551 Beretning fra Statens Husdyrbrugsforsøg

Vagn Østergaard og A. Neimann-Sørensen (red.)
Afdelingen for forsøg med kvæg og får

Optimale foderrationer til malkekoen Foderværdi, foderoptagelse, omsætning og produktion

Optimum Feeding of the Dairy Cow
Feed Composition, Feed Intake, Metabolism and Production

With English Summary

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

Trykt i Frederiksberg Bogtrykkeri 1983

Forord

Forskningens resultater publiceres som regel i beretninger og meddelelser over enkelte forsøg eller forsøgsserier, adskilte i tid for deres fremkomst og omhandlende forskellige emner. Udnyttelsen af resultaterne i praksis forudsætter imidlertid i de fleste tilfælde, at de vurderes i sammenhæng og i såvel biologisk som økonomisk henseende. Mulighederne for denne vurdering er i dag til stede i et langt større omfang end tidligere takket være flere forskningsresultater og forbedrede statistiske metoder, der muliggør bl.a. opstilling af funktioner/modeller til beskrivelse af sammenhængen flere variable imellem.

På denne baggrund er det formålet med nærværende beretning at ajourføre afdelingens foreliggende viden om malkekoens fodring i et økonomisk perspektiv. Herved imødekommes et ønske fra kvægbrugskonsulenter og -lærere om en samlet videnskabeligt baseret fremstilling af de senere års forsøgsresultater. Hovedparten af de tekniske resultater er publicerede i anden sammenhæng, men upublicerede delresultater er medtaget, ligesom udenlandske resultater er inddraget i det omfang, de har kunnet bidrage til den syntese, som der er sigtet imod.

Som det fremgår af indholdsfortegnelsen, dækker beretningens enkelte kapitler – udarbejdet af 18 medarbejdere og i et nært samarbejde med redaktionen, Vagn Østergaard og undertegnede – de fleste væsentlige biologiske og økonomiske aspekter i forbindelse med fodringen af den højtydende malkeko.

København, september 1983.

A. Neimann-Sørensen

INDHOLDSFORTEGNELSE

Kap.		Side
1.	Introduktion og mælkeproducentens problemstilling, V. Østergaard	1.1 – 1.8
2.	Malkekoens karakteristika, A. Neimann-Sørensen	2.1 – 2.17
3.	Fodermidlernes karakteristika, K. Vestergaard Thomsen og P. Nørgaard	3.1 – 3.45
4.	Fodermidlernes energetiske næringsværdi, mineralstoffer og vitaminer, P. D. Møller	4.1 – 4.20
5.	Foderkvalitet med henblik på sundhed og mælkekvalitet, J. Højland Frederiksen	5.1 – 5.39
6.	Foderoptagelsens regulering, J. Madsen	6.1 – 6.23
7.	Styring af foderoptagelsen ved hjælp af foderrationens sammensætning og valg af fodringsprincip, V. Friis Kristensen	7.1 – 7.35
8.	Foderoptagelsens afhængighed af græsmarksfoderets konserveringsmæssige og fysiske egenskaber, J. E. Hermansen	8.1 – 8.14
9.	Foderoptagelsens afhængighed af miljøet, S. P. Konggaard	9.1 – 9.30
10.	Kvalitative aspekter af fordøjelsen hos drøvtyggere, V. C. Mason og T. Hvelplund	10.1 –10.19
11.	Kvantitative aspekter af fordøjelsen hos malkekoen, T. Hvelplund	11.1 –11.23
12.	Næringsstoffernes intermediære omsætning, A. Danfær	12.1 –12.61
13.	Produktionsniveauets afhængighed af energioptagelsen, P. E. Andersen	13.1 –13.32
14.	Mælkeydelsens afhængighed af optagelsen af protein og NPN, C. C. Krohn	14.1 –14.20
15.	Mælkeproduktionens afhængighed af foderrationens fedtindhold, J. Hindhede	15.1 –15.21
16.	Foderbudgettering og fastlæggelse af faktor- og produktpriser, U. Henneberg og I. Thysen	16.1 –16.18
17.	Alternative fremgangsmåder ved optimering af foderrationer, I. Thysen	17.1 –17.28
18.	Optimale foderrationer til malkekoen under forskellige forudsætninger, V. Østergaard	18.1 –18.49
19.	English summary and conclusions	19.1 –19.16
20.	Appendices:	20.1 –20.24
	A. Liste over begreber og definitioner vedrørende foderstyring	20.1 –20.3
	B. Typetal til karakteristik af nogle fodermidler	20.4
	C. Tabeller over produktionen af mælk og tilvækst ved forskellig indsats af energi, protein og fedt	20.5 –20.17
	D. Eksempler på optimering af foderrationer, I. Thysen	20.18–20.24
21.	Stikordsregister	21.1 –21.7

1. Introduktion og mælkeproducentens problemstilling

Vagn Østergaard

Mælkeproducenten har som et mål, at produktionen til stadighed giver den størst mulige afkastning – ofte udtrykt som aflønning pr. årsko. Dette mål, der i mange bedrifter samtidig er et nødvendigt mål på grund af store økonomiske forpligtelser, skal søges opnået i et dynamisk samfund. Denne dynamik eller forandring skyldes dels, at de tekniske forudsætninger ændres ved teknologiske landvindinger gennem forskning, herunder også udviklingsarbejde, og dels, at priserne på produktionsmidler og produkter ændres enten ved variation i udbud og efterspørgsel under fri prisdannelse eller ved politiske indgreb. Derfor må producenten have værktøj til at kunne fastlægge også den optimale, d.v.s. økonomisk mest fordelagtige, foderindsats for netop sin besætning under varierende priser.

Det økonomiske resultat i en malkekobesætning er dog også afhængig af staldforhold, koens ydelseskapacitet m.m. og arbejdskraftens kvalitet, men på kort sigt er den vigtigste faktor foderrationen, og herunder produktionsfoderet, d.v.s. det foder, der gives udover basisfoderet til dækning af foderbehovet til vedligeholdelse, fosterproduktion og vækst. Produktionsfoderet kan betragtes som den egentlige variable omkostning, fordi basisfoderet, stalden, koen og arbejdskraften i en etableret besætning ikke ændres løbende og ikke varierer væsentligt med koens produktionsniveau. Disse sidste produktionsfaktorer udgør derfor de faste omkostninger, der ved et middelhøjt foderniveau og typiske priser i 1983 svarer til 65%, medens de variable omkostninger udgør resten, 35%. Dette forhold samt den økonomiske betydning af at variere foderniveauet, udtrykt ved produktionsfoderenhederne (PFE), er anført i tabel 1.1. Eksemplet viser, at et middelhøjt foderniveau omfattende 2500 PFE og en ydelse på 5700 kg 4% mælk pr. årsko netop kan sikre, under det givne prissæt, at alle omkostninger, incl. 2.200 kr. til den daglige pasning, bliver dækket. Men der bliver ingen aflønning til driftsledelse og risikodækning.

Fodres der meget svagt (1950 PFE), bliver resultatet ÷ 2.200 kr., hvilket betyder, at producenten enten må tage, andetsteds fra, 2.200 kr. pr. årsko til aflønning af fodermesteren eller selv passe køerne gratis (tabel 1.1). Fodres der derimod et højt niveau (3100 PFE) opnås der til driftsledelse og risikodækning 1.000 kr. pr. årsko eller 3.200 kr. mere end ved lavt foderniveau. De anførte eksempler understreger den økonomiske betydning af at kunne fastlægge det optimale niveau, der ved de givne priser er 3100 PFE. Dette ses af figur 1.1, der

Tabel 1.1 Mælkeproduktionens økonomiske afkastning ved forskelligt foderniveau, kr. pr. årsko excl. opdræt

Hovedresultater, (prisniveau 1983)	Foderniveau (PFE)			
	Middel (2500)		Lavt (1950)	Højt (3100)
Ydelse, kg 4% pr. årsko	5.700		4.400	6.600
A. Faste omkostninger (F.O.)	Kr.	(%)		
1. Bygnings- og inventaromk.	1.700	(12)	1.700	1.700
2. Forrentning af ko	900	(6)	900	900
3. Fodermesterløn	2.200	(15)	2.200	2.200
4. Basisfoder (vedl., foster, tilv.)	3.600	(26)	3.600	3.600
5. Avl, dyrlæge, kontrol m.m.	900	(6)	900	900
A. Faste omkostninger ialt	9.300	(65)	9.300	9.300
B. Variable omk. (V.O.), produktionsfoder à 2,00 kr./PFE	5.000	(35)	3.900	6.200
A + B: Omkostninger i alt	14.300	(100)	13.200	15.500
Indtægter ialt (mælk + tilvækst)	14.300		11.000	16.500
Til driftsledelse og risikodækning	0		÷2.200	1.000

Forudsætninger: Indtægter stiger proportionalt med ydelsen, idet tilvækstværdien svarer til mælkesvindet (4%). God pasning af køer med middelgode ydelsesanlæg. Konstant marginalomkostning, idet den marginale PFE forudsættes ens sammensat over det belyste interval. Gødningens værdi modsvares af opbevarings- og udbringningsomkostningerne.

forenklet illustrerer den kvantitative (mængdemæssige) og økonomiske sammenhæng mellem den uafhængige variable (PFE) og produktionen. Ligeledes ses, at det optimale foderniveau formindskes ved højere foderpris. Det samme gælder ved lavere mælkepris, medens højere mælkepris giver et højere optimalt foderniveau, fordi marginalindtægtslinien vipper henholdsvis ned og op. Skæringspunktet mellem linierne, marginalindtægt og marginalomkostning, angiver det optimale foderniveau, fordi dette for aftagende merudbytte er defineret ved det niveau, hvor *marginalindtægt = marginalomkostning*. D.v.s. det optimale foderniveau er opnået, når indtægten fra det fysiske udbytte af een ekstra foderenhed netop modsvarer prisen på denne sidst indsatte foderenhed (den matematiske formulering gives i kapitlerne 13 og 17).

Det optimale foderniveau er uafhængig af de faste omkostninger, idet omkostningslinien i fig. 1.1 blot parallelforskydes ved en ændring.

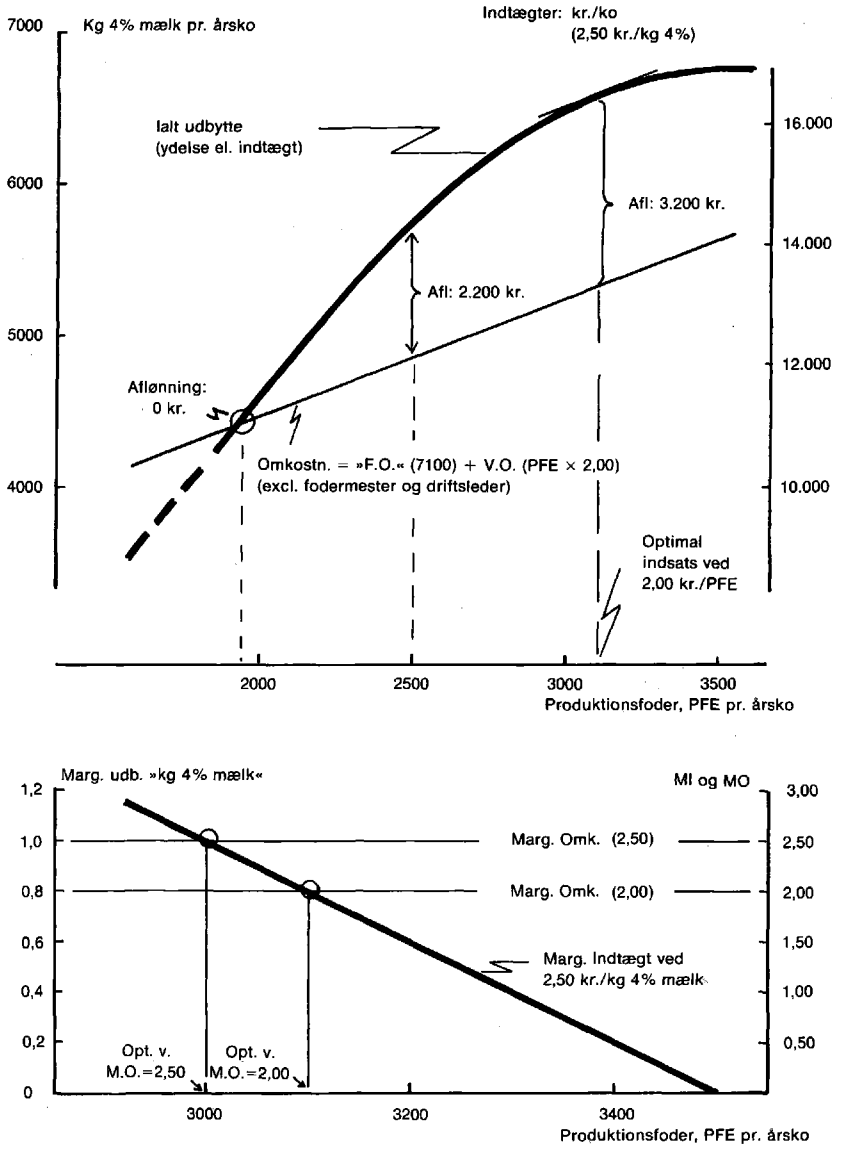


Fig. 1.1 Mælkeydelsen som funktion af foderindsats (totalt og marginalt) samt aflønning til fodermester og driftsleder ved optimal og ikke-optimal indsats pr. årsko.

Spørgsmålet, »Er der vundet noget ved en økonomisk optimering af foderration«, må besvares bekræftende, fordi – som netop vist – foderniveauet spiller en væsentlig roller for på kort sigt at forbedre det økonomiske afkast. Tilsvarende er foderrationens sammensætning, kemisk og fysisk, også af væsentlig betydning.

Det bør noteres, at den optimering, der belyses i nærværende beretning, tager udgangspunkt i, at der allerede foreligger en bestemt stald og besætning samt et grovfoder bestående af for eksempel bederoer, græsensilage, hø og halm eller andre biprodukter. D.v.s., at den langsigtede produktionsstyring, der vedrører tilpasning af eller ændring i grovfodervalg, staldanlæg, besætning og arbejdskraft, ikke inddrages ved at betragte disse forhold som variable faktorer. Derimod inddrages disse forhold i den mere kortsigtede optimering af foderrationen i det omfang, disse påvirker den optimale ration.

Figur 1.2 viser de hovedelementer, der indgår i optimering af foderrationen, når udgangspunktet er det på kort sigt »faste« eller givne:

1. Koen, illustreret ved kassen i figurens midte.
2. Arbejdskraften, der afføder pasningskvaliteten.
3. Stalden, der afføder et fysisk miljø.

Mælkeproducentens centrale problemstilling er, hvordan allerede foreliggende fodermidler skal kombineres og udfodres sammen med indkøbte fodermidler for at opnå en optimal ration med hensyn til FE(E), protein (P), fedt (F), foderets fylde (FF), struktur (S), mineraler (M) og vitaminer (V). Denne optimering kan ved inddragelse af bedriftens aktuelle priser på foder, mælk og tilvækst foretages ved hjælp af den sammenhæng, der er mellem de nævnte næringsfaktorer og produktionen, herunder også fodringsbetinget sygdom og frugtbarhed. Figur 1.3 angiver yderligere en oversigt over væsentlige variable, der indgår i optimeringen af foderrationen.

Formålet med denne beretning er ved en videnskabelig analyse og syntese af både publicerede og ikke-publicerede forsøgsresultater at fremlægge såvel det biologiske grundlag som det værktøj, der er nødvendigt for at kunne løse mælkeproducentens problemstilling: fastlægning af den optimale foderration under bedriftens aktuelle forudsætninger. Resultatet af denne bearbejdelse gives i de følgende kapitler, der uddyber de forhold, der oversigtligt er omtalt i figur 1.2 og 1.3. Der fokuseres primært på den højtydende ko, der er karakteriseret ved evnen til at kunne mobilisere og deponere kropsfedt i forskelligt omfang over laktationerne.

Malkekoens karakteristika, bl.a. mælkesekretion, mobiliserings- og deponeringsevne, drøvtygning og vommotorik uddybes i kapitel 2, idet også den allersenest erhvervede indsigt i betydningsfulde karaktertræk sættes i relief.

Fodermidlernes karakteristika, herunder sammensætningen af kulhydrat-,

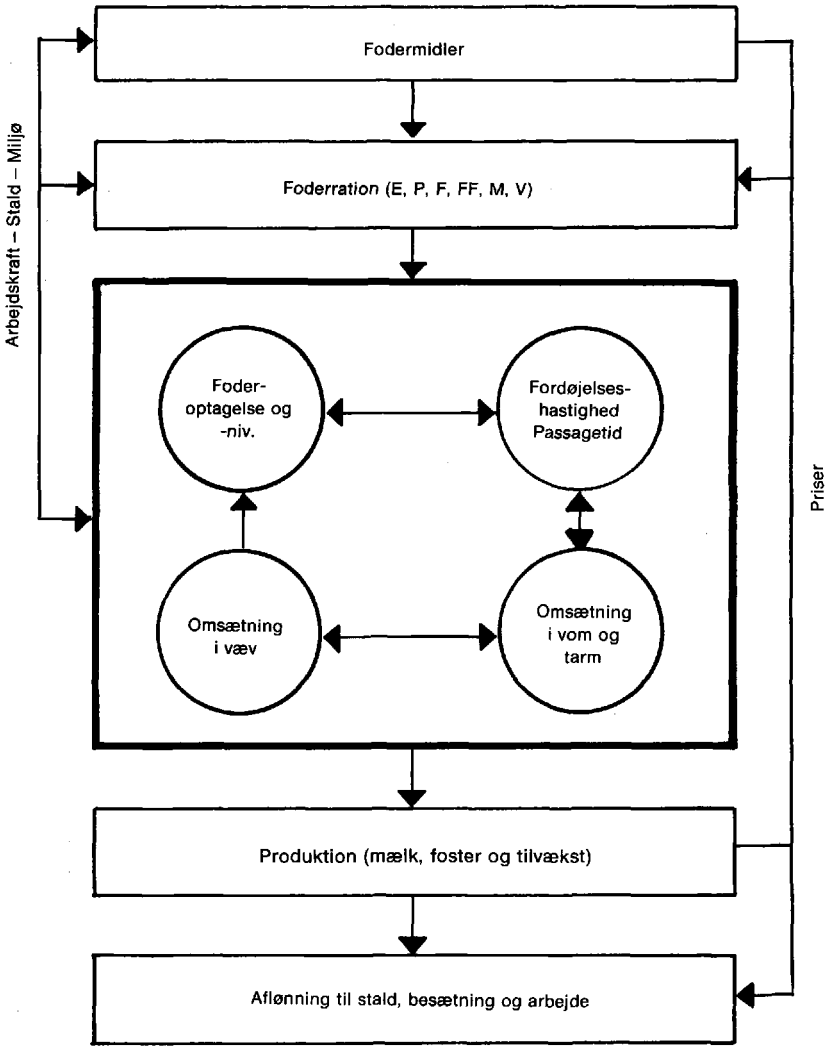


Fig. 1.2 Hovedelementer i optimering af foderrationen til malkekoen.

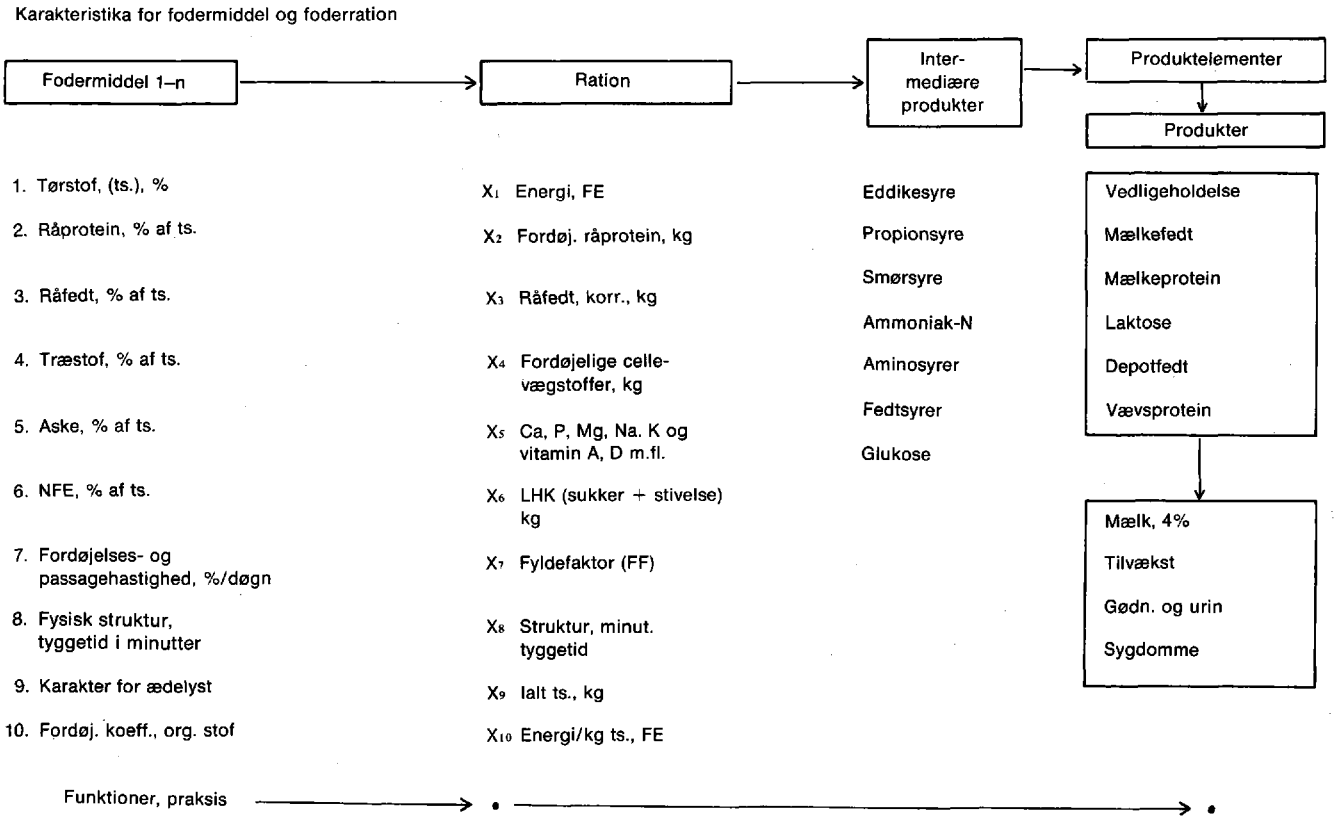


Fig. 1.3 Variable vedrørende optimering af malkekoens foderration.

protein- og fedtfraktionen og kendskab til den fysiske struktur beskrives med de seneste forsøgsresultater på en sådan måde, at de enkelte fodermidler – især nye affalds- og biprodukter lettere kan vurderes og placeres rigtigt i rationen (kap. 3).

Fodermidlernes energetiske næringsværdi og beregningen heraf belyses i kapitel 4, hvor også malkekoens behov for mineralstoffer og vitaminer fastlægges. Foderets kvalitet, herunder især forekomsten af og betydningen af uønskede stoffer i hjemmeavlede og indkøbte fodermidler, beskrives for at kunne sikre dyrenes sundhed og mælkens kvalitet (kap. 5).

Foderoptagelsen, der må betragtes som én af de mest afgørende hovedfaktorer ved planlægning af og styring mod en ønsket produktion, uddybes i kapitlerne 6–9. I kapitel 6 belyses de faktorer, der indgår i den fysiske regulering og stofskiftereguleringen. Andre forhold (osmotisk tryk, smag m.m.) og foderoptagelsens regulering igennem drægtighed–laktationscyklus beskrives også. I kapitel 7 beskrives, hvorledes det er muligt ved hjælp af dels foderrationens sammensætning (fodermidlernes kombination) og dels fodringsprincip at styre mod en ønsket foderoptagelse for en given gruppe af køer. Desuden anføres betydningen af nogle direkte målelige egenskaber hos koen: størrelse, alder, ydelse, laktationsstadium og huld. Græsmarksfoderet kan forekomme med meget forskellige egenskaber, såvel konserveringsmæssigt som fysisk, hvorfor disse egenskabers indflydelse på foderoptagelsen beskrives i kapitel 8. I kapitel 9 fokuseres der på foderoptagelsens afhængighed af det termiske, fysiske og sociale miljø, som koen opholder sig i. Betydningen af staldindretning og fodringsteknik uddybes også.

Omsætningen af det optagne foder øver også en væsentlig indflydelse på produktionen. For bedre at kunne tilrettelægge den optimale ration beskrives i kapitel 10, hvorledes foderet omsættes i vom og netmave samt fordøjes og absorberes i bladmaven, løben, tyndtarmen samt blind- og tyktarmen. I kapitel 11 er fastlagt den kvantitative omsætning af næringsstofferne (kulhydrater, protein, fedt og mineraler), når der fodres forskellige rationer. I kapitel 12 gives der først en kvalitativ beskrivelse af den intermediære omsætning, d.v.s. omsætning i lever, fedtvæv, muskelvæv og mælkekirtel. Dernæst uddybes stofskiftets reguleringsmekanismer, herunder den hormonale regulering og endelig beskrives den kvantitative omsætning i vævene af de foran betragtede foderrationer, primært baseret på roer eller græsensilage.

I kapitel 13 beskrives ved hjælp af produktionsfunktioner, hvorledes produktionen, mælk og tilvækst, varierer med foderniveauet, d.v.s. mængden af optaget energi, udtrykt ved produktionsfoderenheder, der indeholder protein, fedt, mineraler og vitaminer passende for mælkeproduktionen. Tillige angives normer for energi til de forskellige livsytringer: vedligeholdelse, foster- og mælkeproduktion samt tilvækst. I kapitel 14 beskrives på tilsvarende måde proteinnormer og mælkeydelsens afhængighed af optaget protein og NPN

(ikke-protein kvælstof). Foderfedtets indflydelse på mælkeproduktionen, kvantitativt og kvalitativt, beskrives også ved funktioner, der kan anvendes til fastlægning af den økonomisk mest fordelagtige foderration under forskellige forudsætninger (kapitel 15).

Fastlæggelsen af de for optimeringen nødvendige priser er også af stor betydning. I kapitel 16 gives derfor principper og beregningsmetoder til fastlæggelse af faktor- og produktpriser. I kapitel 17 opstilles de produktionsfunktioner, der på én gang inddrager de væsentligste variable (energi, protein og fedt), og som under nærmere optimeringskriterier kan fastlægge den optimale ration. I kapitel 18 beskrives, hvorledes den optimale fodring opnås under hensyn til den individuelle bedrifts forudsætninger, der kan være meget forskellige m.h.t. de variable, der er anført i figur 1.2 og 1.3.

En del begreber anvendes i det følgende, hvorfor definitionen tilstræbes anført første gang et begreb anvendes. I appendix A er tillige anført definitionen på de begreber, der hyppigt anvendes ved planlægning og styring af foderoptagelsen hos malkekoen.

2. Malkekoens karakteristika

A. Neimann-Sørensen

Side

2.1 **Indledning** 2.1

2.2 **Historisk udvikling** 2.1

2.3 **Specielle træk i koens anatomi** 2.3

2.4 **Specielle træk af koens fysiologi** 2.6

2.5 **Den højtydende kos dilemma** 2.9

2.6 **Fremtiden** 2.14

2.1 Indledning

Dette kapitels formål er at give en generel beskrivelse af malkekoen, dens udvikling og muligheder, idet der lægges vægt på de anatomiske og fysiologiske forhold, som har særlig betydning for koens funktion og særlige placering som husdyr.

2.2 Historisk udvikling

Udviklingen af malkekoen tog sin begyndelse med koens tæmning for ca. 6000 år siden. Før den tid var kvæget blot en af mange dyrearter, som kæmpede for overlevelse og ekspansion i et fuldkomment naturligt miljø. Kvæget var uden særlige egenskaber for selvforsvar og måtte derfor beskytte sig ved at optræde i store flokke; det blev et flokdyr som bedst kunne klare sig i det åbne, græsdækkede sletteland. Det var i dette umådelige spand af år – 50 mill. – at kvæget ved naturlig selektion udviklede sig til et højt specialiseret græsningsdyr, som i kraft af såvel anatomi som fysiologiske egenskaber blev tilpasset til

at udnytte og overleve på selv det groveste plantemateriale, karakteristisk ved et højt træstofindhold og ofte fattigt på protein.

Det var ikke i første række koens evne til at give mælk, som gjorde den til husdyr. Helt frem til nyere tid var det kvægets evner som trækdyr og kødproducent, som var det væsentlige udvalgskriterium, og i store dele af verden er det stadig sådan. Med racedannelsernes tidsperiode for 100–150 år siden blev udvalget af avlsdyr centreret om ydre kendetegn som farve, bygningstræk og størrelse; først da mejeribruget fik betydning i sidste halvdel af forrige århundrede, og der blev påbegyndt en måling af de enkelte køers mælkemængde, blev en systematisk avlsmæssig forbedring af mælkeproduktionsevnen mulig.

Den seneste periode af kvægets udviklingshistorie er tiden efter 2. verdenskrig. Ved indførelsen af den kunstige sædoverføring blev det muligt at udnytte den enkelte gode avlstyr langt ud over de naturlige grænser. Gennem arvelighedsforskningens store fremskridt udbyggedes samtidig det teoretiske grundlag for kvægavlen, og det blev muligt at udnytte den nyvundne viden ved den samtidige udvikling af EDB. Denne periode har nu stået på i 25 år, og den markeres af en omfattende planlægning og styring af kvægavlen ved hjælp af EDB-baserede avlsprogrammer.

Fig. 2.1 Træk af kvægets udvikling.

