

**de opname door melkvee en  
de energetische voeder-  
waarde van technologisch  
bewerkte ruwvoerders**

Y. VAN DER HONING\*



De bijdrage aan de energievoorziening van de koe hangt vooral af van de opgenomen hoeveelheid en de energetische voederwaarde. Hierna is daarom aandacht geschonken aan:

- de voederopname door herkauwers in het algemeen en melkvee in het bijzonder van bewerkte ruwvoerders in vergelijking tot de oorspronkelijke ruwvoerders, de factoren die deze opname beïnvloeden en de mogelijke oorzaken die de grotere opname van bewerkte ruwvoerders kunnen verklaren;
- de energetische voederwaarde van bewerkte ruwvoerders in rantsoenen voor melkvee, wederom in vergelijking tot die met het oorspronkelijke materiaal en de verschillen in de verwerking van de energie van het voer door melkvee tussen beide typen ruw voer.

#### terminologie en afmetingen van bewerkte ruwvoerders

Ruwvoer in onbewerkte vorm en ruwvoerders die niet korter dan 3 cm zijn gehakseld, worden hierna aangeduid met *lang ruwvoer*. Gehakseld ruwvoer dat overwegend deeltjes bevat, die kleiner dan 3 cm zijn, wordt *grof gemalen* genoemd. Wanneer lang of gehakseld materiaal zonder vooraf te malen, wordt geperst, ontstaan *wafels* (Eng.: wafers) via een plunjerpers of *hakselbrok* (Eng.: cobs) via een rotatiepers. Gemalen en via een rotatiepers bewerkt materiaal wordt met *brokjes* (Eng.: pellets) aangeduid.

De roterende persen hebben bij het gehakselde ruwvoer tevens een malend effect, waardoor afhankelijk van de diameter van de matrijsgaten, weinig of nagenoeg geen 'lang' ruwvoer meer in de brokjes aanwezig is. Hiermee zijn evenals bij brokjes van gemalen ruwvoer, de structuurgevendende eigenschappen vrijwel geheel verloren gegaan.

Wafels hebben meestal een diameter van 5-10 cm, terwijl deze meestal één tot tweemaal zo groot is als de lengte. Lengte en diameter van hakselbrok ligt meestal tussen 2 en 4 cm; brokjes zijn meestal kleiner dan 1½-2 cm in diameter en 4 cm in lengte.

#### de opname van bewerkte ruwvoerders

Voordat de invloed van malen, van de verschillende methoden van persen en van hakselen op de opname wordt beschreven, wordt eerst kort ingegaan op enkele algemene aspecten van de regulering van de voederopname door herkauwers.

Op lange termijn zal een dier trachten een evenwicht tussen de opgenomen en afgegeven energie te bewerkstelligen. Het hangt vooral af van de behoefte van het dier en de concentratie van het rantsoen of dit lukt.

Volgens de literatuur wordt de opname van lang ruwvoer vooral door fysische factoren (capaciteit van de voormagen en de verdwijningssnelheid van digesta uit de pens) belemmerd. De overgang van netmaag naar boekmaag kan de passage van onvoldoende verkleinde deeltjes tegenhouden. Herkauwen en microbiële afbraak bevorderen de verdwijningssnelheid van het voedsel uit de pens en netmaag.

Naast de regulering van de voederopname door fysische factoren wordt door vele auteurs nog een regulering door chemische of metabolische factoren genoemd, die met de con-

In de afgelopen 25-30 jaar is de belangstelling toegenomen voor het verdichten van ruwvoerders zoals gras- en lucerne-hooi en stro via een technologische bewerking zoals hakselen, malen en/of persen. De perspectieven voor dergelijke bewerkte voeders, die veel minder volumineus waren en gemakkelijker te hanteren in mechanische transport- en voederinstallaties in de moderne intensievere veenhouderij, leidde ook tot vrij veel onderzoek naar de gebruiksmogelijkheden van dergelijke voeders in de veevoeding.

Kunstmatig gedroogde groenvoerders, al lang in gebruik als eiwit- en caroteenbron in varkens- en pluimveevoeders, worden na technologische bewerkingen als malen en/of persen ook in de herkauwersvoeding gebruikt.

