

555

Beretning fra Statens Husdyrbrugsforsøg

P. D. Møller, P. E. Andersen, T. Hvelplund,
J. Madsen og K. V. Thomsen

Afdelingen for forsøg
med kvæg og får

En ny beregningsmetode for fodermidlernes energiværdi til kvæg (FE_K)

*A new method of calculating the energetic
value of feedstuffs for ruminants.*

With English summary and subtitles



I kommission hos Landhusholdningsselskabets forlag,
Rolighedsvej 26, 1958 København V.

Trykt i Frederiksberg Bogtrykkeri 1983

FORORD

Her i landet har den skandinaviske foderenhed og det hertil knyttede system til bestemmelse af et fodermiddels energiværdi været anvendt siden 1915. Systemet udtrykker et foders nettoenergi og bygger på oplysninger om foderets kemiske sammensætning (foderstofanalysen), dets fordøjelighed og værditallet. Kun ubetydelige principielle ændringer har fundet sted, som f.eks. overgang fra renprotein til råprotein, men der er gennem årene løbende gennemført fordøjelighedsforsøg, når nye fodermidler er kommet til, og for de vigtigste fodermidler er der udført produktionsforsøg til fastlæggelse af værditallet, som er et udtryk for de fordøjede næringsstoffers energitiske værdi i den aktuelle produktion.

Det skandinaviske foderenhedssystem hviler således på et omfattende eksperimentelt grundlag. Heri ligger dets styrke, men det må samtidig erkendes, at det kun i ringe grad er operationelt, bl.a. fordi det ikke er muligt ved produktionsforsøg at fastlægge værditallet for ethvert nyt fodermiddel, som kommer frem.

I de senere år er der i flere europæiske lande indført nye energivurderingssystemer til kvæg; det gælder således Storbritannien, Holland, Frankrig m.fl., og fra nogle sider er der advokeret for, at vi her i landet skulle gå over til et af de nye systemer; specielt det hollandske har været fremhævet.

På ovennævnte baggrund nedsatte afdelingen i 1980 en arbejdsgruppe med den opgave at foretage en kritisk vurdering af såvel det nuværende danske som de nye udenlandske energivurderingssystemer til kvæg, og på basis heraf fremkomme med forslag til de ændringer i vort nuværende energivurderingssystem, som måtte findes hensigtsmæssige. Nærværende beretning er et resultat af arbejdsgruppens arbejde.

Beregningsarbejdet i forbindelse med de udførte undersøgelser er gennemført af agronom Poul Erik H. Petersen, og beretningen er renskrevet af kontorassistent Birgitte Hansen.

INDHOLDSFORTEGNELSE

	Side
FORORD	3
FORKORTELSER	7
SAMMENDRAG	9
SUMMARY	10
1. INDLEDNING	12
2. TEORETISK GRUNDLAG FOR FODERMIDLERNES	13
ENERGIVÆRDI	13
3. ENERGIVURDERINGSSYSTEMER I ANDRE EUROPÆISKE LANDE	19
4. GRUNDLAGET FOR EN ÆNDRET BEREGNINGSMETODE AF FODERMIDLERNES ENERGIVÆRDI TIL KVÆG	25
4.1 Baggrund for forudsætningerne	26
4.2 Bestemmelse af den fordøjelige energi	29
4.3 Foderenhedsbetegnelse bør bibeholdes	30
4.4 Fodermidlernes additivitet	31
5. NYT BEREGNINGSSYSTEM TIL BESTEMMELSE AF FODERENHEDER TIL KVÆG	31
5.1 Enkeltfodermidlers energiværdi	37
5.2 Træstofkorrektionens indflydelse på FE_k ved rationsberegninger	52
6. KONKLUSION OG DISKUSSION	55
LITTERATUR	59

FORKORTELSER

MJ	megajoule = 1 mill. joule
Kcal	1000 kalorier, 1 kalorie = 4,186 joule
GE	bruttoenergi
DE	fordøjelig energi
ME	omsættelig energi
NE	nettoenergi
NE _m	nettoenergi, vedligeholdelse
NE _l	nettoenergi, laktation
NE _f	nettoenergi, tilvækst
v	værdital
k	udnyttelsesfaktor for omsættelig energi til netto- energi = $\frac{NE}{ME}$
k _m	$\frac{NE}{ME}$, vedligeholdelse
k _l	$\frac{NE}{ME}$, laktation
k _f	$\frac{NE}{ME}$, tilvækst
Q	foderets energikoncentration = $\frac{ME}{GE}$
P	protein
F	råfedt
T	træstof
NFE	kvalstoffrie ekstraktstoffer
TS	tørstof
DP	fordøjeligt råprotein
DF	fordøjeligt råfedt
DT	fordøjeligt træstof
DNFE	fordøjelige kvalstoffrie ekstraktstoffer
DOS	fordøjeligt organisk stof
S	sukker
HP	højt råproteinindhold
LP	lavt råproteinindhold
FK	fordøjelighedskoefficient
FK _t	fordøjelighedskoefficient for træstof
k _t	korrektionsfaktor for fordøjeligt træstof
SFE	skandinavisk foderenheder
FE _k	foderenheder - kvæg
VEM	foderenheder, mælk (Holland)

VEVI	foderenheder til kødproduktion (Holland)
FFe	fedningsfoderenheder
NEL	nettoenergi - laktation (Vesttyskland, Schweiz)
NEW	nettoenergi - vækst (Schweiz)
UFL	foderenheder - mælk (Frankrig)
UFV	foderenheder - vækst (Frankrig)
TDN	total digestible nutrients (USA)

SAMMENDRAG

På grundlag af 174 enkeltfodermidler opført i tabelværket af *Ander- sen & Just (1979)* er der fremlagt en ny beregningsmetode for foder- midlernes indhold af kvæg-foderenheder betegnet som foderenheder til kvæg (FE_k). Beregningerne blev gennemført på grundlag af fodermidler- nes indhold af fordøjelig energi (x) og skandinaviske foderenheder (y) med en korrektion for fordøjeligt træstof (k_t). Følgende sammenhæng blev opnået:

$$\begin{aligned} \text{Foderenheder kvæg } (FE_k) / \text{kg tørstof} = \\ +0,426 + 0,101 \text{ MJ DE} \div 0,502 \cdot DT \end{aligned}$$

hvor

MJDE = megajoule fordøjelig energi/kg tørstof
DT = fordøjeligt træstof (kg/kg tørstof)

Ligningen viser, at fodermidlernes indhold af nettoenergi udtrykt ved FE_k kan beregnes ud fra fodermidlernes indhold af fordøjelig energi med en korrektion for fordøjeligt træstof. Korrektionsfaktoren for fordøjeligt træstof ($k_t = +0,502$) viser, at energiværdien af træstof er overvurderet, når fodermidlerne tildeles på produktionsniveau (ca. 3 x vedligeholdelse), idet fordøjeligheden af træstof aftager med stigende fodringsniveau (figur 5). Korrektionsfaktoren for fordøjeligt træstof gælder i området 15 - 20% træstof i foderrationen og vil variere med varierende træstofindhold og ved varierende fodringsniveau, som det fremgår af tabel 6. Desuden korrigeres de sukkerholdige fodermidlers fordøjelige energi med $+0,183 \times \text{kg sukker}$, når sukkerindholdet overstiger 20%.

Det fremgår af beregningsformlen og flowdiagrammet til beregningen af FE_k i figur 7, at beregningsmetoden er simpel at gennemføre og fleksibel med hensyn til korrektioner, såvel som at nye bestemmelser af fordøjelig energi med fôr eller kvæg nemt kan indføres i modellen. Desuden undgås den korrektion, der i SFE-systemet gennemførtes med værditallet.

SUMMARY

A new method for calculating the energy value of ruminant feedstuffs expressed as feed units for cattle (FU_k) was established. The digestible energy (DE) of 174 feedstuffs listed in the feeding table by Andersen and Just (1979) was calculated by adapting the energetic coefficients for digestible nutrients from the equation for ruminant rations by Schiemann et al. (1971). The calculated digestible energy was related to the Scandinavian feed units (SFU) of the feedstuffs and corrected for digestible crude fibre. The following equation for FU_k was obtained.

$$\text{Feed Units Cattle } (FU_k) / \text{kg DM} = -0.426 + 0.101 \text{ MJ DE} - 0.502 \cdot \text{DCF}$$

where

MJDE = megajoule digestible energy/kg DM
DCF = digestible crude fibre (kg/kg DM)

The equation is indicating that the feeding value of the feedstuffs can be calculated with a highly significant precision from the content of digestible energy including a correction for digestible crude fibre (see p. 34).

The negative correction factor for digestible crude fibre indicates that the energy value of crude fibre is overestimated when the feedstuffs are fed at production level. In accordance with the associative effects between nutrients in ruminant rations the digestibility of crude fibre is depressed at increasing feeding levels (multiples of maintenance) as shown in Figure 5. Therefore the factor is expressing the decrease in digestible crude fibre from feeding sheep at maintenance level to feeding cattle at a production level of about 3 x maintenance. The correction factor for DCF was calculated at an average of 16.5% CF, and will differ according to the feeding level and to the amount of CF in rations for ruminants as shown in Table 6.

The digestible energy of feedstuffs containing more than 20% sugar are corrected by $0.183 \times \text{sugar (kg)}$.

The proposed model for calculating the energy value of feedstuffs is differing from other new feed evaluation systems in European countries by the use of DE for calculating NE and by correction for the decrease in digestibility of crude fibre or cell wall constituents with increasing production level. Furthermore the regression calculation was related to existing values of SFU for feedstuffs estimated in a great number of production experiments during the last 30 years for determining the feeding value of feedstuffs. According to the new model the energy value of feedstuffs is calculated without a determination of the value number.

The flow diagram in Figure 7 shows that the digestible nutrients are determined with sheep fed at maintenance level and analysed according to the Weende analytical procedure. The new model is flexible to the energy determination at varying feeding levels, and new digestibility results with sheep or cattle can easily be adopted by the model. The principle of expressing the energy value of feedstuffs as feed units has been maintained. Feed units cattle (FU_k) are expressing the net energy value calculated from the digestible energy.

1. INDLEDNING

En korrekt vurdering af fodermidlernes energiværdi er en forudsætning for en optimal sammensætning af kraftfoderblandinger og foderrationer til kvæg. Desuden er det af afgørende betydning for en vurdering af forsøgsresultater samt for en optimal planlægning af fodertildelingen i praksis.

Beregningen af fodermidlernes energiværdi som skandinaviske foderenheder (SFE) er baseret på den kemiske næringsstofsammensætning efter Weende analysemetoden (fodermiddelanalysen), hvor fodermidlernes indhold af protein, fedt og træstof bestemmes, og kvælstoffrie ekstraktstoffer (NFE) beregnes. Metoden blev udviklet i 1861 af *Henneberg & Stohmann* i landsbyen Weende nær Göttingen. Derudover hviler foderenhedsberegningen på den af *Kellner (1905)* indførte beregningsmetode for de fordøjelige næringsstoffers stivelsesværdi. Betegnelsen *den skandinaviske foderenhed* blev indført i 1915-16, efter at *Nils Hanson* foreslog energifaktoren for protein på 0,94 i Kellners system erstattet med faktoren 1,43. Som måleenhed for SFE benyttes foderværdien i l kg byg med 86% tørstof. Næringsværdien af et ukendt fodermiddel sammenlignes hermed i et erstatnings- eller substitutionsforsøg på produktionsniveau ved enten mælke- eller kødproduktion. Her i landet er der blevet gennemført mange substitutionsforsøg til bestemmelse af de vigtigste fodermidlers næringsværdi og værdital. Herved er der indhentet et stort erfaringsmateriale, og resultaterne heraf er opført i fodermiddeltabellen af *Andersen & Just (1979)* til benyttelse i den praktiske fodringsvejledning.

Siden udviklingen af Kellners energivurderingssystem fra 1905 er der forsket vedrørende drøvtyggernes energiomsætning (*Møllgaard 1949, Moe & Flatt 1969, Schiemann et al. 1971, Van Es 1978*). Denne forskning har medført, at flere lande har ændret beregningsgrundlaget for fodermidlernes energiværdi. Der er således indført nye energivurderingssystemer i DDR (*Schiemann et al. 1971*), Vesttyskland (*DLG 1979*), England (*ARC 1980*), Holland (*Van Es 1978*), Svejts (*Biekel & Landis 1978*) og Frankrig (*Vermorel 1978*), og der er ligeledes i USA forslag om nye energivurderingssystemer (*Moe 1981*). Alle systemer bygger stadig på Weende analysen, og der er således tale om ændrede beregningsmetoder ud fra den 122 år gamle kemiske analysemetode.

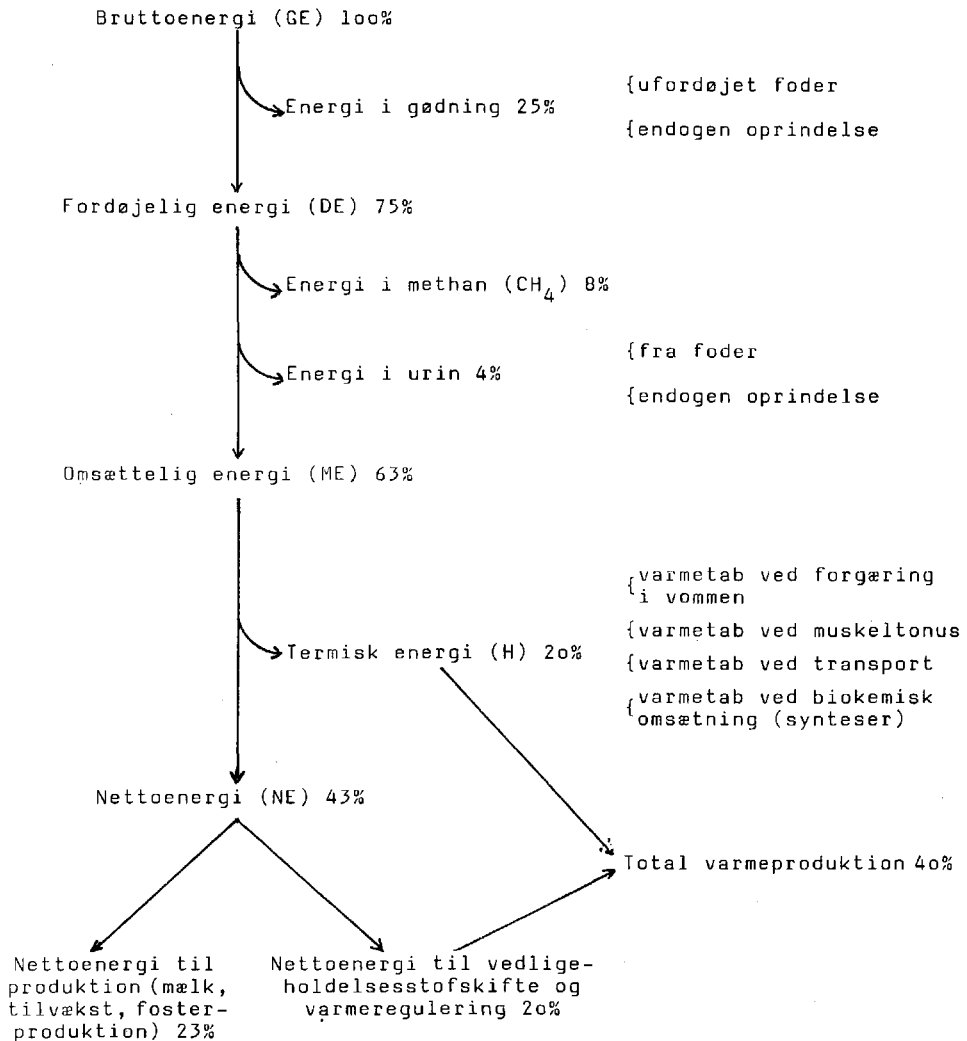
I Danmark er SFE hidtil blevet fastholdt som værdimål for fodermidlernes energetiske værdi først og fremmest på grund af det meget store antal produktionsforsøg, som har været gennemført til fastlæggelse af fodermidlernes værdital og indhold af foderenheder. Da værditalbestemmelsen er meget arbejds- og ressourcekrævende, kan denne kun gennemføres for de vigtigste fodermidler.