Periode i år	Udviklingsfase	Udvalgskriterium
50 mio	Kvæget udvikles uden menneskets indgriben	Overlevelse og reproduktion
6000	Tidlig udnyttelse som husdyr	Temperament, ydeevne som trækdyr
150	Racedannelse og renavl	Eksteriør og størrelse
75	Mælkekontrol	Ydelse
25	Avlsprogrammer	Økonomisk udbytte

Dette rids (fig. 2.1) af malkekoens udvikling giver mulighed for at forstå baggrunden for koens artsbestemte egenskaber; det viser, at det først er de seneste ca. 100 år – svarende til kun 15 generationer af køer – at koen ved målbevidste tiltag er udviklet til også at være højt specialiseret for mælkeproduktion. Der er i dette tidsrum, og i stigende takt jo nærmere vi kommer nutiden, sket mere end en fordobling af koens evne til at give mælk. Det spørgsmål kan rejses, om denne udvikling kan fortsætte. Hertil vil svaret være, at der er intet som tyder på, at avlsprogrammerne ikke fortsat i lang tid vil føre

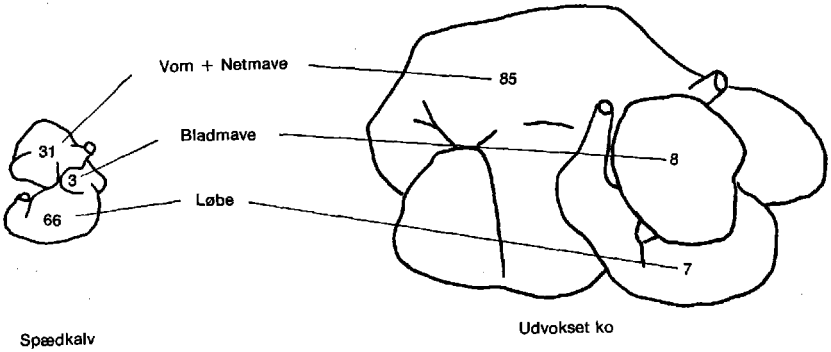


Fig. 2.2 Vommens, netmavens, bladmavens og løbens procentiske andel af det totale mavevolumen hos en spædkalv (ca. 1 liter) og hos en udvokset ko (ca. 220 liter) (Sisson 1954 og Apelt 1965).

til en stigning i køernes genetisk bestemte ydeevne, og vi af denne grund skulle være ved at nærme os et ydelsesmæssigt plateau, det genetiske loft. Derimod kan det tænkes, at den stadig højere ydeevne kan fremkalde sådanne krav til foder, pasning m.m., at de bliver vanskelige at imødekomme i fremtiden.

2.3 Specielle træk i koens anatomi

Koens udvikling til i særlig grad at kunne udnytte græs og andre grove, træstofholdige fodermidler kommer især til udtryk ved den anatomiske bygning af fordøjelseskanalen, herunder munddelenes udformning. Der er ingen fortænder i overmunden, i stedet er udviklet en tandplade, som består af et tykt lag bindevæv og kraftige, forhornede celler; i underkæben er hjørnetænderne rykket frem, således at der hos den udvoksede ko er 8 brede tænder i undermunden. Tungen virker som et vigtigt gribeorgan, den er lang, stærk, bevægelig og har en ru overflade. Den kan let slynges om græs og lignende foderemner, som trækkes ind mellem fortænderne i undermunden og tandpladen, hvorved foderet kan bides (rives) over. Koen kan græsse meget tæt, ned til en længde på kun én cm. Kindtænderne er stribede, og kæbeleddet udformet sådan, at underkæben også kan bevæges fra side til side; herved fremmes findelingen af foderet under drøvtygningen.

Ved fødslen er koens mave, ligesom hos andre drøvtyggere, delt i fire afsnit: vom, netmave, bladmave (formaverne) og den egentlige mave, løben (fig. 2.2).

Hos den meget unge kalv er formaverne kun svagt udviklede og løben udgør ca. 70% af mavernes samlede rumfang, men i løbet af de første 2–3 mdr. udvikles kalven til drøvtygger, idet der sker en ændring i det indbyrdes størrelsesforhold mellem formaverne og løben. Hos den fuldt udviklede ko udgør vom + netmave således ca. 85%, bladmaven ca. 8% og løben kun ca. 7% af mavernes samlede rumfang. Denne udvikling er i meget høj grad påvirket af fodringen, det gælder både med hensyn til den tid, udviklingen tager, og med hensyn til vom-net-mavens endelig rumfang, vompapillernes udvikling og vomvæggens fysiologiske aktivitet. Fodringen af den unge kalv kan derved få en langtidseffekt på malkekoens foderoptagelsesevne og dens evne til at udnytte foderet. Kalven må have mulighed for at optage såvel koncentreret foder som grovfoder for at fremme udviklingen af formaverne. Vomnetmavens samlede rumfang hos en udvokset malkeko kan være helt op til 300 liter, men også tarmafsnittene, især tyndtarmen, er stærkt udviklede hos koen.

I tabel 2.1 er der foretaget en sammenligning mellem rumfanget af de forskellige afsnit af fordøjelseskanalen hos kvæg, får, hest og svin, såvel med hensyn til disse rumfangs absolutte størrelse, som efter at de er korrigeret til samme legemsvægt (100 kg).

Tabel 2.1 viser, hvor stærkt især maveafsnittene er udviklede hos koen. Relativt har maveafsnittene ca. 20 gange større rumfang hos en ko end hos et svin, tyndtarmen 5 gange større, og for hele fordøjelseskanalen er der tale om en faktor 6. Disse forhold gør det muligt for koen at rumme og omsætte de meget store fodermængder, som det er nødvendigt at konsumere dagligt, hvis behovet skal kunne dækkes på basis af groft og lavt koncentreret foder.

Medens udviklingen af fordøjelseskanalen er en følge af tusinder af generationers naturlige udvalg, må den stærke udvikling af koens mælkekirtel, yveret,

Tabel 2.1 Fordøjelseskanalens størrelse hos forskellige husdyr, udtrykt henholdsvis som total rumfang (liter) og relativt til 100 kg legemsvægt
(efter Crampton & Lloyd 1959)

	Ko		Får		Hest		Svin	
	total	rel.	total	rel.	total	rel.	total	rel.
Vom + netmave	210	47	25	33				
Bladmave	19	4	1	1				
Løbe	23	5	3	4	18	3	8	3
Maver, i alt	252	56	29	38	18	3	8	3
Tyndtarm	66	14	9	12	64	9	9	3
Blindtarm	10	2	1	1	33	4	1	1
Tyktarm	28	6	5	6	96	15	9	6
Total	356	78	44	57	211	31	27	13

ses som et resultat af det avlsarbejde for højere ydelse, som med stadig større effektivitet har fundet sted i løbet af de sidste 100–150 år, hvor ydelsen er flerdoblet. Flere undersøgelser viser, at der er en høj korrelation (r = 0,5–0,9) mellem mælkeydelse og antallet af mælkeproducerende celler i yveret (Tucker 1969). Der er derfor næppe tvivl om, at en af virkningerne af selektionspresset mod højere ydelse har været at øge antallet af kirtelceller i yveret, medens indholdet af andre celler (fedt- og bindevævsceller) er blevet reduceret (Swanson et al. 1967). Udviklingen af kirtelceller er nødvendig for at mælkeproduktion kan finde sted, men det er ikke tilstrækkeligt. Det fremgår bl.a. deraf, at medens både de nødvendige næringsstoffer og funktionsdygtige kirtelceller er til stede i yveret før kælvning, kommer mælkesekretionen alligevel ikke i gang, før koen har kælvet. Det skyldes, at både udløsningen og opretholdelsen af mælkeproduktionen er reguleret af hormonale faktorer (se bl.a. Baldwin 1969). Også yverets tømning ved malkningen er en nødvendig forudsætning for at mælkesekretionen kommer i gang og opretholdes.

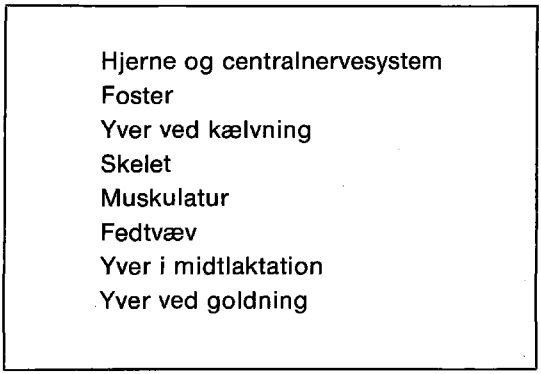


Fig. 2.3 Prioriteringen af yverets næringsstofforsyning på forskellige tidspunkter i laktationen.

Som illustreret ved figur 2.3 er mælkesekretionen specielt i den første tid efter kælvningen højt prioriteret med hensyn til næringsstofforsyning. I denne periode er koen i stand til at opretholde en mælkeproduktion, der går ud over det niveau, som ernæringsmæssigt er dækket af dens foderoptagelse. Den »malker af kroppen« (jfr. senere). Netop denne evne er det, som mere end noget andet adskiller nutidens højtydende malkeko fra dens primitive forgængere og fra køer af kødkvægrace.

2.4 Specielle træk af koens fysiologi

Fordøjelseskanalens – især formavernes – anatomiske bygning er grundlaget for den særlige fysiologi, som også er en følge af koens tilpasning til at udnytte groft plantemateriale.

Vom-netmave fungerer som et stort reservoir, der som allerede omtalt muliggør, at koen kan optage store mængder foder i løbet af kort tid. Forudsat at normal vomfunktion opretholdes, er der også tale om en buffervirkning, hvorved koen bliver i stand til at tolerere betydelig variation i både kvalitet og mængde af det optagne foder uden at det påvirker dens produktion og velbefindende.

Formavernes største betydning er imidlertid at fungere som gæringskammer. De indeholder enorme mængder af bakterier og protozoer, som lever i symbiose med koen. Forgæringen i vommen betyder en total omstilling af de ernæringsfysiologiske forhold set i relation til de enmavede husdyr. Det kan observeres allerede på det tidspunkt, hvor drøvtygningsfunktionen begynder hos den unge kalv. Der indtræder på det tidspunkt et fald i blodsukkerkoncentrationen fra 4–6 mmol/l plasma, der svarer til de enmavede dyrs normale blodsukkerniveau, til 2–4 mmol/l plasma; et udtryk for en radikal ændring i energistofskiftet, som fra at være hovedsagelig baseret på glukose nu bliver baseret på flygtige fedtsyrer, dannet under foderets forgæring i vom-netmave. Disse forhold er nærmere beskrevet i kapital 12. De trækkes frem her for at sætte koens særlige tilpasning og naturbestemte egenskaber i relief. De to vigtigste forhold er, at gærings- og synteseaktiviteten i formaverne sætter koen i stand til at nedbryde og udnytte de træstofholdige fodermidler, som er utilgængelige for enmavede husdyr, og til at opbygge protein ved hjælp af simple kvælstofholdige forbindelser som f.eks. urinstof. Udnyttelsen af disse egenskaber har stor betydning for koens værdi som husdyr; de medfører, at koen (som andre drøvtyggere) i mindre omfang end de enmavede husdyr er i konkurrence med mennesker om fødekilder, et forhold som spiller en central rolle ikke mindst i udviklingslandene, men som også kan forventes at blive af stigende betydning for mælkeproduktionen i fremtiden i vor del af verden.

I forbindelse med en omtale af de værdifulde processer, som finder sted i formaverne hos koen, er det vigtigt at erindre, at et gunstigt forløb af disse processer er helt afhængigt af miljøet i vommen. De vigtigste miljøfaktorer er tilstedeværelsen af næring til den mikrobielle biomasse, en passende lav koncentration af forgæringsprodukter og et fysisk miljø, der giver de bedste betingelser for en høj og gunstig forgæringsaktivitet. Opretholdelse af spytsekretionen og en normal vom-netmave motorik er nødvendig for såvel neutralisering og absorption af de dannede forgæringsprodukter som for bakteriers og fordøjede foderpartiklers videre passage til bladmave og løbe. Optimale forhold i vommen opnås derfor kun, hvis foderet indeholder en tilstrækkelig mængde

groft plantemateriale, der kan stimulere koens naturlige drøvtygning og dermed sikre en stor spytsekretion og en kraftig vom-netmave motorik. Der er en nær sammenhæng mellem koens tyggeaktivitet og dens vom-netmave motorik. Figur 2.4 viser motorikken i 3 forskellige situationer: 1) i tiden omkring foderoptagelse, 2) i perioder, hvor koen ligger ned i hvile eller tygger drøv, 3) i perioder, hvor koen tygger drøv stående eller står op i hvile. Det fremgår af figur 2.4, at trykbølgerne sker i et nøje fastlagt mønster, forårsaget af rytmiske sammentrækninger af netmavens og vommens forskellige afsnit i en fortløbende rækkefølge. Kontraktionsserierne sker med en frekvens på op til 2 pr. min. under foderoptagelse og mellem 1,2–1,6 under drøvtygning. I hvile sker kontraktionsserierne med en frekvens fra 0,8–1,4 pr. min. Den kraftigste motorik opnås ved fodring med store mængder groft foder, og den svageste forekommer, når koen kun tildeles stærkt findelt foder. Opretholdelsen af spytsekretionen vombevægelserne og drøvtygningens normale forløb reguleres af receptorer i vom-netmave væggen og i svælgets slimhinde. De vigtigste udløsende incitamenter er vommens udspiling og foderets mekaniske påvirkning af receptorerne, men også vomindholdets pH har betydning, idet et lavt pH vil medføre, at vomkontraktionerne går i stå.

Konsekvenserne af disse forhold for den praktiske fodring er vigtige. Foderrationer med utilstrækkelig struktur eller med højt indhold af let-forgærbare

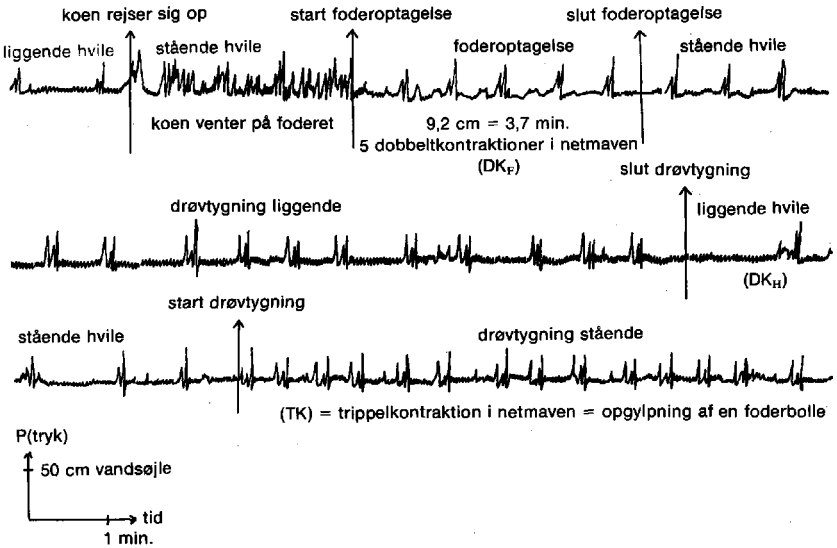


Fig. 2.4 Den tidsmæssige trykvariation i netmaven ved tre karakteristiske typer af tyggeaktiviteter: foderoptagelse, afslutning på en liggende drøvtygningsperiode og start på en stående drøvtygningsperiode (Nørgaard 1981).

kulhydrater er ikke egnede som kvægfoder. Deres anvendelse kan medføre, at der opstår fodervægring og lave fedtprocenter i mælken. Anvendt i større mængder eller over længere tid kan der indtræde trommesyge, vomlammelse og løbedrejning, ligesom der kan udvikles vomparakeratose eller forfangenhed. Fodringsbetingelser som de her nævnte er ikke i overensstemmelse med den tilpasning til ernæring på groft plantemateriale, som koen har udviklet. På den anden side er det ikke muligt at imødekomme en højtydende malkekos behov for energi og næringsstoffer uden at tilføre koncentreret foder under en eller anden form. Et centralt problem i malkekoens fodring bliver på denne måde at tilrettelægge fodringen og sammensætte foderet på en sådan måde, at koens store energibehov ikke tilsidesætter dens fysiologiske krav som drøvtygger.

De omtalte anatomiske og fysiologiske forhold rummer også andre funktioner, der kan ses som en tilpasning til koens oprindelige livsbetingelser. Et eksempel er mineralomsætningen. Koens naturlige foder, græs og lignende, indeholder typisk store mængder K og Ca, hvorimod det er relativt fattigt på Na og P. Både et stærkt forskudt K/Na-forhold og Ca/P-forhold er i mange henseender uheldigt. Det kan derfor ses som en tilpasningsmekanisme, når kvægspyt er særligt rigt på Na og P. Disse forhold er illustreret i tabel 2.2.

Tabel 2.2 Daglig optagelse (gram) af mineralstoffer med foder og tilførsel fra spyt til mave-tarm indhold hos malkekøer
(Rogers & Van't Klooster 1969)

	Na	K	Ca	P
I foder	27	225	68	42
I spyt	554	51	3	58
Total	581	276	71	100

De skæve mineralstofforhold K/Na og Ca/P i foderet bliver mere end udlignet ved spyttilblandingen, hvilket bl.a. har stor betydning for absorptionen og udnyttelsen af de pågældende mineraler. Der er tale om et internt kredsløb af Na og P, en form for husholdning med de to mineralstoffer, som normalt forekommer i de mindste mængder i koens naturlige foder.

En tilsvarende tilpasningsmekanisme besidder koen med hensyn til N-udnyttelsen. En stor del af foderets proteiner nedbrydes i vommen til NH_3. Denne kan udnyttes af mikroorganismerne til opbygning af mikrobielt protein, men en varierende del af den frigjorte NH_3 når ikke at blive opfanget; den absorberes gennem vomvæggen, føres til leveren, hvor den syntetiseres til urinstof, for derefter via blodet at blive udskilt med urinen. Denne risiko for tab af værdifuldt N modvirkes imidlertid derved, at en del af det med blodet cirkulerende

urinstof føres tilbage til vommen. Det sker dels over selve vomvæggen, dels over spyttet, som har et højt indhold af urinstof. Dette forhold betegnes koens protein regenerationscyklus. I situationer, hvor den tilførte proteinmængde er lav, kan omfanget af denne regeneration komme op på 90% af det endogene urinstof, og den virker derfor som en effektiv foranstaltning til at reducere tabet af N via udskillelsen i nyrerne.

2.5 Den højtydende kos dilemma

Den i det foregående nævnte stærke udvikling af yveret og den høje prioritering af mælkesekretionen i første del af laktationen kan medføre en fysiologisk belastning af koen.

I figur 2.5 er vist sammenhængen mellem foderoptagelse, vægtændring og mælkeproduktion i løbet af laktationen hos en højtydende ko (7500 kg 4% mælk). Medens mælkeydelsen når maksimum allerede 4–6 uger efter kælvningen, øges foderoptagelsen ikke i samme takt og først 8–12 uger efter kælvning har koen nået maksimal foderoptagelse. Koen mobiliserer energi og næringsstoffer fra kroppen, og den taber i vægt i denne periode. Først flere uger efter kælvningen vil der være balance mellem behov og foderoptagelse. Uanset hvilken foderration, der sammensættes, vil det være vanskeligt at undgå, at koen kommer i negativ balance i den første del af laktationen. Det skyldes evnen til før kælvning (i midt-, senlaktation og goldtid) at deponere energi og næringsstoffer (deponeringsfasen), som kan mobiliseres efter kælvningen (mobiliseringsfasen). Denne evne er stærkest udviklet hos højtydende køer, og den er en afgørende forudsætning for at opnå høj ydelse.

Mobiliseringens omfang kan være meget betydelig. Et efterhånden klassisk og velbelyst eksempel på kapaciteten af denne evne er koen Lorna, som blev undersøgt i forsøg i USA(Flatt et al. 1969). I de første 90 dage efter kælvningen tabte Lorna 142 kg i vægt og producerede 3600 kg 4% mælk. Det vil sige, at tabet i kroppens energireserver har været i stand til at dække behovet for produktion af ca. 1000 kg 4% mælk, altså ¼ af ydelsen. Eksemplet er ekstremt, men det er almindeligt, at højtydende køer med en maksimal dagsydelse på 30–40 kg mælk taber omkring 50 kg eller mere i vægt, hvilket med hensyn til energi modsvarer ca. 500 kg 4% mælk eller mere.

Det er ikke kun energi, som mobiliseres. Der mobiliseres også protein og mineralstoffer. Forsøg viser imidlertid, at proteinmobiliseringen kvantitativt er betydeligt mindre end energimobiliseringen. Krohn & Andersen (1978) angiver således på grundlag af egne og udenlandske forsøg, at den labile proteinmængde kun svarer til en mælkeproduktion på 2–300 kg.

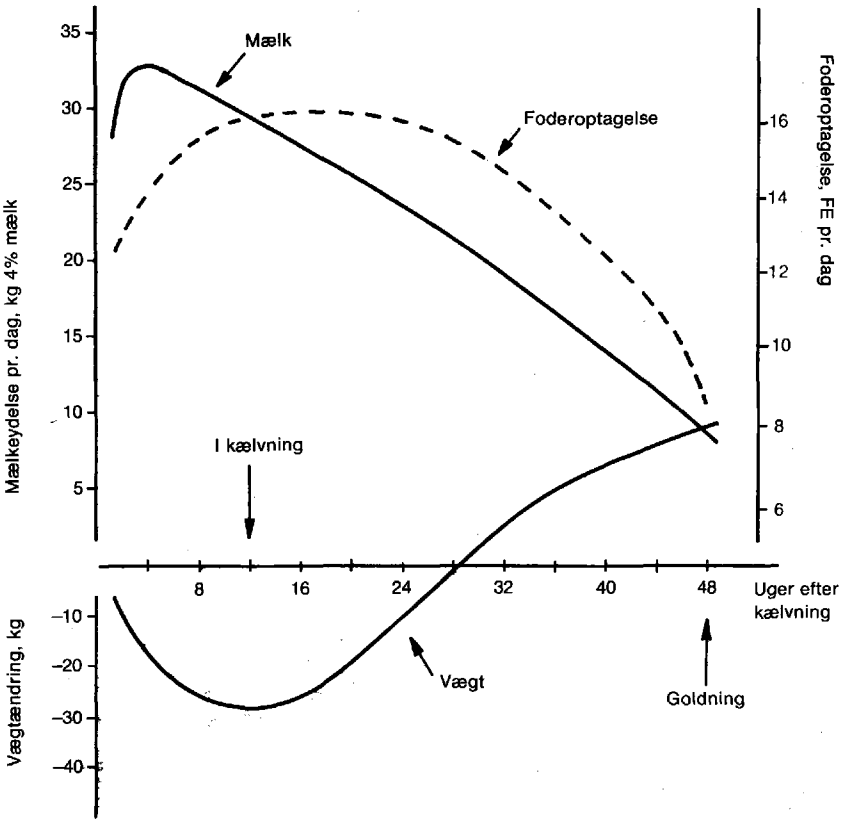


Fig. 2.5 Mælkeydelse, vægtændring og foderoptagelse hos en højtydende ko (7500 kg 4% mælk) i løbet af laktationsperioden. Skematisk.

Ca-behovet øges ligeledes stærkt, når laktationen er omkring sit højdepunkt. En ko som producerer 35 kg mælk pr. dag, udskiller dagligt 50 g Ca med mælken. Det er ca. 4 gange så meget som den mængde, der findes i blodet. Dette stiller meget store krav til Ca-optagelse og Ca-mobilisering fra knoglerne, og til en omstilling af Ca-omsætningen i det hele taget. Svigter denne omstilling udløses kælvningsfeber. At køer i denne del af laktationen også er mest udsat for andre ernæringsbetingede sygdomme er ikke overraskende.

Den fysiologiske baggrund for at højtydende køer i modsætning til lavtydende køer har udviklet den beskrevne mobiliseringsevne kan føres tilbage til den hormonale regulering af stofomsætningen. Forholdene heromkring er næppe

endnu fuldt klarlagte, men der udfoldes i disse år en omfattende forskning på området (Sejersen & Neimann-Sørensen 1981). Jvf. kapitel 12. Det synes dog at ligge klart, at den stærke mælkesyntese i yveret medfører et voldsomt træk på blodets glukose – 35 kg mælk svarer til 80 × blodets glukose-indhold. Dette resulterer i et lavt glukoseindhold, og en lav insulin og thyroxin sekretion, medens blodets indhold af væksthormon og glukagon er øget. Den lave glukosekoncentration medvirker til at øge koens appetit, den lave insulinkoncentration hæmmer vævsdeponeringen af næringsstofferne, og det sænkede thyroxin-niveau er baggrunden for en nedsat omsætning i vævscellerne, der muliggør, at vævsnedbrydningen overstiger vævsopbygningen, hvorved mobilisering kan finde sted. Summen af alle disse forandringer er et dramatisk skift i næringsstoffordelingen til gunst for yveret og på kropsvævenes bekostning.

Til illustration af disse forhold er i figur 2.6 vist, hvorledes insulinkoncentrationen i blodet varierer over døgnet hos to køer, den ene med en lav genetisk ydelseskapacitet (ko nr. 110) og den anden (ko nr. 511) med en høj ydelseskapacitet. Den afgørende forskel ses i tiden lige efter fodring: den lavtydende ko reagerer på fodringen ved at øge insulinkoncentrationen stærkt, medens denne reaktion ikke ses hos den højtydende ko. Denne forskel kan påvises ikke alene under laktationen, men også i goldtiden, et udtryk for at der er tale om en konstitutionel forskel mellem de to køer.

Omfanget af koens mobilisering/aflejring af energi i de forskellige afsnit af laktationsperioden er på to måder påvirket af fodringen. For det første spiller foderets koncentrationsgrad en rolle. Øges foderets koncentrationsgrad ved at nedsætte grovfoderandelen, vil mobiliseringen af energi hæmmes i begyndelsen af laktationen, medens tendensen til fedtaflejring i sidste del af laktationen fremmes. Disse virkninger synes i væsentlig grad at fremkomme som et resultat af foderets indflydelse på syrefordelingen i vommen (jfr. tabel 2.3). Tabellen viser, at øget kraftfoderandel på bekostning af grovfoder (lucernehø) ikke har øget, men derimod formindsket mælkeproduktionen. Fedtaflejringen i kroppen blev derimod forøget (Flatt et al. 1969 a og b). For det andet er det af betydning at forøge foderoptagelsen i tidlig laktation uden forringelse af grovfoder/kraftfoder forholdet – især for 1. laktationskøer, der har en særlig stor yverudvikling. Herved fremmes laktationsydelsen. Broster & Clough (1972) fandt således, at en forøgelse af højeste dagsydelse på 1 kg mælk medførte en stigning i den totale laktationsydelse på 150–200 kg. Denne virkning er en kombination af såvel genetiske som fodringsmæssige årsager. Ved en analyse for den separate virkning af hver af de to årsager fandt Østergaard (1979), at + 1 kg 4% mælk daglig i de første 4 uger efter kælvning ved samme fodring (kraftfodertildeling) – og derfor genetisk betinget – øgede laktationsydelsen med ca. 100 kg 4% mælk. En fodringsbetinget forøgelse på 1 kg i dagsydelse i denne tidlige laktation forøgede derimod laktationsydelsen med 300 kg 4% mælk, såfremt den stærkere fodring opretholdes frem til sidste halvdel af laktationen.

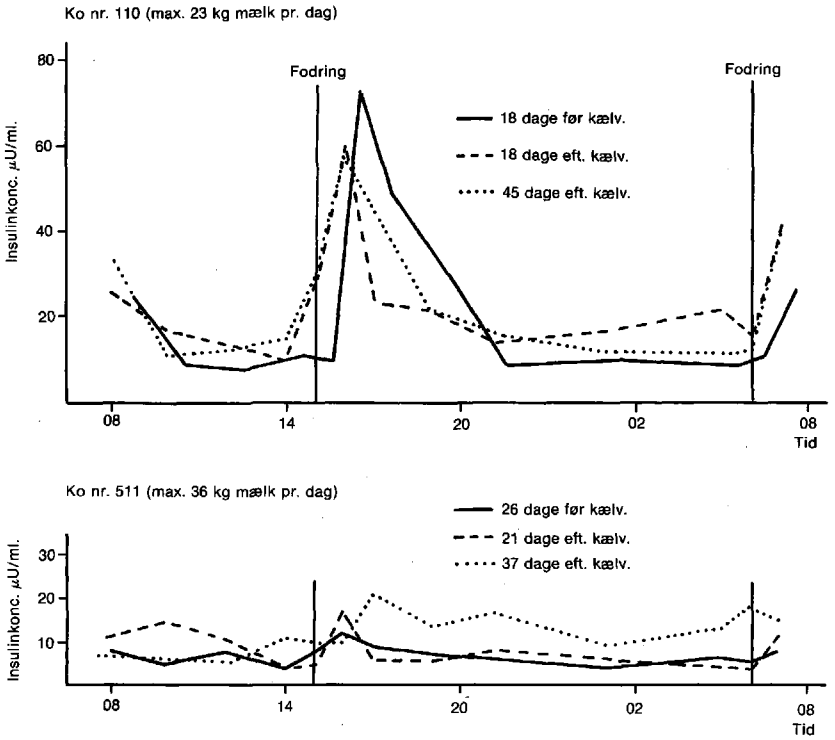


Fig. 2.6 Plasma insulinkoncentration hos en lavtydende (nr. 110) og en højtydende ko (nr. 511) i relation til fodringen (Thilsted 1980).

De her omtalte forhold har også stor betydning for koens frugtbarhed. Flere undersøgelser har således vist, at køer, som er i vægttab, har sværere ved at blive drægtige end køer, som er i ernæringsligevægt eller som tager på i vægt (Broster 1973, Esslemont 1979); et forhold, som er tilskrevet det lave glukoseindhold i blodet (Mc Clure & Payne 1978). Da netop den periode, hvor koen har høj mælkeydelse, falder sammen med det tidspunkt, hvor der insemineres for ny drægtighed, kan mobiliseringen af kropsvæv hos den højtydende ko påvirke dens frugtbarhed i uheldig retning.