Aan het eind van de jaren zestig was vrij veel onderzoek aan bewerkte ruwvoerders uitgevoerd met groeiende herkauwers (rundvee en schapen) en volwassen hamels, maar weinig met melkvee. Voor Nederlandse omstandigheden was vooral kennis omtrent de gebruikswaarde voor melkvee van belang, hetgeen — mede gezien vragen vanuit de praktijk en andere onderzoekinstellingen — aanleiding was om de mogelijkheden van dergelijke voeders in de melkveevoeding na te gaan.

Ruwvoerders in het rantsoen leveren onder andere een bijdrage aan de eiwit- en energievoorziening van een melkkoe. Daarnaast bezitten ruwvoerders in niet-bewerkte vorm zogenaamde structuurhoudende eigenschappen, waardoor het goed functioneren van de voormagen wordt bevorderd en het optreden van voederstoornissen, tympanie en dergelijke als ook daling van het melkvetgehalte wordt voorkomen. Bij de meeste technologische bewerkingen gaat deze 'structuur' grotendeels of geheel verloren.

\*) Dr. Ir. Y. van der Honing, is verbonden aan het Instituut voor Veevoedingsonderzoek 'Hoorn' te Lelystad.

concentratie aan stofwisselingsprodukten in de pens en/of aan bepaalde stoffen in het bloed en dergelijke te maken zou hebben. Deze chemische regulering van de opname zou zich vooral voordoen wanneer zeer goed verteerbare rantsoenen met vrij veel krachtvoer worden verstrekt.

De gemiddelde deeltjesgrootte van ruwvoer wordt door malen en/of persen geringer. Deze mate van verkleining blijkt afhankelijk van het type ruwvoer, het groeistadium, de methode van drogen en het drogestofgehalte van het materiaal, de soort en het toerental van de molen, de zeef en het type pers. De gekozen zeefwijdte bij het malen of de diameter van de matrijsgaten bij het persen is nauwelijks een maat voor de uiteindelijke deeltjesgrootte van het bewerkte voer.

Hakselen had in het algemeen weinig effect op de opname. Door malen en tot brokjes persen werd de voederopname vaak meer verhoogd dan door persen tot wafels. Gemiddeld was de invloed van malen en persen op de opname groter bij schapen en mestvee dan bij melkvee. Dit is waarschijnlijk vooral een gevolg van de grotere energiebehoefte, voederopname en hoeveelheid krachtvoer in het rantsoen van melkvee. De oorzaak van een hogere opname van bewerkte ruwvoerders door herkauwers moet men vooral zoeken in het verkleinen van de deeltjesgrootte van lang ruwvoer, waardoor de passagesnelheid van het voer door de pens en netmaag toeneemt en een snellere fermentatie door de micro-organismen in pens en netmaag (oppervlaktevergroting door kleinere deeltjes) mogelijk is. Factoren die de smakelijkheid van bewerkte ruwvoerders verlagen, zoals stoffig meel of te harde brokjes, kunnen echter de voederopname desondanks verlagen.

Ruwvoerdeeltjes kleiner dan 2 mm zijn volgens de literatuur klein genoeg om de boekmaagopening van rundvee te passeren, en kunnen zo de passagesnelheid vanuit de pens-netmaag vergroten. Daardoor zou meer ruimte voor de opname van nieuw voer beschikbaar komen bij gemalen en tot brokjes geperst ruwvoer, mits deze passage niet belemmerd wordt door een grotere vulling van het distale deel van het maagdarmkanaal of wanneer de opname meer gereguleerd wordt door metabolische factoren, zoals bij verstrekking van krachtvoerrijke rantsoenen. Hierdoor is ook het geringere effect van de bewerking van ruwvoerders op de opname door melkvee te verklaren. Deze invloed van de bewerking werd bij melken mestvee zelfs negatief, wanneer meer dan ca. 60% van het rantsoen uit krachtvoer bestond. Deze uitkomsten zijn ook in overeenstemming met de geringere invloed van malen en tot brokjes persen op de opname door het vee, naarmate de verteerbaarheid van het ruwvoer hoger is.

