek en melkcontrole) zullen niet toenemen bij een stijgende melkproduktie, als gevolg van een stijging van het voerniveau. De diergezondheidskosten kunnen wel stijgen bij een hoger voerniveau. Het is evenwel niet bekend hoeveel de diergezondheidskosten toenemen bij een stijging van het voerniveau. In dit onderzoek wordt daarom uitgegaan van vaste diergezondheidskosten, afhankelijk van het genetisch niveau.

De maatstaf voor voeraankopen (kVEM/ha) wordt als volgt berekend:

$$y = a + b \cdot mkha + c \cdot mkha \cdot fpcm^2 + d \cdot mkha \cdot ras + e \cdot gvejvha + f \cdot N + g \cdot N^2$$

waarin:

- y = voeraankopen (kVEM/ha voederoppervlakte);
- a / m / f = regressiecoëfficiënten, waarbij a en f negatief zijn;
- $mkha$ = aantal melkkoeien per hectare;
- $fpcm$ = kilogram melk per koe (gecorrigeerd voor vet- en eiwitpercentage);
- $gvejvha$ = aantal gve-jongvee per hectare;
- N = stikstofgift in kilogram werkzame N per hectare.

Er bestaat zowel een maatstaf voor krachtvoer- als voor ruwvoeraankopen. Bij het doorrekenen van de voedertactieken worden slechts delen van deze formule gebruikt. Het voerverbruik per koe wordt bijvoorbeeld niet met de maatstaf berekend. Het krachtvoerverbruik per koe is een uitgangspunt bij iedere tactiek. Het ruwvoerverbruik per koe wordt berekend met formule II (zie paragraaf 2.4.7). Het voerverbruik per gve-jongvee wordt gelijk gesteld aan coëfficiënt e van de maatstaf (2.209 voor ruwvoer en 1.222 voor krachtvoer).

Indien geen vee zou worden gehouden, dan zou als maatstaf een negatieve voeraankoop berekend worden, via de negatieve constante (a) en de coëfficiënten f en g . Dit wordt beschouwd als de netto-graslandopbrengst (bruto-opbrengst minus verliezen). Bij een N-gift van 400 kg per

hectare bedraagt deze 6.221 kVEM per hectare, zodat de ruwvoeraankopen worden berekend als:

- $6.221 + \text{aantal melkkoeien} * \text{ruwvoer verbruik/koe} + 2.209 * \text{gve-jongvee/ha}$ (zie v23 in tabel 3.1).

Voor de kosten voor de voederoppervlakte bestaan afzonderlijke maatstaven voor zaaizaad en bestrijdingsmiddelen, voor overige kunstmestkosten en voor overige kosten. Indien de voederoppervlakte voor 100% uit grasland bestaat, bedragen ze gezamenlijk *f* 74,52 per hectare. De N-kunstmestkosten worden berekend als de werkzame N-gift (deze wordt aangenomen), minus de produktie van werkzame N in organische mest, maal de N-prijs. Volgens Luesink (1993) produceert 1 gve per jaar 107 kg N. Hiervan is het deel dat via emissie uit de stal en mestopslag verdwijnt, al afgetrokken. Bij onbeperkt weiden valt de helft van de mest in de wei. Deze mest remt de grasgroei in de vorm van mestvlaten en urineplekken. Van de stikstof in deze mest en urine wordt dan ook geen positieve werking op de graslandopbrengst verondersteld. Van de mest die in de stal wordt opgevangen is vervolgens slechts ongeveer de helft werkzaam (dit is afhankelijk van manier van toedienen). De formule voor het berekenen van de hoeveelheid werkzame N uit organische mest per hectare wordt dan: $107 * (\text{melkkoeien/ha} + \text{gve-jongvee/ha}) * 0,5 * 0,5$. Bij varianten waarbij de veebezetting afneemt, moet dus meer stikstof in de vorm van kunstmest worden aangekocht.

De diverse voedertactieken zullen het vet- en eiwitgehalte in de melk beïnvloeden. De hoogte van beide gehalten bepalen de hoogte van de melkprijs. De prijzen per kilogram vet en per kilogram eiwit bedroegen in boekjaar 1991/92 *f* 8,10 en *f* 12,69 (Bron: LEI-DLO). Sinds er een vetquotering is, zal het vetgehalte van invloed zijn op de hoogte van het quotum per hectare. Bij de berekening van het nieuwe quotum per hectare wordt uitgegaan van een daling van het quotum met 1,8%, indien de vetreferentie met 0,1% wordt overschreden (Waiboer, 1988). In de volgende berekeningen wordt steeds uitgegaan van een vetreferentie van 4,22%, het gemiddelde van de sterk gespecialiseerde melkveebedrijven uit het LEI-boekhoudnet 1991/92.

Tabel 3.1 Het model en de modeluitgangspunten

Nr. Variabele (v)	Aanname/berekeningswijze
1 quotum (kg/ha)	aanname: afh.van bedrijfstype
2 vetreferentie quotum	aanname: 4,22% (niveau 1991/92)
3 kwal.gras (VEM/kg ds)	aanname: afh.van tactiek; gem. 950 VEM/kg ds
4 kwal.voordroogkuil (VEM/kg ds)	aanname: afh.van tactiek; gem. 850 VEM/kg ds
5 genetisch potent.melkprod.	aanname: afh. van bedrijfstype
6 vet% bij normvoeding	aanname: 4,44% (niveau 1991/92)
7 eiwit% bij normvoeding	aanname: 3,47% (niveau 1991/92)
8 gve-jongvee/melkcoe	aanname: 0,30
9 netto-grasopbr. (kVEM/ha)	aanname: 6221 bij 400 kg werkzame N (maatstaf)
10 krachtvoer/koe (kVEM)	aanname: afh.van tactiek
11 ruwvoer/koe (kVEM)	berekend uit v3, v4, v5 en v10 met formule II
12 ruwvoerprijs	aanname: f 33,20 per 100 kVEM (maatstaf) bij aankoop, f 15,- bij verkoop
13 krachtvoerprijs	aanname: f 41,11 per 100 kVEM A-brok (maatstaf). Bij tactiek met andere krachtvoersoort geldt andere prijs.
14 prijs melkprodukten	aanname: f 182,50 per 100 kVEM (maatstaf)
15 stikstofprijs	aanname: f 125,70 per 100 kg N (maatstaf)
16 melk/koe (kg)	berekend: $v19/(0.337+0.00116*v17+0.0006*v18)$
17 vetgehalte	berekend uit $(v10/(v10+v11))$ met formule III, aangevuld met tabel 2.41
18 eiwitgehalte	berekend uit $(v10/(v10+v11))$ met formule IV, aangevuld met tabel 2.41
19 melk/koe (kg fpcm)	berekend uit v3, v4, v5 en v10 met formule I
20 quotum (kg/ha)	berekend: $v1-0,18*(v17-v2)$ (zie tekst boven tabel)
21 melkkoeien/ha	berekend: $v20/v16$
22 gve-jongvee/ha	berekend: $v21*v8$
23 ruwvoeraankoop (kVEM/ha)	berekend: $v21*v11 +v22*2209$ (=maatstaf) -6221 (=maatstaf netto-graslandopbrengst)
24 krachtvoer (kVEM/ha)	berekend: $v21*v10 +v22*1222$ (=maatstaf)
25 melkprodukten/ha (kVEM)	berekend: $v21*v8*1,2*93$ (=maatstaf)
26 melkprijs (guidens/100 kg)	berekend: $-7 +8,40*v17 +12,50*v18$
27 melkopbrengst/ha	berekend: $v26*0.01*v20$
28 omzet en aanwas/ha	berekend: $v21*maatstaf$ (afh.van v5 en v8)
29 overige opbrengsten/ha	berekend: $v21*maatstaf$ (afh.van v5 en v8)
30 voerkosten/ha	berekend: $v12*v23 +v13*v24 +v14*v25$
31 kosten voederoppervlakte	berekend: maatstaf voor zaaizaad, bestrijdingsmiddelen en overig kunstmest (niet N) plus N-kunstmest berekend als: $v15*(400-(107*0,50*0,35*(v21+v22)))$
32 dierkosten/ha	berekend: $v21*maatstaf$ (afh.van v5 en v8)
33 saldo/ha	berekend: $v27 +v28 +v29 -v30 -v31 -v32$

NB: Bij niveau 1991/92 en bij maatstaf wordt het niveau van de sterk gespecialiseerde melkveebedrijven in het LEI-boekhoudnet 1991/92 bedoeld.

3.2 Het effect van de voertactieken op het saldo per hectare

Deze paragraaf bestaat uit een aantal subparagrafen die ieder een van de in paragraaf 2.4 genoemde tactieken behandelt. Deze tactieken worden steeds doorgerekend voor een quotum van 10.000 en een quotum van 15.000 kg per hectare. Bij een quotum van 15.000 kg per hectare moet steeds, onafhankelijk van de voedertactiek ruwvoer aangekocht worden. Bij een quotum van 10.000 kg per hectare hangt de ruwvoersituatie af van de melkproductie per koe, die afhankelijk is van de voedertactiek en de genetisch potentiële melkproductie per koe. Binnen de twee quotumniveaus wordt de situatie voor twee genetisch potentiële melkproducties doorgerekend (6.000 en 8.000 kg fpcm). Voor de overige uitgangspunten wordt verwezen naar paragraaf 3.1.

Als eerste tactiek komt het wijzigen van de krachtvoergift per koe aan de orde. Ook bij alle andere tactieken is de hoogte van de krachtvoergift per koe van grote invloed. Om deze reden worden bij alle tactieken figuren getoond, met het effect van de hoogte van de krachtvoergift per koe op het saldo per hectare. Hierbij wordt steeds de behandelde tactiek (soort krachtvoer, of manier van verstrekking) vergeleken met het tweemaal daags verstrekken van standaard A-brok. Dit is gekozen als uitgangssituatie.

3.2.1 De hoogte van de krachtvoergift

In een eerste subparagraaf wordt het effect van een variërende krachtvoergift op technische en economische resultaten uitvoerig behandeld voor een bedrijf met een genetisch potentiële melkproductie van 26.000 kg fpcm en een quotum van 15.000 kg per hectare. In een tweede subparagraaf worden de effecten voor diverse bedrijfstypen bekeken, waarbij ook het effect van een gewijzigde krachtvoerprijs wordt behandeld.

3.2.1.1 Effecten bij 6.000 kg fpcm per koe en 15.000 kg quotum per hectare

Tabel 3.2, 3.3 en 3.4 geven een indruk van de werking van het model bij een variërende krachtvoergift per koe. Tabel 3.2 toont het ruwvoerverbruik, de melkproductie en de veebezetting. Tabel 3.3 geeft de voeraankopen per hectare weer en tabel 3.4 toont de berekening van het saldo per hectare. Er is uitgegaan van een veestapel met een genetisch potentiële melkproductie van 6.000 kg fpcm met een vetgehalte van 4,44% en een eiwitgehalte van 3,47% (niveau van de sterk gespecialiseerde melkveebedrijven in het LEI-boekhoudnet 1991/92). Om daadwerkelijk een melkproductie van 6.000 kg fpcm per koe per jaar te realiseren is ongeveer 1.200 kVEM krachtvoer nodig, bij de aangenomen gemiddelde kwaliteit van het gras en winterruwvoer (respectievelijk 950 en 850 VEM/kg ds).

Het quotum bedraagt 15.000 kg per hectare met een vetreferentie van 4,22% (niveau van de sterk gespecialiseerde melkveebedrijven in het LEI-boekhoudnet 1991/92). De voerprijzen zijn zoals in paragraaf 3.1 genoemd is (zie ook v12 en v13 in tabel 3.1).

Tabel 3.2 geeft het effect van de hoogte van de krachtvoergift op enkele technische kengetallen. Uit de tabel blijkt dat een verhoging van de krachtvoergift per koe leidt tot een lagere ruwvoeropname en een hogere melkproductie met een hoger eiwitgehalte en een lager vetgehalte. Als gevolg van het lagere vetgehalte stijgt het quotum per hectare. De melkproductie per koe neemt echter sneller toe, waardoor de veebezetting daalt bij een toenemende krachtvoergift per koe.

Tabel 3.2 Het effect van de hoogte van de krachtvoergift op de ruwvoeropname en de melkproductie per koe, het quotum en de veebezetting bij een genetisch potentiële melkproductie van 6.000 kg fpcm (vetgehalte 4,44%, eiwitgehalte 3,47%) en een quotum van 15.000 kg per hectare (vetref.4,22%)

	Krachtvoer per koe (kVEM)						
	1.000	1.200	1.400	1.600	1.800	2.000	2.200
Ruwvoer/koe (kVEM)	3.783	3.711	3.638	3.563	3.487	3.411	3.334
Melk/koe (kg)	5.429	5.640	5.820	5.969	6.087	6.172	6.223
Vet %	4,54	4,49	4,46	4,43	4,41	4,40	4,39
Eiwit %	3,42	3,44	3,46	3,47	3,49	3,50	3,52
Melk/koe (kg fpcm)	5.803	6.003	6.178	6.325	6.442	6.527	6.577
Quotum/ha	14.142	14.271	14.363	14.430	14.479	14.518	14.552
Melkkoelen/ha	2,60	2,53	2,47	2,42	2,38	2,35	2,34
Gve-jongvee/ha	0,78	0,76	0,74	0,73	0,71	0,71	0,70

Tabel 3.3 geeft de effecten van de hoogte van de krachtvoergift per koe op de voeraankopen per hectare in kVEM. Bij een stijgende krachtvoergift per koe nemen de krachtvoeraankopen toe. Deze stijging is relatief geringer, omdat het aantal koeien per hectare daalt. Als gevolg van een lagere ruwvoeropname per koe en een geringer aantal koeien per hectare, nemen de ruwvoeraankopen fors af. Ook de aankopen van melkproducten nemen af, omdat minder kalveren worden opgefokt ter vervanging van de veestapel.

De totale voeraankopen dalen bij een stijgende krachtvoergift per koe, als gevolg van de afname van de veebezetting. Bij zeer hoge krachtvoergiften stijgen ze echter weer, omdat het voerverbruik per koe sneller toeneemt dan het aantal koeien per hectare afneemt. Dit komt doordat van het extra opgenomen voer, een steeds groter deel voor vetvorming en niet voor de melkproductie gebruikt wordt. Zoals in paragraaf 2.4.2.1.1 reeds is genoemd, leidt vetvorming en vervolgens melkproductie uit deze reserve tot:

- een minder efficiënte omzetting van metaboliseerbare energie (ME) in netto-energie (NE);
- een hogere onderhoudsbehoefte als gevolg van het grotere gewicht.

Om bovenstaande redenen en omdat niet bekend is wat het effect is van een hoger gewicht in de volgende lactatie, wordt aangenomen dat de extra lichaamsreserves niet worden benut.

Tabel 3.3 Het effect van de hoogte van de krachtvoergift op de voeraankopen per hectare in kVEM bij een genetisch potentiële melkproductie van 6.000 kg fpcm (vetgehalte 4,44%, eiwitgehalte 3,47%) en een quotum van 15.000 kg per hectare (vetref.4,22%)

	Krachtvoer per koe (kVEM)						
	1.000	1.200	1.400	1.600	1.800	2.000	2.200
Ruwvoer	5.359	4.846	4.391	3.993	3.651	3.362	3.125
Krachtvoer	3.273	3.686	4.088	4.488	4.892	5.308	5.744
Melkproducten	91	89	86	85	83	82	82
Totaal	8.723	8.621	8.565	8.566	8.626	8.752	8.951

Tabel 3.4 geeft een overzicht van de effecten van de hoogte van de krachtvoergift op het saldo per hectare.

Omdat bij een stijgende krachtvoergift tegelijkertijd het vetgehalte daalt en het eiwitgehalte stijgt, verandert de melkprijs maar weinig. De melkopbrengsten stijgen echter wel, als gevolg van de toename van het quotum.

Als gevolg van de hogere melkproductie per koe bij een stijgende krachtvoergift daalt de veebezetting, waardoor de omzet en aanwas en de overige opbrengsten dalen. Deze daling wordt bijna geheel gecompenseerd, doordat ook de dierkosten (gezondheidskosten, inseminatiekosten en kosten voor melkcontrole en stamboek) dalen.

De voerkosten dalen bij een stijgende krachtvoergift per koe, maar nemen weer toe bij een hoge krachtvoergift. Dit wordt veroorzaakt doordat bij hoge krachtvoergiften het voerverbruik relatief sneller toeneemt dan de afname van de veestapel. Daarnaast bestaat een steeds groter deel van de voeraankopen uit het, ten opzichte van ruwvoer, dure krachtvoer.

Bij een laag krachtvoerniveau stijgt het saldo per hectare bij een stijging van de krachtvoergift. Dit wordt veroorzaakt door een stijging van de opbrengsten en een daling van de voerkosten en de dierkosten. Bij een hoog krachtvoerniveau nemen de opbrengsten nog wel toe, maar stijgen ook de voerkosten. De dierkosten dalen dan nog maar weinig. Dit leidt ertoe, dat de krachtvoergift een optimum vertoont bij ongeveer 1.650 kVEM per koe. Overigens valt op, dat een afwijking van deze optimale krachtvoergift slechts een gering effect op het saldo per hectare heeft.

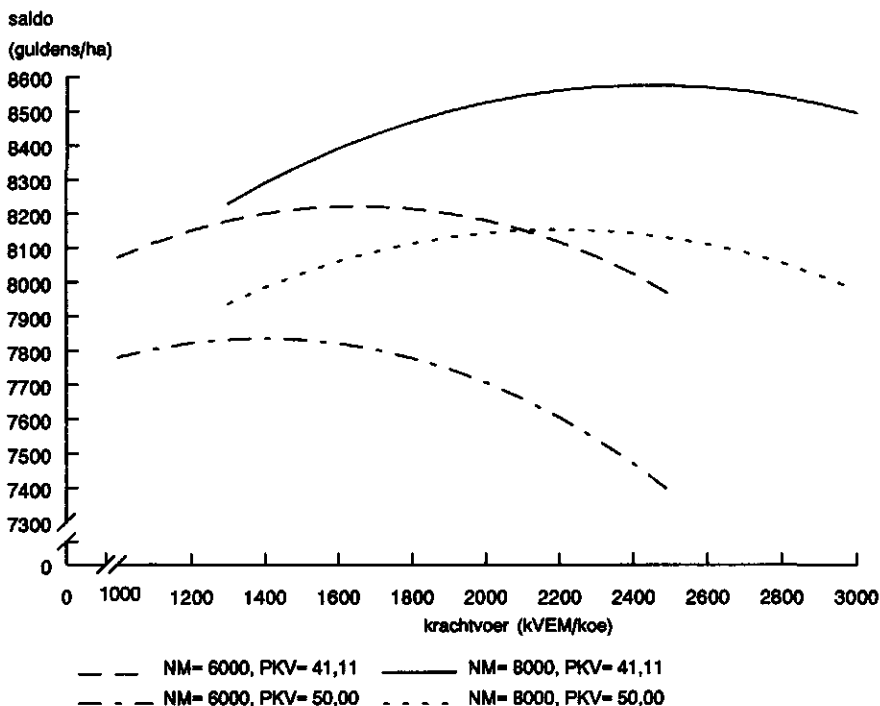
Tabel 3.4 Het effect van de hoogte van de krachtvoergift op het saldo per hectare bij een genetisch potentiële melkproductie van 6000 kg fpcm (vetgehalte 4,44%, eiwitgehalte 3,47%) en een quotum van 15000 kg per hectare (vetref.4,22%)

Kosten/ opbrengsten	Krachtvoer per koe (kVEM)						
	1.000	1.200	1.400	1.600	1.800	2.000	2.200
Melkprijs (f/100 kg)	79,15	78,99	78,93	78,93	78,98	79,04	79,12
Melkopbrengst	11.194	11.273	11.337	11.390	11.435	11.476	11.513
Omzet+aanwas	1.413	1.389	1.369	1.353	1.340	1.332	1.328
Overig opbr.	223	217	211	207	204	202	200
	<u>12.830</u>	<u>12.879</u>	<u>12.917</u>	<u>12.910</u>	<u>12.979</u>	<u>13.050</u>	<u>13.041</u>
Ruwvoer	1.779	1.609	1.458	1.326	1.212	1.116	1.038
Krachtvoer	1.346	1.515	1.681	1.845	2.011	2.182	2.362
Melkproducten	167	162	158	155	152	150	149
Voerkosten	<u>3.291</u>	<u>3.286</u>	<u>3.297</u>	<u>3.326</u>	<u>3.375</u>	<u>3.448</u>	<u>3.549</u>
Kosten opp.	463	467	469	472	473	474	475
Dierkosten	1.005	976	952	932	917	907	902
Saldo	8.070	8.150	8.199	8.220	8.214	8.181	8.115

3.2.1.2 Effecten bij verschillende uitgangssituaties

Figuur 3.1 geeft het effect van het variëren van de krachtvoergift per koe op de hoogte van het saldo per hectare, bij twee genetisch potentiële melkproducties (NM) en twee krachtvoerprijzen (PKV). Opmerkelijk is het verschil in saldo tussen de twee genetisch potentiële melkproducties. Bij de optimale krachtvoergiften bedraagt dit f 350,- per hectare. Dit komt doordat koeien met een hoge genetische potentiële melkproductie in staat zijn om meer droge stof op te nemen. Daarnaast gaan ze pas op een hoog opnameniveau voer omzetten in vet. Als gevolg van de hogere melkproductie kan de veestapel kleiner blijven, om het quotum vol te melken. Dit levert een forse besparing op de voerkosten op.

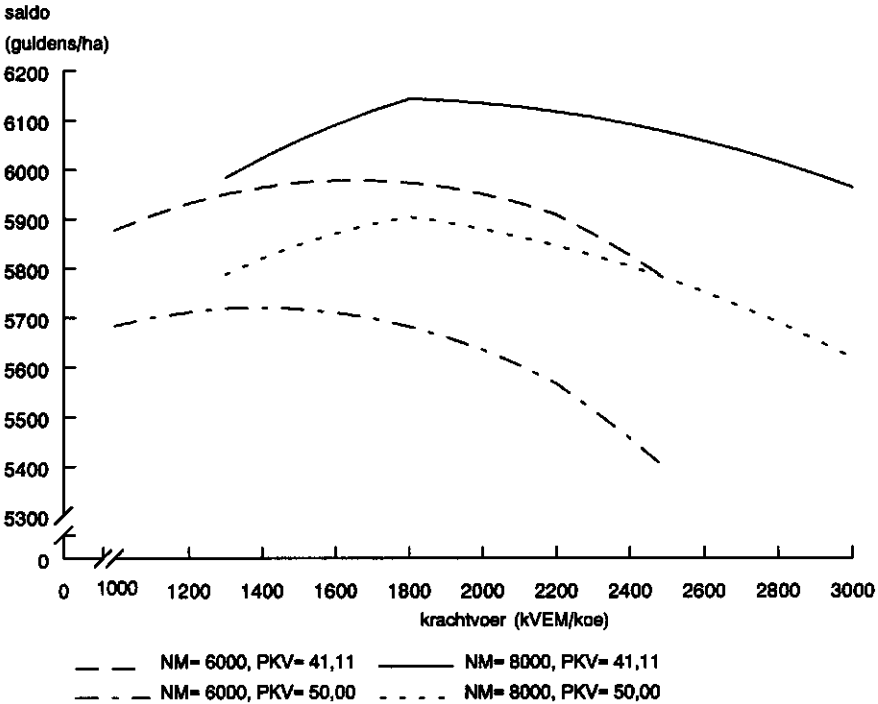
Bij een krachtvoerprijs van f 41,11 per 100 kVEM (niveau 1991/92) ligt de optimale krachtvoergift bij een genetisch potentiële melkproductie van 6.000 kg op 1.650 kVEM krachtvoer per koe. Bij een genetisch potentiële melkproductie van 8.000 kg ligt de optimale krachtvoergift rond 2.450 kVEM per koe. Een verhoging van de krachtvoerprijs naar f 50,- per 100 kVEM verlaagt het saldo met 300 tot 500 gulden per hectare, afhankelijk van de hoogte van de krachtvoergift. Bij een hoge krachtvoerprijs wordt het voeren van minder (duur) krachtvoer en meer (goedkoop) ruwvoer aantrekkelijker. Hierdoor daalt de optimale krachtvoergift van 1.650 naar



Figuur 3.1 Het effect van de hoogte van de krachtvoergift per koe op het saldo per hectare bij 15.000 kg quotum/ha (vetref.4,22%), 2 genetisch potentiële melkproducties (NM) en 2 krachtvoerprijzen (PKV)

1.400 kVEM per koe bij een genetisch potentiële melkproductie van 6.000. Bij een genetisch potentiële melkproductie van 8.000 daalt de optimale krachtvoergift van 2.450 naar 2.200 kVEM per koe. Aangenomen kan worden, dat de optimale krachtvoergift stijgt naarmate de verhouding tussen de krachtvoerprijs en de ruwvoerprijs kleiner wordt.