Som det vil være fremgået, har mange af de her nævnte forhold en sådan kontroversiel karakter, at det er berettiget at tale om den højtydende ko's dilemma. Figur 2.7 er en illustration heraf. Den viser sammenhængen mellem grovfoder/kraftfoder forholdet og koens foderoptagelse og ydelse. Ved grovfoder/kraftfoder forholdet forstås i denne sammenhæng forholdet mellem på den

Tabel 2.3 Betydningen af grovfoder/kraftfoder forholdet på fordelingen af energi mellem mælk og kropsvæv
(Flatt et al. 1969 a og b)

	Foderets grovfoder/kraftfoder forhold		
	60:40	40:60	20:80
Syrefordeling i vom, C_2:C_3	3,3	2,6	2,0
pH i vom	6,0	5,9	5,7
Fedtprocent i mælk	3,5	3,0	2,7
Foderoptagelse, oms. energi, MJ.	151	153	147
Energi til produktion, MJ.	50	53	51
Energi i mælk, MJ.	59	55	44
Energi til kropsvæv, MJ.	–9	–2	7

ene side grovfodermidler som ensilage, hø, kemisk behandlet halm o.l. med lav fordøjelighed (FK org. stof = 65–70) og på den anden side koncentrerede fodermidler som roer, korn, skrå og lign. med høj fordøjelighed (FK org. stof = 80–90). Østergaard (1979) fandt, at det biologisk optimale grovfoder/kraftfoder forhold er ca. 35:65, svarende til en total fordøjelighed af hele foderrationen på ca. 75. Øges grovfoderandelen eller indsættes der mere tungtfordøjelige foderemner som visse affalds- og biprodukter, ses af figur 2.7, at energioptagelsen går ned. Det øgede krav til mobilisering forstærker »koens dilemma«: den vil ikke nå maksimal ydelse, og der vil være risiko for ketose og frugtbarheds-

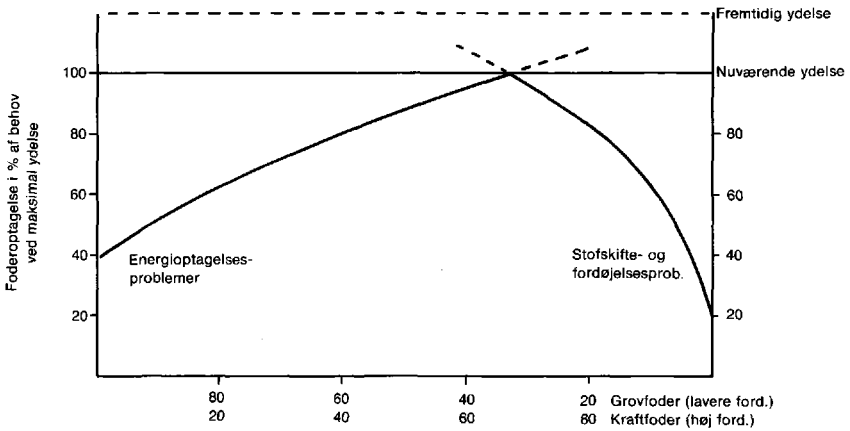


Fig. 2.7 Grovfoder/kraftfoder forholdets betydning for ydelseskapaciteten og forekomsten af stofskifteproblemer/sygdomme hos malkekoen.

problemer. Anvendes derimod mere kraftfoder, vil energibehovet kunne dækkes, men der kan opstå andre problemer i form af stofskifte- og fordøjelighedsforstyrrelser, lave fedtprocenter i mælken og lav foderudnyttelse.

Af figur 2.7 kan derfor også udledes, at udnyttelsen af en fremtidig stigning i den genetisk bestemte ydelseskapacitet vil kræve et øget forbrug af grovfoder med høj foderværdi og af god kvalitet – for ensilage især god gæringskvalitet. D.v.s. at udviklingen i 70'erne med stærkt øget forbrug af pelletterede industrifoderblandinger bør vendes. Derved undgås en forringelse af det økonomiske marginaludbytte af avlsarbejdet og på længere sigt svækkelse af koens biologiske konkurrenceevne ved ikke at fremme dens muligheder som drøvtygger.

2.6 Fremtiden

De omtalte forhold har adresse til fremtiden og kræver indsats både på avls- og fodringssiden.

Avlsmæssigt er det muligt gennem flere tiltag at imødegå stigende problemer på grund af negativ energibalance og ufysiologisk høj mobilisering:

a. Skærpelse af tyremødreselektionen ved udelukkelse af køer, som ikke i tilstrækkelig grad har vist evne til høj mælkeproduktion uden komplikationer i form af stofskiftesygdomme eller nedsat frugtbarhed.
b. Øget vægt på appetit og foderoptagelsesevne på individprøvestationerne, således som det kan ske (og nu sker) ved anvendelse af en grovfoderrig foderration. På denne måde er der mulighed for at øge dyrenes foderoptagelsesevne i takt med den genetiske fremgang i ydelse.
c. Særlig vægt på køer med en flad laktationskurve ved udvælgelsen af avlsdyr. Dette vil på langt sigt reducere det meget store energi- og næringsstofbehov i den første del af laktationen og gøre det muligt at reducere kraftfoderandelen i den totale foderration.

Også indsatsen på fodringssiden må gå i flere retninger:

a. Hensigtsmæssigt valg af grovfoder og grovfoderproduktionsteknik (gødskning, høsttidspunkt etc.) kan medvirke til højere grovfoderkvalitet, og derved muliggøre, at den fremtidige større ydelseskapacitet kan realiseres, uden at grovfoderandelen går ned. Grovfoderproduktionen må målrettes mod fremstilling af foder med høj fordøjelighed og energikoncentration. Roer vil derfor fortsat være aktuelle som en udbytterig, kornerstattende foderafgrøde, som majs- eller helsædsensilage ikke hidtil har kunnet måle sig

med. Med nuværende teknik og viden er det også muligt at fremstille græsmarksafgrøder af høj kvalitet. Betydningen heraf er understreget i de seneste års forsøg på Silstrup (Kristensen et al. 1979). I disse forsøg, hvor køerne fik ensilage efter ædelyst med en konstant daglig kraftfodermængde, blev det fundet, at 4 kg kraftfoder og 10,2 FE græsensilage fra tidlig slæt gav højere mælkeydelse end 11 kg kraftfoder og 4,9 FE ensilage fra sen slæt. Foruden den kraftfoderbesparende (korn, oliekager) effekt vil anvendelsen af grovfoder af høj kvalitet have gunstig indflydelse på vommiljøet og give plads for anvendelse af affalds- og biprodukter af lavere koncentrationsgrad, f.eks. halm.

b. Fodringsprincippet. Som det ses af figur 2.5 kan den højtydende ko – med såvel en mobiliseringsfase som en deponeringsfase – ikke fodres efter et strikt normfodringsprincip d.v.s med 0,4 FE pr. kg 4% mælk i aktuel daglig ydelse. Derfor er det nødvendigt fortsat at videreudvikle de to øvrige hovedfodringsprincipper, *strategifodring med kraftfoder* d.v.s. grovfoder ad libitum og en fast kraftfodertildeling, indtil kropsreserverne igen er opbygget, eller *fodring med fuldfoder efter ædelyst*.

c. Rationsformulering. Rigtig sammensætning af foderrationen er ikke en ny problematik, men hidtil er sammensætningen hovedsagelig sket under hensyntagen til, at energikoncentration, indhold af protein, fedt, mineraler, vitaminer og fysisk struktur skulle imødekomme koens behov. Den stadig større indsigt i forgæringsprocesserne i formaverne og disses betydning for foderets udnyttelse og opretholdelse af koens sundhed er imidlertid endnu kun ufuldstændigt udnyttet i praktisk fodringsvejledning. Optimal fysisk struktur (spytsekretion) og kemisk struktur er i denne forbindelse nøglebegreber, som venter på en præcisering.

d. Foderteknologi. Ad teknologisk vej er det muligt at beskytte både protein og fedt mod nedbrydning i vommen, hvorved opnås en bedre udnyttelse af disse i reglen dyre næringsstoffer, samtidig med at de bliver lettere tilgængelige og hurtigere omsættelige i koens intermediære stofskifte (Madsen 1976, Østergaard et al. 1981). Det har også været fremført, at en anvendelse af beskyttede kulhydrater vil have en positiv effekt på foderoptagelsen og reducere den relative glukosemangel hos højtydende køer i tidlig laktation (Preston & Leng 1978).

e. Foderprægning, et nyt begreb, hvorved forstås den betydning, som fodringen under opdrætningsperioden kan have for fordøjelseskanalens udvikling og funktion og for koens senere ædeadfærd.

Mange af de berørte forhold vil så langt viden rækker blive nærmere omtalt i de følgende kapitler. Den bedst mulige forståelse af malkekoens karakteristika, herunder fysiologiske muligheder som drøvtygger, må være en del af grundlaget for anvendelsen af kvantitative sammenhænge og økonomiske principper til fastlægning af den optimale fodring af fremtidens malkeko.

2.7 Litteratur

Apelt, W. 1965. Der Einfluss der Ernährung auf der Entwicklung der Verdauungsorgane und auf die quantitativen Schlachtergebnisse von männlichen Kälbern. Kühen Archiv *79,* 239–296.

Baldwin, R. L. 1969. Development of milk synthesis. J. Dairy Sci. *52,* 729–736.

Broster, W. H. 1973. Liveweight change and fertility in the lactating dairy cow: a review. Vet. Rec. *93,* 417–420.

Broster, W. H. & Clough, P. A. 1972. Feeding the cow in the large farm unit. 23rd. Annual Meeting EAAP, Verona. Italy. pp. 8.

Esslemont, R. J. 1979. Management with special reference to fertility. *In:* Feeding strategy for the high yielding dairy cow, ed. by W. H. Broster & H. Swan, Granada, London, p. 258–294.

Flatt, W. P., Moe, P. W., Moore, L. A., Hooven, N. W., Lehman, R. P., Ørskov, E. R. & Hemken, R. W. 1969a. Energy utilization by high producing dairy cows. I. Experimental design, ration composition, digestibility data and animal performance during energy balance trials. Proc. 4th. Symp. Energy Metabolism. EAAP Publ. 12, 221–234.

Flatt, W. P., Moe, P. W., Munson, A. W. & Cooper, T. 1969b. Energy utilization by high producing dairy cows. II. Summary of energy balance experiments with lactating Holstein cows. Proc. 4th. Symp. Energy Metabolism. EAAP Publ. 12, 235–251.

Kristensen, V. F., Andersen, P. E., Skovborg, E. B. 1979. Ensilageoptagelse og mælkeproduktion hos malkekøer i relation til slættidspunkt og kraftfodermængde. 287. Medd. Statens Husdyrbrugsforsøg, pp. 4.

Krohn, C. C. & Andersen, P. E. 1978. Forskellige energi- og proteinmængder til malkekøer i tidlig laktation. 475. Beretn. Statens Husdyrbrugsforsøg, pp. 72.

Madsen, J. 1976. Kemisk behandling af foderproteinet i relation til kraftfoderudnyttelsen hos drøvtyggere. Lic. afh. Husdyrbrugsinstituttet, Den Kgl. Veterinær- og Landbohøjskole, pp. 76.

McClure, T. J. & Payne, J. M. 1978. Observations of the first service non-return rates of the hypoglycemic concentrate fed dairy herds. Aust. Vet. J. *54,* 7–9.

Preston, T. R. & Leng, R. A. 1978. Sugar cane as cattle feed. World Anim. Rev. *27,* 7–12.

Rogers, P. A. M. & van't Klooster, T. 1969. Medd. Landbouwhogeschool, Wageningen. *11,* 26.

Sejrsen, K. & Neimann-Sørensen, A. 1981. Nutritional physiology and feeding of the cow around parturition. Proceedings of the EEC Seminar, München. 30.9–2.10.1981.

Sisson, S. 1954. The anatomy of domestic animals. W. B. Saunders Company. pp. 456.

Swanson, E. W., Pardue, F. E. & Longmire, D. B. 1967. Effect of gestation and dry period on DNA and alveolar characteristics of bovine mammary glands. J. Dairy Sci. *50,* 1288–1292.

Thilsted, S. H. 1980. The relationship between plasma glucose concentration, glucose utilization rate and partition of absorbed nutrients in the dairy cow. Lic. afh. Husdyrbrugsinstituttet, Den Kgl. Veterinær- og Landbohøjskole, pp. 107.

Tucker, H. A. 1969. Factors affecting mammary gland cell numbers. J. Dairy Sci. *52,* 720–729.

Østergaard, V. 1979. Strategies for concentrate feeding to attain optimum feeding level in high yielding dairy cows. 482. Beretn. Statens Husdyrbrugsforsøg, pp. 138.

Østergaard, V., Danfær, A., Daugaard, J., Hindhede, J. og Thysen, I. 1981. Foderfedtets indflydelse på malkekøernes produktion. 508. Beretn. Statens Husdyrbrugsforsøg, pp. 140.

3. Fodermidlernes karakteristika

K. Vestergaard Thomsen

		Side
3.1	**Indledning**	3.2
3.2	**Kemiske metoder til beskrivelse af fodermidlerne**	3.2
	3.2.1 Bestemmelse af protein	3.2
	3.2.2 Bestemmelse af fedt	3.4
	3.2.3 Bestemmelse af kulhydratfraktionen	3.9
	3.2.4 Vurdering og konklusion	3.11
3.3	**Biologiske metoder til beskrivelse af fodermidlerne**	3.13
	3.3.1 In vitro fordøjelighedsbestemmelse	3.13
	3.3.2 Cellulaseenzymmetoden til fraktionering af fodermidler	3.14
	3.3.3 Sammenligning af 3 forskellige analysesystemer	3.17
	3.3.4 In vivo fordøjelighedsbestemmelse	3.20
	3.3.5 Sammenligning af in vitro og in vivo fordøjelighed	3.24
	3.3.6 Vurdering og konklusion	3.24
3.4	**Fodermidlernes karakteristika**	3.29
3.5	**Litteratur**	3.31
3.6	**Fysisk struktur** P. Nørgaard	3.37
	3.6.1 Indledning	3.37
	3.6.2 Strukturens fysiologiske betydning	3.38
	3.6.3 Standard-tyggetid og optimal partikelstørrelse	3.40
	3.6.4 Malkekøers strukturbehov	3.43
3.7	**Litteratur**	3.45

3.1 Indledning

Fodermidlerne kan karakteriseres ved kemisk sammensætning, fordøjelighed samt fysisk struktur. Fysisk struktur omtales i afsnit 3.6 ved Peder Nørgaard.

Det kemisk analytiske grundlag for fodermiddelvurdering har i over 100 år været baseret på den såkaldte Weende analyse, der indebærer en analytisk bestemmelse af tørstof, råaske, råfedt, råprotein og træstof.

Det omfattende forsøgsarbejde, der igennem tiden er udført med henblik på den bedst mulige vurdering af fodermidlernes næringsværdi udfra Weende analysen, har haft en tendens til at blokere for nye kemiske analysemetoder, idet sådanne ændringer indebærer, at de allerede udviklede beregningssystemer ikke kan anvendes. Ved indførelse af et ændret analysesystem må der således udvikles nye beregningssystemer baseret på et stort antal dyr i produktion.

En række nye analysemetoder og -systemer er søgt udviklet såvel i Danmark som i udlandet, og selv om disse ikke for alles vedkommende anvendes i den praktiske fodermiddelvurdering i dag, er der med henblik på fremtidig anvendelse givet en kort omtale heraf.

Siden Weende analysens fremkomst er vor viden om de forskellige husdyrs hensigtsmæssige ernæring stærkt forøget. Det vil således være ønskeligt, om denne viden også afspejler sig i udformning af de mest hensigtsmæssige analysesystemer til de forskellige husdyrarter.

3.2 Kemiske metoder til beskrivelse af fodermidlerne

Weende analysen er foreslået udvidet med en bestemmelse af let hydrolyserbare kulhydrater (LHK = stivelse + sukker) og råfedtanalysen er foreslået ændret til en bestemmelse af fedtsyreindholdet (Thomsen 1972). Herved kan fodermidlerne opdeles i to principielt forskellige stofgrupper, hvoraf den ene er fedtsyrer + protein + stivelse + sukker og den anden træstof + restfraktion. De to nævnte stofgrupper vil i det efterfølgende blive betegnet som celleindholdsstoffer og cellevægsstoffer.

3.2.1 Bestemmelse af protein

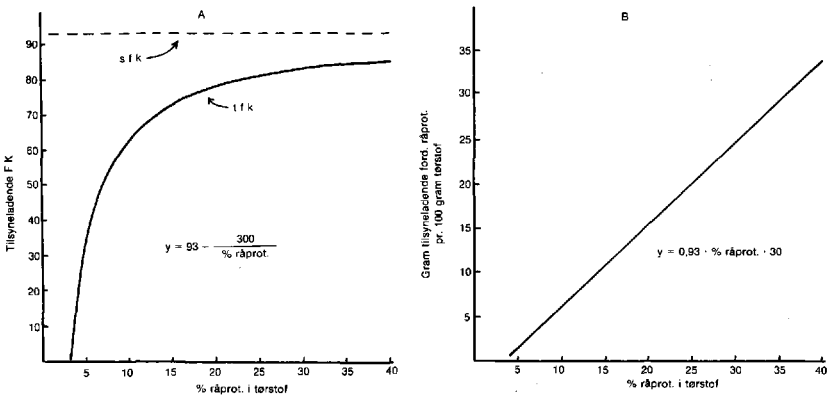
Da vommens mikroorganismer i stor udstrækning er i stand til at udnytte ikke-protein kvælstof (NPN) som kvælstofkilde, bliver fodermidlernes indhold af råprotein bestemt som totalindholdet af kvælstof × 6,25. Tidligere blev der skelnet mellem indholdet af råprotein og renprotein (pepsin – HCl – fordøjeligt

renprotein). Fodermidlernes indhold af NPN-forbindelser kan variere betydeligt både inden for fodermidler og mellem fodermidler. En del fodermiddelgruppers indhold af kvælstofholdige forbindelser er vist i tabel 3.1.

Tabel 3.1 Fodermidlernes indhold af kvælstofforbindelser. Procent N af total-N

	Roer	Roetop		græs kløver lucerne	korn oliekager
		frisk	ensilage		
Renprotein	40–65	70–85	45–75	80–90	90–100
Frie aminosyrer	15–30	5–20	10–30	10–20	
Amider	5–15	5–10	5–10	spor	
				spor	
Ammoniak	spor	spor	5/15		
Nitrat	5–40	5–25		0–7	

I beregningen af FE anvendes fodermidlernes indhold af fordøjeligt råprotein. I fodermidler, der ikke har været udsat for høje temperaturer (varmebeskadiget), har det vist sig, at fordøjeligheden af råprotein til kvæg og får i så høj grad er en funktion af råproteinindholdet, at fordøjeligheden kan beregnes herudfra.



Figur 3.1. Tilsyneladende fordøjelighedskoefficient (A) samt indhold af tilsyneladende fordøjeligt råprotein (B) som funktion af råproteinindhold. (SFK = sand fordøjelighedskoefficient. TFK = tilsyneladende fordøjelighedskoefficient). (Thomsen 1979).

I figur 3.1 er den af Thomsen (1979) anførte danske beregning vist. I USA anvendes følgende logaritmiske beregning: Råproteinfordøjelighedskoefficient = 70 · log procent råprotein i foderet ÷ 15 (Nutrient Requirements of Dairy Cattle, Fifth revised edition, 1978). Denne beregning gælder både grovfoder og blandede rationer. Formlen er i det aktuelle område 10–18% råprotein næsten identisk med den anførte danske beregning.

Fordøjeligheden af råprotein til kvæg anses i dag ikke for at være et tilstrækkeligt kvalitetskriterium, og der arbejdes både i udlandet og herhjemme på at finde frem til bedre kriterier for vurdering af foderets proteinværdi til drøvtyggere. Vigtigt i denne forbindelse synes at være proteinets nedbrydelighed i vommen. I de senere år er det forsøgt at finde egnede metoder til at måle proteinnedbrydningen i vommen dels ved in vitro teknik (figur 3.2) dels ved in vivo forsøg (tabel 3.2).

Tabel 3.2 Forskellige fodermidlers proteinnedbrydningsgrad (in vivo)

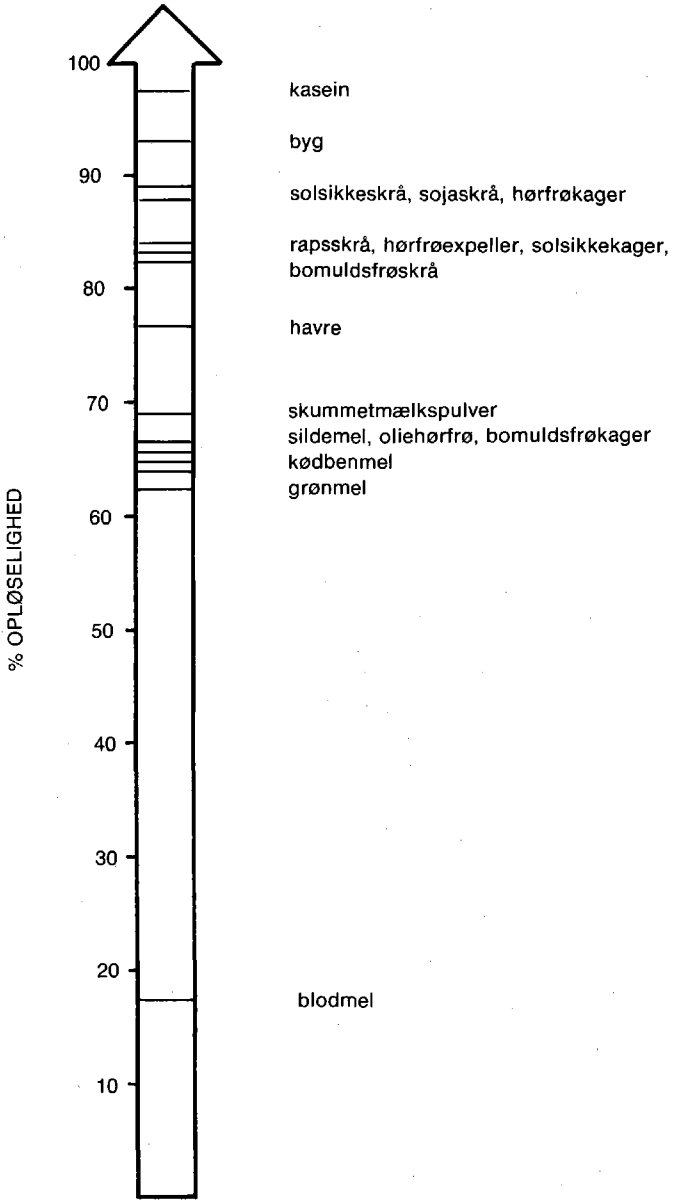
Fodermiddel	% nedbrydelig	Reference
Sojaskrå	76	Møller & Hvelplund 1980
Bomuldsfrøkager Solsikkekager Rapsskrå	72	Miller 1973
Græsensilage	95	Hvelplund & Møller 1981
Græs	90	Hvelplund & Møller 1981

Resultaterne viser forskelle i proteinstoffernes nedbrydningsgrad men må ikke tages som endelige værdier. Resultaterne viser dog de forskellige proteinstoffers indbyrdes rangering. Samtidig søges udviklet metoder til reducering af proteinnedbrydning ved anvendelse af let opvarmning og kemisk behandling (Madsen et al. 1977). Derudover kan nævnes, at der er foretaget undersøgelser, der antyder, at især de cellulolytiske bakterier, der lever i vommen hos drøvtyggere, tilsyneladende foretrækker langkædede peptider (renprotein) som kvælstofkilde frem for korte peptider eller NPN, medens de bakterier i vommen, der forgærer stivelse og sukker, tilsyneladende kan anvende NPN som kvælstofkilde (Thomsen & Neimann-Sørensen 1975, Møller & Thomsen 1977, Thomsen & Johnsen 1982, Houghe 1981, Houghe & Thomsen 1982, Prins 1978).

Den totale forsyning af essentielle aminosyrer til drøvtyggerorganismen er således ret kompliceret. På længere sigt må forsyningen udtrykkes som summen af fordøjelige essentielle aminosyrer syntetiseret i vommen og fordøjelige essentielle aminosyrer stammende fra ikke nedbrudt foderprotein.

3.2.2 Bestemmelse af fedt

I Weende analysen bestemmes fedtindholdet ved æterekstraktion. Undersøgelser af metoder til fedtbestemmelse har vist, at det bedste udtryk for fedtindholdet fås ved efter en forudgående hydrolyse med saltsyre at bestemme fedtsyreindholdet efter en ekstraktion med æter (stoldtfedt) (Thomsen 1965, Thomsen 1969, Thomsen 1971, Thomsen 1972). Æterekstraktion efter forudgående saltsyrehydrolyse er nødvendig for at få alle fedtsyrerne ekstraheret.



Figur 3.2. Proteinets nedbrydning in vitro (Madsen et al. 1977).

Ved denne metode ekstraheres varierende mængder af æterekstraherbart materiale, der ikke består af fedtsyrer, hvilket er vist ved en kvantitativ gaskromatografisk bestemmelse af fedtsyrerne. Metoden har særlig stor betydning ved fedtbestemmelse i gødning. Det er vist, at en meget stor del af fedtsyrerne i gødning findes i form af kalciumsæber (op til 80%). Disse fedtsyrer unddrages bestemmelse ved anvendelse af den almindelige råfedtanalysemetode, hvorimod de medbestemmes ved anvendelse af forudgående saltsyrehydrolyse.

Ændring af råfedtanalysen som skitseret får betydning for de beregnede indhold af skandinaviske foderenheder (FE). Her anvendes forskellige energifaktorer for råfedt fra forskellige fodermidler (oliekager 2,48, kornprodukter 2,12, grovfoder 1,91 og ensilage 1,0) (kap. 4). Det ved Weende analysen bestemte fedtindhold kan variere på grund af at det æterekstraherbare materiale, der ikke består af fedtsyrer, kan udgøre en forskellig mængde i de forskellige fodermidler, ligesom optræden af sæber kan påvirke ekstraktionsresultatet (Thomsen 1972). I tabel 3.3 er eksempler vist på råfedtbestemmelse sammenlignet med stoldtfedtbestemmelse. Det fremgår, at anvendelse af forudgående HCl-hydrolyse sammen med en kvantitativ fedtsyrebestemmelse giver det bedste udtryk for fodermidlernes reelle fedtindhold (fedtsyreindhold).

Såvel fedtsyreindhold som fordelingen af de forskellige fedtsyrer har betydelig interesse ved fodring af malkekøer, idet både ydelse (fedtprocent) og smørfedtets konsistens påvirkes. I tabellerne 3.4 og 3.5 er fedtsyrefordelingsprocenter vist i såvel kraftfoder- som grovfodermidler. Endvidere er det beregnede jodtal angivet i tabel 3.4 og 3.6. Jodtallet er udtryk for indholdet af umættede fedtsyrer (antal dobbeltbindinger) og har i mange år været anvendt som styringsfaktor for smørfedtets konsistens.

Som tidligere omtalt synes det bedste udtryk for fedtindhold i fodermidler at være fedtsyreindholdet. I tabel 3.6 fremgår fedtsyreindholdet i procent af råfedtindholdet i en række grovfodermidler. I kraftfodermidler vil fedtsyreindholdet i procent af råfedt i reglen være betydeligt større end i grovfodermidler.

