

N. D. Dijkstra en A. Kemmink

Instituut voor Veevoedingsonderzoek, Hoorn

De voederopname door grazende herkauwers

2. Beweidingsproeven met melkkoeien, waarbij verschillende exogene en endogene indicatoren worden vergeleken

With a summary

Feed intake by grazing ruminants

2. Grazing experiments with dairy cattle, in which different exogeneous and endogeneous markers were compared



1970 *Centrum voor landbouwpublikaties en landbouwdocumentatie*
Wageningen

2062624

ISBN 90 220 0272 1

© Centrum voor Landbouwpublicaties en Landbouwdocumentatie, Wageningen, 1970

Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd en/of openbaar gemaakt door middel van druk, fotocopie, microfilm of op welke andere wijze ook zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van de uitgever.

No part of this book may be reproduced or published in any form, by print, photoprint, microfilm or any other means without written permission from the publishers.

Inhoud

1	Inleiding	1
2	De opzet van de proeven	2
3	De bepaling van het verbruikte gras	5
4	De chemische samenstelling van het gras	7
5	De voederwaarde van het gras	9
6	De berekening van de grasopname	11
7	Bespreking van de resultaten	16
	Samenvatting en conclusie	19
	Summary and conclusion	21
	Literatuur	23

1 Inleiding

Hoewel er reeds door heel wat onderzoekers uit verschillende landen proefnemingen zijn verricht om tot een methode te komen waarmee op nauwkeurige wijze de voederopname van grazende herkauwers kan worden berekend, is ons tot dusver nog geen methode bekend die volledig bevredigende resultaten heeft opgeleverd.

Door het uitmaaien en wegen van gras van kleine veldjes vóór en na beweiding krijgt men wel een indruk van het gebruikte gras, doch dit is nog niet identiek met het opgenomen gras, daar een gedeelte van het gras door het vee is vertrapt.

Om tot een zo goed mogelijke schatting van de opname te komen, verstrekt men een nauwkeurig afgewogen hoeveelheid van een onverteerbare referentiestof. Aan de hand van bepalingen van deze stof in de mest, kan men tot een schatting komen van de hoeveelheid geproduceerde mest.

Daarnaast kan de verteerbaarheid van het gras berekend worden aan de hand van een van nature in de plant voorkomend bestanddeel, waarvan de verteerbaarheid bekend is. Uit deze beide gegevens kan vervolgens de hoeveelheid opgenomen gras berekend worden.

In deel 1 van het verslag van ons onderzoek over dit onderwerp (Kemink & Dijkstra, 1968) is een uitvoerig overzicht gegeven over de tot dusver gebruikte referentiestoffen (exogene indicatoren) en geschikte van nature in de plant voorkomende bestanddelen met bekende verteerbaarheid (endogene indicatoren). Hier van zijn chromoxide en polyethyleen als exogene indicatoren en chromogeen als endogene indicator in verteringsproeven met hamels op stal op hun betrouwbaarheid onderzocht.

Uit dit vooronderzoek was de conclusie te trekken, dat het door ons gebruikte polyethyleenpoeder een zeer geschikte exogene indicator was, die het verteringsproces niet beïnvloedde, geen absorptie of retentie in het spijsverteringskanaal vertoonde en betrekkelijk eenvoudig te bepalen was.

Minder geschikt was chromoxide in de vorm van poeder of papier, omdat hierbij wel een zekere absorptie of retentie optrad, waardoor minder dan 95 % van het verstrekte Cr_2O_3 in de mest werd teruggevonden.

Verder bleek uit dit vooronderzoek dat chromogeen wel bruikbaar was als endogene indicator.

2 De opzet van de proeven

Deze proefnemingen omvatten een beweidingsonderzoek met koeien in de nazomer van 1967 en een herhaling van deze proef in de nazomer van 1968.

Hieraan is nog wat oriënterend onderzoek voorafgegaan, waaruit bleek dat het geen eenvoudige zaak was om koeien die in een goede weide lopen met een ruim aanbod van gras, dagelijks de voor hen bestemde, nauwkeurig afgewogen hoeveelheid referentiestof met behulp van een koekje tweemaal per dag kwantitatief te doen opnemen.

Om alle moeilijkheden bij voorbaat weg te nemen werd besloten de eigenlijke proef te nemen met koeien die van een pensfistel waren voorzien. Bij deze dieren is het zeer eenvoudig de exogene indicatorstof in capsules tweemaal per dag door de fistel kwantitatief in de pens van elk der proefdieren te brengen.

Bij de proef in 1967 werd gebruik gemaakt van 5 droogstaande koeien en in 1968 van 5 melkgevende koeien met een gemiddelde produktie van ongeveer 12 kg.

In beide gevallen werd intensieve omweiding toegepast, waarbij de dieren met behulp van verplaatsbaar schrikdraad tweemaal per week een nieuw perceeltje ter beschikking kregen.

In het beweidingsschema (figuur 1) wordt de opzet van de intensieve omweiding in 1968 schematisch voorgesteld. In dat jaar werd gebruik gemaakt van twee aan elkaar grenzende percelen, die als één geheel konden worden beschouwd. In 1967, toen de dieren iets kleinere perceeltjes ter beschikking werden gesteld, kon de proef op één perceel worden uitgevoerd. Beide proeven duurden 4 weken. De proef in 1967 liep van 28 augustus tot 25 september en die in 1968 van 8 augustus tot 5 september.