På baggrund af den udvikling, der har fundet sted i forbindelse med indførelse af nye energivurderingssystemer i udlandet og fremkomsten af en række nye fodermidler, for hvilke der ikke foreligger et værdital, er der foretaget en vurdering af, om vi i Danmark kunne anvende et af de i udlandet foreslåede nye energivurderingssystemer. Denne vurdering har ført til, at ingen af de nye udenlandske systemer er fundet velegnet, da fodermidlernes energiværdi i disse systemer ikke er i overensstemmelse med resultater fundet i danske produktionsforsøg. Der er derfor foretaget vurderinger og beregninger over den bedste forudsigelse af fodermidlernes energiværdi til kvæg ud fra Weende analysen og fodermidlernes fårefordøjelighed, uden at der skal udføres produktionsforsøg til fastlæggelse af fodermidlernes værdital.

2. TEORETISK GRUNDLAG FOR FODERMIDLERNES ENERGIVÆRDI

Fodermidlerne til kvæg består fortrinsvis af kulhydrater, protein og fedt, som indeholder henholdsvis 17, 24 og 40 KJ bruttoenergi pr. gram. Denne energimængde kan ikke nyttiggøres af dyret, da næringsstofferne ikke fordøjes fuldstændigt under passagen af fordøjelseskana-len samt på grund af, at der opstår tab under fordøjelsen i tarmka-nalen og i den intermediære omsætning af de absorberede næringsstof-fer. En bestemmelse af den mængde energi, der giver sig udslag i en livsytring (nettoenergi) fremkommer som differencen mellem bruttoener-gien og det energetiske tab, der er forbundet med foderets fordøjelse og omsætning i dyret. I figur 1 er vist, at nettoenergien fremkommer som bruttoenergien minus de forskellige energitab, der er forbundet med foderets omsætning. Dette er nærmere beskrevet i det følgende.

Bruttoenergien (GE) er foderets totale energiindhold bestemt som den varmemængde, der frigøres, når et fodermiddel bliver fuldstændig oxi-deret ved kolorimetri.



Figur 1. Skematisk oversigt over energiomsætningen med angivelse af typetal for energiomsætningen.

Figure 1. Schematic outline of energy metabolism including standard figures.

Fordøjelig energi (DE) er bruttoenergi minus energiindholdet i den udskilte gødning. Den fordøjelige energi er imidlertid ikke et udtryk for den mængde energi, der absorberes fra fordøjelseskanalen. Dette skyldes, at den mikrobielle omsætning i vommen er forbundet med et tab i form af methan og varme. Endvidere indeholder gødningen energi af endogen oprindelse, som burde fratrækkes energi i gødning, da den endogene del har været fordøjet. Energitalet i gødningen varierer med fodermidlernes art og sammensætning. For kraftfodermidler og rationer med høj koncentrationsgrad tabes fra 10 til 35% af bruttoenergien med gødningen, medens der for de træstofrige fodermidler kan udskilles op til 60% af GE i gødningen.

Methantabet (CH_4) i vommen opstår i forbindelse med kulhydraternes omsætning til flygtige fedtsyrer. Mængden af methan, der dannes, er påvirket af hvilke næringsstoffer, der omsættes i vommen, således er omsætningen af træstof forbundet med et større methantab end omsætningen af stivelse. Endvidere synes fedt at have en negativ indflydelse på mængden af methan, der dannes, men dette er muligvis en følge af fedtets negative indvirkning på træstoffordøjeligheden i vommen. Energitalet i methan vil normalt udgøre 5 - 12% af bruttoenergien i foderet, og den dannede methan opræbes sammen med de øvrige gasarter, der dannes i vommen, men disse er energetisk uden betydning.

Varmetabet (H) i vommen er forbundet med mikroorganismernes omsætning, da en del af den kemiske energi i foderet omdannes til varme i forbindelse med vedligeholdelse og vækst af den mikrobielle population i vommen. Varmetabet i vommen udgør 5 - 10% af bruttoenergien i foderet.

Omsættelig energi (ME) er fordøjelig energi minus energi i methan og energi i urin. Omsættelig energi betragtes normalt som den energimængde, der er til rådighed for dyrets stofskifteprocesser, hvilket imidlertid ikke er helt korrekt, da varmetabet, der er forbundet med den mikrobielle omsætning i vommen, ikke er fratrukket den omsættelige energi. Endvidere vil en del af energien i urinen være af endogen oprindelse og burde derfor ikke fratrækkes den fordøjelige energi, da denne energimængde har været til rådighed for omsætningen, idet den er et produkt af omsætningen i organismen. Energitalet i urinen består hovedsagelig af kvælstofforbindelser og varierer fra 3% til 7%

af bruttoenergien.

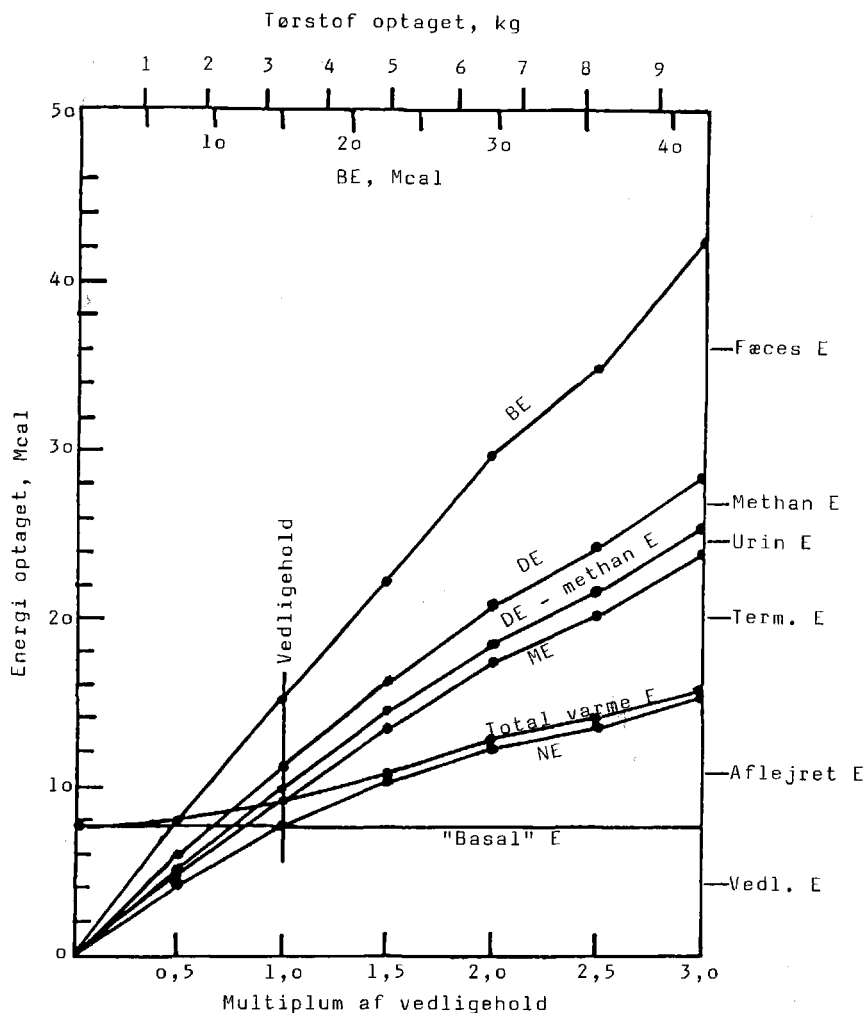
Nettoenergi (NE) er omsættelig energi minus termisk energi og udtrykker således energien til vedligeholdelse samt energien til produktion (energien der aflejres i kroppen, samt energien der udskilles i mælken).

Termisk energi (H) er det varmetab, der opstår som følge af dyrets optagelse og omsætning af foder. Termisk energi er således det energiforbrug, der medgår til muskelarbejde ved optagelse af foder samt tygning og drøvtygning. Endvidere er energiforbruget til transport gennem fordøjelseskanalen samt fordøjelse og absorption indeholdt i den termiske energi. Energitabet, der opstår ved de absorberede næringsstoffers biokemiske omsætning til produkter, er ligeledes indeholdt i termisk energi. Endelig vil varmetabet i vommen indgå som en del af den termiske energi, da denne varmeproduktion ikke er fratrullet den omsættelige energi. Varmetabet beregnet som termisk energi kan udgøre fra 10% til 40% af GE.

Nettoenergi til vedligeholdelse (NE_m) er den mængde energi, der svarer til varmetabet fra et fastende, ikke-producerende dyr i hvile, og som befinder sig i termoneutrale omgivelser. Energien til vedligeholdelse, der resulterer i varmeproduktion, medgår til processer som blodcirkulation, opretholdelse af muskeltonus, regulering af ionkoncentrationen, protein-turnover og enzymsyntese. Da nettoenergien til vedligeholdelse resulterer i en varmeproduktion, ligesom det er tilfældet for termisk energi, udgør disse to størrelser den totale varmeproduktion, der kan udgøre op til 40% af GE.

Nettoenergi til produktion er den energi, der aflejres i dyrets krop som tilvækst (NE_f) inklusiv fosterproduktion, og som udskilles i mælken (NE_l). Et fodermiddels indhold af nettoenergi, som udtrykkes ved indholdet af SFE fremkommer, som tidligere nævnt, som omsættelig energi minus termisk energi.

Figur 2 viser energiomsætningen hos stude fodret fra 0,5 x vedligeholdelse til 3,0 x vedligeholdelse. Figuren illustrerer indholdet af GE, DE, ME og NE som funktion af foderniveauet samt omfanget af det tab, der er forbundet med omsætningen. Følgende taleksempler er knyttet til figur 2.



Figur 2. Sammenhængen mellem energitabet og foderoptagelsen hos stude (433 kg LV), efter Brody, 1945.

Figure 2. Relationship between plane of nutrition and energy losses in cattle.

Energitabet i gødningen udgør det største energitab og er stigende med øget foderoptagelse. Således udgør energitabet i gødningen på vedligeholdelsesniveauet 26,4% af bruttoenergien, hvorimod det på 3 x vedligeholdelse udgør 33,2%. Energitabet som termisk energi er ligeledes stigende med stigende foderoptagelse og udgør på vedligeholdelsesniveauet 9,7% af bruttoenergien, hvorimod det på 3 x vedligeholdelse udgør 20,4% af bruttoenergien. Energitabet i henholdsvis urin og methan er næsten upåvirket af foderoptagelsen med en tendens til et lille fald med stigende foderoptagelse. Energitabet i methan udgør i gennemsnit 4,5% af bruttoenergien.

I figuren er ligeledes vist den totale varmeproduktion, der er summen af energi til vedligeholdelse og termisk energi. Ved faste viser figuren, at varmeproduktionen er lig med mængden af nettoenergi til vedligeholdelse, og at varmeproduktionen derefter er stigende i samme takt, som mængden af termisk energi øges med stigende foderniveau. På vedligeholdelsesniveauet skærer kurven for varmeproduktionen kurven for indholdet af omsættelig energi. Dette punkt angiver således mængden af omsættelig energi til vedligeholdelse, og forskellen mellem kurven for ME og NE på vedligeholdelsesniveauet angiver den termiske energi af vedligeholdelsesfoderet.

Figur 2 viser ligeledes, at indholdet af nettoenergi i foderet er påvirket af foderoptagelsen. På vedligeholdelsesniveauet udgør nettoenergien 50,8% af bruttoenergien, og denne andel falder til 35,8% ved 3 x vedligeholdelse. Indholdet af nettoenergi ved stigende foderoptagelse følger således princippet om det aftagende merudbytte. Et fodermiddels energiværdi udtrykt i NE er derfor afhængig af, på hvilket produktionsniveau det anvendes.

En eksakt fodermiddelvurdering baseret på bestemmelse af nettoenergiindholdet, som er energienheden i den skandinaviske foderenhed, kræver, at man kender omfanget af de forskellige tab, der opstår som følge af omsætningen i fordøjelseskanalen og i den intermediære omsætning. En præcis kvantificering af disse tab samt hvilket forhold, der har indflydelse på tabenes omfang, kræver en stor indsats af ressourcer og er på nuværende tidspunkt ikke tilstrækkeligt belyst til at kunne inddrages i bestemmelsen af fodermidlernes indhold af nettoenergi.

3. ENERGIVURDERINGSSYSTEMER I ANDRE EUROPÆISKE LANDE

De fleste nye systemer i de andre vesteuropæiske lande benytter som et fælles mellemstadium den omsættelige energi, hvorefter der korrigeres på forskellig vis for at nå frem til angivelsen af et foder-middels energiværdi. For at anskueliggøre de forskellige beregnings-skridt og forskelle mellem systemerne er disse opført i tabel 1.

Af hensyn til en sammenligning mellem de nye systemer er energifaktorerne til de fordøjelige næringsstoffer i tabel 1 angivet i kcal fra de benyttede grundligninger. I de systemer, der benytter MJ som energienhed, skal energifaktorerne multipliceres med faktoren 4,186 for en omregning til joule. I de øvrige systemer er faktorerne forholdstal.

Det fremgår af tabel 1, at det kemisk analytiske grundlag til be-regningen af næringsstofindholdet i alle systemer bygger på den klas-siske Weende analysemetode fra 1861.

Dernæst foretages en bestemmelse af næringsstofferne fordøjelig-hed med får, der fodres på vedligeholdelsesniveauet. I Frankrig bestemmes fordøjeligheden af organisk stof dog ved ad libitum fodring. Det næste skridt til bestemmelsen af energiværdien består i, at de enkelte fordøjede næringsstoffraktioner multipliceres med energifaktorer. Her adskiller det franske system sig ligeledes fra de andre, idet man først beregner indholdet af bruttoenergi ud fra næringsstofindholdet. I SFE beregnes fordøjelige næringsstoffer, me-dens man i England, Sverige og Holland beregner foderets omsættelige energiindhold og i DDR-systemet direkte benytter faktorerne til be-regning af foderets nettoenergiindhold. Før energiværdien af foder-midlerne kan angives, foretages i de fleste lande forskellige andre korrektioner af det beregnede næringsstofindhold. I SFE benyttes et værdital, medens der i Vesttyskland korrigeres for sukker og udnyt-telsen af ME til mælkeproduktion (k_1), der er afhængig af fodermid-lernes koncentrationsgrad (Q). I Frankrig korrigeres med k_1 -værdi-en, men ikke på dette sted for foderniveauet. Ligeledes beregnes forskellige fodermiddelgruppers indhold af ME som en konstant multi-pliceret med indholdet af fordøjeligt organisk stof. I Storbritanien

Tabel 1. Ligninger og fremgangsmåden ved energiberegning i energivurderingssystemer.

Table 1. Equations and calculation of the energy value of feeds.

Land Country	Energi enhed Energy standard	Fodermiddel Feedstuff	Multiplikationsfaktorer til beregning af stofgruppernes energiværdi (g/kg) Multiplication factors					Værdi- tal Value number	Udnyttelsesfaktor for ME (k = $\frac{NE}{ME}$) Utilization factor (k)	Omregnings- faktor for NE til FE Conversion factor of NE to FE
			ford. råprotein DCP	ford. råfedt DEE	ford. træstof DCF	ford. NFE DNFE	sukker sugar			
DK	SFE		1,43	a ¹⁾	1,00	1,00		v ²⁾		0,75
SF	FFE (FE fedn.)		0,94	b ³⁾	1,00	1,00		V		0,70
DDR	NEF _R	Alle	1,71	7,52	2,01	2,01				2,5
D	NEL (MJ lakt.)	Alle	3,63	8,14	3,06	3,81	0,15 ⁴⁾		k ₁ korr. = 0,60(1 + 0,4(q + 0,57))	
	SE (kød)	Alle	0,94	b ³⁾	1,00	1,00		V		
UK	ME (MJ)	Alle	3,63	8,17	3,06	3,80			k ₁ = 0,60	
S	ME (MJ)	Grovfoder	4,3	7,8	2,9	3,7				
		Ensilage	4,3	5,0	2,9	3,7				
		Kraftfoder	4,5	8,8	2,9	3,7				
		Korn	4,5	8,3	2,9	3,7				
NL	VEM (FE lakt.)	Majsensilage	ME = 3,7 · ford.org.stof						k ₁ korr. =	
		Græsmarksafgrøder (frisk, kons.)	ME = 3,4 · ford.org.st. + 1,4 · ford.råprot. (når ford.org.st./ford. råprot. < 7)						0,60(1 + 0,4(q + 0,57)) · 0,9752	
		Andet grovfoder	ME = 3,6 · ford.org.stof (når ford.org.st./ford. råprot. > 7)							1650
		Andre fodermidler	3,8	9,0	3,3	3,5	0,15 ⁴⁾			
	VEVI (FE kød)		som VEM						$k_{mf} = \frac{k_m \cdot k_f \cdot APL}{k_m(APL - 1) + k_f}$	1650
CH	NEL (MJ lakt.)		som VEM						som VEM	
	NEW (MJ kød)		som VEVI						som VEVI	
F	UFL (FE lakt.)		ME = GE · ford.E · ME/ford.E					0,9 ⁵⁾	k ₁ = 0,60(1 + 0,4(q + 0,57))	1730
	UFV (FE kød)		som UFL						som VEVI	1855

1) a = 2,41 (kraftfoder), 2,12 (korn), 1,00 (græsmarksprod.), 1,91 (andet grovfoder)

2) værdital fra tabeller

3) b = 2,41 (kraftfoder), 2,12 (korn), 1,91 (grovfoder)

4) når sukker > 8% i træstof

5) multiplikationsfaktor for fodersukkerroer

(ARC 1980) angives fodermidlernes værdi i ME. Dyrenes behov for ME varierer i forhold til foderrationens koncentrationsgrad, og dette medfører, at behovsnormerne ikke er konstante pr. kg fedtkorrigeret mælk, men varierer afhængigt af foderrationens koncentrationsgrad og produktionsniveauet (ARC 1980). I andre ME-systemer som f.eks. i Sverige benyttes ingen korrektionsfaktor for udnyttelsen af ME til mælkeproduktion. Dette har medført, at man f.eks. ved fodring med halm (Frank 1975) har måttet indføre en korrektion for en korrekt fastsættelse af halmens foderværdi.