Tabel 3.3 Eksempler på stoldtfedt-analyser (HCl-hydrolyse) og råfedtanalyser (æterekstraktion) samt disses fraktionsindhold af fedtsyrer (Thomsen 1972)

	% af tørstof			
	Stoldtfedt		Råfedt	
	total	fedtsyrer	total	fedtsyrer
Byg	2,9	2,5	2,0	1,7
Sojaskrå	2,5	1,9	1,1	1,0
Solsikkekager	5,6	3,5	5,7	2,6
Havre	4,5	3,8	3,9	3,2
Græspiller	4,5	1,6	3,9	1,3
Luzernegrønmel	3,5	1,6	3,2	1,3

Tabel 3.4 Procentisk fedtsyresammensætning i olier, der findes i kraftfodermidler (Jørgensen 1981)

Fodermiddel	Fedtsyrefordeling i vægtprocent										Beregnet jodtal
	<C 12	C 12:0	C 14:0	C 16:0	C 16:1	C 18:0	C 18:1	C 18:2	C 18:3	>C 18	
Kokosolie	14,6	45,4	18,0	10,5	0,4	2,3	7,5	0	0	0,4	7
Palmekerneolie	9,7	46,9	14,1	8,8	0	1,3	18,5	0,7	0	0	18
Palmeolie	0	0	1,4	40,1	0	5,5	42,7	10,3	0	0	57
Rapsolie	0	0	0	1,0	0	0	32,0	15,0	1,0	50,0*)	96
Majsolie	0	0	1,4	10,2	1,5	3,0	49,6	34,3	0	0	108
Bomuldsfrøolie	0	0	1,4	23,4	2,0	1,1	22,9	47,8	0	1,3	109
Rapsolie dobb. lav	0	0,5	0,2	4,4	0,3	1,8	59,4	18,9	11,1	3,2**)	119
Sojaolie	0	0,2	0,1	9,8	0,4	2,4	28,9	50,7	6,5	1,0	136
Solsikkeolie	0	0	0	5,6	0	2,2	25,1	66,2	0	0,9	142
Hørfrøolie	0	0	0	6,3	0	2,5	19,0	24,1	47,4	0,7	191
Svinefedt	2,1	0	1,3	28,5	2,7	11,9	47,5	6,0	0	0	56
Oksetalg	0	0	6,3	27,4	0	14,1	49,6	2,5	0	0	49

*) Erukasyre = C 22:1
**) heraf 0,8% erukasyre

Tabel 3.5 Fedtsyrefordelingen i forskellige grovfodermidler (Jørgensen 1981)

Fodermiddel	Fedtsyrefordeling i vægtprocent								
	C 12:0	C 14:0	C 14:1	C 16:0	C 16:1	C 18:0	C 18:1	C 18:2	C 18:3
Helsædsensilage	0,4	3,2	0,2	25,4	0,7	2,6	11,4	41,2	14,9
Græsensilage	0,8	1,2	0,2	18,8	2,0	2,6	4,6	18,7	51,1
Roetopensilage	0,5	1,1	0,1	24,9	1,7	2,3	13,2	19,5	36,7
Hø	0,8	1,2	0,0	21,7	0,2	2,3	3,2	16,2	54,4
Mask	0,1	0,3	0,0	23,7	0,5	1,4	12,1	55,6	6,3
Frisk græs:									
ung og bladrig	0,2		0,2		17,3		1,6	1,9	15,4	63,4
før skridning	0,1		0,4		18,8		1,7	2,6	17,0	59,4
efter skridning	0,2		0,7		20,8		1,9	3,7	18,6	54,1
Frisk kløver:									
ung og bladrig	0,1		0,2		15,7		1,1	1,4	15,8	65,7
før blomstring	0,1		0,3		19,5		2,2	1,7	17,5	58,7
i blomst	0,2		0,6		21,4		2,8	2,7	18,1	54,2

Tabel 3.6 Fedtindhold og jodtal i forskellige grovfodermidler (Jørgensen 1981)

Fodermiddel	Antal prøver	% tørstof	% af tørstof			Fedtsyrer i % af råfedt	Fedtsyremængde og -kvalitet		
			træstof	råfedt	fedtsyrer		g/ kg ts.	g/ f.e.	beregn. jodtal
Helsædsensilage	2	35,1	28,1	3,0	1,9	63	19	24	127
Græsensilage	7	22,1	28,1	4,7	1,8	39	18	26	180
Roetopensilage	3	12,8	14,1	4,6	1,7	37	17	23	150
Hø	1	83,2	24,2	2,6	1,7	68	17	24	181
Mask	1	21,9	13,8	7,4	8,0	109	80	93	129
Frisk græs:									
ung og bladrig	3	–	–	5,4	2,9	54	29	32	203
i skridning	3	–	–	4,1	1,9	46	19	25	196
efter skridning	3	–	–	3,4	1,4	41	14	21	185
Kløver:									
ung og bladrig	2	–	–	6,3	3,4	54	34	37	210
i knop	2	–	–	5,2	2,5	48	25	33	194
i blomst	2	–	–	4,8	2,3	48	23	35	184

I de senere år har der foruden animalsk fedt fra destruktionsanstalterne været anvendt en række affaldsprodukter fra fedtindustrien som tilsætning i kraftfoderblandinger. Der knytter sig betydelig interesse til såvel fedtsyresammensætning (jodtal) som renhedsgraden af sådanne produkter, og derfor er der af dakofo (Danske Korn- og Foderstof – im- og eksportørers Fællesorganisation) opstillet følgende kvalitetskrav til teknisk fedt som tilsætning i kraftfoderblandinger:

Indhold af	Max.
Vand	1%
Smuds	1%
Uforsæbelig rest	3,5%
Vand + smuds + uforsæbelig rest	5%
Di-tri-polymere fedtsyrer m.m.	3%
Fedtsyrer med 20 eller flere C-atomer	4%
Jodtal i fedtet	75%

Ved at følge disse regler vil en uheldig indflydelse på produktionen i stor udstrækning kunne undgås. Med større kendskab til foderfedtets indflydelse på produktionen kan det ikke udelukkes, at der i fremtiden kan opstilles bedre kvalitetskriterier for foderfedt.

3.2.3 Bestemmelse af kulhydratfraktionen

NFE og træstof: Ved anvendelse af Weende analysen beregnes de kvælstoffrie ekstraktstoffer som differens. NFE = 100 – (aske + råprotein + råfedt + træstof). Det blev oprindeligt antaget, at med træstofanalysen kunne den såkaldte råkulhydratfraktion opdeles i en utilgængelig del (træstof) og en tilgængelig del (NFE). Det har imidlertid vist sig, at træstoffraktionen i mange fodermidler kan fordøjes med større procentandel end NFE-fraktionen hos drøvtyggere. Opdelingen i træstof og NFE er defineret med træstofanalysen samt bestemmelse af aske, råprotein og råfedt. Træstofanalysen er defineret med den anvendte analyseforskrift og bestemmer således ikke definerede kemiske komponenter. Træstof omfatter stoffer som lignin, cellulose og hemicellulose, men en del af de nævnte stoffer vil også være inkluderet i NFE-fraktionen (især hemicellulose og delvis lignin) i varierende mængder. Stivelse og sukker vil altid være inkluderet i NFE-fraktionen.

Stivelse og sukker: Thomsen (1972) har foreslået at udvide Weende analysen med en bestemmelse af stivelse (evt. stivelse + sukker). I tabel 3.7 er den udvidede analyse sammenlignet med den almindelige Weende analyse. Det fremgår, at træstof + restfraktion udgør en varierende del i de forskellige fodermidler. Med det foreslåede kan der foretages en opdeling i cellevægsbestanddele (træstof + restfraktion) og celleindholdsstoffer (råprotein, fedtsyrer og LHK (stivelse + sukker)).

Denne analysemetode har indlysende fordele hos énmavede pattedyr og fugle, idet den mikrobielle nedbrydning af træstof + restfraktion (cellevægge) her er af ringe eller begrænset betydning.

Tabel 3.7 Udvidet analyse (a) sammenlignet med Weende-analysen (b) i nogle fodermidler (Thomsen 1972)

		Vand %	Råaske %	Råfedt %	Fedtsyrer %	Råprot. %	Træstof %	NFE %	LHK %	Rest %
Sojaskrå	a	7,9	6,1	–	1,9	47,0	**6,4**	–	9,8	**21,0**
	b	7,9	6,1	1,1	–	47,0	6,4	31,6	–	–
Solsikkekager	a	6,3	6,5	–	3,3	37,7	**18,2**	–	4,2	**23,8**
	b	6,3	6,5	5,7	–	37,7	18,2	25,6	–	–
Hvedeklid	a	10,0	5,6	–	3,9	15,4	**9,0**	–	33,8	**22,5**
	b	10,0	5,6	3,9	–	15,4	9,0	56,2	–	–
Byg	a	10,3	2,4	–	2,5	12,4	**5,4**	–	54,7	**12,4**
	b	10,3	2,4	2,0	–	12,4	5,4	67,5	–	–
Havre	a	8,0	2,9	–	3,8	13,2	**11,4**	–	39,2	**21,5**
	b	8,0	2,9	3,8	–	13,2	11,4	60,7	–	–
Græspiller	a	7,0	7,5	–	1,6	12,8	**26,6**	–	5,6	**39,0**
	b	7,0	7,5	3,9	–	12,8	26,6	42,3	–	–
Luzernegrønmel	a	7,8	8,1	–	1,6	19,5	**24,4**	–	4,6	**34,1**
	b	7,8	8,1	3,2	–	19,5	24,4	37,1	–	–

Hos drøvtyggere er det af stor betydning at kende, hvor stor en del af træstof + restfraktion (cellevægge) der kan nedbrydes ved mikrobiel virksomhed i mave-tarmkanalen, og en opdeling i cellevægge og celleindholdsstoffer er således også for drøvtyggere af stor betydning.

Cellevægsbestanddele: I USA har Van Soest udviklet et analysesystem, hvorved fodermidler og foderblandinger kan opdeles i celleindholdsstoffer og cellevægsbestanddele. Derudover kan cellevægsbestanddelene med tilnærmelse opdeles i cellulose, hemicellulose og lignin (Van Soest 1963, 1964, 1965a, 1965b, 1966, 1967a, 1967b, 1969, Goering & Van Soest 1970). Celleindholdsstofferne er meget højt fordøjelige hos drøvtyggere, hvorfor en højere eller lavere fordøjelighed dels skyldes et varierende indhold af cellevægsstoffer dels varierende fordøjelighed af cellevægsstofferne. Sidstnævnte variation skyldes for en stor del varierende lignificeringsgrad. Dog må det konstateres, at den indflydelse lignificeringsgraden har på cellevæggenes fordøjelighed (lignin i procent af cellevægsstoffer) er noget forskellig fra planteart til planteart og endvidere afhængig af planternes udviklingsstadium. Ved analysen foretages en bestemmelse af NDF (neutral detergent fibre), ADF (acid detergent fibre) og lignin (Goering & Van Soest 1970) efter følgende retningslinier.

NDF (neutral detergent fibre): Analysen udføres ved kogning med en neutral detergent opløsning, og efter filtrering gennem glasfiberfilter tørres materialet ved 100° C og vejes. Den uopløste mængde betegnes som NDF og angives i procent af tørstof eller oprindeligt foreliggende materiale.

ADF (acid detergent fibre): Analysen udføres ved kogning med en syre detergent opløsning, og efter filtrering gennem glasfiberfilter tørres materialet ved 100° C og vejes. Den uopløste mængde betegnes som ADF og angives i procent af tørstof eller oprindeligt foreliggende materiale.

Lignin: Materialet fra ADF-bestemmelse behandles med 72% svovlsyre, hvorefter den uopløste rest beregnes som differens mellem tørvægt (100° C) og vægt efter foraskning (525° C). Fraktionen betegnes som syre detergent lignin (acid detergent lignin) og angives i procent af tørstof eller oprindeligt foreliggende materiale.

Ud fra de analytiske bestemmelser kan der foretages en opdeling af cellevægsstofferne i cellulose, hemicellulose og lignin, idet hemicellulose = NDF – ADF og cellulose = ADF – lignin. Denne fraktionering af fodermidler kan bestemme mængden af hemicellulose, cellulose og lignin med tilnærmelse, idet fraktionerne ikke er fuldstændig kemisk afgrænsede med den anvendte analyseteknik. Det kan således nævnes, at syre detergent lignin sandsynligvis giver en for lav værdi for ligninindholdet i halm (Sundstøl et al. 1978).

Derudover kan nævnes, at kemisk behandling af fodermidler (halm) med anvendelse af tørludning eller behandling i lukkede systemer (intet tørstoftab ved udvaskning) medfører et faldende indhold af cellevægge (NDF) som følge

af ændrede opløselighedsforhold (Thomsen et al. 1973, Rexen & Thomsen 1976, Thomsen 1976, Sundstøl et al. 1978).

Det har tidligere været omtalt, at ved ændring af råfedtanalysen til en bestemmelse af fedtsyreindholdet og derefter suppleret med en bestemmelse af sukker + stivelse kan der foretages en opdeling i celleindholdsstoffer og cellevægsbestanddele. Det på denne måde beregnede indhold af cellevægsstoffer kan således sammenlignes med indholdet af cellevægsstoffer bestemt efter Van Soest metoden.

Indholdet af cellevægsstoffer bestemt efter Van Soest såvel som beregnet efter foran anførte metode er vist i tabel 3.10, afsnit 3.4 for en række fodermidler. Ved gennemgang heraf viser det sig, at fodermidlerne grupperer sig forskelligt. I byg, havre, bomuldsfrøskrå og lignende fodermidler synes de to metoder til bestemmelse af cellevægsbestanddele at give overensstemmende resultater. Det samme er tilfældet for ubehandlet halm.

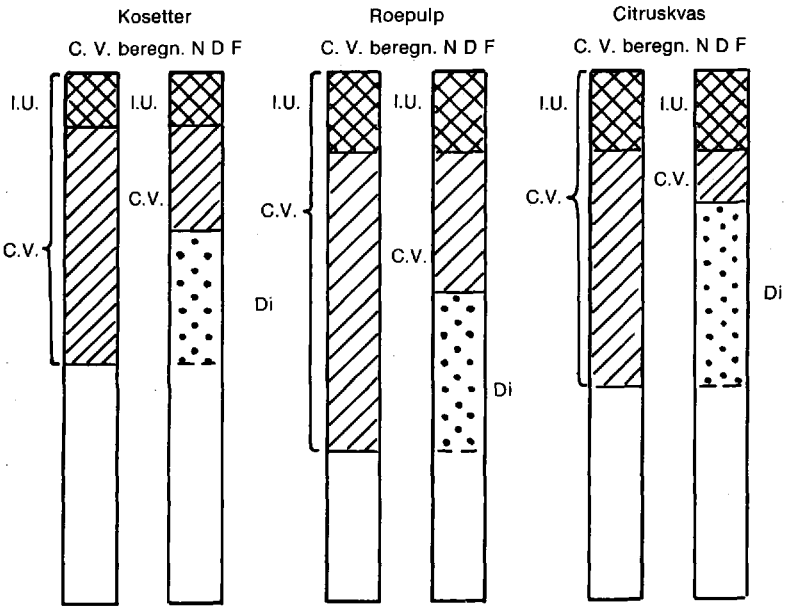
I NaOH-behandlet halm (tørludning) og græsmel bestemmes indholdet af cellevægsstoffer derimod lavere efter Van Soest's metode end beregnet ud fra den udvidede Weende analyse. For ludbehandlet halms vedkommende skyldes dette som tidligere omtalt, at opløselighedsforholdene ændres ved den kemiske behandling med NaOH. I figur 3.3 er der vist resultater fra analyser i kosetter, roepulp og citruskvas. Det fremgår, at der i disse fodermidler er fundet en betydelig forskel imellem de to analysemetoder. Disse fodermidler har tilsyneladende et betydeligt indhold af stoffer, der efter Van Soest's metode bestemmes som celleindholdsstoffer, men som efter den anden metode ikke registreres som sukker + stivelse. Det antages at dreje sig om pektin eller pektinlignende stoffer.

Med det omtalte forhold melder der sig det spørgsmål, hvorvidt pektin eller pektinagtige stoffer skal henregnes til celleindholdsstoffer eller cellevægsstoffer. Den dyriske organisme udskiller ikke enzymer, der er i stand til at hydrolysere pektin til absorberbare komponenter, hvorfor fraktionen ofte henregnes til cellevægsstoffer. Pektin er imidlertid højt og hurtigt forgærbart ved hjælp af mikroorganismer (in vitro fordøjelighed). Når det drejer sig om drøvtyggere, kan det således være misvisende at rubricere pektin under cellevægsstoffer.

Den omtalte fraktion vil dog i de fleste tilfælde være lav i den samlede foderration. Drejer det sig derimod om foderblandinger, hvori der indgår betydelige mængder af de nævnte pektinholdige fodermidler, kan det komme på tale at udvikle særlige analysemetoder til pektinbestemmelse.

3.2.4 Vurdering og konklusion

Den kemiske sammensætning af fodermidlerne har i mange år været baseret på den såkaldte Weende analyse (foderstofanalysen). Det må dog på nuværende tidspunkt vurderes, om ikke der især med henblik på forsknings- og forsøgs-



Figur 3.3. Sammenligning mellem NDF (van Soest) og beregnet C. V. (stivelse + sukker) i kosetter, roepulp og citruskvas. In vitro ufordøjeligt stof er endv. angivet.

In vitro ufordøjeligt stof (I. V.)

Cellevægge (C. V.)

Difference (Di)

opgaver kan opnås fremskridt ved en ændring eller udvidelse af dette analysesystem. Det er omtalt, at en ændring af råfedtanalysen til en bestemmelse af det totale indhold af fedtsyrer synes formålstjenlig. Endvidere vil en oplysning om fodermidlernes indhold af stivelse og sukker være af betydelig interesse.

En opdeling i cellevægge og -indholdsstoffer er ligeledes af betydelig interesse, idet førstnævnte fraktion kun vil være af energetisk værdi for husdyrene gennem en mikrobiel nedbrydning i mavetarmkanalen.

Med henblik på fodermidlernes proteinværdi til drøvtyggere kan det i fremtiden komme på tale at udtrykke denne ved råproteinets nedbrydningsgrad og mikrobiel proteinsyntese i vommen m.v.

3.3 Biologiske metoder til beskrivelse af fodermidlerne

I det følgende er omtalt de to vigtigste biologiske laboratoriemetoder: In vitro forgæringsprincip og anvendelse af cellulaseenzympræparater.

3.3.1 In vitro fordøjelighedsbestemmelse

I princip er der her tale om en laboratoriemæssig fordøjelighedsbestemmelse, hvor en afvejet mængde (0,5 g) af fodermidlet underkastes 48 timers forgæring i en stødpudeopløsning (pH: 6,8–6,9) tilsat frisk udtaget vomvæske (levende mikroorganismer). Efter centrifugering behandles det ikke forgærede materiale med pepsinsaltsyreopløsning i endnu 48 timer. Mængden af ikke opløst organisk materiale bestemmes, og resultatet udregnes og opgives som in vitro opløseligt (fordøjeligt) organisk stof i procent af organisk stof (Tilley & Terry 1963).

Denne metode til bestemmelse af in vitro fordøjeligt organisk stof til drøvtyggere har såvel i sin oprindelige form som i forskellige modifikationer fået en ikke ubetydelig udbredelse til en hurtig bestemmelse af fodermidlers og -blandingers næringsværdi til drøvtyggere (Frederiksen 1966, Thomsen & Henriksen 1976, Thomsen 1977, Den Braver 1974, Thomsen 1979, Van Soest 1973, Kellner & Kirchgessner 1976a, Kellner & Kirschgessner 1976b, Kirschgessner & Kellner 1977, Henriksen 1978, van der Koeln et al. 1974).

Med denne teknik kan der opnås en bestemmelse af indholdet af fordøjeligt organisk stof til drøvtyggere. Antages det, at celleindholdsstofferne har en høj fordøjelighed (over 90%) kan metoden anvendes til vurdering af cellevæggenes fordøjelighed.

Det har ofte været anført, at aktiviteten af vomvæske kan variere fra den ene udtagningsdag til den anden. Hvis dette er tilfældet, er det nødvendigt at korrigere resultaterne over for en standardprøve. Thomsen (1977) har undersøgt dette forhold, og i tabel 3.8 er vist resultater af in vitro fordøjelighedsbestemmelser i 9 forskellige foderblandinger, der er analyseret i 5 forskellige uger uden korrektion.

En udført variansanalyse viste, at der ikke kan påvises signifikant variation mellem uger for udtagning af vomvæske. En undersøgelse foretaget i Norge, Finland og Danmark udviser en rimelig god overensstemmelse med anvendelse af samme teknik (Sundstøl et al. 1978).

Henriksen (1978) har vist, at reproducerbarheden ved in vitro fordøjelighedsbestemmelser er af samme størrelsesorden som de fleste analyser, der indgår i Weende analysesystemet.

Det må således konkluderes, at in vitro fordøjelighedsbestemmelser uden korrektion med anvendelse af samme teknik i de fleste fodermidler og -blandinger kan udføres med tilstrækkelig sikkerhed og reproducerbarhed. Som kontrol

Tabel 3.8 In vitro fordøjelighed i fodermidler analyseret i fem forskellige uger (Thomsen 1977)

Uge nr.	1	2	3	4	5	gns.
Foderblanding:						
A	87,0	88,2	84,9	85,3	87,4	86,6
B	77,2	78,3	78,1	75,5	78,9	77,6
C	67,1	68,6	69,7	67,5	68,2	68,2
D	82,5	80,1	80,3	82,4	85,3	82,1
E	78,9	80,5	76,6	78,3	81,2	79,1
F	84,4	83,0	85,4	84,9	84,8	84,5
G	83,7	84,7	85,1	83,2	81,6	83,7
H	79,5	81,8	80,2	79,2	78,4	79,8
I	75,4	76,2	72,6	72,6	74,9	74,3
Gennemsnit	79,5	80,2	79,2	78,8	80,1	79,5

medtages der dog altid en eller to standardprøver med kendt in vitro fordøjelighed.

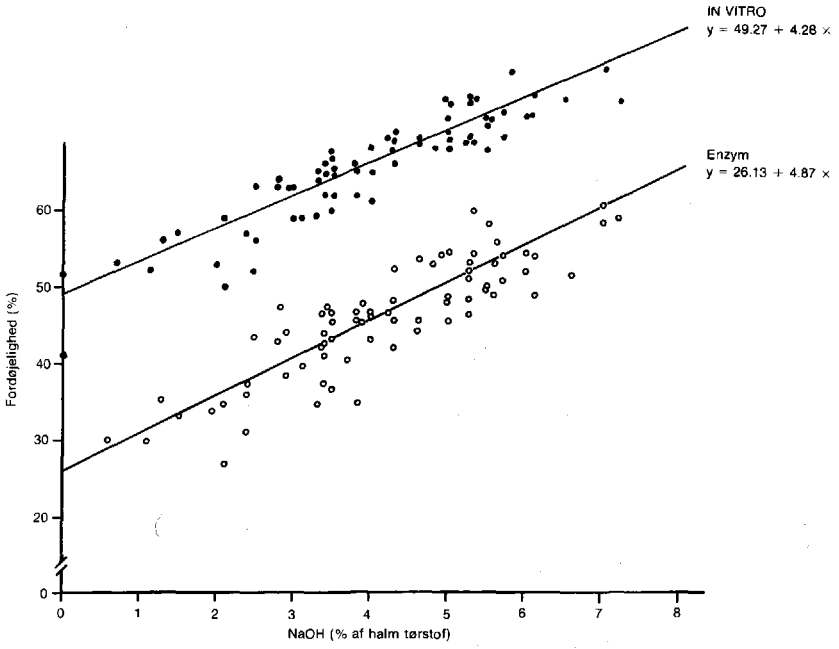
3.3.2 Cellulaseenzymmetoden til fraktionering af fodermidler

Bestemmelse af in vitro fordøjelighed har den ulempe, at der skal anvendes frisk udtaget vomvæske fra en vomfistuleret ko ved inkubationerne. Der er derfor flere steder søgt udviklet metoder, hvor der i stedet for vomvæske er anvendt cellulasepræparater (Jarrige et al. 1966, Jones & Hayward 1973, Guggalz et al. 1971, Rexen 1977, Thomsen & Henriksen 1976, Israelsen et al. 1978, Tilley & Terry 1978, Van Soest 1973).

Fælles for disse metoder er, at celleindholdsstofferne opløses ved en forudgående behandling (pepsin-HCl, NDF-bestemmelse m.v.), hvorefter materialet behandles i et passende medium med et cellulasepræparat. På grund af at cellulasepræparaterne kun har virkning på cellevægsstofferne, kan en forudgående behandling udelades i fordermidler, der næsten udelukkende består af cellevægge (halm, ludet halm, NH_3-behandlet halm m.v.) (Thomsen et al. 1973, Rexen & Thomsen 1976, Sundstøl et al. 1978, Rexen 1977, Kristensen et al. 1978).

Fodermidlers opløselighed med anvendelse af et cellulaseenzympræparat er i adskillige undersøgelser sammenlignet med såvel in vitro fordøjelighed som in vivo fordøjelighed (Jarrige et al. 1966, Kellner & Kirchgessner 1976b, Pulli 1976, Kellner & Kirchgessner 1977, Tilley & Terry 1978, Thomsen & Henriksen 1976, Israelsen et al. 1978).

Bestemmelse af in vitro fordøjelighed og enzymopløselighed (cellulase) har i stor udstrækning været anvendt til måling af effekten ved kemisk behandling af

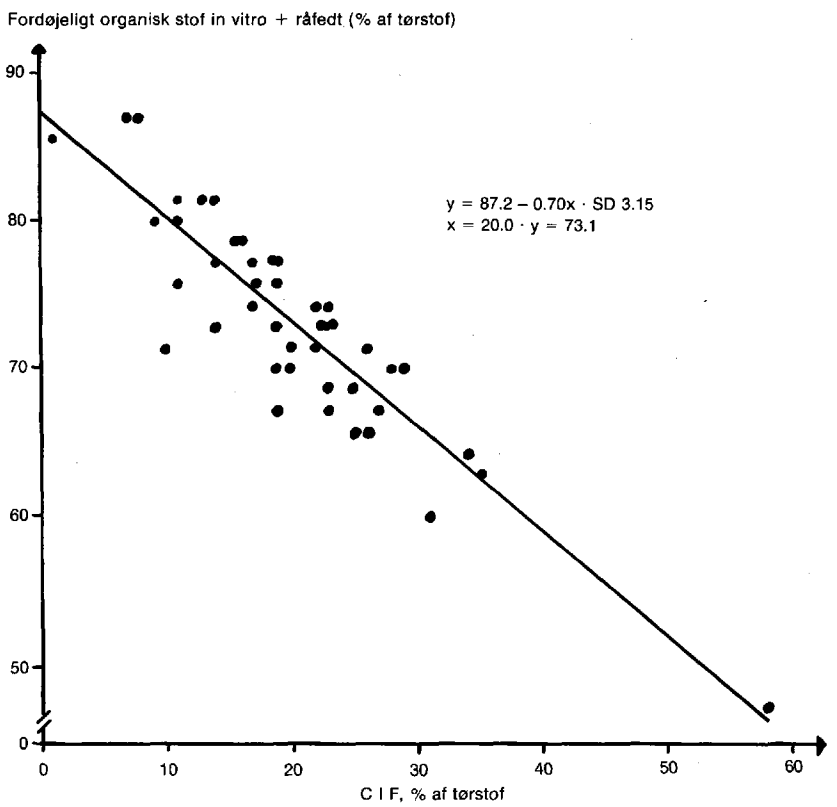


Figur 3.4. Sammenhæng mellem % NaOH anvendt ved behandling og in vitro fordøjelighed samt enzymopløselighed (Rexen & Thomsen 1976).

halm (Thomsen et al. 1979, Rexen & Thomsen 1976, Waagepetersen & Thomsen 1977, Kristensen et al. 1978). I figur 3.4 er sammenhæng vist mellem % NaOH anvendt ved behandlingen og henholdsvis in vitro fordøjelighed og enzymopløselighed. Det fremgår, at der er fundet god sammenhæng mellem % NaOH anvendt ved behandlingen og de to målemetoder (r = 0,92) men en betydelig spredning i fordøjelighed ved en given NaOH-behandling.

Det fremgår, at fordøjeligheden (opløseligheden) med in vitro teknik giver resultater, der ligger ca. 25 enheder højere end tilsvarende resultater med anvendelse af enzymopløselighedsmetoden. De enzymsystemer, der arbejder i in vitro glassene (levende mikroorganismer udtaget fra en vomfistuleret ko) er således i stand til at forgære (opløse) en større mængde organisk stof, end det anvendte cellulasepræparat kan opløse.

Thomsen & Henriksen (1976) og Israelsen et al. (1978) har foretaget en sammenligning af in vitro fordøjelighed (opløselighed) med enzymopløselighed i en række fodermidler og -blandinger, hvor der er foretaget en forudgående behandling med neutral detergent opløsning (se 3.2.3) før behandling med cellulaseenzympræparat. Den fundne sammenhæng er vist i figur 3.5.



Figur 3.5. Fordøjeligt organisk stof in vitro + råfedt i relation til C I F indhold i 8 fodermidler og 39 forskellige blandinger med forskelligt indhold af ubehandlet- og NaOH-behandlet halm (Israelsen et al. 1978).

De to analysemetoder blev fundet højt korrelerede, men det må bemærkes, at variationen i de anvendte blandinger er fremkommet ved iblanding af ubehandlet og NaOH-behandlet halm. Dette bevirker, at den fundne sammenhæng ikke kan betragtes som generel men indskrænker sig til det undersøgte materiale.

Anvendelse af cellulaseenzym alene eller efter forudgående NDF-behandling vil i nogle tilfælde med tilnærmelse angribe (opløse) samme mængde, som kan opløses (forgæres) med in vitro teknik, men i andre tilfælde en betydelig mindre mængde, og det må derfor formodes, at in vitro teknikken har mere generel anvendelse, hvor det drejer sig om foderblandinger med ukendt sammensætning.

3.3.3 Sammenligning af 3 forskellige analysesystemer

De foran omtalte analysemetoder giver anledning til, at der kan opstilles forskellige analysesystemer til vurdering af fodermidlers og -blandingers næringsværdi til drøvtyggere.

I figur 3.6 er der med byg og byghalm som eksempler vist tre forskellige analysesystemer:

1. Weende analysen
2. Den udvidede Weende analyse
3. Den udvidede Weende analyse suppleret med bestemmelse af in vitro fordøjeligt organisk stof korrigeret for indholdet af fedtsyrer

Med Weende analysen deles råkulhydratfraktionen kun i træstof og NFE. Kun træstoffraktionen er skraveret, idet kun denne fraktion kan siges med sikkerhed at bestå af cellevægsstoffer, der for at udnyttes af dyrene må underkastes en mikrobiel forgæring. Ved den udvidede Weende analyse er der foretaget en skravering af både træstof og restfraktion. Med denne fraktionering kan fodermidlerne opdeles i cellevægge og celleindholdsstoffer. In vitro fordøjeligt organisk stof med fedtkorrektion er vist i næstsidste søjle på figuren. Forskellen mellem de to fodermidler træder tydeligt frem med anvendelse af den udvidede Weende analyse og in vitro fordøjelighed.