Figuur 3.2 geeft de situatie weer voor bedrijven met een quotum van 10.000 kg per hectare met een vetreferentie van 4,22%. De figuur vertoont een duidelijke knik bij de krachtvoergift per koe waarbij het bedrijf ruwvoer overhoudt. Links van dit punt veroorzaakt een toename van de krachtvoergift een afname van de ruwvoeraankopen, met een waarde van f 33,20 per 100 kVEM. Rechts van het punt van zelfvoorzienendheid leidt een toename van de krachtvoergift tot een verkoop van ruwvoer, met een waarde van f 15,- per 100 kVEM. Indien het ruwvoer ook voor de aankoop prijs verkocht zou kunnen worden, dan zou de lijn vloeiend doorlopen, zoals in figuur 3.1. Naarmate het verschil tussen aankoop- en verkoopprijs groter is, is de knik dus scherper.



Figuur 3.2 Het effect van de hoogte van de krachtvoergift per koe op het saldo per hectare bij 10.000 kg quotum/ha (vetref.4,22%), 2 genetisch potentiële melkproducties (NM) en 2 krachtvoerprijzen (PKV)

Bij het bedrijf met een genetisch potentiële melkproductie van 6.000 kg ligt de knik bij 2.250 kVEM krachtvoer. Bij het bedrijf met een genetisch potentiële melkproductie van 8.000 kg ligt de knik bij 1.800 kVEM krachtvoer. Dit is bij dit bedrijf tevens de optimale krachtvoergift. Het samenvallen van de optimale krachtvoergift en het punt van zelfvoorzienendheid is veroorzaakt door het uitgangspunt dat de verkoopprijs van ruwvoer aanzienlijk lager is dan de aankoopprijs. Indien de verkoopprijs en de aankoopprijs van ruwvoer gelijk zijn, dan vertoont de lijn geen knik. Uiteraard is de ligging van dit punt, waarbij het bedrijf zelfvoorzienend is in de ruwvoerbehoefte, sterk afhankelijk van de hoogte van de stikstofbemesting. Deze is in dit onderzoek op 400 kg stikstof gesteld. De hoogte van de optimale krachtvoergift is dus indirect ook afhankelijk van de hoogte van de stikstofprijs. Dijk et al. (1994), die onderzoek deden naar het effect van prijsveranderingen van inputfactoren op het gebruik van deze inputfactoren, op het bedrijfsresultaat en op de milieubelasting, vonden dat het krachtvoerverbruik inderdaad afhankelijk is van de prijs van stikstof. Bij een heffing op stikstof van 1 gulden per kilogram stegen

niet alleen de ruwvoeraankopen met 96 kVEM per hectare. De krachtvoeraankopen stegen veel sneller, namelijk met 173 kVEM per hectare.

Tabel 3.5 geeft voor de diverse bedrijfstypen het effect van een afwijkende krachtvoergift ten opzichte van de norm op het saldo per hectare, bij drie krachtvoerprijzen. Voor de overige prijzen (ruwvoerprijs, omzet en aanwas enzovoort) is het niveau van 1991/92 aangehouden. Er is tevens uitgegaan van een gemiddelde ruwvoerkwaliteit. Uit de tabel blijkt dat het boven de norm voeren van krachtvoer vooral aantrekkelijk is bij een hoog quotum en een lage krachtvoerprijs. Bij een laag quotum is vooral het punt van zelfvoorzienendheid belangrijk voor de hoogte van de optimale krachtvoergift. Opvallend is tevens het brede optimum. Rond het hoogste saldo, veroorzaakt het verhogen of verlagen van de krachtvoergift met 200 kVEM een daling van het saldo van slechts enkele tientjes per hectare. Dat het optimum erg breed is, bleek ook al uit de figuren 3.1 en 3.2.

Tabel 3.5 Het effect van een afwijkende krachtvoergift per koe ten opzichte van de norm op het saldo per hectare voor diverse bedrijfstypen, bij drie krachtvoerprijzen

Quotum (kg/ha)	Genetisch potentiële melkprod.	Krachtvoer (kVEM)		Krachtvoerprijs (f/kVEM)					
		t.o v. norm.	abs.	0,35	0,45	0,55			
15.000	6.000	-400	797	8.129	-246	7.845	-161	7.562	-77
		-200	997	8.269	-105	7.943	-64	7.616	-23
		0	1.197	8.375	0	8.007	0	7.639	0
		200	1.397	8.448	74	8.040	34	7.632	-7
		400	1.597	8.494	119	8.046	39	7.597	-41
		600	1.797	8.512	137	8.023	17	7.535	-104
15.000	8.000	-400	1.538	8.583	-182	8.220	-125	7.857	-68
		-200	1.738	8.685	-79	8.293	-51	7.902	-23
		0	1.938	8.765	0	8.345	0	7.925	0
		200	2.138	8.823	58	8.375	30	7.927	2
		400	2.338	8.861	97	8.385	40	7.908	-17
		600	2.538	8.880	116	8.374	29	7.868	-57
10.000	6.000	-400	797	5.915	-164	5.726	-108	5.537	-51
		-200	997	6.009	-70	5.791	-43	5.573	-15
		0	1.197	6.079	0	5.834	0	5.588	0
		200	1.397	6.128	49	5.856	22	5.584	-4
		400	1.597	6.159	79	5.860	26	5.561	-28
		600	1.797	6.171	92	5.845	11	5.519	-69
10.000	8.000	-400	1.538	6.218	-89	5.976	-51	5.734	-13
		-200	1.738	6.286	-21	6.025	-2	5.764	17
		0	1.938	6.307	0	6.027	0	5.747	0
		200	2.138	6.304	-3	6.005	-22	5.706	-40
		400	2.338	6.293	-14	5.975	-52	5.657	-90
		600	2.538	6.274	-33	5.936	-91	5.599	-148

Samenvattend kan worden geconcludeerd dat de hoogte van de optimale krachtvoergift afhangt van:

- de hoogte van de genetisch potentiële melkproductie;
- de hoogte van het melkquotum per hectare;
- de hoogte van de stikstofbemesting, die de zelfvoorzienendheid bepaald;
- de verhouding tussen de krachtvoer- en de ruwvoerprijs.
- de hoogte van de omzet en aanwas en de dierkosten per koe.

3.2.2 Verbetering van de ruwvoerkwaliteit

Zoals uit paragraaf 2.4.1 bleek, heeft het verhogen van de ruwvoerkwaliteit een aantal gunstige effecten. Deze effecten zijn:

- een verhoging van de droge-stofopname per koe; ledere kilogram droge stof heeft tevens een hogere VEM-waarde. Dit leidt tot een verhoging van de melkproductie per koe bij een zelfde krachtvoergift per koe. Voor een zelfde melkproductie kan op krachtvoer worden bespaard.
- een verhoging van het eiwitgehalte in de melk, waardoor een hogere melkprijs bereikt kan worden.
- een stijging van de netto-graslandproductie; Zelfs, wanneer de droge-stofproductie constant blijft (hier aangenomen), dan nog neemt de kVEM-productie toe.

In deze paragraaf wordt het effect bekeken van het verhogen van de ruwvoerkwaliteit op het saldo per hectare. Er wordt uitgegaan van een stijging van de kwaliteit van zowel gras als voordroogkuil met 25 VEM per kilogram droge stof. In paragraaf 2.4.1 is reeds genoemd, dat het verhogen van de ruwvoerkwaliteit kan samengaan met het verhogen van de vaste kosten. Deze vormen echter geen onderdeel van het saldo, zoals gedefinieerd is in het begin van dit hoofdstuk.

Als gevolg van de kwaliteitsstijging met 25 VEM/kg ds bij een zelfde ds-productie, neemt de netto-graslandopbrengst toe met 183 kVEM ($25 * 6.221/850$). Bij een prijs van f 33,20 per 100 kVEM levert dit een besparing op de ruwvoerkosten op, van ongeveer f 60,- per hectare. Hierbij is ervan uitgegaan, dat de droge-stofproductie gelijk blijft, en dat de produktiviteitsstijging puur een gevolg is van de kwaliteitsstijging.

Tabel 3.6 toont de verandering van een aantal belangrijke technische kengetallen van het bedrijf met een genetisch potentiële melkproductie van 6.000 kg per koe indien de ruwvoerkwaliteit met 25 VEM/kg ds stijgt bij de meest optimale krachtvoergift in beide situaties.

Zoals uit tabel 3.6 blijkt neemt de ruwvoeropname per koe met bijna 200 kVEM toe, als gevolg van de betere kwaliteit en de lagere krachtvoergift. De totale voeropname neemt met 48 kVEM toe. Als gevolg van een hogere kVEM-opname stijgt de melkproductie met 49 kg fpcm. Deze stij-

Tabel 3.6 *Het effect van de ruwvoerkwaliteit (850 en 875 VEM/kg ds) op de optimale krachtvoergift per koe, de ruwvoeropname per koe, de melkproductie en de veebezetting, bij een genetisch potentiële melkproductie van 6.000 kg fpcm (vetgehalte 4,44%, eiwitgehalte 3,47%) en een quotum van 15.000 kg per hectare (vetref.4,22%)*

Kosten/ opbrengsten	Ruwvoerkwaliteit		
	850 VEM/kg ds	875 VEM/kg ds	verschil
Opt. krachtvoer/koe (kVEM)	1.650	1.500	-150
Ruwvoer/koe (kVEM)	3.544	3.742	+198
Melk/koe (kg)	6.002	6.001	-1
Vet %	4,43	4,45	+0,02
Eiwit %	3,48	3,57	+0,09
Melk/koe (kg fpcm)	6.357	6.406	+49
Quotum/ha	14.444	14.382	+62
Melkkoeien/ha	2,41	2,40	-0,01
Gve-jongvee/ha	0,72	0,72	0,00

ging is het gevolg van een gelijk blijvende kilogram productie met stijgende gehalten. Doordat het vetgehalte met 0,02% stijgt wordt het quotum met 62 kg per hectare gekort.

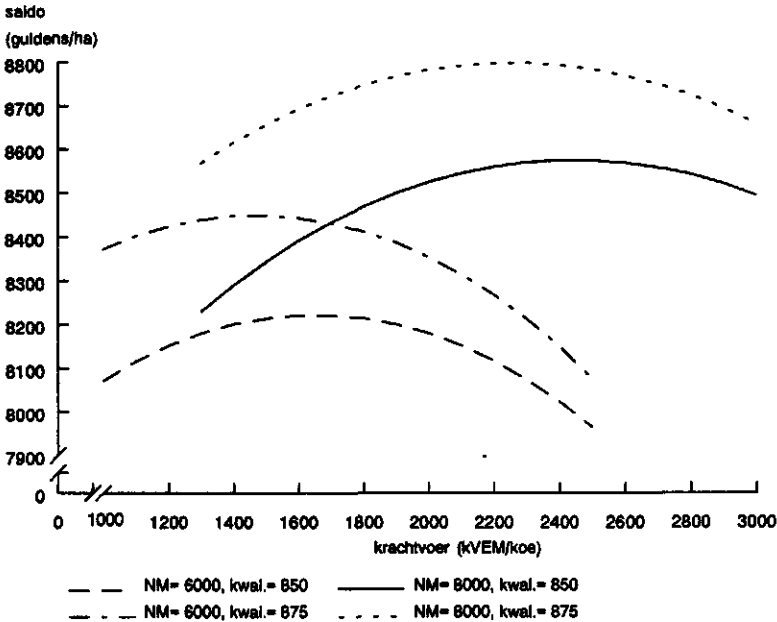
Tabel 3.7 toont vervolgens de opbouw van het saldo per hectare bij de optimale krachtvoergift bij beide ruwvoerkwaliteiten. Ondanks de (geringe) daling van het quotum per hectare nemen de melkopbrengsten nog toe. De melkprijs is namelijk toegenomen, als gevolg van de stijging van het eiwitgehalte. Zoals blijkt, is de stijging van het saldo voornamelijk het gevolg van een stijging van de melkopbrengst en een daling van de voeraankopen. De daling van de voeraankopen is het gevolg van een verschuiving van (duur) krachtvoer naar (goedkoop) ruwvoer. De ruwvoeraankopen stijgen zelfs nog met 247 kVEM per hectare, ondanks een hogere eigen ruwvoerproductie.

Figuur 3.3 toont het effect van een verbeterde ruwvoerkwaliteit bij een variërende krachtvoergift per koe voor bedrijven met een quotum van 15.000 kg/ha. Het saldo neemt met honderd tot driehonderd gulden per hectare toe, afhankelijk van de hoogte van de krachtvoergift per koe. Bij een lage krachtvoergift en/of bij een hoog genetisch niveau is het effect van de verbeterde kwaliteit hoger. De optimale krachtvoergift daalt bij een toename van de ruwvoerkwaliteit met ongeveer 150 kVEM per koe. Het saldo bij de optimale krachtvoergift stijgt bij een genetisch potentiële melkproductie van 6.000 kg per koe, van 8.221 naar 8.448. Bij een genetisch potentiële melkproductie van 8.000 kg per koe stijgt het saldo van 8.573 naar 8797.

Figuur 3.4 geeft de situatie weer voor bedrijven met een quotum van 10.000 kg per hectare met een vetreferentie van 4,22%. De figuur vertoont een duidelijke knik bij de krachtvoergift per koe, waarbij ruwvoer

Tabel 3.7 Het effect van de ruwvoer kwaliteit (850 en 875 VEM/kg ds) op het saldo per hectare bij de optimale krachtvoergift per koe, een genetisch potentiële melkproductie van 6.000 kg fpcm (vetgehalte 4,44%, eiwitgehalte 3,47%) en een quotum van 15.000 kg per hectare (vetref.4,22%)

Kosten/ opbrengsten	Ruwvoer kwaliteit		
	850 VEM/kg ds	875 VEM/kg ds	verschil
Melkprijs (f/100 kg)	78,94	80,34	+1,40
Melkopbrengst	11.402	11.554	+152
Omzet en aanwas	1.349	1.347	-2
Overig opbrengsten	206	207	+1
Totaal opbrengsten	12.957	13.107	+150
Voerkosten	3.336	3.262	-74
Kosten voederopp.	472	473	+1
Dierkosten	928	924	-4
Totaal kosten	4.736	4.659	-77
Saldo	8.221	8.448	+227

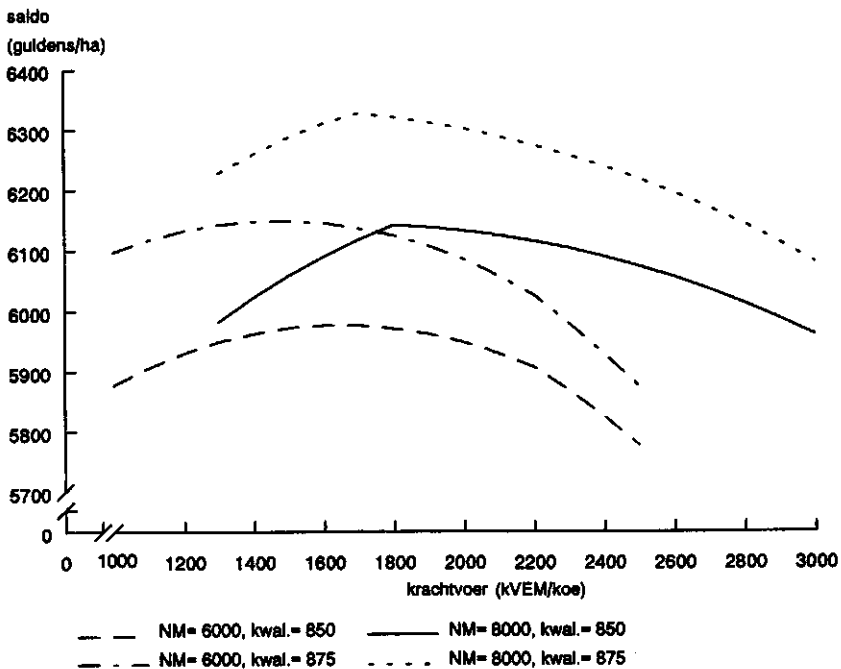


Figuur 3.3 Het effect van de ruwvoer kwaliteit (kwal.) op het saldo per hectare bij een variërende krachtvoergift, een quotum van 15.000 kg/ha (vetref.4,22%) en 2 genetisch potentiële melkproducties (NM)

overblijft. Als gevolg van de produktiviteitsstijging van grasland is een bedrijf eerder zelfvoorzienend, dat wil zeggen: bij een lagere krachtvoergift. Dit blijkt uit een verschuiving van de knik naar links in de figuur. Bij het bedrijf met een genetisch potentiële melkproduktie van 8.000 kg daalt de krachtvoergift, waarbij het bedrijf zelfvoorzienend is, van 1.800 naar 1.700 kVEM per koe.

In deze paragraaf is geen effect van de ruwvoer kwaliteit op het vetgehalte in de melk verondersteld. Of er een effect is, hangt af van de manier waarop de kwaliteitsverbetering tot stand komt. Indien de kwaliteitsverbetering tot stand komt door het gras in een jonger stadium te maaien, dan zal het minder structurele koolhydraten bevatten (zie paragraaf 2.4.1.1, figuur 2.8). Hierdoor zal het vetgehalte in de melk verlaagd worden. In dat geval, zou de stijging van het saldo per hectare groter zijn.

Er is aangenomen dat de ruwvoerproductie (ds) per hectare constant blijft, en dat de produktie in kVEM/ha evenredig stijgt met de kwaliteit (VEM/kg ds). Het is evenwel mogelijk dat de ds-produktie stijgt bij toenemende kwaliteit, indien het winterruwvoer beter geconserveerd wordt. Indien de kwaliteitsstijging bereikt wordt door frequenter te maaien, dan kan de ds-produktie afnemen. De manier waarop de betere kwaliteit bereikt wordt is dus van grote betekenis voor het effect op het saldo.



Figuur 3.4 Het effect van de ruwvoer kwaliteit (kwal.) op het saldo per hectare bij een variërende krachtvoergift, een quotum van 10.000 kg/ha (vetref.4,22%) en 2 genetisch potentiële melkproducties (NM)

3.2.3 De samenstelling van krachtvoer

In een aantal achtereenvolgende paragrafen wordt steeds een type krachtvoer vergeleken met standaard A-brok. Achtereenvolgens zijn dit: vetrijk krachtvoer, krachtvoer met langzaam afbreekbaar zetmeel en krachtvoer met bestendig eiwit.

3.2.3.1 Vetrijk krachtvoer

Het voeren van vetrijk krachtvoer verhoogt het vetgehalte en verlaagt het eiwitgehalte in de melk, bij een gelijke energie-opname, zoals bleek uit paragraaf 2.4.3.1. Verschillende onderzoeken spreken elkaar tegen over het effect op de melkproductie per koe (kilogram), bij een gelijke energie-opname. In dit onderzoek wordt aangenomen dat, bij een gelijke energie-opname, het voeren van vetrijk krachtvoer in plaats van A-brok, leidt tot een dezelfde productie van fpcm (fat and protein corrected milk), met een hoger vetgehalte en een lager eiwitgehalte. Tevens is aangenomen dat het vet de pensfermentatie dusdanig remt, dat vetrijk krachtvoer per kilogram ongeveer 12% meer ruwvoer verdringt dan standaard A-brok, doch per kVEM evenveel. Dit heeft tot gevolg dat de formules I en II onveranderd gebruikt kunnen worden, omdat de hoeveelheid krachtvoer in deze formules wordt uitgedrukt in kVEM.

De prijs van vetrijk krachtvoer is per kVEM gelijkgesteld aan de kVEM-prijs van standaard A-brok (f 41,11 per 100 kVEM). Dit betekent dat vetrijk krachtvoer ongeveer f 2,- per kilogram duurder is dan A-brok (Bolhuis, 1994).

Tabel 3.8 Het effect van vetrijk krachtvoer in vergelijking met A-brok op de optimale krachtvoergift per koe, de ruwvoeropname per koe, de melkproductie en de veebezetting, bij een genetisch potentiële melkproductie van 6.000 kg fpcm (vetgehalte 4,44%, eiwitgehalte 3,47%) en een quotum van 15.000 kg per hectare (vetref.4,22%)

	Soort krachtvoer		
	A-brok	vetrijk	verschil
Opt. krachtvoer/koe (kVEM)	1.650	1.600	-50
Ruwvoer/koe (kVEM)	3.544	3.563	-19
Melk/koe (kg)	6.002	5.958	-44
Vet %	4,43	4,48	+0,05
Eiwit %	3,48	3,41	-0,07
Melk/koe (kg fpcm)	6.357	6.325	-28
Quotum/ha	14.444	14.296	-48
Melkkoeien/ha	2,41	2,40	-0,01
Gve-jongvee/ha	0,72	0,72	0,00

In tabel 3.8 en 3.9 worden achtereenvolgens een aantal technische kengetallen en de opbouw van het saldo weergegeven, bij de optimale krachtvoergift voor het bedrijf met een genetisch potentiële melkproductie van 6.000 kg en een quotum van 15.000 kg per hectare.

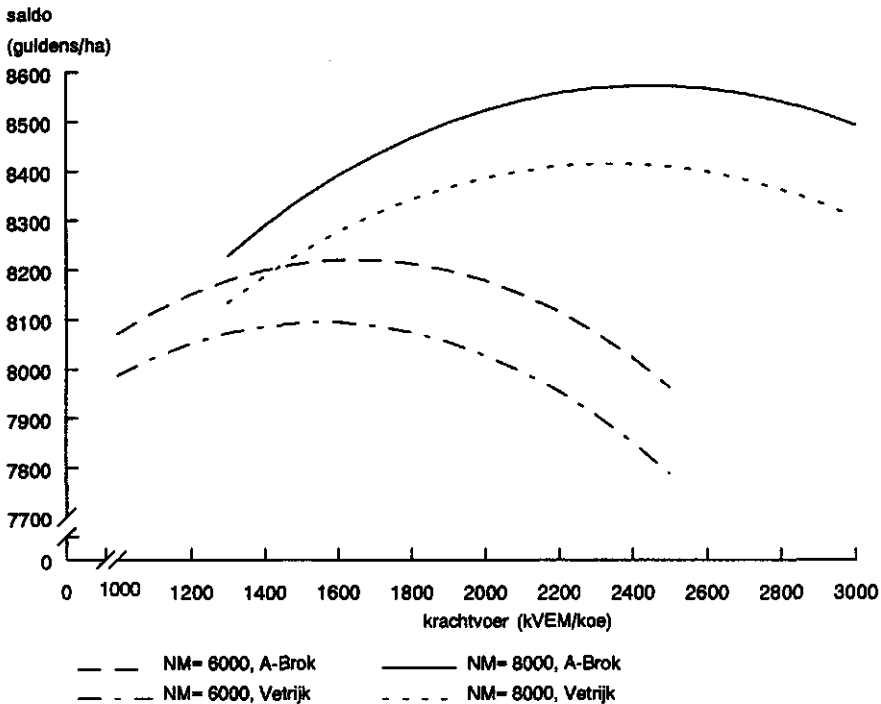
De optimale krachtvoergift daalt als gevolg van het voeren van vetrijk krachtvoer van 1.650 naar 1.600 kVEM per koe. Het vetrijk krachtvoer heeft een nadelige invloed op de melkproductie en de gehalten in de melk. Dit wordt mede veroorzaakt door de iets lagere krachtvoergift. Het eiwitgehalte daalt met 0,07% en het vetgehalte stijgt met 0,05%. Als gevolg van het hogere vetgehalte wordt het quotum gekort met 48 kg/ha.

Tabel 3.9 toont de opbouw van het saldo per hectare. Als gevolg van het voeren van vetrijk krachtvoer daalt het saldo per hectare met 100 tot 200 gulden, afhankelijk van de krachtvoergift per koe. Doordat in de tabel de krachtvoergift verlaagd is, daalt het saldo met f 127,- per hectare. Uit de tabel blijkt, dat de daling van het saldo voornamelijk wordt veroorzaakt door een daling van de melkopbrengsten, als gevolg van een verdere overschrijding van de vetreferentie. Daarnaast daalt de melkprijs met f 0,39 per 100 kg, als gevolg van het lagere eiwitgehalte in de melk. De voerkosten dalen ook licht, als gevolg van de lagere krachtvoeraankopen.