Angivelsen af fodermidlernes energiværdi er for de fleste lande i nettoenergi til laktation. I de lande, hvor NEL udtrykkes som foderenheder, divideres med nettoenergiværdien for byg. Det fremgår heraf, at en fælles mellemstation for systemerne kun tilnærmelsesvis er mængden af fordøjede næringsstoffer og beregningen af ME, medens der er væsentlige forskelle med hensyn til andre korrektioner, der foretages. Til yderligere uddybning af de omtalte systemer henvises til to artikler i Ugeskrift for Jordbrug af Vind (1979) og Møller et al. (1980).

Beregningsgrundlaget for de omtalte nyere systemer (UK, D, DDR) er det formelsystem, der er udviklet på grundlag af forsøg med foderrationer til udvoksede stude i Rostock (DDR), hvor sammenhængen mellem de fordøjelige næringsstoffer og omsættelig energi eller nettoenergi er beregnet som multiple regressionsligninger. Ligningerne for kraftfodermidler anvendes direkte i England og Vesttyskland til beregning af den omsættelige energi og i DDR til bestemmelse af nettoenergi. De tilgrundliggende regressionsligninger fra DDR er baseret på sammenhængen mellem kvægfordøjelige næringsstoffer og ME henholdsvis NE, medens ligningerne i de andre systemer benyttes på grundlag af fordøjelighedsforsøg udført med får på vedligeholdelsesniveauet. I Holland har man desuden inddraget værdier fra 257 energibalanceforsøg med køer for bedre at kunne fastlægge energifaktorerne. Da det hollandske energivurderingssystem ofte har været fremhævet som grundlaget for de andre vesteuropæiske systemer, skal det i det følgende underkastes en dyberegående analyse. De hollandske ligninger til foderværdiberegning ved mælkeproduktion kan skrives på følgende måde:

$$\text{VEM (FE/kg TS)} = \text{ME} \times 0,6 (1 + 0,4 (Q + 0,57)) \times 0,9752/1650$$

$$\text{ME (kraftfoder)} = 3,8 \text{ DP} + 9,0 \text{ DF} + 3,3 \times \text{DT} + 3,5 \times \text{DNFE}$$

$$\text{ME (grovfoder HP)} = 3,4 \times \text{DOS} + 1,4 \text{ DP, når } \frac{\text{DOS}}{\text{DP}} < 7$$

$$\text{ME (grovfoder LP)} = 3,6 \times \text{DOS, når } \frac{\text{DOS}}{\text{DP}} > 7$$

Alle ME-formler korrigeres med $+ 0,15 \times \text{sukker}$, når $S > 8\%$.

Beregningen af foderværdien foretages skridtvis. Først bestemmes den omsættelige energi (ME) ved en multiplikation af de fordøjelige næringsstoffer med energetiske faktorer. Der benyttes tre formelsæt, et for kraftfoder og to for grovfoder med henholdsvis lavt og højt proteinindhold i forhold til indholdet af fordøjeligt organisk stof (DOS). Til beregningen af $Q = \frac{\text{ME}}{\text{GE}}$, der er et udtryk for fodermidlernes koncentrationsgrad, er det påkrævet at kende bruttoenergien (GE), der bestemmes efter fodermidlernes kemiske sammensætning og de energetiske faktorer for foderrationer til kvæg efter Schiemann et al. (1971): $\text{GE} = 5,77 \text{ P} + 8,74 \text{ F} + 5,00 \text{ T} + 4,06 \text{ NFE}$. Omregningen af den omsættelige energi til nettoenergi med korrektion for koncentrationsgraden foretages ved hjælp af formelsystemets næste led: $0,6 (1 + 0,4 (Q + 0,57))$. Her er koefficienten $0,6$ et udtryk for k_1 eller udnyttelsesgraden for den omsættelige energi til nettoenergi ($k_1 = \frac{\text{NE}}{\text{ME}}$). Indregnes koncentrationsgraden (Q) i ligningen, fås $k_1 = 0,463 + 0,24 Q$. Nettoenergien kan derefter bestemmes ved ligningen: $\text{NE}_1 = (0,463 + 0,24 \frac{\text{ME}}{\text{GE}}) \times \text{ME}$, der er en 2. grads funktion af ME.

Ovenstående ligning for VEM udtrykker, at udnyttelsen af ME er 60% når koncentrationsgraden (Q) for rationer til malkekøer er 57%. Tallet $0,4$ angiver, at k_1 stiger eller falder med $0,4\%$ for hver enhed koncentrationen stiger eller falder. Det sidste led i formelen angiver en korrektion for fodringsniveau, idet rationens fordøjelighed aftager med stigende fodringsniveau. Da energiværdien baseres på ME, er der korrigeret for energitab i urin og methan, men der er ikke taget speciel højde for faldende fordøjelighed med stigende cellevægsindhold (træstof). Ved division med energiværdien for et kg byg-tørstof på 1650 Kcal NE fremkommer definitionen af en hollandsk foderenhed til mælkeproduktion (VEM).

Koncentrationsgraden ($Q = ME$) omfatter dog en mindre korrektion for fodringsniveau, idet foderoptagelsen er afhængig af energikoncentrationen, men denne er mindre følsom over for ændringer i fodringsniveauet end en korrektion baseret på den fordøjelige energi ($\frac{DE}{GE}$), som anført af *Van Es & van der Honing (1979)*.

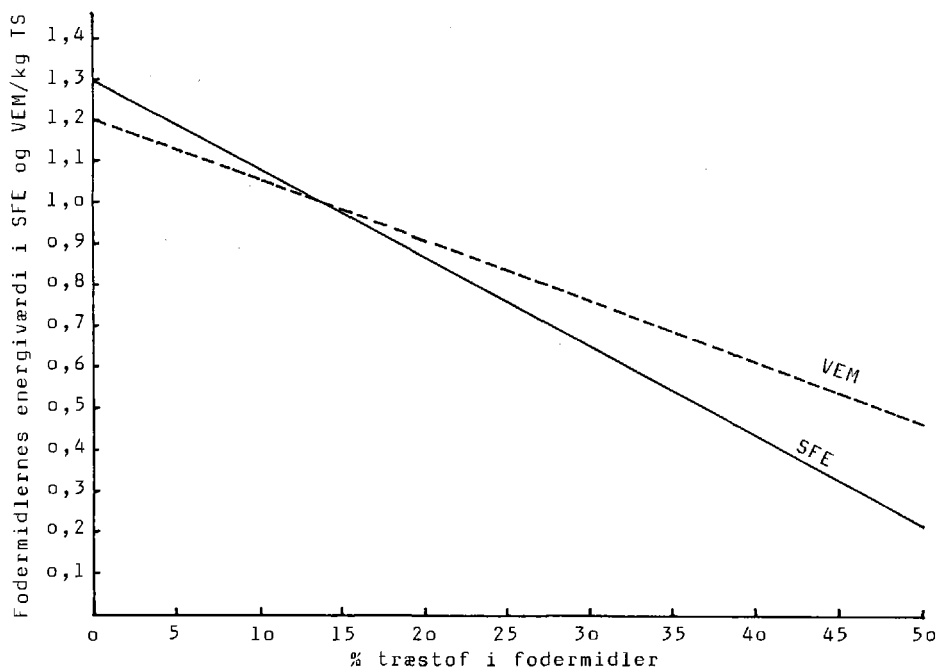
Med hensyn til udnyttelsesgraden af ME til mælkeproduktion (k_l) skal det nævnes, at *Van Es & van der Honing (1979)* i Holland fandt en udnyttelsegrad på henholdsvis 0,56 for rationer ikke indeholdende græsmarksprodukter, 0,51 for rationer med pelleterede græsmarksprodukter og 0,72 for rationer indeholdende frisk græs og kraftfoder. Dette er bl.a. grundlaget for, at der benyttes forskellige udnyttelsesgrader, når betragtningen gælder enkeltfodermidlernes energiværdi.

Det fremgår endvidere af tabel 1, at der i Holland, Frankrig og Svejts er indført en anden korrektion for udnyttelsen af ME til kødproduktion end til mælkeproduktion. Her korrigeres der foruden for udnyttelsen af ME til vækst (k_f) samt for vedligeholdelse (k_m) også for produktionsniveauet (APL). I Vesttyskland har man derimod bibeholdt stivelsesværdienheden (SE) til fastlæggelsen af fodermidlernes energiværdi til kødproduktion, idet man anså faktoren k_f for udnyttelsen af ME til kødproduktion for usikkert fastlagt.

I Danmark angives fodermidlernes energiindhold som den mængde energi, der kan genfindes i livsytringerne hos køer, der fodres på et foderniveau af ca. 12 SFE. Der regnes derfor med de tab i gødning (~fordøjeligheder), der er gældende for de enkelte fodermidler på dette foderniveau, og det varmetab, der fremkommer ved at omdanne næringsstofferne til mælk. For at et fodermiddel indeholder den angivne mængde nettoenergi, er det endvidere en forudsætning, at det opfodres i en afbalanceret foderration.

Det fremgår af det ovennævnte, at vurderingssystemerne i de forskellige europæiske lande har bibeholdt nationale, traditionelle forskelle. Der er dog visse fælles holdepunkter i grundprincipperne som f.eks. analysesystemet og gennemførelsen af fordøjelighedsforsøg med får, medens andre indførte korrektioner medvirker til at forøge forskellene i vurderingen af fodermidlernes energiværdi. der er dog enighed om definitionen af betegnelserne for energiomsætningen i organismen efter det i figur 1 anførte princip.

En sammenligning over energiværdiens afhængighed af fodermidlernes træstofindhold er for SFE og VEM anskueliggjort i figur 3.



Figur 3. Indflydelsen af fodermidlernes træstofindhold på skandinaviske foderenheder (SFE) og hollandske foderenheder (VEM).

Figure 3. The influence of crude fibre on the content of Scandinavian feed units (SFU) and Dutch feed units (VEM).

Det fremgår af figur 3, at det beregnede indhold af foderenheder aftager med stigende træstofindhold i fodermidler for begge vurderings-systemer. Fodermidler med et træstofindhold op til ca. 15% vurderes højere i SFE-systemet end i det hollandske VEM-system. Med et stigende træstofindhold bliver forskellen mellem de to systemer imidlertid større, idet VEM-systemet vurderer de træstofrige fodermidler som f.eks. halm dobbelt så højt som den angivne værdi i SFE. Overvurderingen af de træstofholdige fodermidlers energiværdi i VEM-sy-

stemet beror på, at nedgangen i træstoffets fordøjelighed fra får på vedligeholdelsesniveauet til kvæg på produktionsniveauet er fordelt på alle næringsstoffer og ikke kun på træstof som omtalt i næste afsnit.

Bestemmelsen af værditallet i SFE-systemet er meget tidsrøvende og kræver et stort forsøgsapparat, og værditallet er derfor ikke forsøgsmæssigt underbygget for alle fodermidler. Derfor berorer del af usikkerheden i foderværdibestemmelsen i SFE fra omregningen af de fordøjelige næringsstoffer til nettoenergi på værditallet.

I den fremtidige bestemmelse af fodermidlernes nettoenergi er grundlaget for SFE fastholdt, men beregningsmetoden er ændret, således at værditalsbestemmelsen udgår af foderenhedsberegningen.

4. GRUNDLAGET FOR EN ÆNDRET BEREGNINGSMETODE AF FODERMIDLERNES ENERGIVÆRDI TIL KVÆG

Da energivurderingen på grundlag af det skandinaviske foderenheds-system hviler på et stort forsøgs- og erfaringsmateriale, bør en nyvurdering gennemføres på basis af de foreliggende resultater. Overvejelserne har derfor ført til følgende forudsætninger:

1. Et nyt energivurderingssystem bør være let at håndtere samt fleksibelt med hensyn til indbygning af ny fremtidig viden.
2. Et fremtidigt dansk energivurderingssystem bør baseres på nettoenergi beregnet ud fra fordøjelig energi bestemt på får fodret på vedligeholdelsesniveau.
3. Fordøjelig energi beregnes på grundlag af fordøjelige næringsstoffer ved hjælp af relevante eksperimentelt bestemte energetiske faktorer eller ved direkte bestemmelse på får eller egnede laboratoriemetoder (*in vitro*).
4. Foderenhedsbetegnelsen bør bibeholdes i fremtiden.
5. Hvert fodermiddel tillægges en FE-værdi, som regnes additivt med hensyn til beregning af en foderrations næringsværdi.

4.1 BAGGRUND FOR FORUDSÆTNINGERNE

Overvejelserne med hensyn til valget af de nævnte forudsætninger skal uddybes i det følgende:

Fordøjelig energi som grundlag for beregningen af nettoenergi.

Et fodermiddels energiværdi bør vurderes på basis af nettoenergi, idet denne angiver energimængden, der kan anvendes til dyrenes vedligehold og syntese af mælk, kød, m.v.

Af det foran omtalte fremgår, at man kan beregne nettoenergien enten direkte fra den fordøjelige energi eller fra den omsættelige energi. Det er lettere at bestemme den fordøjelige energi, idet det er nødvendigt med brug af respirationskammer til eksperimentel bestemmelse af den omsættelige energi. Derfor er det mere hensigtsmæssigt, at udgangspunktet er den fordøjelige energi. Et fodermiddels tilsyneladende fordøjelige energi er defineret som:

Fordøjelig energi (MJ) = energi optaget (MJ) + energi i gødning (MJ)

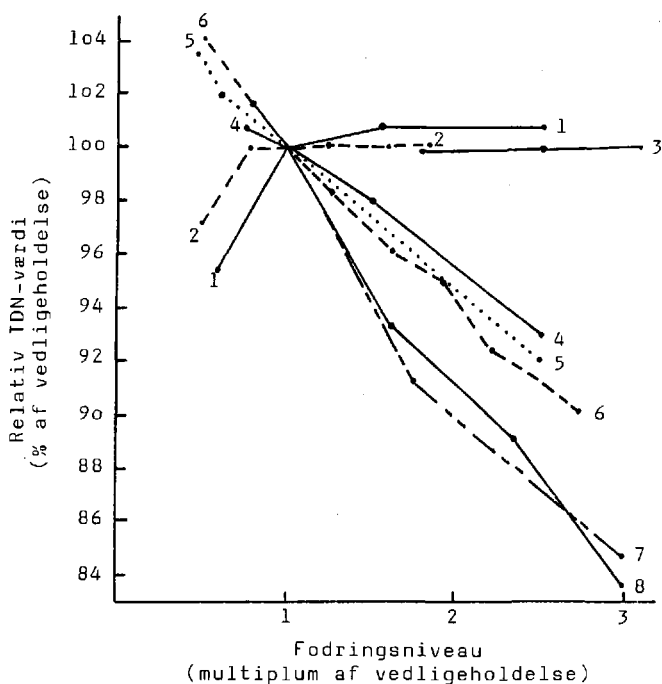
Fordøjelig energi (%) = $\frac{\text{energi optaget (MJ)} + \text{energi i gødning (MJ)}}{\text{energi optaget (MJ)}} \times 100$

Den største variation mellem fodermidlernes energiværdi kommer til udtryk i den fordøjelige energi, idet denne kan variere fra 30 til næsten 100%. Idet fordøjelig energi er forholdsvis nemt at bestemme, er det mest velegnet som udgangspunkt for forsøgsspørgsmål vedrørende fodermidlernes energiværdi til drøvtyggere. Endvidere er der mulighed for, at den fordøjelige energi bestemmes ved hjælp af in vitro - teknikken, enten ved brug af vomvæske eller cellulosedbrydende enzymer.