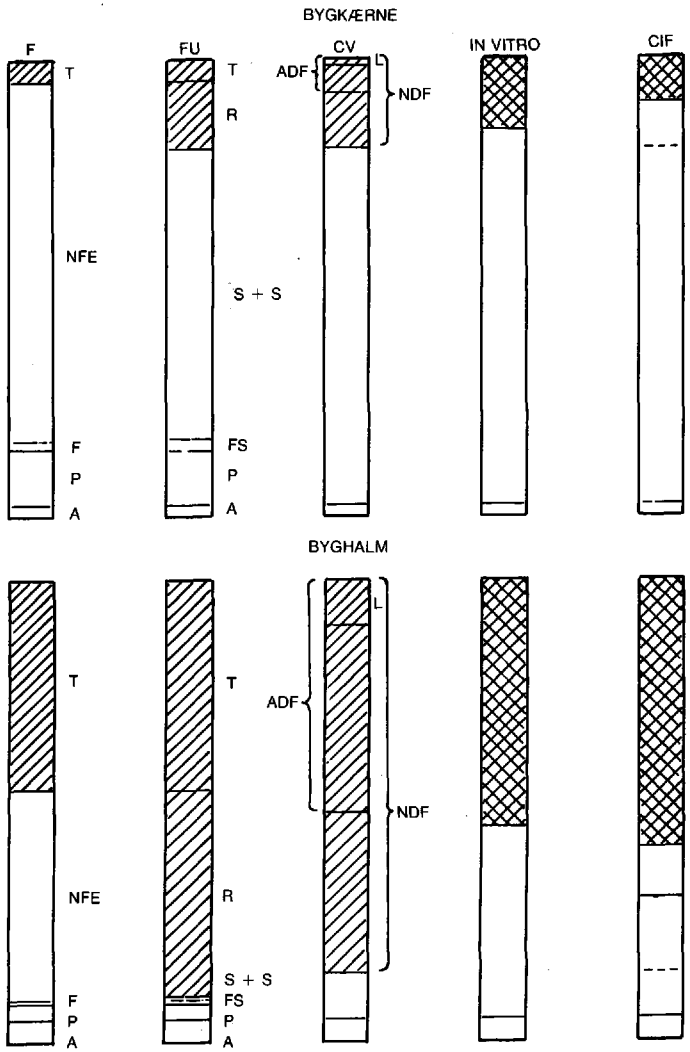
Med anvendelse af den udvidede Weende analyse suppleret med in vitro fordøjeligt organisk stof korrigeret for indholdet af fedtsyrer kan der opnås følgende fordele med relation til fodermidlernes og -blandingernes næringsværdi til drøvtyggere:

1. En analytisk mere korrekt bestemmelse af fedt.
2. En fraktionering i cellevægsstoffer og celleindholdsstoffer.
3. Indholdet at stivelse + sukker kendes.
4. In vitro fordøjelighed kendes.
5. Under forudsætning af at fordøjeligheden af celleindholdsstofferne er høj (over 90%), kan in vitro fordøjeligheden af cellevægsstofferne beregnes.
6. Analysesystemet har betydelige fordele fremfor Weende analysen, idet en betydelig større del af variationen i næringsværdi kan henføres til de udførte analyser. Dette er specielt af betydning i foderblandinger med ukendt sammensætning.

Med basis i cellevægsbestemmelse efter Van Soest og anvendelse af cellulaseenzympræparater kan der i lighed med det foran omtalte system med anvendelse af in vitro teknik opstilles to analysesystemer (figur 3.6):

1. Van Soest's system.
2. NDF-bestemmelse (cellevægge) efter Van Soest med efterfølgende behandling med cellulaseenzympræparat (CIF).

Van Soest's analysesystem (NDF, ADF og lignin) bygger på den antagelse, at celleindholdsstofferne (protein, fedt, stivelse, sukker m.v.) er meget højt fordøjelige (over 95–98%).



Figur 3.6. Sammenligning af tre forskellige analysesystemer. (Weende-analysen, udvidet Weende-analyse samt udvidet med in vitro-fordøjelighed).

F:	Foderstofanalysen (Weende)	A:	Råaske
FU:	Udvidet foderstofanalyse	R:	Rest
CV:	Cellevægsstoffer	S+S:	Stivelse + sukker
T:	Træstof	CIF:	Cellululaseuopløseligt org. st.
NFE:	Kvælstoffrie ekstraktstoffer	ADF:	Syre detergent opl.
F:	Råfedt	NDF:	Neutral detergent opl.
FS:	Fedtsyrer	L:	Lignin
P:	Råprotein		

Fordøjeligheden af organisk stof er således afhængig af indhold og fordøjelighed af cellevægsstofferne. Cellevægsstoffernes fordøjelighed afhænger af fodermidlernes lignificeringsgrad, hvorved den totale næringsværdi af fodermidler skulle kunne beregnes efter en bestemmelse af NDF, ADF og lignin (Goering & Van Soest 1970). En sådan beregning har imidlertid som tidligere omtalt visse fejl og unøjagtigheder forårsaget af, at de forskellige plantearters lignificeringsgrad ikke alene kan udtrykkes ved lignin i procent af cellevægsstoffer.

Derudover virker kemisk behandling af fodermidler forstyrrende ved ændring af opløselighedsforholdene. Endvidere vil temperaturpåvirkning (kunstigt tørrede fodermidler) kunne bevirke, at en ikke ubetydelig del af protein medbestemmes i cellevægsfraktionen (og ADF-fraktionen).

Ifølge Goering & Van Soest (1970) kan der foretages korrektion herfor ved at foretage en bestemmelse af kvælstof i ADF-fraktionen.

I figur 3.6 er der foruden Van Soest's analysesystem vist et system, hvor der udføres en bestemmelse af cellulaseopløselighed af NDF-fraktionen. Den viste fraktionering er sammenlignelig med den tidligere omtalte fraktionering med anvendelse af in vitro teknik, idet forgæring med vomvæske her er erstattet af en behandling med et cellulaseenzympræparat.

Sammen med den udvidede Weende analyse kan metoden siges at have de samme fordele som omtalt for in vitro fordøjelighedsbestemmelser men kan næppe tillægges samme generelle sikkerhed f.eks. i forbindelse med foderblandinger af ukendt sammensætning. Således er det tidligere omtalt, at vomvæske er i stand til at opløse en større mængde organisk stof end anvendelse af et cellulaseenzympræparat, når det drejer sig om fodermidler med et højt indhold af cellevægsstoffer (halm m.v.). Også når det drejer sig om andre fodermidler, kan der blive tale om varierende opløselighedsforhold.

Årsagen hertil må søges i, at det (de) anvendte cellulasepræparat(er) på nuværende tidspunkt ikke er tilstrækkeligt standardiserede og således ikke kan anvendes generelt. Det kan ikke udelukkes, at der i fremtiden kan ske en tilstrækkelig standardisering af sådanne præparater, hvorved deres anvendelse kan blive mere generel.

De foran omtalte forhold bevirker, at der kan opstilles tre analysesystemer, som frembyder åbenbare fordele fremfor den hidtil anvendte Weende analyse, 1. udvidet foderstofanalyse + in vitro opl., 2. udvidet foderstofanalyse + NDF-bestemmelse + cellulaseopl. af NDF (CIF) og 3. pepsin-HCl. opl. + cellulaseopl. af rest.

Der kan naturligvis gennemføres mere avancerede analyser såsom bestemmelse af hele råkulhydratfraktionens sammensætning (glukose, fruktose, mannose, laktose, zylose, arabinose m.v.) (Theander & Åman 1979). Sådanne analyser har imidlertid kun værdi for drøvtyggerernæringen, når den del af cellevæggene, der har mulighed for mikrobiel nedbrydning (forgæring), kendes.

En meget vigtig egenskab hos fodermidlerne er lignificeringsgraden, hvorfor

metoder til måling heraf som omtalt er af stor interesse. Der kan i denne forbindelse henvises til en række analytiske observationer vedrørende kulhydratsammensætningen af forskellige fraktioner (NDF-fraktionen, ADF-fraktionen såvel den in vitro fordøjelige fraktion som den in vitro ufordøjelige fraktion) (Theander & Åman 1979).

På længere sigt vil udvidet kendskab til fodermidlernes fraktionering og den kemiske sammensætning af fraktionerne kunne bidrage til en øget forståelse af, hvorfor den energetiske næringsværdi af forskellige fodermidler og -blandinger varierer så meget, som de gør. Med øget kendskab på det analytiske område åbnes muligheder for, at en betydelig større del af variationen mellem og indenfor fodermidler kan forklares ved analytiske data, som derved i højere grad end i dag kan erstatte forsøg med dyr.

En sådan udvikling er ønskelig, idet laboratoriemæssige undersøgelser er hurtigere, mindre arbejdskrævende og billigere end forsøg med dyr. Herved kan dyreforsøg i højere grad i fremtiden koncentreres om principielle spørgsmål, som har til hensigt at fremskaffe data til beskrivelse af sammenhænge, som kun er knyttet til den animalske produktion, det drejer sig om.

3.3.4 In vivo fordøjelighedsbestemmelse

I de foregående afsnit er der kun i meget få tilfælde omtalt in vivo fordøjelighedsforsøg. Dette skyldes, at det er tilstræbt at adskille de laboratoriemæssige karakteristika fra de egenskaber ved fodermidlerne, der er knyttet til deres anvendelse til dyrene.

Fordøjelighedsforsøg har i stor udstrækning været anvendt som redskab ved fodermiddelvurderingen, og der er gennemført et meget stort antal fordøjelighedsforsøg med mange forskellige fodermidler, og fordøjelighedskoefficienter indgår i næsten alle fodertabeller. Ved opgivelse af fordøjelighedskoefficienter må der skelnes mellem den tilsyneladende fordøjelighed og den sande fordøjelighed. Dette skyldes, at dyrene udskiller stofskifteprotein og -fedt med gødningen. Mængden heraf står i relation til optaget tørstofmængde. At skelne mellem sand og tilsyneladende fordøjelighed har størst betydning for protein og fedt men får dog også betydning for organisk stof omend i mindre udstrækning. De fordøjelighedskoefficienter, der findes opgivet i tabelværker over fodermidlernes kemiske sammensætning og fordøjelighed, er næsten altid den tilsyneladende fordøjelighed.

De fleste forsøg med drøvtyggere er udført med får på vedligeholdelsesniveau. Dog er der udført mange undersøgelser over faktorer, der påvirker in vivo fordøjeligheden både på vedligeholdelses- og produktionsniveau (Schneider & Flatt 1975). Her skal kort omtales følgende faktorer: Foderniveau, kemisk sammensætning, proteinniveau samt effekt af stivelse- og sukkerindhold (samspilseffekt).

a. Foderniveau (produktionsniveau). Foderniveau er en af de mange faktorer, der påvirker foderets fordøjelighed hos drøvtyggere. Undersøgelser viser, at dyrene i almindelighed fordøjer mere af næringsstofferne i foderet, når de fodres restriktivt end ved fodring efter ædelyst. Faldet i den tilsyneladende fordøjelighed med stigende foderniveau synes dog at være afhængig af foderets egenskaber og sammensætning. Anvendelse af træstofholdige grovfodermidler (hø, halm, græsensilage og kunsttørrede græsmarksafgrøder) medfører faldende fordøjelighed (Blaxter 1961, Blaxter & Wainman 1961, 1964, Paladines et al. 1964, Moe et al. 1963, Ried 1956, 1961, Waite et al. 1962, Haentein & Haldren 1965, Hogan et al. 1967). Fordøjeligheden falder mest for foder med højest træstofindhold (Armstrong 1964, Blaxter 1961, 1962, Waite et al. 1964, Brown 1966).

For frisk høstede grønafgrøder og hø fandtes kun en mindre nedsættelse af fordøjeligheden (Woodman et al. 1937, Andersen et al. 1959).

Det foran nævnte fald i fordøjeligheden som følge af øget tildeling af grovfoder øges ved fodring med blandinger af grov- og kraftfoder (Wagner & Loosli 1967, Ried 1966, Tyrrell & Moe 1975 m.fl.). Faldet i fordøjelighed er stigende med stigende kraftfoderandel i rationen (Wagner & Loosli 1967). Van Soest (1968, 1973) har vist, at både type og mængde af cellevægsstoffer øver indflydelse på ændringen i fordøjelighed med stigende foderniveau (se også tabel 3.9).

Ved mange systemer til beregning af fodermidlernes nettoenergiindhold foretages der en reduktion af den målte fordøjelighed på vedligeholdelsesniveau i relation til produktionsniveau (Nutrient Requirements of Dairy Cattle, 5th revised edition 1978, van Es 1978, Blaxter 1974). I U.S.A. regnes med en gennemsnitssænkning af fordøjeligheden på 4% for hver gang produktionsniveauet øges udtrykt med et multiplum af vedligeholdelsesniveau (Moe & Tyrrell 1976). I England og Holland korrigeres indholdet af omsættelig energi bestemt på vedligeholdelsesniveau på forskellig vis og baseres på et fald i fordøjeligheden af energi på ca. 2% pr. multiplum af vedligeholdelsesniveau.

Fodring af drøvtyggere på et højt produktionsniveau udføres altid med blandinger af grov- og kraftfoder, hvorfor de omtalte ændringer i fordøjeligheden som følge af foderniveau er af betydning i forbindelse med vurdering af såvel de enkelte fodermidlers som foderrationers næringsværdi til drøvtyggere.

b. Kemisk sammensætning. En af de vigtigste faktorer, der påvirker fordøjeligheden af fodermidler, er den kemiske sammensætning (Schneider & Lucas 1950, Schneider et al. 1950). Kun for sådanne fodermidler, der udviser ringe variation i kemisk sammensætning, er det begrundet at tillægge dem en bestemt fordøjelighed. En del forhold vedrørende den kemiske sammensætning er allerede omtalt i foregående afsnit. Her skal kun omtales sammenhængen mellem foderets fordøjelighed og kemiske sammensætning bestemt ved Weende-analysen. Dette forhold er vigtigt for alle fodermidler, men er især af interes-

se for de grovfoderafgrøder, hvor den kemiske sammensætning kan ændres radikalt med udviklingstrinet.

c. Proteinniveau. Den tilsyneladende fordøjelighed af råprotein hos drøvtyggere er en funktion af foderets råproteinindhold. Dette skyldes, at dyrene udskiller såkaldt stofskifteprotein. Mængden af stofskifteprotein hos drøvtyggere er ca. 2–3 gange så stor som hos énmavede pattedyr og fugle, idet stofskifteprotein hos drøvtyggere indbefatter både egentligt stofskifteprotein (ikke-fordøjet protein stammende fra sekretion af fordøjelsesenzymer og afstødte epitelceller i tarmkanalen m.v.) og ufordøjeligt protein stammende fra mikroorganismer dannet i vommen samt protein i bakterier dannet i tyktarmsafsnittet.

Mange forsøg har vist, at mængden af stofskifteprotein er en funktion af den opfodrede tørstofmængde og kan hos drøvtyggere i gennemsnit opgives til 30 g råprotein pr. kg tørstof optaget (Thomsen & Neimann-Sørensen 1975, Thomsen 1979, Frederiksen 1964, Mason & Frederiksen 1979 m.fl.).

Den sande fordøjelighed fremkommer efter korrektion for stofskifteprotein, og den sande fordøjelighed hos drøvtyggere er i de allerfleste fodermidler høj (93–96%), hvorimod den tilsyneladende fordøjelighed vil falde med et aftagende råproteinindhold i foderrationen (Thomsen 1979), jvf. beregningsformel fig. 3.1.

For at opnå en maximal forgæring i formaverne må mikroorganismerne sikres en tilstrækkelig forsyning af kvælstof fra foderet. Således viser flere undersøgelser, at stigende proteinindhold øger fordøjeligheden af protein, NFE, træstof og tørstof (Harris & Mitchell 1941, Miller 1937, Boller 1959, Brantzler et al. 1959, Markeley et al. 1959, Reid & Jung 1965). Det er endvidere vist, at optagelse af cellevægsrige fodermidler kan øges ved anvendelse af renprotein fremfor NPN (urea) (Church & Santos 1981). De omtalte undersøgelser er for de flestes vedkommende udført ved lavt foderniveau (på eller omkring vedligeholdelse). Ved fodring på et højere niveau (produktionsniveau) må der i mange tilfælde påregnes en faldende fordøjelighed af råprotein (Henriksen 1978).

d. Stivelse- og sukkerindhold. Drøvtyggere fordøjer tungtfordøjelige foderkomponenter dårligt, når den totale foderration indeholder store mængder af letfordøjelige kulhydrater, fordi mikroorganismerne i vommen anvender de mere let tilgængelige kulhydrater som næringssubstrat i stedet for at angribe de mere tungt tilgængelige stoffer som cellulose og hemicellulose, som således efterlades uforgæret eller mindre forgæret.

Det er ikke alene træstoffordøjeligheden, der sænkes, men også fordøjeligheden af protein og de kvælstoffrie ekstraktstoffer og andre næringsstoffer, delvis fordi cellevægsstofferne beskytter næringsstofferne, der er omkapslet

heraf mod mikrobiel forgæring. Tilsætning af større mængder let fordøjelige kulhydrater som stivelse, melasse eller sukker til en foderration kan virke sænkende på fordøjeligheden af træstof og cellevægsfraktionen.

Af litteratur, der bekræfter omstående, kan der henvises til Maynard & Loosli (1969), Forbes et al. (1940), Hamilton (1942), Burroughs et al. (1949, 1950), Mitchell et al. (1940), Williams et al. (1953), Swift et al. (1948), Brannan (1954), Martin & Wing (1966), Chimwano et al. (1976), Lonsdale et al. (1971), Dulphy (1977), Blaxter (1961) m.fl.

Den sænkende effekt, som stivelse og sukker har på fordøjeligheden af cellevægsbestanddele, kan naturligvis ikke registreres ved måling af den totale fordøjelighed af organisk stof eller energi i en foderration, idet den totale fordøjelighed meget vel kan være stigende samtidig med, at fordøjeligheden af træstof (cellevægge) kan være faldende.

Den omtalte samspilseffekt kommer stærkest til udtryk ved fodring på højt produktionsniveau og kan i mange tilfælde kun i ringe udstrækning måles ved fodring på lavt produktionsniveau (vedligehold). Der kan være tre årsager til den omtalte samspilseffekt:

1. Stigende fodertildeling nedsætter foderets opholdstid i vommen og den øvrige tarmkanal. Fermentationstiden nedsættes, og det sænker fermentationsgraden af de tungest forgærbare komponenter (træstof, cellevægge).
2. Fodring med stigende procentandel af let forgærbare kulhydrater (stivelse og sukker) vil virke sænkende på vommens pH, hvorved vækstbetingelserne for de cellulolytiske bakterier nedsættes.
3. Der kan være tale om et konkurrenceforhold de forskellige bakteriearter imellem, således at en stor mængde af cellevægge virker fremmende på væksten af de cellulolytiske, og en stor mængde af stivelse og sukker stimulerer væksten af de bakterier, der forgærer disse stoffer, og med en kraftig vækst hæmmer de cellulolytiske bakterier.

Når den stigende samspilseffekt som følge af øget produktionsniveau i mindre grad rammer de let fordøjelige end de tungt fordøjelige kulhydrater (Moe & Tyrrell 1975, 1979), er årsagen også den, at stivelse og evt. sukker, der ikke er forgæret i vommen, har gode muligheder for hydrolyse og absorption i tyndtarmen, eller hvis stivelse slipper uabsorberet igennem, da ved forgæring i tyktarmsafsnittet.

Gennem nyere undersøgelser (Henriksen 1978, Thomsen 1979, El Khidir 1981, Moe & Tyrrell 1979) er det vist, at faldet i fordøjelighed af en given foderration som følge af stigende foderniveau hovedsagelig faktisk skyldes fald i fordøjeligheden af cellevægsfraktionen. For celleindholdsstofferne fandtes en høj fordøjelighed (over 90%), og efter korrektion for stofskifteprotein og -fedt var denne upåvirket af foderniveau. Konkurrenceforholdet mellem de amylolytiske bakterier og de cellulolytiske bakterier medfører, at cellevæggene fordøjes bedre jo større andel de udgør i foderrationen. Foderniveauets indflydel-

se på cellevæggenes fordøjelighed er påvirket af cellevæggenes fordøjelighed ved vedligeholdelse. Faldet er voksende med stigende fordøjelighed på vedligeholdelsesniveau. De omtalte ændringer i fordøjeligheden af organisk stof, cellevægge og celleindholdsstoffer er vist grafisk i fig. 3.7, 3.8 og 3.9. I tabel 3.9 er fordøjeligheden af organisk stof, celleindholdsstoffer og cellevægge vist i nogle af de omtalte forsøg.

De anførte forhold har betydning i praksis, og måske vil det i fremtiden være muligt at opstille funktionsberegninger, hvor fodermidlernes indhold af fordøjelig energi kan beregnes i relation til såvel foderniveau som den totale foderrations sammensætning. De viste undersøgelser understreger med stor tydelighed, at interessen samler sig om fodermidlernes indhold af cellevægsbestanddele, idet det er fordøjeligheden af denne fraktion, der ændrer sig efter de foran omtalte retningslinier.

3.3.5 Sammenligning af in vitro og in vivo fordøjelighed

Der er foretaget en række undersøgelser over sammenhæng mellem in vitro og in vivo fordøjelighed (Thomsen et al. 1975, Sundstøl et al. 1978, Christensen et al. 1978, Møller et al. 1980, Thomsen 1979, El Khidir 1981). Disse undersøgelser viser, at der i almindelighed kan opnås en god overensstemmelse mellem de to bestemmelser, når in vivo forsøgene udføres på eller omkring vedligeholdelsesniveau med får.

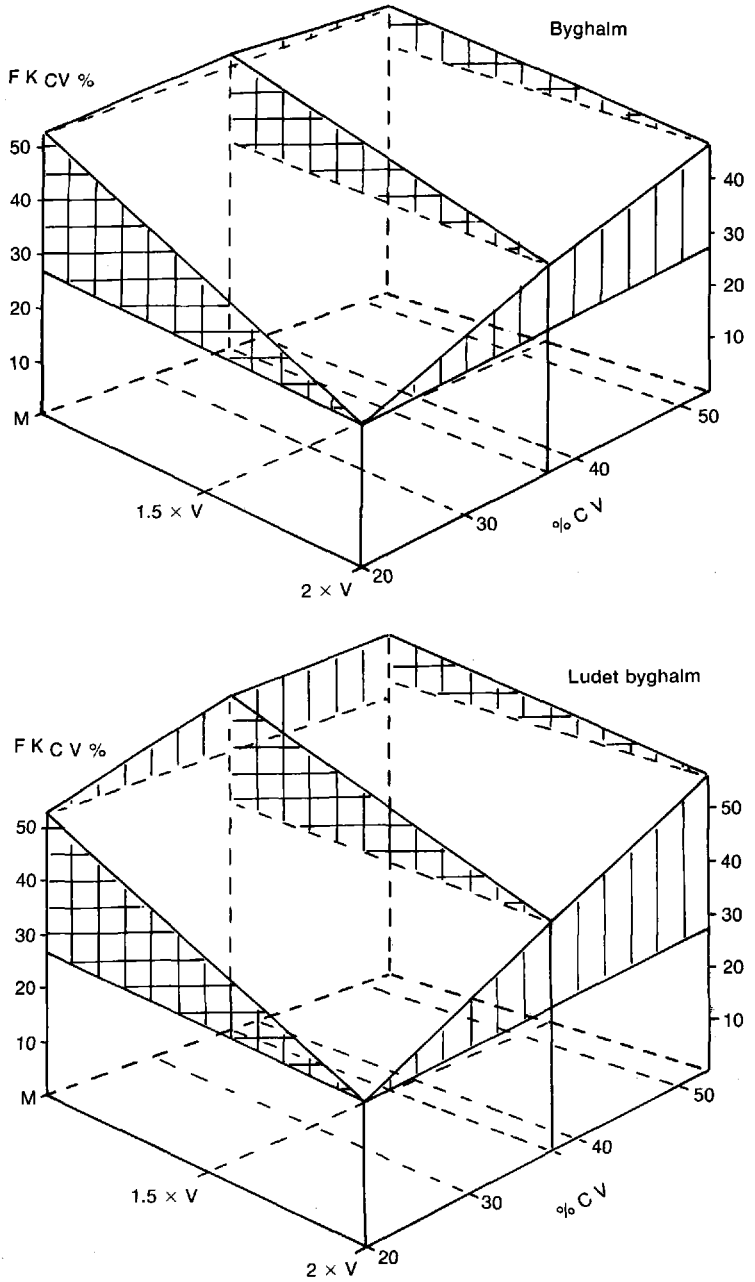
I fig. 3.10 er vist den af El Khidir (1981) fundne sammenhæng mellem in vivo og in vitro fordøjelighed, hvor der er fodret på lidt under vedligeholdelsesniveau (får). In vitro fordøjelighederne er korrigeret for fedtindhold.

Da som omtalt in vivo fordøjeligheden er afhængig af foderniveauet, er en direkte sammenligning mellem de to metoder vanskeliggjort i mange forsøg. In vitro fordøjeligheden har selvsagt intet med foderniveau at gøre, og fundne uoverensstemmelser de to bestemmelser imellem kan ofte henføres til varierende foderniveau i de udførte in vivo forsøg.

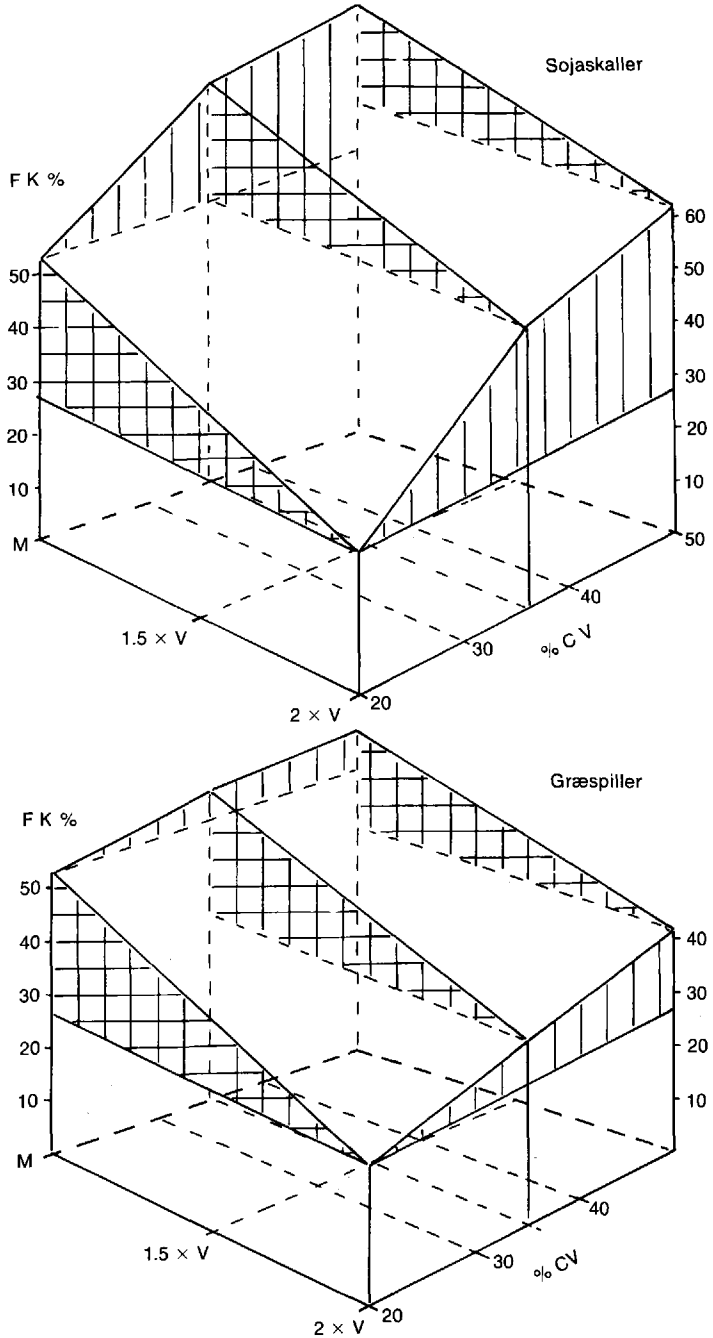
3.3.6 Vurdering og konklusion

In vitro fordøjelighedsbestemmelser har vist sig at være et betydningsfuldt redskab ved karakterisering af fodermidler. Der er fundet en god relation mellem in vitro og in vivo fordøjelighed, hvor får er fodret på eller omkring vedligeholdelsesniveau. In vitro fordøjeligheden må dog først korrigeres for fedtindhold, for at en tilfredsstillende relation kan opnås. Denne korrektion har størst betydning for fodermidler og -blandinger med et betydeligt fedtindhold. In vitro metoden kan derfor i de fleste tilfælde erstatte fårefordøjelighedsforsøg.

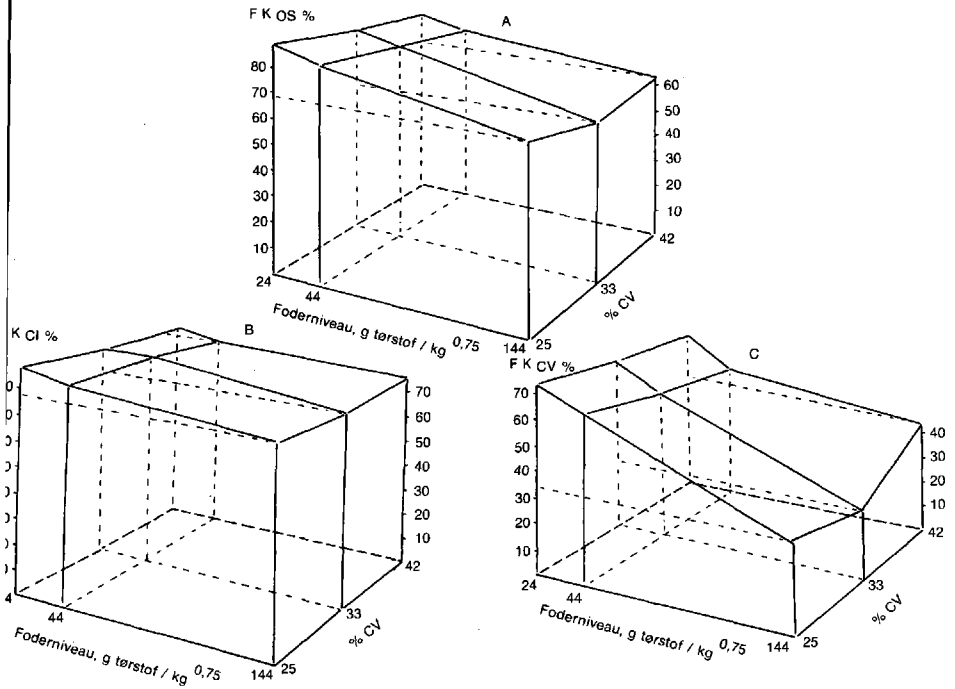
Cellulasepræparater til analysering af fodermidler til drøvtyggere er uegnet



Figur 3.7. Fordøjelighed af cellevægge (CV) som funktion af såvel foderniveau som procent cellevægge i totalrationen. (Får på vedligeholdelsesniveau og kalve på ca. 2 gange vedligehold) (Thomsen 1979).