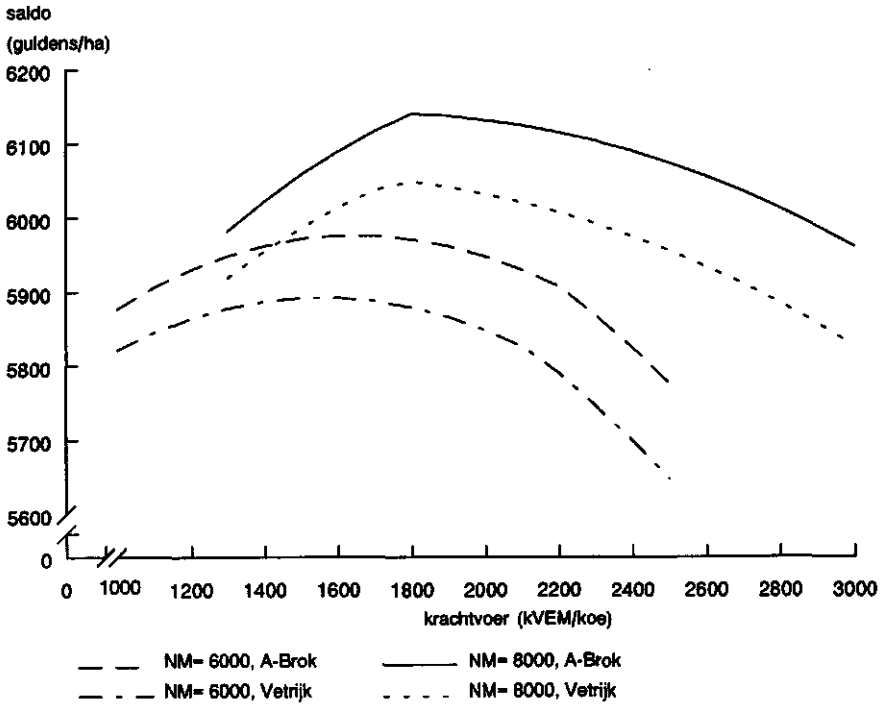
Tabel 3.9 Het saldo per hectare bij standaard A-brok en bij vetrijk krachtvoer, bij de optimale krachtvoergift per koe, een genetisch potentiële melkproductie van 6.000 kg fpcm (vetgehalte 4,44%, eiwitgehalte 3,47%) en een quotum van 15.000 kg per hectare (vetref.4,22%)

Kosten/ opbrengsten	Soort krachtvoer		
	A-brok	vetrijk	verschil
Melkprijs (f/100 kg)	78,94	78,55	-0,39
Melkopbrengst	11.402	11.229	-173
Omzet en aanwas	1.349	1.343	-6
Overig opbrengsten	206	206	0
Totaal opbrengsten	12.957	12.777	-180
Voerkosten	3.336	3.286	-50
Kosten voederopp.	472	472	0
Dierkosten	928	925	-3
Totaal kosten	4.736	4.683	-53
Saldo	8.221	8.094	-127

Figuur 3.5 toont het effect van het voeren van vetrijke krachtvoer, vergeleken met standaard A-brok, bij een quotum van 15.000 kg/ha. Er dient op gewezen te worden, dat de krachtvoergift per koe op de x-as, uitgedrukt is in kVEM. Vetrijke krachtvoer bevat 1,05 en A-brok 0,94 kVEM per kilogram. Dit betekent dat bij een gelijke kVEM-gift per koe 12% minder vetrijke krachtvoer (kilogram) gevoerd wordt. Figuur 3.6 geeft het verloop van het saldo bij variërende gift van A-brok en vetrijke krachtvoer en een quotum van 10.000 kg per hectare. Ook voor bedrijven met een laag quotum geldt, dat het voeren van vetrijke krachtvoer het saldo doet dalen. De daling is echter minder sterk, omdat de optimale krachtvoergift bij deze extensieve bedrijven lager ligt. Het effect van vetrijke krachtvoer op de gehalten in de melk, wordt dan ook verdund door een groter aandeel ruwvoer in het rantsoen. Tevens geldt dat het aantal koeien per hectare kleiner is, waardoor het effect van een bepaalde voedertactiek per hectare kleiner is. Dit geldt ook voor alle volgende voedertactieken.



Figuur 3.5 Het effect van vetrijke krachtvoer op het saldo per hectare vergeleken met A-brok, bij een variërende krachtvoergift, 15.000 kg quotum/ha en 2 genetisch potentiële melkproducties (NM)



Figuur 3.6 Het effect van vetricrutchvoer op het saldo per hectare vergeleken met A-brok, bij een variërende krachtvoergift, 10.000 kg quatum/ha en 2 genetisch potentiële melkproducties (NM)

3.2.3.2 Krachtvoer met langzaam afbreekbaar zetmeel

Uit paragraaf 2.4.3.2 bleek dat het voeren van krachtvoer met langzaam afbreekbaar zetmeel het vetgehalte doet dalen en het eiwitgehalte doet stijgen. Sinds de invoering van de vetquotering zijn dit gunstige effecten, die het saldo kunnen verhogen. Het verlagen van het vetgehalte heeft tot gevolg dat het quatum minder gekort wordt, als gevolg van een kleinere overschrijding van de vetreferentie. Er kunnen dus meer liters aan de fabriek geleverd worden. Dit blijkt ook uit tabel 3.10, waarin het quatum stijgt met 257 kg per hectare, ten gevolge van de daling van het vetgehalte met 0,10%. Daarnaast stijgt het eiwitgehalte met 0,06%. Omdat de kVEM-opname bij beide krachtvoersoorten gelijk is, is de fpcm-productie even hoog (aanname in paragraaf 2.4.7). De cijfers in de tabel gelden bij de optimale krachtvoergift. Deze bedraagt bij zowel A-brok als bij krachtvoer met langzaam afbreekbaar zetmeel 1.650 kVEM.

Tabel 3.10 Het effect van krachtvoer met langzaam afbreekbaar zetmeel in vergelijking met A-brok op de optimale krachtvoergift per koe, de ruwvoeropname per koe, de melkproductie en de veebezetting, bij een genetisch potentiële melkproductie van 6.000 kg fpcm (vetgehalte 4,44%, eiwitgehalte 3,47%) en een quotum van 15.000 kg per hectare (vetref.4,22%)

	Soort krachtvoer		
	A-brok	langzaam afbreekbaar zetmeel	verschil
Opt. krachtvoer/koe (kVEM)	1.650	1.650	0
Ruwvoer/koe (kVEM)	3.544	3.544	0
Melk/koe (kg)	6.002	6.043	+41
Vet %	4,43	4,33	-0,10
Eiwit %	3,48	3,54	+0,06
Melk/koe (kg fpcm)	6.357	6.357	0
Quotum/ha	14.444	14.701	+257
Melkkoeien/ha	2,41	2,43	+0,02
Gve-jongvee/ha	0,72	0,73	+0,01

Tabel 3.11 toont de opbouw van het saldo per hectare, bij de optimale krachtvoergift per koe, voor het bedrijf met een genetisch potentiële melkproductie van 6.000 kg.

Krachtvoer met meer langzaam afbreekbaar zetmeel is in de praktijk 4 tot 5 gulden per 100 kg duurder dan A-brok (Bolhuis, 1994 en Mander-sloot et al., 1992). In de berekening is uitgegaan van een kVEM-prijs die 4 gulden per 100 kVEM hoger ligt dan standaard A-brok. De daling van het vetgehalte en de stijging van het eiwitgehalte in de melk veroorzaken een stijging van de melkopbrengsten met 208 gulden per hectare. Als gevolg van de hogere veebezetting nemen ook de omzet en aanwas met 15 gulden per hectare toe. Deze gunstige ontwikkeling van de opbrengsten wordt tenietgedaan door hogere voerkosten, als gevolg van het duurdere krachtvoer. De voerkosten nemen iets meer toe dan de opbrengsten, waardoor het saldo licht daalt.

Figuur 3.7 geeft het effect van het voeren van krachtvoer met langzaam afbreekbaar zetmeel op het saldo per hectare nog eens grafisch weer voor bedrijven met een quotum van 15.000 kg/ha. Bij het bedrijf met een genetisch potentiële melkproductie van 8.000 kg is het saldo bij beide krachtvoersoorten nagenoeg gelijk. Bij een laag quotum per hectare is het voeren van krachtvoer met langzaam afbreekbaar zetmeel zelfs iets interessanter voor bedrijven met een hoog genetisch potentiële melkproductie. Een verhoging van het quotum als gevolg van een daling van het vetgehalte, is voor deze extensieve bedrijven met een ruwvoeroverschot zeer gunstig. Bij deze bedrijven betekent een uitbreiding van de veestapel geen extra ruwvoeraankoop, maar een betere benutting van het eigen geteelde ruwvoer.

Tabel 3.11 Het saldo per hectare bij standaard A-brok en bij krachtvoer met langzaam afbreekbaar zetmeel, bij de optimale krachtvoergift per koe, bij een genetisch potentiële melkproduktie van 6.000 kg fpcm (vetgehalte 4,44%, eiwitgehalte 3,47%) en een quotum van 15.000 kg per hectare (vetref.4,22%)

	Soort krachtvoer		
	A-brok	zetmeelrijk	verschil
Melkprijs (f/100 kg)	78,94	78,97	+0,03
Melkopbrengst	11.402	11.610	+208
Omzet en aanwas	1.349	1.364	+15
Overig opbrengsten	206	208	+2
Totaal opbrengsten	12.957	13.182	+225
Voerkosten	3.336	3.580	+244
Kosten voederopp.	472	471	-1
Dierkosten	928	938	+10
Totaal kosten	4.736	4.989	+253
Saldo	8.221	8.193	-28

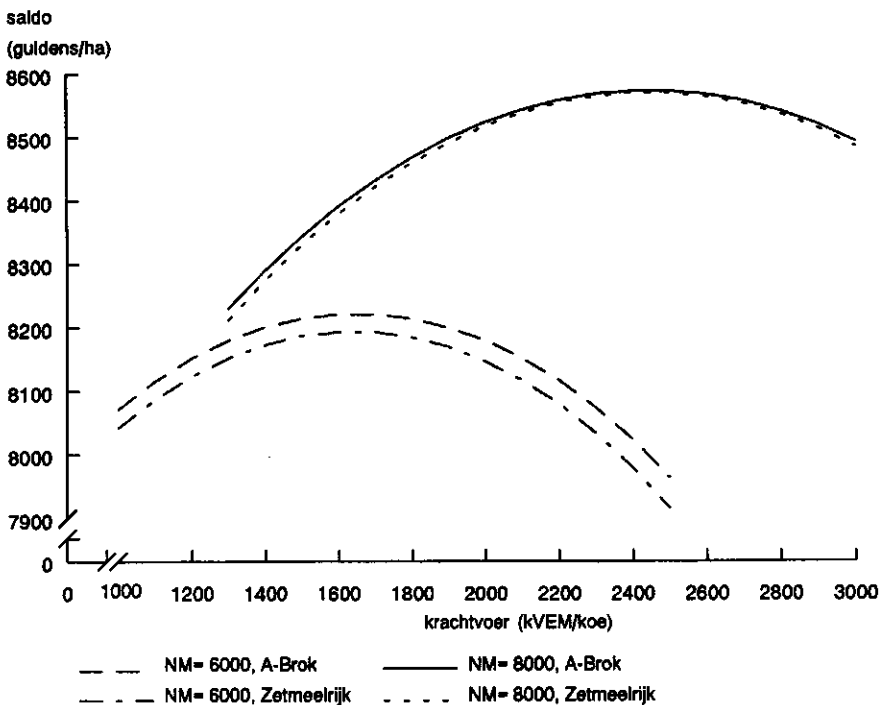
Uit het voorgaande blijkt, dat het voeren van krachtvoer met langzaam afbreekbaar zetmeel het meest interessant is voor bedrijven met een hoge melkproduktie en een laag quotum per hectare. Het zal pas echt interessant worden, indien het prijsverschil tussen krachtvoer met langzaam afbreekbaar zetmeel en A-brok kleiner wordt dan 4 gulden per 100 kg.

Ook Nijssen (1990) heeft onderzoek verricht naar de maximale prijs voor krachtvoer met langzaam afbreekbaar zetmeel, bij verschillende aannames omtrent het effect op melkproduktie en gehalten. Indien dit krachtvoer het vetgehalte met 0,10% doet dalen en het eiwitgehalte met 0,05% doet stijgen, dan zou volgens Nijssen (1990), het krachtvoer 3 gulden per 100 kg duurder mogen zijn dan A-brok. Hierbij is de melkproduktie per koe (kilogram) ongewijzigd. Indien tevens de melkproduktie per koe toeneemt met 150 kg per jaar, dan zou het krachtvoer 6 gulden per 100 kg duurder mogen zijn. In dit onderzoek daalt het vetgehalte met 0,10% en stijgt het eiwitgehalte met 0,06%, bij de optimale krachtvoergift. De melkproduktie in kilogram fpcm is constant verondersteld, zodat de melkproduktie in kilogram stijgt met 41 kg. De prijs van krachtvoer met langzaam afbreekbaar zetmeel mag dan maximaal 4 gulden per 100 kg hoger zijn.

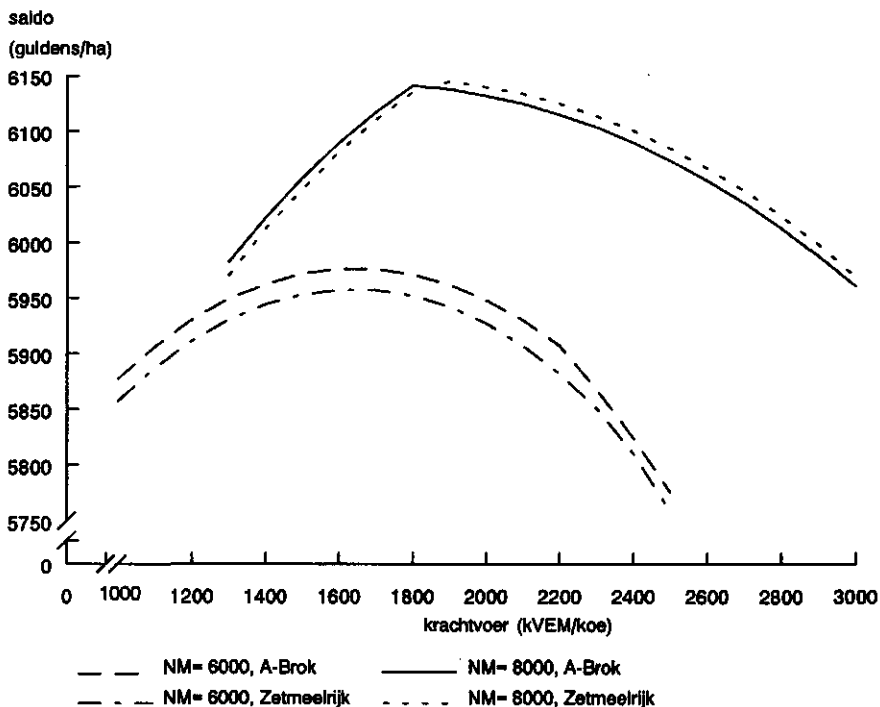
In het onderzoek van Nijssen (1990), en ook in dit onderzoek, is gekeken naar het effect van krachtvoer met langzaam afbreekbaar zetmeel over de gehele lactatie. Mandersloot et al. (1992) berichten echter, dat het effect van dit krachtvoer het grootst is in de eerste 12 weken van de lacta-

tie (+1 kg melk per koe per dag, +0,10% eiwit en -0,20% vet). In week 13-30 van de lactatie zijn de effecten kleiner (+0,5 kg melk per koe per dag, +0.05% eiwit en -0,10% vet). Dit is echter niet verwonderlijk, omdat ook de krachtvoergift veel lager is in week 13-30. Vanaf week 30 heeft het voeren van dit dure krachtvoer nauwelijks zin volgens Mandersloot et al. (1992). Indien krachtvoer met langzaam afbreekbaar zetmeel alleen in de eerste 30 weken van de lactatie wordt gevoerd, dan mag het volgens Mandersloot et al. (1992) maximaal ruim f 6,50 duurder zijn.

De berekende maximale prijzen gelden alleen indien voor het voeren van een andere krachtvoersoort aan het eind van de lactatie een extra silo en transportleiding aanwezig is. Volgens de auteurs betekent dit, dat indien deze hiervoor moeten worden aangeschaft, de meerwaarde van het krachtvoer daalt naar vier gulden per 100 kg. Dit betekent dat bij de huidige (hoge) prijs, het voeren van krachtvoer met langzaam afbreekbaar zetmeel uit bedrijfseconomisch oogpunt nauwelijks interessant is.



Figuur 3.7 Het effect van krachtvoer met langzaam afbreekbaar zetmeel op het saldo per hectare, bij een variërende krachtvoergift, 15.000 kg quotum/ha en 2 genetisch potentiële melkproducties (NM)



Figuur 3.8 Het effect van krachtvoer met langzaam afbreekbaar zetmeel op het saldo per hectare, bij een variërende krachtvoergift, 10.000 kg quotum/ha en 2 genetisch potentiële melkproducties (NM)

3.2.3.3 Krachtvoer met bestendig eiwit

Zoals uit paragraaf 2.4.3.4 bleek, verhoogt krachtvoer met bestendig eiwit zowel het vet- als het eiwitgehalte. Het effect op het vetgehalte is echter groter dan het effect op het eiwitgehalte, zoals blijkt uit tabel 3.12. Mede als gevolg van de lagere optimale krachtvoergift bij het voeren van krachtvoer met bestendig eiwit stijgt het vetgehalte met 0,14% en het eiwitgehalte met slechts 0,01%, bij een koe met een genetisch potentiële melkproductie van 6.000 kg melk. In de periode voordat de vetquotering ingesteld werd, waren dit zeer interessante effecten. Bij een quotering op alleen de kilogrammen melk, is het zaak een zo hoog mogelijke melkprijs te halen. Bij de huidige vetquotering is een stijging van het vetgehalte ongewenst, omdat dit leidt tot een daling van het quotum. Zoals uit tabel 3.12 blijkt is het quotum bijna 400 kg lager bij het voeren van krachtvoer met bestendig eiwit (bij de optimale krachtvoergift).

Tabel 3.12 Het effect van krachtvoer met bestendig eiwit in vergelijking met A-brok op de optimale krachtvoergift per koe, de ruwvoeropname per koe, de melkproductie en de veebezetting, bij een genetisch potentiële melkproductie van 6.000 kg fpcm (vetgehalte 4,44%, eiwitgehalte 3,47%) en een quotum van 15.000 kg per hectare (vetref.4,22%)

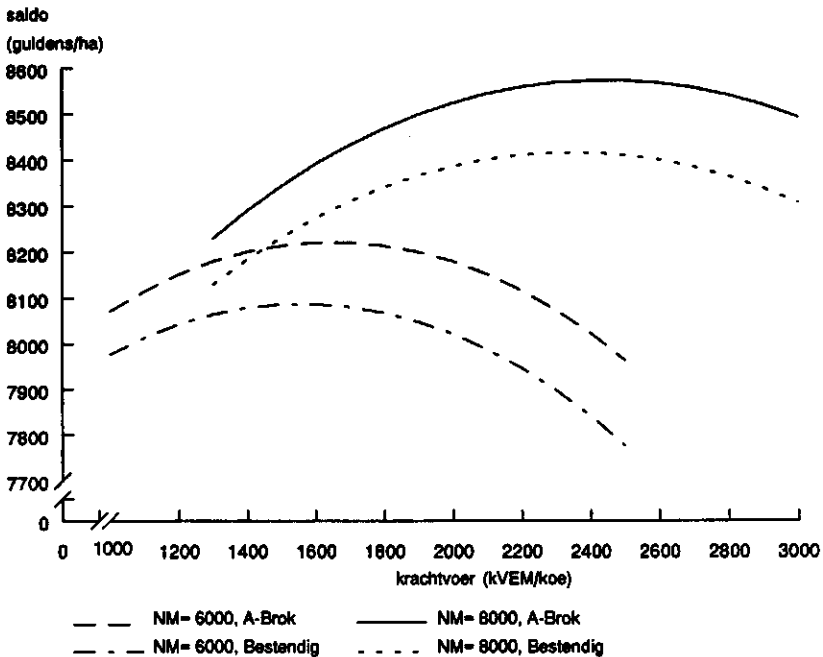
	Soort krachtvoer		
	A-brok	bestendig eiwit	verschil
Opt. krachtvoer/koe (kVEM)	1.650	1.550	-100
Ruwvoer/koe (kVEM)	3.544	3.582	+38
Melk/koe (kg)	6.002	5.843	-59
Vet %	4,43	4,57	+0,14
Eiwit %	3,48	3,49	+0,01
Melk/koe (kg fpcm)	6.357	6.291	+64
Quotum/ha	14.444	14.048	-396
Melkkoeien/ha	2,41	2,40	-0,01
Gve-jongvee/ha	0,72	0,72	0

In tabel 3.13 wordt de opbouw van het saldo per hectare weergegeven voor het bedrijf met een quotum van 15.000 kg quotum per hectare en een genetisch potentiële melkproductie van 6.000 kg fpcm. Het saldo wordt weergegeven bij de optimale krachtvoergift per koe (1.650 kVEM). Er is aangenomen dat krachtvoer met bestendig eiwit *f* 1,60 per 100 kVEM duurder is dan standaard A-brok. Dit komt overeen met een verschil van *f* 1,50 per 100 kg, (Bolhuis, 1994). Zoals hierboven genoemd, daalt het quotum per hectare, als gevolg van de stijging van het vetgehalte. Omdat de melkprijs, als gevolg van de hogere gehalten, ongeveer *f* 1,30 hoger is, is de melkopbrengst maar *f* 133,- lager. Het aantal melkkoeien per hectare is in beide situaties nagenoeg gelijk, omdat de daling van het quotum nagenoeg even sterk is als de daling van de melkproductie per koe. Hierdoor zijn de omzet en aanwas en de dierkosten in beide situaties vrijwel gelijk. Ook de voerkosten zijn nagenoeg gelijk. Dit komt, doordat de optimale krachtvoergift bij het krachtvoer met bestendig eiwit lager is, zodat het duurdere krachtvoerdeel wordt gecompenseerd door een groter aandeel goedkoop ruwvoer. Het geheel resulteert in een saldo per hectare dat *f* 133,- lager uitkomt bij het voeren van krachtvoer met bestendig eiwit.

Figuur 3.9 toont aan, dat het voeren van krachtvoer met bestendig eiwit het saldo per hectare met 100 tot 200 gulden verlaagt. Bij een hoge krachtvoergift is het effect uiteraard groter dan bij een lage krachtvoergift. De optimale krachtvoergift daalt hierdoor, bij een genetisch potentiële melkproductie van 6.000 kg, van 1.650 naar 1.550 kVEM per koe. Ook bij een genetisch potentiële melkproductie van 8.000 kg daalt de optimale krachtvoergift met 100 kVEM, van 2.450 naar 2.350 kVEM.