Den fordøjelige energi påvirkes bl.a. af foderniveauet (vedligeholdelse, produktion), foderets fysiske form (partikelstørrelse, træstof, cellevægge), fodringsfrekvens samt rationssammensætningen (balance og vekselvirkning mellem næringsstoffer).

Det fremgår af figur 4, at fordøjeligheden især af de rationer med en stor andel af kraftfoder aftager med stigende foderniveau. Desuden kan det ses, at fordøjeligheden af rationerne med kun hø eller græs under vedligeholdelsesniveauet er stigende indtil 1 x vedligeholdelse og ikke er faldende op til 3 x vedligeholdelse. Resultater

af Thomsen & Henriksen (1983) har vist, at disse forhold især skyldes en nedgang i fordøjeligheden af cellevægge (træstof) med stigende kraftfoderandel i rationen.

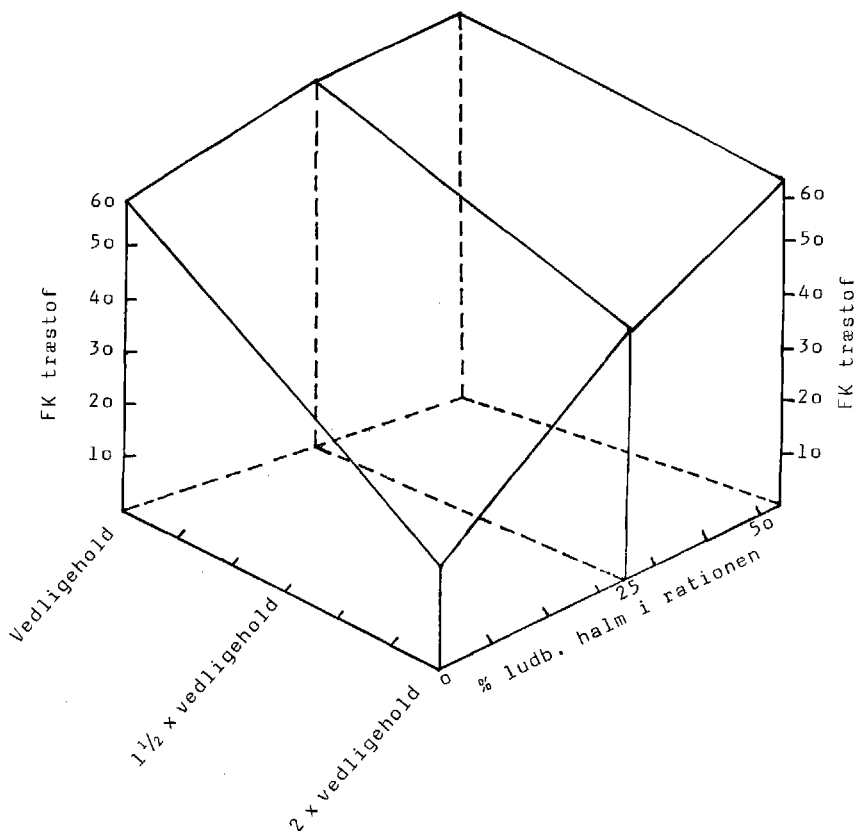


1. lucernehø, 2. kløver-timotheehøblanding, 3. lucerne-græskløverblanding fodret frisk til goldkøer, 4. kraftfoder (33%) og hø-majsensilage (67%), 5. majsensilage, 6. kraftfoder (80%) og hø (20%), 7. kraftfoder (60%) og hø (40%), 8. majs (75%) og hø (25%).

Figur 4. Fodringsniveauets indflydelse på fordøjeligheden af foderationer med forskelligt kraftfoder-grovfoderforhold. (Reid 1966).

Figure 4. Effect of level of intake on digestibility on various diets.

Figur 5 viser vekselvirkningen mellem halmandelen eller indholdet af strukturkulhydrater i foderrationen og fodringsniveauet med hensyn til fordøjeligheden af træstof.



Figur 5. Indflydelsen af % lubb. behandlet bygghalm i foderrationen på fordøjeligheden af træstof. (Thomsen & Henriksen 1983)

Figure 5. The influence of NaOH treated barley straw on digestibility of crude fibre in rations for cattle.

Det fremgår af figur 5, at fordøjeligheden af træstof aftager med stigende fodringsniveau for alle rationer, men at faldet er størst for rationen uden halm. Forklaringen herpå er, at fordøjeligheden af strukturkulhydraterne aftager på grund af vekselvirkningen mellem strukturkulhydrater og den stigende andel af letfordøjelige kulhydrater (stivelse og sukker) i rationen. Dette forhold vedrørende strukturkulhydraternes (træstoffets) aftagende fordøjelighed med stigende fodringsniveau bør derfor drages ind i vurderingen af fodermidlernes energiværdi til drøvtyggere.

4.2 BESTEMMELSE AF DEN FORDØJELIGE ENERGI

Et fodermiddels indhold af fordøjelig energi bestemmes i fordøjelighedsforsøg med får, som også er grundlaget i de fleste andre europæiske systemer til bestemmelse af næringsstofferne fordøjelighed. Får er et let håndterbart forsøgsdyr, hvormed et stort antal forsøg kan udføres. Fordøjelighedsforsøgene gennemføres ved et standardniveau svarende til fodring på vedligeholdelsesniveau. Derfor bør der foretages en korrektion af resultaterne til fodring på produktionsniveau i henhold til føromtalte påvirkning af næringsstofferne fordøjelighed og dermed fodermidlernes energiværdi.

Indtil den fordøjelige energi for alle fodermidler er direkte bestemt i fordøjelighedsforsøg med får, kan der benyttes energetiske faktorer, hvormed de fordøjelige næringsstoffer multipliceres, og den fordøjelige energi beregnes. Sådanne beregninger kan gennemføres for de foreliggende fodermidler i tabelværket af *Andersen & Just (1978)*. Et formelsystem til beregning af fodermidlernes fordøjelige energi foreligger på grundlag af gennemførte fordøjelighedsforsøg med 67 foderrationer med kvæg i Rostock (*Schiemann et al. 1971*). Da fodermidlerne skal benyttes i foderrationer til kvæg, blev de energifaktorer, der bestemtes på rationer, foretrukket. Energifaktorerne i den benyttede ligning til beregning af den fordøjelige energi i rationer til kvæg er følgende:

$$y = 5,79x_1 + 8,15x_2 + 4,06x_3 + 4,42x_4$$

$$y = \text{fordøjelig energi (kcal)}$$

- x_1 = fordøjeligt råprotein (g)
- x_2 = fordøjeligt råfedt (g)
- x_3 = fordøjeligt NFE (g)
- x_4 = fordøjeligt træstof (g)

De fordøjelige næringsstoffer ($x_1 - x_4$) bestemmes i fordøjelighedsforsøg med får fodret på vedligeholdelsesniveau.

I nævnte ligninger forholdet mellem proteinets energiværdi og kulhydraternes energiværdi (NFE) 1,43 (5,78 : 4,06) ligesom i SFE-systemet. Sættes proteinets energiværdi derimod i forhold til gennemsnitsværdien af koefficienterne til NFE og træstof svarende til summen af simple og strukturlkulhydrater fås faktoren 1,37. Denne faktor svarer til det i det franske energivurderingssystem benyttede forhold mellem proteinets og kulhydraternes energiværdi samt til den af Maynard (1953) foreslåede faktor på 1,36 ved benyttelsen af fordøjelig energi som grundlag. Diskussionen om proteinets energetiske udnyttelse i forhold til kulhydraternes har været ført lige siden indførelsen af SFE af Axelson i 1915. Ved betragtning af energivurderingssystemerne i de andre europæiske lande er faktoren varierende.

4.3 FODERENHEDSBETEGNELSE BØR BIBEHOLDES

Af hensyn til at resultaterne fra et energiberegningssystem fortsat skal kunne anvendes i praksis, bør det her i landet velkendte foderenhedsbegreb bibeholdes. Det er derimod beregningen af foderenhederne, der bør forbedres i forhold til det nuværende system.

Det kan her nævnes, at man ved opbygningen af det hollandske system, som omtalt i tabel 1, ligeledes er gået over til at angive fodermidlernes energiværdi i foderenheder til mælkeproduktion (VEM) med byg som grundlag, således at det blev en let håndterbar enhed for landmanden. Da foderenhedsbetegnelsen er udtryk for nettoenergi, må en bedømmelse af enkeltfodermidlers næringsværdi ses i sammenhæng med det energetiske næringsbehov i NE. Da disse begreber er nært beslægtede, må energibehovet og fodermidlernes energiværdi udtrykkes i sam-

me enhed som anført af *Breirem (1965)*.

4.4 FODERMIDLERNES ADDITIVITET

Såfremt enkeltfodermidlernes energiværdi skal kunne benyttes i et nettoenergisystem, må det forudsættes, at energiværdierne kan adderes ved rationsberegningerne. Her må der dog, som tidligere nævnt, tages hensyn til vekselvirkningen mellem fodermidlerne i en foderration. Vekselvirkningen påvirker fordøjeligheden og dermed additiviteten. Det drejer sig især om ekstreme fodermidler og ekstreme rations sammensætninger. Påvirkningen vil være størst for træstofrige fodermidler med en stor andel af cellevægge, når de indgår sammen med kraftfoder eller hurtigt omsættelige fodermidler i rationen.

En fordel ved bibeholdelsen af fodermidlernes additivitet i et nettoenergivurderingssystem er, at den ved f.eks. mælkeproduktion fastlagte behovsnorm kan fastholdes. I den engelske fodringsvejledning, hvor man benytter den omsættelige energi som mål for fodermidlernes energiindhold, benyttes en normmatrix ved forskellige produktionsniveauer (*ARC 1980*). Dette viser, at additiviteten i det engelske ME-vurderingssystem ikke kan opretholdes, når energikoncentrationen og produktionsniveauet varierer. *Blaxter (1962)* har allerede fremhævet, at enkeltfodermidlerne i et ME-system ikke direkte er additive med hensyn til en forudsigtelse af den dyriske livsytring. Såfremt en foderrations ME beregnes på grundlag af enkeltfodermidlernes indhold af ME, må rationens nettoenergiværdi korrigeres i henhold til foderniveauet og foderrationens energikoncentration. Desuden må der tages hensyn til den forskellige udnyttelse af ME til vedligeholdelse (k_m) og til produktion (k_f og k_l), som anført af *Neimann-Sørensen (1980)*.

5. NYT BEREKNINGSSYSTEM TIL BESTEMMELSE AF FODERENHEDER TIL KVÆG

Udgangsmaterialet for gennemførelsen af en nyvurdering af fodermidlernes energiværdi var handelsfodermidlerne og grovfodermidlerne med deres respektive kemiske sammensætning bestemt ved foderstofanalysen (*Weende*) og fordøjelighedskoefficienter samt SFE opført i tabelværket over fodermidlernes sammensætning til kvæg af *Andersen & Just (1979)*. For handelsfodermidlerne er de ændringer i den kemiske

analyse m.m. for enkelte oliekgager, som indførtes i det nye cirkulære over fodermidlernes energetiske værdi fra *Statens Foderstofkontrol (1982)* anvendt i stedet for værdierne af *Andersen & Just (1969)*.

I henhold til pkt. 4.2 blev alle fodermidlers fordøjelige energi beregnet på grundlag af de i fordøjelighedsforsøg med kvæg bestemte energifaktorer af *Schiemann et al. (1971)*. På grund af manglende analysetal og fordøjelighedskoefficienter eller andre atypiske afvigelser blev følgende fodermidler ikke medtaget i beregningerne: Animalsk fedt, majsstivelse, kartoffelstivelse, fodersukker, fodercellulose, blødmel, fiskemel, gæret sukkerroeaffald, hestebønner og kasein. Derefter blev relationerne mellem fodermidlernes beregnede indhold af fordøjelig energi efter Rostock-faktorerne og de i fodermiddel-tabellen opførte SFE beregnet på de resterende 174 fodermidler. Følgende beregningsmodel blev benyttet:

$$\text{SFE/kg TS} = a + b (5,79\text{DP} + 8,15\text{DF} + 4,06\text{DNFE} + 4,42\text{DT} + 0,183\text{S}) \div k \times \text{DT}$$

hvor

SFE/kg TS	=	skandinaviske foderenheder pr kg tørstof
DP	=	kg fordøjeligt protein
DF	=	kg fordøjeligt fedt
DNFE	=	kg fordøjeligt NFE
DT	=	kg fordøjeligt tørstof
S	=	kg sukker, når S > 20%

Som det fremgår af modellen, blev der udover beregningen af den fordøjelige energi indført en korrektion for sukker i de sukkerholdige fodermidler, når sukkerindholdet er større end 20%. Fodermidlernes sukkerindhold og faktoren for sukkerkorrektionen blev bl.a. valgt efter det tyske *DLG*-fodermiddeltabelværk (1982) samt efter det hollandske energivurderingssystem (*Van Es 1978*).

Begrundelsen for at indføre en sukkerkorrektion er, at energiindholdet er forskelligt i henholdsvis mono-, di- og polysaccharider. I monosaccharider som glukose er energiindholdet 3,736 mcal/kg. I disaccharider som f.eks. sucrose, der dannes ud fra to monosaccharider

under vandfraspaltning ($2C_6H_{12}O_6 + C_{12}H_{22}O_{11} + H_2O$), stiger energikoncentrationen, da kulstofindholdet i disaccharidet er øget i forhold til monosaccharidet. I sucrose er energiindholdet 3,943 mcal/kg. I polysaccharider som f.eks. stivelse, der dannes ud fra glukose under vandfraspaltning [$n \cdot C_6H_{12}O_6 + n \cdot C_6H_{10}O_5 + n \cdot H_2O$], stiger energiindholdet yderligere, da kulstofindholdet er steget i forhold til disaccharider. I stivelse er energiindholdet 4,179 mcal/kg.

Reduktionen i energiindholdet fra polysaccharider til mono- og disaccharider afhænger af indholdet af disse i de aktuelle fodermidler. Forskellen i energiindholdet i et kg stivelse og sucrose er 0,236 mcal, og forskellen mellem energiindholdet i et kg stivelse og glukose er 0,443 mcal. Sukkerkorrektionens størrelse bør derfor i teorien afstemmes efter indholdet af mono- og disaccharider, og da indholdet af monosaccharider normalt er lavt, bør værdien i de fleste tilfælde afpasses efter disaccharider, en undtagelse er dog rørmelasse, hvor ca. 50% af sukkeret findes som monosaccharider.

En yderligere vanskelighed ved fastlæggelsen af sukkerkorrektionens størrelse er, at der allerede i nogen udstrækning er taget hensyn til denne ved fastlæggelsen af faktoren for NFE i udregningen af den fordøjelige energi, idet denne vil være påvirket af sukkerindholdet i de rationer, der har været anvendt til beregning af denne ligning. I det hollandske system anvendes faktoren -0,15 for fradrag i den omsættelige energi. Hvis denne faktor umiddelbart accepteres for fordøjelig energi, bliver faktoren $\frac{-0,15}{0,82} = -0,183$, hvor 0,82 svarer til, at ME udgør 82% af DE. Faktoren er betydeligt lavere end de teoretiske værdier, men skyldes som nævnt, at der allerede er foretaget et vist fradrag ved fastlæggelse af faktoren for NFE i beregningen af den omsættelige energi.

Desuden blev der indført et korrektionsled for fordøjeligt træstof ($k \times DT$) på grund af den under pkt. 4.1 omtalte nedgang i træstoffets fordøjelighed og dermed fodermidlernes energiværdi med stigende fodringsniveau (multiplum af vedligeholdelse). Fordelen ved denne beregningsmodel er bl.a., at værditallet i fremtiden ikke skal bestemmes som et hjælpemiddel ved fodermidlernes energiværdiansættelse som ved tidligere beregning af SFE.