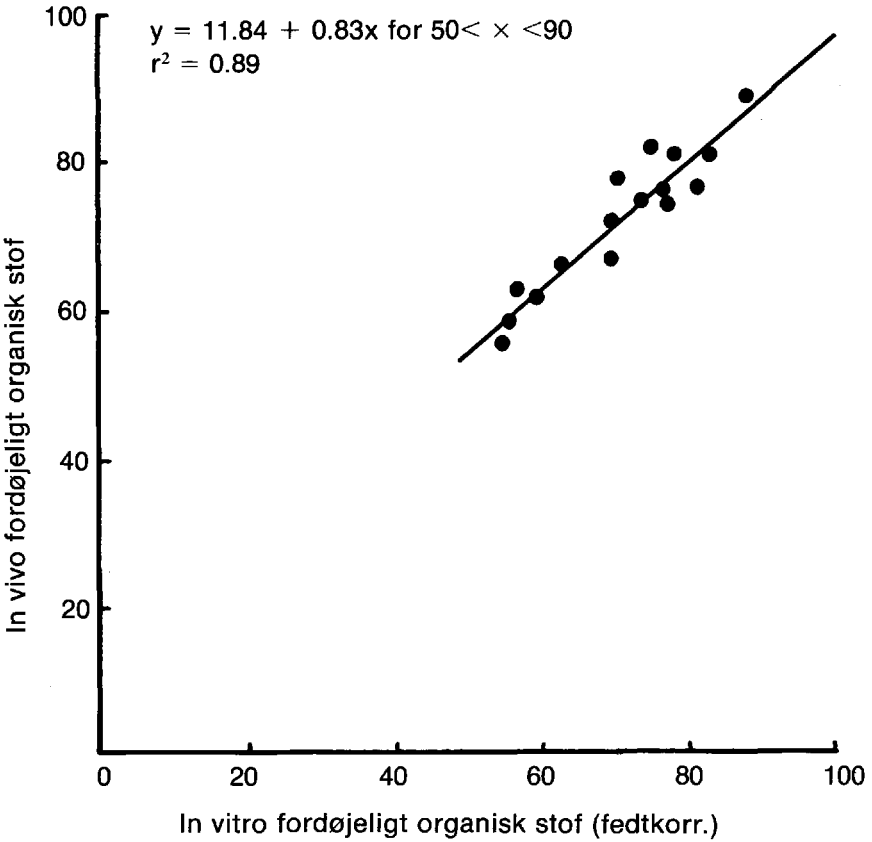
Figur 3.8. Fordøjelighed af cellevægge (C) som funktion af såvel foderniveau som procent cellevægge i totalrationen. (Får på vedligeholdelsesniveau og kalve på ca. 2 gange vedligehold) (Thomsen 1979).



Figur 3.9. Fordøjelighed af organisk stof (OS), celleindholdsstoffer (CI) og cellevægge (CV) som funktion af såvel foderniveau som procent cellevægge i totalrationen (El Khidir 1981).

Tabel 3.9 Fordøjelighed af cellevægge (CV) og organisk stof (i parentes) hos får på vedligeholdelsesniveau samt kalve og køer på produktionsniveau med stigende halmandel i totalrationen (Henriksen 1978, El Khidir 1981, Thomsen 1979)

Halm %	CV %	Fordøjelighed af CV, % (org.stof) Får vedligeholdelsesniveau	Kalve (1100 g dgl. tilvækst)	Differ-ence
0	20	54 (83)	27 (73)	27 (10)
25	37	55 (76)	36 (67)	19 (9)
50	52	54 (68)	45 (64)	9 (4)
			Lakterende køer (ca. 25 kg mælk dgl.)	
0	24	74 (88)	36 (69)	40 (19)
12,5	33	66 (81)	26 (61)	40 (20)
25	41	67 (77)	42 (63)	25 (14)



Figur 3.10. Sammenhæng mellem in vivo- og in vitro fordøjeligt organisk stof (El Khidir 1981).

til anvendelse i tilfælde, hvor fodermidlerne eller -blandingerne har et lavt indhold af cellevægsstoffer. Endvidere er de præparater af cellulase og hemicellulase eller blandinger heraf, der i dag findes på markedet, ikke tilstrækkeligt standardiserede til generel anvendelse. Det er derfor nødvendigt at afprøve hvert enkelt produkt eller parti, før det anvendes.

De fordøjelighedsforsøg, der i dag danner grundlag for danske tabeller over fodermidlernes fordøjelighed, er udført med får fodret på eller omkring vedligeholdelsesniveau.

I denne forbindelse kan konklusionen af en diskussion vedrørende dette emne under et arbejdsmøde i Holland i 1980 kort skitseres: »På grund af praktiske forhold foretrækkes det at anvende får ved bestemmelse af basisfor-

døjeligheden af fodermidler. Forsøgene udføres på eller omkring vedligeholdelsesniveau. En bestemmelse af denne basisværdi med anvendelse af får må vurderes i forhold til den aktuelle situation hos de producerende dyr (dvs. kvier, stude, tyre, lakterende køer) fodret på produktionsniveau. Ved vurdering af en foderrations foderværdi kan det i fremtiden blive nødvendigt at tage hensyn hertil (van Es & van der Meer 1980).« I det nuværende engelske fodervurderingssystem er en sådan korrektion af fordøjelighed for foderniveau allerede indført.

De nyere danske undersøgelser, der tidligere er omtalt, viser, at faldet i fordøjelighed som følge af øget foderniveau især er knyttet til cellevægsfraktionen. Endvidere synes dette fald i cellevæggenes fordøjelighed som følge af øget foderniveau at være afhængig af den totale foderrations indhold af cellevægge, således at cellevægge ved lav iblandingsprocent falder mere i fordøjelighed end cellevægge (med forholdsvis lav basisfordøjelighed), hvor iblandingsprocenten er højere. Iblandingsprocenten af cellevægsstoffer med lav basisfordøjelighed vil dog hurtigt på grund af reduktion i foderoptagelse sætte en grænse for den produktionsstørrelse, det er muligt at opnå.

Den bedste udnyttelse af cellevægge med høj basisfordøjelighed må således forventes at være i en opfodring, hvor der anvendes så små mængder af celleindholdsstoffer som muligt. Med andre ord må den bedste udnyttelse af f.eks. græsensilage af høj kvalitet forventes at være, når der opfodres så meget græsensilage som muligt og så lidt kraftfoder som muligt. En restriktiv fodring med græsensilage sammen med store mængder kraftfoder kan medføre faldende fordøjelighed af cellevægsfraktionen.

3.4 Fodermidlernes karakteristika

I tabel 3.10 er den kemiske sammensætning *(tørstof, aske, stoldtfedt, stivelse + sukker (LHK), træstof, NFE, NDF, ADF og lignin)* vist for en række fodermidler, der almindeligvis anvendes som foder til drøvtyggere.

Tabellen afviger fra andre normale tabeller derved, at indholdet af LHK er angivet. Derudover er angivet NDF (cellevægsbestanddele), ADF (cellulose + lignin) og lignin, bestemt efter Van Soest. Yderligere er fedtindholdet angivet som stoldtfedt, hvilket indebærer, at fedtbestemmelsen er foretaget som æterekstraktion efter forudgående hydrolyse med saltsyre. Den angivne foderstofanalyse kan således anvendes til beregning af fodermidlernes indhold af cellevægsbestanddele og celleindholdsstoffer, hvilket, som det fremgår af teksten, synes at være af betydelig interesse ved vurdering af de forskellige fodermidlers næringsværdi til drøvtyggere til forskellige produktioner (produktionsniveau, produktionsart).

Tabel 3.10 Kemisk sammensætning og in vitro fordøjelighed i en række fodermidler

		% af tørstof										In vitro FK
	Tør-stof	Rå-prot.	Stoldt-fedt	NFE	Træ stof	Aske	LHK	CV	NDF	ADF	Lig-nin	org. stof
Majs	88	10,9	4,8	80,2	2,4	1,7	73	9	11	9	2	96
Sojaskrå	89	47,6	4,0	30,9	10,9	6,7	12	30	21	13	1	95
Tapioka	88	4,6	1,2	81,5	5,6	7,1	72	16	–	12	3	94
Hvede	87	16,4	3,0	76,4	2,4	1,8	69	7	12	9	1	93
Sødlupin	87	45,7	6,0	27,3	16,2	4,8	11	32	26	17	1	93
Guarmel	94	41,2	7,6	32,6	13,2	5,5	12	34	30	17	1	93
Kosetter	88	11,8	2,1	63,0	15,0	8,2	22	56	37	21	1	93
Rug	86	11,0	2,4	82,2	2,5	1,9	68	17	14	3	1	92
Ærter	86	23,9	2,5	62,2	7,5	3,9	49	21	18	10	1	92
Sukkerroeaffald	91	11,1	2,8	59,9	20,1	6,1	4	76	52	29	2	91
Hestebønner	85	30,4	2,4	56,4	7,3	3,5	46	17	24	13	1	90
Byg	88	13,7	3,5	75,7	4,9	2,2	63	18	17	6	1	89
Citruskvas	90	8,9	2,4	66,3	16,1	6,4	22	60	28	25	2	87
Kokoskager	90	22,3	7,8	52,2	11,7	5,9	15	49	–	26	6	84
Rapskager	92	34,8	15,6	30,1	12,8	6,7	12	31	26	19	10	83
Hvedestrømel	87	17,7	5,9	67,3	5,3	3,8	47	25	18	7	2	83
Majsklid	90	10,5	10,6	69,0	7,2	2,9	45	31	25	8	–	81
Havre	87	14,8	6,6	65,8	9,8	3,0	49	27	25	13	3	80
Kløvergræshø	93	18,6	–	51,6	20,4	8,8	12	60	45	26	6	80
Rugstrømel	88	17,0	4,2	67,1	6,3	5,3	34	39	26	9	3	79
Hvedeklid	87	15,5	4,9	66,5	8,7	4,3	41	35	20	11	10	76
Hørfrøkager	91	34,7	8,0	40,7	10,9	5,7	10	42	–	15	6	75
Solsikkekager	91	42,3	7,8	25,5	18,4	6,0	8	36	38	27	12	74
Solsikkeskrå	88	31,7	3,6	28,0	30,2	6,4	7	51	43	32	11	72
Kødbenmel	94	52,6	10,8	4,1	–	32,5	–	–	10	5	3	71
Rapsskrå	89	43,7	3,6	31,8	13,0	7,9	10	35	28	22	10	70
Bomuldsfrøkager	94	38,9	5,8	30,4	17,4	7,3	9	38	39	25	9	69
Grønmel	90	18,1	3,6	42,3	26,4	9,8	11	57	44	31	7	67
Mask	90	30,9	9,4	43,6	13,0	3,1	11	46	51	18	3	65
Palmekager	94	17,8	9,3	50,0	18,9	4,1	5	64	–	29	11	64
Blodmel	90	97,3	3,5	–	–	1,9	–	–	–	–	–	64
Lucernehø	92	17,8	–	39,9	31,5	9,9	2	70	48	40	7	61
Fiskemel	91	78,9	9,3	÷1,9	–	13,7	–	–	–	–	–	(60)
Havrehalm	85	3,7	2,0	46,9	41,4	6,0	–	88	85	45	15	49
Byghalm	85	4,0	1,9	44,5	45,2	4,4	–	90	85	45	15	45
Hvedehalm	85	3,3	0,9	47,4	45,3	3,1	–	92	85	45	15	46
Rughalm	85	3,8	1,9	46,7	44,0	3,6	–	90	85	45	15	44

In vitro fordøjeligt org. stof er korrigeret for fedtindhold.

Fordøjeligheden af organisk stof er angivet ved in vitro metoden med fedtkorrektion.

For de fleste fodermidlers vedkommende er der kun tale om en enkelt bestemmelse, hvorfor et eventuelt variationsområde ikke kan angives. Det beregnede indhold af cellevægge er foretaget på følgende måde: CV = 100 – (aske + råprotein + råfedt + stivelse og sukker (LHK)).

3.5 Litteratur

Andersen, P. E. et al. 1959. Influence of level of intake upon the apparent digestibiligy of forages and mixed diets by ruminants. J. Anim. Sci. *18,* 1299.

Armstrong, D. G. 1964. Evaluation of artivicially dried grass as a source of energy for sheep. II. The energy value of cocksfoot, timothy and two strains of ryegrass at varying stages of maturity. J. Agric. Sci. *62,* 399.

Blaxter, K. L., Wainman, F. W. & Wilson, R. S. 1961. Animal Production *3,* 51–61.

Blaxter, K. L. 1961. Energy utilization in the ruminant. Digestive physiology and nutrition of the ruminant (D. Lewis, ed.) London: Butterworth.

Blaxter, K. L. & Wainman, F. W. 1961a. Environmental temperature and energy metabolism and heat emission of steers. J. Agr. Sci. *56,* 81.

Blaxter, K. L. & Wainman, F. W. 1964. The utilization of the energy of different rations by sheep and cattle for maintenance and for fattening. J. Agr. Sci. *63,* 113.

Blaxter, K. L. 1974. Metabolizable energy and feeding systems for ruminants. In: »Nutrition converence for feed manufactures«. 7th ed. by H. Swan & D. Lewis, Butterworths, Londin, 3–25.

Boller, K. A. et al. 1959. Digestibility of blue grama hay and production of fatty acids by sheep. New Mexico Agr. Exp. Sta. Bul. *436.*

Brannon, W. R. et al. 1954. The influence of certain factors upon the digestibility and intake of pasture herbage by beef steers. J. Anim. Sci. *13,* 535.

Bratzler, S. et al. 1959. Nutritive value of orchard-grass as affected by level of nitrogen fertilization and stage of maturity. J. Dairy Sci. *42,* 934.

den Braver, E. J. 1974. Bestämning av grovfodrets näringsvärde in vitro. Lantbruktshögskolan, Avd.f. husdjurens Näringsfysiologi, Stencilserie nr. *25,* Uppsala, 23 pp.

Brown, L. D. 1966. Influence of intake on feed utilization. J. Dairy Sci. *49,* 223.

Burroughs, W. et al. 1949. Influence of corn starch upon roughage digestion in cattle. J. Anim. Sci. *8,* 271.

Burroughs, W. et al. 1950. The influence of alfalfa hay and fractions of alfalfa hay upon the digestion of ground corncobs. J. Anim. Sci. *9,* 207.

Chimwano, A. M., Ørskov, E. R. & Stewart, C. S. 1976. Proceedings of the Nutritive Society *35*, 101§–102A.

Church, D. C. & Santos, A. 1981. Effect of graded levels of soybean meal and of a nonprotein nitrogen-molasses supplement on consumption and digestibility of wheat straw. J. Anim. Sci. *53*, 1609–1615.

Dulphy, J. P. 1977. (Cited by Jackson 1978).

El Khidir, O. A. R. 1981. The Effect of Cell Walls and Cell Content on Digestibility of Rations Fed at different Levels of Intake to Ruminants. Licentiatafhandling. Den kgl. Veterinær- og Landbohøjskole.

Es, A. J. H. van (1978b). 'The systems in use from May 1977 onwards in the Netherlands'. Livest. Prod. Sci., *5*, 331–335.

Forbes, E. B. et al. 1940. The utilization of certain feeding stuffs by cattle. Pennsylvania Agr. Sta. Bul. 391.

Frederiksen, J. H. 1966. Fordøjelighedsforsøg efter in vitro metoden. Ugeskr. for Landmænd *111*, 63.

Frederiksen, J. H. 1964. Fordøjeligheds- og afgræsningsforsøg med drøvtyggere. Licentiatafhandling. Den kgl. Veterinær- og Landbohøjskole. 164 pp.

Frederiksen, J. H. 1969. Beregningen af foderværdien i græsmarksafgrøder, roer og roetop. 371. Beretning. Forsøgslaboratoriet. 46 pp.

Goering, H. K. & Van Soest, P. J. 1970. Forages fiber Analysis. Agriculture Handbook No. *379*, 20 pp.

Guggolz, J., Saunders, R. M., Kohler, G. O. & Klopfenstein, T. J. 1971. Enzymatic evaluation of processes for improving agricultural wastes for ruminant feeds. J. Anim. Sci. *33*, 167.

Haenlein, D. F. W. & Holdren, R. D. 1965. Response of sheep to wafered hay having different physical characteristics. J. Anim. Sci. *24*, 810.

Hamilton, T. S. 1942. The effect of added glucose upon digestibility of protein and of fiber in rations for sheep. J. Nutr. *23*, 101.

Harris, E. & Mitchell, H. H. 1941. The value of urea in the synthesis of protein in the paunch. J. Nutr. *22*, 167.

Henriksen, J. 1978. In vitro tekni til bestemmelse af kvægfoders energiværdi. Licentiatafhandling. Den kgl. Veterinær- og Landbohøjskole.

Hogan, M. R. et al. 1967. Effect of level of intake and other factors on digestibility of climax timothy hay. J. Dairy Sci. *50*, 86.

Huque, Q. M. E. 1980. Sources of Nitrogen for Rumen Microbes. Report. Den kgl. Veterinær- og Landbohøjskole.

Huque og Thomsen, 1982. Under udarbejdelse.

Hvelplund, T. & Møller, P. D. 1981. Proteinomsætningen i vommen hos kvæg fodret med græs og græsensilage. 354. medd. fra Statens Husdyrbrugsforsøg.

Israelsen, M., Rexen, B. & Thomsen, K. V. 1978. Cellulase insoluble Fibre as a Measure of Unavailable Organic Matter in Cattle Compounds Containing Alkalitreated Straw. Animal Feed Science & Technology. *3*, 227–234.

Jackson, M. G. 1978. FAO Animal Production and Health Paper No. *10,* 1978, FAO, Rome.

Jarringe, R., Thivend, P. & Demarquilly, C. 1966. Development of a nutritive value of forages. Proc. 10th Int. Grassld. Congr. 762–766.

Jones, D. I. H. & Hayward, M. V. 1973. A cellulase digestion technique for predicting the dry matter digestibility of grasses. J. Sci. Fd. Agric. *24,* 1419–1426.

Jørgensen, A. B.B. 1981. Nogle fodermidlers indhold af råfedt og fedtsyrer samt fedtets jodtal. 508 beretn. Statens Husdyrbrugsforsøg. Kbh. p. 135–140.

Kellner, R. J. & Kirchgessner, M. 1976 a. Zur in vitro Bestimmung der Verdaulichkeit von Grün- und Rauhfutter. Das Wirtschaftseigene Futter *22,* 157–167.

Kellner, R. J. & Kirchgessner, M. 1976 b. Zur Schätzung der Nettoenergie von Grün- und Rauhfutter mit hilfe der Rohnähstoffe und der nach der Cellulase-Methode bestimmten Verdaulichkeit. Z. Tierphysiol., Tierernährg. u. Futtermittelkde. *37,* 208–212.

Kellner, R. J. & Kirchgessner, M. 1976 c. Zur Methodik der in vitro Verdaulichkeitsbestummung von Grün- und Rauhfutter mit Cellulase. Landwirtsch. Forsh. *29,* 204–210.

Kellner, R. J. & Kirchgessner, M. 1976 d. Zur Schätzung der Nettoenergie von Grün- und Rauhfutter mit hilfe der Rohnährstoffe und der In-vitro-Verdaulichkeit. Z. Tierphysiol., Tierernährg. u. Futtermittelkde. *37,* 201–207.

Kellner, R. J. & Kirchgessner, M. 1977. Estimation of forage digestibility by a cellulase method. Z. Tierphysiol., Tierernährg. u. Futtermittelkde. *39,* 9–16.

Kirchgessner, M. & Kellner, R. J. 1977. Zur Schätzung der umsetzbaren Energie von Grün- und Rauhfutter mit einfachen Kenndaten. Z. Tierphysiol., Tierernähr. u. Futtermittelkde. *38,* 297–301.

van der Koelen, C. J. A. Kemmink & Dijkstra, N. D. 1974. Determination of the nutritive value of roughages by the »In vitro« digestibility method. Intern rapport. Inst. f. Anim. Feeding & Nutrition Research »Hoorn«, nr. *70,* 20 pp.

Kristensen, V. F., Andersen, P. E., Stigsen, P., Thomsen, K. V., Andersen, H. R., Sørensen, M., Ali, C. S., Mason, V. C., Rexen, F. & Israelsen, M. 1978. Natriumhydroxyd-behandlet halm som foder til kvæg og får. 464. beretn., Statens Husdyrbrugsforsøg. Kbh. 218 pp.

Lonsdale, C. R., Poutiainen, E. K. & Tayler, J. C. 1971. Animal Production *13,* 461–471.

Madsen, J., Møller, P. D., Thomsen, K. V. & Hvelplund, T. 1977. Indflydelsen af kemisk behandlet foderprotein på drøvtyggernes kvælstofomsætning. 458. beretn., Statens Husdyrbrugsforsøg, Kbh. 33 pp.

Madsen, J. 1976. Kemisk behandling af foderproteinet i relation til kvælstofudnyttelsen hos drøvtyggere. Licentiatafhandling. Den kgl. Veterinær- og Landbohøjskole, Kbh. 76 pp.

Markley, R. A. et al. 1959. Effect of nitrogen fertilization of urea supplementation upon the digestibility of grass hays. J. Anim. Sci. *42,* 144.

Martin, R. J., Jr. and Wing, J. M. 1966. Effect of molasses level on digestibility of a high concentrate ration and on molar proportions of volatile fatty acids produced in the rumen of dairy steers. J. Dairy Sci. *49,* 846.

Maynard, L. A. & Loosli, L. K. 1969. Animal nutrition. 6th ed. Mc-Graw-Hill Book Company, New York.

Miller, J. I. 1937. Effect of protein deficiency in the ration on the amount of feed concumed by lambs. J. Agr. Res. *55,* 467.

Miller, E. L. 1973. Evaluation of foods as a source of nitrogen and amino acids. Proc. Nutr. Sco. *32,* 79–84.

Mitchell, H. H. et al. 1940. The utilization by calves of energy in rations containing different percentages of protein and in glucose supplements. J. Agr. Res. *61,* 847.

Moe, P. W. et al. 1963. Further observations on energy requirements of milking cows. Cornell Nutr. Conf. Proc. 66.

Møller, E., Augustinussen, J. E. & Thomsen, K. V. 1980. Majs til ensilering. Vækst, udbytte, kemisk sammensætning, fordøjelighed og foderværdi. 8. beretn. fra Fællesudvalget for Statens Planteavls- og Husdyrbrugsforsøg, 48 pp.

Møller, P. D. & Thomsen, K. V. 1977. Nitrogen utilization from forages by ruminants. Laboratorial and physiological measurements. NJF Grovfodersymposium, 20.–22. april, Uppsala, Sverige.

Møller, P. D. & Hvelplund, T. 1980. Fodersukkerroer som energikilde til mikrobiel proteinsyntese i vommen hos kvæg. 327. medd. fra Statens Husdyrbrugsforsøg.

National Research Council 1978. Nutrient Requirements of Dairy Cattle. Fifth revised edition.

Paladines, O. L. et al. 1964. Energy utilization by sheep as influence by the physical form, composition and level of intake of diet. J. Nutr. *83,* 49.

Prins, R. A. 1977. Biochemical activities of gut microorganisms. In »Microbial Ecology of the Gut«. (R. T. J. Clarke & T. Bauchop, eds.). Chapter 3, 73. Academic Press, London, New York, San Francisco.

Prins, R. A., van Hal-van Gestel, J. C. & Counotte, G. H. M. 1979. Degradation of amino acids and peptides by mixed rumen microorganisms. Zt. Tierphysiol., Tierernähr. u. Futtermittelk. 42 (6): 333.

Pulli, S. 1976. Cellulase digestion technique compared with the in vitro digestibility of forages. J. Sci. Agric. Soc. Finland, *48,* 187–194.

Reid, J. T. 1956. Some nutritional effects of varying concentrate roughage ratios in relation to feed input-milk output by dairy cows. Cornell Agr. Exp. Sta. Mem. 344.

Reid, J. T. 1961. Problems of feed evaluation related to feeding of dairy cows. J. Dairy Sci. *4,* 2122.

Reid, J. T. & Jung, G. A. 1965. Influence of fertilizer treatment on the intake, digestibility and palatability of tall fescue hay. J. Anim. Sci. *24,* 615.

Reid, J. T. et al. 1966. Symposium: re-evaluation of nutrient allowances for high-producing cows. J. Dairy Sci. *49,* 215.

Rexen, F. & Thomsen, K. V. 1976. The effect on digestibility of a new technique for alkali treatment of straw. Anim. Feed Sci. Technol. *1,* 73–83.

Rexen, B. 1977. Enzyme solubility – a method for evaluating the digestibility of alkalitreated straw. J. Anim. Feed Sci. Technol. *2.,* 205–218.

Schneider, B. H. & Flatt, P. 1975. The Evaluation of Feeds through Digestibility Experiments. The University of Georgia Press, Athens 30602.

Schneider, B. H. & Lucas, H. L. 1950. The magnitude of certain sources of variability in digestibility data. J. Anim. Sci. *9,* 504.

Schneider, B. H. et al. 1950 a. The value of average digestibility data. J. Anim. Sci. 373.

Schneider, B. H. et al. 1950 b. The magnitude of certain sources of variability in digestibility data. J. Anim. Sci. *9,* 504.

Van Soest, P. J. 1963. Use of detergents in the analysis of fibrous feeds I and II. J. Ass. off. anal. Chem. *46,* 825.

Van Soest, P. J. 1965. Use of detergents in the analysis of fibrous feeds III. J. Ass. off. anal. Chem. *48,* 785.

Van Soest, P. J. 1964. New chemical procedures for evaluating forages. J. Anim. Sci. *23,* 838.

Van Soest, P. J. 1966. Nonnutritive residues: A system of analysis for replacement of crude fiber. J. Ass. off. anal. Chem. *49,* 546.

Van Soest, P. J. 1967. Use of detergents in the analyses of fibrous feeds IV. J. Ass. off. anal. Chem. *50,* 50.

Van Soest, P. J. 1967 a. Development of a comprehensive system of feed analysis and its application to forages. J. Anim. Sci. *26,* 119.

Van Soest, P. J. 1969. Chemical properties of fiber in concentrate feedstuffs. Proc. Cornell Ntr. Conf. 17.

Van Soest, P. J. & Moore, L. A. 1965. New chemical methods for analysis of forages for the purpose of predicting nutritive value. Proc. 9th Int. Grassld. Congr. 783.

Van Soest, P. J., Wine, R. H. & Moore, L. A. 1966. Estimation of the true digestibility of forages by the in vitro digestion of cell walls. Proc. Grassld. Congr. 438.

Van Soest, P. J. 1965 a. Voluntary intake in relation to chemical composition and digestibility. J. Anim. Sci. *24*, 838.

Van Soest, P. J. 1973. Revised estimates of the net energy values of feeds. Proc. Cornell Nutr. Conf., pp. 11–23.

Sundstøl, F., Kossila, V., Theander, O. & Thomsen, K. V. 1978. Evaluation of the feeding value of straw. A Comparison of laboratory methods in the nordic countries. Acta Agric. Scand. *28*, 12–16.

Swift, R. W. et al. 1948. The effect of dietary fat on utilization of the energy and protein of rations by sheep. J. Anim. Sci. *7*, 475.

Theander, O. & P. Åman, 1979. Studies on Dietary Fibres. Swedish J. agric. Res. *9*, 97–106.

Thomsen, K. V. 1965. Foderfedtets indflydelse på fedtsyresammensætningen i æggefedt. Licentiatafhandling, Den kgl. Veterinær- og Landbohøjskole.

Thomsen, K. V. 1969. Analytisk bestemmelse af fedtfraktionen i fæces. Landøkonomisk Forsøgslaboratoriums årbog, 252.

Thomsen, K. V. 1971. Vurdering af analytiske metoder til bestemmelse af fedtfrakrionen i forbindelse med fordøjelighedsforsøg. Ugeskr. for agronomer og hortonomer *26/27*, 568 og *29/30*, 613.

Thomsen, K. V. 1972. Foderstofanalysen. Ugeskr. for agronomer og hortonomer *16*, 316.

Thomsen, K. V., Rexen, F. & Kristensen, V. F. 1973. Forsøg med natrium hydroxid-behandling af halm. Ugeskr. for agronomer og hortonomer *25*, 436 og *26/27*, 467.

Thomsen, K. Vestergaard & A. Neimann-Sørensen. 1975. Fertilizer Influence on the Nutritional Value of Pasture and Forage in View on Proteins (for Ruminants). Proc. 11. Colloquium of the Internat. Patash. Inst. Denmark. 97–112.

Thomsen, K. V. 1976. Halm – laboratoriemetoder til måling af behandlingseffekten ved kemisk behandling af halm. Foderjournalen *3–4*, 70–76.

Thomsen, K. V. & Henriksen, J. 1976. Laboratoriemetoder til vurdering af fodermidlers og foderblandingers energetiske næringsværdi til drøvtyggere. 436. beretn. fra Statens Husdyrbrugsforsøg, 29 pp.