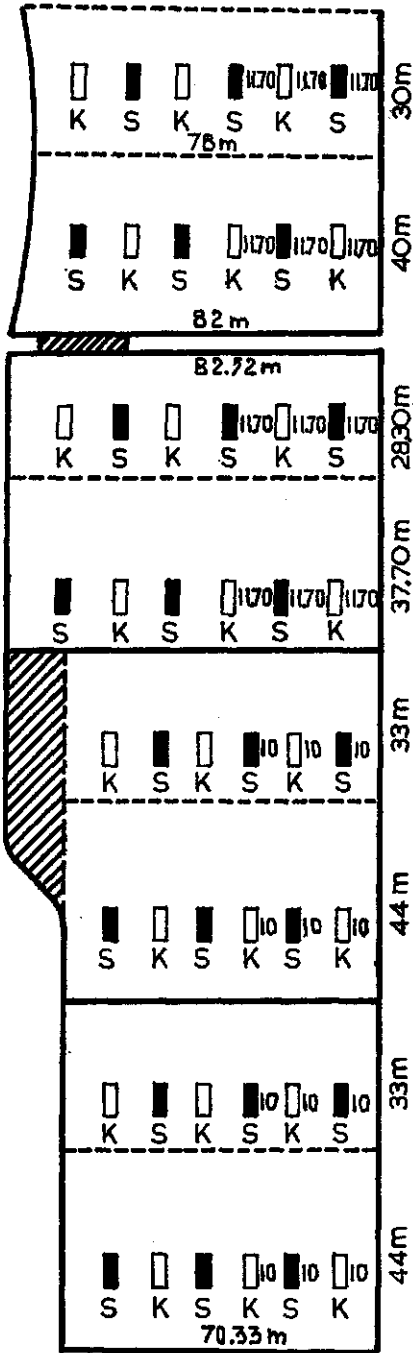
In 1967 was het gehele perceel van tevoren gemaaid en werd met de proef begonnen toen de grasopbrengst op het eerste perceeltje ongeveer 1 kg/m² bedroeg. De grasgroei was tijdens de proef echter dusdanig dat de dieren tegen het einde van de proef in te lang gras liepen.

Bij de proef in 1968 werd de koeien gedurende de gehele proef steeds ongeveer even lang gras aangeboden, wat bereikt werd door de percelen niet op één dag geheel voor te maaien, maar strooksgewijs met tussenpozen van 1 week (zie figuur 1).

Bij de proef in 1968 was de opzet als volgt: Vijf fistelkoeien. Per dier per dag ± 150 m².

Met behulp van schrikdraad wordt deze dieren tweemaal per week een nieuwe strook ter beschikking gesteld, op donderdag voor 4 dagen en op maandag voor

Dit stukje niet beweide



Beweid 2-5 september
voorgemaaid
Stuk van 70 m = 56,00 are
 $70 \times \text{ca. } 80$
Gemaaid 29 juli 1968

Beweid 29 augustus-2 september

Beweid 26-29 augustus
voorgemaaid
Stuk van 66 m = 54,46 are
 $66 \times 82,52$
Gemaaid 22 juli 1968

Beweid 22-26 augustus

Beweid 19-22 augustus
voorgemaaid
Stuk van 77 m = 54,15 are
 $77 \times 70,33$
Gemaaid 15 juli 1968

Beweid 15-19 augustus

Beweid 12-15 augustus
voorgemaaid
Stuk van 77 m = 54,15 are
 $77 \times 70,33$
Gemaaid 8 juli 1968

Beweid 8-12 augustus

K = kooi
S = uitgemaaide strook

3 dagen (zie figuur 1 voor de lengte van de stroken).

Het juiste oppervlak van deze perceeltjes wordt vastgesteld door meting van de breedte in het midden.

Niet alleen aan de voorkant, maar ook aan de achterkant van de strook wordt schrikdraad aangebracht, zodat de dieren niet kunnen lopen op land dat reeds is afgeweid. Veiligheidshalve wordt ook reeds schrikdraad geplaatst achter de volgende strook, zodat bij uitbreken van de koeien de oppervlakte beperkt blijft.

Voordat de dieren in een nieuwe strook komen worden eerst 3 kooien geplaatst en op 3 plaatsen (zie figuur 1) wordt een strookje van ongeveer 8 m lengte uitgemeaid met een motormaaier met bekende maaibreedte. Het oppervlak van het gemaaid wordt nauwkeurig vastgesteld; het gras wordt gewogen en van dit gras een mengmonster genomen.

Zodra de koeien in een nieuwe strook zijn, wordt op het juist verlaten veld op 3 plaatsen, die op het oog ongeveer een gemiddeld beeld geven van dit veld, een strook gemaaid van ongeveer 8 m lengte. Ook het oppervlak van dit gemaaid wordt nauwkeurig vastgesteld; ook dit gras wordt gewogen en bemonsterd.

Verder wordt eerst rondom de kooien het gras zo goed mogelijk weggemaaid en weggeharkt. Daarna worden de kooien weggenomen. Het oppervlak van de veldjes onder de kooien wordt nauwkeurig gemeten en hierna het gras gemaaid, gewogen en ook van dit gras wordt een mengmonster genomen.

Tweemaal per dag ('s morgens en laat in de namiddag) ontvangt elke koe door de fistel 4 capsules met elk 7,5 g gemalen polyethyleenpoeder, dus $8 \times 7,5 \text{ g} = 60 \text{ g}$ polyethyleen per dag.

Hierna wordt alle mest van de koeien zo goed mogelijk in een kruitwagen verzameld, terwijl de rest van de mestflat wordt geslecht.

De kruitwagen wordt afgedekt met een zeil, dat goed is vastgebonden. 's Morgens wordt van alle mest van een etmaal een zo goed mogelijk mengmonster genomen, waarin zo snel mogelijk de nodige bepalingen worden verricht.

De opzet in 1967 was dezelfde, alleen waren bij deze proef de perceeltjes kleiner, zodat per dier per dag ongeveer 1 are beschikbaar was.

Verder ontvingen de dieren in 1967 niet zoals in 1968 tweemaal per dag 4 capsules met polyethyleenpoeder, maar tweemaal per dag 2 capsules met 12,5 g chroomoxidepapier en 3 capsules met 7,5 g polyethyleenpoeder. Dit kwam overeen met 15,535 g Cr_2O_3 en 45 g polyethyleenpoeder per dag.

3 De bepaling van het verbruikte gras

Zoals reeds werd vermeld werd voordat de koeien in een nieuw perceeltje werden gebracht, eerst op 3 plaatsen een strookje uitgemaaid en gewogen. Hierdoor werd een beeld verkregen van de grasopbrengst op het tijdstip van inscharen. Verder werd gebruik gemaakt van 3 kooien, waarmee de grasopbrengst werd bepaald op het tijdstip van uitscharen, wanneer in die periode geen koeien in dat perceeltje zouden hebben gelopen. Door het gemiddelde van deze 2 bepalingen te nemen wordt theoretisch de beste benadering verkregen van de grasopbrengst tijdens deze periode. Deze gemiddelde opbrengstcijfers zijn vermeld in tabel 1.