Toevoeging van krachtvoer in het rantsoen verdringt de opname van het ruwvoer. Per kg krachtvoer extra in het rantsoen wordt meestal ca. 0,2-0,6 kg lang ruwvoer minder gegeten, maar voor ruwvoerbokjes bedraagt dit ca. 0,8-1,0 kg op basis van droge stof.

In het algemeen wordt bewerkte ruwvoer sneller opgenomen, terwijl belangrijk minder gekauwd en geherkauwd wordt. Ook zou de speekselafscheiding vaak verlaagd zijn. Abnormale herkauwpatronen op rantsoenen met uitsluitend gemalen ruwvoer kunnen vaak worden voorkomen door wat stro of hooi in lange vorm te verstrekken. Om daling van het melkvetgehalte te voorkomen en het risico van voederstoor-

nissen gering te houden, zou ten minste 1/3 deel van de droge stof in het melkveerantsoen uit lang hooi of een overeenkomstig structuurhoudend materiaal moeten bestaan.

Behalve een geringere herkauwactiviteit kan door bewerkte ruwvoer de motiliteit van de pens-netmaag geringer worden. Ook werden veranderingen zowel van het type microflora in de pens als van de cellulolytische activiteit van de pensbacteriën gevonden. De resultaten van verschillende proeven kwamen echter niet altijd overeen, ofschoon in het algemeen de grotere beschikbaarheid van gemakkelijk te fermenteren koolhydraten in rantsoenen met ruwvoerbokjes een toename van de productie van vluchtige vetzuren, een lagere pH en een nauwere verhouding van acetaat tot propionaat en butyraat scheen te veroorzaken. Deze effecten werden ook gevonden, wanneer het aandeel krachtvoer in het rantsoen toenam, terwijl in zeer krachtvoerrijke rantsoenen een snelle fermentatie de pH zelfs beneden 5,5 à 6 kon verlagen, de stabiliteit van de microflora verstoren en aanleiding geven tot hogere melkzuurconcentraties in de pensvloestof. In dit stadium speelt waarschijnlijk de regulering van de voederopname door metabolische factoren een grotere rol dan die door fysische factoren.

#### **de energetische voederwaarde van bewerkte ruwvoerders**

In de literatuur is vrij veel onderzoek beschreven omtrent de verteerbaarheid van bewerkte ruwvoerders gemeten bij hamelen en rundvee. Omtrent de benutting van het verteerde voer in balansproeven zijn veel minder gegevens beschikbaar en hoofdzakelijk alleen met schapen.

Verskillende factoren beïnvloeden de verteringscoëfficiënten van een proefvoer. Bij een zelfde voederniveau was de verteringscapaciteit van schapen en rundvee vrijwel gelijk, hoewel ruw eiwit door rundvee soms wat slechter verteerd werd dan door schapen. Een verhoging van de opgenomen hoeveelheid voer veroorzaakte in het algemeen een daling van de verteringscoëfficiënten van organische stof en energie. Meestal was deze daling gering bij een rantsoen met overwegend lang ruwvoer, maar groter voor gemengde rantsoenen met een belangrijk aandeel aan krachtvoer of gemalen en tot brokjes geperst ruwvoer. Deze verteringsdepressie leek toe te nemen naarmate de kwaliteit van het ruwvoer lager en het aandeel krachtvoer in het rantsoen groter was. De versnelde passage van het voedsel en de geringe verblijfstijd in de pens-netmaag, waardoor de microbiële vergisting van vooral de celstofrijke bestanddelen werd gereduceerd, werd beschouwd als de belangrijkste oorzaak van een verteringsdepressie door verhoging van het voederniveau.

Het malen en persen van ruwvoer veroorzaakten meestal eveneens een verlaging van de verteerbaarheid, die groter was voor de ruwe celstof dan voor de organische stof en de energie. Gemiddeld werd een verlaging voor de verteerbaarheid van organische stof, stikstof en ruwe celstof van respectievelijk ongeveer 10, 5 en 25% gevonden, hoewel de resultaten van de diverse proeven een aanzienlijke variatie vertoonden. Een snellere passage door de pens en een lagere cellulolytische activiteit van de microflora in de voormagen werd vooral als oorzaak van deze verteringsdepressie beschouwd.