Ved beregningerne opnåedes følgende sammenhæng og værdier for mo-

dellens konstantled:

$$\text{SFE/kg TS} = +0,425 + 0,421 \times \text{mcal fordøjelig energi} + 0,502 \times \text{kg fordøjeligt træstof}$$

$$R^2 = 0,975, \text{ STD} = 0,046, \text{ CV} = 5,05$$

$$s_a = 0,030,$$

$$s_b = 0,008,$$

$$s_k = 0,062,$$

Denne ligning kan også udtrykkes i megajoule fordøjelig energi ved multiplikation af den fordøjelige energi med faktoren 4,186, hvorefter følgende formel opnås:

$$\text{SFE/kg TS} = +0,425 + 0,101 \text{ MJ fordøjelig energi} + 0,502 \times \text{kg fordøjeligt træstof}$$

I ovenfor anførte formel kan SFE erstattes med den nye betegnelse for foderenheder til kvæg (FE_k), som derfor kan beregnes efter følgende ligning:

$$\text{FE}_k/\text{kg TS} = +0,425 + 0,101 \text{ MJ fordøjelig energi/kg TS} + 0,502 \times \text{kg fordøjeligt træstof/kg TS}$$

Den statistiske sikkerhed udtrykker, at fodermidlernes indhold af SFE kan bestemmes, på et forholdsvis højt signifikant niveau med ovenfor anførte formel. Spredningerne på ligningens konstantled var små. Korrelationen ($R^2 = 0,975$) udtrykker, at 2,5% af variationen i fodermidlernes energiværdi ikke kan beskrives af ligningen. Standardafvigelsen på 0,046 udtrykker, at 100FE_k kan bestemmes med en sikkerhed på $\pm 4,6$ foderenheder, og interceptværdien på +0,425 udtrykker, at der medgår energi, når bestanddele af et fodermiddel ikke kan fordøjes af dyret. Hædningskoefficienten på 0,101 MJ udtrykker, at fodermidlernes indhold af FE_k stiger med 0,101 for hver stigning på 1 MJ fordøjelig energi/kg TS. Der er her regnet med ens udnyttelse af den fordøjelige energi for alle næringsstoffer.

Træstofkorrektionsfaktoren kan indregnes i den benyttede Rostock-ligning. Herved nedsættes energifaktoren for fordøjeligt træstof

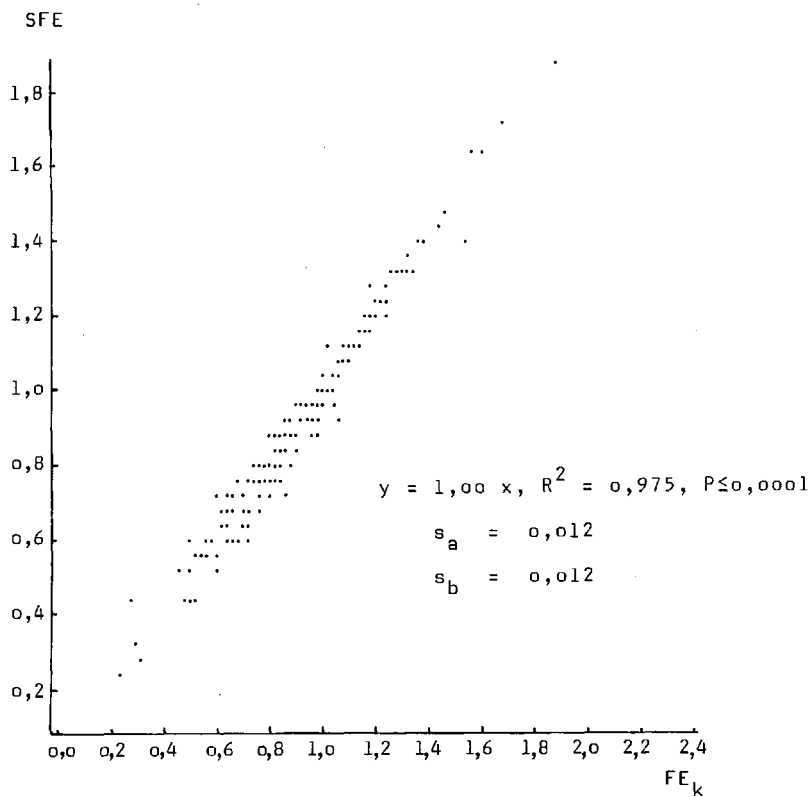
til 3,23 ($4,42 \div (0,502 : 0,421) = 3,23$). Dette udtrykker, at fordøjeligheden af træstof bestemt hos får på vedligeholdelsesniveauet nedsættes med 26,9% $\frac{(4,42 - 3,23) \cdot 100}{4,42}$ for alsidige rationer på produktionsniveauet hos køer. Korrektionsfaktoren 0,502 er derfor beregnet ved en reduktion af træstoffets fordøjelighed med 26,9%.

I stedet for at indregne træstofkorrektionsfaktoren i Rostock-ligningen, foretrækkes det imidlertid at bibeholde korrektionsleddet stående uden for parentesen for beregningen af den fordøjelige energi, idet faktoren, som det vil fremgå af senere beregninger under afsnit 5.2, kan antage forskellige størrelser i henhold til ved hvilket produktionsniveau (vedligeholdelse, 2 x vedligeholdelse, 3 x vedligeholdelse) eller træstofniveau, man gennemfører foderrationsberegningen. Denne faktor bevirker, at energiberegningen for fodermidlerne, som anført her, bliver principielt forskellig fra andre vurderings-systemer. Selv om der består enighed om, at fordøjeligheden af træstof nedsættes med stigende foderniveau og øgede mængder stivelse/sukker i foderrationen, er der ikke taget hensyn hertil i de nyere systemer, som beskrevet i afsnit 5.

Middelværdierne og spredningerne for de i beregningen inddragne størrelser for de benyttede fodermidler er anført i tabel 2.

Det fremgår af tabel 2, at middelværdierne for SFE og FE_k er ens på 0,91 FE/kg TS, og at variationsområdet for beregningerne har strakt sig fra 0,23 SFE til 1,90 SFE pr. kg tørstof. I FE_k -værdier er variationsområdet 0,24 - 1,88 FE_k . For enkelte fodermidler er den relative afvigelse i FE_k i forhold til SFE stor og varierer for bederoetopensilage med 50% aske fra -50,3% til +16,0% for lucernehø i slutblomst. Ved udeladelse af bederoetop med 50% aske er den laveste værdi -21,1% for ludet halm.

Sammenhængen mellem SFE og FE_k er vist i figur 6. Ligningen går igennem punktet (0,0) med hældningen 1,0, $s_b = 0,01$ og en korrelation på $R^2 = 0,97$, $P \leq 0,001$ med en høj signifikant sammenhæng, idet 97, % af variationen i den ene variable kan beskrives i den anden.



Figur 6. Sammenhæng mellem skandinaviske foderenheder (SFE) og foderenheder kvæg (FE_k).

Figure 6. Relationship between Scandinavian feed units (SFU) and feed units cattle (FU_k).

Tabel 2. Middelværdier og deres spredninger for de i FE_k -beregningen indgående variable størrelser.

Table 2. Mean values and standard errors of factors in FU_k calculations.

Variable	N	Gennem- snit	Standard afvigelse	Min. værdi	Max. værdi	C.V.
Variable		Average	Standard deviation	min. value	max. value	
SFE	174	0,912	0,289	0,233	1,899	31,68
SFU						
Mcal ford. E	174	3,290	0,613	1,774	5,466	18,64
Mcal dig. E						
kg ford. træstof	174	0,098	0,076	0,000	0,302	77,58
kg dig. crude fiber						
FE_{FU_k}	174	0,912	0,285	0,242	1,878	31,28
Afvigelse	174	0,000	0,046	-0,146	0,137	—
Deviation						
Relativ afvigelse	174	-0,002	0,069	-0,503	0,160	—
Relative deviation						

5.1 ENKELTFODERMIDLERS ENERGIVÆRDI

Enkeltfodermidlernes energiværdi i SFE samt nye FE_k -værdier og deres relative afvigelse fra SFE-værdien er anført i tabel 3 og 4.

FE_k - beregningen med den under afsnit 5 omtalte ligning giver fodermidlernes energiværdi med stor sikkerhed for de fodermidler, hvor foderstofanalysen beskriver fodermidlernes kemiske sammensætning godt. Der kan være flere årsager til de afvigelser, der forekommer. For sukkerholdige fodermidler er der foretaget en korrektion, da sukker indeholder mindre energi end stivelse. Af andre årsager kan nævnes, at 1) NPN-holdige fodermidler på grund af faktoren 6,25 tillægges en for høj energiværdi, 2) råfedtfraktionen kan indeholde komponenter, der har en lavere brændværdi end 8,15 kcal/kg, som tilfældet f.eks. er i ensilage, hvor den nugældende tørstofbestemmelse ligeledes medfører fejl, 3) i ligningen til beregningen af FE_k anvendes en konstant reduktionsfaktor af det fårefordøjelige træstofs værdi til malkekøer på produktionsniveau uanset træstoffets oprindelse og sammensætning, 4) der regnes med den samme udnyttelse af den absorberede energi fra råfedt, råprotein, træstof og

Label 3. Enkeltfodermidlernes energiværdi (pr. kg TS)

Table 3. Energy value of feedstuffs/kg DM

Nr.	Fodermiddel	SFE	Mcal ford. energi	MJ ford. energi	kg Ford. træstof Dig. Fiber	Sukker % Sugar %	FE _k FU _k	Afvigelse FE _k ÷ SFE Difference	Relativ afvigelse Relative difference
No.	Food name	SFU	Mcal dig. energy	MJ dig. energy					
	<u>Oliekager og -skrå</u> <u>Oilcakes and meals</u>								
101	Bomuldsfrøkager, afsk.	1,24	3,959	16,571	0,034	-	1,23	-0,001	-0,009
102	Bomuldsfrøkager, delv.afsk.	1,10	3,665	15,341	0,046	-	1,10	0,000	0,000
103	Bomuldsfrøkager, uafsk.	0,77	2,920	12,224	0,072	-	0,77	0,003	0,003
104	Bomuldsfrøskrå, afsk.	1,12	3,701	15,491	0,039	-	1,11	-0,008	-0,007
105	Bomuldsfrøskrå, delv.afsk.	0,96	3,362	14,074	0,053	-	0,97	0,004	0,004
106	Bomuldsfrøskrå, uafsk.	0,66	2,642	11,058	0,064	-	0,66	-0,009	-0,013
107	Hørfrøkager	1,20	3,832	16,040	0,039	-	1,17	-0,026	-0,022
108	Hørfrøskrå	1,07	3,595	15,049	0,034	-	1,07	0,007	0,006
109	Jordnødkager, afsk.	1,41	4,317	18,072	0,021	-	1,38	-0,023	-0,017
110	Jordnødkager, delv.afsk.	1,26	4,004	16,761	0,042	-	1,24	-0,021	-0,017
111	Jordnødskrå, afsk.	1,32	4,131	17,292	0,021	-	1,30	-0,013	-0,010
112	Jordnødskrå, delv.afsk.	1,19	3,858	16,148	0,036	-	1,18	-0,009	-0,008
113	Kokoskager (under 11% fedt)	1,11	3,684	15,422	0,076	-	1,09	-0,016	-0,015
114	Kokoskager (over 11% fedt)	1,23	3,939	16,489	0,090	-	1,19	-0,044	-0,037
115	Kokosskrå	0,95	3,338	13,971	0,092	-	0,94	-0,016	-0,017
116	Nigerkager	0,88	3,168	13,261	0,075	-	0,87	-0,003	-0,004
117	Palmekager	1,12	3,683	15,416	0,078	-	1,09	-0,028	-0,026
118	Palmeskrå	0,93	3,312	13,865	0,076	-	0,93	0,001	0,001
119	Rapskager	1,13	3,731	15,618	0,053	-	1,12	-0,013	-0,011
120	Rapsskrå	1,08	3,593	15,039	0,054	-	1,06	-0,017	-0,016
121	Senneppskrå	1,15	3,759	15,737	0,042	-	1,14	-0,010	-0,008

Nr.	Fodermiddel	SFE	Mcal ford. energi	MJ ford. energi	kg Ford. træstof	Sukker %	FE _k	Afvigelse FE _k ÷ SFE	Relativ afvigelse
No.	Food name	SFU	Mcal dig. energy	MJ dig. energy	Dig. fiber	Sugar %	FU _k	Difference	Relative difference
122	Sesamkage	1,10	3,668	15,353	0,049	-	1,10	-0,008	-0,008
124	Sojakage	1,33	4,159	17,409	0,052	-	1,30	-0,033	-0,025
126	Sojaprotein-konc.	1,46	4,446	18,610	0,027	-	1,43	-0,023	-0,016
127	Sojaskrå	1,31	4,123	17,259	0,049	-	1,29	-0,027	-0,021
128	Sojaskrå, afsk.	1,39	4,284	17,934	0,027	-	1,37	-0,028	-0,021
131	Solsikkekager, afsk.	1,19	3,862	16,168	0,047	-	1,18	-0,015	-0,013
132	Solsikkekager, delv.afsk.	0,89	3,176	13,294	0,070	-	0,88	-0,016	-0,018
133	Solsikkekager, uafsk.	0,68	2,784	11,653	0,071	-	0,71	0,029	0,040
134	Solsikkeskrå, afsk.	1,00	3,449	14,436	0,057	-	1,00	0,001	0,001
135	Solsikkeskrå, delv.afsk.	0,86	3,133	13,114	0,071	-	0,86	0,004	0,004
136	Solsikkeskrå, uafsk.	0,65	2,764	11,572	0,071	-	0,70	0,049	0,070
139	Sojaskrå, træstofrig	1,25	3,947	16,521	0,067	-	1,20	-0,049	-0,041
<u>Korn og frø</u> <u>Grain and seeds</u>									
201	Byg	1,13	3,702	15,497	0,020	-	1,12	-0,004	-0,004
202	Havre	0,96	3,377	14,137	0,030	-	0,98	0,018	0,018
203	Hvede	1,16	3,802	15,914	0,012	-	1,17	0,011	0,010
204	Majs	1,19	3,863	16,171	0,007	-	1,20	0,004	0,004
205	Milokorn	1,17	3,815	15,968	0,007	-	1,18	0,013	0,011
206	Ris	0,98	3,416	14,301	0,045	-	0,99	0,010	0,010
207	Rug	1,13	3,741	15,661	0,011	-	1,15	0,017	0,015
208	Hestebønner	1,17	3,800	15,906	0,047	-	1,15	-0,018	-0,015
209	Hørfrø	1,62	4,837	20,246	0,026	-	1,60	-0,025	-0,016
210	Rapsfrø	1,71	5,011	20,976	0,021	-	1,68	-0,037	-0,022
211	Sojabønner	1,49	4,506	18,862	0,017	-	1,47	-0,025	-0,017

Nr.	Fodermiddel	SFE	Mcal ford. energi	MJ ford. energi	kg Ford. træstof	Sukker %	FE _k	Afvigelse FE _k ÷ SFE	Relativ afvigelse
No.	Food name	SFU	Mcal dig. energy	MJ dig. energy	Dig. fiber	Sugar %	FU _k	Difference	Relative difference
212	Sød lupin	1,25	3,992	16,709	0,114	-	1,20	-0,050	-0,042
213	Ærter	1,20	3,894	16,302	0,026	-	1,20	0,003	0,002
220	Byg, træstofrig	1,04	3,511	14,698	0,019	-	1,04	0,008	0,008
	<u>Mølleriprodukter</u>								
	<u>By-products (cereals)</u>								
301	Byg, afsk.	1,20	3,837	16,062	0,003	-	1,19	-0,006	-0,005
302	Bygskalmel	0,80	3,028	12,673	0,055	-	0,82	0,020	0,024
303	Havre, afsk.	1,01	3,488	14,599	0,008	-	1,04	0,028	0,027
304	Havrepolermel	1,02	3,507	14,682	0,004	-	1,05	0,030	0,029
305	Havreskalmel	0,50	2,407	10,074	0,174	-	0,50	0,001	0,003
306	Hvedekim	1,36	4,169	17,449	0,022	-	1,32	-0,043	-0,033
307	Hvedeklid	0,83	3,067	12,840	0,032	-	0,85	0,025	0,030
308	Hvedemel	1,19	3,814	15,966	0,000	-	1,18	-0,007	-0,006
309	Hvedestrømel	1,16	3,791	15,868	0,024	-	1,16	0,001	0,001
310	Majsfodermel	1,16	3,798	15,900	0,013	-	1,17	0,006	0,005
311	Majsglutenfoder	1,27	3,881	16,245	0,053	-	1,18	-0,088	-0,075
312	Majsglutenmel	1,39	4,654	19,480	0,011	-	1,53	0,137	0,089
313	Majskim	1,10	3,650	15,279	0,007	-	1,11	0,012	0,011
314	Majsklid	0,90	3,223	13,493	0,057	-	0,90	0,008	0,009
315	Majsmel	1,18	3,824	16,006	0,003	-	1,18	0,005	0,004
317	Risfodermel	0,99	3,432	14,367	0,014	-	1,01	0,020	0,020
318	Rugklid	0,88	3,178	13,304	0,023	-	0,90	0,027	0,030
319	Rugstrømel	1,05	3,541	14,822	0,022	-	1,06	0,010	0,009