In deze tabel is een beeld gegeven van het gebruikte gras in de verschillende perioden. Dit omvat niet alleen het gras dat door de dieren is gegeten, maar ook het gras dat in deze periode door de koeien is vertrapt.

Uit het vooronderzoek (Kemink & Dijkstra, 1968) is gebleken dat na ongeveer 3 dagen de uitscheiding van de toegevoegde indicatoren in evenwicht is gekomen met de toegediende hoeveelheid. Daarom is bij deze proeven periode I, die 3 of 4 dagen duurde, weggelaten.

Uit tabel 1 blijkt dat in 1967 de grasopbrengst tijdens de proef geleidelijk steeg. Bij berekening van een regressielijn kwamen wij tot een gemiddelde dagelijkse toename van de grasopbrengst per m² van $71,4 \pm 6,9$ g, wat neerkomt op een gemiddelde grasopbrengst van 1,12 kg/m² in periode II en van 2,62 kg/m² in periode VIII.

De resten namen tijdens de proef wel toe, doch lang niet in die mate als de grasopbrengst, zodat de hoeveelheid verbruikt gras belangrijk steeg.

In het jaar 1968, toen de koeien steeds ongeveer even lang gras werd aangeboden, was de hoeveelheid verbruikt gras in de laatste periode even hoog als in de eerste. Dat de gemiddelde hoeveelheid verbruikt gras in 1968 hoger was dan in 1967 vindt mede zijn oorzaak in het feit dat in 1968 de percelen groter waren.

4 De chemische samenstelling van het gras

De gemiddelde chemische samenstelling van het gras tijdens de proeven is vermeld in de tabellen 2 en 3.

Hoewel bij beide proeven de variaties in het asgehalte niet groot waren, hebben wij toch, vooral met het oog op verdere berekeningen, de analyses omgerekend op de organische stof.

Doordat in 1967 in steeds ouder gras werd geweid, moest theoretisch gesproken tijdens de proef in de organische stof het eiwitgehalte dalen en het ruwe-celstofgehalte stijgen. Inderdaad is wel een zekere stijging van het ruwe-celstofgehalte gevonden, doch de daling van het eiwitgehalte is achterwege gebleven.

In beide jaren was de gemiddelde chemische samenstelling van het gras ongeveer dezelfde, namelijk 24-25 % ruw eiwit en ongeveer 28 % ruwe celstof in de organische stof.

Tabel 2. Gemiddelde chemische samenstelling van het gras in de verschillende perioden van de eerste proef (1967).

Periode	Droge stof (%)	In de droge stof (%)				In organische stof (%)		
		ruw eiwit	overige koolhydraten + vet	ruwe celstof	as	ruw eiwit	overige koolhydraten + vet	ruwe celstof
II	15,43	23,62	41,77	23,30	11,31	26,62	47,10	26,28
III	13,13	21,90	41,63	24,55	11,92	24,85	47,28	27,87
IV	13,78	19,16	43,93	24,19	12,72	21,95	50,33	27,72
V	13,52	20,89	43,23	24,25	11,63	23,63	48,93	27,44
VI	11,30	20,16	42,19	25,50	12,15	22,96	48,00	29,04
VII	11,13	21,28	41,37	26,13	11,22	23,96	46,60	29,44
VIII	11,67	21,79	40,46	26,59	11,16	24,53	45,53	29,94

Period	Dry matter (%)	In dry matter (%)				In organic matter (%)		
		crude protein	N-free extract + fat	crude fibre	ash	crude protein	N-free extract + fat	crude fibre

Table 2. Average chemical composition of the grass in the different periods of the first trial (1967).

Tabel 3. Gemiddelde chemische samenstelling van het gras in de verschillende perioden van de tweede proef (1968).

Periode	Droge stof (%)	In de droge stof (%)				In organische stof (%)		
		ruw eiwit	overige koolhydraten + vet	ruwe celstof	as	ruw eiwit	overige koolhydraten + vet	ruwe celstof
II	13,26	22,94	42,36	24,32	10,38	25,60	47,26	27,14
III	14,54	21,12	43,02	25,52	10,34	23,56	47,98	28,46
IV	13,18	21,13	44,90	23,83	10,14	23,52	49,96	26,52
V	12,78	22,30	43,32	24,12	10,26	24,85	48,27	26,88
VI	11,98	22,78	42,02	24,70	10,50	25,46	46,94	27,60
VII	11,62	24,99	38,92	25,88	10,21	27,83	43,35	28,82
VIII	12,92	21,42	42,56	26,12	9,90	23,77	47,25	28,98

Period	Dry matter (%)	In dry matter (%)				In organic matter (%)		
		crude protein	N-free extract + fat	crude fibre	ash	crude protein	N-free extract + fat	crude fibre

Table 3. Average chemical composition of the grass in the different periods of the second trial (1968).

5 De voederwaarde van het gras

In de verzamelde grasmonsters werd een in-vitro verteerbaarheidsbepaling van de organische stof gedaan. De hierbij gebruikte methode is beschreven in een intern rapport (Van der Koelen et al., 1969).

Aan de hand van een vergelijkend onderzoek zijn wij tot de conclusie gekomen dat de beste benadering van de verteerbaarheid door herkauwers wordt verkregen door de in-vitro cijfers om te rekenen met behulp van regressieformules. Voor het gras in deze proeven is gebruik gemaakt van de volgende formule (Dijkstra, 1969):

$$w = 0,842 x + 12,24, \text{ waarin}$$

x = in-vitro verteringscoëfficiënt van de organische stof

w = verteringscoëfficiënt organische stof, bepaald met herkauwers.

De op deze wijze berekende verteringscoëfficiënt van de organische stof is vermeld in tabel 4.