De oppervlaktevergroting van het ruwvoer door malen en persen, waardoor een snellere afbraak door de pensbacteriën mogelijk werd, zou overigens gedeeltelijk de gevolgen van de kortere verblijfstijd in de voormagen opheffen.

Bij schapen werd van rantsoenen met ruwvoerbokjes een groter gedeelte van het verteerbare voer en vooral de celstofrijke fractie in de dunne en dikke darm verteerd dan van rantsoenen met lang ruwvoer. De geringe informatie omtrent de plaats van vertering bij rundvee suggereerde een kleinere bijdrage van dunne en dikke darm aan de vertering van de celluloserijke fracties dan bij schapen werd gevonden. Het is derhalve de vraag of een toename van de bacteriële omzettingen in een dikke darm nog een belangrijke rol speelt in de energievoorziening van het rund.

Grotere energieverliezen met de faeces, bijvoorbeeld door verhoging van het voederniveau of het malen en persen van ruwvoerders, werden bij schapen gedeeltelijk gecompenseerd door geringere verliezen via methaan en urine. Toch was ook bij deze proeven met schapen de beschikbare energie van bewerkt ruwvoer meestal lager dan die van hetzelfde voer in lange vorm.

De benutting van beschikbare energie door schapen, vooral voor groei en vetvorming, bleek van bewerkt ruwvoer beter dan van lang ruwvoer. Hierdoor werd in de energiebalansproeven met schapen het lagere gehalte aan verteerbare of beschikbare energie vaak meer dan gecompenseerd. De resultaten van voederproeven met schapen en vleesrunderen stemden hiermee in het algemeen overeen.

Bij de aanvang van deze studie werden in de literatuur geen energie-balansproeven met melkkoeien gevoerd met bewerkt ruwvoer gevonden. Voederproeven met melkvee met dergelijke rantsoenen vertoonden vaak variabele uitkomsten. Rantsoenen zonder lang ruwvoer veroorzaken meestal frequente verstoringen van voederopname, herkauwgedrag en motiliteit van de voormagen, alsmede een sterk verlaagd melkvetgehal-

te. Deze invloeden kunnen belangrijk beperkt worden door wat lang stro of hooi te verstrekken. Het gebruik van gelijke hoeveelheden lang, dan wel bewerkt ruwvoer in melkveerantsoenen in beide gevallen naast voldoende lang ruwvoer ter voorkoming van de zojuist vermelde moeilijkheden, resulteerde in het algemeen slechts in geringe produktieverschillen, hetgeen zou wijzen op een gering verschil in netto-energiegehalte van beide soorten ruwvoer. Om de grootte van deze verschillen nauwkeuriger te kunnen bepalen, werd besloten energiebalansproeven met melkgevende koeien uit te voeren.

