



PROEFSTATION VOOR DE RUNDVEEHOUDERIJ

Energieverbruik op melkveebedrijven

ARCHIEF
Voorlichting

Ir. P. J. M. Snijders

PROEFSTATION VOOR DE RUNDVEEHOUDERIJ
Lelystad

ENERGIEVERBRUIK OP MELKVEEBEDRIJVEN

Energy consumption on dairy farms

(Summary in English)

ir. P.J.M. Snijders

INHOUDSOPGAVE

	<u>blz.</u>
1. Inleiding	5
2. Onderzoeksmethodiek	8
3. Uitgangspunten	11
3.1. Genormaliseerde bedrijfs- situaties	11
3.2. Energiebesparende be- drijfssituaties	11
3.3. Gemiddelde situatie in Nederland in 1978	13
3.4. Berekening energiever- bruik	13
4. Resultaten	21
4.1. Energieverbruik genormali- seerde bedrijfssituaties en gemiddelde Nederlandse situatie in 1978	21
4.2. Energieverbruik energie- besparende bedrijfs- situaties	23
4.3. Energieverbruik andere bedrijfssituaties	25
5. Alternatieve berekeningsmethode	27
5.1. Krachtvoer en ruwvoer	27
5.2. Stikstof	29
6. Energieproductie op melkvee- bedrijven	30
6.1. Melkwarmte	30
6.2. Methaangaswinning	30
6.3. Wind en zonne-energie	30
6.4. Warmteterugwinning met stallucht	31
6.5. Totaal te produceren energie	31
7. Discussie	33
8. Samenvatting	37
9. Literatuur	46

Bijlagen 1 t/m 19

TABLE OF CONTENTS

	<u>page</u>
1. Introduction	5
2. Study methods	8
3. Starting points	11
3.1. Normal farm models	11
3.2. Energy saving farm models	11
3.3. Average situation in the Netherlands in 1978	13
3.4. Calculation energy consumption	13
4. Results	21
4.1. Energy consumption normal farm models and average Dutch situation 1978	21
4.2. Energy consumption energy saving farm models	23
4.3. Energy consumption other farm models	25
5. Alternative calculation method	27
5.1. Concentrates and roughage	27
5.2. Nitrogen	29
6. Energy production on dairy farms	30
6.1. Milk warmth	30
6.2. Methane gas production	30
6.3. Wind and solar energy	30
6.4. Warmth	31
6.5. Total production of energy	31
7. Discussion	33
8. Summary	42
9. Literature	46

Appendices 1-19

1. INLEIDING

Bij de teelt van gras met een productie van 12500 kg droge stof per ha wordt een hoeveelheid zonne-energie vastgelegd die overeenkomt met meer dan 5000 l dieselolie per ha. Dit is echter minder dan 1 % van de hoeveelheid die per jaar op 1 ha valt. Voor de verdamping van het bij deze droge-stofproductie benodigde water wordt echter een veelvoud van de uiteindelijk vastgelegde zonne-energie gebruikt. Ook bij de verbranding van hout wordt tijdelijk vastgelegde zonne-energie verbruikt. Hoewel voor de beschikking over zonne-energie weliswaar mede betaald wordt in de vorm van een prijs voor het gebruikte land gaat het in deze studie om het zogenaamde fossiele energieverbruik in de vorm van olie, aardgas en kolen.

Vooral sinds 1950 is ook in de landbouw het fossiele energieverbruik sterk gestegen. Dit betrof in eerste instantie vooral het brandstofverbruik door trekkers, later nam ook het elektriciteitsverbruik sterk toe. In tabel 1 is het verloop van het aantal landbouwpaarden en het aantal trekkers weergegeven. (1,2).

Tabel 1 Verloop van de aantallen trekkers en landbouwpaarden en het elektriciteitsverbruik in kWh per bedrijf

Jaar	Aantal paarden	Aantal trekkers	Electriciteit in kWh per bedrijf *)
1950	-	24 000	1 190
1955	187 000	45 000	2 060
1965	101 000	130 000	3 860
1970	45 000	156 000	6 490
1975	22 000	175 000	-

Year	Number of horses	Number of tractors	Electricity in Kwh per farm *)
------	------------------	--------------------	--------------------------------

*) omgerekend en exclusief gebruik in woning/converted and use in home excluded

Table 1 Number of tractors and farm horses and electricity consumption in kWh per farm

De daling van het aantal paarden betekende ook een daling van de voor paarden bestemde voederoppervlakte (ca. 5 % van de bedrijfsoppervlakte).

De snelle motorisatie was mede mogelijk doordat de energieprijzen van 1955 tot de energiecrisis in 1973 nauwelijks stegen en door de inflatie in feite steeds lager werden. De indexcijfers van de prijzen voor autogasolie voor de landbouw en aardgas ten behoeve van de tuinbouw zijn in tabel 2 gegeven (1).

Tabel 2 Prijsverloop van autogasolie en aardgas in verhoudingsgetallen (1970 = 100)

Jaar	Autogasolie	Aardgas
1955	84	-
1965	90	-
1970	100	100
1973	131	111
1978	233	254
1980	456	341

Year	Gasoline	Natural gas
------	----------	-------------

Table 2 Course of index prices of gasoline and natural gas (1970 = 100)

Het verbruik van electriciteit en dieselolie (autogasolie) betreft het directe energieverbruik op landbouwbedrijven. Het directe energieverbruik op landbouwbedrijven was in 1978 ca. 4 % van het totale fossiele energieverbruik in Nederland (3). De verdeling van het Nederlandse energieverbruik van 65 miljoen ton olie-equivalent in 1978, is weergegeven in tabel 3 (3).

Uit de tabel blijkt dat de bouwnijverheid zeer weinig energie verbruikt. Dit staat in tegenstelling tot bepaalde takken van de chemische industrie (bijvoorbeeld ammoniakfabricage).

Tabel 3 Verdeling van energieverbruik in Nederland over verschillende sectoren in 1978 in %

<u>Gezinnen en overheid/</u>	
<u>Families and government</u>	
verwarming, verlichting enz./	
heating, lightning etc.	22
vervoer/transportation	3,5
subtotaal	25,5
<u>Bedrijven/enterprises</u>	
industrie (excl. energiebedrijven/industry (power companies excluded)	34,2
diensten/services	7,7
landbouw en visserij/	
agriculture and fisheries	4
bouwnijverheid/	
building industry	1,4
vervoer/transportation	9,2
subtotaal	56,5
<u>Eigen verbruik van energiebedrijven/</u>	
<u>Own use of power companies</u>	
(o.a. verliezen bij electriciteitsopwekking en olieraffinage)/	
(o.a. losses with electricity generation and oil refinery)	18,0
Totaal/total	100

Table 3 Energy consumption in % in the Netherlands in 1978 in different sectors

Volgens Lange (4) was de verdeling van het verbruik over de verschillende takken van landbouw in 1970 als volgt.

- akkerbouw 5 %
- veeteelt 10 %
- tuinbouw 85 %

In de veeteelt is vooral het indirecte energieverbruik van groot belang.

Volgens berekeningen van White, aangehaald door Wilson (5) was het totale primaire (directe + indirecte) energieverbruik van de Engelse landbouw 3,9 % van het nationale verbruik in 1973.

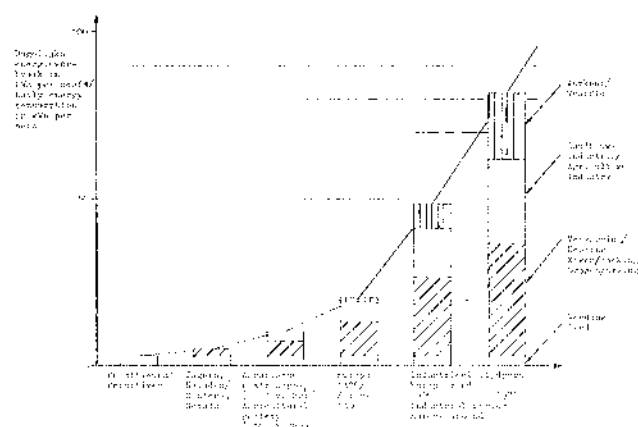
In Australië (1973) en de Verenigde Staten van Amerika (1974) was dit respectievelijk 2,1 en 2,5 %. Het energieverbruik voor de voedselbereiding als geheel (inclusief verwerking, bewaring,

verpakking en koken) zou overigens in alle gevallen ca. 15 % van het nationale verbruik zijn (5, 6, 87). In Frankrijk waar de landbouw een belangrijker rol speelt dan in Engeland met zijn belangrijke voedselimporten zou in 1970 ruim 9 % (7) van het nationale energieverbruik door de landbouw verbruikt zijn (waarvan ca. 4,5 % als directe energie op landbouwbedrijven).

Het belang van voedselimporten (Engeland) en voerimporten (Nederland) geeft al aan dat bovengenoemde cijfers niet zonder meer vergeleken kunnen worden. In Nederland is er daarnaast ook nog een zeer belangrijke export van voedsel. Dit betreft vooral dierlijke produkten of produkten als bloemen en groenten die bij teelt in de kas momenteel nog veel energie vragen. Omdat import en export voor de Nederlandse landbouw erg belangrijk zijn is het zonder nadere analyse nogal discutabel het totale directe en indirecte energieverbruik aan te geven als percentage van het nationale verbruik.

Figuur 1 Energieverbruik en beschaving

Figure 1 Energy consumption and civilization



In figuur 1 is nog een beeld gegeven van het verloop van het totale energieverbruik per hoofd van de bevolking zoals zich dat volgens ramingen in de loop der historie ontwikkeld heeft (8, 9). Daaruit blijkt dat het energieverbruik per hoofd van de bevolking sinds 1900 verdubbeld is. Uiteraard speelt bij het totale energieverbruik ook de bevolkingstoename een rol.

Doel van de studie is meer inzicht te verkrijgen in het energieverbruik op Nederlandse melkveebedrijven onder verschillende bedrijfsomstandigheden. Het energieverbruik is daarbij uitgedrukt per kg geproduceerde melk. Door aan de verschillende verbruikte energiesoorten een prijs toe te kennen is het mogelijk de energiekosten per kg melk te berekenen.

De studie is ontoereikend om het volledige effect van veranderingen in energieprijzen op de bedrijfsopzet te berekenen. In dat geval moet uitgegaan worden van de werkelijke prijzen van de verschillende produktiemiddelen waarin, behalve de energieprijzen, de prijzen van andere grondstoffen en de vergoeding voor arbeid tot uitdrukking gebracht wordt. Ook zijn in de prijzen de marktverhoudingen verrekend. Om de gevolgen voor de bedrijfsopzet aan te geven moeten uiteraard ook de bedrijfsomstandigheden (onder andere arbeidsaanbod) in aanmerking genomen worden, hetgeen hier ook niet gebeurd is.

2. ONDERZOEKSMETHODIEK

De verschillende problemen die aan de analyse van het energieverbruik verbonden zijn worden onder anderen door Fluck en Dekkers behandeld (10, 11). In deze studie is gerekend met het verbruik aan fossiele energie. In een apart hoofdstuk is wel aangegeven wat de effecten zijn als ook met in de vorm van plantaardig materiaal vastgelegde zonne-energie gerekend wordt (zie hoofdstuk 5). Wanneer in de toekomst de produktie van energie door de landbouw (vergisting, afvalprodukten, verbranding van bijvoorbeeld stro en produktie van alcohol) meer betekenis zou krijgen, is het van groter belang hiermee rekening te houden.

Wel is voor de teelt van de grondstoffen voor krachtvoer, ook als dit bijprodukten als citruspulp en bietenpulp betreft gerekend met een energiebehoefte voor de teelt van deze produkten. De bijprodukten worden gelijk met het hoofdprodukt geoogst en vertegenwoordigen ook een geldwaarde. Het is moeilijk criteria aan te geven om de verbruikte energie voor de teelt over bij- en hoofdprodukt te verdelen en er is daarom geen verschil gemaakt tussen bij- en hoofdprodukten.

Ditzelfde probleem doet zich bijvoorbeeld voor in de melkveehouderij bij de toedeling van de kosten aan melk en vlees. Hier is voor de energiebehoefte van bijprodukten gerekend met de eerst in aanmerking komende vervanger bij het wegvallen van bijprodukten (zie ook 91). Daarbij is er van uitgegaan dat granen als eerste in aanmerking komen om deze bijprodukten te vervangen. Uit een onderzoek in de V.S. (88) blijkt dat een zeer groot deel van de variatie in prijs van afvalprodukten bij de alcoholfabricage verklaard kan worden uit de veranderingen in prijs van mais en sojabonen. In de EG wordt dit beeld uiteraard

verstoord door het systeem van heffingen.

Voor de berekeningen zijn allereerst genormaliseerde uitgangspunten vastgesteld voor een aantal veel voorkomende bedrijfssituaties en een aantal energiebesparende situaties. Daarna worden enkele uitgangspunten behandeld voor een gemiddeld praktijkbedrijf in Nederland in 1978.

Voor de berekening van het energieverbruik worden achtereenvolgens behandeld de directe en indirecte energie met een overzicht van de gebruikte eenheden in een bijlage, het energieverbruik voor de bemesting, het ruwvoer e.d., het krachtvoer, gebouwen, erfverharding en voeropslag, electriciteit en diversen.

Met behulp van literatuurgegevens en een aantal aannamen is het energieverbruik per onderdeel berekend. Voor zover bekend uit de literatuur is daarbij uitgegaan van de hoeveelheden energie die in de verschillende stappen van een produktieproces gebruikt worden. Voor de verbruikte energie voor de produktie en het gebruik van bijvoorbeeld machines is gerekend met een getal dat in de Verenigde Staten van Amerika voor auto's berekend werd (12). Dit bleek achteraf weinig te verschillen van de benodigde energie voor landbouwmachines (87). Het getal is gebruikt omdat nog geen betrouwbare getallen bekend zijn ten aanzien van het energieverbruik bij de produktie van machines in Nederland. Bovendien worden in Nederland veel machines geïmporteerd.

In andere gevallen, zoals het energieverbruik voor verrichte diensten (bijvoorbeeld boekhouding) is uitgegaan van een energieverbruik per gulden gemaakte kosten. Dit leidt wel tot een minder betrouwbaar verbruiksgetal of energiecoëfficiënt.

Het energieverbruik buiten het melkveebedrijf kan nogal variëren. Het energieverbruik bij bijvoorbeeld het drogen van pulp kan uiteraard in de ene drogerij

nogal wat hoger zijn dan de andere. De gebruikte getallen geven dan ook een benadering van de momentele situatie.

Omdat een melkkoe naast melk ook vlees produceert en kalveren ter wereld brengt, is het berekende energieverbruik per kg melk eigenlijk het energieverbruik per kg melk met het bijbehorende vlees en de kalveren die verkocht zijn.

Tabel 4 Uitgangspunten voor 15 bedrijfssituaties (situatie 4 50 ha, overige 25 ha)

Situatie	Beweidings- systeem	Melkproductie per koe in kg per jaar	Stikstofbemesting (zuivere N in kg per ha)	Droge stof (kg per koe per staldag) uit		Aantal melk- koeien	Melkkoeien per ha grasland	Grasland jongvee in ha 1)	Krachtvoer (kg) per melkkoe inclusief jongvee 2)	Melkproductie (kg) per bedrijf
				voordroogkuil	snijmais 3)					
dag en nacht weiden, 4 dagen per perceel (04)										
1		6 000	400	9		46,5	2,24	4,3	1 615	279 000
2		6 000	400	6		51,7	2,55	4,8	2 175	310 200
3		6 000	400	4,5	4,5	46,7	2,75	4,3	1 585	280 200
4		6 000	400	9		92,9	2,24	8,5	1 615	557 400
5		6 000	250	9		41,1	1,99	4,3	1 655	246 600
6		6 000	250	6		45,7	2,27	4,9	2 205	274 200
7		6 000	250	4,5	4,5	42,1	2,45	4,4	1 600	252 600
8		5 000	400	9		48,6	2,37	4,5	1 285	243 000
9		4 000	400	9		51,1	2,52	4,7	925	204 400
's nachts opstallen, 4 dagen per perceel, bijvoeren van krachtvoer (B4)										
10		6 000	400	9		50,6	2,49	4,7	1 905	303 600
11		6 000	400	6		56,9	2,88	5,2	2 440	341 400
12		6 000	400	4,5	4,5	50,9	3,13	4,7	1 850	305 400
zomerstalvoeding, bijvoeren van extra krachtvoer (Z) 4)										
13		6 000	400	9		54,6	2,73	5,0	2 025	327 600
14		6 000	400	6		62,0	3,22	5,7	2 585	372 000
15		6 000	400	4,5	4,5	55,1	3,56	5,0	1 965	330 600

Plan	Grazing system	Milk production per cow in kg per year	Nitrogen dressing (pure N) in kg per ha	wilted silage maize silage 3)		Number of dairy cows	Dairy cows per ha grassland	Grassland young stock in ha 1)	Concentrates (kg) per dairy cow including young stock 2)	Milk production (kg) per farm
				DM (kg per cow per housing day) from						

1) Bij stikstofgift van 400 kg/ha is er per 10 melkkoeien 0,92 ha grasland voor jongvee nodig; bij 250 kg N 1,05 ha. Het hier aangegeven aantal melkkoeien per ha is exclusief het grasland voor jongvee/with nitrogen dressing of 400 kg/ha 0,92 ha grassland will be needed for young stock per 10 dairy cows; with 250 kg N 1,05 ha.

2) Bij 400 kg N wordt aan het bij een melkkoe behorende jongvee 105 kg krachtvoer verstrekt, bij 250 kg N 115 kg krachtvoer/400 kg N : 105 kg concentrates for young stock per dairy cow; 250 kg N : 115 kg concentrates.

3) Aan jongvee wordt geen snijmais verstrekt/no maize silage for young stock

4) Jongvee wordt steeds dag en nacht geweid/young stock is grazed night and day.

Table 4 Starting points for 15 farm plans (plan 4 50 ha, others 25 ha)

3. UITGANGSPUNTEN

3.1. Genormaliseerde bedrijfssituaties

Voor een aantal veel voorkomende bedrijfssituaties zijn uitgangspunten vastgesteld (zie tabel 4). Er is uitgegaan van een bedrijf van 25 ha met een perceelsafstand van 500 m. Om een indruk van het schaafeffect te verkrijgen is voor één situatie (situatie 4) gerekend met een oppervlakte van 50 ha. Als voedergewassen geteeld worden is steeds uitgegaan van teelt op het eigen bedrijf. In de praktijk is uiteraard ook aankoop mogelijk (53).

De koeien kalven vooral in het voorjaar. Het jongvee wordt op het eigen bedrijf gehouden. Er wordt in de situaties 1 tot en met 9 in de zomer dag en nacht geweid; in de situaties 10, 11 en 12 worden de dieren 's nachts opgesteld, en in de situaties 13, 14 en 15 worden de dieren het gehele jaar op stal gehouden en in de zomer met vers gras gevoerd. In de situaties 2, 6, 11 en 14 wordt in de stalperiode aan melkvee een hoeveelheid droge stof uit ruwvoer verstrekt van slechts 6 kg per staldag. In de situaties 3, 7, 12 en 15 bestaat het ruwvoerrantsoen in de stalperiode bij het melkvee voor de helft uit snijmais en voor de helft uit voordroogkuil. Het jongvee krijgt uitsluitend voordroogkuil. Ook de snijmais wordt op eigen bedrijf geteeld.

In de meeste situaties is de stikstofgift 400 kg per ha inclusief werkzame stikstof in drijfmest. Alleen in de situaties 5, 6 en 7 is de stikstofgift 250 kg per ha.

De melkproduktie per koe is vrijwel steeds 6 000 kg per koe per jaar met 4 % vet. In situatie 8 is de produktie 5 000 kg en in situatie 9 is deze 4 000 kg per koe per jaar. De koeien worden gehouden in een vierrijige ligboxenstal met roostervloeren en met voergang. Ze worden gemolken in een achtstands vis-

graatmelkstal. In situatie 4 (50 ha) wordt gemolken in een twaalfstands visgraatmelkstal.

Aan de hand van de hiervoor genoemde uitgangspunten zijn met "Normen voor de voedervoorziening" (13) de veebezetting per ha grasland bij melkvee, de benodigde oppervlakte voor jongvee en de oppervlakte aan snijmais berekend en in tabel 4 weergegeven. Ook staan in tabel 4 de hoeveelheid krachtvoer per melkkoe inclusief jongvee en de melkgift per bedrijf vermeld.

3.2. Energiebesparende bedrijfssituaties

Uitgaande van de genormaliseerde situatie 7 in tabel 4 (stikstofbemesting van 250 kg per ha en een deel snijmais in het winterrantsoen) zijn stapsgewijs energiebesparende veranderingen in de bedrijfsopzet aangebracht. De in elke stap aangebrachte verandering wordt daarbij gehandhaafd, zodat het energieverbruik steeds verder daalt. Deze veranderingen zijn gedetailleerd beschreven in bijlage 15. Een aantal kenmerken zijn als situatie 16 tot en met 20 weergegeven in tabel 5. In het navolgende zijn deze veranderingen globaal beschreven.

Situatie 16

Bij de melkkoeling wordt gebruik gemaakt van een voorcoeler en een warmtepomp. De melkapparatuur wordt gereinigd met water van 60° C in plaats van 80° C. Dit is nog bij het Melkhygiënisch Onderzoekcentrum (MOC) in onderzoek. De gedroogde bietenpulp wordt voor de helft (dit betreft de pulp die in Nederland geproduceerd wordt) vervangen door perspulp met 20 % droge stof.

Situatie 12

Behalve de veranderingen in situatie 16 wordt bovendien krachtvoer in meelvorm verstrekt. Ook wordt per koe per staldag 4 kg ds uit op het bedrijf geteelde voederbieten verstrekt. De droge-

Tabel 5 Uitgangspunten voor de berekening van 5 energiebesparende bedrijfssituaties ten opzichte van een genormaliseerde situatie, en voor de gemiddelde situatie in Nederland in 1978

Situatie	Beweidings- systeem	Melkproduktie per koe in kg per jaar	Stikstofbemes- ting in kg zuivere stik- stof per ha	Kg droge stof per koe per staldag uit			Aantal melk- koeien	Melkkoeien per ha gras- land	Grasland jongvee in ha 1)	Kg krachtvoer per melkkoe inclusief jongvee 2)	Melkproduktie per bedrijf (kg)
				voordroogkuil	snijmais 3)	voederbieten					
dag en nacht weiden, 4 dagen per perceel (04)											
7		6 000	250	4,5	4,5		42,1	2,45	4,4	1 600	252 600
16	04	6 000	250	4,5	4,5	-	42,1	2,45	4,4	1 600	252 600
(situatie 7 + warmtepomp, perspulp)											
17	04	6 000	250	3,5	3,5	4	40,2	2,61	4,2	1 043	241 200
(situatie 16 + introductie voederbieten + meel)											
18	04	6 000	250	3,5	3,5	4	44,4	2,94	4,1	1 041	266 400
(situatie 17 + introductie klaver)											
19	B4	6 000	250	1,1	5,9 4)	4	43,3	3,68	4,0	1 230	259 800
(situatie 18 + geen citrus en bietenpulp)											
20	B4	6 000	250	1,1	5,9 4)	4	36,9	3,68	3,4	615	221 400
(situatie 19 + helft krachtvoer als zelf verbouwde tarwe)											
21	04 + B4 + Z	5 140	ca. 290	ca. 7	ca. 2	-	41,0	ca. 2,80		ca. 2 000	210 740
(Nederland in 1978) 5)											

Plan	Grazing system	Milk production per cow in kg per year	Nitrogen dressing (pure N) in kg per ha	wilted silage	maize silage 3)	fodder beets	Number of dairy cows	Dairy cows per ha grassland	Grassland young stock in ha 1)	Concentrates (kg) per dairy cow, including young stock 2)	Milk production (kg) per farm
				DM (kg per cow per housing day) from							
1) Bij stikstofgift van 400 kg per ha is er per 10 melkkoeien 0,92 ha grasland voor jongvee nodig; bij 250 kg N 1,05 ha. Het hier aangegeven aantal melkkoeien per ha is exclusief het grasland voor jongvee/with nitrogen dressing of 400 kg/ha 0,92 ha grassland will be needed for young stock per 10 dairy cows; with 250 kg N 1,05 ha. 2) Bij 400 kg N wordt aan het bij een melkkoe behorende jongvee 105 kg krachtvoer verstrekt, bij 250 kg N 115 kg krachtvoer/400 kg N : 105 kg concentrates for young stock per dairy cow; 250 kg N : 115 kg concentrates. 3) Aan jongvee wordt geen snijmais verstrekt, behalve in situatie 19 en 20/no maize silage for young stock, except in situation 19 and 20. 4) In de zomer wordt hier aan het 's nachts op stal staande vee ook 2 kg ds uit snijmais per koe per dag verstrekt/in summer cows in house during night get also 2 kg DM from maize silage per cow per day. 5) Steekproef LEI van bedrijven met meer dan 9 à 10 ha cultuurgrond en een gemiddelde bedrijfsoppervlakte van 22 ha/random sample by Agricultural Economics Research Institute of farms with more than ca. 10 ha cultivated land and an average area of 22 ha.											

Table 5 Starting points for 5 energy saving plans in comparison with a normalized plan, and for the average situation in the Netherlands in 1978.

stofopname per koe per staldag uit snijmais en voordroogkuil daalt daardoor tot 7 kg ds (53); de totale ruwvoeropname per koe wordt 11 kg droge stof.

Situatie 18

Behalve voornoemde maatregelen wordt aangenomen dat door de introductie van meer klaver in het grasland een opbrengstniveau van het grasland bereikt kan worden dat vergelijkbaar is met een stikstofgift van 400 kg per ha. Klaver vangt dus 150 kg per ha aan stikstof. De berekeningen geven een aanwijzing van mogelijke invloeden.

Situatie 19

Behalve de voornoemde veranderingen worden de koeien 's nachts opgesteld en bijgevoerd met 2 kg per koe per dag aan droge stof uit snijmais en 1 kg ds uit krachtvoer. Citruspulp en bietenpulp, produkten die bij het drogen veel energie vragen, worden niet meer in het krachtvoer opgenomen en vervangen door produkten die minder energie vragen.

Situatie 20

Het krachtvoer wordt ook nog voor de helft vervangen door op het bedrijf geteelde wintertarwe. Het overige eiwitrijke krachtvoer blijft gehandhaafd.