Enige jaren geleden werd aan de hand van 96 verteringsproeven met vers voorjaarsgras het verband tussen het ruw-eiwitgehalte en het vre-gehalte nog eens opnieuw berekend.

De berekende formule was als volgt:

$$v = 0,966 x - 4,09, \text{ waarin}$$

x = ruw-eiwitgehalte in de organische stof

v = vre-gehalte in de organische stof.

De middelbare afwijking $SD = 0,458$. De regressiecoëfficiënt was $0,966 \pm 0,012$, terwijl de constante factor $4,09 \pm 0,047$ was.

Bij herfstgras ligt de verteerbaarheid van het eiwit ongeveer 5 % lager (Dijkstra, 1954). Daar wij in deze proeven echter nog niet in de herfst, doch in de nazomer waren, hebben wij bij deze proeven een daling van de verteerbaarheid van het ruwe eiwit van 2,5 % aangenomen. De voor de berekening van het vre-gehalte gebruikte formule was: $v = 0,942 x - 4,09$.

De berekening van de zetmeelwaarde gebeurde met de bekende formule:

$$Z = w - 0,06 v - 0,29 y, \text{ waarin}$$

Z = zetmeelwaarde in de organische stof

w = verteringscoëfficiënt van de organische stof

v = vre-gehalte in de organische stof

y = ruwe-celstofgehalte van de organische stof.

Door de cijfers in de organische stof te vermenigvuldigen met het gehalte aan organische stof in de droge stof is de voederwaarde van de droge stof verkregen. De voederwaardecijfers in 1967 verschilden slechts weinig met die in 1968; alleen

was in 1968 het gemiddelde vre-gehalte van het gras iets hoger dan in 1967.

Tabel 4. Berekende voederwaarde van het weidegras in de verschillende perioden in de jaren 1967 en 1968.

Periode	In 1967					In 1968				
	VC os	in organische stof		in droge stof		VC os	in organische stof		in droge stof	
		vre	ZW	vre	ZW		vre	ZW	vre	ZW
II	75,2	20,99	66,3	18,62	58,8	75,4	20,03	66,3	17,95	59,4
III	73,7	19,32	64,5	17,02	56,8	71,3	18,10	62,0	16,23	55,6
IV	73,9	16,59	64,9	14,48	56,6	75,8	18,07	67,0	16,24	60,2
V	74,2	18,17	65,2	16,06	57,6	74,3	19,32	65,3	17,34	58,6
VI	73,7	17,54	64,2	15,41	56,4	73,8	19,89	64,6	17,80	57,8
VII	72,2	18,48	62,6	16,41	55,6	71,4	22,13	61,7	19,87	55,4
VIII	73,0	19,02	63,2	16,90	56,1	72,0	18,30	62,5	16,49	56,3
gemiddeld / average	73,7	18,59	64,4	16,41	56,8	73,4	19,41	64,2	17,42	57,6
	digestion coeff.	dig. crude protein	starch equi- valent	dig. crude protein	starch equi- valent	digestion coeff.	dig. crude protein	starch equi- valent	dig. crude protein	starch equi- valent
	organic matter	in organic matter		in dry matter		organic matter	in organic matter		in dry matter	
Period	In 1967					In 1968				

Table 4. Calculated nutritive value of the pasture grass in the different periods in the trials 1967 and 1968.

6 De berekening van de grasopname

De berekening van de grasopname geschiedt, zoals in de inleiding reeds is vermeld, via de berekende hoeveelheid organische stof in de mest.

Berekening van de hoeveelheid geproduceerde mest

Om de hoeveelheid mest te benaderen wordt aan elke koe dagelijks een nauwkeurig afgewogen hoeveelheid van een onverteerbare stof toegediend. Bij beide proeven is hiervoor polyethyleenpoeder gebruikt. Uit oriënterende proeven is ons (Kemink & Dijkstra, 1968) gebleken dat nagenoeg 100 % van het toegediend polyethyleen in de mest wordt teruggevonden.

Gedurende deze proeven werd dagelijks in een mengmonster van de gedurende het vorige etmaal verzamelde verse mest het droge stofgehalte en het eiwitgehalte bepaald. Verder werd een gedeelte van de mest gedroogd.

In deze gedroogde monsters zijn steeds naast eventueel andere bepalingen het asgehalte en het gehalte aan polyethyleen bepaald. Door het polyethyleengehalte in de mest om te rekenen op de organische stof en het aldus verkregen gehalte te delen op de dagelijks verstrekte hoeveelheid werd de hoeveelheid organische stof gevonden die in de vorm van mest werd uitgescheiden.

De per periode gemiddelde cijfers zijn vermeld in de tabellen 5 en 6.

Bij de proef in 1967 werd behalve polyethyleen (45 g per dier per dag) nog een tweede exogene indicator gebruikt, namelijk 50 g chromoxidepapier. Op deze wijze ontving elk dier dagelijks 15,535 g Cr_2O_3 .

Om een indruk te geven van de regelmatigheid van de uitscheiding van deze toegevoegde indicatoren, zijn in tabel 7 de gehalten in de organische stof van de mest per periode vermeld.

De bepaalde hoeveelheden polyethyleen en chromoxide in de mest moeten zich theoretisch verhouden als 45 : 15,535. Wanneer wij de bepaalde hoeveelheid polyethyleen als juist aannemen, dan zou het gemiddelde percentage Cr_2O_3 in de mest 0,652 hebben moeten bedragen. Het gevonden gemiddelde cijfer 0,540 bedroeg slechts 82,8 % van de aldus berekende hoeveelheid.

Bij gebruikmaking van het Cr_2O_3 -gehalte zouden wij bijgevolg tot een veel grotere hoeveelheid organische stof in mest zijn gekomen, namelijk 2,879 kg in plaats van 2,384, die wij met polyethyleen hebben gevonden. Op deze wijze zou ook de berekende opname veel hoger hebben gelegen. Gezien onze resultaten in de oriënterende proeven hebben wij polyethyleen de voorkeur gegeven boven chrom-

oxide.

Wij berekenden bijgevolg in de proef van 1967 een hoeveelheid organische stof in de mest van 2,384 kg en in 1968 2,724 kg gemiddeld per koe per dag.