#### opzet en uitvoering van de energiebalansproeven met melkvee

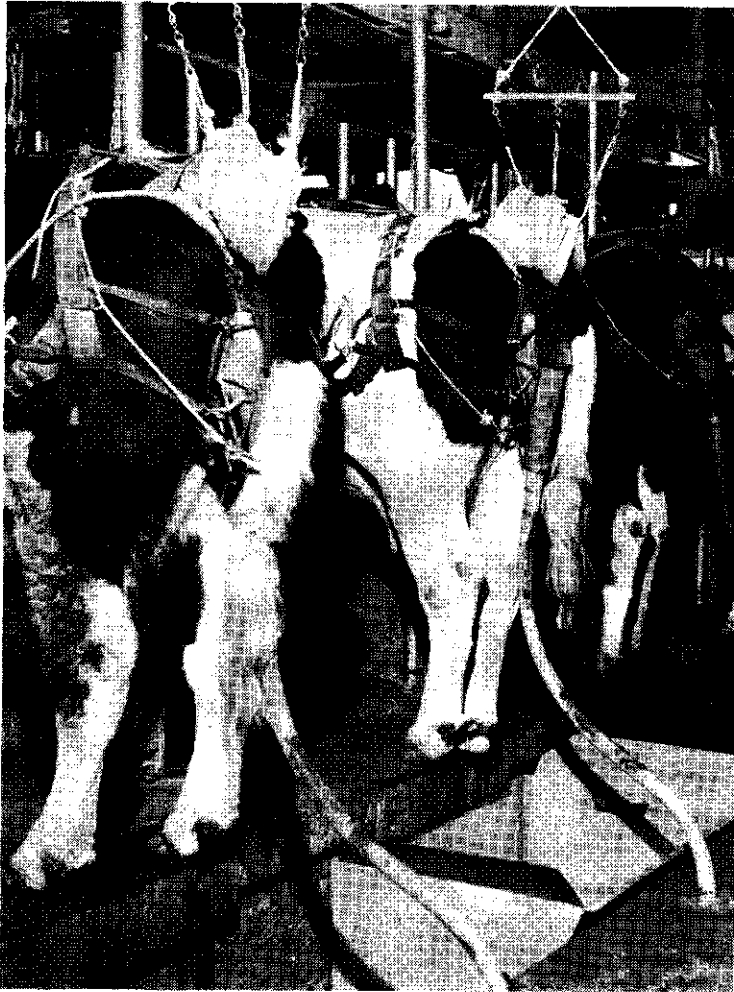
Met volwassen, zwartbonte melkkoeien, met een melkproduktie van 10-30 kg en een lichaamsgewicht tussen 450 en 640 kg, werden in Wageningen bij de Vakgroep Fysiologie der Dieren van de Landbouwhogeschool tien series energiebalansproeven uitgevoerd. Elke serie werd zoveel mogelijk opgezet als wisselproef, om het proef- en controlerantsoen binnen dieren te kunnen vergelijken. Zo werd met behulp van indirecte calorimetrie in respiratiekamers het netto-energiegehalte van rantsoenen met gemalen en tot brokjes geperst ruwvoer gemeten. De dieren werden tweemaal per dag gevoerd en gemolken. De verstrekte hoeveelheid ruwvoer werd afgestemd op het opnamevermogen van elke koe, terwijl de hoeveelheid krachtvoer in het rantsoen enerzijds bepaald werd door melkproduktie, anderzijds zoveel mogelijk constant werd gehouden binnen één proefserie. Elke balansproef duurde 12-14 dagen, voorafgegaan door een minstens even lange voorperiode. Twee of drie maal gedurende 48 uur werd tijdens de balansproef de gaswisseling van de dieren gemeten. In twee proefseries werden rantsoenen vergeleken waarin een deel van het krachtvoer al dan niet was vervangen door brokjes van gemalen stro of hooi. In andere series werd een

tabel 1. Multiple regressieberekeningen aan 204 en 130 energiebalansproeven met melkkoeien waarbij respectievelijk lang ruwvoer (L) en bewerkte ruwvoerders (P) in het rantsoen waren opgenomen volgens het model:

$$L_E^* + R_E^* = a.M_E^* + b.q. + c.P + d.U_N^* + e$$

Rantsoenen	n	a	b	c	d	e	Rest. st.afw.	Var. coëff. (%)
L	204	0,601				- 68,1	8,5	6,8
		0,555	1,620			-147,6	7,1	5,7
		0,557	1,349	-0,219		-121,1	6,8	5,4
		0,580	1,389	-0,204	-6,96	-123,4	6,6	5,3
		0,581	1,644		-7,67	-148,2	6,9	5,5
P	130	0,547				- 53,1	8,1	6,6
		0,510	0,724			- 79,1	7,8	6,3
		0,496	0,903	-0,145		- 80,3	7,7	6,2
		0,563	0,867	-0,080	-8,06	- 90,0	7,1	5,7
		0,574	0,771		-8,46	- 89,9	7,1	5,7
L + P	334	0,586				- 64,3	8,5	6,8
		0,560	0,796			-100,3	7,8	6,3
		0,540	1,190	-0,188		-108,3	7,3	5,9
		0,577	1,111	-0,211	-7,63	-105,2	6,8	5,5
		0,594	0,689		-6,49	- 96,8	7,5	6,0

\*) Hierin zijn  $L_E$ ,  $R_E$ ,  $M_E$  en  $U_N$  respectievelijk de melkenergie, de energietoename in het dier of 0,8 maal de energieafname, de beschikbare energie en de urinstikstof (per kg metabolisch gewicht door \* aangegeven) en  $P_L$  de hoeveelheid lang ruwvoer in het rantsoen op ds-basis en q de beschikbare energie als percentage van de bruto-energie.