3.3. Gemiddelde situatie in Nederland in 1978 (raming)

Er is uitgegaan van bedrijven met een oppervlakte van tenminste 10 ha. Met behulp van enkele aannames en de in de steekproef van het LEI verzamelde kengetallen (32, 47 en 48) is geprobeerd de situatie voor deze bedrijven in 1978 te omschrijven. De resultaten daarvan zijn te vinden in tabel 5 als situatie 21. De bedrijfsoppervlakte bedraagt 22 ha waarvan 2 ha snijmais. De melkgift van gemiddeld 41 koeien bedraagt 5140 kg per koe per jaar. De jongveebezetting is 0,37 grootvee-eenheid per koe. De

stikstofbemesting (als kunstmest) op grasland bedraagt 290 kg per ha en de krachtvoergift per melkkoe inclusief jongvee is 2000 kg per jaar.

Voor de ruwvoeraankopen en weidegeld is het geldbedrag omgerekend op energie op de in bijlage 2 aangegeven wijze. Aan weidegeld en ruwvoer wordt ca. f 175 per koe uitgegeven; aan melkproductien f 75 per koe, exclusief strooisel. Bij de teelt van snijmais is uitgegaan van een minder goede verkaveling, namelijk een perceelsafstand van 1500 m. Ten aanzien van machines, gebouwen, energieverbruik en dergelijk zijn de nog te beschrijven uitgangspunten aangehouden.

3.4. Berekening energieverbruik

Een samenvatting van een aantal gebruikte kengetallen zoals die hierna behandeld worden is in bijlage 1 vermeld.

3.4.1. Energieverbruik van dieselolie, electriciteit, machines, kunstmest en voor gewasbescherming

Bij de berekeningen is het energieverbruik per bedrijfsonderdeel steeds gesplitst in een direct gedeelte dat als energie door het bedrijf gekocht wordt, en een indirect deel dat verwerkt zit in de produktiemiddelen en diensten zoals die door het bedrijf gebruikte worden.

Het directe energieverbruik bestaat uit dieselolie en motorolie voor trekkers, en electriciteit. Ook de verliezen bij de opwekking en het transport van electriciteit (15) die 67 % bedragen, zijn tot het directe verbruik gerekend omdat deze verliezen in de energieprijzen verwerkt zijn. Inclusief de benodigde motorolie en de raffinageverliezen is voor direct energieverbruik gerekend met een energie-inhoud van 53 MJ per kg dieselolie. Hierin zit 44,5 MJ voor dieselolie (15), 5,5 MJ voor raffinageverliezen en 3 MJ voor motorolie (14).

Bij werkzaamheden met een trekker is er van uitgegaan dat het toerental zo goed mogelijk wordt aangepast aan het benodigde vermogen. Er is gerekend met een brandstofverbruik aan dieselolie van 0,25 kg per uur per verbruikte kW (16). In de praktijk zal dit soms hoger zijn. In bijlage 3 is voor een aantal werkzaamheden het benodigde vermogen en de bijbehorende taaktijd vermeld (17, 18). De taaktijd is vermenigvuldigd met 0,85 om het dieselolieverbruik te berekenen omdat er in de taaktijd een toeslag opgenomen is voor rust en storingen (19). Op bedrijven met een oppervlakte van 25 ha is er een trekker met een vermogen van 37,5 kW (50 pk); in situatie 4 (50 ha) is dit 45 kW (60 pk).

Bij electriciteitsverbruik is gerekend met 11 MJ per kWh.

Het energieverbruik voor de produktie en het onderhoud van machines is gesteld op 85 MJ per kg (7, 12, 14). In bijlage 4 is voor verschillende machines het energieverbruik per uur afgeleid uit het gewicht van de betreffende machine en de geschatte levensduur (17, 18 en 19). Dit leidde voor een trekker van 37,5 kW tot een indirect energieverbruik van 31 MJ per verbruiksuur.

Voor de produktie van stikstof en dergelijk is gerekend met 60 MJ per kg N, met 14 MJ per kg P_2O_5 en met 9 MJ per kg K_2O (21, 46, 56, 57, 59). In eerdere berekeningen (58) werd op basis van iets oudere literatuur (12, 14, 20) nog gerekend met 80 MJ per kg N; dit lijkt echter gezien de voor de produktie van ammoniak benodigde hoeveelheid energie van 45-50 MJ per kg N te hoog (56, 57, 59). Na de ammoniakproduktie volgt nog de verdere verwerking tot ammoniumnitraat (voor Nederland de belangrijkste stikstofmeststof), terwijl ook nog energie gerekend moet worden voor de bouw van de fabrieken en dergelijke.

Voor herbiciden en pesticiden is gerekend met 101 MJ per kg (o.a. 14).

Dit is achteraf vermoedelijk wat te laag (87). Voor menselijke arbeid en het beschikbaar stellen van kapitaal die weinig fossiele energie vragen, is geen energie gerekend.

Voor dieselolie en electriciteit is uitgegaan van het medio 1980 geldende prijspeil (incl. BTW) van 75 cent per l dieselolie en 20 cent per kWh.

De indirecte energie omvat allerlei energiesoorten uiteenlopend van bijvoorbeeld cokes en electriciteit bij de staalfabricage tot dieselolie voor wegtransport en stookolie voor zeetransport. De prijs voor ruwe olie bedroeg medio 1980 ca. 32 dollar per barrel of bijna 1 cent per MJ. De prijs (excl. BTW) voor stookolie in Nederland was medio 1980 ca. 0,8 cent per MJ. De aardgasprijs (excl. BTW) voor nieuwe contracten voor grootverbruikers was medio 1980 in Nederland gemiddeld ca. 0,8 cent per MJ* (zie ook 55). In de Verenigde Staten van Amerika (VS) waar de prijzen voor energie in 1981 opgetrokken worden tot het niveau op de wereldmarkt, zijn vooral de aardgasprijzen en electriciteitsprijzen in 1980 nog lager dan in Nederland. Bunkerolie voor zeeschepen kost ca. 0,7 cent per MJ. Nederland betreft een belangrijk deel van het krachtover uit de VS. In andere landen daarentegen zijn de prijzen soms hoger dan in Nederland. De prijs voor electriciteit geleverd aan de Nederlandse industrie bedroeg volgens v.d. Hoeven (49) in 1979 ca. 0,9 cent per MJ. Het wegtransport daarentegen heeft te maken met de prijs voor dieselolie aan de pomp, die medio 1980 inclusief accijns en BTW ca. 2,5 cent per MJ bedroeg. Daarom is de gemiddelde prijs incl. BTW voor de indirecte energie medio 1980 geschat op 0,9 cent per MJ.

* Bron Ministerie van Economische Zaken

3.4.2. Bemesting

Stikstofwerking en uitrijden drijfmest

Er is gerekend met een drijfmestproduktie van 10 m³ per gve in de stalperiode. Uit proeven van het IVVO (Lelystad) met voeding van vers gras op stal is een ca. 30 % hogere mestproduktie te berekenen in vergelijking met een rantsoen bestaande uit kuilvoer of hooi. Er is daarom bij zomerstalvoeding gerekend met een mestproduktie van 12,5 m³ per koe, bij 's nachts opstallen met 6,25 m³ per koe. In tabel 6 is de totale mestproduktie inclusief jongvee bij verschillende situaties vermeld.

De mest wordt eerst uitgereden op akkerbouwgewassen als snijmais. De gift bedraagt 70 ton per ha en wordt in het voorjaar uitgereden. Daarna wordt de mest uitgereden op grasland. De gift daarop is 20 ton per ha per keer. Op grasland dat in het voorjaar eerst beweid zal worden, wordt in het najaar uitgereden. Op alle percelen die voor voederwinning gemaaid worden, kan ook drijfmest gegeven worden. Als er na het uitrijden op snijmais, grasland, of voederbieten nog mest over is, wordt het mestoverschot over een afstand van 20 km bij derden afgezet.

Voor de berekening van de werking van de stikstof is er van uitgegaan dat 1/3 van de drijfmest op grasland in het najaar uitgereden wordt en 2/3 in het voorjaar. Voor de berekening van de stikstofwerking is gebruik gemaakt van de werkingscoëfficiënten zoals die door Sluysmans (22) berekend zijn. Voor de in de winter geproduceerde mest is gerekend met 0,44 % stikstof. Voor de in de zomer geproduceerde mest is vanwege het hogere eiwitgehalte in gras gerekend met een hoger stikstofgehalte van de mest, namelijk 0,62 %, respectievelijk 0,54 %, bij een stikstofbemesting van respectievelijk 400 en 250 kg per ha (zie bijlage 5 en bijlage 6). De aldus berekende stikstof-

werking van de organische mest is hoger dan vermeld in het Handboek voor de Rundveehouderij uit 1977 (17). Hierbij is uiteraard een goede verdeling en een jaarlijkse terugkerende bemesting met drijfmest aangenomen. In de praktijk kan deze werking afhankelijk van de omstandigheden aanmerkelijk lager zijn. Het energieverbruik bij het uitrijden van drijfmest is berekend in bijlage 6. Dit varieert afhankelijk van de wijze van uitbrengen van 30 tot 45 MJ per m³ drijfmest. Hiervan is ca. 30 % indirecte energie (machineproduktie). Daar is ook aangegeven hoe de met het drijfmestoverschot afgevoerde mineralen verrekend zijn.

Stikstofwerking van bij beweiding geproduceerde mest

Uit het onderzoek van Keuning (23) is gebleken dat de bij beweiding geproduceerde mest onder bepaalde omstandigheden de grasopbrengst in het daaropvolgende jaar nog positief kan beïnvloeden. Om het effect van de in de zomer bij beweiding met mest en uringe geproduceerde stikstof niet te verwaarlozen is geprobeerd een schatting te maken van het effect van deze stikstof. In bijlage 7 zijn deze berekeningen nader uitgewerkt. De door Wieling (13) gebruikte stikstofbemesting is daarna aangepast. Als resultaat daarvan is bij veebezettingen boven 2 gve per ha bij elke grootvee-eenheid extra een korting van 25 kg per gve op de stikstofbemesting toegepast bij dag en nacht weidegang en van 12,5 kg per gve bij 's nachts opstallen. Om bij 's nachts opstallen en zomerstalvoeding minder respectievelijk geen mest op het land komt, is daar met 25 respectievelijk 50 kg per ha extra stikstof bemest. De door Wieling gebruikte stikstofbemesting van 400 kg per ha wordt dan bij een veebezetting van 3 gve per ha :

Tabel 6 Gegevens omtrent de drijfmest-
produktie inclusief jongvee,
het mestoverschot en de bemesting
met kunstmeststikstof op grasland

Situatie	Drijfmestpro- duktie in m ³			Mest- over- schot in m ³ 1)	K ₂ O (kg/ ha) 3)	Kunstmest- stikstof op gras- land (kg/ha) 2)
	win- ter	zo- mer	to- taal			
1	571	-	571	-	80	315
2	636	-	636	-	50	300
3	574	-	574	-	50	332
4	1143	-	1143	-	80	315
5	506	-	506	-	100	181
6	562	-	562	-	70	167
7	518	-	518	-	50	196
8	598	-	598	-	60	309
9	629	-	629	-	50	302
10	622	316	938	-	50	280
11	700	356	1056	131	50	278
12	626	318	944	-	50	296
13	672	682	1354	271	50	285
14	763	775	1538	571	-	303
15	678	689	1367	310	50	312
16	518	-	518	-	50	196
17	495	-	495	-	50	205
18	546	-	546	-	50	190
19	533	271	804	-	-	198
20	455	231	686	-	-	197

Plan	win-	sum-	to-	Sur-	K ₂ O (kg/ ha) 3)	N ferti- lizer on grassland (kg/ha)
	ter	mer	tal	plus of slur- ry (m ³)		
	Slurry produc- tion (m ³)					

- 1) Bij teelt van snijmais is eerst 70 ton per ha op snijmais aangewend. Daarnaast wordt op in het voorjaar te beweiden grasland, 20 ton in het na-jaar gegeven. Ook voor voederwinning bestemd grasland wordt bemest met 20 ton per ha. Als daarna nog mest overblijft wordt dit afgevoerd. Als ook voederbieten verbouwd worden zijn deze met 45 ton per ha bemest/ If maize is grown, 70 tonnes of slurry are used on every hectare maize. Twenty tonnes per hectare are used on grass-land for grazing and for fodder har-vesting. If there is slurry left, it will be carried off. When fodder beets are grown, 45 tonnes of slurry per hectare is used for this crop.

- 2) De totale stikstofgift is steeds 400 kg, de kunstmeststikstof is bepaald door 400 kg N te verminderen met de werkzame stikstof uit drijfmest en uit de mest van weidend vee/
Total nitrogen dressing is in every plan 400 kg. Fertilizer dressing is fixed bij reducing 400 kg N with active nitrogen from manure out of stable and of grazing cattle

- 3) Beneden 3 mk per ha grasland is met 50 kg K₂O/ha bemest, bij dag en nacht weidegang en bij minder dan 2,5 gve per ha met 10 kg K₂O extra per 0,1 gve minder/
At cattle density less than 3 cows per ha grassland is fertilized with 50 kg K₂O more for every 0,1 cow less.

Table 6 Data on slurry production
(young stock included), surplus
of slurry and fertilization
with artificial N fertilizer
on grassland

- bij dag en nacht weiden :
400 - 25 = 375 kg/ha
- 's nachts opstallen :
400 + 25 = 425 kg/ha
- zomerstalvoeding :
400 + 50 = 450 kg/ha

Bemesting met kunstmeststikstof

De uiteindelijke bemesting met kunst-
meststikstof per ha die over blijft na
de correcties voor de met organische mest
geproduceerde stikstof is in tabel 6 ver-
meld. Daar is tevens de bemesting met K₂O
vermeld. Op grasland wordt buiten de met
de organische mest toegediende fosfaat
geen extra fosfaat toegediend.

Tabel 7 Gegevens omtrent graslandgebruik en voederwinning

Situa- tie	Maaipercantage grasland melkvee 1)		Totaal te maaien ha (melkvee + jongvee)	Opp. snijmais (ha)	Opp. voeder- bieten (ha)	Opp. tarwe (ha)	Droge stof voordroog- kuil in tonnen	Droge stof ingekuilde snijmais in tonnen	Voeder- bieten in ton- ds	Aantal staldagen incl. over- gangspe- rioden
	1e snede	totaal								
1	56	147	38,5				102			183
2	49	120	33,2				86			189
3	45	103	25,6	3,7			65	44		195
4	56	147	76,9				205			183
5	52	133	36,5				100			191
6	46	102	30,7				84			194
7	41	85	23,8	3,4			58	40		199
8	57	154	40,0				107			182
9	58	158	40,8				112			181
10	60	169	43,1				112			184
11	52	129	35,3				94			188
12	48	111	26,9	4,0			71	47		194
13	63	180 2)	45,4				125			192
14	57	144 2)	38,5				106			196
15	52	122 2)	28,3	4,5			78	53		200
16	41	85	23,8	3,4			58	40		199
17	37	71	19,8	2,6	2,8		54	30	38	202
18	41	89	21,1	2,8	3,1		53	33	42	199
19	26	40	12,2	6,0	3,2		30	71	43	212
20	26	40	10,8	5,1	2,6	3,7	27	61	37	212
21	?	ca.125	ca. 25	ca. 2,0			90	ca. 25		ca. 190

Plan	1st cut	total	Total mowing area (ha) for dairy cattle and young stock	Area of maize silage (ha)	Area of fodder beets (ha)	Area of wheat (ha)	Total amount of DM wilted silage (tonnes)	Amount of DM maize silage (tonnes)	Amount of DM fodder beets (tonnes)	Number of housing days transition periods included
	Mowing % grass- land dairy cattle 1)									

1) Op het voor jongvee bestemde grasland wordt bij 400 kg N een maai-
percentage van 187 % bereikt waarvan 72 % van de 1e snede;
bij 250 kg N is dit 209 % waarvan 70 % 1e snede/
On grassland for young stock there is got a mowing % of 187 %,
of which 72 % from the 1st cut with 400 kg N; with 250 kg N the
figures are 209 % respectively 70 %.

2) Voederwinning exclusief het maaien voor zomerstalvoeding/
Fodder production excluding mowing for zero-grazing

Table 7 Data on grassland management and fodder production

3.4.3. Winning van ruwvoer, voeropslag en graslandverzorging

De met behulp van Wieling (13) berekende maaipercents van het grasland en de totaal te winnen hoeveelheid ruwvoer zijn samengevat onder de situaties 1 tot en met 21 in tabel 7. Het ruwvoer van grasland wordt gewonnen als voordroogkuil en met een opraapdoseerwagen ingekuild op een betonplaat en afgedekt met plastic. Bij een gemiddelde drogestofopbrengst van ca. 2600 kg per snede per ha in te kuilen voordroogkuil is aan directe en indirecte energie 2260 MJ nodig (zie bijlage 7, tabel 1). Bij een oppervlakte van 50 ha per bedrijf in plaats van 25 ha is dit ca. 10 % per ha lager.

In bijlage 8 is ook de energiebehoefte voor de teelt en oogst van snijmais berekend. De snijmais wordt gehakseld met een 3-rijige veldhakselaar en afgedekt met plastic. De drogestofopbrengst bedraagt bruto 12 800 kg per ha. Bij een bemesting met drijfmest van 70 ton per ha is aan energie 1325 MJ per ha nodig (inclusief bemesting) (zie bijlage 7, tabel 2). In bijlage 7 is ook de voor voeropslag berekende energie gegeven.

In bijlage 8 is het energieverbruik voor de bemesting met kunstmest op grasland, de herinzaai van grasland, het bloten en de onkruid- en emeltenbestrijding op grasland berekend.

3.4.4. Zomerstalvoeding en voeren van ruwvoer in de winter

Zomerstalvoeding

Bij zomerstalvoeding wordt bij een oppervlakte van 25 ha eerst gemaaid met een cyclomaaier en daarna geladen met een opraapwagen, gelost op de voergang en in handwerk verdeeld. Inclusief de voerverliezen moet per koe per dag 13,5 kg aan droge stof gemaaid worden. Dit vraagt bij een perceelsafstand van

500 m 12,1 MJ per koe per dag aan directe en indirecte energie (zie bijlage 9). Bij een perceelsafstand van 1500 m zou dit 14,3 MJ per koe zijn.

Voeren ruwvoer

Het ruwvoer wordt 2 keer per week uitgehaald met een trekker met kuil-snijvork en in handwerk verdeeld. In bijlage 9 is het daarvoor benodigde energieverbruik berekend. Dit bedraagt per dag bij een ruwvoerhoeveelheid aan droge stof van 9 respectievelijk 6 kg per koe per dag respectievelijk 1,15 en 0,75 MJ per melkkoe inclusief jongvee (directe energie + indirecte energie).

3.4.5. Teelt, bewerking en transport van krachtvoer

De energiebehoefte die voor krachtvoer benodigd is, valt te splitsen in 3 delen, namelijk de energie voor de teelt, voor de verschillende bewerkingen (drogen en pelletteren) en voor het transport. In bijlage 10 staat de wijze waarop deze energie berekend is. Voor de teelt is gerekend met 4,7 MJ per kg krachtvoer. Daarbij is gerekend met een energiebehoefte van 30 % van de bruto energie-inhoud van de grondstoffen, zijnde 15,8 MJ per kg. Op de in hoofdstuk 3 vermelde gronden is dit gebeurd ondanks het feit dat bij de huidige samenstelling van rundveekrachtvoer voor een belangrijk deel afvalprodukten opgenomen zijn.

Om de voor het drogen benodigde energie te berekenen is eerst het aandeel van de diverse grondstoffen voor krachtvoer vastgesteld (bijlage 10, tabel 1). Daarna is met behulp van literatuur en informatie uit de praktijk de voor drogen benodigde energie benaderd (bijlage 10, tabel 2). Deze bleek dan 5,2 MJ per kg krachtvoer te zijn. Dit geldt uiteraard alleen voor rundveekrachtvoer. Omdat in varkens- en vooral in pluimveekrachtvoer meer granen opge-

nomen zijn, is de benodigde energie voor drogen daar lager. Voor het pelletteren van rundveekrachtvoer bleek 1 MJ per kg nodig te zijn (sommige grondstoffen worden twee keer gepalleteerd!).

Om de voor transport benodigde energie vast te stellen is eerst de herkomst van de verschillende grondstoffen geschat. Daarna kon de voor weg- en zeetransport benodigde energie vastgesteld worden. Deze bleek afgerond 2 MJ per kg te bedragen.

In totaal bedraagt de voor krachtvoer benodigde energie 13 MJ per kg, inclusief een schatting van 0,2 MJ per kg voor mineralen. Voor kunstmelkpoeder is gerekend met een energiebehoefte van 15 MJ per kg. Dit is achteraf te laag omdat de grondstoffen in kunstmelk te laag gewaardeerd zijn. Een energiebehoefte van kunstmelkpoeder van 60 MJ per kg lijkt realistischer (bijlage 10).

3.4.6. Gebouwen, erfverharding en voeropslag

Door het IMAG (40) is het materiaalverbruik voor ligboxenstallen met mestkelders en houten wanden van 30 en 120 koeien berekend. Met behulp daarvan is in bijlage 12, tabel 2 het energieverbruik per onderdeel en het energieverbruik per m² gebouwenoppervlakte berekend. Dit was bij 30 koeien 1700 MJ per m² en bij 120 koeien 1569 MJ per m². Er is gerekend met 1600 MJ per m² (bijlage 11). Doering (87) rekent met 1700 MJ per m² voor de "utiliteitsbouw". Per melkkoe, inclusief jongvee, is gerekend met 16 m² gebouwenoppervlak. In situatie 4 is gerekend met 14 m². Op basis van 6 % voor afschrijving en onderhoud per jaar kon zo een jaarlijks energieverbruik van 1536 MJ respectievelijk 1344 MJ per koe berekend worden bij een bedrijfsoppervlakte van 25 respectievelijk 50 ha.

Voor voeropslag kon 340 MJ per m² beton berekend worden en 285 MJ per m² voor erfverharding en kavelwegen. Voor

voeropslag op beton is gerekend met 4 m² per ton droge stof.

Voor kavelwegen is gerekend met wegen van 3 m breed en een lengte van 250 m bij 25 ha en 350 m bij 50 ha. De erfverharding is gesteld op respectievelijk 300 m² en 400 m² bij een oppervlakte van respectievelijk 25 en 50 ha.

De werktuigenberging is gesteld op 100 m² bij de 25 ha bedrijven en 150 m² bij het bedrijf van 50 ha. Er is steeds gerekend met een jaarlijks verbruik van de geïnvesteerde energie van 6 % (5 % afschrijving en 1 % onderhoud). Het onderhoud is op slechts 1 % gesteld omdat bij onderhoud verhoudingsgewijs weinig materiaal en veel arbeid aangewend wordt. De energie voor het aantrekken van vreemd kapitaal (energieverbruik van banken en dergelijke) is hier evenals bij de werktuigen niet gerekend.

3.4.7. Electriciteit

In bijlage 12 is nader ingegaan op het electriciteitsverbruik per melkkoe. Er is op het bedrijf van 25 ha en een melkproduktie van 6000 kg gerekend met een jaarlijks verbruik van 350 kWh per koe. Bij melkproducties van 5000 en 4000 kg per koe is dat 325 respectievelijk 300 kWh per koe. Voor het bedrijf van 50 ha is gerekend met 300 kWh per koe per jaar. Hierin is niet het verbruik van de woning begrepen (Gemiddeld wordt in Nederland per woning ca. 3000 kWh per jaar verbruikt, op landbouwbedrijven is dit verbruik vermoedelijk hoger). De voor de electriciteitsopwekking benodigde energie à 11 MJ per kWh is geheel (inclusief de opwekkingsverliezen) tot het directe energieverbruik gerekend.

3.4.8. Diversen

Op de bedrijven van 25 ha wordt gebruik gemaakt van een achtstands visgraatmelkstal, op het bedrijf van 50 ha van een twaalfstands visgraatmelkstal.

De melk wordt bewaard in een koeltank. In bijlage 13 is de voor de melkapparatuur benodigde energie berekend. In bijlage 14 is voor diverse diensten zoals inseminatie, melkcontrole, KI, dierenarts, boekhouding, en dergelijke het in de verrichte diensten opgesloten energieverbruik berekend. Er is gerekend met een energieverbruik van 5 MJ per gulden aan kosten voor de verrichte diensten.

Het algemeen werk met de trekker zoals dit bijvoorbeeld bij afrasteren, reinigingswerkzaamheden, mest rondpompen en dergelijke nodig is, wordt gesteld op 4 uur per ha bij een benodigd vermogen van 15 kW. Dit leidt tot een direct energieverbruik van 795 MJ per ha en een indirect verbruik van 250 MJ per ha.

4. RESULTATEN

4.1. Energieverbruik genormaliseerde bedrijfssituaties en gemiddelde Nederlandse situatie 1978

Genormaliseerde bedrijfssituaties

Met de uitgangspunten zijn berekeningen gemaakt van het energieverbruik van de in tabel 4 en 5 gegeven bedrijfssituaties. De belangrijkste resultaten zijn samengevat in tabel 8. In kolom 2 en 3 is het verbruik aan dieselolie en electriciteit per bedrijf gegeven in l respectievelijk kWh. Met de raffinageverliezen en de motorolie en de bij de opwekking van electriciteit optredende verliezen vormen die het in kolom 4 gegeven directe energieverbruik in MJ per kg geproduceerde melk. Al het overige energieverbruik is indirect (wordt met de produktiemiddelen aangekocht) en is in kolom 5 gegeven. In kolom 6 is het totale verbruik in MJ per kg melk gegeven. In kolom 7 zijn de verschillende bedrijfssituaties vergeleken in verhoudingsgetallen. Situatie 1 is daarbij op 100 gesteld.

Zoals uit tabel 8 blijkt is het energieverbruik in de uitgangssituatie 1 7,4 MJ per kg melk. Dit komt overeen met 1770 kcal per kg melk of omgerekend ca. 0,2 l dieselolie. Beperking van de ruwvoergift per koe tot 6 kg ds per stal-dag verhoogt het energieverbruik met ca. 10 % (situatie 2, 6, 11 en 14). Verbouw van snijmais doet het verbruik met 1 à 5 % (situatie 3, 7, 12 en 15) dalen. Een verlaging van de stikstofgift van 400 kg per ha tot 250 kg per ha geeft een 5 % lager energieverbruik (situatie 5). Zomerstalvoeding en 's nachts opstallen met bijvoeren van extra krachtvoer verhogen het verbruik met respectievelijk 10 en 4 % (situatie 13 en 10). Bedrijfsvergroting tot 50 ha verlaagt het verbruik met 4 %, verlaging van de melkproduktie tot 5000 kg respectievelijk 4000 kg per koe verhoogt het verbruik met 5 respectieve-

lijk 12 %.

Het aandeel van het directe energieverbruik in de vorm van dieselolie en electriciteit bedraagt ca. 15 % van het totale verbruik, uiteenlopend van ca. 12 % in situatie 2 tot 17 % in situatie 15 bij zomerstalvoeding.