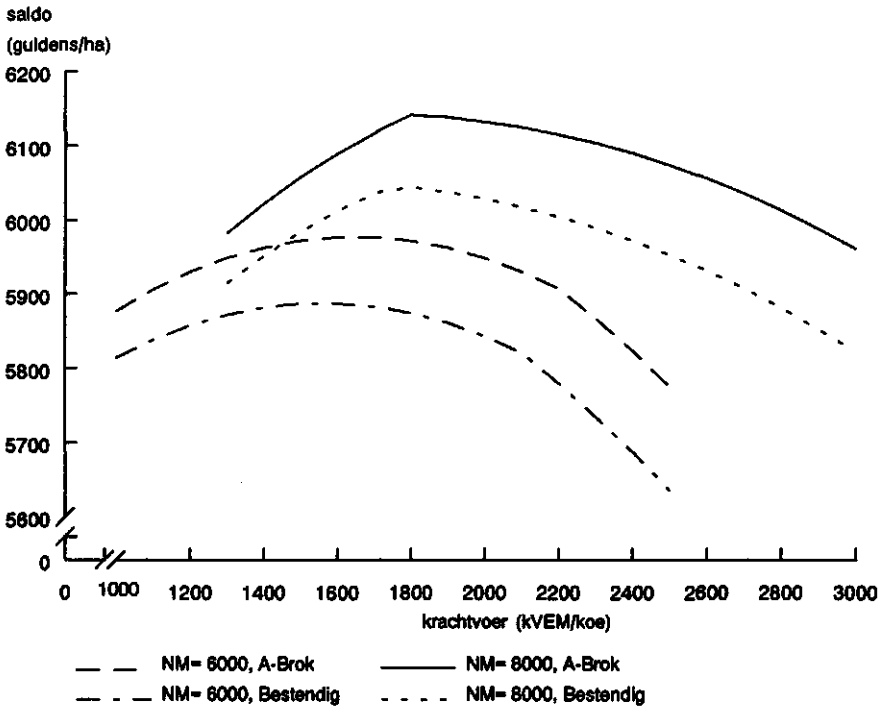
Tabel 3.13 Het saldo per hectare bij standaard A-brok en bij krachtvoer met bestendig eiwit, bij de optimale krachtvoergift per koe, bij een genetisch potentiële melkproductie van 6.000 kg fpcm (vetgehalte 4,44%, eiwitgehalte 3,47%) en een quotum van 15.000 kg per hectare (vetref.4,22%)

Kosten/ Opbrengsten	Soort krachtvoer		
	A-brok	bestendig eiwit	verschil
Melkprijs (f/100 kg)	78,94	80,22	+1,28
Melkopbrengst	11.402	11.269	-133
Omzet en aanwas	1.349	1.343	-6
Overig opbrengsten	206	206	0
Totaal opbrengsten	12.957	12.818	-139
Voerkosten	3.336	3.331	-5
Kosten voederopp.	472	472	0
Dierkosten	928	927	-1
Totaal kosten	4.736	4.730	-6
Saldo	8.221	8.088	-133



Figuur 3.9 Het effect van krachtvoer met bestendig eiwit op het saldo per hectare bij een variërende krachtvoergift, 15.000 kg quotum/ha en twee genetisch potentiële melkproducties (NM)

Figuur 3.10 geeft de situatie weer voor bedrijven met een quotum van 10.000 kg per hectare. Ook voor deze bedrijven is het voeren van krachtvoer met bestendig eiwit weinig zinvol. Het saldo per hectare neemt met gemiddeld 150 gulden per hectare af. Als gevolg van het hogere vetgehalte, daalt het quotum per hectare, waardoor de krachtvoergift waarbij ruwvoer overblijft (de knik in de lijn) met 50 kVEM daalt.



Figuur 3.10 Het effect van krachtvoer met bestendig eiwit op het saldo per hectare, bij een variërende krachtvoergift, 10.000 kg quotum/ha en twee genetisch potentiële melkproducties (NM)

3.2.4 Het gemengd of frequent voeren van krachtvoer

Het voordeel van gemengd voeren van krachtvoer en ruwvoer is het stabiliseren van de pensfermentatie. Omdat het krachtvoer niet langer in een aantal grote porties gegeven wordt, komen grote pH-schommelingen in de pens niet langer voor. Het nadeel van dit TMR-systeem (Total Mixed Ration), is dat koeien in verschillende produktiegroepen gehouden moeten worden. Ook is de apparatuur om het voer te kunnen mengen erg duur. Hetzelfde stabiliserende effect in de pens kan volgens Subnel (1992) ook verkregen worden door het geprogrammeerd verstrekken van kracht-

voer in meerdere kleine porties per dag. Omdat beide systemen, gemengd en frequent voeren van krachtvoer, eenzelfde effect hebben op de pensfermentatie, worden ze als een systeem behandeld. Vooral bij een hoog aandeel krachtvoer in het rantsoen, worden het vet- en eiwitgehalte verhoogd ten opzichte van het tweemaal daags verstrekken van krachtvoer (zie figuur 2.24 en 2.25). Er wordt in dit onderzoek geen rekening gehouden met het feit, dat de voeropname bij een stabielere pensfermentatie hoger kan zijn.

Bij de vorige tactieken werd aangenomen dat de vet- en eiwitgecorrigeerde melkproductie (fpcm) steeds gelijk is bij eenzelfde VEM-opname, ongeacht de voedertactiek. Omdat bij een stabielere pensfermentatie de vertering waarschijnlijk efficiënter zal verlopen, wordt bij deze tactiek aangenomen dat niet de hoeveelheid fpcm, maar de melkplas (kilogram) gelijk is, aan die bij het tweemaal daags verstrekken van A-brok (bij gelijke VEM-opname). Bij het overstappen van het tweemaal daags verstrekken naar het frequenter verstrekken van krachtvoer stijgt de fpcm-productie dus evenredig met de gehaltenes.

Tabel 3.14 geeft het effect van het frequent of gemengd voeren van krachtvoer op de optimale krachtvoergift, de melkproductie en de veebezetting, voor het bedrijf met een genetisch potentiële melkproductie van 6000 kg fpcm. Omdat aangenomen is dat de vertering efficiënter verloopt, ligt de optimale krachtvoergift 50 kg hoger dan bij het tweemaal daags verstrekken van krachtvoer. Hierdoor is de melkproductie hoger. Ondanks de hogere krachtvoergift is het vetgehalte aanzienlijk hoger (+0,15%) dan bij het tweemaal daags verstrekken van krachtvoer. Ook het eiwitgehalte is hoger. Als gevolg van het hogere vetgehalte is het quotum 427 kg per hectare lager. Door het lagere quotum en de hogere melkproductie daalt de veebezetting met 0,10 koe per hectare.

Tabel 3.14 Het effect van het respectievelijk tweemaal daags en frequent of gemengd toedienen van krachtvoer, bij een genetisch potentiële melkproductie van 6.000 kg fpcm (vetgehalte 4,44%, eiwitgehalte 3,47%) en een quotum van 15.000 kg per hectare (vetref. 4,22%)

	Verstrekking van krachtvoer (optimale krachtvoergift)		
	tweemaal daags	frequent of gemengd	verschil
Opt. krachtvoer/koe (kVEM)	1.650	1.700	+50
Ruwvoer/koe (kVEM)	3.544	3.525	-19
Melk/koe (kg)	6.002	6.061	+59
Vet %	4,43	4,58	+0,15
Eiwit %	3,48	3,53	+0,05
Melk/koe (kg fpcm)	6.357	6.549	+192
Quotum/ha	14.444	14.017	-427
Melkkoeien/ha	2,41	2,31	-0,10
Gve-jongvee/ha	0,72	0,69	-0,03

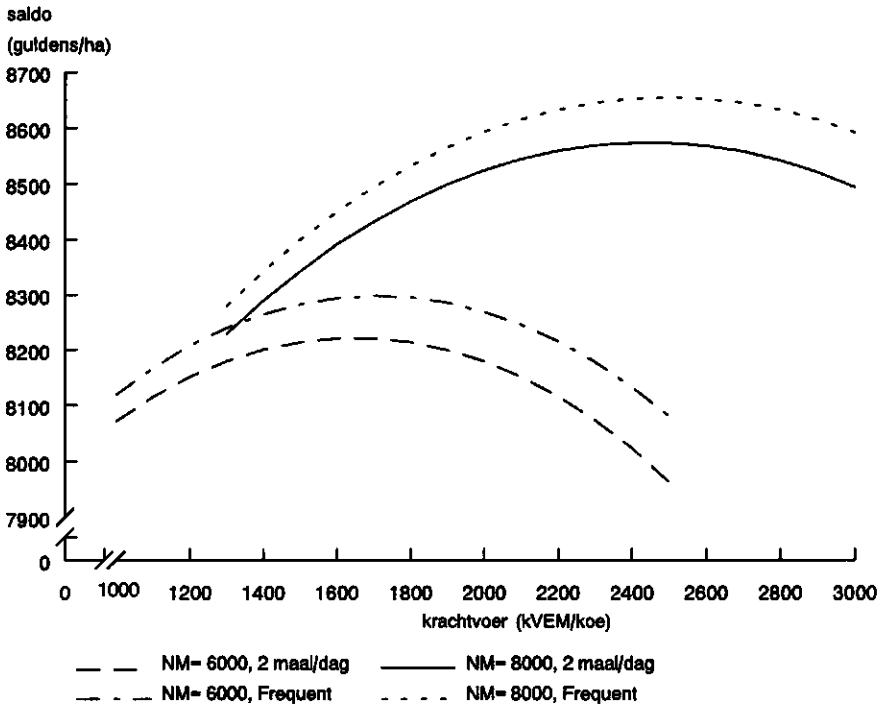
Tabel 3.15 geeft de opbouw van het saldo per hectare van een bedrijf met een quotum van 15.000 kg per hectare en een genetisch potentiële melkproductie van 6.000 kg, en bij de optimale krachtvoergift per koe. Als gevolg van het hogere vetgehalte bij gemengd of frequent verstrekken van krachtvoer, wordt het quotum gekort met 428 kg per hectare. De hogere melkprijs (+ f 1,95 per 100 kg), als gevolg van hogere gehalten, maakt veel goed. Hierdoor daalt de melkopbrengst met slechts 64 gulden per hectare. Als gevolg van de lagere veebezetting dalen de omzet en aanwas, de voerkosten en de dierkosten. Omdat de kosten sterker dalen dan de opbrengsten, stijgt het saldo met 76 gulden per hectare.

Tabel 3.15 Het saldo per hectare bij tweemaal daags verstrekken van standaard A-brok en bij het gemengd of frequenter voeren van krachtvoer, bij de optimale krachtvoergift per koe, bij een genetisch potentiële melkproductie van 6.000 kg fpcm (vetgehalte 4,44%, eiwitgehalte 3,47%) en een quotum van 15.000 kg per hectare (vetref.4,22%)

Kosten/ opbrengsten	Verstrekking van krachtvoer		
	tweemaal daags	frequent of gemengd	verschil
Melkprijs (f/100 kg)	78,94	80,89	+1,95
Melkopbrengst	11.402	11.338	-64
Omzet en aanwas	1.349	1.315	-34
Overig opbrengsten	206	199	-7
Totaal opbrengsten	12.957	12.852	-105
Voerkosten	3.336	3.183	-153
Kosten voederopp.	472	476	+4
Dierkosten	928	896	-32
Totaal kosten	4.736	4.555	-181
Saldo	8.221	8.297	+76

Figuur 3.11 geeft het effect van het gemengd of frequent verstrekken van krachtvoer op het saldo per hectare in vergelijking met het tweemaal daags verstrekken. Het saldo is, afhankelijk van de hoogte van de krachtvoergift, bij gemengd of frequent verstrekken van krachtvoer 50 tot 100 gulden per hectare hoger.

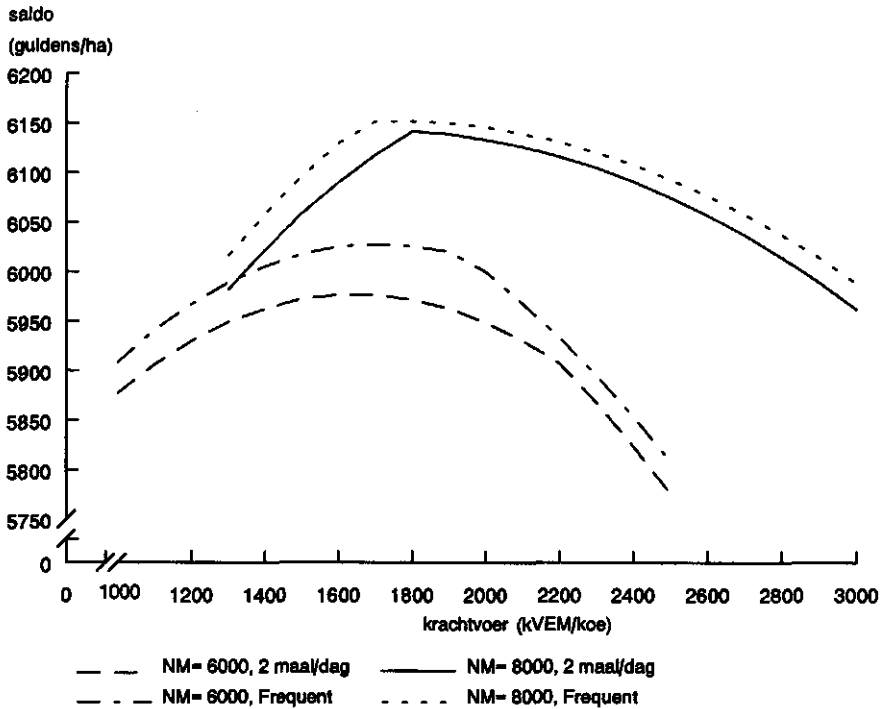
Figuur 3.12 toont het effect van het gemengd of frequent verstrekken van krachtvoer op het saldo per hectare, voor de bedrijven met een laag quotum van 10.000 kg per hectare. Voor deze bedrijven is de stijging van het saldo aanmerkelijk kleiner. Omdat het aantal koeien per hectare op deze bedrijven geringer is, is het effect van een efficiëntere vertering



Figuur 3.11 Het effect van gemengd of frequenter verstrekken van krachtvoer op het saldo per hectare, bij een variërende krachtvoergift, 15.000 kg quotum/ha en 2 genetisch potentiële melkproducties (NM)

per hectare ook kleiner. Daarnaast profiteren deze bedrijven ook nauwelijks van de daling van de veebezetting. In tegenstelling tot de intensievere bedrijven, die op de voerkosten kunnen besparen, houden deze bedrijven ruwvoer over. Het ruwvoer dat overblijft, kan slechts voor een lage prijs worden verkocht. Aangenomen is, dat het 15 gulden per 100 kVEM opbrengt.

In dit onderzoek is aangenomen dat het gemengd of frequenter verstrekken van krachtvoer leidt tot een iets hogere fpcm-productie (2 tot 2,5%), bij dezelfde VEM-opname. Indien tevens aangenomen zou worden dat het frequent of gemengd voeren van krachtvoer een stijging van de voeropname per koe tot gevolg heeft, dan zal het saldo sterker stijgen dan hier berekend is. De melkproductie per koe kan dan nog verder stijgen, waardoor het quotum dan met minder koeien kan worden volgemolken. Hoewel het effect op de voeropname in de praktijk vaak wel een motivatie is om krachtvoer frequent of gemengd te gaan verstrekken, is dit effect in de literatuur vaak minder groot. Volgens Robinson (1989) is er



Figuur 3.12 Het effect van gemengd of frequenter verstrekken van krachtvoer op het saldo per hectare, bij een variërende krachtvoergift, 10.000 kg quotum/ha en 2 genetisch potentiële melkproducties (NM)

een duidelijke relatie tussen het effect van het frequenter verstrekken van krachtvoer en de fermenteerbaarheid van het rantsoen, het lactatiestadium en de kwaliteit van het management. De hoogste respons van het beter spreiden van de krachtvoergift, of het gemengd voeren met ruwvoer, mag verwacht worden bij hoge krachtvoergiften in het begin van de lactatie en bij een slecht voermanagement. Bij een goed management is dus een kleinere respons te verwachten. Misschien verklaart dit het verschil tussen proefresultaten en de ervaringen in de praktijk. Indien een veehouder de krachtvoergift al voldoende over de dag verspreidt (bijvoorbeeld aan het voerhek), dan zal het effect van geprogrammeerd verstrekken van krachtvoer, of van gemengd voeren van krachtvoer en ruwvoer, tegen kunnen vallen. Uit het volgende hoofdstuk zal blijken dat de vaste kosten echter wel veel hoger zijn.

3.2.5 Het voeren van bijprodukten

In paragraaf 2.4.6 is reeds beschreven dat bijprodukten nevenprodukten zijn van voedings- en/of genotmiddelenindustrie. Als voordeel van deze bijprodukten werd genoemd dat ze goedkoop zijn. Indien echter gecorrigeerd wordt voor verliezen tijdens de opslag en vervoeding, dan blijkt dat ze per netto-kVEM slechts weinig goedkoper zijn dan standaardkrachtvoer (zie tabel 2.38). In het boekjaar 1991/92 betaalden de sterk gespecialiseerde melkveebedrijven uit het LEI-boekhoudnet gemiddeld *f* 39,34 per 100 netto-kVEM bijprodukten. Gemiddeld werd *f* 41,11 per 100 kVEM krachtvoer betaald, zodat het verschil slechts *f* 1,77 per 100 kVEM bedraagt. Voor bierbostel, perspulp, en maisglutenvoer werden achtereenvolgens *f* 40,51, *f* 39,78 en *f* 37,56 per 100 netto-kVEM betaald. Bij de volgende berekeningen worden deze prijzen aangehouden. Bij de berekeningen wordt steeds de helft van het krachtvoer door bijprodukten vervangen. De som van krachtvoer en bijprodukten wordt krachtvoerachtigen genoemd. Er wordt van uitgegaan, dat bijprodukten per kVEM evenveel ruwvoer verdringen als krachtvoer, en dat de omzetting van energie in melk even efficiënt verloopt bij eenzelfde voerniveau. Dit houdt in dat de formules I en II onveranderd bruikbaar zijn. De vet- en eiwitgehaltes in de melk veranderen, zoals in tabel 2.41 genoemd is. Hierbij wordt uitgegaan van een lactatieperiode van 305 dagen. De gemiddelde hoeveelheid bijprodukten per dag wordt dan berekend als de hoeveelheid krachtvoerachtigen per jaar, maal 0,5 (de helft is A-brok), gedeeld door 305 dagen.

Gezien de lagere kVEM-prijs van bijprodukten en de effecten op de vet- en eiwitgehaltes in tabel 2.41, is de verwachting dat het saldo bij gebruik van bijprodukten zal toenemen. Er wordt echter geen rekening mee gehouden, dat ook de vaste kosten, zoals de arbeidskosten, de werktuigkosten en de kosten voor opslag, zullen toenemen bij het voeren van bijprodukten. Deze vaste kosten vormen echter geen onderdeel van het saldo per hectare, zoals dat gedefinieerd is in dit onderzoek. De stijging van het saldo geeft echter wel een indicatie in hoeverre de vaste kosten mogen stijgen, wil het voeren van bijprodukten interessant zijn.

3.2.5.1 Perspulp

Perspulp verlaagt het vetgehalte en verhoogt het eiwitgehalte, zoals blijkt uit tabel 2.41. Mede als gevolg van de hogere optimale gift van krachtvoerachtigen is het vetgehalte in tabel 3.16 0,08% lager en het eiwitgehalte 0,07% hoger. Door het lagere vetgehalte is het quotum 195 kg per hectare hoger. Als gevolg van de hogere voeropname per koe is de melkproductie 85 kg fpcm hoger.

Tabel 3.17 toont de opbouw van het saldo, voor het bedrijf met een genetisch potentiële melkproductie van 6.000 kg. Uitgangspunt is dat de prijs van perspulp *f* 39,78 per 100 netto-kVEM bedraagt. Uiteraard is het saldo bij vervangen van krachtvoer door perspulp hoger, als gevolg van de

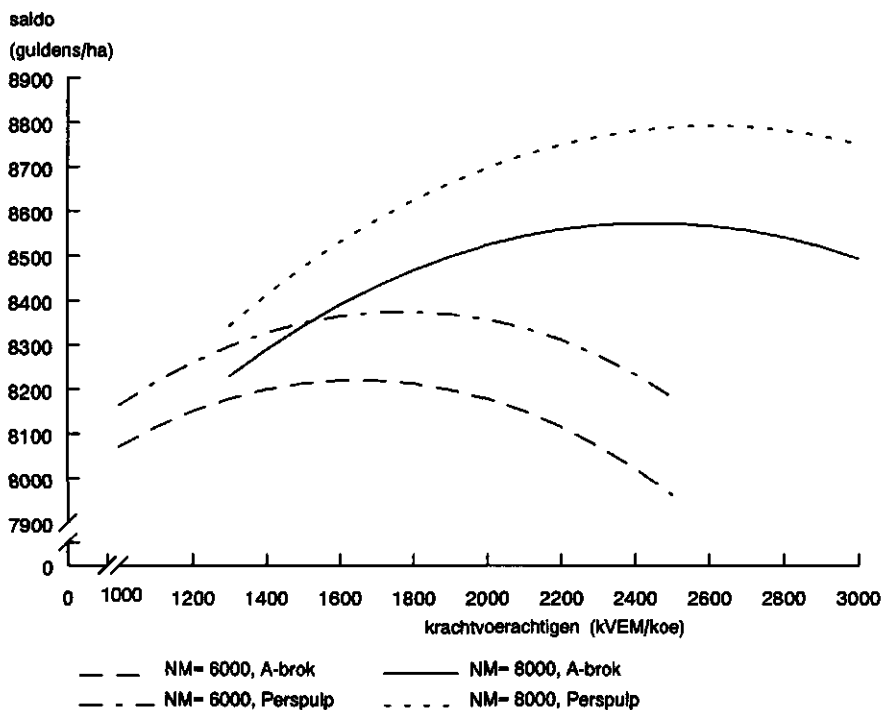
lagere kVEM-prijs van perspulp. Dit prijseffect is echter maar gering. Bij de optimale krachtvoergift (bij alleen A-brok) en een genetisch potentiële melkproductie van 6.000 kg bedraagt het prijsvoordeel slechts dertig gulden per hectare.

Tabel 3.16 Het effect van het vervangen van 50% krachtvoer door perspulp op de optimale krachtvoergift per koe, de ruwvoeropname per koe, de melkproductie en de veebezetting, bij een genetisch potentiële melkproductie van 6.000 kg fpcm (vetgehalte 4,44%, eiwitgehalte 3,47%) en een quotum van 15.000 kg per hectare (vetref.4,22%)

	Krachtvoerachtigen		
	A-brok	A-brok en perspulp	verschil
Opt.krachtvoerachtigen/koe (kVEM)	1.650	1.800	+150
Ruwvoer/koe (kVEM)	3.544	3.487	-57
Melk/koe (kg)	6.002	6.106	+104
Vet %	4,43	4,35	-0,08
Eiwit %	3,48	3,55	+0,07
Melk/koe (kg fpcm)	6.357	6.442	+85
Quotum/ha	14.444	14.639	+195
Melkkoeien/ha	2,41	2,40	-0,01
Gve-jongvee/ha	0,72	0,72	0

Tabel 3.17 Het saldo per hectare bij het voeren van standaard A-brok en bij het vervangen van 50% krachtvoer door perspulp, bij optimale gift van krachtvoerachtigen per koe, bij een genetisch potentiële melkproductie van 6.000 kg fpcm (vetgehalte 4,44%, eiwitgehalte 3,47%) en een quotum van 15.000 kg per hectare (vetref.4,22%)

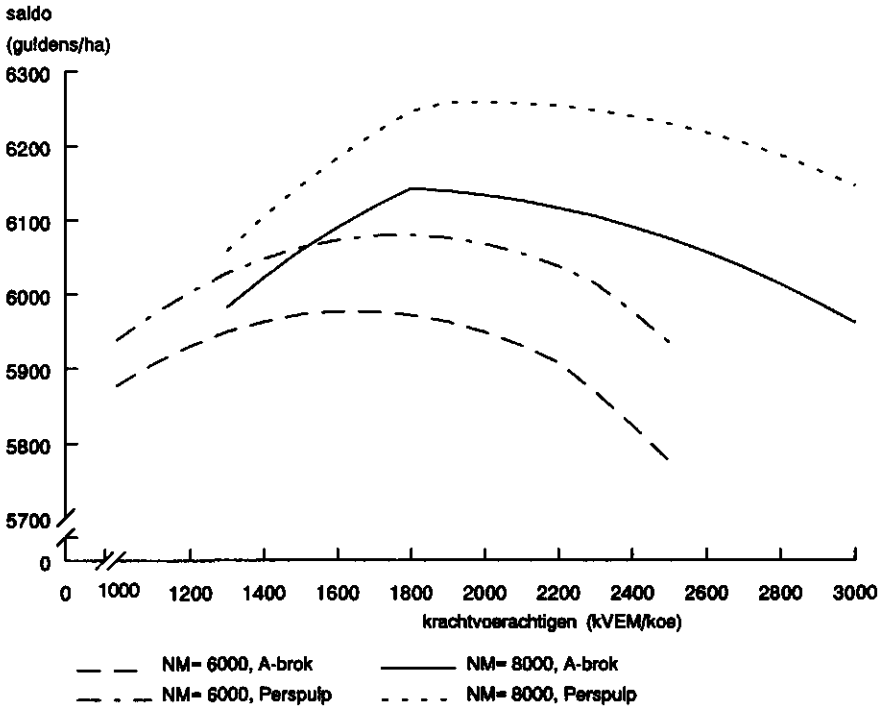
Kosten/ opbrengsten	Krachtvoerachtigen		
	A-brok	A-brok en perspulp	verschil
Melkprijs (f/100 kg)	78,94	79,25	+0,31
Melkopbrengst	11.402	11.601	+199
Omzet en aanwas	1.349	1.351	+2
Overig opbrengsten	206	205	-1
Totaal opbrengsten	12.957	13.157	+200
Voerkosten	3.336	3.385	+49
Kosten voederopp.	472	473	+1
Dierkosten	928	925	-3
Totaal kosten	4.736	4.783	+47
Saldo	8.221	8.374	+153



Figuur 3.13 Het effect van vervanging van krachtvoer (50%) door perspulp op het saldo, bij variërende gift van krachtvoerachtigen, 15.000 kg quotum/ha en 2 genetisch potentiële melkproducties (NM)

Zoals uit tabel 3.17 blijkt wordt de stijging van het saldo veroorzaakt door een forse stijging van de melkopbrengsten. Als gevolg van de daling van het vetgehalte (-0,08%) stijgt het quotum per hectare met bijna 350 kg. Ondanks de forse daling van het vetgehalte stijgt de melkprijs licht, met f 0,31 per 100 kg. Dit wordt veroorzaakt door een stijging van het eiwitgehalte met 0,07%. Ondanks de lagere VEM-prijs van perspulp stijgen de voerkosten enigszins, als gevolg van een hogere optimale gift van krachtvoerachtigen (A-brok en perspulp).