1. Voor verterings- en balansproeven 'aangeklede' koeien. Op deze wijze kan de urine gescheiden van de faeces worden opgevangen.

zo groot mogelijke hoeveelheid ruwvoerbokjes in het rantsoen opgenomen. De resultaten ervan konden worden vergeleken met die van energiebalansproeven met uitsluitend lang ruwvoer en krachtvoer. Voorts werden in vier proefseries rantsoenen gebruikt, waarin een aanzienlijk deel van het ruwvoer in lange vorm, dan wel als ruwvoerbokjes aanwezig was.

#### resultaten van de energiebalansproeven met melkvee

Door het malen en tot brokjes persen werd de samenstelling van het ruwvoer volgens de Weende-analyse nauwelijks beïnvloed.

De drogestofopname van rantsoenen met bewerkt ruwvoer bleek gemiddeld groter dan van die met lang ruwvoer, respectievelijk 16,0 en 13,9 kg. Het ruwvoer in deze proeven werd evenwel niet ad libitum verstrekt en gemiddeld werd in rantsoenen met bewerkt ruwvoer veel minder krachtvoer opgenomen.

Hoewel deze proeven werden opgezet om het gehalte aan netto-energie van de verteerde bestanddelen van bewerkt ruwvoerders te bestuderen, kon toch ook uit de resultaten

worden afgeleid dat de verteerbaarheid van rantsoenen waarin ruwvoerbokjes als vervanging door krachtvoer werden opgenomen, lager was naarmate meer krachtvoer werd vervangen. Rantsoenen met ruwvoerbokjes vertoonden namelijk een lagere verteringscoëfficiënt van de energie ( $d_E$ ) van zes eenheden dan gemiddeld voor rantsoenen met lang ruwvoer werd gevonden. Het aandeel krachtvoer in de organische stof van rantsoenen met ruwvoerbokjes was echter ongeveer 15% lager dan in die met lang ruwvoer, wat op zichzelf al een daling van de verteerbaarheid van de energie van 3-4 eenheden veroorzaakte. Het verschil tussen deze en de totale daling (2-3 eenheden) zal voornamelijk zijn veroorzaakt door het malen en persen van het ruwvoer. Vervanging van lang ruwvoer, ongeveer  $1/3$ ,  $1/4$ ,  $1/8$ , van de totale organische stof van het rantsoen door hetzelfde materiaal in gemalen en geperste vorm resulteerde in de melkveerantsoenen in een depressie van  $d_E$  van 1,5 eenheden. Berekend werd dat de verteerbaarheid van respectievelijk organische stof, stikstof en energie van dit bewerkt ruwvoer, ongeveer  $1/6$  van de totale organische stof in het rantsoen, door malen en persen ongeveer 5 à 14, - 1 à + 8 en 5 à 14 eenheden lager werd, aangenomen dat het verschil geheel werd veroorzaakt door het malen en tot brokjes persen. De gemiddelde daling van  $d_E$  van bewerkt ruwvoer bedroeg  $6 \times 1,5 = 9$  eenheden of 15%. De verteerbaarheid van N daalde gemiddeld minder dan 3%.

De daling van  $d_E$  bij vervanging van lang door bewerkt ruwvoer werd slechts in geringe mate gecompenseerd door geringere verliezen aan energie in methaan en urine. De beschikbare energie (= verteerde energie minus de energie in methaan en urine) als percentage van de opgenomen bruto-energie ( $q$ ) was in rantsoenen met bewerkt ruwvoerders ongeveer 1 eenheid lager dan in die met lang ruwvoer, tegenover 1,5 eenheid voor  $d_E$ . Berekend werd dat  $q$  van gemalen en geperst ruwvoer ca. 7 eenheden of 13% lager was dan van het oorspronkelijke lange uitgangsmateriaal.