Gemiddelde Nederland 1978

In situatie 21, het gemiddelde melkveebedrijf met een oppervlakte groter dan ca. 10 ha in 1978, is het energieverbruik 9,5 MJ per kg melk of wel 28 % hoger dan in situatie 1. Dit komt vooral door de lagere melkproduktie per koe en de hogere krachtvoergift. Ook de hoeveelheid stikstof uit kunstmest is slechts 25 kg per ha lager dan in situatie 1. Verder wordt er gedeeltelijk 's nachts opgestald en wordt op een klein gedeelte van de bedrijven zomerstalvoeding toegepast. Verder is de jongveebezetting hoger en is de verkaveling slechter. De bedrijfsoppervlakte is met 22 ha in plaats van 25 ha ook kleiner.

4.1.1. Verdeling van het energieverbruik

In tabel 9 is de verdeling van het energieverbruik over de verschillende bedrijfsonderdelen gegeven.

Uit deze tabel blijkt dat vooral krachtvoer en daarnaast kunstmest veel energie vragen. Voeropslag en de verrichtte diensten vragen weinig energie.

In situatie 2 wordt in de winter aan melkvee slechts een hoeveelheid droge stof van 6 kg per koe per dag uit ruwvoer verstrekt. In vergelijking met situatie 1 is een groter aandeel van de energie nodig voor krachtvoer (58 %). In situatie 7 waar de stikstofbemesting 250 kg per ha is in plaats van 400 kg in situatie 1 is het aandeel van de stikstof gedaald van 23 tot 15 %. In situatie 13 met zomerstalvoeding wordt meer energie verbruikt voor dieselolie en voor werktuigen en krachtvoer.

Uit aanvullende berekeningen bleek dat voor de graslandverzorging (inclu-

Tabel 8 Directe energieverbruik van dieselolie en electriciteit, het energieverbruik in MJ per kg geproduceerde melk en de energiekosten per kg melk

Situatie	Direct energieverbruik		Energieverbruik melk (MJ per kg)			verhouding t.o.v. situatie 1 = 100	Energiekosten melk incl. BTW (centen per kg)
	diesel-olie (l)	electriciteit (kWh)	direct	in-direct	totaal		
1	2 760	16 275	1,1	6,3	7,4	100	7,6
2	2 640	18 095	1,0	7,2	8,2	111	8,3
3	3 000	16 345	1,1	6,2	7,3	99	7,5
4	4 970	27 870	1,0	6,1	7,1	96	7,1
5	2 590	14 385	1,1	5,9	7,0	95	7,2
6	2 450	15 995	1,0	6,8	7,8	105	7,9
7	2 810	14 735	1,2	5,6	6,8	92	7,0
8	2 820	15 795	1,2	6,6	7,8	105	8,1
9	2 880	15 330	1,5	6,8	8,3	112	8,7
10	3 180	17 710	1,1	6,6	7,7	104	7,9
11	3 000	19 915	1,0	7,4	8,4	114	8,5
12	3 330	17 815	1,1	6,3	7,4	100	7,6
13	5 070	19 110	1,4	6,7	8,1	110	8,3
14	5 110	21 700	1,3	7,5	8,8	119	8,9
15	5 380	19 285	1,4	6,4	7,8	105	8,1
21	2 820	14 350	1,4	8,1	9,5	128	9,6

Plan	gas- oline (l)	electricity (kWh)	direct	in- direct	total	relation to plan 1 = 100	Energy costs milk (VAT incl.) (Hfl. cents per kg)
	Direct energy consumption		Energy consumption milk (MJ per kg)				

Table 8 Direct energy consumption of gasoline and electricity, the energy consumption in MJ per kg produced milk and the energy costs per kg milk

Tabel 9 Verdeling van het energieverbruik in procenten over de verschillende bedrijfsonderdelen in situatie 1, 2, 7, 10 en 13

Situatie/plan	1	2	7	10	13
Voeropslag (plastic, beton)/ Feed storage (sheets, concrete)	1	1	2	1	1
Dierenarts, boekhouding, KI etc./ Veterinarian, book keeping, AI etc.	3	2	3	3	3
Gebouwen, erfverharding, kavelwegen/ Buildings, pavement, farm roads	5	4	5	4	4
Trekker, werktuigen, melkmachine/ Tractor, machinery, milking machine	5	4	6	5	6
Dieselolie (net raffinage en motorolie)/ Gasoline (with refinery and motor oil)	6	5	8	6	9
Electriciteit/ Electricity (including generation and transmission)	9	8	9	9	8
Kunstmest (stikstof en kali)/ Fertilizer (N and K ₂ O)	23	18	15	18	13*
Krachtvoer/ Concentrates	48	58	52	54	55
Drijfmestafvoer (overschot)/ Slurry transportation (surplus)	-	-	-	-	1

* Na aftrek van de energie in de met het drijfmestoverschot afgevoerde mineralen/
After subtraction of the energy in minerals transported with the slurry surplus

Table 9 Division of energy consumption of the different farm units in plans 1, 2, 7, 10 and 13 (in %)

sief bemesting met kunstmest en drijfmest) en voederwinning, voeropslag en voeren van ruwvoer in situatie 1 slechts 9 % van de totale energie of 0,6 MJ per kg melk nodig is. In situatie 15 bij zomerstalvoeding wordt dit inclusief het voeren van vers gras en de afvoer van het mestoverschot 16 % ofwel 1,2 MJ per kg melk.

4.1.2. Kosten verbruikte energie

Zoals uit tabel 8 blijkt lopen de kosten voor directe en indirecte energie bij vermelde aannames uit hoofdstuk 3.4.1. uiteen van 7,0 cent per kg melk in situatie 7 tot 8,9 cent per kg melk in situatie 14. Voor de "Nederlandse" situatie (situatie 21) van 1978 wordt op deze wijze 9,6 cent per kg melk berekend.

De opbrengst per kg melk van 4 % vet is in 1980 inclusief omzet en aanwas ca. f 0,75 cent per kg, waarvan ca. f 0,11 voor omzet en aanwas. Hiervan uitgaande zouden de energiekosten in situatie 1 ca. 10 % van de opbrengsten uitmaken en in de gemiddelde Nederlandse situatie van 1978 ca. 13 %. De totale uitgaven voor energie belopen in de situaties 1, 9 en 14 respectievelijk f 20 646, f 17 783 en f 33 108 per bedrijf. De melkopbrengst per ha is in deze situaties respectievelijk 11 160 kg, 8 176 kg en 14 880 kg. In situatie 21 (Nederland in 1978) werd in 1980 per bedrijf f 20 231 aan directe en indirecte energie uitgegeven.

Prijspeil 1973 vergeleken met 1980

Stel de prijzen voor dieselolie, electriciteit en indirecte energie op respectievelijk 20 cent per l, 12 cent per kWh en 0,2 cent per MJ, in 1973 vóór de oliecrisis (1). Dan waren de energiekosten in situatie 1 en 21 respectievelijk 2,2 cent en 2,7 cent per kg melk, als men uitgaat van het technisch peil van situatie 21 in 1978 volgens tabel 5.

Gaat men uit van opbrengsten voor

melk, omzet en aanwas van f 0,52 per kg melk in 1973 (1), dan was het aandeel van de energiekosten uitgedrukt als percentage van de bruto geldopbrengst in situatie 1 en 21 respectievelijk 4 % en 5 %. De uitgaven voor energie bedroegen dan respectievelijk f 6 138 en f 5 690. Bij het prijspeil 1980 wordt dus in situatie 21 ca. f 15 000 meer aan energie uitgegeven dan in 1973.

4.2. Energieverbruik energiebesparende bedrijfssituaties

Het energieverbruik van de energiebesparende situaties 16 tot en met 20 is in tabel 10 vermeld.

Uit deze blijkt dat in situatie 16 het energieverbruik in vergelijking met situatie 7 gedaald is van 6,8 tot 6,2 MJ per kg melk. Door voorcoelen van de melk en een maximaal gebruik van de terug te winnen melkwarmte is het electriciteitsverbruik gedaald met ca. 8 000 kWh tot 6 652 kWh. Deze sterke daling is overigens alleen mogelijk bij een zeer regelmatig verloop van de melkproduktie.

Als alleen een voorcoeler geïnstalleerd wordt, daalt het electriciteitsverbruik met 10 à 15 %. Door de gedroogde Nederlandse bietenpulp te vervangen door perspulp daalt het energieverbruik per kg krachtvoer (inclusief perspulp) van 13 tot 12,2 MJ per kg. Het indirecte energieverbruik daalt daardoor van 5,6 MJ per kg melk in situatie 7 tot 5,4 in situatie 16 (zie bijlage 15).

In situatie 17 wordt het krachtvoer in meelvorm verstrekt. Het energieverbruik per kg krachtvoer daalt dan verder tot 11,5 MJ per kg krachtvoer. In verhoudingsgetallen daalt het energieverbruik dan van 84 tot 82. Overigens is bij het pelletteren ook energie te besparen door minder eisen te stellen aan de hardheid of de samenstelling van de brok te veranderen. Door het verstrekken van een hoeveelheid droge stof uit voederbieten van 4 kg per koe per

Tabel 10 Direct energieverbruik als dieselolie en electriciteit, het energieverbruik in MJ per kg geproduceerde melk en de energiekosten per kg melk

Situatie	Direct energieverbruik		Energieverbruik melk (MJ per kg)				Energiekosten melk incl. BTW (centen per kg)
	diesel-olie (1)	electriciteit (kWh)	direct	in-direct	totaal	verhouding t.o.v. situatie 1 = 100	
1	2 760	16 275	1,1	6,3	7,4	100	7,6
7	2 810	14 735	1,2	5,6	6,8	92	7,0
16	2 810	6 652	0,8	5,4	6,2	84	6,2
17	2 980	6 352	0,9	4,2	5,1	69	5,2
18	3 140	7 016	0,8	4,0	4,8	65	5,0
19	3 600	6 841	0,9	3,5	4,4	60	4,7
20	3 780	5 830	1,1	3,1	4,2	57	4,6

Plan	gas-oline (1)	electricity (kWh)	direct	in-direct	total	relation to plan 1 = 100	Energy costs milk (VAT incl.) (Hfl. cents per kg)
	Direct energy consumption		Energy consumption milk (MJ per kg)				

Table 10 Direct energy consumption of gasoline and electricity, the energy consumption in MJ per kg produced milk and the energy costs per kg milk

staldag daalt het krachtvoerconsumptie per koe van 1600 tot 1043 kg (tabel 5). Het totale energieverbruik daalt tot 5,1 MJ per kg melk, ofwel 31 % minder dan in de uitgangssituatie. Deze energetische benadering behoeft uiteraard niet te betekenen dat de teelt van voederbieten ook economisch aantrekkelijk is (53).

Door de aanname dat klaver 150 kg stikstof kan vervangen en dat daarmee een opbrengstniveau kan worden behaald vergelijkbaar met een stikstofgift van 400 kg per ha op het grasland, daalt het energieverbruik in situatie 18 tot 4,8 MJ per kg melk. In de praktijk is overigens een combinatie van klaver en gras bij dit bemestingsniveau nog niet haalbaar. In situatie 19 wordt de nog resterende bietenpulp en de in het krachtvoer opgenomen citruspulp vervangen door andere producten die minder sterk gedroogd behoeven te worden. Het energieverbruik per kg krachtvoer daalt daardoor verder van 11,5 MJ in situatie 17 tot 9,1 MJ per kg. Tevens worden de koeien 's nachts opgesteld en bijgevoerd met snijmais en extra krachtvoer. Het energieverbruik per kg melk daalt van 4,8 MJ in situatie 18 tot 4,4 MJ in situatie 19.

4.3. Energieverbruik andere bedrijfs-situaties

4.3.1. 's Nachts opstallen en bijvoeren van ruwvoer

Uit onderzoek van Boxem (60) blijkt dat het krachtvoer bij 's nachts opstallen ook vervangen kan worden door vers gras (bij jong maaien). Uitgaande van situatie 1 is aangenomen dat de exploitatie en de opbrengst van het grasland bij 's nachts opstallen en bijvoeren van vers gras niet verandert. Ook de krachtvoergift blijft 1 615 kg per koe. Wel moet meer drijfmest uitgereden worden en moet 5 kg per koe per weidedag aan droge stof uit vers gras gevoerd worden.

Het aantal melkkoeien blijft met 46,5 gelijk aan situatie 1. De stikstofgift uit kunstmest daalt door de grotere drijfmestproductie in de zomer van 315 kg per ha tot 283 kg per ha. In deze situatie neemt bij 's nachts opstallen het energieverbruik slechts toe met 0,03 MJ per kg melk. Wanneer ook nog rekening gehouden wordt met een iets betere graslandbenutting van het gemaaid grasland, zou het energieverbruik gelijk blijven aan situatie 1. In situatie 10 met bijvoeren van krachtvoer werd het verbruik 4 % hoger (zie tabel 8).

Bij een andere methode van 's nachts opstallen wordt snijmais bijgevoerd (hoofdstuk 4.2.). Om de lagere energie-inhoud van snijmais te compenseren moet dan echter krachtvoer worden bijgevoerd (61). Als per kg krachtvoer niet meer dan 9,1 MJ nodig is blijkt de energie-behoefte per kg melk bij 's nachts opstallen en bijvoeding van uitsluitend krachtvoer gelijk te zijn aan die bij dag en nacht weidegang.

4.3.2. Ruwvoeropslag in een torensilo

In bijlage 16 is een benadering gegeven van het energieverbruik bij de opslag van ruwvoer in een torensilo in plaats van in rijkuilen. Dit is gedaan voor het bedrijf van 50 ha (situatie 4). Hieruit blijkt dat het energieverbruik voor voederwinning, voeropslag en voeren bij vullen en lossen van de torensilo met een door een electrometer aangedreven blazer met een stijging van 83 % bijna verdubbelt. Bij aandrijving van de blazer met een dieselmotor is de stijging nog groter. Het energieverbruik per kg melk stijgt met ca. 4 %. Het vullen van de silo met transportbanden in plaats van met pneumatisch transport zal minder energie vragen.

4.3.3. Berekening

In bijlage 17 is voor een droogtegevoelige grond het extra energieverbruik als gevolg van berekening berekend. Het is gedaan voor een haspelinstallatie en voor een installatie met buizen. Door berekening en aandrijving van de pomp met een electromotor stijgt het energieverbruik in situatie 1 met 10 % bij een haspelinstallatie en met 6 % in geval van een buizeninstallatie. Bij de buizeninstallatie is er een geringere stijging van het elektriciteitsverbruik door de lagere druk. Die stijging bedraagt 14 890 kWh per jaar bij de haspel en 8 550 kWh bij de installatie met buis. In geval van aandrijving met een dieselmotor stijgt het dieselolieverbruik met respectievelijk 4 980 en 2 850 l per jaar. Wanneer een haspelinstallatie met meerdere kleine sproeiers in plaats van met één grote werkt, zal de stijging vanwege de lagere druk geringer zijn.

4.3.4. Voeren van verse wei

Uit een publikatie van het NIZO (64) valt te berekenen dat voor het drogen en indampen van één kg weipoeder en mage-re melkpoeder respectievelijk ca. 14 en 11 MJ aan gas en electriciteit benodigd is. Door de kalveren volle melk in plaats van kunstmelkpoeder te voeren zou energetisch gezien dus een zekere besparing bereikt kunnen worden. Ook is het denkbaar het krachtvoer voor jongvee en melkvee voor een deel te vervangen door vers teruggeleverde fabriekswei. Hierbij kan 15 l wei ca. 1 kg krachtvoer vervangen (normen CVB). Dit komt overeen met 0,85 kg weipoeder. Wanneer voor extra transport (over 15 km à 4 MJ per ton per km) en opslag gerekend wordt met 1 MJ per 15 l wei, bespaart het vers voeren van wei ca. 11 MJ op de fabriek per vervangen kg krachtvoer. Overigens is door nieuwe ontwateringstechnieken zoals omgekeerde osmose mogelijk

nog een belangrijke besparing op de voor drogen benodigde energie te verwachten (64, 65).

4.3.5. Grasdrogen

In bijlage 18 is een berekening gemaakt van de energiebehoefte voor het kunstmatig drogen van vers of licht voorgedroogd gras. Uitgaande van 23 % droge stof in het te drogen gras is dan ca. 13 MJ per kg grasbrok nodig voor transport en drogen (exclusief de teelt). Inclusief de teelt is dit ca. 16 MJ per kg brok. Het aandeel van de energiekosten in de droogkosten is bij het prijspeil 1980 ca. 12 cent per kg grasbrok (exclusief teelt). Wanneer in situatie 1 (tabel 8) ca. 400 kg krachtvoer vervangen wordt door 500 kg grasbrok (aannemend dat dit geen gevolgen heeft voor de veebezetting) stijgt het energieverbruik met 0,5 MJ per kg melk.

5. ALTERNATIEVE BEREKENINGSMETHODE

5.1. Krachtvoer en ruwvoer

5.1.1. Waardering van bijprodukten

Zoals in bijlage 10 reeds uiteen is gezet, is in het voorgaande gerekend met een energiebehoefte van 4,7 MJ per kg voor de teelt van krachtvoer. Wordt ook de opbrengst van bijprodukten zoals stro gerekend, dan wordt de energiebehoefte voor de teelt per kg krachtvoer 2,9 MJ (bijlage 11). Dit geldt alleen bij een zeer goede verbranding van het stro; in de praktijk is het vaak aanmerkelijk slechter (66). Wanneer gerekend wordt met 2,9 MJ per kg voor de teelt van krachtvoer, zou de energiebehoefte per kg melk in situatie 1 (tabel 8) dalen van 7,4 MJ tot 7,1 MJ per kg melk. Deze daling is minder groot dan verwacht omdat nu ook voor strooisel in de stallen* gerekend is met 13 MJ per kg (29).

Wanneer aangenomen zou worden dat voor bijprodukten in het geheel geen energie voor de teelt toegerekend behoeft te worden, vervalt de energie voor de teelt van krachtvoer (4,7 MJ per kg) grotendeels. In situatie 1 zou dan het energieverbruik per kg melk dalen tot ca. 6,2 MJ per kg. Overigens zou voor een nauwkeurige berekening per grondstof in het krachtvoer een berekening gemaakt moeten worden. Voor bietenpulp moeten dan ook de bietenkoppen gerekend worden als voer of als bemesting. Citrusvruchten vragen een zeer hoge energiebehoefte voor de teelt (46). Voor citruspulp is dan het probleem op welke manier de energie aan het vruchtensap en de pulp toegerekend moet worden.

* Bij dag en nacht weidegang en 's nachts opstallen wordt gerekend met 0,5 kg strooisel per koe per stal dag, bij zo-merstalvoeding met 0,6 kg per koe per dag

5.1.2. Waardering op basis van methaangisting of alcoholfermentatie

Een andere mogelijkheid die in de toekomst mogelijk belangrijker wordt, is de waardering van krachtvoer op basis van de aanwendingsmogelijkheden als energiebron middels methaangisting of alcoholfermentatie. Op enkele plaatsen wordt wei reeds vergist tot biogas (methaan) en worden de mogelijkheden van alcoholproductie uit wei nagegaan (65). Ook de productie van methaan (67) uit pulp heeft de aandacht. Verder is er een toenemende productie van alcohol op basis van suikerriet en granen voor bijmenging als motorbrandstof (68). Ook suikerbieten en andere koolhydraatrijke produkten kunnen hiervoor benut worden. Een andere mogelijkheid die onderzocht wordt, is de bijmenging van plantaardige oliën (28), afkomstig van zonnebloemen en raapzaad, in dieselolie voor trekkers. Ook gras kan vergist worden tot methaangas (31).

Behalve dat op deze wijze energie geproduceerd wordt, is er ook energie nodig voor bijvoorbeeld de bouw van de gistingsinstallatie en vooral voor de destillatie van alcohol. Voor alcoholdestillatie is bij de huidige stand van de techniek zelfs zoveel energie nodig dat afhankelijk van de berekeningswijze soms geen belangrijke netto energieproductie mogelijk is (69, 70, 71, 88).

Bij de vergisting van krachtvoer en vers gras tot methaangas is de balans positiever. Wanneer uitgegaan wordt van een bruto energie-inhoud van krachtvoer en vers gras van 18 MJ per kg droge stof en als aangenomen wordt dat ca. 80 % van de energie tot methaangas vergist kan worden (30, 31) zou per kg droge stof 14 MJ in de vorm van biogas geproduceerd kunnen worden. Voor de netto energieproductie moet dit verminderd worden met de voor teelt en transport

benodigde energie en met de bij de vergisting benodigde energie. Poelma (72) berekent voor een situatie met koemest, die hoofdzakelijk in de winter vergist wordt, dat 30 % van het geproduceerde gas nodig is voor verwarming van de gistingstank.

Om verschillende redenen (vergisting in zomer en winter, grotere gistingstank, betere vergisting van het krachtvoer) is in deze berekeningen aangenomen dat 20 % van de geproduceerde energie nodig is voor verwarming en fabricage van de installatie. Er is dan een netto gasproduktie van 11,2 MJ per kg droge stof of 9,7 MJ per kg krachtvoer (87 % ds). Dit moet nog verminderd worden met de voor de teelt benodigde energie. Als rekening gehouden wordt met een energie-opbrengst in de vorm van stro (bijlage 10), is voor de teelt van 1 kg krachtvoer 2,9 MJ nodig. Omdat het slib na de gisting nog mineralen bevat in de vorm van onder andere stikstof (1,6 % van het krachtvoer) die weer op het land gebracht kunnen worden, is de energie-opbrengst nog met 1 MJ per kg verhoogd. Rest dus een netto opbrengst van $9,7 + 1 - 2,9 = 7,8$ MJ per kg krachtvoer bij de teelt van granen voor energieproduktie (in de vorm van methaangs). Gaat men hiervan uit, dan is de energie-inhoud van krachtvoer inclusief de verdere bewerkingen als drogen, pelleteren, transport en mineralen (zie bijlage 10) 16,2 MJ per kg, of afgerond 16 MJ per kg. Uitgaand van de energiebehoefte voor de teelt van veevoer was dit 13 MJ per kg (bijlage 10).

Voor gras is eenzelfde berekening gemaakt, waarbij uitgegaan werd van een bruto grasopbrengst aan droge stof van 12 600 kg per ha (na aftrek van 5 % maaiverliezen en bij een stikstofgift van 400 kg N per ha) (13). Het grasland wordt 4 keer per jaar gemaaid en daarna vers gehakseld ten behoeve van de gisting. Er is gerekend met perceelsafstanden van

500 m. Het slib van de methaangisting wordt op het grasland gebruikt als meststof. Hierdoor bedraagt de werkelijke bemesting met kunstmeststikstof slechts 160 kg per ha. Een gedetailleerde berekening is in bijlage 19 uitgevoerd. Daaruit blijkt dat voor de teelt en oogst van gras in geval van methaangasproduktie 2,3 MJ per kg droge stof aan energie verbruikt wordt, ofwel 29 460 MJ per ha. Bij een netto gasproduktie van 11,2 MJ per kg droge stof (zie berekening voor krachtvoer (38) rest er na de aftrek van de voor de grasproduktie benodigde energie 8,9 MJ per kg droge stof ofwel 112 140 MJ per ha.

Wanneer nu het krachtvoer energetisch gewaardeerd wordt tegen 16 MJ per kg en het geproduceerde gras en kuilvoer tegen 112 140 MJ per ha, stijgt het energieverbruik per kg geproduceerde melk aanzienlijk. Wanneer situatie 1 (tabel 4 en 8) op deze wijze herberekend wordt, bedraagt het energieverbruik 16 MJ per kg geproduceerde melk (Voor de ruwvoerproduktie is dan alleen energie berekend voor de verdere verwerking van ruwvoer zoals voeropslag en voeren; strooisel is berekend à 13 MJ per kg). Deze sterke stijging is voor het grootste deel veroorzaakt omdat bij methaangaswinning op grasland een behoorlijk netto energieproduktie mogelijk is (aan aardgasequivalent ca. 3200 m³ per ha). Het gras als grondstof voor de melkproduktie wordt energetisch hoog gewaardeerd. Bij de produktie van alcohol uit graan (69, 70) is zoals reeds vermeld de energetische waardering van het graan lager als gevolg van de geringere netto energieproduktie.

5.2. Stikstof

Wordt de voor stikstofbinding benodigde energie niet op 60 MJ per kg stikstof maar op 80 MJ per kg gesteld zoals in een eerdere publikatie gebeurde (58), dan bedraagt het energieverbruik in situatie 1 niet 7,4 MJ per kg melk, maar 8 MJ per kg melk.

6. ENERGIEPRODUCTIE OP MELKVEEBEDRIJVEN

6.1. Melkwarmte

In situatie 16 (hoofdstuk 4.2.) werd reeds aandacht besteed aan het terugwinnen van energie uit melkwarmte met een warmtepomp. Hiermee kan netto ca. 0,15 MJ per kg melk aan energie geproduceerd worden (51). Niet in alle situaties kan deze energie overigens ook volledig verbruikt worden.

6.2. Methaangaswinning

Een andere mogelijkheid van energieproductie is de winning van methaangas uit drijfmest. Volgens van Velsen (72, 73) kan per m³ drijfmest met 8 % droge stof ca. 18 m³ biogas geproduceerd worden. Als een vergisting van de in de mest aanwezige organische stof van 85 % gerealiseerd zou kunnen worden zou per m³ mest ca. 35 m³ biogas geproduceerd kunnen worden. Poelma (72) geeft aan dat voor een installatie die in de winters gebruikt wordt ca. 30 % van het geproduceerde gas nodig is om de gistingstank te verwarmen. De netto biogasproductie bedraagt dan ca. 12 m³ per m³ mest met een verbrandingswarmte van 23 MJ per m³ biogas. Aangenomen is dat bij gaswinning gedurende het gehele jaar 13 m³ per m³ mest geproduceerd kan worden vanwege de hogere temperaturen in de zomer. Voor de bouw van een gistingsinstallatie voor ca. 80 grootvee-eenheden is bij benadering 350 000 MJ nodig. Dit geeft een jaarlijks verbruik (7 %) van ca. 25 000 MJ. Als uitgegaan wordt van de in tabel 6 gegeven mestproducties, is voor een aantal van de situaties uit de tabel 4 en 5 een energieproductie uit drijfmest mogelijk als weergegeven is in tabel 10.

Tabel 10 Netto biogasproductie uit drijfmest in MJ per kg melk

Situatie/ Situation	Energieproductie/ Energy production
1	0,5
2	0,5
5	0,5
9	0,7
10	0,8
13	1,1
14	1,2
20	0,8
21	ca. 0,7

Table 10 Nett methane production from slurry in MJ per kg milk

Bij 's nachts opstallen en zomerstalvoeding wordt de installatie ook in de zomer volop benut. Het is in de zomer een probleem om het geproduceerde gas ook zinvol te gebruiken. In de winter kan bij deze bedrijfsgrootte bij een voldoende grote gasopslag of "energiebuffer" het gas gedeeltelijk of geheel gebruikt worden voor de verwarming van de woning. Dit houdt overigens zeker niet in dat biogasproductie in deze situatie ook rendabel is. Hiervoor is een economische benadering nodig en moeten de resultaten van de lopende praktijkproeven worden afgewacht.