Nr.	Fodermiddel	SFE	Mcal ford. energi	MJ ford. energi	kg Ford. træstof	Sukker %	FE _k	Afvigelse FE _k ÷ SFE	Relativ afvigelse
No.	Food name	SFU	Mcal dig. energy	MJ dig. energy	Dig. fiber	Sugar %	FU _k	Difference	Relative difference
<u>Animalske fodermidler</u> <u>Animal feedingstuffs</u>									
409	Kørnemælkspulver	1,18	3,852	16,126	0,000	-	1,20	0,016	0,013
410	Kødbenmel (askefattigt)	1,06	3,550	14,860	0,000	-	1,07	0,012	0,012
411	Kødbenmel (askerigt)	1,02	3,409	14,270	0,000	-	1,01	-0,011	-0,011
412	Skummetmælkspulver	1,30	3,993	16,716	0,000	50,40	1,26	-0,045	-0,036
	Sødmælkserstatning	1,64	4,705	19,693	0,000	-	1,56	-0,082	-0,052
413	Vallepulver	1,15	3,746	15,683	0,000	-	1,15	0,005	0,004
421	Kørnemælk	1,30	4,206	17,608	0,000	-	1,35	0,045	0,034
422	Skummetmælk	1,32	4,128	17,278	0,000	-	1,31	-0,005	-0,003
424	Sødmælk	1,90	5,466	22,881	0,000	-	1,88	-0,021	-0,011
425	Valle	1,22	3,968	16,609	0,000	-	1,25	0,031	0,025
<u>Andre fodermidler</u> <u>Miscellaneous feedingstuffs</u>									
501	Citruskvas	0,96	3,343	13,995	0,107	22,30	0,93	-0,031	-0,034
505	Guarmel	1,15	3,839	16,071	0,081	-	1,15	0,007	0,006
508	Maltaffald	0,78	3,028	12,673	0,091	-	0,80	0,023	0,029
509	Maltspirer	0,95	3,370	14,109	0,067	-	0,96	0,008	0,008
510	Mask, tørret	0,91	3,315	13,878	0,081	-	0,93	0,022	0,024
511	Melasse, sukkerroe	0,94	3,499	14,647	0,000	63,00	1,00	0,060	0,064
512	Melasse, sukkerrør	0,82	3,005	12,579	0,000	66,60	0,84	0,024	0,029
513	Sukkerroeaffald	0,91	3,403	14,245	0,154	-	0,93	0,022	0,024
515	Tapiokamel	1,13	3,465	14,505	0,024	-	1,02	-0,109	-0,106
516	Tørgør	1,23	3,991	16,706	0,016	-	1,25	0,019	0,015
519	Ableaffald, most	0,80	2,991	12,522	0,123	-	0,77	-0,026	-0,033

Nr.	Fodermiddel	SFE	Mcal ford. energi	MJ ford. energi	kg Ford. træstof Dig. fiber	Sukker % Sugar %	FE _k FU _k	Afvigelse FE _k + SFE Difference	Relativ afvigelse Relative difference
No.	Food name	SFU	Mcal dig. energy	MJ dig. energy					
520	Vinasse	0,71	2,659	11,132	0,000	-	0,70	-0,011	-0,016
561	Kornbærme	0,93	3,619	15,147	0,062	-	0,99	0,060	0,060
566	Mask, frisk	0,84	3,250	13,606	0,083	-	0,90	0,062	0,069
571	Kartoffelbærme	0,75	2,861	11,976	0,042	-	0,76	0,013	0,017
573	Kartoffelpulp	0,94	3,427	14,344	0,110	-	0,96	0,020	0,021
586	Kosetter	0,96	3,482	14,577	0,083	-	1,00	0,039	0,039
	<u>Kløver og græs</u> <u>Clover and grass</u>								
601	Kløvergræs, før knop	0,92	3,281	13,735	0,156	-	0,88	-0,039	-0,044
602	Kløvergræs, i knop	0,78	3,025	12,661	0,179	-	0,76	-0,024	-0,032
603	Kløvergræs, i blomst	0,65	2,695	11,279	0,191	-	0,61	-0,038	-0,062
604	Kløvergræs, efter blomst	0,51	2,317	9,698	0,195	-	0,45	-0,054	-0,118
605	Hvidkløver, ung blanding	1,01	3,539	14,815	0,105	-	1,01	0,007	0,007
606	Hvidkløver, i blomst	0,92	3,312	13,863	0,101	-	0,92	-0,000	-0,000
607	Rødkløver, ung blanding	0,95	3,399	14,228	0,122	-	0,95	-0,007	-0,008
608	Rødkløver, i blomst	0,77	3,136	13,128	0,168	-	0,81	0,039	0,047
609	Rent græs, afgr., 125 N	0,91	3,244	13,580	0,178	-	0,85	-0,062	-0,072
610	Rent græs, afgr., 250 N	0,93	3,285	13,753	0,178	-	0,87	-0,056	-0,065
611	Rent græs, afgr., 375 N	0,94	3,324	13,912	0,178	-	0,89	-0,052	-0,058
612	Rent græs, beg.skr., 125 N	0,87	3,147	13,172	0,186	-	0,81	-0,057	-0,071
613	Rent græs, beg.skr., 250 N	0,87	3,179	13,309	0,187	-	0,82	-0,054	-0,066
614	Rent græs, beg.skr., 375 N	0,87	3,195	13,375	0,189	-	0,83	-0,042	-0,051
615	Rent græs, i skr., 125 N	0,75	2,880	12,056	0,201	-	0,69	-0,064	-0,093
616	Rent græs, i skr., 250 N	0,77	2,938	12,299	0,202	-	0,71	-0,056	-0,079
617	Rent græs, i skr., 375 N	0,78	3,019	12,639	0,205	-	0,74	-0,036	-0,048

Nr.	Fodermiddel	SFE	Mcal ford. energi	MJ ford. energi	kg Ford. træstof	Sukker %	FE _k	Afvigelse FE _k + SFE	Relativ afvigelse
No.	Food name	SFE	Mcal dig. energy	MJ dig. energy	Dig. fiber	Sugar %	FU _k	Difference	Relative difference
618	Ital.rajgræs, afgr., 150 N	0,97	3,356	14,046	0,162	-	0,91	-0,062	-0,068
619	Ital.rajgræs, afgr., 300 N	0,90	3,272	13,696	0,184	-	0,86	-0,040	-0,046
620	Ital.rajgræs, afgr., 450 N	0,89	3,284	13,748	0,188	-	0,86	-0,029	-0,034
<u>Grønfoder</u> <u>Green foods</u>									
650	Byg (helsød)	0,85	3,104	12,994	0,144	-	0,81	-0,038	-0,047
651	Fodermarvkål	0,77	3,119	13,058	0,117	-	0,83	0,065	0,078
652	Havre (helsød)	0,69	2,687	11,248	0,148	-	0,63	-0,056	-0,088
653	Hestebønner	0,72	2,954	12,365	0,108	-	0,77	0,050	0,065
654	Lucerne, ung, bladrig	0,88	3,153	13,200	0,114	-	0,85	-0,028	-0,033
655	Lucerne, før blomst	0,65	2,653	11,107	0,120	-	0,63	-0,015	-0,024
656	Lucerne, i blomst	0,52	2,277	9,530	0,121	-	0,47	-0,045	-0,095
657	Majs	0,81	2,987	12,505	0,155	-	0,76	-0,059	-0,077
658	Rug (helsød)	0,73	2,876	12,039	0,183	-	0,70	-0,039	-0,056
659	Sennep, gul	0,68	2,634	11,024	0,101	-	0,63	-0,046	-0,073
660	Sødlupin, gul	0,71	2,765	11,576	0,158	-	0,66	-0,048	-0,072
661	Vikker + havre	0,68	2,664	11,154	0,155	-	0,62	-0,063	-0,101
662	Arter	0,74	2,885	12,078	0,155	-	0,71	-0,027	-0,038
<u>Rodfrugter</u> <u>Roots</u>									
681	Fodersukkerroer	0,91	3,383	14,161	0,046	70,00	0,98	0,064	0,066
682	Gulerødder	0,90	3,369	14,102	0,084	52,10	0,95	0,055	0,057
683	Kartofler	1,01	3,422	14,323	0,013	-	1,01	0,002	0,002
684	Kålroer	0,92	3,456	14,466	0,081	40,00	0,99	0,075	0,076
685	Sukkerroer	0,91	3,366	14,091	0,044	74,50	0,97	0,061	0,063
686	Turnips	0,90	3,466	14,509	0,099	-	0,99	0,086	0,088

Nr.	Fodermiddel	SFE	Mcal ford. energi	MJ ford. energi	kg Ford. træstof	Sukker %	FE _k	Afvigelse FE _k ÷ SFE	Relativ afvigelse
No.	Food name	SFE	Mcal dig. energy	MJ dig. energy	Dig. fiber	Sugar %	FU _k	difference	Relative difference
	<u>Roetop</u>								
	<u>Beet top</u>								
691	Bederoetop, 20% aske	0,77	2,951	12,354	0,071	-	0,78	0,016	0,021
692	Bederoetop, 32% aske	0,61	2,451	10,259	0,064	-	0,58	-0,037	-0,064
693	Kålroetop	0,74	2,871	12,017	0,090	-	0,74	-0,003	-0,005
694	Gulerodstop	0,61	2,508	10,497	0,083	-	0,59	-0,017	-0,029
	<u>Hø</u>								
	<u>Hay</u>								
701	Kløvergræs, u. knop	0,67	2,906	12,166	0,193	-	0,70	0,034	0,049
702	Kløvergræs, beg.blomstr.	0,57	2,703	11,317	0,213	-	0,61	0,040	0,066
703	Kløvergræs, slut blomstr.	0,45	2,437	10,202	0,228	-	0,49	0,041	0,084
704	Lucerne, i knop	0,60	2,795	11,702	0,147	-	0,68	0,077	0,114
705	Lucerne, beg.blomstr.	0,53	2,629	11,004	0,155	-	0,60	0,074	0,122
706	Lucerne, slut blomstr.	0,44	2,444	10,231	0,168	-	0,52	0,084	0,160
707	Rødkløver, knopblomst.	0,64	2,666	11,161	0,169	-	0,61	-0,026	-0,042
708	Rent græs, ung, bladrig	0,73	3,127	13,090	0,210	-	0,79	0,059	0,075
709	Rent græs, beg.skridn.	0,62	2,900	12,141	0,230	-	0,68	0,064	0,095
710	Rent græs, u. skridn.	0,58	2,813	11,775	0,237	-	0,64	0,061	0,096
	<u>Ensilage</u>								
	<u>Silage</u>								
751	Kløvergræs, før knop	0,76	3,104	12,993	0,182	-	0,79	0,036	0,045
752	Kløvergræs, i knop	0,69	3,091	12,939	0,222	-	0,77	0,077	0,100
753	Kløvergræs, i blomst	0,60	2,885	12,077	0,259	-	0,66	0,058	0,088
754	Lucerne, i knop	0,66	2,877	12,041	0,145	-	0,71	0,052	0,072
755	Lucerne, knop/blomst	0,45	2,399	10,041	0,160	-	0,51	0,059	0,117
756	Hvidkløver, før knop	0,80	3,284	13,747	0,155	-	0,88	0,081	0,091

Nr.	Fodermiddel	SFE	Mcal ford. energi	MJ ford. energi	kg Ford. træstof	Sukker %	FE _k	Afvigelse FE _k ÷ SFE	Relativ afvigelse
No.	Food name	SFE	Mcal dig energy	MJ dig. energy	Dig. fiber	Sugar %	FU _k	Difference	Relative difference
757	Rødkløver, i knop	0,76	3,212	13,445	0,180	-	0,84	0,074	0,088
758	Bederoetop, 20% aske	0,72	2,949	12,344	0,104	-	0,77	0,041	0,054
759	Bederoetop, 35% aske	0,58	2,361	9,881	0,084	-	0,53	-0,052	-0,099
760	Bederoetop, 50% aske	0,44	1,774	7,426	0,065	-	0,29	-0,146	-0,503
761	Kålroetop, ren	0,72	2,965	12,411	0,122	-	0,76	0,038	0,050
762	Fodermarvkål	0,67	2,731	11,432	0,162	-	0,64	-0,023	-0,036
764	Majs	0,73	2,731	11,431	0,175	-	0,64	-0,091	-0,143
765	Rug (helsød)	0,67	2,739	11,464	0,188	-	0,63	-0,031	-0,048
766	Sødlupin	0,68	2,756	11,535	0,165	-	0,65	-0,025	-0,038
767	Rent græs, 28% træstof	0,74	3,198	13,385	0,196	-	0,82	0,081	0,099
768	Rent græs, 32% træstof	0,68	3,093	12,947	0,224	-	0,77	0,089	0,116
769	Rent græs, 36% træstof	0,61	2,986	12,500	0,252	-	0,71	0,093	0,131
770	Rajgræs, ital., efterafgr.	0,65	2,922	12,231	0,190	-	0,71	0,058	0,081
771	Årtehalm ensilage	0,56	2,431	10,178	0,131	-	0,53	-0,031	-0,059
773	Byg (helsød)	0,80	3,003	12,572	0,148	-	0,77	-0,038	-0,050
774	Havre (helsød)	0,70	2,635	11,029	0,155	-	0,61	-0,094	-0,155
	<u>Halm</u>								
	<u>Straw</u>								
800	Frøgræshalm	0,30	2,007	8,402	0,215	-	0,31	0,016	0,052
801	Byghalm	0,30	2,061	8,627	0,258	-	0,31	0,018	0,058
802	Ludet halm	0,60	2,533	10,604	0,301	-	0,49	-0,104	-0,211
803	Havrehalm	0,31	2,010	8,413	0,232	-	0,31	-0,003	-0,009
804	Hvedehalm	0,23	1,867	7,817	0,240	-	0,24	0,008	0,035
805	Rughalm	0,24	1,864	7,802	0,233	-	0,24	-0,001	-0,004
807	NH ₃ -halm	0,54	2,653	11,106	0,273	-	0,56	0,013	0,023

NFE, således at energitabet i methan, urin og varme af disse næringsstoffer antages at udgøre en konstant værdi i forhold til deres energiindhold, 5) der foretages et konstant fradrag i fodermidlernes indhold af NE pr. kg tørstof uden hensyn til, om tørstoffet består af aske eller organisk stof. Endelig skal nævnes, at der mangler en forsøgsmæssig baggrund for ansættelsen af SFE for en række fodermidler i tabel 3. Endvidere kan indholdet af SFE i enkelte fodermidler være fastlagt ved kødproduktion, selv om grundlaget for SFE er mælkeproduktion.

Tabel 4. Beregning af FE_k i atypiske fodermidler.

Table 4. Calculation of FU_k in atypical feedstuffs.

Fodermiddel Feedstuff	SFE pr. kg TS SFU per kg DM	DE mcal DE mcal	FE_k pr. kg TS FU_k per kg DM	Relativ afvigelse Relative difference
Animalsk fedt Animal fat	2,89	8,15	3,005	+ 4,0
Majsstivelse Corn starch	1,32	4,02	1,266	÷ 4,1
Kartoffelstivelse Potato starch	1,32	4,02	1,266	÷ 4,1
Fodersukker Fodder sugar	1,12	3,724	1,142	+ 2,0
Fodercellulose Fodder cellulose	0,88	3,811	0,809	÷ 8,1
Blodmel Blood meal	1,65	4,966	1,665	+ 0,9
Fiskemel (< 20% aske) Fish meal (< 20% ash)	1,49	4,668	1,539	+ 3,3
Gæret sukkerroeffald Sugar beet pulp, silage (wet)	1,00	3,252	0,869	÷13,1
Hestebønner Horse beans	1,17	3,800	1,151	÷ 1,6
Kasein Casein	1,66	5,027	1,690	+ 1,8

En oversigt over den relative afvigelse af FE_k fra SFE i henhold til de i tabelværket opdeltede fodermiddelgrupper er anført i tabel 5.