Het gehalte aan beschikbare energie in de verteerde energie in de rantsoenen werd weinig (ca 2%) beïnvloed door het malen en persen van het ruwvoer. Hetzelfde gold voor het gehalte in de verteerbare organische stof.

De benutting van de beschikbare energie werd bestudeerd met behulp van een model waarin de geproduceerde netto-energie in melk ( $L_E$ ) en in lichaamsweefsel ( $R_E$ ) afhankelijk werd gesteld van de opname aan beschikbare energie ( $M_E$ ) door het dier na aftrek van de onderhoudsbehoefte, constant verondersteld per metabolisch gewicht ( $c W^{3/4}$ ). Verder werd aangenomen dat de benutting van  $M_E$  ( $k$ ) afhankelijk was van de kwaliteit van het rantsoen (bijvoorbeeld van  $q$ ) en de hoeveelheid stikstof uitgescheiden via de urine ( $U_N$ ). Ook zou het lange ruwvoer als percentage van de totale opgenomen hoeveelheid droge stof ( $P_L$ )  $k$  kunnen beïnvloeden. Verder was uit de resultaten van vroegere proeven afgeleid, dat voor de melkkoe geldt dat gedurende de lactatie de invloed van de samenstelling van de  $M_E$  op de benutting van  $M_E$  voor onderhoud en voor produktie van melk- en lichaamsvet-energie vrijwel gelijk is. Dit leidde tot het volgende iets vereenvoudigde model, dat gebruikt werd voor multiple regressieberekeningen:

$$R_E^* + L_E^* = a \cdot M_E^* + b \cdot q + c \cdot PL + d \cdot U_N^* + e$$

Hierin geeft \* aan, dat de cijfers gedeeld zijn door het metabolisch gewicht. Een negatieve  $R_E^*$  werd met 0,8 vermenigvuldigd, omdat energie uit lichaamsreserves voor melkvoeding efficiënter wordt benut dan  $M_E$  uit het rantsoen.

In een andere benadering van de benutting van  $M_E$  uit rantsoenen met lang en bewerkte ruwvoerders werd  $k$  berekend door deling van 100 maal de totale hoeveelheid netto-energie voor onderhoud en produktie van het rantsoen door de  $M_E$ -opname. Voor netto-energie voor onderhoud werd daarbij een constante waarde per metabolisch gewicht van 65 kcal/kg<sup>0,75</sup> verondersteld.

Uit de resultaten van de multiple regressieberekeningen (tabel 1) bleek dat vooral de waarde van de regressiecoëfficiënt  $b$  voor rantsoenen met ruwvoerbokjes lager was dan voor die met lang ruwvoer. Verder was de invloed van  $P_L$  niet erg groot, terwijl ook vanwege statistische bezwaren deze variabele minder bruikbaar was. Uit de berekeningen werd afgeleid dat een betere benutting van  $M_E$  van rantsoenen met bewerkte ruwvoerders de daling van de  $M_E$  van deze rantsoenen door malen en persen van een deel van het ruwvoer goeddeels compenseerde. Voor het ruwvoer zelf kon, vergeleken met het originele lange ruwvoer, een verbetering van de benutting van  $M_E$  met ongeveer 11% de berekende daling van het gehalte aan beschikbare energie door malen en persen met 8-9% goedmaken.

Het gemiddelde netto-energiegehalte van de opgenomen bruto-energie was hoger in rantsoenen met lang dan in die met bewerkte ruwvoerders, maar dit was hoofdzakelijk het gevolg van een groter aandeel krachtvoer in de rantsoenen zonder bewerkte ruwvoer. Er werd vrijwel geen verschil in netto-energiegehalte van de rantsoenen gevonden in de proeven waarbij een deel van het lange ruwvoer werd vervangen door een gelijke hoeveelheid van datzelfde ruwvoer in bewerkte vorm. Als hypothese ter verklaring van de grotere invloed van  $q$  op de netto-energie voor produktie ( $R_E^* + L_E^*$ ) bij rantsoenen met bewerkte ruwvoer werd aangevoerd dat de ware kwaliteit van rantsoenen met bewerkte ruwvoerders, als gevolg van de verlaging van de oorspronkelijke  $q$  van het ruwvoeder door het malen en persen, door gebruik van de gevonden  $q$  onderschat wordt. Naarmate de  $q$  van het oorspronkelijke ruwvoer lager is, zou deze onderschatting groter zijn, wat als verklaring voor de lagere waarde van  $b$  in de regressieberekeningen met de proefuitkomsten van rantsoenen met bewerkte ruwvoer aangevoerd werd. Kwantitatief is het effect van deze onderschatting voor rantsoenen niet zo groot, doordat slechts een deel van het rantsoen uit gemalen, geperst ruwvoer bestaat en de invloed van  $q$  op  $R_E^* + L_E^*$  betrekkelijk klein is.