6.3. Wind- en zonne-energie

In enkele publikaties (onder andere 74) wordt aangegeven dat in het westen van Nederland waar de gemiddelde windsnelheid meer dan 5 m per seconde bedraagt opwekking van electriciteit met windturbines momenteel rendabel is. Er wordt als voorwaarde gesteld dat een flink deel van de opgewekte electriciteit op het eigen bedrijf gebruikt kan worden en het overschot tegen een redelijke vergoeding aan een electriciteitsbedrijf geleverd kan worden. Een turbine met een diameter van 10 m zou in het westen per jaar ca. 25 000 kWh aan electriciteit kunnen leveren. Wanneer rekening

gehouden wordt met de opwekkingsverliezen in de centrale zou hiermee ca. 275 000 MJ aan primaire energie bespaard worden, ofwel 1 MJ per kg melk in situatie 1.

Lange (75) verwacht bij de benutting van zonne-energie voor de verwarming van water een energie-opbrengst van ca. 475 kWh of 1 710 MJ per m² collectoroppervlak. Bij 10 m² collectoroppervlak in situatie 1 (dit is bij benadering nodig voor de warmwatervoorziening) zou dit een energieproduktie van 0,06 MJ per kg geproduceerde melk betekenen.

6.4. Warmteterugwinning uit stallucht

Behalve melk, vlees en mest produceert melkvee ook nog warmte. Wanneer uitgegaan wordt van een melkproduktie van 6 000 kg en een gemiddelde droge-stofopname van ca. 17 kg per melkkoe inclusief jongvee (13) gedurende de stalperiode (situatie 1, tabel 4 en 7), wordt de bruto energie-opname per koe per dag à 18 MJ per kg ds ca. 300 MJ. De verdeling hiervan over de verschillende "produktierichtingen" is ongeveer als volgt (76).

- Faeces	30 %
- Methaan	7 %
- Urine	4 %
- Melk en vlees	17 %
- Warmte	42 %

Van de opgenomen energie wordt bij melkvee ca. 40 % afgegeven als voelbare of latente (waterdamp) warmte; dit is ca. 120 MJ per dier per dag. Met een warmtepomp is in een geïsoleerde stal een deel van deze warmte terug te winnen in de vorm van bijvoorbeeld water van 40 à 50° C. Hiervoor is wel een goed werkende warmtepomp nodig. Als aangenomen wordt dat in een matig geïsoleerde stal de helft van de geproduceerde warmte via wanden, vloeren en dak ontwijkt is in januari bij een gemiddelde buitentemperatuur van 1,7° C nog ca. 25 % (30 MJ) van de geproduceerde warmte

"terug te winnen" (bij een ventilatie van 100 m³ per koe per uur en afkoeling van de ventilatielucht tot ca. 7° C na passage van de warmtepomp). Wel is ook voor de aandrijving van de warmtepomp energie nodig. De "energiewinst" is vooral bij een slecht werkende elektrische warmtepomp (verliezen in de centrale) niet erg groot. Hoewel er nog problemen met vervuiling en corrosie zijn, worden deze warmtepompen in Denemarken en Duitsland reeds op een aantal bedrijven gebruikt (77). Men berekende daar, afhankelijk van de uitgangspunten, een "warmtewinst" van 15-20 MJ per koe per staldag (exclusief jongvee en lagere melkproduktie) (78, 81, 89). Ook uit mest en urine zou middels een warmtepomp nog een deel van de in de mestopslag via omzettingen geproduceerde warmte zijn terug te winnen. De investeringen zijn dan echter vanwege de benodigde leidingen hoger. Overigens kan ook aan de buitenlucht warmte onttrokken worden. Het energieverbruik van de warmtepomp is dan echter vanwege de lagere temperatuur hoger.

6.5. Totaal te produceren energie

Afgezien van de energie in de melk (ca. 3 MJ per kg) zou in situatie 1 uit melk, mest en op stal geproduceerde warmte dus nog een aanzienlijke "energieproduktie" mogelijk zijn. De "energieconsumptie" bedraagt 7,4 MJ per kg melk. Daarnaast is op melkveebedrijven ook uit zon en wind nog bruikbare energie te produceren. Of al deze geproduceerde energie ook te benutten is moet echter voorlopig sterk betwijfeld worden, nog afgezien van de rentabiliteit. Hoewel de energiebehoefte van het bedrijf door bijvoorbeeld berekening, ruwvoeropslag in een torensilo, methaangaswinning (verwarmen gistingstank), na-drogen van hooi, drogen van vers gras tot voordroogkuil, bij slecht weer uitpersen van vers gras (81) of combina-

ties hiervan wel op te voeren is, moet betwijfeld worden of dit momenteel in veel gevallen in de bedrijfssituatie valt in te passen en/of rendabel is. Het gebruik van biogas als brandstof voor tractoren en dergelijke heeft nog veel bezwaren. Aan de energiebehoefte voor verwarming van een bij het bedrijf geplaatste woning is zelfs bij een gemiddeld verbruik (zie ook (15) van 5 000 m³ aardgasequivalent (ongerekend ca. 8 000 m³ biogas) per soning in situatie 1 voor 75 % via de vergisting van mest te voldoen. Dit geldt op voorwaarde dat het geproduceerde gas door een voldoende grote opslagcapaciteit (als gas of als warm water) ook werkelijk benut kan worden.

Een mogelijkheid is de levering van energie aan derden. Door electriciteitsopwekking met behulp van windenergie en uit biogas zou potentieel een vrij constante hoeveelheid electriciteit aan het openbare net geleverd kunnen worden. Dit heeft echter nog wel enkele bezwaren terwijl ook de te ontvangen prijs nog niet erg gunstig is (zie onder andere 83). De levering van biogas aan derden (in hogedrukflessen of als leidinggas) levert nog vele problemen op. Een praktische mogelijkheid is wel de afzet van de mest aan derden ten behoeve van methaangaswinning. De transportafstanden nemen dan echter toe.

7. DISCUSSIE

De berekeningen hebben uitsluitend betrekking op een energetische analyse. De benodigde arbeid en de economische kant van de diverse bedrijfsopzetten zijn niet in de beschouwingen betrokken. Dit houdt dan ook in dat een bedrijfsopzet met een laag energieverbruik in economisch opzicht en uit een oogpunt van arbeidsverbruik minder gewenst kan zijn. Daarnaast moet bedacht worden dat niet meer dan een benadering van het werkelijke energiegebruik gegeven is. Voor bijvoorbeeld stikstofbinding worden in de literatuur uiteenlopende waarden voor de benodigde energie vermeld. Ook ten aanzien van de berekeningsmethodiek van de energie-inhoud van bijvoorbeeld krachtvoer is discussie mogelijk (4). De energie voor menselijke arbeid (ca. 12 MJ per mandag), ontwatering en aantrekken van vreemd kapitaal is niet gerekend.

Zoals uit tabel 8 bleek is het energieverbruik per kg melk inclusief omzet en aanwas 7,4 MJ per kg melk in de uitgangssituatie. Dit betreft een modern melkveebedrijf van 25 ha met een stikstofbemesting van 400 kg per ha. In andere bestaande bedrijfssituaties liep het verbruik uiteen van 6,8 MJ per kg melk bij een stikstofbemesting van 250 kg per ha en verbouw van snijmais (situatie 7) tot 8,8 MJ per kg melk bij zomerstalvoeding en beperkt ruwvoer in de winter (situatie 14). Ook 's nachts opstallen vraagt meer energie. Bij een benadering van het gemiddelde bedrijf in Nederland in 1978 (bedrijven groter dan 10 ha) bleek het verbruik 9,5 MJ per kg melk te zijn (situatie 21). Dit hogere verbruik wordt onder andere veroorzaakt door meer krachtvoer en jongvee per koe en een kleiner aantal koeien.

Craumer (79) berekende voor moderne melkveebedrijven in de VS en voor een groep bedrijven die nog paarden gebruiken

in plaats van trekkers en in hoofdzaak een organische bemesting toepasten, het energieverbruik per kg melk. Voor moderne bedrijven met meer dan 60 koeien bedroeg het verbruik ca. 8,5 MJ per kg melk, op bedrijven met 20-29 koeien ca. 10 MJ per kg melk. Op de bedrijven met paarden en vooral organische bemesting (tevens vlinderbloemigen) was het ca. 5 MJ per kg melk. De melkproduktie per ha was op deze bedrijven echter soms aanmerkelijk lager dan op de moderne. In andere publikaties wordt voor de VS (10) en Engeland (14) een energieverbruik van 7,3 respectievelijk 7,6 MJ per kg melk genoemd. Voor Engeland wordt daarbij een stikstofbemesting van ca. 100 kg per ha vermeld voor het jaar 1970.

Door Oltenaau (in 87) werd voor verschillende gebieden in de VS het energieverbruik per kg melk berekend. Dit liep uiteen van 8,2 MJ per kg melk op bedrijven met gemiddeld 54 melkkoeien en een produktie van 4 070 kg per koe in het noordoosten tot 4,9 MJ per kg melk op bedrijven met 218 koeien en een melkproduktie van 6 010 kg per koe in Californië. Bijprodukten maakten in Californië slechts 13 % van de totaal verstrekte verteerbare energie uit. Voor de teelt van bijprodukten werd geen energie gerekend.

De energiekosten van medio 1980 van 7,6 cent per kg melk bedragen in de uitgangssituatie 1 bij de prijsverhoudingen ca. 10 % van de bruto opbrengst per kg melk (inclusief omzet en aanwas). In 1978 was dit gemiddeld in Nederland ca. 13 %. Hiermee is het aandeel van de energiekosten in de melkveehouderij iets hoger dan in de akkerbouw waar voor gewassen als suikerbieten, aardappelen en tarwe bij benadering een aandeel van 5 à 10 % is te berekenen (zie onder andere bijlage 16 en (18)). Het is echter veel lager dan in de glastuinbouw waar het aandeel van de ener-

giekosten na de recente stijging van de energieprijs de 25 % benadert (80).

Zoals uit tabel 9 blijkt, is een zeer groot deel van de benodigde energie nodig ten behoeve van de teelt, het transport en de verdere bewerkingen van krachtvoer. Van de totale energiebehoefte van 13 MJ per kg krachtvoer is ca. 35 % nodig voor de teelt van de grondstoffen en ca. 40 % voor het drogen van de natte componenten in het krachtvoer, in het bijzonder bietenpulp en citruspulp. Naast krachtvoer vragen ook de binding van luchtstikstof en de benodigde electriciteit en dieselolie nogal wat energie. Het directe energieverbruik op de boerderij in de vorm van electriciteit en dieselolie vormt inclusief de opwekkings- en raffinageverliezen ca. 15 % van het totale energieverbruik. Bij de prijsverhoudingen van eind 1980 maken energiekosten ca. 25 % uit van de krachtvoerprijs en ca. 50 % van de stikstofprijs. Bedrijfseconomisch gezien maken de kosten die gemaakt worden voor de voedervoorziening (ruwvoer en krachtvoer) een groot deel uit van de totale kosten. Bij de energiebehoefte is het aandeel van de voedervoorziening nog veel groter omdat arbeid (en kapitaal) zeer weinig fossiele energie vragen.

Door het toepassen van energiebesparende maatregelen bij de melkwinning in de vorm van een voorcoeler en een warmtepomp (situatie 16) kan op het elektriciteitsverbruik meer dan 50 % bespaard worden. Ook het verminderen van de krachtvoergift door de teelt van voederbieten en vervangen van een deel van de gedroogde bietenpulp door perspulp met 20 % droge stof vermindert het energieverbruik (situatie 16 en 17). Wanneer door toepassing van klaver in situatie 18 (250 kg N) weer een met 400 kg N vergelijkbaar opbrengstniveau bereikt zou kunnen worden, daalt het energieverbruik met 0,3 MJ per kg melk. Afgezien van problemen met het in stand houden van een goed

klaverbestand in flink met stikstof bemest grasland is dit gelijke opbrengstniveau overigens niet waarschijnlijk omdat vlinderbloemigen voor het vastleggen van luchtstikstof ook een deel van de vastgelegde zonne-energie benutten. Het vervangen van citruspulp en bietenpulp in krachtvoer door produkten die minder energie vragen bij het drogen (bijvoorbeeld granen) (situatie 19) vermindert het energieverbruik met 0,4 MJ per kg melk. Bij sterk verhoogde aardgasprijzen in de VS is het denkbaar dat deze bijprodukten meer in natte vorm gevoerd worden op geringe afstand van de fabriek waar de hoofdprodukten verwerkt worden. De bijprodukten zouden zelfs voor de produktie van proces-energie benut kunnen worden (zie onder andere 67).

Overigens zijn bij het drogen potentieel nog belangrijke energiebesparingen mogelijk (88, 90). Damborg (81) geeft energiebesparingen tot 50 % bij het drogen van luzerne door eerst een belangrijk deel van het vocht uit te persen met behulp van een schroefpers. Dit proces dat onder andere in Frankrijk reeds toegepast wordt, levert bij gras vermoedelijk meer problemen op. In Zweden werd een procedé ontwikkeld voor het drogen van papierpulp dat meer dan 50 % energie bespaard (82). Het drogen van weipoeder dat 11 MJ per kg vraagt, vraagt na indikken via omgekeerde osmos (64) aanmerkelijk minder energie. Wanneer het krachtvoer voor 50 % vervangen wordt door op het bedrijf geteelde tarwe (situatie 20) daalt het verbruik nog slechts met 0,2 MJ per kg melk. Deze nog kleine daling wordt verklaard doordat de transportenergie vervalst (bijlage 11) en omdat de ha-opbrengsten van tarwe in Nederland relatief hoog zijn (bijlage 15) in vergelijking met bijvoorbeeld de VS.

Zoals uit de situaties 16 tot en met 20 blijkt is het energieverbruik door het

toepassen van allerlei energiebesparende maatregelen te verlagen tot 4,2 MJ per kg melk in situatie 20, ofwel een daling van ruim 40 % in vergelijking met situatie 1. De energie-opbrengst in melk (ruim 3 MJ per kg bij 4 % vet) en vlees bedraagt ca. 3,2 MJ per kg geproduceerde melk. Dit zegt niets omtrent de economische verhoudingen.

Door bij 's nachts opstallen vers gras of snijmais bij te voeren is de stijging van het energieverbruik ten opzichte van dag en nacht weidegang (situatie 1) geringer dan bij het bijvoeren van uitsluitend krachtvoer in situatie 10 (zie ook 4.3.1.). Bij 's nachts opstallen wordt er meer mest geproduceerd (meer stikstof en biogas). Als bij 's nachts opstallen en bijvoeren van uitsluitend krachtvoer het energiegehalte van het krachtvoer daalt tot 9,1 MJ per kg is er geen verschil meer met dag- en nacht-weidegang. Door perspulp te voeren is dit gemakkelijk te realiseren. Ook een mengkuil van snijmais en voederbieten biedt mogelijk perspectief.

Ruwvoeropslag in een torensilo en berekening doen het energieverbruik stijgen (zie 4.3.2. en 4.3.3.). Het energieverbruik daalt met 17 MJ per kg krachtvoer dat vervangen wordt door vers van de fabriek teruggeleverde wei. (4.3.4.) Bij het vervangen van een hoeveelheid krachtvoer van 400 kg per koe door 500 kg kunstmatig gedroogde grasbrok stijgt het energieverbruik met 0,5 MJ per kg geproduceerde melk (4.3.5.).

Wanneer het energieverbruik per kg melk berekend wordt door geen rekening te houden met de energie voor de teelt van krachtvoer (omdat bijvoorbeeld de bijprodukten geen energie zouden vragen bij de teelt), daalt het energieverbruik tot ca. 6,2 MJ per kg melk in situatie 1 (5.1.1.). Wordt er rekening mee gehouden dat uit ruwvoer en krachtvoer via methaangisting energie gewonnen kan worden, dan zou het energieverbruik per

kg geproduceerde melk in situatie 1 ca. 16 MJ bedragen (5.1.2.).

Door warmteterugwinning uit melk, uit door het vee op stal geproduceerde warmte en vergisting van de op stal geproduceerde mest is voor situatie 1 naast de in de melk vastgelegde energie nog een belangrijke energieproduktie mogelijk. Daarnaast kunnen uit zonne-energie en wind-energie, afhankelijk van het oppervlak van de zonnecollectoren en de grootte van de windmolen, nog belangrijke hoeveelheden warmte en electriciteit vastgelegd worden. De benutting van deze energieproduktie op het bedrijf zelf is echter nog een probleem.

In het voorgaande is zoals reeds vermeld aan de arbeidskundige kant van diverse bedrijfsopzetten geen aandacht besteed. In situatie 13 bij zomerstalvoeding is voor het voeren van vers gras in de zomer meer arbeid nodig dan in situatie 1 bij dag en nacht weidegang. Ook buiten het bedrijf is meer arbeid nodig, bijvoorbeeld voor de teelt en bewerking van het extra krachtvoer en de fabricage van machines. Ook de melkproduktie neemt toe. In hoeverre het arbeidsverbruik per kg geproduceerde melk verandert is daarmee nog de vraag. Bij de teelt van voederbieten is ook meer arbeid nodig dan bij mais (53). Ook zijn voederbieten een gewas dat aan de grond hogere eisen stelt dan bijvoorbeeld mais en gras. In de praktijk wordt de keuze voor een gewas door vele factoren bepaald.

De Wit (84, 85, 86) geeft aan dat energie (directe en indirecte energie) en arbeid (direct en indirect) elkaar kunnen vervangen. Volgens hem zou bij hogere prijzen voor energie en een lagere beloning voor arbeid de opbrengst per eenheid energie toenemen. Bij hogere opbrengsten per ha met een betere benutting van de ingezette machines en de gegeven stikstof en daarnaast een beperkte toename van het arbeidsverbruik

per ha (zowel op het bedrijf zelf als in de toeleverende en afnemende sectoren), zou per eenheid produkt minder energie verbruikt worden. Een te vergaande vervanging van energie door arbeid kan echter leiden tot lagere produkties per ha en daarmee tot een groot gebrek aan (goed) land.

Voor een melkveebedrijf zou het voorgaande bijvoorbeeld kunnen betekenen : werken op bekwaam land, een betere graslandverzorging en -benutting, een goede verdeling van kunstmest, drijfmest en spuitmiddel, de produktie van goed ruwvoer, combinatie van werkzaamheden, aanpassing van het vermogen en toerental van de trekker aan het gevraagde vermogen, goed machine-onderhoud, veel aandacht voor de veeverzorging en melk-kwaliteit; zaken die ook in economisch opzicht reeds van groot belang zijn. Dat een zorgvuldig gebruik van de beschikbare grond van groot belang is, blijkt bijvoorbeeld uit het feit dat tot de komst van de kunstmeststikstof de graanteelt in de VS voor een belangrijk deel steunde op de bij de afbraak van grote hoeveelheden humus vrijkomende stikstof (93). Ook in Nederland komt bij de afbraak van humus op diep ontwaterde veengronden per jaar per ha 100-200 kg stikstof vrij.

8. SAMENVATTING

In een studie is op basis van literatuurgegevens en een aantal aannamen geprobeerd een benadering te geven van het energieverbruik in de melkveehouderij. Het betreft zowel het directe energieverbruik op de boerderij in de vorm van dieselolie en electriciteit als het indirecte energieverbruik voor de productie van krachtvoer, meststoffen, machines, gebouwen en diensten als KI, dierenarts, boekhouding en dergelijke. Gezien de verschillen in resultaten waartoe in de literatuur vermelde berekeningen van het energieverbruik soms leiden, is het van groot belang deze te zien tegen de achtergrond van de uitgangspunten die gehanteerd zijn. Dit geldt uiteraard ook voor deze studie.

Uitgangspunt is geweest een bedrijf met een oppervlakte van 25 ha, een gemiddelde perceelsafstand van 500 m, dag en nacht weidegang voor melkvee en jongvee, een stikstofbemesting van 400 kg per ha, 9 kg droge stof uit voordroogkuil als ruwvoer, een krachtvoergift van 1615 kg per koe, een melkproduktie van 6 000 kg per koe per jaar en huisvesting in een ligboxenstal met doorloopmelkstal.

In deze situatie was de verdeling van het energieverbruik over de verschillende bedrijfsonderdelen als volgt (in procenten).

Voeropslag (plastic, beton)	1
Diensten (dierenarts, boekhouding, KI, etc.)	3
Gebouwen, erfverharding, kavelwegen	5
Trekker, werktuigen, melkmachine	5
Dieselolie (inclusief raffinage en motorolie)	6
Electriciteit (inclusief opwekkingsverliezen)	9
Kunstmest (vrijwel uitsluitend stikstof)	23
Krachtvoer	48

Het energieverbruik per kg melk (inclusief omzet en aanwas) is voor deze situatie berekend op 7,4 MJ (dit is ca. 1770 kcal per kg melk). Het aandeel van het directe energieverbruik (dieselolie en electriciteit, inclusief opwekkings- en raffinageverliezen) is 15 % van het totale verbruik. Het hoge energieverbruik voor krachtvoer (13 MJ per kg) is behalve voor de teelt van de componenten (4,7 MJ per kg) nodig voor transport (2 MJ per kg; import) drogen (5,2 MJ per kg; vooral citruspulp en bietenpulp) en pelleren (1 MJ per kg). Uitgaande van prijzen f 0,75 per l dieselolie, f 0,20 per kWh electriciteit en 0,9 cent per MJ indirecte energie (een schatting van het prijspeil medio 1980) zijn de energiekosten 7,6 cent per kg melk, oftewel ca. 10 % van de opbrengsten (inclusief omzet en aanwas) per kg melk. Bij de prijzen van 1980 bestaan de prijzen van stikstof en krachtvoer respectievelijk voor ca. 50 en 25 % uit energiekosten.

Ook voor een aantal andere bedrijfs-situaties is het energieverbruik door-gerekend. Dit is in tabel A vermeld in MJ per kg melk en in verhoudingsgetallen ten opzichte van uitgangssituatie 1. Tevens is het bij het betreffende be-drijfssysteem behorende aantal koeien vermeld.

Er is ook geprobeerd het energie-verbruik op het gemiddelde Nederlandse melkveebedrijf met een oppervlakte van meer dan 10 ha te benaderen. Voor het jaar 1978 werd 9,5 MJ per kg melk be-rekend (23 % meer dan in situatie 1; onder andere vanwege minder melk en meer krachtvoer per koe, meer jongvee en een geringer aantal koeien). De energiekosten bedragen dan ca. 13 % van de opbrengsten.

Uitgaande van situatie 7 (250 kg stikstof en snijmais), is berekend wat het effect is van steeds verdergaande

Tabel A Energieverbruik in MJ per kg melk en in verhoudingsgetallen ten opzichten van
uitgangssituatie 1

Situatie	Verandering	Aantal koeien	Energie- verbruik	Verhoudings- getallen
1	(25 ha, 6000 kg melk, 400 kg N, graskuil, ds 9 kg per koe per staldag, 1615 kg krachtvoer)	47	7,4	100
2	beperkt ruwvoer in de stalperiode	52	8,2	111
3	ruwvoer stalperiode voor de helft snijmais	47	7,3	99
4	vergroting bedrijfsoppervlakte tot 50 ha	93	7,1	96
5	stikstof 250 kg per ha in plaats van 400	41	7,0	95
6	stikstof 250 kg + beperkt ruwvoer in de winter	46	7,8	105
7	stikstof 250 kg + snijmais in de winter	42	6,8	92
8	melk 5000 kg per koe per jaar	49	7,8	105
9	melk 4000 kg per koe per jaar	51	8,3	112
10	's nachts opstallen met bijvoeren van krachtvoer	51	7,7	104
11	's nachts opstallen + beperkt ruwvoer	57	8,4	114
12	's nachts opstallen + snijmais in de stalperiode	51	7,4	100
13	zomerstalvoeding van vers gras	55	8,1	110
14	zomerstalvoeding + beperkt ruwvoer	62	8,8	119
15	zomerstalvoeding + snijmais	55	7,8	105
21	Nederland in 1978 (bedrijven groter dan 10 ha)	41	9,5	128

Tabel B Energieverbruik in MJ per kg melk en in verhoudingsgetallen ten opzichte van situatie 1

Situatie	Verandering	Aantal koeien	Energieverbruik	Verhoudingsgetallen
1	(400 kg N, 100 % voordroogkuil)	47	7,4	100
7	250 kg N, helft ruwvoer als snijmais	42	6,8	92
16	warmtepomp en voorkoeler bij de melkwinning	42	6,5	88
	(bietenpulp in krachtvoer voor de helft als perspulp)	42	6,2	84
17	krachtvoer in meelvorm	42	6,1	82
	(4 kg ds per koe per staldag uit voederbieten zelf geteeld)	40	5,1	69
18	door introductie van klaver in het grasland een met 400 kg N per ha vergelijkbaar opbrengstniveau	44	4,8	65
19	's nachts opstallen + snijmais; de bij het drogen veel energie vragende citruspulp en bietenpulp worden niet meer opgenomen in krachtvoer	43	4,4	60
20	het krachtvoer wordt voor de helft vervangen door op het bedrijf geteelde tarwe	37	4,2	57

energiebesparende maatregelen. Deze effecten zijn gecumuleerd. In situatie 20 van het overzicht in tabel B wordt de sterkste energiebesparing bereikt. Overigens zijn hierbij enkele veronderstellingen gebruikt waarvan twijfelachtig is of ze in werkelijkheid gerealiseerd kunnen worden. Dit betreft in het bijzonder de aanname dat door introductie van klaver in het grasbestand naast een stikstofbemesting met 250 kg per ha een grasopbrengst bereikt kan worden, die vergelijkbaar is met 400 kg stikstof. De resultaten zijn in tabel B weergegeven. In situatie 20 wordt ten opzichte van de Ausgangssituatie een energiebesparing van 40 % bereikt.

Het energieverbruik kan ook op andere manieren veranderen. Bij inkuilen van ruwvoer in een torensilo en bij berekening stijgt het energieverbruik. Wanneer bij 's nachts opstallen in plaats van krachtvoer perspulp, vers gras of snijmais bijgevoerd wordt, stijgt het energieverbruik minder. Wanneer het krachtvoer vervangen wordt door vers van de fabriek geleverde wei is minder energie nodig. Vervanging van 400 kg krachtvoer door 500 kg gedroogde grasbrok (op het bedrijf verbouwd) geeft een hoger energieverbruik. Ook verbeteringen bij de droogtechniek of bij de binding van stikstof uit de lucht kunnen tot besparingen op het (indirecte) energieverbruik leiden. Een wijziging van de prijsverhouding zou ertoe kunnen leiden dat minder citrus- of bietenpulp in krachtvoer opgenomen wordt en meer granen. Daardoor wordt ook het energieverbruik per kg krachtvoer verlaagd.