Figuur 3.13 geeft het effect van het gedeeltelijk vervangen van het krachtvoer door perspulp grafisch weer. Zoals de figuur laat zien is het voordeel van het vervangen van krachtvoer door perspulp zeer groot bij hoge giften van krachtvoerachtigen. Dit is te verklaren uit het feit dat dan ook de absolute hoeveelheid perspulp het grootst is. De optimale gift van krachtvoerachtigen stijgt met ongeveer 150 kVEM per koe. Dit wordt veroorzaakt door de gunstige ontwikkeling van de vet- en eiwitgehaltenes, zoals bleek uit voorgaande tabellen.



Figuur 3.14 Het effect van vervanging van krachtvoer (50%) door persulp op het saldo, bij variërende gift van krachtvoerrichtigen, 10.000 kg quotum/ha en 2 genetisch potentiële melkproducties (NM)

Figuur 3.14 geeft de situatie weer voor bedrijven met een laag quotum per hectare van 10.000 kg. Het verlagen van het vetgehalte betekent een hoger quotum, waarbij een groter deel van het eigen geproduceerde ruwvoer benut kan worden. Als gevolg van het ruimere quotum, wordt de krachtvoergift waarbij ruwvoer overblijft, verhoogd. (De knik in de figuur verschuift naar rechts). Dit is vooral het geval bij het bedrijf met een genetisch potentiële melkproductie van 8.000 kg. Het saldo van de bedrijven met een quotum van 10.000 kg per hectare stijgt met ruim 110 gulden per hectare.

3.2.5.2 Maisglutenvoer

Zoals in tabel 2.41 is aangenomen, wordt bij het voeren van maisglutenvoer het vetgehalte verlaagd en eiwitgehalte verhoogd. Het effect op het vetgehalte is iets geringer dan dat bij het voeren van persulp. Tabel

Tabel 3.18 Het effect van het vervangen van 50% krachtvoer door maisglutenvoer op de optimale krachtvoergift per koe, de ruwvoeropname per koe, de melkproductie en de veebezetting, bij een genetisch potentiële melkproductie van 6.000 kg fpcm (vetgehalte 4,44%, eiwitgehalte 3,47%) en een quotum van 15.000 kg per hectare (vetref.4,22%)

	Krachtvoerachtigen		
	A-brok	A-brok en maisglutenvoer	verschil
Opt.krachtvoerachtigen/koe (kVEM)	1.650	1.800	+150
Ruwvoer/koe (kVEM)	3.544	3.487	-57
Melk/koe (kg)	6.002	6.088	+86
Vet %	4,43	4,38	-0,05
Eiwit %	3,48	3,56	+0,08
Melk/koe (kg fpcm)	6357	6.442	+85
Quotum/ha	14.444	14.575	+131
Melkkoeien/ha	2,41	2,39	-0,02
Gve-jongvee/ha	0,72	0,72	0

3.18 toont de effecten van het voeren van maisglutenvoer op enkele technische kengetallen van het bedrijf met een quotum van 15.000 kg per hectare en een genetische melkproductie van 6.000 kg fpcm per koe. Mede als gevolg van de hogere optimale gift van krachtvoerachtigen, daalt het vetgehalte met 0,05%. Hierdoor stijgt het quotum met 131 kg per hectare. Het eiwitgehalte stijgt met 0,08%. Omdat de melkproductie relatief sterker stijgt dan het quotum daalt de veebezetting met 0,02 koe per hectare.

Tabel 3.12 geeft de opbouw van het saldo voor het bedrijf met een genetisch potentiële melkproductie van 6.000 kg en 15.000 kg quotum per hectare. Aangenomen is dat de prijs voor maisglutenvoer f 37,56 per 100 netto-kVEM bedraagt (zie tabel 2.38) Als gevolg van deze relatief lage prijs en een gunstige beïnvloeding van de gehalten in de melk, stijgt de optimale gift van krachtvoerachtigen met ongeveer 150 kVEM per koe.

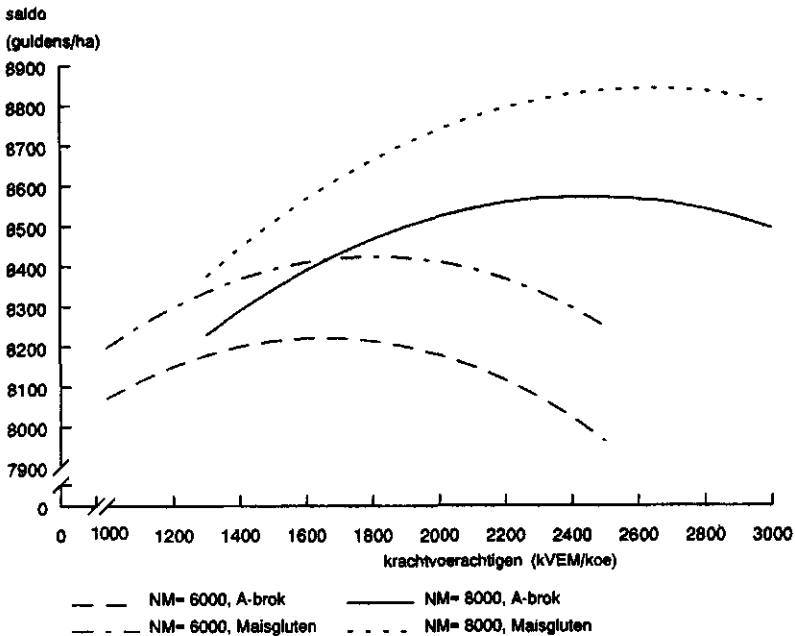
Uit de tabel blijkt dat het, net als bij het voeren van persulp, de melkproducties zijn die fors stijgen (f 187,- /ha). Deze stijging is voor het grootste deel te danken aan de stijging van het quotum met 131 kg per hectare. Daarnaast draagt ook de stijging van de melkprijs met f 0,57 per 100 kg bij aan de stijging van de melkproducties.

Ondanks de hogere optimale gift van krachtvoerachtigen, dalen de voerkosten iets. Deze daling wordt veroorzaakt door de lage prijs van maisglutenvoer. Als gevolg van de hogere opbrengsten en de lagere voerkosten stijgt het saldo met ruim 200 gulden per hectare.

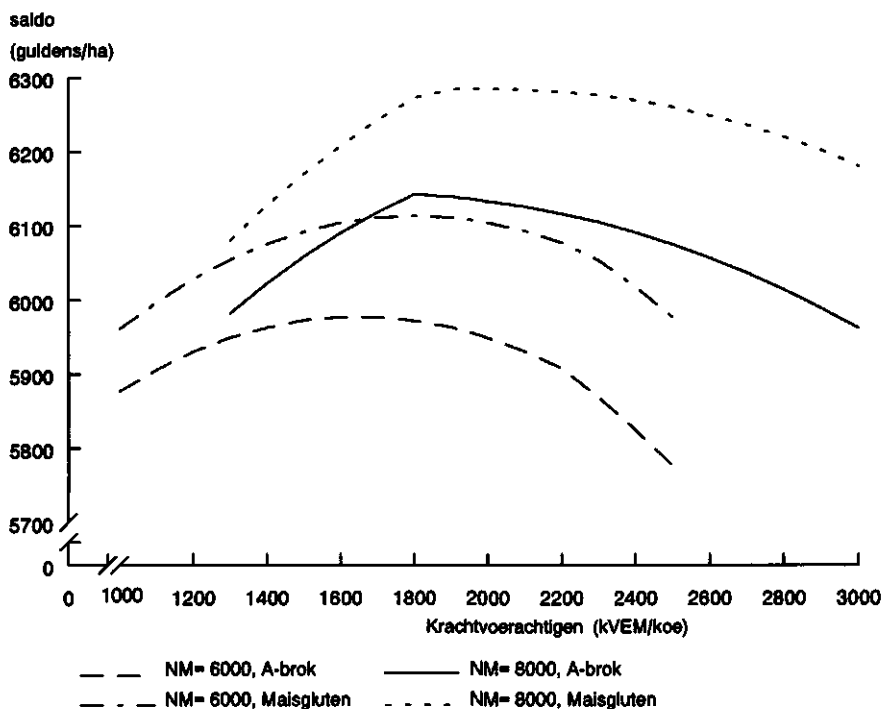
Figuur 3.15 geeft het effect van een stijgende gift van krachtvoerachtigen op het saldo grafisch weer voor het bedrijf met een genetisch potentiële melkproductie van 6.000 kg en een quotum van 15.000 kg per hectare.

Tabel 3.19 Het saldo per hectare bij het voeren van standaard A-brok en bij het vervangen van de helft van het krachtvoer door maisglutenvoer, bij de optimale gift van krachtvoerachtigen per koe, bij een genetisch potentiële melkproductie van 6.000 kg fpcm (vetgehalte 4,44%, eiwitgehalte 3,47%) en een quotum van 15.000 kg per hectare (vetref.4,22%)

Kosten/ opbrengsten	Krachtvoerachtigen		
	A-brok	A-brok en maisglutenvoer	verschil
Melkprijs (f/100 kg)	78,94	79,51	+0,57
Melkopbrengst	11.402	11.589	+187
Omzet en aanwas	1.349	1.349	0
Overig opbrengsten	206	205	-1
Totaal opbrengsten	12.957	13.143	+186
Voerkosten	3.336	3.323	-13
Kosten voederopp.	472	473	+1
Dierkosten	928	923	-5
Totaal kosten	4.736	4.719	-17
Saldo	8.221	8.424	+203



Figuur 3.15 Het effect van vervanging van krachtvoer (50%) door maisglutenvoer op het saldo, bij variërende gift van krachtvoerachtigen, 15.000 kg quotum/ha en 2 genet. potentiële melkproducties (NM)



Figuur 3.16 Het effect van vervanging van krachtvoer (50%) door maisglutenvoer op het saldo, bij variërende gift van krachtvoerachtigen, 10.000 kg quotum/ha en 2 genet. potentiële melkproducties (NM)

Figuur 3.16 toont de situatie voor bedrijven met een laag quotum van 10.000 kg per hectare. Als gevolg van het lagere vetgehalte, mag een iets grotere hoeveelheid melk worden geleverd, waardoor het punt van zelfvoorzienendheid iets opschuift naar een hogere gift van krachtvoerachtigen. Het saldo stijgt met ongeveer 125 gulden per hectare.

3.2.5.3 Bierbostel

Het voeren van bierbostel heeft nauwelijks effect op het vetgehalte, zoals is aangenomen in tabel 2.41. Het eiwitgehalte wordt echter wel positief beïnvloed. Van de in dit onderzoek behandelde bijprodukten is bierbostel per netto-kVEM de duurste, zoals blijkt uit tabel 2.38. Met de prijs van f 40,51 is het toch goedkoper dan standaardkrachtvoer. Als gevolg van de lagere prijs en de gunstige invloed op het eiwitgehalte stijgt de optimale gift van krachtvoerachtigen met 100 kVEM per koe.

Tabel 3.20 geeft het effect van het vervangen van krachtvoer door bierbostel op enkele technische kengetallen van het bedrijf met een gene-

tisch potentiële melkproductie van 6.000 kg fpcm en een quotum van 15.000 kg per hectare. Als gevolg van de hogere opname van krachtvoerachtigen, neemt de ruwvoeropname per koe af. De daling van het vetgehalte is puur een gevolg van de hogere opname van krachtvoerachtigen. Er is namelijk aangenomen dat het voeren van bierbostel geen effect op het vetgehalte heeft. De geringe daling van het vetgehalte veroorzaakt een kleine stijging van het quotum per hectare met 24 kg. Omdat de melkproductie per koe relatief sneller stijgt dan het quotum per hectare, neemt de veebezetting af. Het eiwitpercentage neemt met 0,06% toe.

Tabel 3.20 Het effect van het vervangen van 50% krachtvoer door bierbostel op de optimale krachtvoergift per koe, de ruwvoeropname per koe, de melkproductie en de veebezetting, bij een genetisch potentiële melkproductie van 6.000 kg fpcm (vetgehalte 4,44%, eiwitgehalte 3,47%) en een quotum van 15.000 kg per hectare (vetref.4,22%)

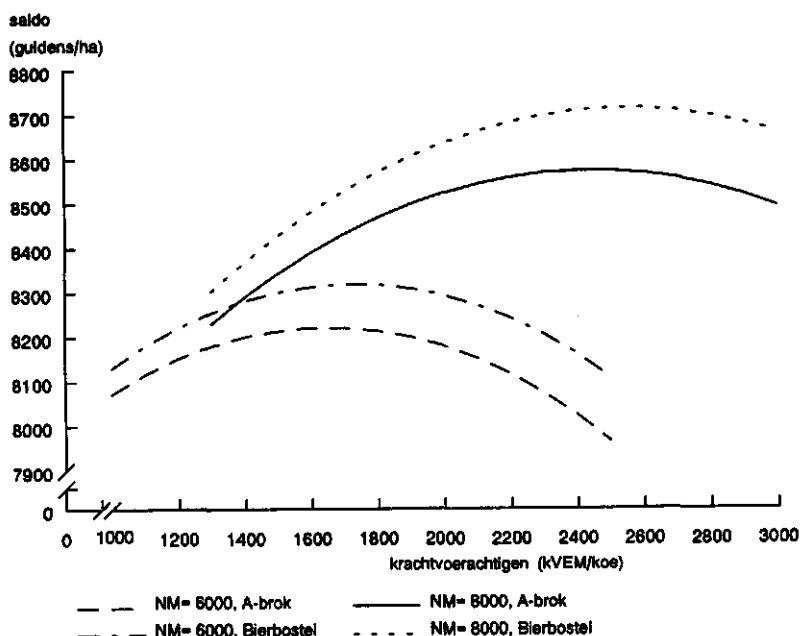
	Krachtvoerachtigen		
	A-brok	A-brok en bierbostel	verschil
Opt.krachtvoerachtigen/koe (kVEM)	1.650	1.750	+100
Ruwvoer/koe (kVEM)	3.544	3.506	-38
Melk/koe (kg)	6.002	6.042	+40
Vet %	4,43	4,42	-0,01
Eiwit %	3,48	3,54	+0,06
Melk/koe (kg fpcm)	6.357	6.415	+58
Quotum/ha	14.444	14.468	+24
Melkkoeien/ha	2,41	2,39	-0,02
Gve-jongvee/ha	0,72	0,72	0

Tabel 3.21 geeft de opbouw van het saldo weer van het bedrijf met een quotum van 15.000 kg per hectare en een genetisch potentiële melkproductie van 6.000 kg per koe. Zoals blijkt is het wederom de toename van de melkopbrengst, die het saldo per hectare verhoogt. Deze stijging is grotendeels te danken aan de stijging van de melkprijs met f 0,72 per 100 kg. Als gevolg van de hogere optimale gift van krachtvoerachtigen nemen de voerkosten niet af, ondanks het feit dan bierbostel per netto-kVEM goedkoper is dan standaardkrachtvoer. Het saldo stijgt met ruim 100 gulden per hectare.

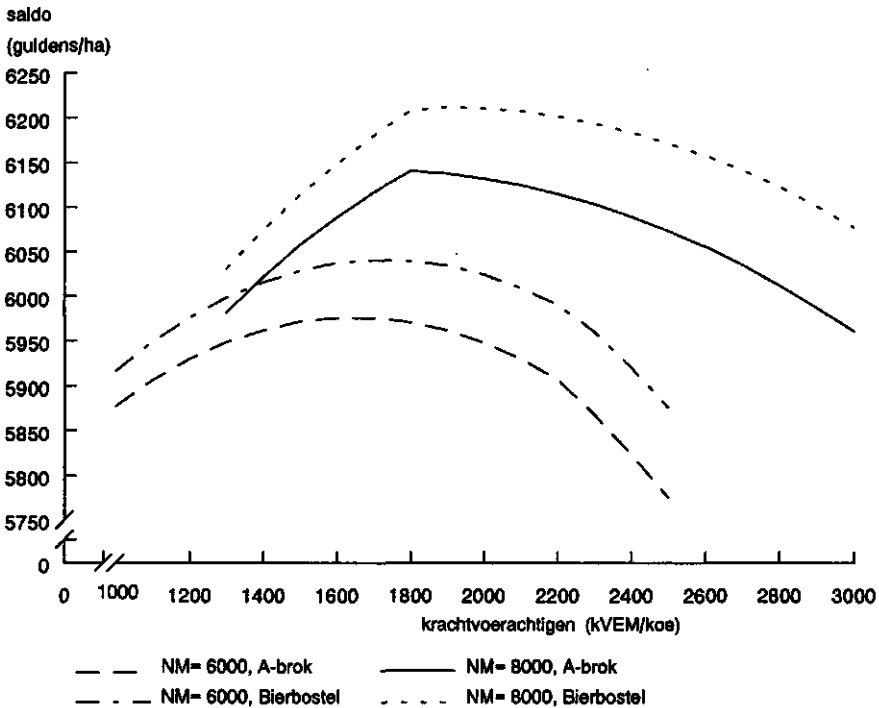
Figuur 3.17 toont het verloop van het saldo per hectare bij een stijgende gift van krachtvoerachtigen bij een genetisch potentiële melkproductie van 6.000 kg en een quotum van 15.000 kg per hectare. Zoals ook uit bovenstaande tabellen bleek verschuift de optimale gift van krachtvoerachtigen van 1.650 naar 1.750 kVEM per koe. Het saldo stijgt dan met ongeveer 100 gulden per hectare. Bij een genetisch potentiële melkproductie van 8.000 kg stijgt het saldo met ongeveer 130 gulden per hectare.

Tabel 3.21 Het saldo per hectare bij het voeren van standaard A-brok en bij het vervangen van de helft van het krachtvoer door bierbostel, bij de optimale gift van krachtvoerachtigen per koe, bij een genetisch potentiële melkproductie van 6.000 kg fpcm (vetgehalte 4,44%, eiwitgehalte 3,47%) en een quotum van 15.000 kg per hectare (vetref.4,22%)

Kosten/ opbrengsten	Krachtvoerachtigen		
	A-brok	A-brok en bierbostel	verschil
Melkprijs (f/100 kg)	78,94	79,66	+0,72
Melkopbrengst	11.402	11.525	+123
Omzet en aanwas	1.349	1.347	-2
Overig opbrengsten	206	205	-2
Totaal opbrengsten	12.957	13.078	+121
Voerkosten	3.336	3.363	+27
Kosten voederopp.	472	473	+1
Dierkosten	928	924	-4
Totaal kosten	4.736	4.760	+24
Saldo	8.221	8.318	+97



Figuur 3.17 Het effect van vervanging van krachtvoer (50%) door bierbostel op het saldo, bij variërende gift van krachtvoerachtigen, 15.000 kg quotum/ha en 2 genetisch potentiële melkproducties (NM)



Figuur 3.18 Het effect van vervanging van krachtvoer (50%) door bierbostel op het saldo, bij variërende gift van krachtvoerrichtigen, 10.000 kg quotum/ha en 2 genetisch potentiële melkproducties (NM)

Uit figuur 3.18 blijkt dat het voeren van bierbostel ook op extensieve bedrijven gunstig is voor het saldo, middels een verhoging van de melkprijs. Het saldo stijgt met ongeveer 70 gulden per hectare bij zowel een genetisch potentiële melkproductie van 6.000 kg fpcm als een genetisch potentiële melkproductie van 8.000 kg fpcm. In tegenstelling tot het voeren van perspulp en maisglutenvoer verandert het punt van zelfvoorzienendheid niet. Dit wordt veroorzaakt door de aanname dat bierbostel het vetgehalte niet verlaagt, waardoor het quotum per hectare nauwelijks stijgt.

3.3 Samenvatting van de effecten van de voedertactieken op het saldo

Tabel 3.22 geeft een samenvatting van de effecten van diverse voedertactieken op het saldo per hectare voor de diverse bedrijfstypen.

Tabel 3.22 Verandering van het saldo per hectare en kwalitatieve aanduiding van het effect op vaste kosten bij diverse voedertactieken bij bedrijven met een quotum van 15.000 en 10.000 kg per hectare (Q) en een genetisch potentiële melkproductie van 6.000 en 8.000 kg per koe (G)

Tactiek	Q=15.000		Q=10.000		Vaste kosten a)
	G=6.000	G=8.000	G=6.000	G=8.000	
Krachtvoer (afw.t.o.v.norm) b):					
- 200 kVEM (prijs f 0,45/kVEM)	-64	-50	-43	-2	0
+ 200 kVEM (prijs f 0,45/kVEM)	34	30	22	-22	0
+ 400 kVEM (prijs f 0,45/kVEM)	39	40	26	-52	0
- 200 kVEM (prijs f 0,55/kVEM)	-23	-23	-15	17	0
+ 200 kVEM (prijs f 0,55/kVEM)	-7	2	-4	-40	0
+ 400 kVEM (prijs f 0,55/kVEM)	-41	-17	-28	-90	0
Ruwvoer kwaliteit c):					
+ 25 VEM/kg ds	227	224	171	186	?
Krachtvoersamenstelling d):					
- vetrijk krachtvoer	-127	-158	-85	-92	0
- langzaam afbreekbaar zetmeel	-28	-3	-19	5	0
- bestendig eiwit	-134	-158	-90	-97	0
Frequent of gemengd met d) ruwvoer verstrekken					
	76	78	50	10	+
Krachtvoer voor de hefft vervangen door bijprodukten d):					
- bierbostel	97	140	65	72	+
- maisglutenvoer	203	269	136	144	+
- perspulp	153	218	102	118	+

a) ? : hangt af van manier van bereiken van kwaliteitsverbetering;

0 : geen effect, indien niet twee soorten krachtvoer naast elkaar gevoerd;

+ : toename vaste kosten (arbeid, werktuigen en opslag); b) De cijfers geven de saldo-stijging t.o.v. normvoeding weer, bij een gemiddelde ruwvoer kwaliteit en een ruwvoerprijs van f 33,20 per 100 kVEM bij aankoop en f 15,- per 100 kVEM bij verkoop (afkomstig uit tabel 3.5); c) De cijfers gelden bij de optimale krachtvoergift; d) Ten opzichte van het tweemaal daags verstrekken van standaard A-brok. De cijfers gelden bij de optimale krachtvoergift.

Uit tabel 3.22 blijkt dat het variëren van de krachtvoergift slechts een geringe wijziging in de hoogte van het saldo per hectare tot gevolg heeft. Zoals uit paragraaf 3.2.1 bleek, wordt dit veroorzaakt door de vele substitiemogelijkheden tussen de kosten en opbrengsten, die de hoogte van het saldo bepalen. Het onder de norm voeren van krachtvoer is slechts interessant indien het quotum per hectare laag, en de krachtvoerprijs hoog is. Bij de aangenomen verkoopprijs van ruwvoer (f 0,15/kVEM) is het interessanter het ruwvoer op het eigen bedrijf te benutten dan te verko-

voergift hoger. Het boven de norm voeren van krachtvoer is vooral interessant bij een ruwvoeraankopend bedrijf en een relatief lage krachtvoer-prijs.

Het verhogen van de ruwvoer kwaliteit met 25 VEM/kg ds verhoogt het saldo vrij fors. Of het effect op het netto-bedrijfsresultaat ook zo gunstig is, hangt af van de manier waarop deze kwaliteitsverbetering tot stand komt. Indien de kwaliteitsverbetering tot stand komt door middel van het inzetten van nieuwe voederwinningsmachines, dan kunnen de vaste kosten (werktuigkosten) fors oplopen. Ook het frequenter maaien van grasland, teneinde een betere kwaliteit ruwvoer te winnen, doet de vaste kosten (arbeids- en werktuigkosten) stijgen. Indien de kwaliteitsverbetering tot stand komt als gevolg van een beter voer- en graslandmanagement (betere graslandplanning, kortere veldperiode enzovoort), dan hoeven de vaste kosten nauwelijks te stijgen. Er is aangenomen dat de voerproductie in ds constant blijft, en dat de voerproductie in kVEM evenredig stijgt met de kwaliteit (VEM/kg ds). Het is evenwel mogelijk dat, bij een betere conservering van winterruwvoer, ook de ds-productie stijgt bij toenemende kwaliteit. De tactiek zou dan nog gunstiger resultaten tot gevolg hebben.