Thomsen, K. V. 1977. Evaluation of energy value in feedstuffs and feedcompounds for ruminants by in vitro technique. NJF Grovfodersymposium, 20–22. april, Uppsala, Sverige.

Thomsen, K. V. 1979. The nutritional improvement of low quality forages. Forage Conservation in the 80's. Occasional Symposium No. 11, European Grassland Federation, Brighton.

Thomsen, K. V. 1979. Angivelse og beregning af fordøjeligt ræprotein til kvæg og får. 269. Meddelelse fra Statens Husdyrbrugsforsøg.

Thomsen og Johnsen, 1982. Under udarbejdelse.

Terry, R. A., D. C. Mundell & D. F. Osbourn. 1978. Comparaision of two in vitro procedures using rumen liquor-pepsin or pepsin-cellulase for prediction of forage digestibility. J. Br. Grassld. Soc. *33*, 13–18.

Tilley, J. M. A. & Terry, R. A. 1963. A two-stage technique for the in vitro digestion of forages. J. Br. Grassld. Soc. *18*, 104.

Waite, R. et al. 1962. The digestibility of the carbohydrate constituents of S-23 rye grass cut at four stages of growth. Nutrition. Soc. Proc. *21*, XXI.

Waite, R. et al. 1964. The evaluation of artificially dried grass as a source of digestibility of ryegrass, cocksfoot and timothy. J. Agr. Res. *62*, 391.

Williams, V. J. et al. 1963. Ruminal flora studies in the sheep. IV. The influence of varying dietary levels of protein and starch upon digestibility, nitrogen retention, and free microorganisms of the rumen. Australian J. Biol. Sci. *6*, 142.

Woodman, H. E. et al. 1937. Sheep nutrition. II. Determinations of the amounts of grass consumed by sheep on pasturage of varying quality. J. Agr. Sci. *27*, 212.

Waagepetersen, J. & Thomsen, K. V. 1977. Effect on digestibility and nitrogen contents of barley straw of different ammonia treatments. Animal Feed Science and Technology. *2.*, 131–142.

3.6 Fysisk struktur

Peder Nørgaard

3.6.1 Indledning

Hos drøvtyggere er foderets fysiske form vigtig både for dyrenes evne til at optage store mængder foder og for deres mulighed for at fordøje dette. Det er således velkendt fra fodringsforsøg og fra den praktiske fodring, at malkekoen kun kan opretholde en høj mælkeproduktion med et normalt fedtindhold, hvis koen tildeles en rimelig stor mængde groft foder.

Groft foder var indtil for 10–20 år siden ækvivalent med hjemmeavlet grovfoder i modsætning til det fint formalede foder: Kraftfoder. Engelske og amerikanske forsøg har således påvist, at forholdet mellem det strukturrige fodermiddel (hø) og det strukturfattige fodermiddel (kraftfoder) har stor betydning ikke alene for fordøjelighed af rationen i vommen men også for køernes udnyttelse af den fordøjede energi. Blandt forskerne har der derfor været stor interesse for at bestemme det optimale forhold mellem kraftfoder og grovfoder i foderrationer til højtydende køer (Flatt et al. 1969, Broster et al. 1978, Østergaard 1979).

De typiske følger af fodring med strukturfattigt foder til lakterende køer er:
- lav mælkeproduktion med et lavt fedtindhold i mælken
- lav fodereffektivitet
- lav fordøjelighed af træstof i vommen
- lavt pH i vommen
- lavt eddike:propionsyreforhold
- forøget forekomst af løbedrejning, trommesyge og vomacidose

3.6.2 Strukturens fysiologiske betydning

Foderets fysiske struktur har stor betydning for foderomsætningen i vommen. Det er her de ovennævnte uønskede følger af manglende fysisk struktur har deres årsag. Når koen optager sit foder, bliver det tygget, og samtidig sker der en kraftig spyttilblanding, hvorefter foderet synkes i boller ned til vommen. Her separeres de store partikler fra de små. Vomindholdet udgøres af foderpartikler, mikroorganismer, salt og væske og er opdelt i forskellige faser:

1) *flydelaget,* der er en stationær fase. Det består af lange strå og store partikler, hvorpå der sidder mikroorganismer. Denne fase »svømmer ovenpå« vomvæsken, og materialet i denne pirrer vompapillerne, hvorved vomkontraktionerne og drøvtygningsaktiviteten stimuleres.

2) *vomvæsken,* der er en tyndtflydende væskefase. Ved kontraktionerne af vomvæggen skylles denne fase rundt omkring i vommen og ind imellem flydelagets partikler. Det er kun denne fase, der kan passere videre til bladmaven, løben og tyndtarmen. Vomvæsken består af små foderpartikler og mikroorganismer. Tørstofindholdet ligger normalt mellem 2–5%.

Foderpartiklerne i foderbollerne ved optagelse af halm, hø eller ensilage er så store, at de vil følge »flydelaget«, hvorimod foderpartiklerne fra fint formalede kraftfodermidler eller lignende fodermidler følger »væskefasen«. Både foderpartiklerne i flydelaget og i vomvæsken nedbrydes biokemisk via mikroorganismerne. Partiklerne i flydelaget nedbrydes desuden mekanisk via drøvtygningsaktiviteten. Resultatet af den biokemiske og mekaniske nedbrydning er, at de store partikler i flydelaget efterhånden omdannes til mindre partikler, der følger vomvæsken, og herved kan disse passere ud af vommen.

Eksistensen af dette to-fasesystem i vommen bevirker, at de lange strå fra de traditionelle grovfodermidler vil opholde sig i meget længere tid i vommen end fine kraftfoderpartikler. Dette er en stor fordel for koen, da kraftfoderet ofte består af sukker, stivelse og protein, der hurtigt nedbrydes biokemisk set i forhold til halm, hø og græsensilage, der har et stort indhold af cellevægsstoffer.

Findeling af grovfodermidlerne vil således alt andet lige reducere opholdstiden for disse partikler i vommen og dermed reducere omfanget af den biokemiske nedbrydning. En helt ekstrem ændring i vomindholdet opstår, hvis hele koens ration består af formalet eller pelleteret foder:

- flydelaget forsvinder
- vomkontraktionernes frekvens aftager
- drøvtygningsaktiviteten ophører
- spytsekretionen reduceres væsentligt
- vomvæsken omdannes til en tyk, grødagtig suppe
- hvis rationen i denne situation tillige har et stort indhold af LHK, kan der opstå en meget kraftig vomacidose og/eller trommesyge
- den biokemiske nedbrydningshastighed vil blive reduceret væsentligt, hvilket både reducerer foderoptagelsen og fordøjeligheden
- væskefortyndingshastigheden[1]) og væskeomsætningen[2]) i vommen vil aftage kraftigt

Disse nævnte uheldige effekter af manglende fysisk struktur i rationen forøges alt andet lige ved stigende foderniveau.

I modsætning hertil vil fodring med en strukturrig ration på et højt foderniveau sikre en stor spytsekretion og dermed også en stor væskefortyndingshastighed. Dette betyder, at de små og fine partikler fra bl.a. kraftfoderet hurtigt bliver skyllet ud af vommen med væskefasen, hvorimod de store partikler bliver tilbageholdt i flydelaget. Hvis kraftfoderet i denne situation har et stort indhold af cellevægs- og træstofrige fodermidler, der forgæres langsomt, vil nedbrydningsgraden i vommen af dette foder blive meget lav.

De optimale betingelser for den mikrobielle forgæringsaktivitet i vommen forudsætter, at såvel det fysiske miljø i vomvæsken som det kemiske bør være optimalt. Spyttet er den væsentligste regulator af miljøet. Når forgæringsaktiviteten i vommen øges, øges behovet for både en større spytsekretion til neutralisering af de dannede syrer og for en kraftigere og hyppigere vommotorik. Der findes således en nedre grænse for, hvor stor koens spytsekretion bør være pr. optaget mængde forgærbart organisk stof.

Koens spytsekretion sker hovedsageligt ved tygning. Den højeste sekretionshastighed forekommer ved påbegyndelsen af et måltid. Den kan da være 400 ml/min., når koen har en legemsvægt på 600 kg. Sekretionshastigheden mere end halveres herefter under foderoptagelsen, hvis måltidet varer mere end én time. I hvile, d.v.s. når der ikke tygges, vil spytsekretionshastigheden være mellem 10 og 50 ml pr. min. ved 600 kg legemsvægt. Bailey (1961) har

---

[1]) Væskefortyndingshastigheden = $\frac{\text{spytmængde + vandoptagelse}}{\text{væskeindhold i vommen} \times 24}$ (timer)

[2]) Væskeomsætning = væskeudstrømning fra vommen (l/døgn)

beregnet, at ved ad libitum fodring med f.eks. langt hø vil køer på 600 kg producere ca. 200 l spyt ialt pr. døgn.

Når tygningen som tidligere nævnt foregår periodevis, skyldes dette ikke alene vommens fyldningsgrad, men også spytkirtlernes begrænsede evne til gennem flere timer at opretholde en høj spytsekretion. Ved forsøg er der fundet både en stærkt aftagende foderoptagelseshastighed og en aftagende spytsekretionshastighed under langvarige måltider.

Spyttet er basisk med et pH på ca. 8,5 og med et tørstofindhold på ca. 1%. Tørstoffet indeholder store mængder af bicarbonat og fosfat, som tilsammen gør spyttet basisk. Endvidere består spyttet af andre mineraler, af urea og af mucoproteiner. De vigtigste af mineralerne er: Natrium, kalium, kalcium og klor. Hos lakterende køer, der fodres ad libitum med strukturrigt foder, vil spyttet bidrage med ca. ¾ af vommens forsyning med væske og natrium.

Munden har således en stor betydning for drøvtyggere, ikke alene ved den mekaniske findeling af foderets fysiske form, som finder sted under foderets ophold i munden, men i lige så høj grad ved sekretionen af væske, buffer og mineraler i forbindelse med tygningen. Spyttet har hermed en vigtig funktion for skabelsen af gode betingelser for en optimal foderomsætning i vommen. Her kan nævnes pH, væskeomsætning og mineralstofkoncentration i væskefasen (Nørgaard 1979).

Der er stor forskel på, hvor meget de enkelte fodermidler stimulerer tyggeaktiviteten. Således tygges ét kg kraftfoder i ca. 5 min., hvorimod ét kg lang byghalm tygges i over halvanden time (Balch 1971). Tygningen sker dels under foderoptagelsen dels ved drøvtygningen. Ved drøvtygningen opgylpes småportioner af vomindholdets øverste flydelag af lange strå og store partikler. Efter ca. ¾ minuts tygning synkes foderbollen igen, og en ny bolle opgylpes. Drøvtygning finder ikke sted, når foderrationen udelukkende består af formalet og/eller pelleteret foder. Drøvtygningen foregår i perioder, der typisk varer fra 20 til 40 minutter. Imellem drøvtygningsperioderne hengår der ca. 30 minutter. Ved ad libitum fodring med strukturrigt grovfoder vil lakterende køer optage foderet gennem 8–15 måltider og drøvtygge i ca. 15–20 perioder. Den samlede varighed af foderoptagelsen og drøvtygningen vil ikke overskride ca. 17 timer pr. døgn ved ad libitum fodring. Hvis foderet tildeles restriktivt ved kun 2 fodringer, vil den samlede tyggetid pr. døgn blive afkortet svarende til, hvor meget der fodres under ad libitum-niveauet.

Foderets fysiske struktur har ligeledes en stærk positiv indflydelse på vommotorikken. Nørgaard (1981) fandt en positiv sammenhæng mellem tyggeaktivitetens varighed (x) og vommotorikkens frekvens udtrykt ved kontraktioner pr. minut (y):

$$y = 0{,}001 \times \text{tyggetid (min.)} + 0{,}77$$

Tabel 3.11 Standard-tyggetid og estimering af samme i fodermidler

ndelingsgrad	Formalet		Snittet		
	fint	groft	fint F = 0,25[1])	fint F = 0,75	svagt F = 1,00
artikelstørrelse ns. (mm)	<1	1–5	5–10	10–50	>50
tandard-tyggetid nin/kg ts)	4	10	F × k[2]) × træstofindhold = F × 3 × % træstof		
trukturgruppe	1	1	2	2	2
ypiske fodermidler	kraftfoder grønpiller melasse valle halmpiller	kosetter grøncobs valset byg mask cellulose-pulp	roeaffald: – frisk – ensilage ludhalms-cobs	Finsnittet ensilage: – græs – majs – helsæd roetop NaOH-halm (gårdanlæg)	langt hø lang halm lang græs-ensilage NH_3-halm roer frisk græs

) F = fodermidlets findelingsgrad
) Tyggetid for køer med en vægt på 550 kg for fodermidler i ikke findelt stand er 300 min. pr. kg træstof (Nørgaard 1981)

Hvis denne ligning anvendes på ration 1 og 2, tabel 3.11, kan det forventes, at vommotorikkens gennemsnitlige frekvens vil være henholdsvis 1,6 pr. min. for ration 1 og 1,2 pr. min. for ration 2.

3.6.3 Standard-tyggetid og optimal partikelstørrelse

Foderets fysiske struktur kan beskrives ved en række fysiske parametre: Partikelstørrelse, massefylde, hårdhed o.lign. Med udgangspunkt i den fysiologiske betydning af foderets fysiske struktur vil følgende 2 parametre være vigtige i fodringsmæssigt øjemed:

- tyggetiden
- partikelstørrelsen i de enkelte fodermidler

Nedbrydningsgraden af et givet fodermiddel i vommen bestemmes af samspillet mellem den biokemiske nedbrydningshastighed og de enkelte foderpartiklers passagehastighed ud af vommen. Den optimale partikelstørrelse i et givet fodermiddel er således en funktion dels af den ønskede nedbrydningsgrad, dels af nedbrydningshastigheden og dels af partiklernes passagehastighed ud af vommen. Nedbrydnings- og passagehastigheden bestemmes af fodermidlets kemiske sammensætning og af vommiljøet. Der kan kun opnås en høj nedbryd-

ningsgrad af de træstofholdige fodermidler, hvis partiklerne er meget store eller hvis fodermidlet anvendes på et lavt foderniveau. I modsætning hertil kan let forgærbare stivelses- og sukkerholdige fodermidler nemt opnå en høj nedbrydningsgrad uafhængigt af foderniveauet.

Det biologisk optimale strukturindhold i den samlede ration er det strukturindhold, der skaber de biologisk optimale betingelser for foderomsætningen i vommen, jvf. kap. 10. Det optimale strukturindhold i en ration kan kvantificeres ved tyggetiden for rationen set i relation til energioptagelsen. Nørgaard (1981) fandt, at de enkelte fodermidler kunne tillægges en additiv tyggetid. Tyggetiden for et givet fodermiddel under standardiserede fodringsbetingelser afhænger i al væsentlighed af to faktorer ved fodermidlet:

- findelingsgraden ~ partikelstørrelsen
- træstofindholdet

Tyggetiden (T_i) hos en ko med en legemsvægt på 550 kg fastsættes til at være standard-tyggetiden for det pågældende fodermiddel. Nørgaard (1981) fandt, at standard-tyggetiden for de almindelige grovfodermidler (halm, hø og græsensilage) i ufindelt stand var ca. 300 min. pr. kg træstof. Standard-tyggetiden for fint formalet foder var 4–5 min. pr. kg tørstof. Tyggetiden for grovfodermidler i snittet tilstand afhænger både af træstofindholdet og af snitningsgraden. På denne baggrund er fodermidlerne i tabel 3.11 opdelt i to hovedgrupper:

1. Formalede fodermidler, hvor standard-tyggetid T_i er uafhængig af fodermidlets kemiske sammensætning.
2. Snittede fodermidler, hvor standard-tyggetid T_i er proportional med både træstofindholdet og findelingsgraden F. F fastlægges foreløbig ved en vurdering af partikelstørrelsen i det enkelte fodermiddel.

Generelt kan strukturgruppe 1 karakteriseres ved, at den består af fodermidler, der ikke stimulerer drøvtygningsaktiviteten i modsætning til fodermidlerne i strukturgruppe 2, jvf. tabel 3.11.

I tabel 3.12 er standard-tyggetid for en række fodermidler estimeret ud fra principperne i tabel 3.11. Tabel 3.12 viser kemisk sammensætning, findelingsgrad og standard-tyggetid (T_i) for en række anvendte fodermidler til malkekøer. De ovennævnte tyggetider gælder for dyr med en legemsvægt på 500–600 kg og samme kropsstørrelse. For større eller mindre dyr kan tyggetiden tilnærmelsesvis beregnes ved

$$\text{tyggetid} = \text{standard-tyggetid} \times \left[\frac{550}{\text{legemsvægt}}\right]^{0,75}$$

Tabel 3.12 Eksempler på standard-tyggetider estimeret ud fra princip vist i tabel 3.11

dermiddel	Træstof-indhold (% af ts)	Partikel-størrelse (mm)	Findelings-grad F[1])	Standard-tyggetid (min/kg ts) gns.	variation
raftfoderblanding	3–30	<1	fint formalet	4[2])	4– 10
udhalmpiller	42	1–3	groft formalet	10	6– 15
oer	7	50	1	18	10– 20
oeaffald	21	10±5	0,4	25	15– 35
oetopensilage	15	20±10	2/3	30	20– 35
ræsensilage	30				
finsnittet	30	20±10	2/3	60	45– 80
usnittet	30	>100	1	90[3])	80–100
angt hø	30	>100	1	90[3])	80–100
ang byghalm	47	>150	1	140[2])	130–150

) Delvis subjektiv vurdering
) Nørgaard (1981)
) Udenlandske målinger refereret af Nørgaard (1981)

Den beregnede tyggetid for et fodermiddel angiver den mindste tyggetid, men den aktuelle tyggetid kan overstige denne værdi i tilfælde, hvor

- fodermidlet tilhører strukturgruppe 1
- den samlede foderration skaber dårlige betingelser for træstofforgæring i vommen
- foderet har en dårlig smag

3.6.4 Malkekøers strukturbehov

Højtydende køer har behov både for en høj energioptagelse og for et højt strukturindhold i foderrationen, hvilket kan være meget vanskeligt at tilgodese samtidigt. Nørgaard (1981) skønnede, at lakterende køers strukturbehov var ca. 50 minutters standard-tyggetid pr. FE uafhængigt af dyrets størrelse. Det kan imidlertid være vanskeligt at dække dette behov i mange fodringssituationer, når rationens energikoncentration samtidig skal være mindst 0,9 FE/kg tørstof. Behovet på 50 minutters standard-tyggetid pr. FE må betragtes som en foreløbig vejledende norm for strukturindhold i rationen. Generelt vil en fodring, der skaber en jævn og konstant foderomsætning i vommen døgnet igennem, kunne fungere rimeligt acceptabelt selv ved et strukturindhold på 50 ± 10 min./FE. Yderligere forskning er nødvendig til fastlæggelse af produktionens afhængighed af tyggetiden for rationer med forskellig kemisk sammensætning.

Standard tyggetid for en given ration kan beregnes ud fra følgende formel:

$$\text{Standard-tyggetid (for en ration)} = \sum_{i=1}^{i=n} m_i \times T_i$$

M_i = tørstoftildeling af fodermiddel i (kg ts/døgn)

T_i = standard-tyggetid for fodermiddel i (min/kg ts)

$$\text{Strukturværdi (gns. tyggetid)} = \frac{\text{standard-tyggetid for en ration}}{\text{energioptagelse}} \text{(min/FE)}$$

Hvis den beregnede tyggetid for en ration korrigeret for køernes vægt er større end 1.000 minutter (17 timer) pr. døgn, vil køerne højst sandsynligt ikke kunne optage hele den planlagte foderration, selv om denne tildeles ad libitum gennem hele døgnet. Franske forsøg peger endvidere i retning af, at køers maximale tyggekapacitet først opnås ca. 2 måneder efter kælvning.

I tabel 3.13 er vist 2 eksempler til beregning af »standard-tyggetid« og af strukturindholdet i 2 forskellige rationer. Til sammenligning er strukturindex beregnet efter Østergaard et al. (1977). Strukturindholdet = den gennemsnitlige

Tabel 3.13 Eksempler på beregning af strukturindhold i 2 foderrationer til højtydende køer udtrykt ve standard-tyggetid eller ved strukturindex

	Planlagt foderoptagelse			Struktur: Standard-tyggetid		Struktur: Strukturpoint[1]	
Fodermidler	energi (FE)	tørstof m_i (kg)	træstof (kg)	tyggetid (min/kg ts)	tyggetid (min.)	pr. kg ts	ialt
Ration 1							
Kraftfoderblanding, fint formalet	5,7	3,8	0,25	4	15	2	7,6
Grovsnittede roer	6,0	6,6	0,41	18	119	4	26,4
Lang græsensilage, 30% træstof	4,6	6,5	1,95	90	585	7	45,5
Lang byghalm	0,2	0,7	0,32	140	98	10	7,0
Ialt pr. døgn og vejet gns.	16,5	17,6	2,93	48	817		86,5
Strukturværdi				50 min/FE		4,9 point/kg ts	
Ration 2							
Kraftfoderblanding, 23% træstof (grøncobs + ludhalm + stivelse) groft formalet	6,5	6,8	1,57	10	68	3	20,4
Roeaffald – gæret	6,0	6,0	1,27	25	150	4	24,0
Roetopensilage	4,0	5,2	0,78	30	156	4	20,8
Ialt pr. døgn og vejet gns.	16,5	18,0	3,62	20	374		65,2
Strukturværdi				23 min/FE		3,6 point/kg ts	

[1]) Østergaard et al. (1977)

standard-tyggetid for ration 1 er beregnet til at være 50 min/FE og 23 min/FE for ration 2. Strukturindholdet i ration 1 må derfor anses for at være optimalt, hvorimod strukturindholdet for ration 2 er for lavt. En skønsmæssig vurdering af partikelstørrelse i de enkelte fodermidler i de to rationer viser, at alle fodermidler i ration 1 har en optimal partikelstørrelse, hvorimod formalede grøncobs og ludhalmpiller har for ringe en partikelstørrelse til, at partiklerne fra disse fodermidler kan nedbrydes i tilstrækkeligt omfang i vommen i den givne fodringsmæssige sammenhæng.

3.6.5 Litteratur

Bailey, C. B. 1961. Saliva secretion and its relation to feeding in cattle. 3. The rate of secretion of mixed saliva in the cow during eating, with an estimate of the magnitude of the total daily secretion of mixed saliva. Brit. J. Nutr. *15*, 443–451.

Balch, C. C. 1971. Proposal to use time spent shewing as an index of the extent to which diets for ruminants posses the physical proporty of fibrousness characteristic of roughages. Br. J. Nutr. *26*, 383–392.

Broster, W. H., Sutton, J. D. & Bines, J. A. 1978. Concentrate: Forage rations for high yielding dairy cows. Paper to the 12th Nottingham conf. for feed manufactures, 4–6 January 1978.

Flatt, W. P., Moe, P. W., Moore, L. A., Hooven, N. W., Lehmann, R. P. & Ørskov, E. R. 1969. Energy utilization by high producing dairy cows. 1. Experimental design, ration composition, digestibility date, and animal performance during energy balance trials. Energy metabolism of farm animals. Proc. of the 4. symp. held at Warsaw, Poland, sept. 1967. EAAP pub. No. 12 ED. K. L. Baxter, J. Kielanowski and Grete Thorbeck, 221–234.

Nørgaard, P. 1979. Foderets fysiske strukturs indflydelse på forgæringsprocesserne og foderomsætningen i formaverne hos malkekøer. Forslag til licentiatprojekt. Husdyrbrugsinstituttet, 72 pp.

Nørgaard, P. 1981. Foderstrukturens indflydelse på lakterende køers tyggeaktivitet og vommotorik. Licentiatafhandling, Den kgl. Veterinær- og Landbohøjskole, København, 161 pp.

Østergaard, V., Henneberg, U., Hermansen, J. E. & Hindhede, J. 1977. Produktionsstyringens indflydelse på de tekniske og økonomiske resultater i grovfoder- og mælkeproduktionssystemer 1976–1977. Helårsforsøg med kvæg XVII. 459. beretn., Statens Husdyrbrugsforsøg, København, 141 pp.

Østergaard, V. 1979. Strategies for concentrate feeding to attain optimum feeding level in high yielding dairy cows. 482. beretn. Statens Husdyrbrugsforsøg, København, 138 pp.

4. Fodermidlernes energetiske næringsværdi, mineralstoffer og vitaminer

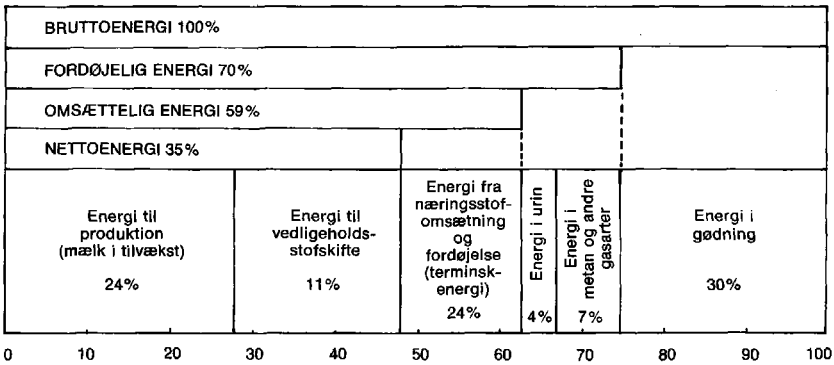
P. D. Møller

		Side
4.1	**Energetisk næringsværdi**	4.2
	4.1.1 Indledning	4.2
	4.1.2 Den skandinaviske foderenhed	4.3
	4.1.3 Beregning af FE i fodermidlerne	4.5
	4.1.4 Laboratoriemæssig vurdering af fodermidlers og -blandingers energiværdi	4.8
	4.1.5 Konklusion	4.9
4.2	**Mineralstoffer**	4.9
	4.2.1 Indledning	4.9
	4.2.2 Mineralstofbehov	4.11
	4.2.2.1 Calcium, fosfor og magnesium	4.11
	4.2.2.2 Natrium, klor og kalium	4.13
	4.2.3 Mikromineraler	4.13
4.3	**Vitaminer**	4.16
	4.3.1 Indledning	4.16
	4.3.2 Vitamin A	4.16
	4.3.3 Vitamin D	4.17
	4.3.4 Vitamin E	4.18
	4.3.5 Vitamin K	4.18
	4.3.6 B-vitamingruppen	4.19
4.4	**Litteratur**	4.19

4.1 Energetisk næringsværdi

4.1.1 Indledning

Lige siden indførelsen af Weende analysemetoden af Henneberg & Stohmann i 1861 til den kemiske bestemmelse af fodermidlernes næringsstofindhold har denne været knyttet sammen med en vurdering af fodermidlernes energetiske næringsværdi i den animalske produktion. Det første grundlag for en mere præcis vurdering af næringsstoffernes produktionsværdi blev skabt ved indførelsen af fordøjelighedsforsøg til bestemmelse af de fordøjelige næringsstofmængder i et fodermiddel. Erfaringerne viste dog hurtigt, at en bestemmelse af de fordøjelige næringsstoffer alene ikke var tilstrækkelig, hvilket især kom til udtryk, når kornprodukter blev sammenlignet med grovfoder. Dette var bl.a. anledningen til, at Kellner (1905) bestemte de fordøjelige næringsstoffers (stivelse, sukker, protein, fedt) evne til fedtaflejring hos udvoksede stude. Herved opnåedes et grundlag for fodermidlernes nettoenergiværdi, idet den energetiske virkning af næringsstofferne i den dyriske organisme blev bestemt. Undersøgelserne over fodermidlernes energetiske næringsværdi i den dyriske organisme samt den teoretiske baggrund for vor viden om energiomsætningen er fortsat helt op til vor tid og har endnu ikke fundet sin afslutning. En konventionel fremstilling af energiomsætningen hos en malkeko samt tabene og udnyttelsen af energien er vist i figur 4.1.



Figur 4.1 Skematisk fremstilling af energiomsætningen hos en malkeko (25 kg 4% mælk).

Figur 4.1 viser, at et fodermiddels næringsværdi kan angives både som fordøjelig, omsættelig eller netto energi. For at bestemme den fordøjelige energi skal bruttoenergien reduceres med energitabet i gødningen. Fradrages desuden tabene i metan (gæringsgasarter) og urin fås den omsættelige energi.

Reduceres den omsættelige energi med den termiske energi svarende til varmetabet, der er forbundet med næringsstofomsætningen (fordøjelse, fermentation, oxydation), fås fodermidlernes nettoenergi.

Den skandinaviske foderenhed (FE), der anvendes som energimål her i landet er et udtryk for nettoenergiindholdet. Som vist i figur 4.1 bliver nettoenergiindholdet i den dyriske organisme udnyttet til produktion som f.eks. mælk og tilvækst samt til vedligeholdelse (basalstofskiftet, legemstemperatur og bevægelsesenergi). Da det skandinaviske foderenhedssystem er benyttet i de øvrige kapitler til beregning af fodermidlernes energetiske næringsværdi samt til angivelse af energibehovet, skal der her gives en beskrivelse af dette systems udvikling og anvendelse.

4.1.2 Den skandinaviske foderenhed

Da den skandinaviske foderenhed (FE) er opbygget på grundlag af Kellners stivelsesværdibestemmelse, skal udgangspunktet for en beskrivelse af FE-systemet tages i Kellners (1905) omtalte forsøg, hvor den kemiske analyse efter Weende metoden blev benyttet som udgangspunkt.

Kellner bestemte fodermidlernes nettoenergi ved kvantitative stofskiftemålinger i respirationskammer med udvoksede stude som forsøgsdyr. I forsøgene måltes, hvor meget fedt der aflejredes, når 1 kg fordøjeligt og rent næringsstof blev givet som tillæg til et grundfoder. Forsøgene gennemførtes altså efter princippet for differensforsøg, hvor grundfoderet skulle dække behovet for energi og protein, således at dyret var i ernæringsligevægt eller i svag positiv balance. Resultaterne af Kellners forsøg samt næringsstoffernes bruttoenergi og faktorerne i den videre beregning af stivelsesværdien og FE er vist i tabel 4.1.