Uit het voorgaande blijkt dat het bedrijfssysteem een belangrijke invloed heeft op het energieverbruik. Bedrijfs-economisch gezien worden veel kosten gemaakt voor de voederverzorging. Het aandeel van de voederverzorging in de totale energiebehoefte is zelfs nog belangrijker.

Wanneer in een alternatieve berekeningswijze geen energie gerekend wordt voor de teelt van krachtvoer (in de veronderstelling dat voor de teelt van bij- en afvalprodukten geen energie nodig is), is het energieverbruik in situatie 1 slechts 6,2 MJ per kg melk. Wordt er daarentegen van uitgegaan dat uit ruwvoer (vers gras) en krachtvoer in een gistingproces biogas gewonnen kan worden, dan kan voor situatie 1 een energieverbruik van 16 MJ per kg melk berekend worden.

Door vergisting van mest tot biogas en terugwinning van warmte met warmtepompen uit melk en stallucht is op de boerderij een niet onbelangrijke produktie van bruikbare energie mogelijk. Daarnaast is uiteraard uit wind en zon nog warmte en/of electriciteit te winnen. Tenzij een deel van de geproduceerde energie aan derden geleverd wordt (als electriciteit en gas) is een zinvolle benutting van al deze geproduceerde energie echter nog problematisch, in het bijzonder op grote bedrijven.

In hoeverre de hiervoor berekende varianten in een bepaalde bedrijfssituatie ingepast kunnen worden en of dit ook rendabel is moet overigens van geval tot geval bekeken worden. Er is uitsluitend op energiebasis gerekend. Daarnaast zijn andere factoren, zoals de benodigde arbeid en de prijsverhoudingen van groot belang. Ook de grondsoort (voederbieten, klaver, luzerne) en de gemiddelde temperatuur (snijmais) zijn uiteraard belangrijk. Overigens is een aantal punten zoals een goede graslandverzorging, maaien met scherpe messen, een goede verdeling van drijfmest, stikstof en spuitmiddel, de produktie van goed ruwvoer, combinatie van werkzaamheden, aanpassing van het toerental van de trekker aan het gevraagde vermogen, goed machine-onderhoud, veel aandacht voor veeverzorging (onder andere voeren) en

melkkwaliteit niet alleen uit energietisch maar ook uit economisch oogpunt van groot belang.

8. SUMMARY

In a study an effort has been made to give an approximation of energy consumption in dairy farming on the basis of data from literature and on the basis of a number of assumptions. The study deals not only with direct energy consumption on the farm (diesel oil and electricity), but also with indirect energy consumption (needed for the production of concentrates, fertilizers, machinery, buildings and for services such as A.I., veterinary care, bookkeeping, etc.). As the outcomes of energy consumption calculations in literature vary occasionally, they should be viewed against the background of their starting-points. Of course the same is true for the present study.

The starting-point for this study was a 25 ha-farm with an average plot distance of 500 m, night and day grazing of dairy cows and young stock in summer, nitrogen applications of 400 kg per ha, 9 kg dry matter per cow per day from wilted grass silage in winter, 1 615 kg concentrates per cow per year, annual milk yields of 6 000 kg per cow, housing in free stalls and milking in a parlour. In this situation, the distribution of energy use was follows (in %).

Fodder storage (plastic, concrete)	1
Services (veterinary surgeon, book-keeper, A.I., etc.)	3
Buildings (including surfacing of the yard, farm roads)	5
Tractor, implements, milking machine	5
Diesel oil (including refinery losses and motor oil)	6
Electricity (including generating losses)	9
Fertilizer (almost exclusively nitrogen)	23
Concentrates	48

In this situation with 47 dairy cows the total energy consumption per kg milk (including cattle output) was 7,4 MJ (i.e. ca. 1 770 kcal) per kg milk. Direct energy consumption (diesel oil and electricity, including refining and generating losses) is 15 % of total energy consumption. Much energy is needed for making concentrates (13 MJ per kg) : for growing components (4,7 MJ per kg), transport (2 MJ per kg; import), drying (5,2 MJ, in particular citrus and beet pulp) and pelleting (1 MJ per kg). On the basis of the following prices : diesel oil Hfl. 0,75 per l; electricity : Hfl. 0,20 per kWh; indirect energy : 0,9 cents per MJ (estimated costs in mid-1980), the energy costs are 7,6 cents per kg milk, i.e. ca. 10 % of the gross returns (including cattle output) per kg milk. In 1980 nitrogen and concentrate prices consisted of ca. 50 % and 25 % energy costs.

The energy consumption in a number of other management situations has been calculated as well. In table A this is expressed in MJ per kg milk and in ratios of situation 1 (the starting situation). The table also gives the number of cows in the management situation in question.

It has also been tried to make an approximation of energy consumption on the average Dutch dairy farm that is larger than 10 ha. For 1978 the outcome was 9,5 MJ per kg milk (28 % more than in situation 1 due to, inter alia, lower milk yields and higher concentrate rations per cow, more young stock and fewer cows). In that year the energy costs were ca. 13 % of returns.

Situation 7 (250 kg nitrogen + fodder maize) has been taken as the basis for calculating the effects of progressive energy saving measures. These effects have been cumulated.

Table A Energy consumption in MJ per kg milk and in ratios of situation 1

Situation	Change	Number of cows	Energy consumption	Ratios
1	(25 ha, 6 000 kg milk, 400 kg nitrogen, grass silage, 9 kg DM per cow per day in winter, 1 615 kg concentrates)	47	7.4	100
2	restricted roughage during house feeding period	52	8.2	111
3	half of the roughage supplied in winter is maize silage	47	7.3	99
4	expansion of farm size to 50 ha	93	7.1	96
5	250 kg nitrogen per ha instead of 400 kg	41	7.0	95
6	250 kg nitrogen + restricted roughage in winter	46	7.8	105
7	250 kg nitrogen + maize silage in winter	42	6.8	92
8	5 000 kg milk per cow per year	49	7.8	105
9	4 000 kg milk per cow per year	51	8.3	112
10	cows housed and given concentrate supplement at night in summer	51	7.7	104
11	cows housed at night in summer + restricted roughage in winter	57	8.4	114
12	cows housed at night in summer + maize silage in winter	51	7.4	100
13	zero grazing + supply of fresh grass	55	8.1	110
14	zero grazing + restricted roughage in winter	62	8.8	119
15	zero grazing + fodder maize	55	7.8	105
21	The Netherlands in 1980 (farms larger than 10 ha)	41	9.5	128

Table B Energy consumption in MJ per kg milk and in ratios compared with situation 1

Situation	Change	Number of cows	Energy consumption	Ratios
1	(400 kg nitrogen, 100 % wilted silage)	47	7.4	100
7	250 kg N, half the roughage supplied is maize silage	42	6.8	92
16	heat pump and precooler attached to milking machine; (half of the beet pulp in concentrate is supplied as pressed pulp)	42 42	6.5 6.2	88 84
17	concentrate (meal) (4 kg DM per cow per house feeding day from home-grown fodder beet)	42 40	6.1 5.1	82 69
18	output comparable with 400 kg nitrogen per ha after introduction of clover in grassland	44	4.8	65
19	cows housed at night + maize silage; drying citrus and beet pulp requires much energy. Therefore these are no longer used as concentrates components	43	4.4	60
20	half of the concentrate is substituted by home-grown wheat	37	4.2	57

Energy savings are largest in situation 20 (table B). For that matter, these calculations are based on some assumptions of doubtful feasibility. It is in particular doubtful whether the effect of the introduction of clover into grassland in addition to the application of 250 kg nitrogen will be comparable with the effect of 400 kg per ha. The outcomes are shown in table B. In situation 20, energy savings of 40 % are achieved compared with situation 1.

Energy consumption can also be reduced in other ways. More energy is required for ensiling roughage in tower silos and for irrigation. If cows that are housed at night are given a supplement of pressed pulp, fresh grass or maize silage instead of concentrates, the rise in energy consumption is not so steep. When whey supplied fresh from the factory is used as a substitute for concentrates, less energy is required. Substitution of 400 kg concentrates by 500 kg (home-produced) dried grass pellets results in a higher energy consumption, also improvements in drying techniques or in fixation of nitrogen from the air may lead to savings in (indirect) energy consumption. A shift in price relationships could lead to a reduction in the amount of citrus of beet pulp that is incorporated into the concentrate in favour of more grains. This, too, reduces energy consumption per kg concentrates.

This shows that the management system plays a major role in energy consumption. Feed costs are a major item on the expenses account of a farm. The share of feed in the total energy requirement is even larger.

In an alternative calculation which does not take the cost of growing concentrates into account (on the supposition that production of residual and waste products does not require energy),

energy consumption in situation 1 is only 6.2 MJ per kg milk. If the possibility of extracting biogas from roughage (fresh grass) and concentrates through fermentation is taken into account the energy consumption in situation 1 is 16 MJ per kg milk.

By fermentation of manure (biogas) and the use of heat pumps for recycling heat from milk and spent air from the cowhouse it is possible to produce a quite substantial quantity of useful energy on the farm. In addition, wind power and solar heat may also be utilized for generating heat and/or electricity. Effective utilization of these energy sources is still a problem, in particular on large farms, unless part of the produced energy (electricity and gas) is supplied to third parties.

It must be examined for each individual farm to what extent these variants are suitable for a particular management situation and whether they are profitable. These calculations are based on energy consumption only, but other factors, such as labour requirement and price relationships are also very important. Of course soil type (fodder beet, clover, lucerne) and average temperature (maize) play a role as well. For that matter, a number of items are important not only with an eye to energy conservation, but also for economic reasons, such as proper grassland management, the use of sharp mowers, proper distribution of slurry, nitrogen and sprays, the production of good roughage, combination of activities, adjusting the engine speed of the tractor to the required power, proper maintenance of machinery much attention to care of the animals (e.g. feeding) and milk quality.

9. LITERATUUR

1. Landbouwcijfers 1975 en 1979.
LEI, Den Haag.
2. Lange, J.M. : De energiehuishouding
in de Nederlandse landbouw.
Publikatie 12, IMAG, Wageningen.
3. Algemene energieraad : Klein
Vademecum voor energie. Staats-
uitgeverij, Den Haag, 1980.
4. Lange, J.M. : In omstreden land-
bouw, Aula 635, 1978.
5. Wilson, P.M. en TDA Brigstocke :
Energy usage in British agricul-
ture, a review of future prospects.
Agricultural Systems 5, 1980.
6. Energy and food : An ASAE Public
Policy Issues Report, Agricultural
engineering, 60, 1, 1979.
7. Deleage, J.P., e.a. : Eco-energetics
analysis of an agricultural system :
the French case in 1970, Agro-eco-
systems 5, 1979.
8. Cobarg, C.C. : Zonne-energie voor
iedereen, De Muiderkring B.V.,
Bussum, 1978.
9. Energy and power, Scientific
American Book, San Francisco, 1971.
10. Fluck, R.C. : Energy productivity :
a measure of energy utilisation
in agricultural systems, Agricul-
tural Systems 4, 1979.
11. Dekkers, W.A., J.M. Lange en C.T.
Wit : Energy production and use
in Dutch agriculture, Neth. J. of
agric. Sci, 22, 1974.
12. Pimentel, D. e.a. : Food production
and the energy crisis. Science,
vol. 182, 1973.
13. Wieling, H. e.a. : Normen voor
de voedervoorziening. Rapport 57,
Proefstation voor de Rundveehou-
derij, Lelystad, 1977.
14. Leach, G. : Energy and food pro-
duction. IPC Science and Technology
Press Limited, Guilford, Surrey,
1976.
15. Over, J.A. en A.C. Sjoerdsma :
Energy Conservation : ways and
means. Publikatie 19, Stichting
Toekomstbeeld en Techniek, Den
Haag, 1974.
16. Hoenderken, J.A. : Het brandstof-
verbruik bij trekkers. Landbouw-
mechanisatie 27, 1976, 7.
17. Handboek voor de Rundveehouderij.
Proefstation voor de Rundveehou-
derij, Lelystad, 1977.
18. Kwantitatieve Akkerbouwinformatie
1975-1976 en 1979-1980. Proefsta-
tion voor de Akkerbouw, Lelystad.
19. Taaktijden voor de landbouw deel
I en II. ILR, Wageningen, 1973.
20. Murcier, J.R. : Energie et Agri-
culture, Editions Debard, Paris,
1977.
21. Lokeretz, W. : Agriculture and
energy, Academic Press, New York,
1977.
22. Sluysmans, C.F.M. e.a. : De mest-
en gierverspreiding op landbouw-
grond in de EG. Informatie over
de landbouw nr. 47, EEG, Brussel,
1978.
23. Keuning, J.A. : Geilbossen in het
grasland. PR 1979, Jaarverslag,
Proefstation voor de Rundveehou-
derij, Lelystad.
24. Den Hartog, L.A. : Frequentie,
oorzaken en gevolgen van urine-
brandplekken. Intern rapport D 6,
LBNM, Den Haag.
25. Kemp, A. e.a. : The crude protein
production of grassland and the
utilization by milking cows.
Neth. J. of agric sci, 27 (1979).
26. Bosch, S. : Stikstofbemesting en
meeropbrengst van gras. Stikstof,
oktober 1965.
27. Green, M. : The energy balance
of pesticide use. Biologist,
1979, 26, no. 3.
28. Goodler, B.G. e.a. : Sunflower oil-
an emergency fuel ?. Agricultural
engineering, March, 1980.

29. Strehler, A. : Topagrar 5, 1977.
30. Lettinga, G. : LH-Wageningen afdeling Watervoorziening, persoonlijke mededeling.
31. Baader, W., E. Dohme, M. Brenndörfer : Biogas in theorie und Praxis, KTBL-schrift 229, 1978, Darmstadt.
32. Landbouwcijfers 1976, LEI, Den Haag.
33. Produktschap voor Veevoer, Den Haag. Jaarverslag 1978.
34. Cronewitz, Th. : Wege zur rationellen Energieverwendung in der Zuckerindustrie. Zuckerindustrie 105, 1980, 2.
35. Le betteravier français. Juin 1978.
36. Volgens opgave van CPC Nederland.
37. Bijsterveld van, Q.P.M. : Factoren die van invloed zijn op de kosten van het kunstmatig drogen van groenvoedergewassen. Publikatie 279, IBVL, Wageningen, 1975.
38. Lahore, R. and B. Croke : Energetics of stockfeed production, Animal feed science and technology, 3, 1978.
39. Baltjes, J. e.a. : Enige aspecten van besparing van energie en water in de zuivelindustrie. Mededeling M 13, NIZO, Ede, 1979.
40. Leidekker, J.L. : in : Verslag van de Studiebijeenkomst beton in de land- en tuinbouw. Vereniging van betonmortelfabrikanten in Nederland, publikatie 21, 1979.
41. de Vos, W.J. e.a. : Materialenkeuze in relatie tot grondstoffen en energieverbruik. Blauwdrukken 3179, Bouwcentrum Rotterdam, 1979.
42. Werkgroep Bedrijfssynthese Staltypen : Bedrijfsomvang en staltype. Publikatie IMAG, Wageningen (nog te verschijnen).
43. Huisvesting en verzorging van jongvee, IMAG-publikatie 112, 1979.
44. Spoorenberg, H.A.J.M. en C.P. van Rijsbergen : Electricische belasting en electriciteitsverbruik van melkveebedrijven met 25-200 koeien. Landbouwmeechanisatie, 27, 1976, 9.
45. Ubbels, J. e.a. : Energiebesparing bij koelen van melk en het verwarmen van water op de boerderij. Mededeling M 14, NIZO, Ede, 1979.
46. Pimentel D. and M. Pimentel : Food, energy and society, Edward Arnold publishers, Londen, 1979.
47. Bedrijfsuitkomsten in de landbouw, publikatie 3.87, LEI, Den Haag.
48. Boer, de, P.B. e.a. : Statistische informatie over de rundvee- en schapenhouderij in Nederland. Proefstation voor de Rundveehouderij, Lelystad, 1979.
49. Hoeven, v.d. E. : Overcapaciteit in de Nederlandse electriciteitsopwekking. Economisch Statistische Berichten, 25-6-1980.
50. Bouman, S. e.a. : Beproeving van twee warmtepompsystemen. Rapport R III, NIZO, Ede, 1980.
51. Energiebesparing en -terugwinning bij de melkwinning. Rapport 27, IMAG, Wageningen, 1980.
52. Overvest, J. : Inkuilen van perspulp, een nieuw produkt. Waiboerhoeve 1978, publ. 14, Proefstation voor de Rundveehouderij, Lelystad.
53. Van der Straten, H. : Voederbieten in bedrijfsverband. Rapport 68, Proefstation voor de Rundveehouderij, Lelystad, 1980.
54. Nauta, R.S. : Landbouwkundige produktie in Nederland bij natuurlijke stikstofvoorziening. Mededelingen Landbouwhogeschool 79-18, Wageningen, 1979.
55. Terrante, H. de : Prijsvorming en inkoop van energie in Nederland. Polytechnisch tijdschrift/Processtechniek, 36, 6, 1980.
56. Muiswinkel, C.O.A. van : Unie van kunstmestfabrieken, Utrecht, persoonlijke mededeling.

57. Gool, W. van : Energie-analyse van electrochemische processen. Polytechnisch tijdschrift/Proces-techniek, 35, 4, 1980.
58. Snijders, P.J.M. : Energieverbruik op melkveebedrijven. PR 1979. Proefstation voor de Rundveehouderij, Lelystad, 1979.
59. Sittig, M. : Fertilizer industry, processes, pollution control and energy conservation. Noyes Data Corporation, Park Ridge New Jersey, 1979.
60. Boxem, Tj. : Milchvieh nachts aufstallen, Top Agrar, augustus 1979.
61. Hijink, J.W.F. : Snijmais bijvoeren aan koeien in de weideperiode. Publikatie 12, Proefstation voor de Rundveehouderij, Lelystad, 1978.
62. Bosma, A.H. : Pneumatisch transport van ruwvoer bij het vullen van torensilo's. Publikatie 94, IMAG, Wageningen, 1978.
63. Doornbos, J. e.a. : Berekening op melkveebedrijven. Rapport 53, Proefstation voor de Rundveehouderij, Lelystad, 1977.
64. Boltjes, J. e.a. : Enige aspecten van de besparing van energie en water in de zuivelindustrie. Mededeling M 13, NIZO, Ede, 1979.
65. Matthews, M.E. : Advances in whey processing, ultrafiltration en reverse osmosis. Clarke, N.H. : Energy conservation in whey processing. Friend, B. e.a. : Whey fermentation. Alle in New Zealand J. of Dairy Science and Technology, vol 14, 2, 1979.
66. Koning, K. de en J. Voermans : Stro als energiebron. Landbouw-mechanisatie 31, juni 1980.
67. Lebeault, M. : La methanisation des pulpes betteraves. Le betteravier français, Octobre 1979.
68. Brown, L.R. : Food or fuel : new competition for the world's crop-land. Worldwatch paper 35, Washington, 1980.
69. Milton, L.D. e.a. : Gasohol economic feasibility study. Energy Research and Development Center, Univ. of Nebraska, Lincoln, USA.
70. Hopkinson, C.S. and J.W. Day : Net energy analysis of alcohol production from sugarcane, Science, vol 207, January 1980.
71. Ladisch, M. K. Dijck : Dehydration of ethanol, new approach gives positive energy balance, Science, vol 205, August 1979.
72. Poelma, H.R. : Perspectieven voor methaangaswinning op een melkveebedrijf met 200 gve. Landbouwmecanisatie, 30, juni 1979.
73. Velsen, A.F.M. van, G. Lettinga, D. den Ottolander : Anaerobic digestion of piggery waste 3, Influence of temperature. Neth. J. of Agric. Sci. 27, 1979.
74. den Boer, J.H. : Electriciteitsopwekking met kleine windturbines rendabel. De Ingenieur, februari, 1980.
75. Lange, J.M. : Zonne-energie als hulpmiddel bij de tapwaterverwarming. Publikatie 132, IMAG, Wageningen, 1980.
76. Honing, Y. v.d. : Verwerking van energie door de herkauwer. In "Hoorn"-dag, IVVO "Hoorn", Lelystad, 1977.
77. Rude, M. v. und H. Parbs : Stalklimatisierung durch Wärmepumpen. Landtechnik 1, 1978.
78. Dohne, E. van : Energiefragen in der Landwirtschaft, Landtechnik 11, 1977.
79. Craumer, P.R. : Farm productivity and energy efficiency in amish and modern dairying. Agriculture and environment, 4, 1978/1979.
80. Landbouw-Economisch Bericht 1979, LEI, Den Haag.

81. Mårtensson, Energiudvinding og energiebesparende foranstaltninger i landbruget. Seminar 1977 (SBI-Landbrugsbuggeri 54, Statens Byggeforskningsinstitut 1978 Denemarken).
82. Anon : Drogen van pulp met stoom. Polytechnisch tijdschrift/Proces-techniek, 35, 5, 1980.
83. Smith, E.R. : Reserve, parallel-bedrijf en teruglevering. Polytechnisch Tijdschrift/Procestech-niek, 35, 2, 1980.
84. Wit, C.T. de : The efficient use of labour, land and energy. Agricultural Systems 3, 1980, 279-287.
85. Wit, C.T. de : Substitution of labour and energy in agriculture and options for growth. Meth. J. of Agric Sci, 23, 1975.
86. Wit, C.T. de and H.D.J. van Heemst : Aspects of agricultural resources. In Chemical Engineering in an changing world, Ed. W.T. Koetsier Elsevier Scientific Publishing Company, Amsterdam, 1976.
87. Pimentel, D. : Handbook of energy utilization in agriculture. CRC Press, Boca Raton, Florida, 1980.
88. Hawley, C., J. Black and E. Grulke : Ethanol for gasohol : Production and economics. Feed-stuffs, March, 1981.
89. Anon. : Energie in der Landwirt-schaft. ABTL-NW, Heft 21, Düssel-dorf, 1980.
90. Mogensen, S.N. and M. Israelsen : Low energy drying systems for green crops. Proceedings 2nd Green Cop Drying Congress, Saskatoon, Canada, 1978.
91. Horrying, J. : Methode van kost-prijfsberekening in de landbouw. Ten Kate, Emmen, 1948.
92. Beumer, H. : Energieverbruik en mogelijkheden tot energiebesparing in de mengvoerindustrie : een oriën-tatie. Rapport 80-145, Instituut voor Graan, Meel en Brood TNO, Wageningen, 1980.
93. Aldrich, S.R. : Nitrogen in re-lation to food, environment and energy. Special Publication 61, Agric. Exp. Station, Urbana, 1980.

Bijlage 1a Samenvatting gebruikte eenheden en berekende energie-coëfficiënten

1 joule = 1 Newton meter = 0,239 cal (1 cal = 4,18 J.)

1 megajoule (MJ) = 10^6 joule = 239 kcal

1 kWh = 3,6 MJ

1 kWh inclusief opwekkingsverliezen en transport = 11 MJ (rendement 33 %)

1 m³ aardgas = 35,2 MJ

1 kg dieselolie = 44,5 MJ (dichtheid 0,85)

1 kg dieselolie inclusief raffinageverliezen en motorolie = 53 MJ

1 kg LPG = 48 MJ (dichtheid 0,55)

Bijlage 1b Enkele in het rapport gebruikte kengetallen met betrekking tot het energieverbruik

(Voor uitgangspunten zie literatuur en overige bijlagen)

1 kg krachtvoer	13	MJ
waarvan voor teelt	4,7	MJ
drogen	5,2	MJ
transport	2	MJ
pelleteeren	1	MJ
1 kg N	60	MJ
1 kg K ₂ O	9	MJ
1 kg P ₂ O ₅	14	MJ
1 kg herbiciden, pesticiden	101	MJ
1 kg machines	85	MJ
1 m ² gebouwen	1600	MJ (16 m ² per koe + jongvee bij 40-60 koeien)
1 m ² kavelweg (beton)	285	MJ
1 kg polyethyleen	99	MJ
1 trekkeruur (trekkerproduktie + onderhoud) :		
trekker 37,5 kW	31	MJ
trekker 45 kW	35	MJ
1 m ³ drijfmest uitrijden	30-45	MJ
(drijfmestproduktie in m ³ per gve per jaar :		
winter : 10		
zomer : 's nachts opstallen : 6,25		
zomerstalvoedering : 12,5)		

voederwinning (zonder meststoffen, bemesting en graslandverzorging)

1 ha voordroogkuil à 2600 kg droge stof bruto	2260 MJ
1 ha snijmais à 12800 kg droge stof bruto	10710 MJ
1 ha voederbieten à 13500 kg droge stof bruto	9760 MJ
1 ha wintertarwe à 5500 kg korrel en 4500 kg stro	10360 MJ

voeropslag

5500 kg tarwekorrel drogen en opslaan	2750 MJ
1 ton droge stof ruwvoer opslaan } beton	80 MJ
} plastic	160 MJ

drogen wei tot poeder : 14 MJ per kg poeder

drogen gras (direct + indirecte energie) :

82 % : 16,8 MJ

73 % : 11,4 MJ

68 % : 9,8 MJ

Bijlage 2. Gemiddelde situatie Nederland
1978 (raming).

De kengetallen voor de gemiddelde situatie in Nederland betreffen bedrijven met meer dan 10 ha grond en zijn geschat met behulp van :

- Landbouwcijfers 1979 (1).
- Bedrijfsuitkomsten in de Landbouw (47).
- Statistische informatie over de rundvee- en schapenhouderij in Nederland (48).

Er is van uitgegaan dat aan ruwvoer-aankopen en weidegeld f 175,- per koe uitgegeven wordt. Het energieverbruik voor de teelt van snijmais bedraagt bij bemesting met kunstmeststikstof ca. 32000 MJ/ha (bijlage 8). Als uitgegaan wordt van een aankoopprijs van f 4000 per ha, zou het energieverbruik 8 MJ per gulden bedragen. Er is gedaan alsof alle aangekochte voer uit snijmais bestaat en aangenomen dat per koe voor aangekocht voer $8 \times 175 = 1400$ MJ aan indirecte energie verbruikt wordt.

Er is verder van uitgegaan dat vanwege een minder goede verkaveling de snijmais geteeld wordt op een afstand van 1500 m van de gebouwen in plaats van de tot dusver gehanteerde perceelsafstand van 500 m.

Dit leidt tot extra verbruik aan directe resp. indirecte energie van ca. 1250 en 4000 MJ per ha mais bij de oogst en het uitrijden van mest.