Tabel 5. Fodermiddelgrupperes relative afvigelse ($FE_k + SFE$) af FE_k
fra skandinaviske foderenheder (%).

Table 5. Relative deviation of FU_k of food groups from
Scandinavian feed units (%).

Fodermiddelgruppe Food group	n n	Min. Min.	Max. Max.	Gennemsnit Average
Oliekager og -skrå Oilcakes and meals	33	+ 4,1	+ 7,0	+ 0,8
Korn og frø Cereals and seeds	14	+ 4,2	+ 1,8	+ 0,3
Mølleriprodukter By-products of cereals	18	+ 7,5	+ 8,9	+ 1,0
Animalske fodermidler Animal feedingstuffs	10	+ 5,2	+ 3,4	+ 0,3
Andre fodermidler Miscellaneous feedingstuffs	16	+10,6	+ 6,9	+ 1,0
Kløver og græs Clover and grass	20	+11,8	+ 4,7	+ 4,8
Grønfoder Green foods	12	+10,1	+ 7,8	+ 4,3
Rodfrugter Roots	7	+ 0,2	+ 8,8	+ 5,9
Roetop Beettop	4	+ 6,4	+ 2,1	+ 1,9
Hø Hay	10	+ 4,2	+16,0	+ 8,2
Græsensilage Grass silage	4	+ 8,1	+13,1	+11,0
Kløver- og lucerneensilage Clover and lucerne silage	7	+ 4,5	+11,7	+ 9,0
Roetopensilage Beettop silage	4	+50,3	+ 5,4	+12,0
Hølsædsensilage Cereal (whole crop) silage	3	+15,5	+ 4,8	+ 8,0
Halm Straw	7	+21,1	+ 5,8	+ 0,8

Oliekager, korn, mølleriprodukter, animalske fodermidler og andre fodermidler.

Det fremgår af tabel 5, at oliebagegruppen i gennemsnit er reduceret med 0,8% i det nye FE_k -system i forhold til SFE. Den største afvigelse med 7,0% blev opnået for uafskallet solsikkekrå, medens træstofrig sojaskrå blev nedsat med 4,1%. For korn- og frøgruppen blev sødlupin reduceret med 4,2% og havre forøget med 1,8%. Byg nedsattes fra 1,13 SFE til 1,12 FE_k , hvilket svarer til en nedsættelse på 0,4%. Mølleriprodukterne fik i gennemsnit en forøgelse på 1,0%. Den største nedsættelse på 7,5% fandtes for majs glutenfoder og den største forøgelse på 8,9% for majs glutenmel. Animalske fodermidler blev i gennemsnit nedsat med 0,3%. Den største nedsættelse på 5,2% blev fundet for sødmælkserstatning og den største opvurdering på 3,4% for kørnemælk. Gruppen af andre fodermidler omfatter industrielle affaldsprodukter, og her fandtes den største nedsættelse på 10,6% for tapiokamel, medens kornbærme blev opvurderet med 12,5%. Melasseprodukternes energiværdi blev som før nævnt korrigeret i henhold til sukkerindholdet, hvilket medførte en opvurdering af sukkerroemelasse på 6,4 % og af sukkerrørmelasse på 2,9%. Vinasse blev korrigeret over råproteinindholdet, der blev reduceret med 25%, hvilket medførte en nedsættelse på 1,6% i forhold til de oprindelige SFE.

Grovfodermidler

Grovfoder som kløver og græs blev i gennemsnit nedsat med 4,8% med den mindste korrektion for kløver. Den største nedsættelse på 11,8% fandtes for kløvergræs høstet efter blomstring, og rødkløver i blomst opvurderedes med 4,7%. Grønfoderets værdi nedsattes i gennemsnit med 4,3%. Helsædsensilage af byg og havre nedsattes med henholdsvis 4,7 og 8,8%, hvorimod fodermarvkål opvurderedes med 7,8%. For rodfrugtgruppen blev fodersukkerroer opvurderet med 6,6% fra 0,91 SFE/kg TS til 0,97 FE_k /kg TS. De øvrige rodfrugter blev ligeledes opvurderet. Roetop blev nedsat med gennemsnitlig 1,9% med den største nedsættelse på 6,4% for bederoetop med 32% aske. Høfodermidlerne blev i gennemsnit opvurderet med 8,2% med den største opvurdering for lucernehø. I gennemsnit blev ensilageprodukternes energiværdi ikke ændret, selv om der forekommer udsving inden for gruppen. Kløvergræsenilage blev opvurderet fra 4,5 til 10,0%. Ligeledes opvurderedes

lucerne- og kløverensilage, medens bederoetopensilage med højt askeindhold blev væsentligt nedsat. Ligeledes nedsattes majsensilage med 14,3% samt helsædsensilage af rug, byg og havre fra 4,8 til 15,5%. Frøgræs- og bygalm blev opvurderet fra 0,30 SFE til 0,31 FE_k svarende til henholdsvis 5,2 og 4,8%. Ludet halm blev nedsat fra 0,60 SFE til 0,49 FE_k svarende til en nedsættelse på 21,1%. Værdierne for de øvrige halmarter var nærmest uforandrede.

Som nævnt kan der være flere årsager til afvigelser mellem SFE og FE_k . I den udstrækning afvigelserne skyldes forkerte forudsætninger for beregning af FE_k , skal der for disse fodermidler fastsættes specielle beregningsregler. I de fleste tilfælde, hvor der er forskel mellem SFE og FE_k , er afvigelserne forklarlige.

Ændringerne, der foretages i værdifastsættelsen af uafskallede solsikkeskrå med +7,0%, majs glutenfoder med +7,5%, majs glutenmel med +8,9%, foder cellulose med +8,1%, sødmælkserstatning med +5,2%, tapiokamel med +10,6%, kornbærme med +6,0% og frisk mask med +6,9%, anses for at være rimelige ud fra den kemiske sammensætning og de anførte fordøjeligheder. Årsagen til ændringerne må søges i det ringe forsøgsmæssige grundlag, der findes for den tidligere fastsættelse af værditallet.

Opvurderingen af roemelasse med 6,4% stiller sig anderledes, da der er udført flere forsøg med dette fodermiddel. Opvurderingen kan dels skyldes, at der tillægges råproteinet i melassen en for høj værdi ved den nye beregning, samt at den seneste angivelse af SFE for melassen er foretaget på grundlag af værdien til kødproduktion, og med et melasseindhold i rationen, der er i overkanten af, hvad der kan betegnes som en velsammensat foderration. Det vurderes, at den fejl, der indgår ved at tillægge proteinet en for høj værdi, ophæves af den lidt lave fordøjelighedskvotient, der er tabelført for dette fodermiddel. Gæret sukkerroeaffald, der har været tillagt en højere energiværdi pr. kg tørstof end både fodersukkerroer og melasse, nedvurderes, hvilket synes rimeligt.

For langt de fleste friske græsmarksafgrøder foretages der en mindre nedvurdering, der dog ligger langt inden for de grænser, hvor det kan vurderes, om der foretages systematiske fejl i værdifastsættelsen.

For grønfodermidlerne er der afvigelser i både positiv og negativ retning. Dog overvejende negative. Der er ikke forsøgsmæssigt fastlagt værdital for disse fodermidler, hvorfor det kan forventes, at fodermidlerne bliver bedre værdifastsat ved den nye beregning end de var tidligere.

Flere analyser med en mere varieret sammensætning vil også forbedre informationerne om disse fodermidler.

Den lavere energiværdi i de friske græsmarksafgrøder skyldes, at der ved beregning af afgrødernes fordøjelighed har været benyttet en træstofkorrektion, hvorved fordøjeligheden er beregnet for lavt i forhold til ensilerede afgrøder. Senere undersøgelser viser en højere fordøjelighed, og der vil blive taget hensyn hertil i den fremtidige fordøjelighedsbestemmelse, hvorved faldet i foderværdi bliver mindre, end det fremgår af tabel 3.

Rodfrugterne opvurderes alle. Dette stemmer med den almindelige iagttagelse, at roer er et udmærket foder til malkekøer, og der er i flere undersøgelser ved Helårsforsøgene fundet høje fodereffektiviteter ved anvendelse af roer.

Roetop med højt askeindhold nedvurderes, hvilket er rimeligt, da den tidligere beregning af roetops værdi ikke resulterede i, at der skulle mere organisk stof til en foderenhed, når der var iblandet store mængder jord.

Der foretages en opvurdering af de forskellige former for hø med undtagelse af rødkløver i knopblomst. Opvurderingen synes rigtig i lyset af, at der i forsøg er fundet mindre forskelle mellem fordøjeligheden af stærkt forterret ensilage og hø end for ikke forterret ensilage.

Energiværdien af ensilage niveauforskydes ikke som tilfældet er for hø, der er dog betydelige ændringer for flere af fodermidlerne. Værdierne af kløver-, græs-, kløvergræs- og lucerneensilage hæves alle fra 5 til 15%. Dette går i samme retning som den nye hollandske energivurdering. For ensilage er der dog mulighed for systematiske fejl i energiberegningen, da fedtet i ensilagen er tillagt samme energiværdi (8,15) som fedtet i oliekgær. Dette vil i sig selv hæve energindholdet i ensilage, hvilket måske i en vis grad opvejes af, at

ensilage indeholder organisk stof, der ikke indgår i beregningerne, da det fordamper ved den anvendte tørstofbestemmelse.

Ved beregning af ensilagens foderværdi har der i de senere år ikke været bestemt råfedt. Råfedtfraktionen er slået sammen med N-frie ekstraktstoffer, og faktor 1,00 er benyttet. Desuden er fordøjelighedskoefficienterne for råfedt og NFE ens i tabelværket af *Andersen & Just (1979)*, hvilket kan medføre en opvurdering. I fremtidige beregninger vil der blive nødvendigt at omvurdere fordøjelighedskoefficienterne for råfedt i ensilage.

De senere års forsøg med ensilage til malkekøer har vist en positiv virkning på mælkeydelsen, når det sammenlignes med kraftfoder. Yderligere undersøgelser vil kunne belyse, om ensilagens energiværdi tidligere var ansat for lavt, eller om det skyldes, at næringsstofferne fordeles anderledes mellem tilvækst og mælk, når der fodres med store mængder grovfoder.

For bederoetopensilage med højt askeindhold nedsættes værdien betydeligt, hvilket er i overensstemmelse med forholdet for frisk bederoetop.

Helsædsensilagerne af majs, byg og havre nedsættes betydeligt i energiværdi. Disse fodermidler havde i SFE-beregningerne et betydeligt højere værdital end andre ensilager med tilsvarende eller højere fordøjelighed af organisk stof. Der er ikke foretaget forsøgsmæssig fastlæggelse af værdital for disse fodermidler. Majsensilage er undersøgt i forsøg med ungtyre, hvor der er fundet en god sammenhæng mellem SFE-beregningen og den observerede tilvækst. Senere forsøg med malkekøer antyder dog, at SFE-beregningen overvurderer majsensilagens energiværdi, hvorfor det synes reelt at nedsætte værdien. Fodring med store mængder byghelsædsensilage har i praksis givet lave fodereffektiviteter, og der foreligger ikke megen viden om havrehelsædsensilages værdi, hvorfor det ligeledes synes rimeligt at anvende den generelle beregningsformel for disse fodermidler.

Ludet halm er blevet nedvurderet 21%. Flere forsøg vedrørende ludet halms fordøjelighed, når det indgår i rationer med en mindre andel, som tilfældet er til malkekøer, har vist, at denne nedvurdering er rigtig. Ved fastsættelse af NH_3 -halms energiværdi bør der ikke

tages hensyn til det højere råproteinindhold som NH_3 -behandlingen bevirker, da dette vil medføre en overvurdering af energiværdien.

Det skal sluttelig bemærkes, at de her angivne foderværdier, såvel SFE som FE_k , bygger på tabelværdierne for indhold og fordøjelighed af råprotein, råfedt, træstof og NFE pr. kg tørstof. Til praktisk anvendelse benyttes ofte regressionsligninger, der udtrykker sammenhænge mellem kemisk sammensætning og fordøjelighed. Disse metoder til beregning af fordøjeligheden af de forskellige grovfodermidler er fortsat nødvendige til værdifastsættelse i praksis. Metoderne, der anvendes for de forskellige grovfodermidler er imidlertid ikke ajourførte. Der vil i de kommende år være behov for at gennemføre nye beregninger eller udvikle nye metoder til forudsigelse af fårefordøjeligheden (energi og træstof) af de forskellige grovfodermidler, så der kan foretages en mere korrekt FE_k -fastsættelse under praktiske forhold.

5.2 TRÆSTOKKORREKTIONENS INDFLYDELSE PÅ FE_k VED RATIONSBEREGNINGER

Da træstofkorrektionsfaktoren på $\pm 0,502$ i ligningen under afsnit 5 er beregnet ved et gennemsnitligt træstofindhold i foderrationerne på 15-20% og ved et produktionsniveau omkring 20-25 kg 4% mælk, må faktoren varieres ved fodring på andre produktionsniveauer. Ved fodring af goldkøer på vedligeholdelsesniveau eller ved fodring af opdræt (kvier) på 2 x vedligeholdelse, udnyttes halmen bedre, og den kan anvendes større mængder halm eller ludbehandlet halm i foderrationen. Ifølge figur 5 vil fordøjeligheden af træstof stige både med aftagende fodringsniveau og med stigende mængder halm eller træstof i foderrationen.

Med udgangspunkt i forsøget med ungtyre af *Thomsen & Henriksen (1983)* og figur 5 er variationen i korrektionsfaktoren for fordøjeligt træstof (k_t) vist i tabel 6. I forsøget blev der benyttet 5,1, 14,5 og 23,4% træstof svarende til henholdsvis 0, 25 og 50% ludbehandlet halm i rationen. Desuden blev fordøjeligheden af næringsstofferne i rationerne bestemt med får på vedligeholdelse og med tyrekalve på 1,5 - 2,0 x vedligeholdelse. Udgangspunktet ved beregningerne i tabel 6 var fordøjeligheden af træstof på 75% (afrundet) bestemt med får på vedligeholdelsesniveauet svarende til 23,4% træstof i foderrationen med 50% ludbehandlet halm. Denne værdi, der var den største fundne træstoffordøjelighed, blev sat lig 100, og de andre fordøjelighedskoef-

ficienters relative værdi blev beregnet i forhold hertil.

Label 6. Beregning af fradragsfaktor (k_t) for fordøjeligt træstof med stigende mængder træstof i foderrationen.

Table 6. Calculation of correction factor (k_t) of digestible crude fibre with increasing levels of crude fibre in the ration.

% træstof i rationen % crude fibre in the ration		Fodringsniveau Feeding level		
		1 x vedl. får 1 x maint. sheep	1½ x vedl. kvæg 1½ x maint. cattle	2 x vedl. kvæg 2 x maint. cattle
23,4	FK_t	75	70	60
	$FK_{rel.}$	100	93	80
	K_t	0	+0,130	+0,372
14,5	FK_t	70	60	50
	$FK_{rel.}$	93	80	67
	K_t	+0,130	+0,372	+0,614
5,1	FK_t	60	40	20
	$FK_{rel.}$	80	53	27
	K_t	+0,372	+0,885	+1,358

FK_t = Fordøjelighedskoefficient - træstof
digestibility coefficient of crude fibre

$FK_{rel.} = \frac{FK_{kvæg} \text{ (cattle)}}{FK_{får} \text{ (sheep)}}$

K_t = korrektionsfaktor ford. træstof
correction factor of digestible crude fibre

Med udgangspunkt i de faktorer, der indgår i formlen under afsnit 5, kan korrektionsfaktoren for fordøjeligt træstof (k_t) derefter beregnes under hensyntagen til træstoffets fordøjelighed, hvilket er vist i følgende eksempel for en træstoffordøjelighed på 60% ved 23,4% træstof i rationen. Da den relative nedgang for en træstoffordøjelighed på 60% i forhold til 75% svarer til 20%, nedsættes energifaktoren for fordøjeligt træstof i Rostock-ligningen med denne andel og multipliceres derefter med ligningens hældningskoefficient: $0,20 \times 4,42 \times 0,421 = 0,372$ (k_t). For de øvrige fordøjelighedskoefficienter for træstof i tabel 6 er beregningerne af k_t gennemført på tilsvarende måde. Ved en træstoffordøjelighed på 75% er korrektions-

faktoren (k_t) lig 0.