Berekening van de grasopname

Om uit de hoeveelheid onverteerde organische stof die in de mest wordt uitgescheiden, de opname aan organische stof uit gras te berekenen, kan men verschillende methoden toepassen.

Een zeer voor de hand liggende methode is gebruik te maken van de verteringscoëfficiënten van de organische stof, die in tabel 4 zijn gegeven. Door deze coëfficiënten van 100 af te trekken krijgt men het percentage onverteerbare organische stof in de mest. Hierna deelt men de hoeveelheid organische stof die gemiddeld

Tabel 5. Berekening van de grasopname in de eerste proef (1967) met behulp van verschillende methoden.

Periode	Uit poly-ethyleen berekende organische stof in mest (kg)	Organische stof in gras berekend uit chromogeen (kg)	Berekend met verteringscoëfficiënt organische stof		Berekend met vre-gehalte		
			os in gras (kg)	ds in gras (kg)	os in gras (kg)	ds in gras (kg)	vers gras (kg)
II	2,452	10,10	9,87	11,13	11,18	12,61	81,7
III	2,510	9,44	9,54	10,83	11,19	12,70	96,7
IV	2,392	12,42	9,16	10,49	11,53	13,21	95,9
V	2,282	10,04	8,86	10,03	11,21	12,69	93,9
VI	2,260	8,57	8,59	9,78	11,04	12,57	111,2
VII	2,361	12,19	8,51	9,59	11,36	12,80	115,0
VIII	2,431	12,24	8,99	10,12	11,55	13,00	111,4
gemiddeld / average	2,384	10,71	9,07	10,28	11,29	12,80	100,8
	Organic matter (kg) in faeces with poly-ethylene	Organic matter in grass with chromogens	organic matter (kg)	dry matter (kg)	organic matter (kg)	dry matter (kg)	fresh grass (kg)
Period			Calculated with dig. coeff. organic matter		Calculated with digestible crude protein		

Table 5. Calculation of the average daily grass intake of dairy cows in the first trial (1967) by means of three different methods.

Tabel 6. Berekening van de grasopname in de tweede proef (1968) met behulp van verschillende methoden.

Periode	Uit poly-ethyleen berekende os in mest (kg)	Organische stof in gras berekend uit chromogenen (kg)	Berekend met VC os		Berekend met vre-gehalte		
			os in gras (kg)	ds in gras (kg)	os in gras (kg)	ds in gras (kg)	vers gras (kg)
II	3,023	10,36	12,26	13,68	13,81	15,41	116,2
III	2,879	10,89	10,03	11,19	13,42	14,97	103,0
IV	2,844	11,68	11,78	13,11	13,67	15,21	115,4
V	2,527	10,83	9,83	10,95	12,42	13,84	108,3
VI	2,514	10,38	9,61	10,74	12,43	13,89	115,9
VII	2,662	10,32	9,29	10,35	12,90	14,37	123,7
VIII	2,616	11,77	9,34	10,37	12,94	14,36	111,1
gemiddeld / average	2,724	10,89	10,31	11,48	13,08	14,58	113,4
	Organic matter (kg) in faeces with poly-ethylene	Organic matter (kg) in grass with chromo-gens	organic matter (kg)	dry matter (kg)	organic matter (kg)	dry matter (kg)	fresh grass (kg)
Period			Calculated with dig. coeff. organic matter		Calculated with digestible crude protein		

Table 6. Calculation of the average daily grass intake of the dairy cows in the second trial (1968) by means of three different methods.

Tabel 7. Polyethyleen en Cr₂O₃ in de organische stof van de mest per periode.

Periode	Polyethyleen (%)	Cr ₂ O ₃ (%)
II	1,835	0,529
III	1,793	0,518
IV	1,881	0,533
V	1,972	0,533
VI	1,991	0,584
VII	1,906	0,554
VIII	1,851	0,530
gemiddeld / average	1,890	0,540
Period	Polyethylene (%)	Cr ₂ O ₃ (%)

Table 7. Polyethylene and Cr₂O₃ in organic matter of faeces per period.

dagelijks door de koeien wordt uitgescheiden, door dit percentage en dan heeft men de hoeveelheid organische stof die dagelijks in de vorm van gras door de dieren is opgenomen. De hoeveelheden zijn vermeld in de tabellen 5 en 6.

De aldus gevonden hoeveelheden varieerden in 1967 van 8,51 tot 9,87 kg met een gemiddelde van 9,07 kg organische stof, wat overeenkomt met 10,28 kg droge stof.

In 1968 varieerden ze van 9,29 tot 12,26 kg met een gemiddelde van 10,31 kg organische stof of 11,48 kg droge stof.

Een tweede methode om tot de berekende grasopname te komen is gebruik te maken van het gehalte aan chromogenen. Over de bepaling van chromogenen werd door ons reeds eerder uitvoerig bericht (Kemink & Dijkstra, 1968). Bij deze proeven wordt zowel in het gras als in de mest het gehalte aan chromogenen bepaald. Wanneer ze zijn omgerekend op de organische stof, kan men het chromogengehalte van de mest delen door dat van het gras. Met het aldus verkregen verhoudingsgetal moet men de dagelijks in de mest uitgescheiden hoeveelheid organische stof vermenigvuldigen om de dagelijks met het gras opgenomen hoeveelheid organische stof te krijgen. Hierbij wordt dus aangenomen dat de chromogenen in het gras volledig onverteerbaar zijn en voor 100 % in de mest worden teruggevonden. Ook de op deze wijze verkregen opnamecijfers zijn opgenomen in de tabellen 5 en 6 (kolom 2).

In de proef van 1967 varieerde de per periode berekende organische stofopname van 8,57 tot 12,42 kg; de gemiddelde opname was in dat jaar 10,71 kg.

Bij de tweede proef waren de variaties aanzienlijk kleiner: van 10,32 tot 11,77 kg met een gemiddelde van 10,89 kg.