Op de extensieve bedrijven is de stijging van het saldo als gevolg van de kwaliteitsverbetering, minder fors dan op de intensieve. De extra kVEM-productie ten gevolge van de kwaliteitsverbetering is op de extensieve bedrijven minder goed te benutten dan op de intensieve bedrijven. Op de extensieve bedrijven moet de extra productie worden verkocht, of worden benut via een verlaging van de krachtvoergift, omdat de ruwvoersituatie al zeer ruim is.

Het voeren van krachtvoer met een afwijkende samenstelling heeft geen positief effect op het saldo per hectare. Zowel vetrijk krachtvoer als krachtvoer met bestendig eiwit verhoogt het vetgehalte waardoor het quotum gekort wordt. Krachtvoer met langzaam afbreekbaar zetmeel beïnvloedt de gehalten in de melk wel op een gunstige manier, waardoor de melkopbrengsten stijgen (zie paragraaf 3.3.3.2). Het krachtvoer is echter f 4,- per 100 kVEM duurder, waardoor de voerkosten toenemen en het saldo niet verhoogd wordt.

Het frequenter voeren van krachtvoer of het gemengd voeren van krachtvoer met ruwvoer heeft een stabiliserende werking op de pensfermentatie tot gevolg, waardoor de vertering beter verloopt. Er is daarom aangenomen dat deze tactieken leiden tot een iets hogere melkproductie (fpcm) bij dezelfde VEM-opname. De effecten op het saldo zijn echter niet erg groot, vooral op bedrijven met een laag quotum per hectare. Het frequent of gemengd voeren van krachtvoer leidt uiteraard tot een investering in hetzij een voercomputer, hetzij een voermengwagen of een voermengbak. Dit leidt tot hogere vaste kosten.

Het vervangen van krachtvoer door bijproducten verhoogt het saldo vrij sterk. Van alle drie de bijproducten is aangenomen dat ze het eiwitgehalte verhogen. Perspulp en maisglutenvoer verlagen tevens het vetgehalte.

te, waardoor het quotum stijgt. Van de drie behandelde bijprodukten verhoogt maisglutenvoer het saldo het sterkst. Dit wordt veroorzaakt door de relatief lage prijs per netto-kVEM (zie tabel 2.38). Het voeren van bijprodukten vereist een investering in opslagruimte en machines voor het transporteren en doseren van de bijprodukten. Ook de arbeidskosten nemen toe, zodat de vaste kosten zullen stijgen.

Opvallend is dat zowel positieve als negatieve effecten op het saldo meestal het grootst zijn op bedrijven met zowel een hoog quotum per hectare als een hoog genetisch potentiële melkproduktie per koe. Dit komt hoofdzakelijk doordat alle effecten zich op het niveau van de koe afspelen. Bij een groot aantal koeien per hectare zullen de effecten per hectare dus ook groter zijn. Bij de extensieve bedrijven vormt tevens de eigen voerproduktie een buffer. Indien een bepaalde tactiek die samenhangt met de hoogte van de krachtvoergift het saldo negatief beïnvloedt, dan kan de daling van het saldo worden afgezwakt, via een vergroting van het aandeel eigen ruwvoer in het rantsoen. Indien een bepaalde tactiek het saldo positief beïnvloedt, dan kan dit effect slechts in mindere mate door de extensieve bedrijven worden benut. Op extensieve bedrijven is de optimale krachtvoergift namelijk altijd lager dan op intensieve bedrijven, omdat een verhoging van de krachtvoergift op deze bedrijven het verhogen of het ontstaan van een ruwvoeroverschot betekent.

Tactieken waarbij de vaste kosten stijgen, zullen voor grote bedrijven gunstiger zijn dan voor kleine bedrijven. Stel dat het saldo met tweehonderd gulden per hectare stijgt ten gevolge van het doorvoeren van een bepaalde tactiek. Op een bedrijf met 30 ha mogen de vaste kosten dan met maximaal 6.000 gulden toenemen. Op een bedrijf met 60 ha mogen de vaste kosten met maximaal 12.000 gulden toenemen.

4. VALIDATIE VAN DE EFFECTEN VAN VOEDERTACTIEKEN OP PRAKTIJKBEDRIJVEN

In dit hoofdstuk vindt, voor zover mogelijk, een validatie plaats van de effecten van een aantal voedertactieken op technische- en economische kengetallen, aan de hand van gegevens van de sterk gespecialiseerde melkveebedrijven uit het LEI-boekhoudnet. Dit zijn de bedrijven waarbij meer dan twee derde van de nge (Nederlandse grootte-eenheden) afkomstig is van melkkoeien (Van Dijk et al., 1994). De nge wordt afgeleid van het bruto-standaard saldo (bss). Voor de exacte berekening wordt verwezen naar Koole (1993). Het aantal sterk gespecialiseerde melkveebedrijven in het LEI-boekhoudnet 1992/93 bedraagt 363.

Er zijn in het LEI-boekhoudnet geen gegevens beschikbaar over de ruwvoer kwaliteit en de samenstelling van het krachtvoer, zodat de effecten van het verhogen van de ruwvoer kwaliteit en het voeren van krachtvoer met een afwijkende samenstelling niet kunnen worden gevalideerd aan de hand van gegevens uit het LEI-boekhoudnet.

Ook de effecten van het wijzigen van de hoogte van de krachtvoergift zijn aan de hand van de data uit het LEI-boekhoudnet nauwelijks te valideren. De ruwvoer kwaliteit en de genetische aanleg hebben namelijk grote gevolgen voor het effect van een gewijzigde krachtvoergift op de melkproductie. Deze data omtrent de ruwvoer kwaliteit en de genetische aanleg van de veestapel ontbreken in het LEI-boekhoudnet. In paragraaf 4.1 zal verder worden ingegaan op de mogelijkheden van validatie van het effect van een gewijzigde krachtvoergift. De mogelijkheden die aangegeven worden zijn het combineren van interne en externe bedrijfsvergelijking en/of het registreren van additionele data. Omdat deze aanpak een omvangrijk onderzoek noodzakelijk maakt, zal de uitwerking niet plaatsvinden binnen dit onderzoek.

In de volgende paragrafen, 4.2 tot en met 4.4, vindt via groepsindeling een validatie plaats van de effecten van achtereenvolgens het geprogrammeerd verstrekken van krachtvoer via een voercomputer, het gemengd voeren van krachtvoer en ruwvoer en het voeren van natte bijprodukten. Per tactiek zijn steeds twee groepen gevormd, een die de tactiek wel en een die de tactiek niet toepast. Het al of niet toepassen van een bepaalde tactiek gaat vaak samen met bepaalde bedrijfskenmerken, zoals bedrijfsgrootte en quotum per hectare. Om de twee groepen op deze bedrijfskenmerken gemiddeld gelijk te krijgen, is gebruik gemaakt van gepaarde indeling. Dit houdt in dat de bedrijven per tweetal in de groepen zijn ingedeeld, waarbij een tweetal verschillend is met betrekking tot de tactiek, bijvoorbeeld wel en geen voercomputer, en zoveel mogelijk gelijk is op de "gelijkheidsvariabelen", bijvoorbeeld het aantal hectares voederoppervlakte en het quotum per hectare.

De methode is als volgt uitgevoerd. Eerst wordt voor alle mogelijke tweetallen i en j een gelijkheidscoëfficiënt (d_{ij}) berekend op basis van de "gelijkheidsvariabelen". Dit zijn de variabelen op basis waarvan de bedrijven zoveel mogelijk overeen moeten komen. Deze kunnen per tactiek verschillend zijn. De coëfficiënten d worden als volgt berekend:

$$d_{ij} = [\sum_{k=1}^n (1 - ((x_{jk} - x_{ik}) / \text{range}(x_k))^2)] / n$$

waarin:

- n = aantal gelijkheidscoëfficiënten
- d_{ij} = gelijkheidscoëfficiënt tussen bedrijf i en bedrijf j
- x_{ik} = k -de variabele van bedrijf i (gelijkheidsvariabele)
- x_{jk} = k -de variabele van bedrijf j (gelijkheidsvariabele)
- range = maximale waarde minus de minimale waarde van x_k

De coëfficiënten d_{ij} variëren van nul bij tweetallen die totaal verschillend zijn tot een bij een tweetal waarbij de bedrijven een exacte kopie van elkaar zijn, op basis van de "gelijkheidsvariabelen". Het tweetal i en j met de hoogste coëfficiënt d_{ij} wordt als eerste ingedeeld, indien slechts een van de twee de voedertactiek toepast. Indien ze beide de tactiek toepassen, of geen van beide, dan worden ze niet tegelijkertijd ingedeeld. Het is wel mogelijk dat de afzonderlijke bedrijven alsnog als bedrijf van een ander paar ingedeeld worden. Vervolgens wordt het tweetal i en j met de op een na hoogste gelijkheidscoëfficiënt d_{ij} ingedeeld, mits een van de twee de voedertactiek toepast en de ander niet enzovoorts. Naarmate dit proces voortschrijdt, wordt de coëfficiënt d_{ij} steeds kleiner en lijken de bedrijven i en j steeds iets minder op elkaar. Door nu een minimumeis te stellen aan coëfficiënt d , kan worden voorkomen dat paren die niet genoeg op elkaar lijken op basis van de "gelijkheidsvariabelen", toch worden ingedeeld. Deze minimumeis, betreffende gelijkheidscoëfficiënt d , bepaalt dus het aantal bedrijven in beide groepen en de mate waarin beide groepen op elkaar lijken. Via trial and error is als compromis tussen gelijkheid en aantal bedrijven in de groepen een minimumeis van 0,99 voor gelijkheidscoëfficiënt d aangehouden.

4.1 Het effect van een gewijzigde krachtvoergift

Zoals in het inleidende deel van dit hoofdstuk reeds genoemd is, zal binnen dit onderzoek geen validatie plaatsvinden van de effecten van een wijziging van de krachtvoergift per koe. De reden hiervan is het ontbreken van benodigde data, betreffende de ruwvoer kwaliteit. In deze paragraaf wordt een aantal mogelijkheden aangedragen waarop in de toekomst een validatie zou kunnen plaatsvinden.

Het vergelijken van bedrijven met een hoge krachtvoergift met bedrijven met een lage krachtvoergift (externe bedrijfsvergelijking) binnen 1 jaar, met als doel de weersinvloeden uit te schakelen die medebepalend zijn voor de ruwvoer kwaliteit, heeft als nadeel dat de genetisch potentiële melkproducties tussen de groepen vrijwel zeker zeer verschillend zullen zijn. Daarnaast zullen ook andere managementfactoren tussen de groepen verschillend zijn.

Ook het uitvoeren van interne bedrijfsvergelijking tussen jaren, zoals uitgevoerd door Oosterhof en Stegink (1993), zal geen zuivere effecten geven van het wijzigen van de krachtvoergift per koe. De weersinvloeden in een bepaald jaar kunnen grote gevolgen hebben voor de ruwvoer kwaliteit in dat jaar. De ruwvoer kwaliteit heeft weer gevolgen voor het effect van een gewijzigde krachtvoergift op de melkproductie (zie paragraaf 2.4.2.1). Als tweede nadeel van deze interne bedrijfsvergelijking kan worden genoemd dat de genetisch potentiële melkproductie ook binnen een bedrijf tussen jaren kan variëren, omdat gemiddeld een vierde van de melkveestapel vervangen wordt door jongvee met een (waarschijnlijk) hogere genetische aanleg.

Uit bovenstaande blijkt dat het valideren van het effect van een gewijzigde krachtvoergift op de melkproductie op praktijkbedrijven geen eenvoudige zaak is. Eventueel zouden de voordelen van zowel de externe bedrijfsvergelijking gecombineerd kunnen worden met de voordelen van de interne bedrijfsvergelijking. Hierbij valt te denken aan het volgen van een groep bedrijven in de tijd, die de krachtvoergift hebben gewijzigd (interne bedrijfsvergelijking). Hierbij kunnen zowel de melkproductie als de krachtvoergift worden gecorrigeerd voor de ontwikkeling die deze kengetallen op vergelijkbare bedrijven in hetzelfde jaar (externe vergelijking met een schaduwgroep) hebben doorgemaakt. Hierbij wordt dus uitgegaan van een vergelijkbare ontwikkeling van de ruwvoer kwaliteit en de genetische aanleg voor melkproductie van de veestapel op zowel de te volgen bedrijven, als op de bedrijven in de schaduwgroep. Een dergelijke aanpak maakt een omvangrijk onderzoek noodzakelijk.

Ook het registreren van additionele data omtrent bijvoorbeeld de ruwvoer kwaliteit, de frequentie van krachtvoerverstrekking, en het genetisch niveau van de veestapel zou een verbetering van de externe bedrijfsvergelijking tot gevolg hebben. Ook deze aanpak vergt veel tijd, en wordt binnen dit onderzoek niet meegenomen.

4.2 Het frequent verstrekken van krachtvoer

In het LEI-boekhoudnet worden de rente en afschrijvingskosten voor een krachtvoercomputer geregistreerd. Van bedrijven die deze apparatuur bezitten wordt aangenomen dat ze het krachtvoer daadwerkelijk frequent in kleinere porties verstrekken. In het boekjaar 1992/93 is op 38% van de gespecialiseerde melkveebedrijven een krachtvoercomputer aanwezig. De

rente en afschrijvingskosten voor de computer en de bijbehorende doseerapparatuur bedragen gemiddeld f 3.106,- per bedrijf. Een krachtvoercomputer komt vooral voor op grote intensieve bedrijven. De grootte en de intensiteit kunnen samengaan met een ander management, zodat de effecten van het frequenter verstrekken van krachtvoer verstoord worden. Het aantal hectare voederoppervlakte en de melkproductie per hectare voederoppervlakte (fpcm) zijn daarom als "gelijkheidsvariabelen" gekozen. Daarnaast is als eis gesteld dat op geen van de bedrijven (met of zonder computer) bijprodukten mogen worden gevoerd, om het effect van de manier van krachtvoerverstrekking zo zuiver mogelijk te krijgen.

Na indelen van de bedrijven in de groepen met of zonder krachtvoercomputer bleken slechts 26 paren aan de minimumeis ten aanzien van de gelijkheidscoëfficiënt d (0,99) te voldoen (zie tekst boven paragraaf 4.1). Dit aantal is erg klein, om significante verschillen tussen beide groepen aan te tonen. Er is daarom voor gekozen om de minimale gelijkheidscoëfficiënt te verlagen naar 0,95. Nu bleken 62 paren te worden ingedeeld. Tabel 4.1 geeft een overzicht van enkele kengetallen van de sterk gespecialiseerde melkveebedrijven met een krachtvoercomputer in vergelijking met die van de vergelijkbare bedrijven zonder krachtvoercomputer. Uit de tabel blijkt dat, hoewel de voederoppervlakte en de melkproductie per hectare als gelijkheidsvariabelen waren gekozen, deze toch verschillend zijn per groep. Dit is een gevolg van het verlagen van de minimumeis aan de coëfficiënt d .

De tabel geeft tevens de mate van significantie van de verschillen aan. Bij 60 waarnemingen dient de t -waarde kleiner dan -2 of groter dan $+2$ te zijn, indien een verschil tussen beide groepen significant is ($P < 0,5$).

Uit de tabel blijkt dat de melkproductie in de groep met voercomputer (significant) hoger is. Dit hoeft echter geen effect te zijn van het frequenter verstrekken van krachtvoer, omdat ook de krachtvoergift in de groep met voercomputer hoger is. De gehalten in de melk verschillen na-

Tabel 4.1 Kengetallen van bedrijven met en bedrijven zonder krachtvoercomputer

Kengetal	Zonder voercomputer	Met voercomputer	t
Aantal bedrijven	62	62	
Voederoppervlakte (ha)	36,08	39,81	1,18
Krachtvoer/koe (kVEM) a)	1.964	2.143	1,29
Melk/koe (kg)	6.807	7.103	1,96
Vet %	4,49	4,48	-0,20
Eiwit %	3,48	3,49	0,67
Melk/koe (kg fpcm)	7.256	7.575	1,98
Melk/ha (kg fpcm)	12.083	12.700	1,10
Melkkoeien/ha	1,68	1,68	-0,02
Gve-jongvee/ha	0,71	0,71	-0,20

a) Inclusief krachtvoer voor jongvee.

Bron: LEI-boekhoudnet 1992/93.

genoeg niet. Dit is tegenstrijdig met de modeluitkomsten in tabel 3.14. In die tabel wordt aangegeven, dat het frequenter verstrekken van krachtvoer ten opzichte van het tweemaal daags verstrekken, het vet- en eiwitgehalte verhoogt met respectievelijk 0,15 en 0,05%. Het valt echter niet na te gaan of op de bedrijven zonder voercomputer het krachtvoer inderdaad maar tweemaal per dag wordt verstrekt. Daarnaast kan ook de genetische aanleg voor melkproductie en vet- en eiwitgehalte verschillend zijn in beide groepen. Deze is namelijk onbekend.

Tabel 4.2 geeft het netto-bedrijfsresultaat per hectare voederoppervlakte van de bedrijven met een krachtvoercomputer in vergelijking met dat van vergelijkbare bedrijven zonder krachtvoercomputer. Omdat blijkt dat de groepen verschillend zijn qua intensiteit (zie tabel 4.1) zijn tevens de maatstaven voor de diverse kosten en opbrengsten in de tabel opgenomen (De Haan, 1991). In paragraaf 3.1 zijn deze reeds uitvoerig aan de

Tabel 4.2 *Het netto-bedrijfsresultaat per hectare voederoppervlakte van bedrijven met en bedrijven zonder krachtvoercomputer*

	Zonder voercomputer		Met voercomputer		Verschil w2-w1	t	Gecorrigeerd verschil w2-w1 -(m2-m1)
	werkelijk w1	maatstaf m1	werkelijk w2	maatstaf m2			
Melkopbrengst	9.035	9.041	9.525	9.523	490	1,15	8
Omzet en aanwas	1.590	1.564	1.579	1.566	-11	-0,10	-13
Overig opbrengsten	178	183	183	178	5	0,22	10
Totaal opbrengsten	10.803	10.788	11.287	11.267	484	1,00	5
Voerkosten	1.727	1.780	1.874	1.860	147	2,81	67
Kosten voederopp.	428	435	459	454	31	1,15	12
Dierkosten	854	861	903	900	49	1,15	10
Totaal kosten	3.009	3.076	3.236	3.214	227	1,05	89
Saldo	7.794	7.712	8.051	8.053	257	0,80	-84
Arbeid	4.411	4.280	3.781	3.853	-630	-2,22	-203
Werk door derden	473	431	534	467	61	1,07	25
Werktuigen	1.307	1.460	1.565	1.538	258	2,91	180
Bewerkingskosten	6.191	6.171	5.880	5.858	-311	-0,91	2
Grond en gebouwen	2.250	2.366	2.562	2.477	312	2,55	201
Overige kosten	1.413	1.435	1.418	1.392	5		48
Totaal	9.854	9.972	9.860	9.727	6	0,08	251
Netto-resultaat	-2.060	-2.260	-1.809	-1.674	251	0,68	-335

Bron: LEI-boekhoudnet 1992/93.

orde gekomen. Het voordeel van de maatstaven is, dat ze onder andere gecorrigeerd zijn voor de hoogte van de melkproductie per hectare. Het gecorrigeerd verschil in de tabel is berekend als het werkelijke verschil tussen beide groepen minus het verschil in maatstaf voor beide groepen. Dit verschil maakt het vergelijken van bedrijven met een verschillende intensiteit wel mogelijk. Als voorbeeld kan de melkopbrengst genoemd worden. Zonder te corrigeren voor intensiteit, heeft de groep met voercomputer een melkopbrengst die f 490,- per hectare hoger is. Indien echter gecorrigeerd wordt voor de intensiteit, dan bedraagt het verschil in melkopbrengst nog maar f 8,- per hectare. Hetzelfde geldt voor het saldo per hectare. Het verschil tussen beide groepen bedraagt f 257,- per hectare ten gunste van de bedrijven met een voercomputer. Gecorrigeerd voor de hoogte van de melkproductie per hectare is het saldo per hectare f 84,- ongunstiger op de bedrijven met een voercomputer. Het model berekende een saldo dat f 76,- per hectare hoger is op bedrijven die het krachtvoer frequenter verstrekken (zie tabel 3.15).

De werktuigkosten zijn op de bedrijven met een voercomputer aanzienlijk hoger. Daarnaast zijn de arbeidskosten aanzienlijk lager. Het lijkt plausibel, dat het automatisch verstrekken van krachtvoer de werktuigkosten verhoogt en de arbeidskosten verlaagt. Het netto-bedrijfsresultaat is hoger op de bedrijven met een voercomputer. Echter, gecorrigeerd voor de hoogte van de melkproductie per hectare, is het netto-bedrijfsresultaat van de bedrijven zonder voercomputer hoger.

In tabel 3.14 was de fpcm-productie hoger als gevolg van hogere gehalten. In deze paragraaf is de fpcm-productie hoger als gevolg van een grotere kilogram-productie bij gelijke gehalten. Ook het lagere saldo per hectare op de bedrijven met voercomputer is in strijd met de modeluitkomsten in tabel 3.15. Samengevat kan worden dat de modelresultaten hier niet zijn bevestigd.

4.3 Het gemengd voeren van krachtvoer en ruwvoer

Van de sterk gespecialiseerde melkveebedrijven uit het LEI-boekhoudnet die een voermengwagen of een voermengbak bezitten, wordt aangenomen dat ze daadwerkelijk gemengde rantsoenen van krachtvoer en ruwvoer aan het vee verstrekken. Deze aanname is arbitrair. Van alle sterk gespecialiseerde melkveebedrijven bezit 5% een voermengwagen en 23% een voermengbak. De rente en afschrijvingskosten voor een voermengwagen en een voermengbak bedragen gemiddeld achtereenvolgens f 9.404,- en f 1.354,- per bedrijf.

Tabel 4.3 geeft enkele kengetallen van een groep bedrijven met een voermengbak of voermengwagen en van de groep met hun vergelijkbare bedrijven zonder deze machines. Als eis aan de mate van overeenkomst tussen de bedrijven binnen een in te delen paar is gesteld dat de bedrijven dezelfde oppervlakte, en dezelfde melkproductie per hectare voederop-

pervlakte (fpcm) moeten hebben. Tevens is gesteld dat de beide groepen dezelfde hoeveelheid bijprodukten moeten voeren. Indien gesteld zou worden dat beide groepen geen bijprodukten mogen voeren, dan zouden er weinig bedrijven overblijven. Het bezitten van een voermengwagen en het voeren van bijprodukten gaat namelijk samen. De minimale waarde van gelijkheidscoëfficiënt d bedraagt 0,99.

Tabel 4.3 toont geen grote verschillen tussen bedrijven met en bedrijven zonder een voermengwagen of voermengbak. Dit is niet in overeenstemming met de modeluitkomsten in tabel 3.14. Het model berekent een verhoging van het vetgehalte met 0,15% en een verhoging van het eiwitgehalte met 0,05% bij het gemengd voeren van krachtvoer en ruwvoer. Wederom kunnen verschillen in management en erfelijke aanleg van de veestapel verstoringen veroorzaken.

Tabel 4.3 Kengetallen van bedrijven met en bedrijven zonder voermengwagen of voermengbak

Kengetal	Zonder mengwagen/bak	Met mengwagen/bak	t
Aantal bedrijven	102	102	
Voederoppervlak (ha)	40,49	41,07	0,26
Krachtvoer/koe (kVEM) a)	20,4	2,059	-0,20
Melk/koe (kg)	7.114	7.105	-0,07
Vet %	4,47	4,45	-0,56
Eiwit %	3,48	3,49	0,70
Melk/koe (kg fpcm)	7.562	7.550	-0,09
Melk/ha (kg fpcm)	14.021	14.147	0,30
Melkkoelen/ha	1,86	1,89	0,41
Gve-jongvee/ha	0,76	0,82	1,54

a) Inclusief krachtvoer voor jongvee.

Bron: LEI-boekhoudnet 1992/93.