Ook wordt nog ca. 20 % van het grasland of wel ca. 4 ha gemaaid voor verse veevoeding. Hiervoor is gerekend met een energieverbruik van 1000 MJ per ha aan directe energie en 800 MJ aan indirecte energie.

Voor het uitrijden van drijfmest is gerekend met een mestproduktie van 12,5 m³ per gve (gedeeltelijk 's nachts opstallen en zomervoeding).

De resultaten zijn samengevat als situatie 21 in tabel 4.

Bijlage 3 Taaktijden bij verschillende werkzaamheden en het daarbij benodigde vermogen

Activiteit	Werkbreedte in m wageninhoud in m ³ of ton	Gift of op- brengst in tonnen/ha	Werksnel- heid in km/uur	Perceels- grootte (ha)	Taaktijd in uren per ha 1)	Verbruikt ver- mogen in kW 2)
Maaien cirkelmaaier	1,5 m		8	2	1,8	20
	2,0 m		8	4	1,4	22,5
Schudden	3 m		8	2	1,1	10
	5 m		8	4	0,7	12,5
Wiersen	3,5 m		6	2	1,1	10
	3,5		6	4	1,0	12,5
<u>Inkuilen</u> opraapwagen	1,5 ton	5,6 ton	5	2	3,6	12,5 ; 10
Gresvork, 2 man	2,2 ton	5,6 ton	5	4	2,8	15 ; 10
Hooien opraapwagen blazen	0,8 ton	3,5 ton	6	2	2,6	10
Slepen	4 m		8	2	0,9	10
<u>Stikstofstrooien</u> uit silo	0,6 ton	0,3 ton	6	2	0,8	10
	0,6 ton	0,3 ton	6	4	0,7	12,5
<u>Mengmestrijder</u>	3 ton	20 ton	6	2	3,1	20
	5 ton	20 ton	6	4	2,0	22,5
<u>Inzaaien</u> : ploegen	0,8 m		6	4	3,8	40
frezen	1,25m		2	2	7,0	45
zaaien	2,4 m		6	2	1,7	10
sputten	12 m		6		0,9	10
<u>Bossen</u> maaien					1,0	15
Inkuilen en torensilo met 1 opraapwagen via doseerbak	2,2 ton		5	4	2,8	15
<u>Zomerstalvoeding</u> :						
Maaien, daarna laden en in handwerk verdelen	2 ton; 1,5 m	14 ton	6	2	1,2 mu/vracht	15
Maaien en voeren met opraapdoeraerw.	2 ton; 2 m	14 ton	6	2	0,6 mu/vracht	20
<u>Snijmais</u> : zaaien	4,5 m		5	3	1,6	12,5
Oogst met 3-rijige hakselaar met naastrijden de kipwagen 4 personen waarvan 1 vastrijden	6 ton; 2,25m	50 ton	5	3	9	oogst 120 (80 % van 150) transport 20 vastrijden 12,5
Voeren/kuilvoersnijder		20 kg/koe			0,58 min/koe/dag	10

1) De taaktijd is vermenigvuldigd met 0,85 voor rest- en storingstoeslag.

2) Brandstofverbruik 0,25 kg dieselolie per kW. De energieinhoud van dieselolie is gesteld op 44,5 MJ/kg. (Energy Conservation, Ways and Means, Stichting toekomst beeld der techniek, publikatie 19, 1974). Dit is verhoogd met 13 % voor raffinageverliezen en 6 % voor verbruik van smeerolie e.d.. Totaal 53 MJ per kg dieselolie en smeerolie per verbruik kW gedeeltelijk uit beproevingsrapporten IMAG, gedeeltelijk geschat. Dit afgenomen vermogen is lager dan het bij de eigenlijke bewerking verbruikt vermogen vanwege transport-tijd, keren, aan- en afloop e.d. Ook is gerekend met een aan het afgenomen vermogen aangepast toerental : in de praktijk kan het afgenomen vermogen wel 20 % hoger uitkomen.

Tabel 4 Het energieverbruik bij de produktie van machines en werktuigen en het verbruik per verbruiksuur (inclusief de energie-behoefte voor onderhoud)

Machine/werktuig	Gewicht in kg 1)	Levensduur in uren 2)	Energie voor produktie en onderhoud in MJ 3)	Energieverbruik per gebruiksuur in MJ
Tractor 45 kW (60 pk)	2500	6000	212500	35
Tractor 37,5 kW (50 pk)	2200	6000	187000	31
Cirkelmaaier 1,65 m	400	600	31000	57
2,15 m	500	600	42500	71
Schudder 3 m	230	600	19550	33
5 m	400	600	34000	57
Hark 3,50 m	400	500	34000	68
Opraapwagen 1500 kg	1300	800	110500	138
2200 kg	2000	800	170000	213
Opraapdoseerwagen 2200 kg	3000	800	255000	318
Kunstmeststrooier 600 kg	150	1200	12750	11
Mengmestverspreider 3 m ³	1200	3000	102000	34
5 m ³	1700	3000	144500	48
Kuilvoersnijder	300	1000	25500	26
Grasvork met afschuifbord	325	800	27625	35
Zaaimachine	400	700	34000	49
Spuit 12 m	250	1500	21250	14
Ploeg 2-schaar, wentel	600	2500	51000	20
Freese 1,25 m	400	1000	34000	34
3-rijige zelfrijdende hakselaar	6000	1500	510000	340
Doseerinstallatie	1500	1200	127500	106
Bovenlosser verdeler	1500	1500	127500	85
Aanzuigblazer	300	1000	25500	26
Regeninstallatie met haspel : onderstel	1500	5000	127500	37
250 m PVC slang	600 à 96 MJ/kg	5000	57600	
buis : aluminium	400 à 201 MJ/kg	6000	80400	13
pompinstallatie	500	6000	42500	7
cultivator	750	1500	63750	43
eg/sleep	750	1500	63750	43
kipwagen	2500	6000	212500	35
Voerbanden 40 m metaal	2000	1000	201500	202
kunststof	300 à 105			

1) In overleg met IMAG

2) Geschat met behulp van o.a. (17), (18) en (19)

3) 85 MJ/kg) (2,46) Het energieverbruik van 85 MJ per kg is mogelijk voor produktie van sommige eenvoudige machines iets te hoog. Deleage (7) berekent voor Frankrijk 75 MJ per kg. Leach (14) komt daarentegen voor een 37 kW trekker tot een hoger verbruik. Machines zijn gerekend over de gehele taaktijd omdat ze tenminste gedurende deze tijd vuil zijn.

Bijlage 5 Stikstofwerking bij het uitrijden van organische mest

Voor de stalperiode wordt gerekend met een mestproduktie van 10 m³ koe excl. jongvee. In de zomer bij zomerstalvoeding met 12,5 m³ mest per koe (uit proeven van het IVVO bij rantsoenen met vers gras valt een ca. 30 % hogere mestproduktie te berekenen in vergelijking met stalrantsoenen). Er is uitgegaan van een N-gehalte in de mest van 0,44 % (17) bij de in de winter geproduceerde mest en van 0,62 % resp. 0,54 % van in de zomer geproduceerde mest bij een N-bemesting van resp. 400 en 250 kg N per ha en bij voeren van vers gras (dit is resp. 77 en 68 kg N per koe in de zomer waarvan 51 resp. 42 kg N in urine als minerale N beschouwd kan worden). Verder is gerekend dat 1/3 van de mest in het najaar 2/3 in het voorjaar aangewend wordt. Bij 's nachts opstallen is gerekend dat de helft van de mest op stal blijft. Rekeninghoudend met het bovenstaande van de werkingsfactoren zoals die voor bouwland en grasland door Sluysman (22) genoemd worden zijn de gemiddelde werkingscoëfficiënten als volgt :

- bij aanwending op grasland :
 - wintermest 77 %
 - zomermet 400 N : 67 %
 - zomermet 250 N : 69 %

- bij aanwending op bouwland : (uitrijden in voorjaar) :

- wintermest 64 %
 - zomermet 400 N : 64 %
 - zomermet 250 N : 64 %

De in tabel 1 vermelde hoeveelheden "werkzame" N per kg drijfmest zijn afgetrokken van de kunstmesthoeveelheden. Bij de per ha aan te wenden hoeveelheden drijfmest op grasland is uitgegaan van 20 m³ per ha per keer. In het voorjaar te beweiden grasland moet in het najaar bemest worden. Verder kunnen alle te maaien percelen bemest worden. Ook bij zomerstalvoeding is uitgegaan van 20 m³ per ha per keer. Snijmais wordt bemest met 70 m³ per ha.

Tabel 1 Werkzame stikstof in drijfmest (kg/m³)

Omweidings- systeem	Grasland		Bouwland	
	400 N	200 N	400 N	250 N
04	3,4	3,4	2,8	2,8
B4	3,7	3,5	3,2	3,0
1	3,8	3,6	3,4	3,2

Bijlage 6 Energieverbruik bij het uitrij-
den van mengmest.

De gift is gesteld op 20 ton per ha per keer op grasland en 70 ton per ha snijmais.

In sommige situaties bestaat een mestoverschot. De overtollige mest wordt eerst over een afstand van 20 km getransporteerd en daarna uitgereden met tank van 8 m³ en giften van 40 m³ per ha op percelen van 4 ha. Bij dit extra transport is gerekend met een energieverbruik dat is afgerond op 4 MJ per ton km (waarvan 60 % voor brandstof en 40 % voor voertuigproductie,

wegen e.d.; afgeleid van een persoonlijke mededeling van W. Smit, TNO. Tevens zijn gegevens gebruikt van het zuiveltransport in Nederland bij tankwagens die volbeladen 8,5 ton melk transporteren).

Bij afvoer van mest worden tevens mineralen afgevoerd en de daarin gebonden energie. Per m³ is gerekend met 3 kg N, 3 kg K₂O en 2 kg P₂O₅ of te wel een energie inhoud van $3 \times 60 + 3 \times 9 + 2 \times 14 = 235$ MJ afgevoerde energie is op de energiebehoefte voor kunstmestproductie in mindering gebracht.

Tabel 1 Energieverbruik bij uitrijden van mengmest (MJ/ton)

	Direct	Indirect	Totaal
<u>Grasland</u>			
2 ha-percelen tank 3 m ³	35	10	45
4 ha-percelen tank 5 m ³	25	8	33
<u>Mais</u>			
70 m ³ /ha tank 5 m ³	23	7	30

Bijlage 7A Stikstofwerking van bij beweiding geproduceerde mest

In het nuvolgende is geprobeerd een schatting te maken van de stikstofwerking van de bij beweiding geproduceerde mest. Er is uitgegaan van twee kunstmeststikstofniveaus's, nl 250 kg N per ha en jaar 400 kg N per ha per jaar. Geprobeerd is de hoeveelheid kunstmeststikstof die door urine en faeces vervangen kan worden te berekenen bij het niveau van resp. 250 en 400 kg N per ha. (bij 250 kg N is het effect van 1 kg N nog groter dan bij 400 N en is dus ook meer N uit mest nodig om 1 kg kunstmeststikstof te vervangen).

Volgens Keuning (24) zijn er bij 10 uur weidegang 7 urinelozingen per koe met een gemiddelde oppervlakte van 0,75 m² per lozing. Omgerekend op 's nachts opstallen (B) en 8 uur weidegang zijn dit 5,6 lozingen met een totale oppervlakte van 4 m² per koe. Uitgaande van het dubbele aantal lozingen bij onbeperkt weiden (O) wordt dan 8,2 m² per koe per dag met urine bedekt. Er is aangenomen dat in de zomer bij weidegang 15 kg ds per dier opgenomen wordt uit vers gras inclusief bijvoeding (13). Er is gerekend dat dit rantsoen gemiddeld 22 % ruw eiwit bevat bij 400 kg N en 20 % ruw eiwit bij 250 kg N per ha (25). Bij een melkproductie van 6000 kg met 3,3% eiwit per koe per jaar en 55 % zomermelk wordt met de melk en het kalf in de zomer 18 kg N afgevoerd bij een weideperiode van 180 dagen. De rest van de opgenomen stikstof wordt met de faeces en de urine afgevoerd. Hiervan gaat 10 % verloren op wegen bij koelientransport. Er is aangenomen dat de totaal via de faeces geproduceerde N in zomer en winter gelijk is te weten 26 kg N. Handboek voor de Rundveehouderij : 6500 kg faeces in de winter met 0,4 % N. De rest van de N wordt via de urine geproduceerd. Dit komt overeen met een bemesting van 320 resp. 2 264 kg N per ha op de met urine bedekte oppervlakte bij een kunstmest van resp. 400 en 250 kg N per ha. (er van uitgaande dat geen twee urinelozin-

gen op dezelfde oppervlakte plaatsvinden . De faeces wordt volgens Keuning geproduceerd op 10 % van de oppervlakte van de urine. Dit komt overeen met een bemesting van 1597 kg N op de met faeces bedekte oppervlakte. Volgens Sluysmans (22) is de werkingsfactor van de (minerale) N in de urine 42,5 %. Hierbij is echter geen rekening gehouden met de slechte verdeling van de N. Van de N in de faeces zou het eerste jaar 50 % gemineraliseerd worden waarvan 80 % ook voor het gras beschikbaar is. Voor de in de daarna volgende jaren uit de faeces gemineraliseerde N is vanwege de herverdeling via bloten e.d. gerekend met een uit kunstmest N vergelijkbare werking.

Bosch (26) vermeldt de in tabel 1 gegeven N-effecten van 0-500 kg N per ha. Uitgaande van de N-effecten is het effect van de slechte verdeling uitgerekend, daarbij de effecten van Sluysmans (22) bij een goede verdeling als basis nemend. De resultaten zijn vermeld in tabel 2. Uit deze tabel blijkt dat bij een bemesting van 250 kg N resp. 400 kg N per ha per koe resp. 26,7 en 20,2 kg N kunstmest te vervangen door organische mest. Gerekend is dat per koe gemiddeld 25 kg kunstmest N wordt vervangen door de mest bij beweiden. Verder is er van uitgegaan dat bij de vroegere N-bemestingsproeven grasland gebruikt is waar voordien beweid werd met 2 gve per ha. Vanwege de eenvoud en omdat ruim de helft van de 25 kg N per koe in het jaar na aanwending werkt is verondersteld dat dag en nacht weiden een extra bemesting van 50 kg N tot gevolg heeft bij voornoemde veebezetting van 2 gve/ha. Dus de bemesting bij 400 kg N in de proeven heeft in werkelijkheid door de nalevering van de met beweiding geproduceerde mest in voorgaande jaren 450 kg N bedragen. Omdat bij 's nachts opstallen de helft en bij zomerstalvoeding alle organische mest in de stal gedeponeerd wordt is daarbij een veebezetting tot 2

gve/ha extra bemest met $2 \times 12,5 = 25$ en $2 \times 25 = 50$ kg N. De bemesting is dus in plaats van bijv. 400 N per ha resp. 425 in 450 kg N per ha. Bij een veebezetting boven 2 gve/ha is per gve extra de bemesting met 25 kg N, of 12,5 kg N per ha bij onbeperkt

weiden respectievelijk 's nachts opstallen. Bij 's nachts opstallen in zomerstalvoeding is de N in de op stal geproduceerde mest uiteraard op de normale wijze verrekend en gekort op de bemesting met kunstmeststikstof (zie bijlage 5).

Tabel 1 N-effecten bij verschillende N-giften

Kg N per ha per jaar	Bruto N-effect	
	in kg ds per kg N	In verhoudingsgetallen
0 - 200	18,9	100
100 - 200	15,4	82
200 - 300	11,4	60
300 - 400	7,4	39
400 - 500	3,4	18
500 - 600*	1,7	9
Boven 600*	0	0

* geschat.

Tabel 2 Produktie en werking van stikstof (kg) in urine en faeces van één koe bij dag en nacht weidegang en kunstmestniveau's van resp. 250 en 400 kg N per ha.

Bemestingsniveau	250 kg N		400 kg N	
N-opname (kg)	86		95	
Afvoer N in melk en kalf	18		18	
Verlies op wegen 10 %	7		8	
N uit mest op land	61		69	
	urine	faeces	urine	faeces
Verdeling N	38	23	46	23
N (kg) uit urine of faeces op bedekte grond (ha)	264	1597	320	1597
Werkzame N op de bedekte grond (ha)	112	639	136	639
Vervanging van kunstmest-N op bedekte grond (ha)	90	160	54	69

Bijlage 7B Energieverbruik bij veldwerk-
zaamheden.

Met behulp van de bijlages 3 en 4 is het energieverbruik bij veldwerkzaamheden ten behoeve van de winning van voordroogkuil, de teelt van mais, mengmest uitrijden e.d. berekend. Het is gesplitst naar direct en indirect verbruik (brandstof inclusief raffinageverliezen en motorolie resp. energieverbruik voor de produktie van machines, trekkers). Er is uitgegaan van perceelsafstanden van 500 m en percelen van 2 ha. Voor mais is echter gerekend met 3 ha percelen en voor het 50 ha bedrijf situatie 4) met percelen van 4 ha. De trekker heeft dan een vermogen van 50 kW in plaats van 37,5 kW bij 25 ha. In tabel 3 is het energieverbruik voor winning van voordroogkuil weergegeven.

Voor de opslag van het voer is gerekend met 4 m² gewapend beton per ton droge stof en 12 m² plastic per ton droge stof van 0,15 mm dik en een s.g. van 0.9. Bij een aangenomen energieverbruik per jaar van 6 % waarvan 5 % afschrijving en 1 % onderhoud (onderhoud vergt verhoudingsge-

wijs veel arbeid en weinig materiaal) en 340 MJ/m² voor de produktie van beton (bijlage 12) is dit een energieverbruik van 80 MJ per ton ds voor beton. Bij 99 MJ per kg voor de produktie van polyethyleen (4) is dit een jaarlijks energieverbruik van 160 MJ per ton droge stof voor plastic.

In tabel 4 is het energieverbruik voor de teelt van snijmais gegeven. Er is uitgegaan van een bruto droge-stofopbrengst van 12800 kg per ha en 8 % conserveringsverliezen en 5 % voer verliezen (13). Netto wordt door de koe 10236 kg VEM opgenomen.

Als in plaats van drijfmest met kunstmest bemest wordt gaat het indirecte energieverbruik omhoog met 12000 MJ voor N (200 kg à 60 MJ per kg) met 1080 MJ voor K₂O (120 kg à 9 MJ per kg). Verder is nog 310 MJ (waarvan 239 direct) nodig voor uitrijden. Het totale verbruik per ha stijgt dan met bijna 110 %.

Tabel 3 Energieverbruik bij winning van voordroogkuil (MJ/ha).

	Bedrijf 25 ha		Bedrijf 50 ha	
	direct	indirect	direct	indirect
Maaien	406	158	355	148
Schudden	372	211	296	193
Wiersen	124	107	141	103
Kuilen : transport	253	304	237	347
vastrijden	203	119	158	98
Totaal	1358	899	1187	889
Direct en indirect	2257		2076	

Tabel 4 Energieverbruik bij de teelt van mais in MJ per ha.

	Direct	Indirect
Ploegen	2027	248
Cultiveren	422	117
Eggen	220	125
Zaaien	211	126
Zaaizaad 120 kg à 10 MJ/kg (20)	-	1100
Sputen	152	44
2,8 kg spuitmiddel à MJ/kg (20, 27)	-	283
6 l smeerolie á 40 MJ/l	-	240
40 kg P ₂ O ₅ á 11 MJ/l	-	440
70 ton drijfmest	1610	490
Oogst hakselen, 3-rijige hakselaar	3108	782
Transport : 2 kipwagens	1036	161
Vastrijden	230	81
Totaal	9016	4237
Direct + indirect	13253	

Bijlage 8 Energieverbruik bij overige
veldwerkzaamheden.

Bloten

Na aftrek van het maaipercantage
wordt alle grasland twee keer gebloot.
Per ha per keer is aan directe energie
169 MJ nodig, indirect 88 MJ.

Stikstofstrooien en K₂O-strooien

Bij het stikstofstrooien is gerekend
met 6 keer strooien bij 400 kg N per ha en
5 keer strooien bij 250 kg N per ha. Per
keer strooien is 90 MJ nodig aan direkte
energie en 35 MJ indirect. Voorzover K₂O
gestrooid wordt is in alle gevallen met de-
zelfde energiebehoefte gerekend als per
keer N-strooien.

Bij inzaai 1 keer per 10 jaar is dit
269 MJ resp. 186 MJ per jaar geschat aan
de hand van de benodigde werkzaamheden en
de extra kosten voor plomberen e.d. à 5 MJ
per gulden kosten.

Onkruidbestrijding en emeltenbestrijding

Tegen onkruid wordt het grasland 1
op de 4 jaar bespoten met 4 kg MCP, voor
bestrijding van emelten wordt 1 keer per
10 jaar met 2 kg parathion gespoten. (op-
gave Luten, PR). Dit leidt tot een ener-
giebehoefte van 35 MJ per jaar direct en
137 MJ indirect.

Energiebehoefte grasland inzaaien

	Direct	Indirect
Ploegen	1712	217
Frezen	507	497
Eggen	183	104
Zaaïen	191	146
Spuiten	101	46
Zaaizaad 30 kg à 15 MJ		450
Spuitmiddel 4 kg MCP à 101 MJ		404
Totaal	2694 MJ	1864 MJ

Bijlage 2 Energieverbruik bij zomerstal-
voeding en voeren

Bij een melkproduktie van 6000 kg per koe is de ds-opname uit vers gras bij beweiding 15,15 kg per koe per dag, bij zomerstalvoeding 13,15 kg (13). Inclusief voerverliezen moet dan 13,5 kg ds per koe gemaaid en getransporteerd worden. Bij 62 en 55 koeien (situatie 13, 14, 15) en een ds-gehalte van het gras van 16 % is dit resp. 5230 en 4640 kg produkt per dag of 2,6 resp. 2,3 vrachten (één vracht is 2 ton). Per vracht is de taaktijd 1,15 manuur (17) waarvan 0,2 manuur voor in handwerk verdelen 0,6 manuren voor laden en transport en 0,35 manuren voor het maaien. Per vracht is $0,85 \times 0,95 = 0,8$ trekkeruur nodig (het jongvee wordt in de zomer geweid). Dit leidt tot een energieverbruik van 6,7 MJ per koe per dag aan directe energie en 5,4 aan indirecte energie.

Bij een perceelsafstand van 1500 m in plaats van 500 m stijgt het directe verbruik tot 7,8 MJ per koe per dag, het indirecte tot 6,5 MJ per dag.

Voeren

Het ruwvoer wordt 2 keer per week uitgehaald met een trekker met kuilsnijvork en in handwerk verdeeld. Dit kost aan arbeid 0,58 minuut per koe per dag bij 9 kg ds en 0,40 minuut per dag bij 6 kg ds per staldag. De trekkertijd bedraagt resp. 0,3 minuut per koe per dag en 0,2 minuut per koe per dag. (IMAG). Dit betekent een energieverbruik van 0,66 MJ resp. 0,15 MJ per koe per dag indirect. Ongerekend op melkvee inclusief jongvee (1,23 gve per melkkoe) wordt dit per dag 8,8 MJ resp. 0,55 MJ direct en 0,35 MJ resp. 0,20 MJ indirect.

Bijlage 10 Energieverbruik voor de teelt,
de bewerkingen en het transport van krachtvoer.

Teelt

Pimentel (12) berekend voor de V.S. bij de teelt van mais een fossiele energiebehoefte die ca. $\frac{1}{3}$ bedraagt van de met de korrelopbrengst geproduceerde energie. Whiton aangehaald door Wilson (5) berekende voor Engeland voor tarwe en gerst een fossiele energiebehoefte van resp. 32 % en 30 % van de energie in de korrel. Voor Nederlandse tarwe met een opbrengst van 5500 kg korrel per ha ligt dit dicht bij 25 % (zie Bijlage 16). Leach (14) berekende voor een groot aantal produkten energiebalansen. Ook Pimentel (46) berekende voor de V.S. voor o.a. citrusvruchten en sojabonen de energiebehoefte. Voor sinasappelen was veel energie nodig, voor sojabonen iets minder dan voor gras. Zoals hierna blijkt bevat krachtvoer voor rundvee in Nederland de laatste jaren vrijwel geen granen als zodanig, wel graanafvallen en andere afvalprodukten. Hier is voor de teelt van de grondstoffen voor krachtvoer een met de teelt van granen vergelijkbare energiebehoefte aangenomen. Dit is gesteld op 30 % van de bruto energie-inhoud van 15,8 MJ per kg bij de gemiddelde samenstelling ofwel 4,7 MJ per kg krachtvoer (met 87 % ds).

Wordt echter ook het stro gerekend als energie-opbrengst dan wordt de energiebehoefte lager. Uitgaande van een verbrandingswaarde voor stro van 13 MJ per kg (29) en een stro-opbrengst die ca. 75 % bedraagt van de korrelopbrengst (18) zou dan 2,9 MJ aan fossiele energie per kg krachtvoer nodig zijn (als per MJ bruto energie in korrel en stro met een gelijke energiebehoefte gerekend wordt van de teelt).

Wanneer uitsluitend energetisch gerekend wordt zou ook de verbrandingsenergie of de energie die bij methaangas vergisting of alcohol fermentatie vrijkomt als energiebehoefte voor het krachtvoer gerekend moeten worden (zie 4.1.2.). Het ge-

produceerde gas of de alcohol zou dan fossiele energiebronnen kunnen vervangen. Volgens Lettinga (30) is tot 80 % van de bestanddelen in krachtvoer vergistbaar. Zoals reeds vermeld is gerekend met 4,7 MJ per kg krachtvoer, waarbij dus alleen met de korrelopbrengst bij granen gerekend is.

Productie

De samenstelling van rundveekrachtvoer in 1976 en 1977 is volgens landbouwcijfers 1979 (tabel 366) en (32) als gegeven in tabel 1.

Van de in tabel 1 vermelde hoeveelheden wordt ca. 75 % geïmporteerd. Mede op basis van het jaarverslag 1978 van het Produktschap voor Veevoer (33) waarin de herkomst van veevoeder vermeld is wordt geschat dat 15 % van het geïmporteerde krachtvoer uit Europa komt, 40 % uit Noord-Amerika, 10 % uit Zuid-Amerika en 10 % uit Azië/Afrika.

Een belangrijk deel van de in tabel 1 vermelde krachtvoergrondstoffen is gedroogd tot het vochtpercentage van 13 % in krachtvoer. De voor het drogen benodigde energie is vermeld in tabel 2. Daar is ook de gehanteerde samenstelling vermeld.

Indirecte energie voor drogen

De indirecte energie voor drogen voor de constructie van gebouwen en machines is in het navolgende geschat.