Som et eksempel på virkningen af træstofkorrektionen er der i følgende tabel 7 gennemført nogle beregninger på en af de i forsøget af Henriksen (1978) benyttede foderrationer indeholdende 50% ludet bygghalm. I tabel 7 er de beregnede SFE sammenlignet med FE_k både ved benyttelse af k_t i standardligningen (afsnit 5) og efter k_t beregnet efter træstoffets fordøjelighed i rationerne efter tabel 6.

Tabel 7. Foderrationens sammensætning og energiværdi med 50% ludet bygghalm (% af tørstof).

Table 7. Composition and energy value of feeding rations containing 50% NaOH treated barley straw (% of DM).

Fodermiddel	%	Mcal ford.E	Træstof %	FK ¹⁾ træstof	Ford.træstof %	SFE ¹⁾	FE _k
Feedstuff		Mcal dig.E	Crude fibre %	Dig.crude fibre	Dig. crude fibre %	SFU	FU _k
Byg Barley	28	1,04	4,3	35	0,4	31,6	31,4
Sojaskrå Soyabean meal	17	0,70	6,8	70	0,8	22,3	21,9
Melasse Molasses	4	0,13	-	-	-	3,8	4,2
Ludet bygghalm NaOH treated barley straw	51	0,29	38,5	75	14,7	30,6	25,0
Ialt (total)	100	3,16			15,9	88,3	82,5

FE_k /100 kg IS efter formlen ved forskellig k_t :

FU_k /100 kg DM at different k_t :

FE_k

$$k_t = +0,502 : +0,425 + 0,421 \times 3,16 + 0,502 \times 0,159 = 0,825 \times 100 = 82,5$$

$$k_t = +0,372 : +0,425 + 0,421 \times 3,16 + 0,372 \times 0,159 = 0,846 \times 100 = 84,6$$

$$k_t = +0,130 : +0,425 + 0,421 \times 3,16 + 0,130 \times 0,159 = 0,884 \times 100 = 88,4$$

$$k_t = 0 : +0,425 + 0,421 \times 3,16 = 0,905 \times 100 = 90,5$$

1) Efter tabel (Andersen & Just 1979).

Det fremgår af tabellen, at en sammenligning af FE_k med SFE viser en lavere energiværdi for FE_k i 100 kg tørstof på 5,8 enheder. Ligeledes er værdien af FE_k på 84,6 ved benyttelse af k_t på +0,372 på

produktionsniveau (FK af træstof = 60%) kun 2,1 FE_k højere end beregningerne efter standardformlen. Derimod svarer de beregnede SFE på 88,4 til værdien beregnet ved en k_t på +0,130. Værdien af k_t på +0,130 er beregnet ved en fordøjelighed af træstof på 70% og svarer dermed meget nær til den i forsøgsrationen med får fundne træstoffordøjelighed på 72,5%. Dette antyder, at de beregnede SFE i rationen svarer til en fodring lidt over vedligeholdelse, og at det beregnede indhold af SFE overvurderer rationens energiværdi, når der skal fodres på produktionsniveau. Dette underbygges desuden af værdien på 90,5 FE_k ved en træstofkorrektion på 0 eller ved maksimal fordøjelighed af træstof på vedligeholdelsesniveau.

6. KONKLUSION OG DISKUSSION

Der er på grundlag af 174 enkeltfodermidlers (Andersen & Just 1979) beregnede indhold af fordøjelig energi efter Rostock - formelsystemet (Schiemann et al. 1971) fremlagt en beregningsmodel for fodermidlernes indhold af kvægfoderenheder betegnet som foderenheder til kvæg (FE_k). Denne beregning er gennemført som en regressionsberegning mellem SFE (y) og fodermidlernes indhold af fordøjelig energi (x) med en korrektion for fordøjeligt træstof. Herved fremkom en høj korrelation ($R^2 = 0,975$) og en lav standardafvigelse (s.d. = 0,046) mellem de i beregningen indgåede størrelser. Fodermidlernes indhold af SFE kan således med stor sikkerhed beregnes ud fra fodermidlernes indhold af fordøjelig energi med korrektion for fordøjeligt træstof. Herved kan bibeholdes en tilnærmet additivitet mellem fodermidlerne ved rationsberegningerne. Havde udgangspunktet været fodermidlernes omsættelige energi (ME) for foderenhedsberegningen, skulle der have været gennemført respirationsforsøg, hvilket ifølge forsøg af Moe et al. (1972) ikke havde forøget sikkerheden til forudsigelsen af nettoenergi. I behovsberegninger af ARC (1980) lægges variationen i fodermidlernes energiværdi i ME-systemet over på et varierende energibehov til mælke- og kødproduktion beregnet som en behovsmatrix.

På grund af de i de senere år ved afdelingen opnåede resultater, hvorefter træstoffets fordøjelighed falder med stigende mængder letfordøjelig kulhydrat eller med stigende fodringsniveau (Thomsen & Henriksen 1983) er der desuden indført en korrektion for fodermidler-

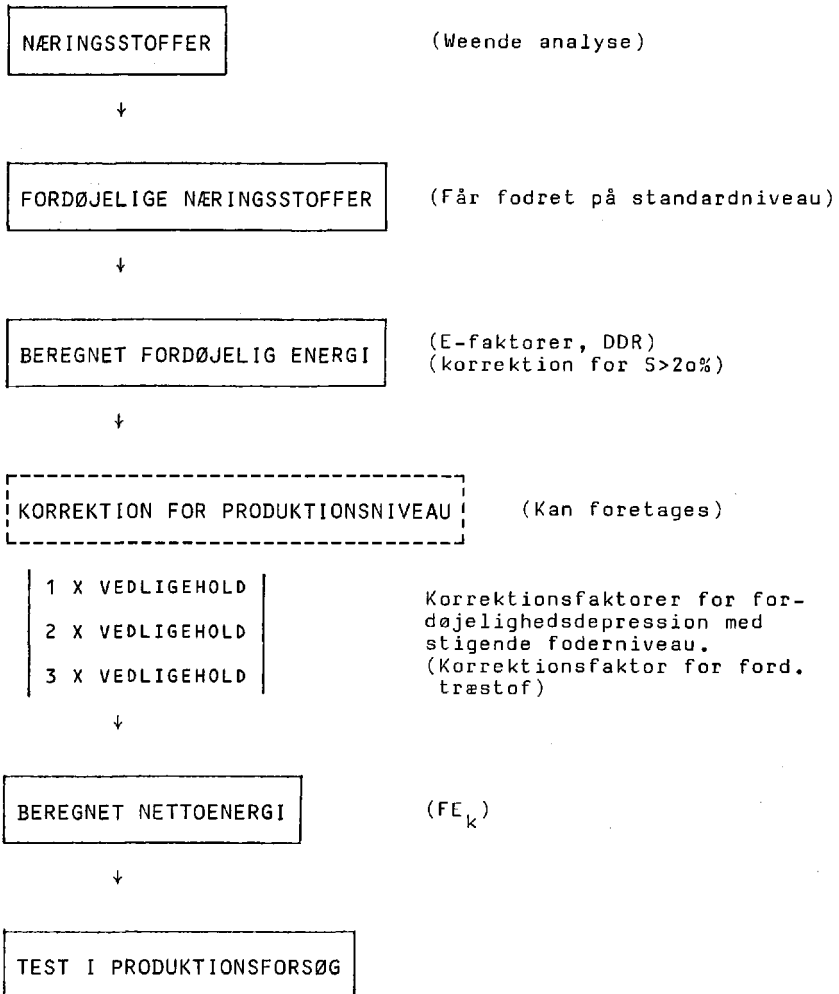
nes indhold af fordøjeligt træstof. Denne træstofkorrektionsfaktor vil være forskellig med varierende træstofindhold i foderrationen og ved varierende foderniveau. I overensstemmelse hermed er der i tabel 6 vist de k_t -værdier, som kan anvendes ved forskelligt træstofindhold i rationen og ved 3 forskellige foderniveauer.

Beregningerne gengiver fodermidlernes energiværdi med stor sikkerhed for de fodermidler, hvor foderstofanalysen beskriver fodermidlernes kemiske sammensætning godt som f.eks. oliekgær og kornprodukter. Kraftfodermidlerne vurderes ubetydeligt lavere i FE_k -systemet end ved beregningen af SFE. De sukkerholdige fodermidler med et indhold på over 20% sukker er korrigeret for sukkerindholdet, og vinassen er korrigeret for proteinfraktionens lavere brændværdi på grund af et højt indhold af amid kvælstofforbindelser. Rodfrugterne var vurderet for lavt i SFE-systemet og er generelt vurderet højere ved den nye beregning. Friske græsmarksafgrøder er afhængig af udviklingsstadiet i gennemsnit vurderet noget lavere i FE_k - end i SFE-systemet. Hø er derimod opvurderet.

Som det fremgår af beregningsformlen (afsnit 5) og flowdiagrammet til beregning af FE_k i figur 7, er den forelagte beregningsmetode simpel at gennemføre og er fleksibel med hensyn til korrektioner for foderniveau. Desuden undgås den korrektion, der i SFE-systemet gennemføres med værditallet. Ligeledes kan ændringer med hensyn til bestemmelser af fordøjelighedscoefficients enten som følge af nye forsøg eller ved bestemmelse af fordøjeligheden på forskelligt fodringsniveau sættes ind i ligningsmodellen. Yderligere kan der i beregningen tilpasses korrektioner for variationer i træstoffets eller cellevægsbestanddelenes fordøjelighed.

Ved overgang til direkte bestemmelse af den fordøjelige energi i fordøjelighedsforsøg vil det benyttede ligningssystem fra Rostock efter Schieman et al. (1971) til beregning af de enkelte næringsstoffs energiværdi kunne erstattes med den direkte kalorimetrisk bestemte fordøjelige energi. Ved overgangen hertil undgås desuden vurderingen af de enkelte næringsstoffs beregnede energikoefficients i forhold til hinanden.

Princippet om fodermidlernes værdiangivelse i foderenheder er bibeholdt. Foderenhederne til kvæg (FE_k) er et udtryk for fodermidler-



Figur 7. Flowdiagram til beregning af FE-kvæg.

Figure 7. Flowdiagram of calculating FE-cattle.

nes nettoenergi beregnet ud fra fodermidlernes fordøjelige energi.

Det har ved denne nyberegning af fodermidlernes energiværdi været overvejet at angive fodermidlernes energiværdi i omsættelig energi ligesom i flere andre europæiske lande. Følgende grunde har været udsælgende for, at man ikke kunne gå ind for at benytte ME som vurderingsgrundlag. Udnyttelsen af ME ($ME \rightarrow NE$) er ikke ens for alle fodermidler og produktionsretninger som angivet af *Breirem (1965)*, *Van Es & van der Honing (1979)* og *Neimann-Sørensen (1980)*. *Breirem (1965)* viser, at energiudnyttelsen ved fædning (k_f) aftager stærkere med stigende træstofindhold end ved vedligeholdelse (k_m). Forklaringen herfor er sandsynligvis den i figur 4 og figur 5 viste fordøjelighedsdepression for træstof med stigende produktionsniveau. Ligeledes har *Flatt et al. (1964)* vist, at udnyttelsen af ME er lavere for grovfoder end for kraftfoder, hvorfor opfattelsen af en ensartet udnyttelse af ME for alle fodermidler til drøvtyggere ikke kan oprettholdes. I systemer med ME som grundlag lægges der mere vægt på rationens totale energiindhold end på enkeltfodermidlernes indhold af ME. I flere henseender er det uheldigt, når energiværdien af enkeltfodermidlerne træder i baggrunden bl.a. i forbindelse med vigtige spørgsmål som fastsættelsen af enkeltfodermidlernes økonomiske værdi.

LITTERATUR

- Andersen, P.E. & Just, A. (1979): Tabeller over fodermidlers sammensætning m.m. Kvæg - svin. Det kgl. danske Landhusholdningsselskab.
- ARC (1980): The nutrient requirements of ruminant livestock. Commonwealth Agric. Bureau.
- Brody, S. (1945): Bioenergetics and growth. Reprinted Hafner Publ. Company, N.Y., 1964.
- Biekel, H. & Landis, J. (1978): Feed evaluation for ruminants. III. Proposed application of the new system of energy evaluation in Switzerland. Livestock Prod. Sci. 5, 367.
- Blaxter, K.L. (1962): The energy metabolism in ruminants. Hutchinson, London.
- Breirem, K. (1965): Neuere Gesichtspunkte zur Frage der Futterbewertung. Landwirtschaftl. Forschung 18 (19), 8.
- DLG (1979): Nettoenergie-Laktation (NEL) - die neue energetische Futterbewertung für Milchkühe. DLG-Mitteilungen 94 (11), 672.
- DLG (1979): DLG - Futterwerttabellen für Wiederkäuer. DLG-Verlag, Frankfurt a. Main.
- Flatt, W.P., Coppock, C.E. & Moore, L.A. (1964): Report 3. Symp. Energy Metabolism (Troon).
- Frank, B. (1975): Studier över halmens utnyttjande vid utfodring til mjölkkor. Lantbrukshögskolan, Uppsala.
- Frederiksen, J.H. (1969): Beregning af foderværdien i græsmarksafgrøder, roer og roetop. 371. beretn. fra Forsøgslab.
- Henriksen, J. (1978): In vitro teknik til bestemmelse af kvægfoders energiværdi. Lic. afhdlg., KVL, 119 pp.
- Kellner, O. (1905): Die Ernährung der landwirtschaftlichen Nutztiere. Paul-Parey-Verlag, Berlin. 10. Ausg. (Fingerling) 1924.
- Maynard, L.A. (1953): J. Nutr. Philadelphia 51, 15.
- Moe, P.W. (1981): Energy metabolism of dairy cattle. J. Dairy Sci. 64, 1120.
- Moe, P.W. & Flatt, W.P. (1969): The net energy value of feeds for lactation. Dairy Cattle Research Branch, Beltsville, Maryland.
- Moe, P.W., Flatt, W.P. & Tyrrell, H.F. (1972): Net energy value of feeds for lactation. J. Dairy Sci. 55, 945.

- Møller, P.D., Andersen, P.E., Hvelplund, T., Madsen, J. & Thomsen, K.V. (1980): Den skandinaviske foderenhed i relation til nye energivurderingssystemer. Ugeskr. f. Jordbrug nr. 13, 351.
- Møllgaard, H. (1949): Lærebog i biokemi og husdyrenes ernæringsfysiologi. Nyt Nordisk Forlag, København.
- Neimann-Sørensen, A. (1980): Survey of the energy feeding standards used in the COST countries and of the experimental background. Ann. Zootech. 29, 17.
- Reid, J.T. (1966): Nutritional energetics. Forelæsningskompendium, Cornell University, Ithaca, N.Y.
- Schiemann, R., Nehring, K., Hoffmann, L., Jentsch, W. & Chudy, A. (1971): Energetische Futterbewertung und Energienormen. VEB Deutsch. Ldw. Verlag, Berlin.
- Thomsen, K.V. (1979): The nutritional improvement of low quality forages. In Forage Conservation in the 80's. Symp. No. 11. Ed. C. Thomas, British Grassland Society.
- Thomsen, K.V. & Henriksen, J. (1976): Laboratoriemetoder til vurdering af fodermidlers og foderblandingers energetiske næringsværdi til drøvtyggere. 436. beretn. fra St. Husdyrbrugsforsøg.
- Thomsen, K.V. & Henriksen, J. (1983): Personlig meddelelse.
- Van Es, A.J.H. (1978): Feed evaluation for ruminants. I. The systems in use from May 1977 onwards in the Netherlands. Livestock Prod. Sci. 5, 331.
- Van Es, A.J.H. & van der Honing, Y. (1979): Energy utilization. In feeding strategy for the high yielding dairy cow. EAAP publ. No. 225. Editor W.H. Broster and H. Swan.
- Vermorel, M. (1978): Feed evaluation for ruminants. II. The new energy systems proposed in France. Livestock Prod. Sci. 5, 347.
- Vind, R. (1979): Foderenergivurdering - kvæg. Ugeskr f. Jordbrug 43, 1013.