In tabel 4.4 wordt het netto-bedrijfsresultaat van de bedrijven met een voermengwagen of voermengbak vergeleken met dat van een groep vergelijkbare bedrijven zonder voermengwagen of -bak. De opbrengsten zijn op de bedrijven met een voermengwagen of voermengbak ongeveer f 170,- per hectare hoger. Dit verschil is niet significant en bovendien toe te schrijven aan de iets grotere intensiteit, getuige het voor intensiteit gecorrigeerde verschil dat zelfs iets negatief is. Het saldo per hectare is wel f 103,- hoger. Zelfs als gecorrigeerd is voor de hogere intensiteit, dan is het nog steeds f 73,- hoger. Dit is voornamelijk het gevolg van lagere, voor intensiteit gecorrigeerde, voerkosten. Dit is in overeenstemming met de modeluitkomsten in tabel 3.15, waarin het saldo f 76,- hoger is op de bedrijven die het krachtvoer gemengd of frequent verstrekken.

Mede als gevolg van de duurdere mengapparatuur, zijn de werktuigkosten significant hoger, zelfs als gecorrigeerd is voor de mate van intensiteit. In tegenstelling tot de bedrijven met een krachtvoercomputer, levert een voermengwagen geen besparing op arbeidskosten op. Het netto-bedrijfsresultaat is lager als gevolg van de hogere vaste kosten.

Samengevat kan worden gesteld, dat de effecten op de melkproductie en de gehalten in de melk, zoals het model berekent, hier niet worden bevestigd. Het effect op het saldo komt wel nagenoeg overeen met tabel 3.15.

Tabel 4.4 *Het netto-bedrijfsresultaat per hectare voederoppervlakte van bedrijven met en bedrijven zonder voermengwagen of voermengbak*

	Zonder mengwagen/bak		Met mengwagen/bak		Verschil w2-w1	t	Gecorrigeerd verschil w2-w1 -(m2-m1)
	werkelijk w1	maatstaf m1	werkelijk w2	maatstaf m2			
Melkopbrengst	10.563	10.539	10.649	10.632	86	0,26	-7
Omzet en aanwas	1.696	1.690	1.787	1.807	91	0,94	-26
Overig opbrengsten	209	204	201	194	-8	-0,38	2
Totaal opbrengsten	12.468	12.433	12.637	12.633	169	0,44	-31
Voerkosten	2.192	2.182	2.235	2.309	43	2,01	-84
Kosten voederopp.	460	458	489	472	29	1,61	16
Dierkosten	1.022	991	1.016	1.020	-6	-0,15	-35
Totaal kosten	3.674	3.631	3.740	3.801	66	0,40	-104
Saldo	8.794	8.802	8.897	8.832	103	0,40	73
Arbeid	4.037	3.995	4.001	3.996	-36	-0,18	-37
Werk door derden	465	459	497	487	32	0,80	4
Werktuigen	1.578	1.642	1.802	1.684	224	2,78	182
Bewerkingskosten	6.080	6.096	6.300	6.167	220	0,91	149
Grond en gebouwen	2.546	2.631	2.746	2.670	200	2,02	161
Overige kosten	1.710	1.709	1.507	1.504	-203		3
Totaal	10.336	10.436	10.553	10.341	217	0,80	312
Netto-resultaat	-1.542	-1.634	-1.656	-1.509	-114	-0,46	-239

Bron: LEI-boekhoudnet 1992/93.

4.4 Het voeren van bijprodukten

Van de bijprodukten perspulp, maisglutenvoer en bierbostel is in het LEI-boekhoudnet bekend hoeveel ervan gevoerd is. In tabel 4.5 worden de bedrijven die bijprodukten voeren, vergeleken met vergelijkbare bedrijven die geen bijprodukten voeren. De bedrijven die wederom gepaard zijn ingedeeld in de twee groepen dienen gelijk te zijn op basis van de oppervlakte en de melkproductie per hectare voederoppervlakte (fpcm), met een minimale gelijkheidscoëfficiënt van 0,99.

Opmerkelijk is het lagere vetgehalte (significant) bij de groep die bijprodukten voert. Dit is in overeenstemming met de modeluitkomsten. Volgens tabel 3.16 leidt het vervangen van 50% krachtvoer door perspulp tot een daling van het vetgehalte met 0,08%. Het vervangen van 50% krachtvoer door maisglutenvoer leidt volgens tabel 3.18 tot een daling van het vetgehalte met 0,05%. Het eiwitgehalte is echter, in tegenstelling tot de modeluitkomsten, niet hoger op de bedrijven met bijprodukten.

Het model berekent volgens tabel 3.16, 3.18 en 3.20 een hogere optimale gift van krachtvoerachtigen op bedrijven die bijprodukten voeren, waardoor de melkproductie per koe hoger is. In tabel 4.5 worden op de bedrijven die bijprodukten voeren, evenveel krachtvoerachtigen per koe gevoerd, als op de bedrijven waar geen bijprodukten gevoerd worden. De melkproductie per koe in kilogram is in beide groepen nagenoeg gelijk.

Tabel 4.5 Kengetallen van bedrijven met en bedrijven zonder bijprodukten

Kengetal	Zonder bijprodukten	Met bijprodukten	t
Aantal bedrijven	133	133	
Voederoppervlak (ha)	35,89	36,04	0,07
Krachtvoerachtigen/koe (kVEM) a)	2.060	1.999	-0,06
Melk/koe (kg)	6.882	6.859	-0,20
Vet %	4,48	4,42	-2,88
Eiwit %	3,48	3,48	-0,77
Melk/koe (kg fpcm)	7.333	7.254	-0,63
Melk/ha (kg fpcm)	12.305	12.615	0,82
Melkkoeien/ha	1,69	1,75	1,13
Gve-jongvee/ha	0,72	0,76	1,37

a) Krachtvoer + bijprodukten, inclusief dat voor jongvee.

Bron: LEI-boekhoudnet 1992/93.

In tabel 4.6 wordt het bedrijfsresultaat van de bedrijven die bijprodukten voeren vergeleken met dat van vergelijkbare bedrijven die deze produkten niet voeren. Uit de tabel blijkt dat de opbrengsten op de bedrijven die bijprodukten voeren, hoger zijn (niet significant). Indien dit verschil gecorrigeerd wordt voor de hogere intensiteit, dan blijken de op-

brengsten juist f 89,- per hectare lager te zijn. Ondanks de lagere prijs voor bijprodukten zijn de voerkosten hoger, zelfs als gecorrigeerd is voor de hogere intensiteit (f 48,-). Het voor intensiteit gecorrigeerde saldo per hectare is ongeveer f 150,- lager op de bedrijven die bijprodukten voeren. Dit is niet in overeenstemming met de modeluitkomsten in tabel 3.17, 3.19 en 3.21. Het model berekent namelijk voor het vervangen van 50% krachtvoer door perspulp, maisglutenvoer en bierbostel een stijging van het saldo per hectare met respectievelijk f 153,-, f 203,- en f 97,-.

De arbeidskosten en de werktuigkosten zijn aanmerkelijk hoger op de bedrijven met bijprodukten. Hier staan lagere kosten voor werk door derden tegenover. Het geheel resulteert in een netto-bedrijfsresultaat dat ongeveer f 240,- per hectare lager is.

Samengevat kan worden gesteld, dat met uitzondering van het vetgehalte de gunstige effecten, zoals het model die berekent op eiwitgehalte en het saldo per hectare, hier niet worden bevestigd.

Tabel 4.6 *Het netto-bedrijfsresultaat per hectare voederoppervlakte van bedrijven met en bedrijven zonder bijprodukten*

	Zonder bijprodukten		Met bijprodukten		Verschil w2-w1	t	Gecorrigeerd verschil w2-w1 -(m2-m1)
	werkelijk w1	maatstaf m1	werkelijk w2	maatstaf m2			
Melkopbrengst	9.197	9.203	9.449	9.452	252	0,86	3
Omzet en aanwas	1.656	1.571	1.603	1.607	-53	-0,56	-89
Overig opbrengsten	188	185	222	222	34	1,96	-3
Ootaal opbrengsten	11.041	10.959	11.274	11.281	233	0,69	-89
Voerkosten	1.821	1.838	1.999	1.968	178	3,13	48
Kosten voederopp.	439	438	408	410	-31	-1,77	-3
Dierkosten	876	875	924	906	48	1,50	17
Totaal kosten	3.136	3.151	3.331	3.284	195	1,33	62
Saldo	7.905	7.808	7.943	7.997	38	0,18	-151
Arbeid	4.300	4.245	4.374	4.251	74	0,34	68
Werk door derden	505	447	387	424	-118	-3,37	-95
Werktuigen	1.417	1.487	1.528	1.504	111	1,68	94
Bewerkingskosten	6.222	6.179	6.289	6.179	67	0,28	67
Grond en gebouwen	2.356	2.403	2.527	2.474	171	1,99	100
Overige kosten	1.391	1.391	1.483	1.473	92		10
Totaal	9.963	9.973	10.299	10.126	330	0,97	177
Netto-resultaat	-2.064	-2.165	-2.356	-2.129	-292	-1,14	-328

Bron: LEI-boekhoudnet 1992/93.

4.5 Samenvatting

Uit de voorgaande paragrafen blijkt, dat het valideren van de modeluitgangspunten en de modeluitkomsten op basis van empirische data nauwelijks mogelijk is. Dit wordt onder andere veroorzaakt door het ontbreken van noodzakelijke data, zoals ruwvoerkwaliteit (zie paragraaf 4.1) en frequentie van krachtvoerverstrekking.

De grote diversiteit in zowel de bedrijfsstructuur als het management is er de oorzaak van dat de variatie in technische en economische resultaten zeer groot is, zodat de invloeden van de diverse tactieken, die relatief klein zijn, moeilijk traceerbaar zijn.

In paragraaf 4.2 tot en met 4.4 is, middels gepaarde indeling, geprobeerd te corrigeren voor factoren betreffende de bedrijfsstructuur. Er zijn groepen gevormd met dezelfde oppervlakte en dezelfde intensiteit. Zelfs met een vrij scherpe eis betreffende de gelijkheid binnen de paren, ontstaan er verschillen tussen de groepen. Vervolgens is geprobeerd om via de vermelde maatstaven (De Haan, 1991) te komen tot een voor intensiteit gecorrigeerd verschil tussen de beide groepen. Ook deze methode levert niet de significante verschillen, die op grond van de modeluitkomsten verwacht worden. Verwacht mag worden dat ook het management en factoren van de bedrijfsstructuur waarvoor niet gecorrigeerd is, van invloed zijn op de uiteindelijke technische en economische resultaten. Dit maakt het valideren van de modeluitkomsten, zoals dat hier is toegepast door middel van groepsindeling, zeer moeilijk.

5. DISCUSSIE

In dit hoofdstuk worden achtereenvolgens de modeluitgangspunten en de gevoeligheid van het model met betrekking tot onbekende data behandeld. Vervolgens wordt een aantal aanbevelingen gedaan richting het vakgebied veevoeding en richting instanties die een bedrijfseconomische administratie verzorgen, zoals het LEI-DLO en accountantskantoren.

5.1 Modeluitgangspunten

In hoofdstuk 2 heeft een uitvoerig literatuuronderzoek plaatsgevonden met als doel het vormen van rekenregels. Met behulp van deze rekenregels is het mogelijk een voorspelling te maken omtrent de effecten van voedertactieken op technische en economische resultaten. Tabel 2.41 vormt een samenvatting van de effecten van voedertactieken op technische resultaten als melkproductie en vet- en eiwitgehalte in de melk. De betrouwbaarheid van de rekenregels kan echter ter discussie staan, omdat:

- veel aangehaalde proeven slechts betrekking hebben op een deel van de lactatie;
- de krachtvoersamenstelling en het voerniveau van de controlegroep tussen de diverse proeven verschillend is;
- bij een enkele proef de krachtvoersamenstelling en/of het voerniveau tussen proefgroep en controlegroep verschillend is;
- er geen waarde wordt toegekend aan de toename van lichaamsreserves;
- de krachtvoergift in het KOEMODEL, waarop de formules I en II gebaseerd zijn, gelimiteerd is aan de structureis. In de praktijk kunnen veehouders een hogere maximale krachtvoergift aanhouden (zie volgende tekst).

Bij het inschatten van het effect van een gewijzigde krachtvoergift op de melkproductie is gebruikt gemaakt van het KOEMODEL in aangepaste vorm (zie paragraaf 2.4.2.1.2). In dit model is de krachtvoergift gelimiteerd aan de structureis, waarbij minimaal een derde van de droge stof in het rantsoen uit structuurhoudende droge stof moet bestaan. De Brabander et al. (1994) hebben aangetoond dat de structureis een minder harde eis is, dan vaak wordt aangenomen (zie paragraaf 2.4.1.3). Zij toonden aan dat het kritisch ruwvoeraandeel 9% hoger ligt bij zetmeelrijk krachtvoer met snel afbreekbaar zetmeel dan bij krachtvoer met een laag percentage zetmeel. Het zesmaal daags verstrekken van krachtvoer verlaagde het kritisch ruwvoeraandeel met 4%. In de praktijk kunnen veehouders dus in

de top van de lactatie meer krachtvoer voeren dan het KOEMODEL aan- geeft als maximale krachtvoergift, indien ze krachtvoer frequent verstrek- ken, of krachtvoer met weinig oplosbare koolhydraten en weinig snel afbreekbaar zetmeel voeren. Dit betekent dat een koe in de praktijk meer krachtvoer en dus meer energie in de top van de lactatie op kan nemen. Het verloop van de lactatie zal dan anders zijn dan de lactatiecurve waar- op de formules I en II gebaseerd zijn. Een groter deel van het krachtvoer kan dan in het begin van de lactatie gevoerd worden. In het begin van de lactatie is de energie-opname lager dan de behoefte, zodat nog geen vorming van lichaamsreserves plaatsvindt. De netto-energie in het extra krachtvoer wordt in deze periode nagenoeg geheel gebruikt voor melk- productie. Verruiming van de structuureis zal dus tot gevolg hebben dat het effect van een hogere krachtvoergift op de melkproductie groter wordt.

5.2 Gevoeligheid van het model met betrekking tot onbekende data

In de praktijk zijn niet altijd alle gewenste data beschikbaar voor het berekenen van de effecten van diverse voedertactieken. Eventueel kan bij onbekende data, bijvoorbeeld een onbekende ruwvoer kwaliteit, uitge- gaan worden van het gemiddelde of de maatstaf (gecorrigeerd gemiddel- de). Het verkeerd inschatten van ontbrekende data kan gevolgen hebben voor de berekende effecten van een voedertactiek. In deze paragraaf wordt aan de hand van een voorbeeld met een onbekende ruwvoerkwali- teit, nagegaan hoe groot de gevolgen zijn van het verkeerd inschatten van de ruwvoer kwaliteit. Voorbeelden van andere data die kunnen ont- breken zijn:

- het is niet altijd bekend welk deel van de krachtvoeraankopen aan het overig vee (niet melkkoeien) wordt gevoerd. Eventueel kan aan- genomen worden dat deze hoeveelheid gemiddeld is (te berekenen via de maatstaf). Het verkeerd inschatten heeft gevolgen voor de te berekenen genetisch potentiële melkproductie, wat leidt tot een ander effect bij bijvoorbeeld het verhogen van de krachtvoergift;
- het is vaak niet bekend hoe de krachtvoerverstrekking in de uit- gangssituatie verloopt en tevens is het type krachtvoer niet altijd bekend. Het model gaat ervan uit dat in de beginsituatie tweemaal daags standaard A-brok verstrekt wordt. Indien het krachtvoer in de beginsituatie frequenter verstrekt wordt, dan zullen de effecten van bijvoorbeeld gemengd voeren kleiner zijn.

Onderstaand voorbeeld dient om te bepalen hoe groot de afwijking is, indien de ontbrekende ruwvoer kwaliteit verkeerd wordt ingeschat. Het voorbeeldbedrijf heeft een melkproductie van 7.000 kg fpcm, een kracht- voergift van 1.500 kVEM en een saldo van f 8.367,- per hectare. De jong- veebezetting bedraagt 0,25 gve per koe en het voerverbruik per gve is

volgens de maatstaf (zie tabel 3.1). De veehouder is geïnteresseerd in het effect van een gewijzigde krachtvoergift op de melkproductie per koe en het saldo per hectare. De ruwvoer kwaliteit is echter onbekend, zodat het inschatten van de genetisch potentiële melkproductie moeilijk is.

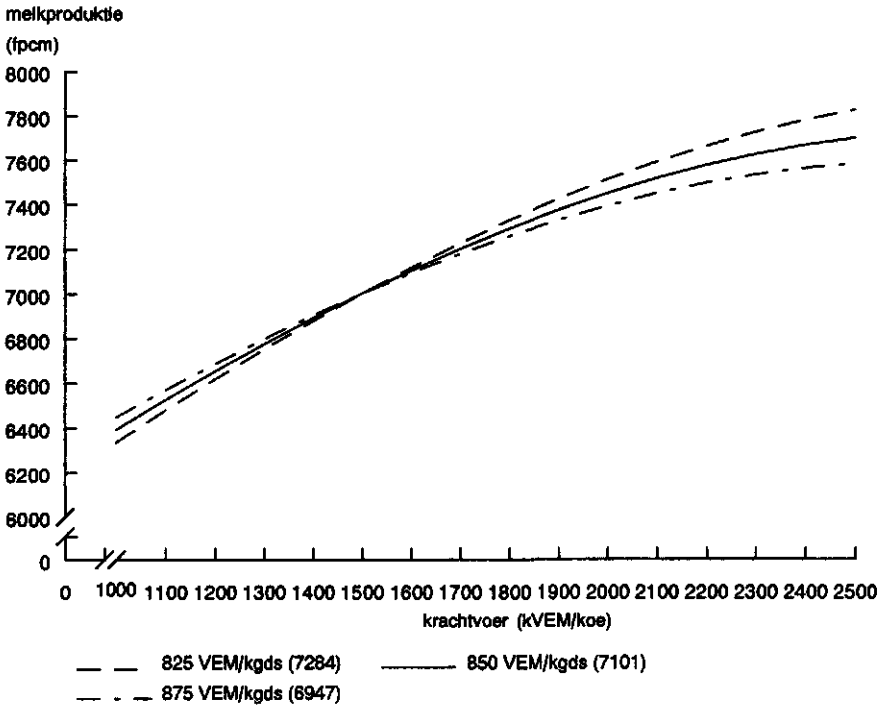
Indien aangenomen wordt dat de onbekende ruwvoer kwaliteit 850 VEM/kg ds is geweest, dan kan met behulp van de wortelformule in paragraaf 2.4.2.1.2, berekend worden dat de genetisch potentiële melkproductie 7.101 kg fpcm bedraagt. Indien aangenomen wordt dat de ruwvoer kwaliteit 825 is geweest, dan wordt een hogere genetisch potentiële melkproductie van 7.284 kg fpcm berekend. Het genetisch niveau moet hoger geweest zijn omdat de koe in staat is om dezelfde hoeveelheid melk te produceren bij eenzelfde krachtvoergift en een slechtere kwaliteit ruwvoer. Indien aangenomen wordt dat de ruwvoer kwaliteit 875 VEM/kg ds is geweest, dan wordt een genetisch potentiële melkproductie van 6.947 kg fpcm berekend.

Uiteraard heeft de hoogte van de genetisch potentiële melkproductie gevolgen voor het effect van een gewijzigde krachtvoergift. Figuur 5.1 geeft het effect van de inschatting van de ruwvoer kwaliteit op de berekende genetisch potentiële melkproductie (tussen haakjes) en het verwachte effect van een gewijzigde krachtvoergift op de melkproductie per koe. Uit de figuur blijkt dat het te laag inschatten van de ruwvoer kwaliteit leidt tot een hogere berekende genetisch potentiële melkproductie, met een hogere respons van de melkproductie op een verhoging van de krachtvoergift. Het te hoog inschatten van de ruwvoer kwaliteit leidt tot een lagere respons van de melkproductie op de krachtvoergift.

In figuur 5.2 wordt vervolgens het effect op het saldo getoond. Uit de figuur blijkt dat bij ruwvoer kwaliteit van 875 VEM/kg ds het saldo per hectare hooguit een paar tientjes verhoogd kan worden via een verhoging van de krachtvoergift. Indien de ruwvoer kwaliteit 825 VEM/kg ds bedraagt, dan is de genetisch potentiële melkproductie op een dusdanig hoger niveau, dat het saldo nog met ongeveer f 125,- te verhogen is middels een verhoging van de krachtvoergift met 500 à 600 kVEM per koe.

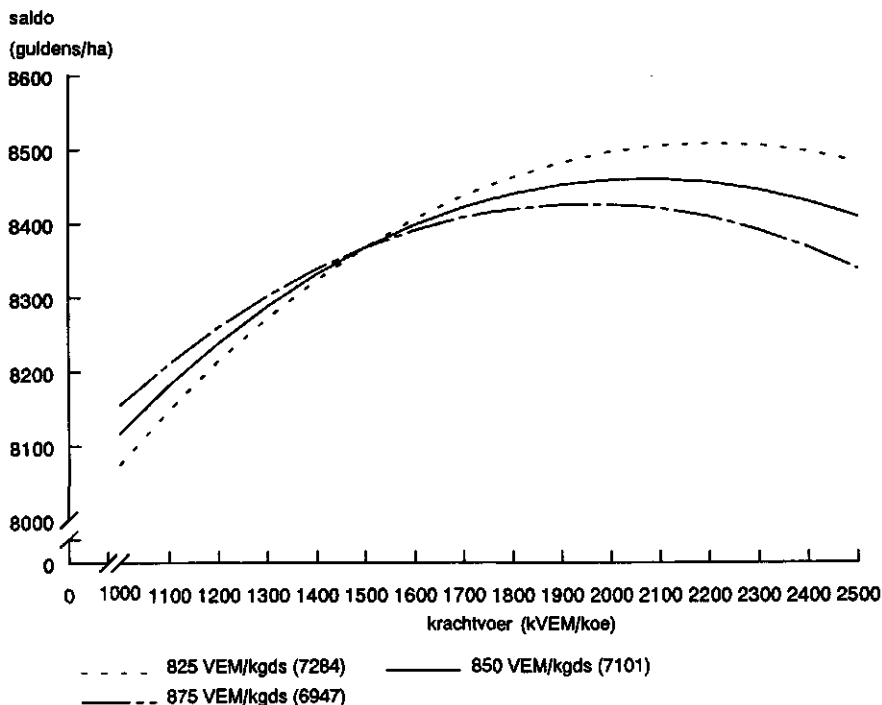
Uit het bovenstaande voorbeeld blijkt dat de hoogte van de berekende genetisch potentiële melkproductie zeer belangrijk is voor het doorrekenen van de effecten van een gewijzigde krachtvoergift op de melkproductie en het bedrijfsresultaat. Om de genetisch potentiële melkproductie goed te kunnen berekenen met behulp van de wortelformule, moet de ruwvoer kwaliteit bekend zijn of goed ingeschat worden. Een verkeerde inschatting kan tot verkeerde adviezen leiden zoals hierboven bleek.

Ook de hoeveelheid krachtvoer die aan de melkkoeien is gevoerd (exclusief krachtvoer voor jongvee), moet bekend zijn. Vaak is alleen de totale hoeveelheid krachtvoer bekend (inclusief krachtvoer voor jongvee). Het volgende voorbeeld is gelijk aan het voorgaande, alleen nu is de ruwvoer kwaliteit bekend (850 VEM/kg ds) en is de hoeveelheid krachtvoer voor de melkkoeien (exclusief jongvee) onbekend. Indien deze wordt ge-



Figuur 5.1 Het effect van de schatting van de ruwvoerwaliteit op de berekende genetisch potentiële melkproduktie (tussen haakjes) en op het verwachte effect van de krachtvoergift op de melkproduktie per koe

schat op 1.500 kVEM per koe, dan wordt via de wortelformule een genetisch potentiële melkproduktie berekend van 7.101 kg fpcm. Indien de hoeveelheid krachtvoer voor de melkkoeien wordt geschat op 1.400 kVEM/koe, dan wordt een hogere genetisch potentiële melkproduktie van 7.300 kg fpcm berekend. De koe is immers in staat om dezelfde hoeveelheid melk te produceren met eenzelfde ruwvoerwaliteit en een lagere hoeveelheid krachtvoer. Indien de hoeveelheid krachtvoer op 1.600 kVEM wordt geschat, dan wordt een genetisch potentiële melkproduktie van 6.939 kg fpcm berekend. De effecten van een over- of onderschatting van de ruwvoerwaliteit met 25 VEM/kg ds zijn dus nagenoeg gelijk aan een over- of onderschatting van de krachtvoergift met 100 kVEM per koe.