Een derde methode om de grasopname te berekenen is gebruik te maken van het vre-gehalte van het gras. Bij deze proeven is bij de berekening van de voederwaarde het vre-gehalte in de organisch stof van het gras berekend met de formule:

$$v = 0,942 x - 4,09.$$

Bijgevolge is het gehalte aan schijnbaar onverteerbaar eiwit: $0,058 x + 4,09$, waarbij x = ruw eiwitgehalte in de organische stof van het gras.

Door nu in elke periode het gemiddelde eiwitgehalte van het gras in te voegen krijgt men het gehalte aan onverteerbaar ruw eiwit van het gras in die periode. Verder wordt in de mest het ruw eiwitgehalte bepaald, wat vervolgens wordt omgerekend op de organische stof. Door de hoeveelheid organische stof in de mest te vermenigvuldigen met dit eiwitgehalte krijgt men de in elke periode met de mest uitgescheiden hoeveelheid eiwit. Door deze hoeveelheid te delen door het gehalte aan onverteerd eiwit in de organische stof van het gras, verkrijgt men de berekende opname van organische stof in het gras. Ook de op deze wijze berekende hoeveelheden zijn opgenomen in de tabellen 5 en 6.

De variaties in de aldus berekende opnamecijfers zijn bijzonder klein. In 1967 schommelden de cijfers voor organische stof per periode van slechts 11,04 tot 11,55 en in 1968 van 12,42 tot 13,81 kg. Gemiddeld werd volgens deze berekeningswijze in 1967 dagelijks per koe 11,29 kg organische stof opgenomen, wat correspondeert met 12,80 kg droge stof of ruim 100 kg vers gras. In 1968 waren deze gemiddelde

opnamecijfers 13,08 kg organische stof, 14,58 kg droge stof en ruim 113 kg vers gras. Volgens laatstgenoemde berekening zouden de koeien in 1967 dagelijks gemiddeld 7,27 kg zetmeelwaarde hebben opgenomen en in 1968 gemiddeld 8,40 kg.

7 Bespreking van de resultaten

De drie verschillende methoden om uit de hoeveelheid mest de hoeveelheden organische stof te berekenen die de dieren bij het grazen hebben opgenomen, leverden drie uitkomsten op, die nogal wat in grootte verschillen.

De met behulp van de verteerbaarheid van de organische stof berekende cijfers waren in beide jaren de laagste en die welke met behulp van het eiwitgehalte waren berekend, waren de hoogste. Wat is de oorzaak, dat deze uitkomsten van elkaar afwijken en welke waarden zijn het waarschijnlijkst?

Bij vergelijking van de uitkomsten van 1967 (tabel 5) met die van 1968 (tabel 6) ziet men dat bij vrijwel gelijke samenstelling en verteerbaarheid van het gras in deze twee jaren de dagelijks met de mest uitgescheiden hoeveelheid organische stof in deze beide jaren nogal verschilt. In 1967 werd gemiddeld per koe per dag 2,384 kg uitgescheiden en in 1968 gemiddeld 2,724 kg. In het laatste jaar was de hoeveelheid onverteerde organische stof ruim 14 % hoger. Dit wijst duidelijk op een hogere grasopname in 1968, hetgeen ook logisch is, daar in dat jaar gebruik werd gemaakt van melkgevende koeien en in 1967 van droogstaande koeien. Bovendien kregen de dieren in 1968 gedurende de gehele proef de beschikking over een overvloed van mooi weidegras, daar in dat jaar de koeien niet over een oppervlakte van 1 are, maar van ongeveer 1,5 are per dier per dag konden beschikken.

Bij de berekening van de grasopname, zowel uitgaande van de verteerbaarheid van de organische stof als van het vre-gehalte, werden in 1968 ook werkelijk een ongeveer 14 % hogere grasopname gevonden.

Bij de berekening met behulp van het chromogeengehalte was de opname in 1968 vrijwel gelijk aan die in 1967. Dit doet ons enigszins sceptisch staan tegenover deze chromogeenmethode. Ook de grote variaties in de berekende grasopname, die wij volgens deze methode van periode tot periode kregen, helpt niet mee om ons vertrouwen in deze methode te vergroten. Zo berekenden wij bijv. in de 6e periode van de proef in 1967 volgens deze methode een opname van slechts 8,6 kg organische stof om dan in de volgende perioden met nog ouder materiaal op 12,2 kg te komen.

Hoewel wij bij de oriënterende proef met 2 hamels op stal (Kemming & Dijkstra, 1968) uitscheidings van chromogenen met de mest hebben gevonden, die in de buurt lagen van hetgeen in het gras werd verstrekt (variërend tussen 97,1 en 106,0 %), beschouwen wij toch de uitkomsten die met behulp van deze methode zijn berekend, als de minst betrouwbare.

Bij een kritische beoordeling van deze indirecte berekeningen van de grasopname

moet men bedenken dat de verschillende analyses gemaakt zijn in grasmonsters die door uitmaaien zijn verkregen.

Bij grazen in ruim gras echter hebben de koeien gelegenheid hun voedsel te selecteren. Ze eten dan vooral het bovenste, meer bladrijke gedeelte van het gras en laten het meer stengelige gedeelte staan. Bijgevolg ligt het voor de hand dat de verteerbaarheid van de organische stof van het gras dat werkelijk door de koeien is opgenomen, hoger was dan wij — op grond van de door maaien verkregen grasmonsters — hebben aangenomen. Wanneer de verteerbaarheid hoger is, is het percentage onverteerbare organische stof in gras lager en bijgevolg moeten de opgenomen hoeveelheden gras hoger zijn geweest. Zo redenerend komen wij tot de conclusie dat de grasopname, die berekend werd met behulp van de verteerbaarheid van de organische stof, waarschijnlijk te laag is.