Indirecte energiekosten bij het drogen

Volgens van Bijsterveldt (37) zijn de investeringen voor een droger met een verdampingskapaciteit van 20.000 kg water per uur die 2500 uur per jaar droogt, voor 95 % benut wordt in 12000 ton droog produkt per jaar peroduceert in 1974 als volgt :

- Gebouwen f 1.400.000,--
- Machines f 1.200.000,--

De afschrijving voor gebouwen bedraagt 10 %, voor machines 15 %. Het onder-

houd is 2 % voor gebouwen, 10 % voor de droger (f 750.000,-) en 20 % voor de persen e.d. (300.000,-) voor de overige machines is ook met 10 % gerekend. De jaarkosten (exclusief rente en verzekering) bedragen dan voor de gebouwen f 168.000,- en voor machines f 330.000,-.

Volgens Over (15) was in 1972 in de bouw het aandeel van de energiekosten 2,9 % voor de primaire metaalindustrie 17 % en voor metaalbewerkinsbedrijven 2,7 %. Voor de machines is uitgegaan van materiaalkosten van 50 % waarvan 60 % afkomstig is van de primaire metaalindustrie en 40 % van metaalbewerkingsbedrijven (overige materialen worden verwaarloosd (Vicon geeft in de Boerderij van februari 1980 voor landbouwmachines 45 % materiaalkosten waarvan 60 % walsenrijprodukten). Op basis van deze aanname kan voor machines in 1972 een energie-aandeel in de kosten van 6,2 % berekend worden. Volgens de bouwkostenindex van het CBS (in Misset Bouwkosten 1979) stegen de bouwkosten van 1972 tot 1974 met 27 %. Uit LEI-cijfers (32) werd voor dezelfde periode een stijging van de energieprijzen van 50 % afgeleid. Dit geeft voor 1974 een energie-aandeel in de bouwkosten van $1,2 \times 2,9 = 3,5$ %. De prijzen voor landbouwmachines stegen in deze periode met 20 %. Uitgaande van dezelfde stijging bij de machines voor de drogerij geeft dit voor machines in 1974 een aandeel van de energiekosten van $1,25 \times 6,2 = 7,75$ % of afgerond 8 %. Volgens LEI-cijfers 1976 (32) bedroegen de kosten voor stookolie en aardgas in oktober 1973 bijna 0,25 cent per MJ. In oktober 1974 was dit voor stookolie 0,5 cent per MJ, voor aardgas 0,27 cent per MJ. Gerekend is met gemiddeld energieprijzen van 0,25 cent per MJ in 1973 en 0,35 cent per MJ in 1974. Met behulp van bovenstaande aannames zijn bij het prijspeil 1974 voor de boven omschreven drogerij jaarlijkse energiekosten berekend van :

3,5 % van f 168.000 = f 5880 (voor gebouwen)

8 % van f 330.000 = f 26400 (voor machines)

Uitgaande van de totale indirecte energiekosten van f 32880 werd dan in 1974 aan indirecte energie 9394285 MJ verbruikt ofwel bij een produktie van 12.000 ton droog produkt 783 MJ per ton droog produkt. Omdat maar een deel van het krachtvoer gedroogd wordt is gerekend met 0,3 MJ per kg krachtvoer.

Directe + indirecte energie voor drogen

Aan directe en indirecte energie is dan in totaal nodig $4,87 + 0,3 = 5,17$ afgerond 5,2 MJ per kg krachtvoer.

Pelleteren

Volgens opgave van Graan, Meel en Brood TNO is voor het persen 50 kWh/ton nodig, voor het malen 10 kWh/ton. Per ton wordt 40 kg stoom gebruikt waarbij 12 kg water per m³ gas verdampt wordt. Dit leidt tot een verbruik van 780 MJ per ton geperst produkt. Een australisch onderzoek vermeld 735 MJ per ton (38). Omdat een deel van de grondstoffen ook voor het transport over zee reeds geperst is wordt hier gerekend met 1000 MJ per ton ofwel 1 MJ per kg krachtvoer.

Transport

Door het Nederlandse Scheepsbouwkundig Proefstation zijn de proefvaarten de in tabel 3 vermelde snelheden gemeten bij zeeschepen (voor alle schepen is 2000 pk extra gerekend voor electriciteitsopwekking en dergelijke gedurende twee keer de vaartijd. Per pk is gerekend met een verbruik van 0,16 gram olie (44,5 MJ per kg) per uur. Met behulp hiervan is het in de tabel 1 gegeven energieverbruik per ton/cm berekend waarbij uitgegaan is van een beladingsraad van 10 % en een lege retourvaart. Voor normale vaart is de snelheid met 1 km per uur verminderd.

Voor duwbotten van 7200 ton en een motorvermogen van 4000 pk met een snelheid van 11 km per uur kan een verbruik van 1 MJ per ton km berekend worden. Leach (14) vermeld een verbruik van 0,06 MJ resp 0,19 MJ per ton km bij schepen van resp. 96000 en

14000 ton. Volgens Mortimer, (aangehaald door het centrum voor energievraagstukken TNO) is het brandstofverbruik bij zeeschepen 0,42 MJ per ton km, voor kustvaarders 0,88 MJ ton km. Voor havenfaciliteiten en scheepsbouw zou 10 à 20 % extra gerekend moeten worden. Voor wegtransport werd 2,69 MJ per ton km genoemd.

Gerekend is verder met 4 MJ (15) per ton km voor wegtransport (incl. produktie van het voertuig, laden en lossen) en met 0,2 MJ per ton km voor zeetransport (schepen van 50.000 ton en met 1 MJ per ton km voor kleinere schepen op rivieren e.d.

Buiten Nederland is gerekend met een transportafstand over de weg van 300 km en over rivieren e.d. van 750 km.

Met behulp van deze gegevens en de in de tabel 4 aangegeven afstanden is het energieverbruik per ton krachtvoer voor transport berekend.

In tabel 5 is het totale energieverbruik per kg krachtvoer vermeld.

Kunstmelkpoeder

Voor de opfok van kalveren is gerekend met 20 kg kunstmelkpoeder per melkkoe (mededeling Boxem), PR). Het poeder bevat o.a. 60 % weipoeder of magere melkpoeder. Op basis van mededeling M13 van het NIZO (39) valt er te berekenen dat voor het drogen van weipoeder ca. 14 MJ per kg nodig is en voor magere melkpoeder ca. 11 MJ. Omdat voor de produktie van melk evenals voor de teelt van krachtvoer energie nodig is wordt afgerond gerekend met een energie behoefte van 15 MJ per kg kunstmelkpoeder of wel 300 MJ per melkkoe.

Tabel 1 Samenstelling rundveekrachtvoer (op basis van verbruik) in tonnen produkt en in procenten in 1976 en 1977.

	1976		1977	
	x 1000 ton	%	x 1000 ton	%
Granen	117	2,9	75	1,6
Peulvruchten	150	3,8	106	2,3
Plant aardige oliën/vetten	9	0,2	7	0,2
Luzerne/grasmeel	57	1,5	48	1,0
Tapioca	282	7,2	404	8,7
Oliehoudende zaden	56	1,4	42	0,9
Maalderijprodukten	191	4,9	269	5,8
Gedroogde aardappelvezels, bierbostel	30	0,8	38	0,8
Maisglutenvoer	718	18,3	792	17,1
Gedroogde pulp	916	23,4	872	18,8
Melasse/Vinasse	240	6,1	320	6,9
Schroot/schilfers	638	16,3	876	18,9
Gedroogde citruspulp	428	10,9	681	14,7
Mineralen	85	2,2	ca. 100	2,2
Totaal	3417	100,0	4630	100,0

Tabel 2 Energie benodigd voor drogen van krachtvoer

	in kracht- voer %	uitgangs- vochtperc.	Energie drogen grondstof (MJ/kg)		Energie drogen grondstof in MJ per kg krachtvoer
			gas	stroom	
Bietenpulp (34, 35)	20	20	10	1,1*	2,22
Citruspulp (34, 35)	15	20	10	1,1*	1,67
Maisglutenvoer (36)	15	50	2,7	0,05	0,41
Schroot/schilfers	20	?	1,26	0,04	0,26
Grasmeel/Bierbostel	2	20	11,8	1,1	0,26
(37) Aardappelvezels					
Tapioca (37)	8	75	0,6	0,05	0,05
Totale directe energie voor drogen grondstof per kg krachtvoer.					4,87 MJ/kg

* Geschat naar van Bijsterveldt (37). Bij gebruik van een total energy installatie is minder energie nodig voor electriciteitsopwekking.

Tabel 3 Vaarsnelheden en energieverbruik in MJ per tonkm

Tonnage	Diepgang in m	Snelheid in km/uur	Vermogen (pk)	MJ per tonkm
100000	vol	13,7	20500	0,12
	leeg	8,9		
60000	vol	12,2	10500	0,14
	leeg	8,0		
40000	vol	11,7	10620	0,20
	leeg	6,6		
18000	vol	9,6	8100	0,34
	leeg	6,3		

38) R. Lahore and B. Croke Energetics of Stockfeedproduction, Animal feed science and technology 3, 1978.

Tabel 4 Energieverbruik per ton krachtvoer voor weg- en watertransport in MJ rekening houdend met de herkomst/hoeveelheid van de grondstoffen

Vanaf N-Amerika	7000 km = 1220
Vanaf Z-Amerika	9000 km = 345
Vanaf Azië/Afrika	10000 km = 305
Vanaf Europa	500 km = <u>210</u>
Totaal	2240 per ton
Afgerond	2 per kg.

Tabel 5 Energieverbruik bij teelt, bewerking en transport van krachtvoer in MJ per kg.

Teelt	4,7
Droge	5,2
Pelleteren	1,0
Transport	2,0
Mineralen e.d. (geschat)	<u>0,2</u>
Totaal per kg	13,1

Bijlage 11 Energieverbruik voor gebouwen,
erfverharding en voeropslag.

Door het IMAG (40) is voor een stal met 30 en 120 koeien het materiaalverbruik voor de bouw van een ligboxenstal berekend. De energiewaarde van de materialen staat in tabel 2. Voor 30 koeien is dit een tweerijige ligboxenstal, voor 120 koeien een vierrijige met uitgebouwd melkhuis. Voor erfverharding is gerekend met betonplaten van 12 cm dik en een bewapening van 15 x 15 met een diameter van 6 mm, gestort op 30 cm zand. De resultaten zijn vermeld in tabel 1.

Bij resp. 13,4 en 11,2 m² gebouwen oppervlakte (zoals in deze studie vermeld) per koe is dit resp. 1700 en 1569 MJ per m² of wel afgerond 1600 MJ/m².

Voor beton kan per m² 285 MJ berekend worden. Rekeninghoudend met 30 cm zand als ondergrond wordt dit ca. 340 MJ/m² beton voor de opslag van ruwvoer.

Bij een oppervlakte van 4 m² gebouw per melkkoe voor jongvee boven 14 dagen (43) en een energiebehoefte van 1600 MJ/m² gebouw is per koe voor jongvee nodig 6400 MJ. Bij ca. 60 melkkoeien is voor de melkveestallen met ruimtes verder gerekend met 12 M² per koe (bij 90 koeien 10 m²/koe)(42) of wel een energiebehoefte van 19200 MJ.

Per melkkoe inclusief jongvee is dan nodig 25600 MJ. Er is gerekend met een gebruiksduur van 20 jaar en 1 % onderhoud, in totaal dus een jaarlijks energieverbruik van 6 % of wel 1536 MJ per koe per jaar, en 1344 MJ/koe bij 90 koeien. Er is gerekend met 1536 MJ per jaar behalve in situatie 24 (50 ha) waar met 1344 MJ per koe gerekend is.

Voor kavelwegen is gerekend met een lengte van 285 MJ/m² en een jaarlijks verbruik van 6 % een energieverbruik van 12825 MJ resp. 17955 MJ.

Voor erfverharding is gerekend met 150 m² voor de ontsluitingsweg en daarnaast 250 m² resp. 259 m² op de bedrijven van resp. 25 en 50 ha, totaal dus 300 m² resp. 400 m². Bij een verbruik van 6 % is dit 5130 MJ resp. 6840 MJ.

Voor een werktuigenberging is gerekend met 100 m² op het 25 ha bedrijf en 150 m² bij 50 ha en een verbruik van 50 MJ per m² per jaar.

Tabel 1 Materiaal gebruik per koe voor bedrijfsgebouwen voor 30 resp. 120 koeien

	Bedrijf met 30 koeien	Bedrijf met 120 koeien
Beton gebouw (m ³)	2,3	1,6
Beton voeropslag + erfverharding (m ³)	4,4	2,5
Hout gebouw (m ³)	0,48	0,34
IJzer gebouw (kg)	237	185
IJzer voeropslag + erfverharding (kg)	110	60
Asbestcementplaten (kg)	124	153
Kalkzandsteen mestopslag + melkhuis (kg)	1860	1575
Mortel mestopslag + melkhuis (kg)	109	92
Polyurethaan (kg)	6,3	5,3

Tabel 2 Energieverbruik per koe voor bedrijfsgebouwen voor 30 en 120 koeien exclusief jongvee (in MJ (41)).

	Bedrijf met 30 koeien	Bedrijf met 120 koeien
Beton à 4,67 MJ/kg (s.g. 2,3)	4020	2729
Hout à 27 MJ/kg (s.g. 0,7)	9072	6426
Staal à 30 MJ/kg	7110	5550
Asbestcement platen à 5,1 MJ/kg	938	780
Mortel à 1,1 MJ/kg	120	101
Kalkzandsteen à 0,84 MJ/kg	1562	1523
Polyurethaan à 190 MJ/kg	1197	1007
Zand à 0,1 MJ/kg	705	588
Totaal	20704	15975
+ 10 % uitvoering bouw	2070	1598
	22774	17573

Bijlage 12 Energieverbruik in de vorm
 van elektriciteit

Volgens Spoorenberg (44) bleek bij metingen in Brabant het elektriciteitsverbruik in het traject van 25-75 melkkoeien per bedrijf ca. 300 kWh per koe per jaar te bedragen. Waarbij het terugliep van 400 kWh bij 25 koeien ca. 200 kWh bij meer dan 75 melkkoeien. Gemiddeld was bijna 1,7 kWh/100 kg melk nodig voor de koeling. Ubbels (45) rekent met 14 kWh per m³ geproduceerde melk voor koeling en 26 kWh per m³ melk voor warm water bij elektrische boilers. Het in het Brabantse onderzoek gemeten elektriciteitsverbruik voor warmwatervoorziening lijkt ook gezien de recent nog verhoogde normen (zie de warmwatervoorziening op het melkveebedrijf CMMB, 1979 Wageningen) aan de lage kant (27 % van het totaal-verbruik). Om deze redenen is in deze studie voor de bedrijven van 25 ha gerekend met een electriciteitsver-

bruik van 350 kWh per koe per jaar bij 6000 kg melk per koe en met 325 kWh en 300 kWh bij een jaarproduktie van resp. 5000 kg melk en 4000 kg melk. Voor het bedrijf van 50 ha en 6000 kg melk is gerekend met 300 kWh per koe per jaar.

In het bovenstaande is niet het energieverbruik van de woning meegerekend. Dit bedraagt volgens Over (15) bij centrale verwarming 400 m³ aardgas en 2700 kWh aan electriciteit. Bij de gemiddelde woning bij een boerderij ligt dit mogelijk hoger. Voor de electriciteitsopwekking is gerekend met 11 MJ per kWh aan primaire energie (vanwege opwekkings- en transportverliezen van 67 %). Dit is geheel gerekend tot het directe energieverbruik.

Bijlage 13 Het energieverbruik voor de
produktie van melkinstallaties
en melkkoeltank.

Volgens opgaaf van Gascoigne zijn de gewichten van 2 x 4- en 2 x 6 visgraatmelk-stal inclusief ijzerwerk, meetglazen en voerautomaten resp. 1250 kg (in elke situatie behalve 4) en 1750 kg (situatie 4). De energiebehoefte is voor produktie en onderhoud van deze machines, is 85 MJ/kg. Voor boilers, emmers e.d. is voor 2 x 4- en visgraat gerekend met 400 resp. 600 kg. Voor ca. 60 koeien is volgens opgave van Muller gerekend met een 3000 kg melktank

met een gewicht van 500 kg met een koel-aggregaat van 350 kg. Voor 90 koeien (situatie 4) is gerekend met resp. 700 kg en 300 kg. Dit is een totaalgewicht van 2400 kg resp. 3350 kg bij 60 en 90 koeien. Een gebruiksduur van 6 jaar als gemiddeld van alle apparatuur en 85 MJ per kg leidt tot een energie verbruik van 34070 resp. 47460 MJ per jaar bij 60 en 90 koeien.

Bijlage 14 Energieverbruik voor diverse
 diensten

De kosten per koe voor verschillende diensten zijn op de volgende bedragen gesteld. Inseminatie f 35,-; melkcontrole f 30,-; en dierenarts f 50,-. Dit is inclusief klauwbekappen; bij zomerstalvoeding komt dit op f 75,-.

Voor de boekhouding is gerekend met f 1500,- per bedrijf, voor waterschapslasten contributie e.d. met f 100,-/ha bij 25 ha en f 75,-/ha bij 50 ha.

Door Callefels (15) wordt door diensten in 1972 een aandeel voor de energiekosten van 3,4 % gegeven. Uitgaande van een energieprijs van 0,25 cent per MJ in 1972 zou dit een energieverbruik van 13,6 MJ per gulden kosten betekenen. Rekening houdend met een inflatie van 70 % sinds 1972 zou dit voor 1980 een verbruik van 8 MJ per gulden betekenen. Door Leach (14) is op basis van energieverbruik in metaalbewerkingsbedrijven in Engeland (verzameld door

Chapman) gerekend met een energieverbruik van 180 MJ per pond. Rekening houdend met f 8,67 per pond sterling in 1968 en een inflatie in Nederland sindsdien van 125 % zou dit in 1980 ca. 9 MJ per gulden kosten betekenen. Smit (TNO, persoonlijke mededeling) vermeld voor onderhoudskosten van voertuigen in 1975 4,65 MJ per gulden onderhoudskosten. Uitgaande van het nationaalprodukt is het energieverbruik in Nederland in 1977 ca. 10 MJ per gulden in 1980 vermoedelijk ca. 8 MJ per gulden.

Op basis van het bovenstaande is gerekend met een geschat energieverbruik van 5 MJ per gulden voor de bovengenoemde diensten.

Dit is $175 \times 5 = 875$ MJ per koe per jaar en 2000 MJ bij 25 ha en 26250 MJ bij een oppervlakte van 50 ha.

Bijlage 15 Energiebesparende bedrijfssituaties.

In het navolgende is aan de in 4.10 beschreven stapsgewijze verlaging van het energieverbruik verder vorm gegeven.

Stap 1 (situatie 16) Electriciteit

Door Ubbels (45) wordt een gemiddeld energieverbruik van 14 kWh per m³ melk voor melkhoeveelheid aangegeven en 26 kWh per m³ melk van warm water (andere (45) vermelden waterbehoefte van 245 l (van 80 °C) per dag bij 40 koeien 345 l bij 80 koeien). Door installatie van een voorcoeler wordt 45 % op de electriciteit bij koeling bespaard (Jansma 9,45).

Bij installatie van een warmtepomp met watergekoelde condensor is er ca. 10 % hoger electriciteitsverbruik (50). Er is van uitgegaan dat het daarmee geproduceerde warme water bij een gespreid kalvende veestapel voldoende is om de behoefte te dekken (51). De totale besparing op electriciteit wordt dan $0,45 \times 14 + 26 = 32$ kWh per m³ melk of 192 kWh per koe.

Perspulp

Er wordt van uitgegaan dat 50 % van de gebruikte bietenpulp uit Nederlandse pulp bestaat die gemiddeld over een afstand van 50 km aangevoerd wordt. Deze pulp wordt als perspulp op de boerderij ingekuuld onder plastic op beton. De conserveringsverliezen bedragen 10 % (52). Er wordt per staldag ca. 5 kg perspulp aan de melkgevende koeien verstrekt met behulp van een voederdoseercontainer (gewicht ca. 300 kg).

Dit vraagt 10 minuten per dag. Uitgaande van deze gegevens wordt de energiebesparing als vermeld in tabel 1. (zie ook bijlage 11)

Stap 2 (situatie 17) Pelleteren

Gerekend is dat door het vervallen van het pelleteren (zie bijlage 11) het energieverbruik met 700 MJ/ton krachtvoer verminderd wordt per koe wordt dit dan $1,043 \times 700 = 730$ MJ per koe minder.

Voederbieten

Wanneer op het bedrijf 4 kg ds per

koe per dag aan voederbieten verbouwd moet worden kunnen nog 40,2 melkkoeien gehouden worden. De opbrengst van de bieten bedraagt 13500 kg ds per ha. Koppen en blad worden ondergeploegd (53).

De veebezetting op het met melkvee beweidde grasland wordt 2,61 melkkoeien per ha (13). Er wordt 2,57 ha snijmais verbouwd (3,5 kg ds per koe per staldag voor 202 staldagen) en 2,81 ha voederbieten. De krachtvoergift daalt tot 928 kg, inclusief jongvee 1043 kg per koe. Er is 19,6 ha grasland voor melkvee inclusief jongvee.

Aan energie wordt dus op krachtvoer : $(1600-1043) \times 11,5^* = 6406$ MJ per koe (* = zie stap 1 en 2). Wel moet uiteraard energie gespendeerd worden aan de teelt en opslag van snijmais en voederbieten (zie tabel 2).

In deze situatie wordt bemest met drijfmest. Als met kunstmest (200 kg N, 100 kg P₂O₅, 120 kg K₂O) bemest zou worden zou het energieverbruik stijgen met 14880 MJ per ha. Het totaal zou dan worden 27590 MJ per ha voor de teelt, of wel 1,9 MJ per kg ds bruto.

Opslag voederbieten : (zie bijlage 11)

Aan beton is nodig : 250 kg ds per m² beton ofwel 80 MJ per tonds. Dit betekent bij 13,5 ton ds bruto/ha 6 m² plastic per ton ds is eveneens 1080 MJ/ha.

Voeren voederbieten

Er wordt gevoerd met een voeddoseercontainer. Voor het voeren van 4 kg ds uit voederbieten per dag is gerekend met een arbeidstijd van 1,2 minuut/koe per stalperiode. Dit kost benodigd vermogen 15 kW) 203 MJ aan directe energie en $1,2 \times 57 = 68$ MJ per koe indirect.

Stap 3 Klaver

Stel dat bij 250 kg stikstof per ha en gebruik van klaver een met 400 kg zuivere stikstof/ha vergelijkbare opbrengst en gras-kwaliteit bereikt wordt (54). Het is zeer te betwijfelen of dit mogelijk is. Op het kla-

verrijke grasland in Nieuw Zeeland wordt heel weinig stikstof gebruikt. Er wordt dan 2,75 ha snijmais verbouwd en 3,1 ha voederbieten. Er is 19,2 ha grasland nodig voor 44,4 melkkoeien inclusief jongvee. Per melkoei wordt 936 kg krachtvoer gevoerd, inclusief jongvee 1041 kg. De veebezetting op het met melkvee beweidde land bedraagt 2,94 melkkoeien per ha.

Stap 4 's nachts opstallen

Ook in de zomer wordt 2 kg ds per dag uit snijmais bijgevoerd. Daardoor verandert de veebezetting. Aangenomen is dat met 2 kg ds uit snijmais en uit krachtvoer een met 3 kg ds uit gras vergelijkbare hoeveelheid energie (55 ha) opgenomen wordt. Aangenomen is dat de ds-opname uit gras hierdoor ook daalt net 3 kg ds per dier per dag of te wel met 20 % (55).

De veebezetting op het melkvee beweidde grasland wordt als gevolg van een 20 % lagere grasopname 3,68 melkkoeien per ha (13). Aangenomen is dat het extra benodigde ruwvoer in de winter in de vorm van snijmais geteeld wordt. De hoeveelheid voordroogkuil per koe per staldag daalt hierdoor tot 2,1 kg ds, de snijmais-opname is dan 5,9 kg ds per staldag. Hierdoor krijgt de koe te weinig structuur binnen. De minimum structuur eis is 5 kg ds per koe per staldag. (snijmais heeft slechts de helft van de structuurwaarde van voordroogkuil). Dit is te ondervangen door aan het jongvee voer een groot deel snijmais te voeren en de daarmee vrijkomende voordroogkuil aan melkvee te voeren. Door de extra snijmais daalt de krachtvoerbehoefte in de winter nog met 48 kg per koe.

Het krachtvoerconsumptie in de zomer gaat 1,15 kg per koe per dag omhoog, ofwel $153 \times 1,15 = 176$ kg per koe.

De totale krachtvoergift wordt nu $1054 + 167 = 1221$ kg per koe.

Er is 15,8 ha grasland nodig voor melkvee inclusief jongvee en verder 6,0 ha snijmais en 3,2 ha voederbieten.

Krachtvoersamenstelling

Er is aangenomen dat het krachtvoer geen gedroogde bietenpulp of citruspulp meer bevat. De 10 % bietenpulp wordt wel gehandhaafd. Aangenomen is de energiebehoefte voor het drogen van krachtvoer nu overeen komt met de gemiddelde behoefte van de overige produkten (zie bijlage 11). Deze bedraagt 0,98 MJ per 0,65 kg ofwel 0,29 MJ per 0,9 kg (10 % bestaat uit perspulp).

Ook wordt nog gerekend met 0,1 MJ per kg voor de drooginstallatie. Voor de perspulpverwerking e.d. is 0,3 MJ per kg krachtvoer nodig. De energie voor het drogen (inclusief perspulp) wordt dan $1,36 + 0,1 + 0,3 = 1,8$ MJ per kg krachtvoer. Door het niet pelleren werd de energiebehoefte met 0,7 MJ verminderd. De energiebehoefte per kg krachtvoer wordt dan $13 - (5,2 - 1,8) - 0,7 = 9,1$ MJ per kg.

Stap 5 Tarwe

Het krachtvoer wordt voor de helft vervangen door op het bedrijf geteelde tarwe. Het stro wordt als strooisel gebruikt.

In situatie 4 was nog 1230 kg krachtvoer nodig. Wanneer de hierin aanwezige energie voor de helft door tarwe vervangen wordt is $1230 \times 0,940 \times 0,5 = 578$ kVEM uit tarwe nodig ofwel $578/1,068 = 541$ kg tarwe per koe netto of wel $418/0,98 = 552$ kg bruto. De korrelopbrengst is 5500 kg per ha.

Op 25 ha kunnen dan nog 36,9 melkkoeien gehouden worden. Daarvoor is nodig 13,5 ha grasland 5,1 ha snijmais, 2,7 ha voederbieten en 3,7 ha tarwe. Er wordt nog 16,7 ton stro geproduceerd. Per koe is 615 kg aangekocht krachtvoer nodig. Voor het malen en mengen van de tarwe en de aanvulling met mineralen is nog 0,2 MJ per kg tarwe of 0,1 MJ per kg krachtvoer gerekend. De energiebehoefte per kg krachtvoer wordt dan $9,1 + 0,1 = 9,2$ MJ per kg krachtvoer (zie stap 4). Het geproduceerde stro is niet gerekend als energieopbrengst (in principe kunnen zowel stro als zaagsel verbrand worden).