#### voorspellingsmethode van de energetische voederwaarde.

Ten slotte werd nagegaan hoe de verteerbaarheid van de organische stof en energie van de melkveerantsoenen voorspeld kon worden met behulp van de verteringscoëfficiënt van de organische stof gemeten met schapen nabij het onderhoudsvoederniveau of in vitro. Ook voor de beschikbare energie werd een voorspellingsformule opgesteld. De verte-

ringsdepressie door het malen leidt in dierproeven tot een onderschatting van de netto-energie, wanneer het verband tussen verteerbare of beschikbare en netto-energie voor lang ruwvoer zou worden gebruikt. De betere benutting van de weliswaar geringere hoeveelheid beschikbare energie per eenheid bruto-energie in ruwvoerbokjes leidt tot een ca. volledige compensatie voor de verteringsdepressie. Verdere berekeningen toonden aan, dat in het in 1977 in ons land te introduceren voederwaarderingssysteem voor melkvee, men het netto-energiegehalte goed benadert door uit te gaan van de verteerbaarheid van de organische stof van bewerkte ruwvoer in de originele lange vorm, bij schapen of in vitro gemeten, en verder de formules voor lang ruwvoer toe te passen.

De waarde van bewerkte ruwvoer voor melkvee in de praktijk zal afhangen van de prijsverhoudingen tussen diverse voeders en in hoeverre de kosten van bewerking opwegen tegen de gunstige eigenschappen van dit type ruwvoer ten aanzien van opname, opslag en transport. Als nadeel van vrijwel alle comprimeringsbehandelingen van ruwvoerders geldt het grotendeels of geheel verloren gaan van de structuurhoudende eigenschappen, die nodig zijn voor het goed functioneren van de voormagen en het voorkomen van verlaagde melkvetgehalten. Wanneer voldoende lang structuurhoudend ruwvoer wordt verstrekt, zodat een normale vertering in de voormagen wordt gehandhaafd, zal het netto-energiegehalte van lang en bewerkte ruwvoer van identiek uitgangsmateriaal vrijwel gelijk zijn. Vooral in rantsoenen van melkkoeien met een niet al te hoge melkproduktie kan zo door gebruik van ruwvoerbokjes, waardoor een grotere drogestofopname uit ruwvoer mogelijk is, de hoeveelheid krachtvoer in het rantsoen beperkt worden.

#### samenvatting

Energiebalansproeven met melkkoeien, die ruwvoerbokjes in het rantsoen ontvingen, werden gebruikt om de verwerking van dergelijke ruwvoerprodukten te bestuderen.

Het malen en tot bokjes persen van ruwvoerders als hooi, kunstmatig gedroogd gras of luzerne en dergelijke, leidt tot verlies van de structuurhoudende eigenschappen, die een normale werking van de voormagen van herkauwers handhaven. Daarentegen kan door de sterke verkleining van de deeltjes er meer van worden opgenomen, hoewel de snellere passage van dit voer door het maag-darmkanaal tot grotere energieverliezen in de faeces leidt. De verteerde bestanddelen uit ruwvoerbokjes worden in het dier echter efficiënter verwerkt, waardoor per kg ruwvoerbokjes evenveel produktie in de vorm van melk en lichaamsreserves mogelijk is als per kg van hetzelfde uitgangsmateriaal in lange vorm.

#### literatuur

- Y. v.d. Honing. Intake and utilization of energy of rations with pelleted forages by dairy cows. VLO 836 (1975)