Ten slotte dan de berekening met behulp van het gehalte aan schijnbaar onverteerbaar ruw eiwit in het gras. Deze werd berekend met behulp van de formule: $0,058 x + 4,09$, waarbij x betrekking heeft op het ruw eiwitgehalte en de organische stof van het gras. In deze formule is de constante factor behoorlijk betrouwbaar, terwijl bij de regressiecoëfficiënt 0,058 een zekere veronderstelling is gedaan. Ook bij deze berekening is gebruik gemaakt van grasmonsters die door maaien zijn verkregen. Hiervoor is gesteld dat het door de dieren geselecteerde gras vermoedelijk beter verteerbaar zou zijn. Dit geldt dan waarschijnlijk ook voor de verteerbaarheid van het eiwit, waardoor de factor 0,058 iets kleiner zou worden. Aan de andere kant is in dit geselecteerde gras het eiwitgehalte waarschijnlijk wat hoger, waardoor de x in de formule hoger wordt. Deze beide factoren werken in tegengestelde richting en bovendien is de variabele factor ten opzichte van de constante betrekkelijk klein.

Wij zijn dan ook van mening dat de met behulp van deze berekeningsmethode verkregen grasopbrengsten de werkelijkheid vermoedelijk het dichtst benaderen. Deze mening wint nog aan waarschijnlijkheid wanneer men de aldus berekende grasopnamecijfers vergelijkt met de hoeveelheden gebruikt gras die men door maaien heeft verkregen (tabel 1).

In tabel 8 zijn deze naast elkaar geplaatst.

Wanneer koeien bij een intensieve omweiding de beschikking hebben over 1 are per dier per dag, zouden volgens deze berekening, bij een grasopbrengst van 11 ton per ha, de vertrapingsverliezen ca. 12 %, bij een grasopbrengst van ongeveer 16 ton ca. 22 % en bij een opbrengst van ongeveer 26 ton ca. 41 % hebben bedragen. In 1968, toen de koeien de beschikking hadden over ongeveer 1,5 are per dier per dag, zouden bij een grasopbrengst van gemiddeld ongeveer 15 ton per ha de gemiddelde vertrapingsverliezen ongeveer 33 % zijn geweest.

Dit zijn flinke verliezen, doch bij toepassing van een van de andere berekeningsmethoden zouden deze vertrapingsverliezen nog belangrijk hoger zijn uitgevallen.

Tabel 8. Vergelijking van de hoeveelheden gras, die volgens de 'maaimethode' zijn verbruikt en die volgens de 'eiwitmethode' zijn opgenomen.

Periode	In 1967			In 1968		
	verbruikte droge stof (kg)	opgenomen droge stof (kg)	vertrapingsverliezen (%)	verbruikte droge stof (kg)	opgenomen droge stof (kg)	vertrapingsverliezen (%)
II	14,3	12,61	11,8	21,2	15,41	27,3
III	16,1	12,70	21,1	25,0	14,97	40,1
IV	17,0	13,21	22,3	25,7	15,21	40,8
V	19,0	12,69	33,2	16,9	13,84	18,1
VI	20,7	12,57	39,3	22,4	13,89	38,0
VII	20,2	12,80	36,6	21,1	14,37	31,9
VIII	22,2	13,00	41,4	21,2	14,36	32,3
gemiddeld / average	18,5	12,80	30,8	21,9	14,58	33,4
	used dry matter (kg)	dry matter intake (kg)	trampling losses (%)	used dry matter (kg)	dry matter intake (kg)	trampling losses (%)
Period	In 1967			In 1968		

Table 8. Comparison of the quantities of grass, consumed by the 'cutting method' and the dry matter intake, calculated in accordance with the 'digestible protein method'.

Samenvatting en conclusie

Het doel van deze proef was tot een methode te komen waarmee op bevredigende wijze de voederopname van grazende koeien kon worden vastgesteld. Bij dergelijke proeven verstrekt men dagelijks aan elk der dieren een nauwkeurig afgewogen hoeveelheid van een onverteerbare referentiestof (exogene indicator). Door bepaling van deze stof in de mest komt men tot een schatting van de hoeveelheid geproduceerde mest. Hieruit kan men met behulp van een van nature in het gras voorkomend bestanddeel, waarvan de verteerbaarheid bekend is, de grasopname berekenen.

Deze proefnemingen omvatten twee beweidingsproeven van 4 weken. Bij de eerste, die liep van 28 augustus tot 25 september 1967, werd gebruik gemaakt van 5 droogstaande koeien en bij de volgende, die duurde van 8 augustus tot 5 september 1968, van 5 melkkoeien met een gemiddelde dagproductie van ca. 12 kg melk. In beide gevallen werd intensieve omweiding toegepast, waarbij de dieren tweemaal per week een nieuw perceeltje tot hun beschikking kregen.

In 1967 was de beschikbare oppervlakte ca. 1 are per koe per dag. De grasopbrengst was ongeveer 10 ton per ha in periode I en nam geleidelijk toe tot ca. 26 ton in periode VIII. In 1968 liepen de dieren, doordat het perceel strooksgewijs was voorgemaaid, steeds in ongeveer even lang gras. De beschikbare oppervlakte was ca. 1,5 are per koe per dag en de grasopbrengst ongeveer 15 ton per ha.

Om de exogene indicator gemakkelijk en kwantitatief te kunnen toedienen, werd in beide jaren gebruik gemaakt van koeien die van een pensfistel waren voorzien.

In 1967 werden twee exogene indicatoren gebruikt, namelijk chroomoxide en polyethyleen. Elk dier ontving tweemaal daags door het fistel 2 capsules chroomoxidepapier en 3 capsules polyethyleenpoeder, wat overeenkomt met 15,535 g Cr_2O_3 en 45 g polyethyleen per dag.

In 1968 ontvingen de dieren tweemaal daags 4 capsules polyethyleenpoeder, wat correspondeert met 60 g polyethyleen per dier per dag.

De door maaien vastgestelde hoeveelheden verbruikt gras zijn vermeld in tabel 1 en de samenstelling van dit gras in de tabellen 2 en 3.

Met behulp van de in-vitro verteerbaarheidsbepalingen werd de verteerbaarheid van de organische stof berekend en met behulp van een formule het vre-gehalte en uit deze gegevens de zetmeelwaarde (tabel 4).

Merkwaardig is dat, hoewel in 1967 de lengte van het gras tijdens de proef sterk toenam, de chemische samenstelling en voederwaarde niet noemenswaard verminderde.