Figuur 5.2 Het effect van de schatting van de ruwvoerkwaliteit op de berekende genetisch potentiële melkproductie (tussen haakjes) en op het verwachte effect van de krachtvoergift op het saldo per hectare

5.3 Kanttekeningen voor het vakgebied Veevoeding

Uit onderzoek van de Brabander et al. (1994) is gebleken dat de structuureis die in het begin van de lactatie de hoeveelheid krachtvoer limiteert, minder vast is dan altijd is aangenomen. Het kritische aandeel ruwvoer in het rantsoen is mede afhankelijk van het suiker- en zetmeelgehalte in een rantsoen, het soort zetmeel (langzaam of snel afbreekbaar) en de frequentie van krachtvoerverstrekking. Het verdient daarom de voorkeur te komen tot een nieuwe structuureis, die afhankelijk gesteld wordt van het suiker- en zetmeelgehalte in een rantsoen en het soort zetmeel. Dit vereist uiteraard een registratie van het suiker- en zetmeelgehalte van produkten, plus een vermelding van het type zetmeel.

In paragraaf 2.2.4 is gebleken dat de hoeveelheid aan ketogene, glucogene en aminogene nutriënten, en de verhouding waarin ze voor de koe ter beschikking komen, grote gevolgen hebben voor de hoeveelheid en de samenstelling van de melk, omdat:

- ketogene nutriënten precursors zijn voor de produktie van melkvet;
- aminogene nutriënten precursors zijn voor de produktie van melkeiwit;
- glucogene nutriënten precursors zijn voor de produktie van melksuiker, wat voor een groot deel de melkplas bepaalt. Daarnaast is bij een ruim aanbod aan glucogene nutriënten het gebruik door de koe van aminogene nutriënten als energieleverancier lager, waardoor meer aminogene nutriënten beschikbaar zijn voor de vorming van melkeiwit.

Sinds het in werking treden van de vetquotering (zie inleiding) kan het gewenst zijn melk te produceren met een relatief laag vetgehalte omdat bij een overschrijding van de vetreferentie het quotum gekort wordt. Een verhoging van het eiwitgehalte leidt via een hogere melkprijs tot een hogere melkopbrengst. Een pensfermentatie waarbij relatief weinig ketogene nutriënten en relatief veel glucogene en aminogene nutriënten ontstaan, verdient daarom de voorkeur.

Het huidige VEM-systeem en het oude vre-systeem houden geen rekening met de verhouding waarin nutriënten voor de koe beschikbaar komen. Het nieuwe DVE-systeem vormt een aanzienlijke verbetering omdat het, in tegenstelling tot het oude vre-systeem, aangeeft hoeveel eiwit daadwerkelijk voor de koe in de darm verteerbaar is (bestendig voereiwit en microbiëel eiwit). Het VEM-systeem geeft de hoeveelheid netto-energie aan die voor de koe beschikbaar komt, maar maakt echter geen onderscheid tussen energie uit ketogene, glucogene of aminogene nutriënten. De hoeveelheid en de verhouding waarin deze voor de koe beschikbaar komen, zijn echter zeer belangrijk voor de hoogte van de melkproduktie en de gehalten in de melk. Er is daarom behoefte aan een model dat de pensfermentatie kan nabootsen en een voorspelling kan vormen van de hoeveelheid nutriënten en de verhouding waarin ze voor de koe beschikbaar komen. In paragraaf 2.3 worden twee van dergelijke modellen genoemd, die echter nog niet operationeel zijn. De ontwikkeling van een dergelijk model zal in de toekomst een belangrijke vraag voor het veevoedkundig onderzoek zijn.

De praktijk (de melkveehouder) heeft nu al wel baat bij een inschatting van het effect van specifieke voedermiddelen op de melkproduktie en de gehalten in de melk. Het onderzoek van Subnel et al. (1994) komt al enigszins tegemoet aan deze behoefte. Totdat de fermentatiebeschrijvende modellen operationeel zijn, verdient het aanbeveling om bij de VEM-waarde van voedermiddelen aan te geven voor welk percentage de VEM-waarde uit de volgende categorieën bestaat:

- vetten;
- oplosbare suikers en snel afbreekbaar zetmeel;
- langzaam afbreekbaar zetmeel;
- structurele koolhydraten;
- eiwitten.

Per categorie kan dan in kwalitatieve zin vermeld worden, wat het effect is van het verhogen of verlagen van het VEM-percentage binnen die categorie, op de melkproductie en de bijbehorende gehalten.

De indeling van de VEM in de diverse categorieën kan tevens leiden tot het aangeven van veiligheidsmarges voor een goed verlopende pensfermentatie. Zo kunnen voor de categorie vetten en de categorie oplosbare suikers en snel afbreekbaar zetmeel maximumpercentages aangegeven worden. Dit biedt dan tevens de mogelijkheid tot het introduceren van een structuureis, die afhankelijk is van het percentage VEM uit de categorie oplosbare suikers en snel afbreekbaar zetmeel.

5.4 Kanttekeningen voor instanties die een bedrijfseconomische administratie verzorgen

Als doel van dit onderzoek is in de inleiding gesteld: het opstellen van rekenregels of vuistregels die, op basis van gegevens uit de bedrijfseconomische administratie, het effect van diverse voedertactieken op de melkproductie per koe, de vet- en eiwitgehalten in de melk en het bedrijfsresultaat weergeven. Er blijkt echter dat de opgestelde rekenregels nauwelijks gebruikt kunnen worden voor de advisering op basis van gegevens uit een bedrijfseconomische administratie (LEI-boekhoudnet). De reden hiervan is het ontbreken van vooral technische data omtrent de ruwvoerkwaliteit, de hoeveelheid krachtvoer die daadwerkelijk aan de melkkoeien wordt gevoerd (exclusief krachtvoer voor jongvee), het type krachtvoer en de frequentie van de krachtvoerverstrekking in de beginsituatie.

Uit paragraaf 5.2 bleek dat het effect van een gewijzigde krachtvoergift op de melkproductie en het bedrijfsresultaat verkeerd kan worden ingeschat, indien de ontbrekende ruwvoerkwaliteit op het gemiddelde wordt gesteld. Door de ruwvoerkwaliteit en overige ontbrekende data op het gemiddelde te stellen, kunnen dus verkeerde adviezen gegenereerd worden.

Indien de verzorgers van een bedrijfseconomische administratie deze door het verstrekken van adviezen een meerwaarde willen geven, dan lijkt de registratie van additionele data onmisbaar. Hierbij valt bijvoorbeeld te denken aan de ruwvoerkwaliteit, de verdeling van krachtvoer tussen melkkoeien en overig vee, het type krachtvoer en de manier van krachtvoerverstrekking. Eventueel kunnen deze data gedeeltelijk ook van andere instanties betrokken worden, bijvoorbeeld voerleverancier en/of het laboratorium voor grond- en gewasonderzoek.

6. CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN

In dit onderzoek is een aantal rekenregels opgesteld voor het berekenen van de effecten van diverse voedertactieken op de melkproductie en het bedrijfsresultaat. Het toepassen van de rekenregels op een aantal fictieve bedrijven leidt tot de volgende conclusies:

- De krachtvoergift per koe kan in ruime mate worden gevarieerd, waarbij de hoogte van de optimale krachtvoergift afhangt van de genetisch potentiële melkproductie, het melkquotum per hectare, de verhouding tussen de krachtvoer- en de ruwvoerprijs en de hoogte van de omzet en aanwas en de dierkosten per melkkoe. Het optimum is zeer breed. Dit houdt in dat een afwijking van de krachtvoergift ten opzichte van de optimale krachtvoergift slechts leidt tot een geringe daling van het saldo per hectare.
- Van alle berekende voedertactieken leidt een verhoging van de ruwvoerkwaliteit met 25 VEM/kg ds tot de grootste stijging van het saldo. Indien de kwaliteitsverbetering tot stand komt, als gevolg van een beter voer- en graslandmanagement (betere graslandplanning, kortere veldperiode enzovoort), dan zullen de vaste kosten nauwelijks stijgen. Er is bij de berekeningen aangenomen dat de ruwvoerproductie (kg ds) constant blijft. Het is evenwel mogelijk dat bij een betere conservering van winterruwvoer, ook de ds-productie stijgt bij toenemende kwaliteit. Indien de betere kwaliteit wordt verkregen door frequenter te maaien, dan kan de ruwvoerproductie juist afnemen. De manier waarop de kwaliteitsverbetering bereikt wordt, is dus van grote invloed op het bedrijfsresultaat.
- Het voeren van krachtvoer met een afwijkende samenstelling heeft geen positief effect op het saldo per hectare. Alleen krachtvoer met langzaam afbreekbaar zetmeel beïnvloedt de gehalten in de melk op een gunstige manier, waardoor de melkopbrengsten stijgen. Het krachtvoer is echter f 4,- per 100 kVEM duurder dan standaard A-brok, waardoor de voerkosten toenemen en het saldo niet verhoogd wordt.
- Het frequenter voeren van krachtvoer of het gemengd voeren van krachtvoer met ruwvoer heeft slechts een gering positief effect op het saldo per hectare. Het frequent of gemengd voeren van krachtvoer leidt tot een investering in hetzij een voercomputer, hetzij een voermengwagen of een voermengbak. Dit leidt tot hogere vaste kosten.
- Het voeren van bijproducten verhoogt het eiwitgehalte. Daarnaast verlagen perspulp en maisglutenvoer het vetgehalte, waardoor het quotum toeneemt. Het vervangen van krachtvoer door bijproducten

verhoogt het saldo vrij sterk, waarbij maisglutenvoer het saldo het sterkst verhoogt. Dit wordt veroorzaakt door de relatief lage prijs per netto-kVEM (zie tabel 2.38). Het voeren van bijprodukten vereist een investering in opslagruimte en machines voor het transporteren en doseren van de bijprodukten. Ook de arbeidskosten nemen toe, zodat de vaste kosten zullen stijgen.

- Tactieken waarbij de vaste kosten stijgen, zullen voor grote bedrijven relatief gunstiger zijn dan voor kleine bedrijven. De vaste kosten nemen namelijk per hectare af naarmate de oppervlakte toeneemt.

Op basis van dit onderzoek kan een tweetal aanbevelingen worden gedaan richting het vakgebied veevoeding en organisaties die een bedrijfseconomische administratie verzorgen:

- In het LEI-boekhoudnet, en waarschijnlijk ook in andere bedrijfseconomische administraties, ontbreken gegevens omtrent de ruwvoer-kwaliteit, de verdeling van het krachtvoer tussen melkkoeien en jongvee, de krachtvoersamenstelling en de methode van verstrekking van het krachtvoer. Om de bedrijfseconomische administratie een meerwaarde te geven, door het verstrekken van adviezen met de in dit onderzoek opgestelde rekenregels, is het nodig deze ontbrekende gegevens te registreren (zie ook discussie in paragraaf 5.4).
- Het huidige voederwaarderingssysteem houdt onvoldoende rekening met de hoeveelheid van en de verhouding waarin nutriënten voor de koe beschikbaar komen. Deze informatie is nodig voor het bepalen van de effecten van diverse voedertactieken op melkproductie en gehalten in de melk. Voor het veevoedkundig onderzoek wordt daarom aanbevolen te komen tot de ontwikkeling van een model dat de fermentatie in de pens beschrijft en de beschikbaarheid van nutriënten voor de koe berekent (zie ook discussie in paragraaf 5.3). De praktijk (de melkveehouder) heeft nu al baat bij een inschatting van het effect van specifieke voedermiddelen op de melkproductie en de gehalten in de melk. Totdat de fermentatiebeschrijvende modellen operationeel zijn, verdient het aanbeveling om bij de VEM-waarde van voedermiddelen aan te geven voor welk percentage de VEM-waarde uit de volgende categorieën bestaat:
 - vetten;
 - oplosbare suikers en snel afbreekbaar zetmeel;
 - langzaam afbreekbaar zetmeel;
 - structurele koolhydraten;
 - eiwitten.

LITERATUUR

- AFRC Technical Committee on Responses to Nutrients (1987)
Report Number 1, Characterisation of Feedstuffs: Energy, London,
Vol 57; No 9
- Bolhuis, J. (1994)
Persoonlijke mededeling; Den Haag, LEI-DLO
- Boxem, T. (1988)
Vetrijck krachtvoer voor hoogproductieve melkkoeien; Lelystad, PR;
Publikatie nr. 58
- Boxem, T. (1990)
Nieuwmelkte koeien kunnen moeilijk zonder krachtvoer; Lelystad, PR;
Praktijkonderzoek nr.6
- Boxem, T. (1990)
Invloed voeding op eiwitgehalte niet spectaculair; Lelystad, PR; Prak-
tijkonderzoek nr. 1
- Boxem, T. (1990)
*Snijmais en natte bijprodukten in rantsoenen voor hoogproductieve
dieren*; Lelystad, PR; Publikatie nr. 65
- Boxem, T. (1991)
Geen voordeel van bijvoer met extra bestendig eiwit; Lelystad, PR;
Praktijkonderzoek nr.1
- Brabander, D.L. de, A.M. de Smet, J.M. Vanacker en C.V. Boucqué (1994)
*Invloed van de krachtvoersamenstelling en van de voederfrequentie
op het kritische ruwvoederaandeel in het melkveerantsoen*; Gepre-
senteerd tijdens: Nederlandstalige Voedingsfysiologiedag, Wagenin-
gen, 6-4-1994
- Bruchem, J. van (1991)
Physiology of the Gastrointestinal Tract; Wageningen, LU;
dictaat 06104111

- Broster, W.H. en C. Thomas (1981)
The influences of level and pattern of concentrate input on milk output; In: W. Haresign [ed]; Recent advances in animal nutrition; London, Butterworths
- Bruins, W.J. (1989)
Invloed van de krachtvoersamenstelling op het vet- en eiwitpercentage; Lelystad, PR; Praktijkonderzoek nr. 5
- Bruins, W.J. (1990)
Effect van krachtvoersamenstelling in de weideperiode; Lelystad, PR; Praktijkonderzoek nr. 2
- Buttery, P.J. (1977)
Biochemical basis of rumen fermentation; In: Haresign, W. and D. Lewis [ed]; Recent advances in animal nutrition; London, Butterworths, pp. 8-24
- Centraal Veevoederbureau (1991)
Voedernormen landbouwhuisdieren en voederwaarde veevoerders; Lelystad, CVB; CVB-reeks nr. 9
- Coppock, C.E., H.F. Tyrrell, W.G. Merrill and J.T. Reid (1968)
Protein reserves in cows; Proc. Cornell Nutrition Conf., pp. 86-94
- Daatselaar, C.H.G. (1988)
De invloed van de melkgift op het saldo per koe; Den Haag, LEI; Publikatie 3.137
- Dijk, H. van (1986)
Ruwvoeronderzoek geeft veel informatie, waard om er gebruik van te maken; In: Veeteelt 1986/9, pp. 812-813
- Dijk, J.P.M. van, B.E. Douma en A.J.L. van Vliet (1994)
Bedrijfsuitkomsten in de landbouw (BUL); Den Haag, LEI-DLO; Periodieke Rapportage 11-92/93
- Dijkstra, N.D. en A.M. Frens (1963)
Invloed van voeding boven de zetmeelwaarde-normen op het levend gewicht en de produktie van melkkoeien; Wageningen, PUDOC; Verslagen van Landbouwkundige Onderzoekingen nr. 69.18
- Dijkstra, N.D. (1969)
De invloed van voeding onder de zetmeelwaarde-normen op het levend gewicht en de produktie van melkkoeien; Wageningen, PUDOC; Verslagen van Landbouwkundige Onderzoekingen nr. 723

- Dijkstra, J. and Heather D.ST.C. Neal (1990)
A rumen simulation model of nutrient digestion and outflow; 41 st Annual Meeting of the European Association for Animal Production; Toulouse, France; 8-12 July 1990
- Es, A.J.H. van (1977)
Feed evaluation for ruminants I. The system in use from may 1977 onwards in the Netherlands; Lelystad, Instituut voor Veevoedingsonderzoek "Hoorn"; In: *Livestock Production Science*, 5 (1978) 331-345
- Gordon, F.J. (1981)
Feed input-milk output relationships in the spring calving dairy cow; In: Haresign, W. and D.J.A. Cole [ed]; *Recent advances in animal nutrition 1981*; London, Butterworths, pp. 295-311
- Haan, T. de (1988)
Het ontwikkelen van bedrijfsspecifieke vergelijkingsmaatstaven voor de analyse van het bedrijfsresultaat op melkveebedrijven; Den Haag, LEI; Onderzoekverslag 80
- Hijink, J.W.F. en A.B. Meijer (1987)
Het koemodel; Lelystad, PR; Publikatie nr. 50
- Hof, G. (1987)
Inleiding Veevoeding; Wageningen, LU; dictaat 06421701
- Hulme, D.J., R.C. Kellaway, P.J. Booth and L. Bennett (1986)
The CAMDAIRY Model for Formulating and Analysing Dairy Cow Rations; In: *Agricultural Systems 0308-521X/86/\$03.50*; Barking, Essex, England; Elsevier Applied Science Publishers Ttd
- Jackson, D.A., C.L. Johnson and J.M. Forbes (1991)
The effect of compound composition and silage characteristics on silage intake, feeding behaviour, production of milk and live-weight change in lactating dairy cows; In: *Animal Production*; 52:11-19
- Jong, H. de (1983)
Voederbenuttings-LP; Valburg, Afstudeeropdracht LUW vakgroep ABE
- Kaufmann, W. (1979)
Protein Utilization; In: Broster, W.H. and H. Swan [ed]; *Feeding Strategy for the High Yielding Dairy Cow*; London, Granada Publishing; EAAP publications no. 25

- Koole, B. (1993)
Berekening en toepassing van Nederlandse grootte-eenheden en standaardbedrijfseenheden (nge 1990 en sbe 1991); Den Haag, LEI-DLO; Periodieke Rapportage 63-90
- Kristensen, V.F., and P. Norgaard (1987)
Effect of roughage quality and physical structure of the diet on feed intake and milk yield in the dairy cow; In: Andersen, B.B., E. Andersen, B. Jentsen, P.H. Petersen and V. Østergaard [ed]; *Research in cattle production; Danish status and perspectives*; Frederiksberg, Landhusholdningsselskabets Forlag
- Leaver, J.D. (1988)
Level and pattern of concentrate allocation to dairy cows; In: Garnsworthy, P.C. [ed] *Nutrition and lactation in the dairy cow*; London, Butterworths, pp. 315-326
- Looijen, G. (1990)
De waardering van eiwit in gras; Gouda, DLV-team Gouda-Zuid; Mid West nr. 40
- Luesink, H.H. (1993)
Verkenning infrastructurele voorzieningen in 2000 voor mestafzet; Den Haag, LEI-DLO; Onderzoekverslag 103
- Mc Donald, P., R.A. Edwards en J.F.D. Greenhalgh (1988)
Animal Nutrition; Burnt Mill, Harlow, Essex, Longman Group Limited,
- MacRae, J.C., P.J. Buttery and D.E. Beever (1988)
Nutrient interactions in the dairy cow; In: Garnsworthy, P.C. [ed]; *Nutrition and lactation in the dairy cow*; London, Butterworths, pp. 378-394
- Mandersloot, J.M.A. en B. Subnel (1992)
Zetmeelrijk krachtvoer: meer melk en eiwit? ... ook meer geld?; Lelystad, PR; Praktijkonderzoek 2
- Meijer, A.B. (1981)
Krachtvoerverstrekking buiten melkstal; In: *Bedrijfsontwikkeling* jaargang 12
- Meijs, J.A.C. (1986)
Concentrate supplementation of dairy grazing cows. 2; Effect of concentrate composition on herbage intake and milk production; In: *Grass and Forage Science Volume 41*, pp. 229-235

- Meijs, J.A.C. (1989)
Zetmeelrijk krachtvoer bij graskuil zet melkvet plaats terug; In: Boerderij/Veehouderij, 1989 (74)
- Murphy, M.R., R.L. Baldwin and L.J. Koong (1982)
Estimation of stoichiometric parameters for rumen fermentation of roughage and concentrate diets; In: Journal of Animal Science; 55:411-421
- Nijssen, J.M.A. (1990)
Wat mag eiwitverhogend krachtvoer kosten?; Lelystad, PR; Praktijkonderzoek 2
- Oldham, J.D. and J.D. Sutton (1979)
Milk composition and the high yielding cow; In: Broster, W.H. and H. Swan [ed]; Feeding Strategy for the High Yielding Dairy Cow; London, Granada Publishing; EAAP publications no. 25
- Oosterhof, P.H. en J.R. Stegink (1993)
De waarde van bedrijfsspecifieke maatstaven als informatiebron bij de strategie bepaling op een melkveebedrijf; Wageningen, Afstudeeropdracht LUW, Vakgroep ABE
- Østergaard, V., C.C. Krohn and I. Thysen; (1987)
Feeding principles and optimum feeding of the high yielding cow; In: Andersen, B.B., E. Andresen, B. Jentsen, P.H. Petersen and V. Østergaard [ed]; Research in cattle production; Danish status and perspectives; Frederiksberg, Landhusholdningselskabets Forlag
- Robinson, P.H. (1989)
Dynamic aspects of feeding management for dairy cows; In: Journal of Dairy Science Vol.72, No.5, pp. 1197-1209
- Satter, L.D. and R.E. Roffler (1977)
Influence of nitrogen and carbohydrate inputs on rumen fermentation; In: Haresign, W. and D. Lewis [ed]; Recent advances in animal nutrition 1977; London, Butterworths, pp. 25-49
- Smith, N.E. (1988)
Alteration of efficiency of milk production in dairy cow by manipulation of the diet; In: Garnsworthy, P.C. [ed]. Nutrition and lactation in the dairy cow; London, Butterworths, pp.216-231
- Straalen, W.M. van, en S. Tamminga (1992)
Protein Degradation of Ruminant Diets; Wageningen, College Dictaat Integratievak Veevoeding

- Subnel, A.P.J. en H. de Visser (1994)
Fasevoeding bij melkvee; Lelystad, PR; Praktijkonderzoek nr.1
- Subnel, A.P.J. (1992)
Beperkt voordeel gemengd voeren aan melkkoeien; In: Veehouden nu No. 7, pp. 4-7; Arnhem, Uitgeverij Agraar
- Sutton, J.D. (1981)
Concentrate feeding and milk composition; In: Haresign, W. [ed]; Recent advances in animal nutrition 1981; London, Butterworths, pp. 35-48
- Tamminga, S. en A.J.M. Jansman (1992)
Animal Nutrition; Wageningen, LUW, Vakgroep Veevoeding
- Tamminga, S. (1992)
Nutrition management of dairy cows as a contribution to pollution control; In: Journal of Dairy Science Vol. 75, No.1, pp. 345-357
- Tamminga, S. (1994)
 Persoonlijke mededeling; Wageningen, LUW
- Thomas, P.C. and P.A. Martin (1988)
The influence of nutrient balance on milk yield and composition; In: Garnsworthy, P.C. [ed]; Nutrition and lactation in the dairy cow; London, Butterworths, pp. 97-118
- Vellinga, Th.V. (1991)
Gevolgen van lagere grasproductie en -kwaliteit; Lelystad, PR; Praktijkonderzoek 4e jaargang nr. 3
- Visser, H. de en V.A. Hindle (1993)
Dried beet pulp, pressed beet pulp and maize silage as substitutes for concentrates in dairy cow rations; 1. Feeding value, feed intake, milk production and milk composition; In: Visser, H. de [ed]. Influence of carbohydrates on feed intake, rumen fermentation and milk performance in high-yielding dairy cows; Wageningen, LUW
- Visser, H. de en A. Steg (1988)
 Utilization of by-products for dairy cow feeds; In: Garnsworthy, P.C. [ed]; Nutrition and lactation in the dairy cow; London, Butterworths, pp. 378-394
- Waiboer, D.M. (1988)
Boeren met quotum: eiwit vervult sleutelrol bij gehaltenstijging; In: Veeteelt 1988/Februari 2, pp.160-161

- Webster, A.J.F., R.J. Dewhurst and C.J. Waters (1988)
Alternative approaches to the characterization of feedstuffs for ruminants; In: Haresign, W. and D.J.A. Cole [ed]; Recent advances in animal nutrition 1988; London, Butterworths, pp. 167-191
- Wel C. van der (1991)
Voederwaarde van gras bij verschillende botanische samenstellingen; Lelystad, PR; Praktijkonderzoek 4e jaargang nr.3
- Wiktorsson, H. (1979)
General plane of nutrition for dairy cows; In: Broster, W.H. and H. Swan [ed]; Feeding Strategy for the High Yielding Dairy Cow; London, Granada Publishing; EAAP publications no. 25