Bij een opbrengst van 550 kg/ha wordt de energiebehoefte voor de teelt van tarwe op 3,6 MJ per kg tarwe begroot. Er is dan geen energie toegerekend aan stro (zie tabel 3).

Tabel 1 Veranderd energieverbruik bij voeding van perspulp (MJ/koe)

Besparing : droogenergie : $0,5 \times 2,22 \times 1600$	=	1776
<u>Extra energiekosten</u>		
Transport $67/20 \times 1,600 \times 0,10 \times 50 \times 4$	=	107
Plastic $0,1 \times 1,600 \times 160$	=	26
Beton $0,1 \times 1,600 \times 80$	=	13
Voeren direkt $1/6 \times 10 \times 0,25 \times 53 \times 199/42,1$	=	104
Voeren indirekt $199 \times 1/6 \times (31 + 26)/42,1$	=	45
Extra krachtvoer door conserveringsverliezen $0,1 \times 0,1 \times 12,1 \text{ MJ/kg} \times 1600$	=	45
Besparing per koe = $1776 - 489$	=	1278
Besparing per kg krachtvoer	=	0,8
Benodigde energie per kg krachtvoer (inclusief perspulp) $13 - 0,8$	=	12,2

Tabel 2 Benodigde energie voor de teelt van voederbieten ((18)) zie ook bijlage 8)

	Direct	Indirect
Ploegen	2030	250
Cultiveren	420	120
Eggen	220	130
Zaaizaad zaaien f 90 à 5 MJ/gulden	210	450
Bemesting : koppen+blad, 45 ton drijfmest en diversen		320
Sputten (5x)	760	220
Sputtmiddel		170
Oogst : rooien (3 rijige wagenrooier)	4640	1100
Transport 10 uur à 35 kW		
Totaal	8280 MJ/ha	4430 MJ/ha

Tabel 3 Energie voor de teelt van wintertarwe ((18)) in MJ

	Direct	Indirect
Ploegen	2027	248
Cultiveren	422	117
Eggen	220	125
Zaaien	211	126
Zaaizaad (130 kg)		1300
Bemesting (110 kg N)		6600
N-strooien	90	35
Sputten	760	220
Sputtmiddel (15 kg)		1515
Oogst : combinen (5 m breed; 1,2 uur/ha)	1034	894
Indirect (745 MJ/u, inclusief persen)	424	147
Transport stro/graan	398	175
Opslag/drogen 0,5 MJ/kg tarwe *	2250	500
Totaal	7836	12000
Direct + indirect	19840 MJ	

* geschat op basis van interne nota 236, 1979, LET.

Bijlage 16 Energieverbruik bij gebruik van
een torensilo

Voor situatie 4 is als alternatief uitgegaan van een silo van 23,60 m hoog met een diameter 6,85 m voor de opslag van de voordroogkuil. De gemiddelde dikte van de stalplaten bedraagt 3,5 mm. Om de silo zijn 5 ringen aangebracht van hoekstaal met een gewicht van 4,5 kg per m. De silo heeft als fundering een plaat van gewapend beton (100 kg ijzer per m³) van 50 cm dik en 7,5 m diameter terwijl 40 % van de silo's nog een paalfundering hebben van 30 palen (30 x 30 cm) van 8 m lang en 100 kg wapening per m³ beton. De kap van de silo weegt 1000 kg. Voor het s.g. van staal (geëmailleerd) is gerekend met 7,85. (gegevens IMAG). Het bovenstaande leidt tot de volgende hoeveelheden materiaal voor de silo, weergegeven in tabel 1.

Bij een jaarlijks verbruik van 6 % (5 % afschrijving en 1 % onderhoud) is dit 75466 MJ per jaar.

In situatie 4 wordt 76,9 ha gemaaid en 205 ton ds uit voordroogkuil gewonnen. Voor het vullen en lossen van de torensilo wordt gewerkt met een blazer van 30 kW een doseerbak van 3 kW.

Wanneer de blazer door de diesel-motor aangedreven wordt is hiervoor een motor van 60 kW nodig die van 90 % benut wordt. Bij de elektromotor wordt 2,5 kW benut. Bij het vullen wordt een capaciteit bereikt van 1,4 ha per uur (6,7 ton). Bij het lossen in de winter wordt 1250 kg ds per uur (Buitink, IMAG) gestort op een voerbanden die aangedreven worden door een 3 kW elektromotor. Het op basis van het bovenstaande berekende energieverbruik is in tabel 2 vermeld.

Bij opslag in sleufsilos is voor situatie 4 het energieverbruik in tabel 3 gegeven.

Bij gebruik van electromotoren is het totale energieverbruik bij opslag in torensilo's dan 83 % hoger dan bij opslag in sleufsilos en uithalen met de kuilsnijvork. Bij dieselmotoren is het verschil nog groter.

Tabel 1 Energiekosten voor bouw van een torensilo in MJ

Beton : plaat 22 m ³ (s.g. 2,3)	à 0,76 MJ/kg	38456
palen 8,5 m ³	à 0,76 MJ/kg	14350
Erfverharding (100 m ²) 15 m ³		
Wapeningsstaal 3500	à 24 MJ/kg	26220
Geëmailleerd staal silo 18040 kg	à 56 MJ/kg	1010240
Staal dak + pijpen 1500 kg	à 56 MJ/kg	<u>82000</u>
Totaal		<u>1257766</u>

Tabel 2 Energieverbruik in situatie 4 voor voederwinning, voeropslag en voeren bij voeropslag in torensilo

	Direct	Indirect
Maaien, schudden, wiersen, transport van 76,9 ha	79130	60828
Silo + beton		75466
Elektriciteit vullen blazer (107,7 uur)	35528(77059 ¹⁾)	2800(4650 ¹⁾)
Verdeler, doseerbak	5921	20571
Lossen : blazer (164 uur)	54120(117342 ¹⁾)	4264 (7078 ¹⁾)
Bovenlosser, banden	9020	47068
Plastic (100 m2)		990
	183710 MJ	211987 MJ
Totaal	395706 MJ	(595123 MJ ¹⁾)

¹⁾ in geval van aandrijving met een dieselmotor.

Tabel 3 Energieverbruik in situatie 4 voor voederwinning, voederopslag en voeren bij voeropslag in sleufsilo's in MJ

	Direct	Indirect
Maaien, schudden, inkuilen (76,9 ha)	91280	68384
Beton 205 ton ds à 80 MJ		16400
Plastic 205 ton ds à 99 MJ		20295
Voeren 92,9 melkkoeien gedurende 183 dagen	<u>13600</u>	<u>5950</u>
	104880	111009
Totaal	215889 MJ	

Bijlage 17 Energieverbruik bij berekening

Bij berekening op droogte gevoelige grond (vochthoudend vermogen van de grond 90 mm water in de wortelzone, tussen pF 2,0 en pF 4,2 en een gemiddeld vochttekort van 90 mm) is gerekend met een berekening van 130 mm (63) per jaar. Bij een bedrijfsoppervlakte van 25 ha is dit $25 \times 130 \times 10 = 32500 \text{ m}^3$ water per jaar.

Er is uitgegaan van 2 berekeningssystemen (v. Geneijgen, PR) te weten een haspelinstallatie met een capaciteit van 48 m^3 per uur en een buisinstallatie met een capaciteit van 57 m^3 per uur. Dit leidt tot 677 en 570 draaiuren per seizoen bij de beide installaties.

Bij een opvoerhoogte van 82,5 mWk is het benodigde vermogen 22 kW bij de haspel en bij de buisinstallatie bij een opvoerhoogte van 49 mWk 15 kW (zie ook vlugschrift voor de landbouw 254, 1977. Min. van Landb. en Viss.) Het geïnstalleerde vermogen is ca. 10 % hoger. Het verbruik aan directe energie is bij de haspel-installatie $677 \times 22 \times 11 = 16384 \text{ MJ}$ en bij de buisinstallatie $570 \times 15 = 94050 \text{ MJ}$.

Het indirecte gebruik is berekend met behulp van de volgende uitgangspunten.

Haspel

- 270 m polyetheen slang (ϕ 90/77; 1,6 kg)
- 1500 kg onderstel
- motor + pomp 500 kg
- 756 m ondergrondse PVC-leiding voor wateraanvoer (ϕ 125/117,6) 1,3 kg per m.

Buisinstallatie

- 280 m aluminium buis à 1 kg/m 280 kg
- motor + pomp 300 kg
- 780 m PVC-leiding (ϕ 160/150,6) à 2,2 kg per m.

De energie voor het materiaal berekeningsinstallaties is weergegeven in tabel 1.

Voor de aluminium buis en ondergrondse leiding is gerekend met jaarkosten aan afschrijving + onderhoud) energie (exclusief rentekosten) van 10 %, bij de overige onderdelen 18 %.

Dit is een jaarlijks indirect energieverbruik van 43600 MJ bij de haspelinstallatie.

Het totale energieverbruik wordt dan resp. 207430 MJ en 119320 MJ. Wordt uitgegaan van een dieselmotor dan is gerekend met een 15 % hoger geïnstalleerd vermogen. Wanneer hiervoor het direct energieverbruik berekend wordt dan is dit bij de haspel $677 \times 25 \times 0,25 \times 53 = 224260 \text{ MJ}$ (= 4978 l dieselolie); en bij de buis : $570 \times 17 \times 0,25 \times 53 = 128390 \text{ MJ}$ (= 2850 l dieselolie).

Tabel 1 Energie in materiaal berekeningsinstallatie

	Haspel	Buis
Slang à 99 MJ/kg (41)	41580 MJ	
Buis à 260 MJ/kg (41)		72800 MJ
Motor + pomp à 85 MJ/kg	42500 MJ	25500 MJ
Onderstel à 85 MJ/kg	127500 MJ	
Ondergrondse leiding	88450 MJ	154440 MJ

Bijlage 18 Kunstmatig drogen van gras

Door v. Bijsterveldt (37) wordt voor het drogen van gras uitgaande van aanvangsvochtgehalten van resp. 82,37 en 68 % een waterverdamping van 10, 9,5 en 9 liter per m³ aardgas opgegeven. Het elektriciteitsverbruik is 180 kWh/ton droog produkt. Uitgaande van 90 % ds in het droge produkt aan indirecte energie (bijlage 11) valt het volgende energieverbruik per kg gedroogd gras te berekenen. Dit is vermeld in tabel 1.

Het aandeel van energiekosten in centen per kg droog produkt is tussen haakjes vermeld. Hiervoor is gerekend met prijzen (voor de industrie, inclusief BTW) van 30 cent per m³ aardgas, 12 cent per kWh en 0,9 cent per MJ indirecte energie. Door voor te drogen van 82 % vocht naar 68 % vocht daalt het energieverbruik van 16,8 MJ per kg tot 9,8 MJ per kg. Dit is exclusief het transport van het gras (ca. 0,2 MJ/kg produkt) en het maaien.

Als in situatie 1 (tabel 4) 500 kg grasbrok 400 kg krachtvoer zou kunnen vervangen is er minder grasland voor het vee beschikbaar. Per koe is dan (zie bijlage 20) 0,036 ha nodig voor grasbrok. Het aantal koeien daalt daardoor tot 43,6 in plaats van 46,5. Er is 1,6 ha nodig voor grasbrok. Na aftrek van de organische N (bijlage 20 en tabel 5) moet voor de teelt van het gras nog ca. 360 kg N/ha gegeven worden.

Zie voor het energieverbruik per kg grasbrok tabel 2.

In vergelijking met 400 kg krachtvoer is voor 500 kg grasbrok dan $400 \times (16-13) + 100 \times 16 = 2800$ MJ extra energie nodig. Per kg geproduceerde melk is dit in situatie 1 ca. 0,5 MJ.

Tabel 1 Energieverbruik voor het drogen van gras (MJ/kg)

	<u>Uitgangsvochtgehalte in %</u>		
	82	73	68
Als aardgas	14 (12)	8,6(7,4)	7 (6)
Als elektriciteit	2(2,2)	2 (2,2)	2 (2,2)
Indirect voor installaties	0,8(0,7)	0,8(0,7)	0,8(0,7)
Totaal energie	16,8(14,9)	11,9(14,9)	9,8(8,9)

Tabel 2 Begroting benodigde energie voor telen + drogen van 1 ha grasbrok

Teelt (inclusief maaien en hakselen)	ca. 40000 MJ
Transport (gras à 23 % ds) à 0,2 MJ/kg brok	2800 MJ
Drogen (gras 23 % ds : ca. 13 MJ/kg brok)	182000 MJ
Totaal	224800 MJ/ha
	16 MJ/kg

Bijlage 19 De energie benodigd voor de teelt
van gras ten behoeve van methaan-
gaswinning

Er wordt uitgegaan van een ds-opbrengst per ha grasland van 12600 kg per ha (na aftrek van 5 % maaiverliezen) bij een bemesting van 450 kg N, 300 kg K₂O en 140 kg P₂O₅ per ha. (17) (omdat uitsluitend gemaaid wordt is het stikstofniveau 50 kg N per ha hoger dan bij maaien en weiden zie bijlage 7). Omdat deze weer voor bemestingsdoeleinden aangewend worden. Er is uitgegaan van de volgende gehalten in de ds van het gras (= beschikbaar in het slib) N : 2,8 % (18 % ruw eiwit bij ca. 3000 kg ds/snede. Wieling PR). P₂O₅ : 0,8 % (17). K₂O : 2,5 % (17).

Omdat het slib in zijn geheel in het voorjaar en zomer uitgereden wordt zijn de werkingscoëfficiënten bij een goede verdeling en jaarlijkse herhaling gunstig, nl. 84 % voor N, 90 % voor K en 100 % voor P₂O₅ (22). Aangenomen is dat per ton ds gemaaid gras ca. 15 ton slib uitgereden moet worden (voor gisting wordt verdund) ofwel ca. 180 ton per ha (met een ds-gehalte van ca. 3 %).

Dit wordt uitgereden in giften van 60 ton per keer. Na aftrek van de met het slib gegeven mineralen rest nog een bemesting met afgerond 160 kg N per ha, 40 kg P₂O₅ en 20 kg K₂O. Omdat de gistingsinstallatie dagelijks bijgevuld wordt moet ook dagelijks vers gras gemaaid worden. Er wordt gemaaid met een getrokken maar kneushakselaar (werkbreedte 2 m) met aanhanger, kipwagen en vrachten van 4 ton (gewicht hakselaar geschat op 2000 kg á 115 MJ per uur, wagen 35 MJ/uur, zie ook bijlage 4). Geschat wordt dat van het vermogen van de trekker van 80 kW/50 kW benut wordt (de trekker vraagt indirect 70 MJ/uur). Afgeleid uit gegevens voor zomerstalvoeding (17) wordt geschat dat de trekker en de overige apparatuur per vracht van 4 ton, 0,8 uur draait, ofwel 3,5 uur per ha en snede ofwel 14 uur per ha per jaar.

Tabel 1 Energieverbruik voor de teelt en oogst van gras
ten behoeve van methaangaswinning in MJ per ha.

	Direct	Indirect
Maaien, hakselen en transport à 14 uur/ha	9280	3080
Drijfnest uitrijden à 23 resp, 7 MJ/ton (zie bijlage 6)	4140	1260
Stikstof kali en fosfaat		10340
Bemesting met kunstmest (6 x)	540	200
Herinzaai / spuiten	300	320
	14260	15200
Totaal	29460 MJ per ha	
	2,3 MJ per kg droge stof	

TOT NU TOE VERSCHENEN RAPPORTEN

Prijs

- Nr. 1. Rundvleesproductie in Frankrijk. Verslag van een studiereis, 1971. *
- Nr. 2. Proef met propyleenglycol als preventief middel tegen slepende melkziekte. Ir. A. B. Meijer e.a., 1972. *
- Nr. 3. Charolais x FH-stieren voor vleesproductie. Ir. W. L. Harmsen, 1972. *
- Nr. 4. Vleesproductie in Engeland. Ir. W. L. Harmsen e.a., 1971. *
- Nr. 5. Bijvoeding van melkvee in de wei. Tj. Boxem, mei 1972. *
- Nr. 6. Nitraatvergiftiging bij rundvee als gevolg van hoge nitraatgehalten in graslandprodukten. W. Willemsen ing., 1972. *
- Nr. 7. Invloed van herinzaai en stikstof op de opbrengst en de botanische samenstelling van grasland. G. Krist, 1972. *
- Nr. 8. De invloed van het staltype op de groei van stieren. H. E. Harmsen e.a., 1972. *
- Nr. 9. Het effect van maatregelen tegen het aaltje *Trichodorus teres* in grasland. J. J. Woldring, 1972. *
- Nr. 10. Bijvoeren van krachtvoer aan weidend melkvee in het najaar. J. van Geneijgen, Ing., 1972. *
- Nr. 11. Oogst, opslag en voeding van snijmais in Noord-Italië. Dr. Ir. D. C. M. Boonman e.a., 1973. f 4,-
- Nr. 12. Rundvleesproductie in Noord-Italië. Ir. W. L. Harmsen e.a., 1973. f 4,-
- Nr. 13. Melkvee in nazomer en herfst 's nachts op stal. J. W. F. Hijink e.a., 1973. f 4,-
- Nr. 14. Het gebruik van de computer in de rundveehouderij. Ir. N. Benedictus, e.a., 1973. f 4,-
- Nr. 15. Slachtrijp maken van jonge stieren. H. E. Harmsen, 1973. *
- Nr. 16. Invloed van mierzuur op de opname van kuilvoer door pinken. Ir. S. Schukking e.a., 1973. f 4,-
- Nr. 17. Verliezen bij het inkuilen van bietenstaartjes. Ing. A. G. Hengeveld, 1973. f 4,-
- Nr. 18. Snijmais in de rundveevoeding in Frankrijk. Ir. D. Oostendorp e.a., 1973. *
- Nr. 19. Vleesproductie met afgekalfde vaarzen. Ir. W. L. Harmsen e.a., 1974. *
- Nr. 20. Voeding van melkvee met weinig ruwvoer. Ing. Tj. Boxem, 1974. *
- Nr. 21. Oogst, opslag en voeding van snijmais. Werkgroep, 1974. *
- Nr. 22. Schapenhouderij in Groot-Brittannië. Ir. P. W. Tol, e.a., 1974. *
- Nr. 23. Muurbestrijding met herbiciden in jong grasland bij lage temperaturen. Ing. L. Roozeboom e.a., 1974. f 4,-
- Nr. 24. Onderzoek rundvleesproductie in West-Duitsland. Ir. W. L. Harmsen e.a., 1974. f 4,-
- Nr. 25. Reactie van melkvee op voeding met gedroogd en geperst ruwvoer. Ing. J. van Geneijgen e.a., 1974. f 4,-
- Nr. 26. Zelfvoeding van snijmaiskuil in vergelijking met andere voedersystemen. Verslag, 1974. *
- Nr. 27. Voeding van jonge vleesstieren met vers gras en krachtvoer. Ing. H. E. Harmsen e.a., 1974. *
- Nr. 28. De rundveehouderij in Ierland. 1974. *
- Nr. 29. Bedrijfs-synthese-onderzoek in de Rundveehouderij, 1975. *
- Nr. 30. Ruwvoerders voor rundvee in Nederland. Productie, handel, gebruik. J. D. Janse, 1975. *
- Nr. 31. Invloed van grondbewerking op heringezaaid blijvend grasland. Ing. J. J. Woldring, 1975. f 5,-
- Nr. 32. Periodieke herinzaai van grasland met diepe en ondiepe grondbewerking. J. J. Woldring, 1975. f 5,-
- Nr. 33. Stikstofbemesting op grasland in het voorjaar. Ing. J. J. Woldring, 1975. *
- Nr. 34. Grote melkveebedrijven in Canada en de Verenigde Staten. Ir. P. J. M. Sijnders, 1975. *
- Nr. 35. Invloed van herinzaai en stikstof op de opbrengst en de botanische samenstelling van grasland. Ing. J. J. Woldring, 1975. *
- Nr. 36. Opslag van voordroogkuil en snijmais op melkveebedrijven van 20 ha. Ing. A. R. Ridder, 1975. *
- Nr. 37. Nitraat- en mineralengehalten van verse en ingekuilde snijmais met een zware organische bemesting. Ing. H. van Dijk e.a., 1975. f 5,-
- Nr. 38. Grote giften drijfmest op snijmais. Ing. W. Willemsen, 1975. *
- Nr. 39. Herinzaai van grasland. Verslag van vergelijkend onderzoek met verschillende methoden van herinzaai in de periode 1971 t/m 1974. Ir. W. Luten e.a., januari 1976. *
- Nr. 40. Bestrijding van ringworm bij rundvee. Beproeving natamycine. Drs. R. Kommerij, juni 1976. f 5,-
- Nr. 41. Het verstrekken van krachtvoer in ligboxenstallen. Verslag van een werkgroep, juli 1976. *
- Nr. 42. Invloed van veldperiode en snelheid van nadrogen op de opname van hooi door melkvee. Ing. A. G. Hengeveld, juli 1976. *
- Nr. 43. Gecombineerde inkuil- en opnameproef met patatafval, bostel en bostelpatamix. Ing. Tj. Boxem en Ing. A. G. Hengeveld, juli 1976. f 5,-
- Nr. 44. Broodkuil, sleufsilo of torensilo voor opslag van voordroogkuil. Verslag van een werkgroep, september 1976. f 5,-
- Nr. 45. Automatisering bij de voeding van vleeskalveren. Verslag van een werkgroep, december 1976. f 5,-
- Nr. 46. Herinzaai van grasland in uiterwaarden. Ing. W. Willemsen, december 1976. *
- Nr. 47. Het effect van maaien met maaibalk en cirkelmaai bij verschillende stoppellengten en maaistadia op de opbrengst en botanische samenstelling van grasland. Ing. L. Roozeboom e.a., december 1976. f 5,-
- Nr. 48. Melkveehouderij en natuurbehoud. Studie in samenwerking met de Cultuurtechnische Dienst. Ing. H. van der Straten en A. van Kekem-Stoffelen, februari 1977. f 5,-
- Nr. 49. Droge-stofverliezen tijdens de veldperiode. Ing. J. Overvest, april 1977. *
- Nr. 50. Koppeling melkcontrole-krachtvoeradvisering. Ir. R. Raterink, september 1977. *
- Nr. 51. Diverse aspecten van haksel van voorgedroogd gras. Ing. A. G. Hengeveld, augustus 1977. *
- Nr. 52. Hergroei-vertraging tijdens de veldperiode. Ing. J. Overvest, oktober 1977. f 5,-
- Nr. 53. Berekening op melkveebedrijven. Ir. J. Doornbos e.a., oktober 1977. *
- Nr. 54. Bestrijding van straatgras in grasland. Ing. L. Roozeboom, november 1977. f 5,-
- Nr. 55. Onderzoek naar mogelijkheden van een weidebedrijf van 20 ha. Verslag studiegroep, december 1977. *
- Nr. 56. Pinken op alleen ruwvoer. Ing. Tj. Boxem, juni 1978. *
- Nr. 57. Normen voor de voedervoorziening. H. Wieling e.a., oktober 1977. f 5,-
- Nr. 58. Vergelijking tussen Limousin x FH-kruislingen en FH- en MRIJ-stieren. A. Westera e.a., november 1978. f 5,-
- Nr. 59. Twee krachtvoerniveaus voor vleesstieren met verschil in aanleg voor de vleesproductie. A. Westera en Ing. H. E. Harmsen, november 1978. f 5,-
- Nr. 60. Calciumpoeders en melkziekte bij melkkoelen. Drs. J. W. Seinhorst, januari 1979. f 5,-

Nr. 61.	Zaaidiepte en aandrukken bij herinzaai van grasland met Engels raaigras. Ing. L. Roozeboom en Ir. W. Luten, februari 1979.	f 5,-
Nr. 62.	Chemische en mechanische kweekbestrijding in grasland. Ing. L. Roozeboom, maart 1979.	f 5,-
Nr. 63.	Doorzaaien van grasland op veen en komklei. Ing. L. Roozeboom en Ir. W. Luten, juli 1979.	f 5,-
Nr. 64.	Veterinaire begeleiding op melkveebedrijven met drachtigheidsproblemen. Drs. R. Kommerij, juli 1979.	f 5,-
Nr. 65.	Het kruisen van schapen. Een schatting van baten en kosten. Ir. J. Doeksen e.a., februari 1980.	f 5,-
Nr. 66.	Invloed van schudden en van opbrengst bij maaien op droge-stofverliezen en droogverloop. Ing. J. Overvest, december 1979.	*
Nr. 67.	Vleesstierenhouderij. Lineaire programmering van een groot aantal technische en economische mogelijkheden. Ing. H. van der Straten, april 1980.	*
Nr. 68.	Voederbieten. Een bedrijfseconomische studie van een werkgroep. Ing. H. van der Straten, mei 1980.	f 7,50
Nr. 69.	Schapenhouderij in Noord-Frankrijk. Verslag van een studiereis in oktober 1979. Ir. J. Doeksen e.a., juni 1980.	f 7,50
Nr. 70.	Invloed van landbouwzout op opname van graskuil. Ing. A. G. Hengeveld, juni 1980.	f 7,50
Nr. 71.	Invloed van een slechte ontwatering op de arbeidsopbrengst. Studie in samenwerking met de Landinrichtingsdienst. H. v. d. Straten e.a., december 1980.	f 7,50
Nr. 72.	Vleesproductie met jonge stieren. Ing. H. E. Harmsen, december 1980.	f 7,50
Nr. 73.	Romensin in krachtvoer voor vleesstieren. Vergelijkend onderzoek. Ir. D. Oostendorp, december 1980.	f 7,50
Nr. 74.	Eenmansmelksystemen op tweemansmelkveebedrijven. Technische en economische informatie op grond van een studie met bedrijfsmodellen. Verslag van een werkgroep, december 1980.	f 7,50
Nr. 75.	Stro in de voeding van melkvee en jongvee. Onderzoek te Selmien en Maarheeze 1976-1978. Ing. Tj. Boxem, juli 1981.	f 7,50
Nr. 76.	Veel krachtvoer in verschillende vorm naast stro of voordroogkuil aan melkvee. J. W. F. Hijink, november 1981.	f 7,50

* = uitverkocht, te raadplegen in diverse landbouwbibliotheken.

Prijs f 7,50

Verkrijgbaar bij het Proefstation voor de Rundveehouderij

Runderweg 6, 8219 PK Lelystad

door storting op giro 2307421

met vermelding: Rapport nr. 77