In beide jaren werd voor de berekening van de hoeveelheid organische stof die met de mest werd uitgescheiden, gebruik gemaakt van polyethyleenpoeder. Het Cr_2O_3 dat in het eerste jaar eveneens als exogene indicator werd gebruikt, zou toen tot een ongeveer 20 % hogere mestproduktie hebben geleid. Gezien de resultaten van oriënterende proeven hebben wij de uitkomsten met polyethyleenpoeder als de juiste aanvaard.

Bij de berekening van de grasopname uit de geproduceerde mest werden drie verschillende methoden toegepast: de verteerbaarheid van de organische stof, het gehalte aan chromogenen en de verteerbaarheid van het eiwit. De uitkomsten, die onderling nogal verschillen, zijn vermeld in de tabellen 5 en 6. Aan de hand van theoretische beschouwingen kwamen wij tot de conclusie dat de grasopname die berekend werd met behulp van een formule voor het schijnbaar onverteerbare eiwitgehalte in het gras, de werkelijkheid vermoedelijk het dichtst benadert. Volgens deze berekening werd door de koeien in 1967 gemiddeld per dier per dag 12,80 kg en in 1968 gemiddeld 14,58 kg droge stof in de vorm van gras opgenomen, wat overeenkomt met 7,27, resp. 8,40 kg zetmeelwaarde.

Door vergelijking van de verbruikte hoeveelheid gras uit tabel 1 en de aldus berekende grasopname kwamen wij tot de in tabel 8 vermelde vertrappingsverliezen.

Conclusie

Bij de bepaling van de grasopname van herkauwers in de weide kan het beste gebruik gemaakt worden van polyethyleenpoeder als exogene indicator en van het vre-gehalte van het gras als endogene indicator. Daarbij dient uiteraard de exogene indicator kwantitatief te worden opgenomen, zoals in deze proef door verstrekking via pensfistels gegarandeerd het geval is.

Summary and conclusion

Methods for determining herbage intake by faecal techniques have been extensively developed in the last decades. In the first paper of this series (Kemminck & Dijkstra, 1968) the reliability of various faecal markers were tested in digestibility trials with wethers. In this paper the use of these exogeneous and endogeneous markers in two grazing experiments of 4 weeks each is described.

The first experiment was carried out in September 1967 with 5 dry cows and the second experiment in August 1968 with 5 cows with an average daily milk yield of about 12 kg.

A system of strip-grazing was adopted in which electric fences were moved two times a week in front of the cattle. Simultaneously electric fences were set up behind the group, so that the offered pasture area was always of the same magnitude.

In 1967 this was about 100 m² per cow per day. In period I of this experiment the grass yield was about 10 000 kg/ha. During the experiment this increased regularly and consequently in the last period (VIII) this was about 26 000 kg/ha.

In 1968 the offered pasture area was about 150 m² per cow per day, but — by cutting each lot about one month before grazing — the grass yield was about 15 000 kg fresh grass per ha all the time.

In both experiments fistulated cows were used in order to administer the faecal markers easily and quantitatively. In 1967 each cow received two times a day 2 capsules with chromic oxide paper and 3 capsules with polyethylene powder, corresponding with 15.535 gr Cr₂O₃ and 45 gr polyethylene per day.

In 1968 each animal received two times a day 4 capsules polyethylene, this means 60 gr per cow per day.

The herbage consumption estimated by a cage and the strip-cutting method are given in table 1 and the composition of this grass in tables 2 and 3.

The digestibility of the organic matter (w) was calculated by means of an in-vitro digestion method and the digestible crude protein content (d) from the crude protein content (x) with the formula:

$$d = 0.942 x - 4.09.$$

The starch equivalent (S) was calculated according the Kellner method:

$$S = w - 0.06 d - 0.29 y \quad (y = \text{crude fibre content}).$$

All figures are on organic matter basis. The nutritive value data are mentioned in table 4.

It was remarkable that though the grass length increased substantially during the

experiment in 1967, only a slight decrease was found in chemical composition and nutritive value.

In both years the amount of organic matter excreted with the faeces was estimated by using polyethylene as faecal marker. The use of Cr_2O_3 as marker in 1967 resulted in an about 20 % higher calculated faeces production. In view of the results of preliminary experiments in our first paper, we assumed the method with polyethylene as to be most accurate.

Three different methods are used to calculate the grass intake from the faeces production, viz the digestibility of the organic matter, the chromogen content and the digestible crude protein content of the grass. The results, which show rather big differences, are given in tables 5 and 6.

Based on some theoretical considerations we concluded that the calculation by use of a formula for the apparent undigestible crude-protein content of the grass gives the most accurate approximation of the real grass intake. By this way of calculation the average daily dry matter intake of the cows was in the experiment in 1967 12.80 kg and in 1968 14.58 kg, corresponding with 7.27 kg and 8.40 kg starch equivalent, respectively.

By comparison the figures for the grass consumption in table 1 and those of the grass intake calculated with the digestible crude-protein content in tables 5 and 6 we were able to calculate the trampling losses, mentioned in table 8.

Conclusion

The most accurate way of estimating the feed intake of grazing ruminants can be obtained by use of polyethylene as the added exogeneous faecal marker and the digestible crude-protein content of the grass as the endogeneous marker. Of course absolutely quantitative ingestion of the exogeneous marker is obligatory as was established in this experiment by inserting the marker through the rumen fistulae.

Literatuur

- Dijkstra, N. D. 1954 What has the State Agricultural Experiment Station at Hoorn contributed to research into the feeding value of roughage? *Neth. J. Agr. Sc.* 2: 273.
- Dijkstra, N. D. 1969 Evaluation of the nutritive value of grasslandproducts by means of in vivo and in vitro digestibility. *Proc. 3rd Gen. Meet. Eur. Grassl. Fed.*
- Kemmink, A. en N. D. Dijkstra 1968 De voederopname door grazende herkauwers 1. *Versl. landbouwk. Onderz.* 717.
- Koelen, C. J. van der, A. Kemmink en N. D. Dijkstra 1969 Intern Rapport no. 27, Instituut voor Veevoedingsonderzoek 'Hoorn'.