Kellner satte fedtaflejringen for stivelse lig 1 og udtrykte de andre næringsstoffers fedtaflejring i forhold hertil. Herved opstår de velkendte faktorer, som

abel 4.1 Faktorer til beregning af fodermidlernes energetiske næringsværdi fra fordøjelige næringsstoffer

		Stivelsesværdi			Foderenheder		
æringsstof	Brutto E Kcal/g	Aflejring af fedt g/kg ford. næringsst.	Relative energi-faktorer	Korrek-tions-faktor	Relative energi-faktorer	Korrek-tions-faktor	Multipli-kations-faktor
tivelse	4,2	248	1,00		1,00		
ukker (glukose,							
acharose)	4,0						
ræstof	4,2	253	1,02	værdital	1,00	værdital	1,333
enprotein	5,7	235	0,94		1,43		
åfedt af oliekager	9,5	598	2,41		2,41		
åfedt af korn	9,5	526	2,12		2,12		
åfedt af grovfoder	9,5	474	1,91		1,91		

Kellner benyttede til beregning af fodermidlernes energetiske næringsværdi, stivelsesværdi. På grund af de relative små forskelle mellem kulhydraterne (stivelse, træstof og NFE) blev den gennemsnitlige fedtaflejring af disse i de videre beregninger sat til 1. Ved hjælp af de anførte tal for de rene næringsstoffer beregnedes derefter stivelsesværdien for fodermidlerne på grundlag af de ved Weende-analysen og fordøjelighedsforsøg bestemte fordøjelige næringsstoffer af renprotein, NFE, træstof og fedt. Derefter blev det ved hjælp af stofskiftemålinger i respirationskammer undersøgt, om den beregnede stivelsesværdi af et fodermiddel svarede til den i forsøget fundne værdi. Herved fandt Kellner, at den i forsøget bestemte stivelsesværdi næsten altid var lavere end den teoretisk beregnede. Forholdet mellem de teoretisk beregnede og den fundne stivelsesværdi betegnede Kellner som fodermidlets »værdifaktor«, der svarer til det værdital, som fodermidlets beregnede stivelsesværdi skal multipliceres med for at give den reelle værdi. For fodermidler med en høj energikoncentration (korn, oliekager o.l.) fandtes en god overensstemmelse mellem den beregnede og den fundne stivelsesværdi, medens overensstemmelse ikke var god for grovfodermidlernes vedkommende. Derfor foreslog Kellner, at der for disse fodermidler skulle fradrages 0,58 fra den beregnede stivelsesværdi for hver procent træstof i grovfodermidler i stedet for at anvende værditallet. Denne beregning blev senere betegnet som træstoffradraget.

Sammenholdt med fig. 4.1 omfatter værditalskorrektionen således både tabet af energi i urin og metan samt den energetiske udgift, der er forbundet med fordøjelsen og næringsstoffernes omsætning (termisk energi).

Betegnelsen den skandinaviske foderenhed blev indført i 1915–16, efter at Nils Hansson foreslog energifaktoren for protein på 0,94 i Kellners system ombyttet med faktoren 1,43. Denne faktor fremkom på grund af den antagelse, at proteinet ved mælkeproduktion burde tillægges samme energiværdi som kulhydraterne. Ved division af bruttoenergifaktoren for renprotein på 5,7 med faktoren for kulhydrat (glukose, sacharose) på 4,0 fremkommer faktoren 1,43, som Hansson anvendte i Kellners stivelsesværdisystem. Dette modificerede stivelsesværdisystem betegnede Nils Hansson som »mælkeproduktionsværdi«. Han fandt ved erstatningsforsøg, at 1 FE svarede til 0,75 mælkeproduktionsværdi. Derfor beregnes FE på grundlag af denne sammenhæng:

$$\text{FE} = \text{mælkeproduktionsværdi} \times \frac{1}{0{,}75}$$

eller

$$\text{FE} = \text{mælkeproduktionsværdi} \times 1{,}333$$

Som måleenhed for den skandinaviske foderenhed blev næringsværdien i 1,000 kg byg (85% tørstof) benyttet. Tidligere havde N. J. Fjord i Danmark brugt blandsæd (havre + byg) som enhed i de af ham indførte erstatningsforsøg

på grund af holdforsøgsprincippet med malkekøer. I den skandinaviske foderenhed benyttedes byg stadig som sammenligningsfodermidlet, hvormed næringsværdien af et ukendt fodermiddel bliver sammenlignet i et erstatnings- eller substitutionsforsøg på produktionsniveau (mælk eller kød). I praksis benyttes produktionsforsøg til bestemmelse af et ukendt fodermiddels værdital, da det ikke er gennemførligt at bestemme værditallet på alle fodermidler i respirationskammer som i de grundlæggende bestemmelser af Kellner.

4.1.3 Beregning af FE i fodermidlerne

På grundlag af fodermidlernes kemiske næringsstofsammensætning efter Weende analysemetoden og næringsstoffernes fordøjelighed bestemt på vedligeholdelsesniveau kan fodermidlernes energetiske næringsværdi ved anvendelse af energifaktorerne beregnes og udtrykkes i FE. Beregningen af foderværdien for byg er vist i tabel 4.2.

Tabel 4.2 Foderværdiberegningen for byg (FE)

	Kemisk indhold % af tørstof	Fordøjelighedskoefficienter	Fordøjelige næringsstoffer % af tørstof	Forholdstal	Mælkeproduktionsværdi
åprotein	12,6	69	8,69	1,43	12,43
åfedt	2,2	75	1,65	2,12	3,50
ræstof	4,8	35	1,68	1,00	1,68
-fri cstraktstoffer	77,9	95	74,01	1,00	74,01
				(foreløbig)	91,62

ndelig mælkeproduktionsværdi (værdital 95):

$$\frac{91{,}62 \times 95}{100} = 87{,}04$$

E i 100 kg bygtørstof: $87{,}04 \times 1{,}333 = 116{,}0$

E i 100 kg byg (m. 86 pct. tørstof):

$$\frac{116{,}0 \times 86}{100} = 99{,}8$$

Den energetiske faktor for protein i Kellners forsøg og Nils Hanssons ændringsforslag blev beregnet på grundlag af fodermidlernes renproteinindhold, hvorfor også værditallet var knyttet hertil. Ved overgang til benyttelse af fodermidlernes råproteinindhold i 1965 og med bibeholdelse af faktoren 1,43 beregnedes derfor et for højt bidrag af proteinet til energiværdien. For at korrigere herfor blev værditallet ændret i overensstemmelse med det oprindeligt bestemte energiindhold i fodermidlerne.

Det fremgår heraf, at værditallet fungerer som en justeringsfaktor for forskellen mellem de beregnede og de i forsøg fundne foderenheder. Ved hjælp af værditallet korrigeres ligeledes uoverensstemmelser mellem fodermidlernes fordøjelighed bestemt hos får på vedligeholdelsesniveau og hos kvæg på produktionsniveau som anført i kapitel 3. Dette er bl.a. årsagen til, at der i tidens løb er blevet søgt udviklet en mere hensigtsmæssig korrektion især for bestemmelsen af grovfodermidlernes energetiske næringsværdi, idet der skal gennemføres betydelige korrektioner, når værditallet benyttes som vist i beregningseksemplet i tabel 4.3. Dette førte bl.a. til den af Frederiksen (1969) foreslåede alternative beregningsmetode for næringsstoffernes fordøjelighedskoefficienter samt værdital til foderværdifastsættelsen af græsmarksafgrøderne lucerne, kløvergræs og rene græsser både som frisk afgrøde, hø og ensilage. Ligningssystemet, der ligger til grund for beregningen af fordøjelighedskoefficienterne samt værditallet er anført i tabel 4.4.

Med undtagelse af protein danner ligningerne på nuværende tidspunkt grundlaget for de i tabelværdierne (Andersen & Just 1979) angivne fordøjelighedskoefficienter samt værdital. Når disse koefficienter er beregnet på grundlag af en fodermiddelanalyse gennemføres den øvrige foderværdiberegning som angivet i tabel 4.4.

Det skal her bemærkes, at den energetiske faktor for råfedt i beregningen for græsmarksprodukter sættes til 1 ligesom for NFE og træstof. Det skyldes, at kun en del af fedtfraktionen i græsmarksafgrøder udgøres af triglycerider (jvf. kap. 3).

Tabel 4.3 Foderværdiberegning af kløvergræsensilage (FE)

	Kemisk indhold % af tørstof	Fordøjelighedskoefficienter	Fordøjelige næringsstoffer % af tørstof	Forholdstal	Mælkeproduktionsværdi
Råprotein	14,9	73	10,88	1,43	15,56
Råfedt	5,8	71	4,12	1,00	4,12
N-fri ekstraktstoffer	39,7	71	28,19	1,00	28,19
Træstof	30,0	74	22,20	1,00	22,20
(25,0% tørstof)				(foreløbig)	70,07

Endelig mælkeproduktionsværdi (værdital 74):

$$\frac{70{,}07 \times 74}{100} = 51{,}85$$

FE i 100 kg tørstof i kløvergræsensilage

$$51{,}85 \times 1{,}333 = 69{,}12$$

Kg tørstof i kløvergræsensilage til 1 FE: $\frac{100}{69{,}12} = 1{,}45$

Kg kløvergræsensilage (25% tørstof) til 1 FE: $\frac{1{,}45 \times 100}{25} = 5{,}8$

Tabel 4.4 Beregning af fordøjelighed og værdital i græsmarksafgrøder
(Frederiksen 1969, efter Andersen og Just 1979)

		Fordøjelighedskoefficienter = y			
		1 råprotein	2 N-fri ekstr.st. + råfedt	3 træstof	4 værdital = z
Frisk afgrøde	Lucerne	$93{,}0 \div \frac{300}{x_2} = y$	$92{,}2 \div 1{,}06x_2 = y$	$82{,}8 \div 1{,}42x_2 = y$	$102{,}3 \div 1{,}0x_2 = z$
	Kløvergræs		$103{,}2 \div 1{,}06x_2 = y$	$105{,}2 \div 1{,}42x_2 = y$	$107{,}4 \div 1{,}0x_2 = z$
	Rene græsser		$103{,}8 \div 1{,}06x_2 = y$	$112{,}2 \div 1{,}42x_2 = y$	$109{,}5 \div 1{,}0x_2 = z$
Hø	Lucerne	$93{,}0 \div \frac{300}{x_1} = y$	$109{,}7 \div 1{,}33x_2 = z$	$77{,}2 \div 0{,}85x_2 = y$	$108{,}2 \div 1{,}5x_2 = z$
	Kløvergræs		$109{,}5 \div 1{,}32x_2 = y$	$93{,}0 \div 0{,}85x_2 = y$	$114{,}4 \div 1{,}5x_2 = z$
	Rene græsser		$109{,}6 \div 1{,}33x_2 = y$	$99{,}1 \div 0{,}85x_2 = y$	$114{,}4 \div 1{,}5x_2 = z$
Ensilage	Lucerne	$93{,}0 \div \frac{300}{x_1} = y$	$121{,}1 \div 1{,}90x_2 = y$	$74{,}4 \div 0{,}78x_2 = y$	$129{,}8 \div 2{,}1x_2 = z$
	Kløvergræs		$93{,}5 \div 0{,}75x_2 = y$	$71{,}0 \div 0{,}09x_2 = y$	$104{,}3 \div 1{,}0x_2 = z$
	Rene græsser		$93{,}0 \div 0{,}57x_2 = y$	$70 = y$	$104{,}3 \div 1{,}0x_2 = z$

x_1 = råprotein, kemisk indhold i pct. af tørstoffet.
x_2 = træstof, kemisk indhold i pct. af tørstoffet.
Denne tabel er et sammendrag af 371. beretning fra Forsøgslaboratoriet, og ligningerne er grundlaget for tabelværdierne for de nævnte grovfodermidler (Andersen og Just 1979). Undtagen er beregningen for protein, som er ens for alle fodermidler beregnet efter Thomsen (1979) meddelelse nr. 269 fra Statens Husdyrbrugsforsøg.

4.1.4 Laboratoriemæssig vurdering af fodermidlers og -blandingers energiværdi

Som nævnt kræver fastlæggelsen af værdital for et fodermiddel, at der gennemføres produktionsforsøg. Disse er tidkrævende og kostbare at udføre, og det er ikke muligt at gennemføre produktionsforsøg i det omfang, som den stadig større tilkomst af nye fodermidler kræver. Ligeledes kræver den forekommende betydelige variation i fodermidlerne en graduering af værditallet, som det er vanskeligt at inkorporere i en fodertabel. Et tredie problem knytter sig til bestemmelsen af FE-indholdet i en foderblanding, hvor råstofsammensætningen ikke er fuldstændig kendt. Disse forhold betyder, at det vil være af stor værdi at kunne foretage en laboratoriemæssig vurdering af fodermidlers og -blandingers energiværdi. En laboratoriemetode til beregning af fordøjelig energi på grundlag af invitro bestemmelse af fordøjeligt organisk stof er udarbejdet af Thomsen & Henriksen (1976). Et eksempel på beregningen af den fordøjelige energi i et fodermiddel ved hjælp af denne metode er vist i tabel 4.5.

Tabel 4.5 Beregning af fordøjelig energi ved hjælp af in vitro metoden
(Thomsen & Henriksen 1976)

		% af org. st.	% af tørstof
Aske			6,0
Råprotein			12,0
Råfedt			4,0
Kulhydrat			78,0
Invitro FK		65,0	
In vitro FK, korr. for fedt		69,3	65,1
Beregning af bruttoenergi, kcal/kg:			
Råprotein	0,12 · 5700	=	684
Råfedt	0,04 · 9500	=	380
Kulhydrat	0,78 · 4100	=	3198
		Ialt	4262 kcal/kg
Beregning af ufordøjelig energi, kcal/kg:			
Ufordøjeligt organisk stof i 1000 g prøve:			
[100 – (65,1 + 6,0)] · 10		=	289 g
Ufordøjelig energi: 0,289 · 5000		=	1445 kcal/kg
Bruttoenergi		4262	
Ufordøjelig energi		1445	
Fordøjelig energi		2817 kcal/kg tørstof	

Den ved denne metode beregnede mængde fordøjelig energi betegnes som invitro fordøjelig energi. Ved sammenligning af fodermidlers in vitro fordøjelig energi med FE opnåedes følgende relation:

FE/100 kg tørstof = ÷33,2 + 39,6 in vitro ford. E (Mcal/kg tørstof)

Denne ligning er beregnet på foderprøver indeholdende varierende mængder træstof hovedsagelig i form af ubehandlet eller NaOH-behandlet halm, og der blev fundet et retliniet forløb i intervallet mellem 2,4 til 4,2 Mcal/kg tørstof. Denne laboratoriemetode kræver ikke kendskab til, hvilke fodermidler der indgår i blandinger eller deres procentiske andel (jvf. afsnit 3.3).

4.1.5 Konklusion

Vort hidtil anvendte energivurderingssystem baseret på skandinaviske foderenheder (FE) med byg som måleenhed blev opbygget omkring århundredskiftet, og siden da har der været arbejdet på at forbedre fodermidlernes energivurdering og bringe denne i overensstemmelse med de grundlæggende teoretiske principper i energiomsætningen som angivet i figur 4.1. Alle nyere opbyggede systemer som f.eks. i DDR (Schiemann et al. 1971), Holland (Van Es 1978) og USA (Moe & Flatt 1969) tager deres udgangspunkt i de fordøjelige næringsstoffer, hvor næringsstofferne er bestemt ved Weende-analysen, og fordøjelighedsbestemmelsen gennemføres med får. DDR systemet udtrykkes i nettoenergi til kvæg (NE_R) og er opbygget på grundlag af respirationsforsøg med udvoksede stude og er derfor en videreførelse af Kellners forsøgsprincip bortset fra, at de energetiske faktorer er bestemt ved multipel regressionsanalyse med et større forsøgsmateriale. Systemet i Holland er opbygget på grundlag af fodermidlernes omsættelige energi med faktoriel korrektion af denne til nettoenergi ved laktation.

I Danmark er den skandinaviske foderenhed 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. I øjeblikket gennemføres undersøgelser med sigte på om nødvendigt at bringe energifaktorerne i overensstemmelse med de omtalte nyere systemer og på at gøre FE-beregningen mere operationel ved at basere den på korrigeret fordøjelig energi.

4.2 Mineralstoffer

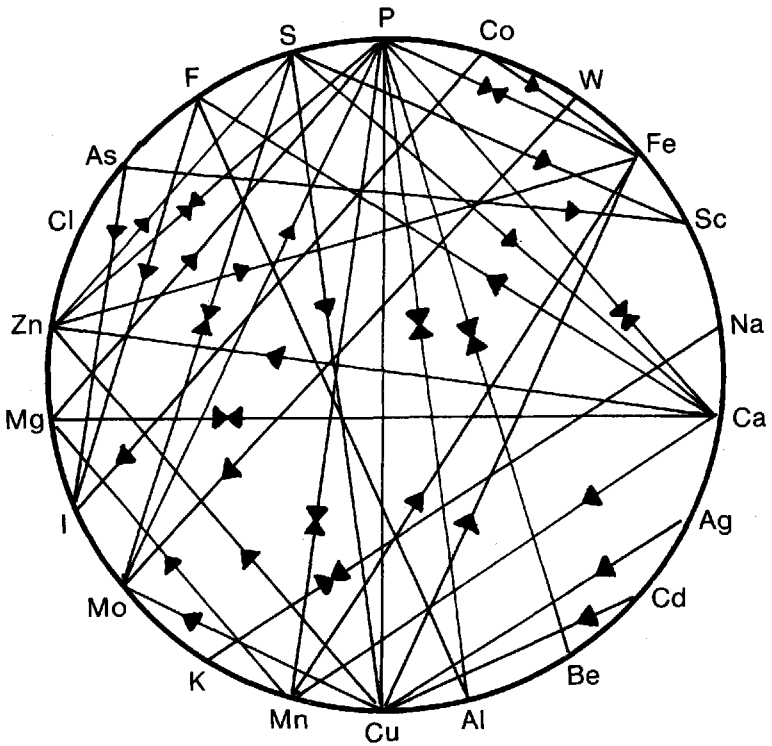
4.2.1 Indledning

Højere ydelsesniveauer stiller stigende krav til foderrationens mineralstofsammensætning. De væsentligste makromineraler i kvægets ernæring er Ca og P efterfulgt af Mg, Na, Cl og K samt mikromineraler. Foruden at være væsentlige bestanddele i skelettets opbygning fungerer mineralerne i det intermediære stofskifte. Eksempelvis spiller de neutraliserende kationer (Ca^{++}, Na^{+}, Mg^{++}) en rolle for neutralisationen af de i organismen dannede syrer (f.eks. PO_4^{---},

SO_4^{--}), hvilket medfører, at syrerne udskilles som neutrale, opløselige salte gennem både tarmkanalen og nyrerne. Dette bevirker en betydelig cirkulation af mineraler fra vævsvæsker til tarmkanalen, hvor de kan reabsorberes og indgå i organismens mineralforsyning.

Mineralstofferne har betydning for opbygning af skelettets knogler samt som bestanddele af proteiner og lipider i muskler og celler samt i enzymsystemer. Mineraler er nødvendige for opretholdelsen af de osmotiske forhold både i celler og mave-tarmkanalen samt for elektrolytbalancen.

Forsøgsresultater har vist, at foderet foruden at indeholde tilstrækkelige mængder af f.eks. Ca og P også må indeholde det rette forhold imellem dem, idet P-udskillelsen i urinen eller P-tabet fra organismen kan påvirkes af et fosforoverskud i forhold til calcium. Normale produktionsresultater er opnået, når Ca:P-forholdet varierede mellem 1,0 og 3,0. Ligeledes påvirkes både Ca og P absorptionen af andre mineraler, idet der kan dannes uopløselige forbindelser imellem mineralstofferne. Disse vekselsvirkninger mellem mineraler er kvantitativt endnu ikke præcist fastlagte. I figur 4.2 er velselvirkningen mellem de forskellige mineraler anskueliggjort.



Figur 4.2 Vekselvirkning mellem mineralstoffer.

4.2.2 Mineralstofbehov

4.2.2.1 Calcium, fosfor og magnesium

Bestemmelsen af normer for dyrenes mineralstofbehov er meget vanskelig at gennemføre på grund af mineralstoffernes recirkulation mellem mave-tarmkanalen og vævsvæsker. Selv med anvendelse af radioaktive isotoper har det ikke været muligt at bestemme den sande udnyttelsesgrad af mineralstofferne. Behovsangivelser især fra England (ARC) er baseret på mineralstoffernes udnyttelsesgrad eller absorption fra tarmkanalen. For Ca går man ud fra en absorption i tarmkanalen på 68%; for fosfor benyttes en absorptionskoefficient på 58% for kvæg over 12 måneders alderen og på 78% for dyr under 1 år. For pattekalve antages absorptionsgraden at være så høj som 95%.

Udgangspunktet for normangivelser er mineralstofudskillelsen i mælken samt det endogene tab i gødning og urin. For calcium angiver ARC (1980) det daglige endogene tab til 16 mg Ca pr. kg legemsvægt, og for fosfor regnes med 12 mg P pr. kg legemsvægt. Indholdet af Ca i mælken er opgivet til 1,4 g Ca pr. kg mælk for Jersey-racen og 1,1 g Ca pr. kg mælk for de tunge racer. For fosfor er indholdet i mælken 1,24 g pr. kg for Jersey-racen og 0,9 g pr. kg for sortbroget kvæg. I danske undersøgelser fandt Møller (1972) et calcium- og fosforindhold i mælken på henholdsvis 1,2 g Ca og 1,0 g P pr. kg mælk for RDM-køer.

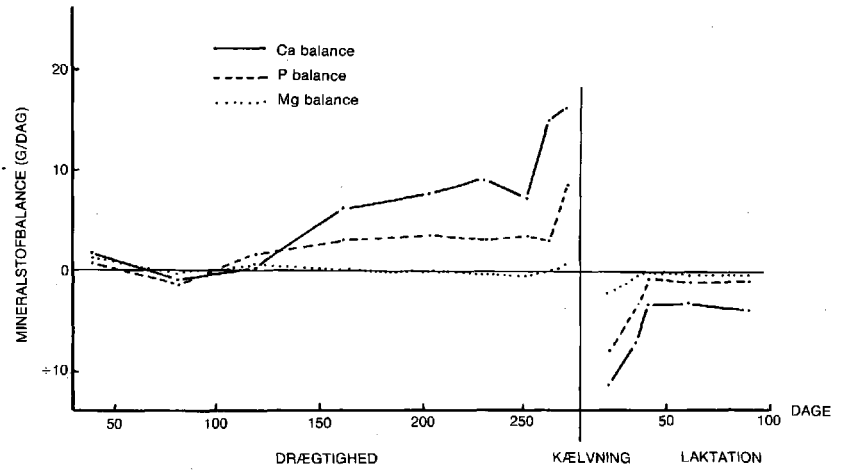
ARC (1980) regner af hensyn til en sikkerhedsmargen med en absorptionskoefficient for Mg på 17% og et Mg-indhold i mælken på 0,12 g pr. kg. En Mg-absorption, der er højere end behovet, vil blive udskilt i urinen. Tærskelværdier højere end de nævnte kan tages som et udtryk for en tilstrækkelig Mg-forsyning.

I tabel 4.6 er normerne angivet både efter de nugældende danske retningslinier (Andersen & Just 1979) og på grundlag af beregninger udført efter de ovenfor anførte udnyttelseskoefficienter fra ARC (1980). Det ses af tabel 4.6, at ARC har sænket vedligeholdelsesnormerne for calcium og fosfor til under halvdelen af de her i landet gældende normer, hvilket også er tilfældet i forhold til ARC-normerne fra 1965. Herved svarer vedligeholdelsesnormerne til de i USA anbefalede (NCR 1971). For behov til mælkeproduktion er Ca- og P-normerne fra ARC (1980) ligeledes lavere end de danske. Derimod er der ingen væsentlige forskelle i normangivelserne for magnesium mellem de nugældende danske normer og ARC-normerne (tabel 4.6).

Det må i forbindelse med vedligeholdelsesbehovet for Ca og P nævnes, at det tidligere blev antaget, at en nedsat Ca-mobilisering fra skelettet omkring kælvningen kan disponere til mælkefeber. Derfor blev der i goldperioden givet et overskud af fosfor for at stimulere Ca-mobiliseringen. Ved balanceforsøg er det dog fundet som vist i figur 4.3, at køer umiddelbart efter kælvningen uanset mineralstofindholdet i foderet er i negativ Ca- og P-balance, fordi disse mineralstoffer udskilles i meget store mængder i mælken. Derimod sker der gennem de sidste 250–280 dage før kælvningen en stigende aflejring af mineralstofferne i skelettet, som vist i figur 4.3.

Tabel 4.6 Mineralstofnormer til malkekøer, gram pr. ko daglig

	Dansk norm (1979)				ARC (1980)				
	Ca	P	Mg	Na	Ca	P	Mg	Na	Cl
Vedligeholdelse:									
kg levende vægt									
400	22	20	7	7	9	8	7	3	4
500	28	25	9	9	12	10	9	4	5
600	33	30	11	11	14	12	11	4	6
Fosterproduktion:									
Tunge racer									
7. drægtighedsmåned	5	4	3		6	5	6	4	3
8. »	10	8	4		10	7	5	4	3
9. »	15	12	5		14	10	6	4	3
Jersey									
7. drægtighedsmåned	4	4	2		6	5	6	4	3
8. »	8	7	3		10	7	5	4	3
9. »	12	10	4		14	10	6	4	3
Mælkeproduktion (g/kg 4% mælk):									
Tunge racer	2,5	2,0	0,6	0,6	1,7	1,6	0,7	0,6	1,3
Jersey	2,5	2,0	0,6	0,6	2,1	2,1	0,7	0,6	1,3



Figur 4.3 Mineralstofbalance i drægtigheds-laktationsperioden (efter data fra Helfferich et al. 1966).

4.2.2.2 Natrium, klor og kalium

Natrium, klor og kalium kan udskilles med sveden gennem huden. De største mængder udskilles dog igennem urinen, hvorimod udskillelsen igennem gødningen ikke må overskride en vis tærskelværdi for at undgå diarré. Særlig i tyndtarmen er koncentrationen af disse elektrolyter høj, men der foregår en reabsorption i dette tarmafsnit af op til 99% (Møller & Hvelplund 1977), således at koncentrationen i gødningen er lav. Også i urinen er koncentrationen lav, idet der foregår en effektiv reabsorption i nyrerne. ARC (1980) angiver vedligeholdelsesbehovet for Na i henhold til tabet i gødningen og gennem huden svarende til 5,8 mg i gødning og 0,6 mg i huden pr. kg legemsvægt. For klor er de tilsvarende værdier 7,8 mg og 0,8 mg, og absorptionskoefficienterne angives til 91% for natrium og 85% for klor. Forholdet mellem Na og Cl for højtydende køer angives til omkring 1:2.

For kalium gælder i almindelighed de forhold, der er nævnt for klor, og der findes ikke undersøgelser, der angiver det minimale kaliumtab fra organismen. Rationer til kvæg indeholder gennemgående overskud af kalium, hvorfor ARC (1980) ikke har medtaget detaljerede angivelser for behovet, men 5 til 8 g pr. kg tørstof anses for passende.

4.2.3 Mikromineraler

Som vigtige mikromineraler i kvægets ernæring betragtes kobber (Cu), jern (Fe), kobolt (Co), selen (Se), jod (J), zink (Zn) og mangan (Mn). Med hensyn til normer er det vanskeligt at finde forsøg, der belyser spørgsmålet eksakt. Vurderingen af behovet vanskeliggøres i stor udstrækning af den i figur 4.2 anskueliggjorte vekselvirkning mellem visse mikromineraler samt mellem disse og makromineralstofferne. Eksempelvis kan nævnes den antagonistiske virkning af svovl og molybdæn på tilgængeligheden af kobber samt afhængigheden mellem selen og vitamin E. I tabel 4.7 er oplysningerne fra ARC (1980) samlet for at give en oversigt over de nugældende engelske normangivelser for mikromineralstofferne. For at lette overskueligheden er behovet til vedligeholdelse, drægtighed og laktation angivet i mg pr. kg tørstof. Variationsangivelserne svarer til de variationer, der er angivet med hensyn til dyrenes daglige tørstofoptagelse. Såfremt der i ARC (1980) ikke har været angivet specifikke behov for alle tre produktionskriterier, er behovet til f.eks. fosterproduktion også antaget at være gældende til mælkeproduktion.

Cu. Behovsangivelser for Cu er mangelfuldt underbygget især på grund af begrænsende oplysninger om sammenhængen mellem kobberoptagelsen og dyrenes sundhed og produktion. Tilgængeligheden af kobber kan variere betydeligt afhængig af forskellige bestanddele, der indgår i foderrationens sammensætning. Kobberets tilgængelighed i græs stiger med tiltagende udviklingstrin

Tabel 4.7 Mikromineralstofnormer til malkekøer, mg pr. kg tørstof
(ARC 1980)

	Mineralstoffer							kg tørstof pr. dag
	Cu	Fe	Co	Se	J	Zn	Mn	
Vedligehold								
500 kg legemsvægt	12–19	30	0,07–0,11	0,03–0,05	0,5	15–25	10	7,6– 4,6
Fosterproduktion								
7. drægtighedsmåned	13–17	40	0,07–0,11	0,03–0,05	0,5	13–18	20–25	9,0– 6,6
9. »	13–20	40	0,07–0,11	0,03–0,05	0,5	13–21	20–25	11,2– 6,9
Mælkeproduktion								
10 kg 4% mælk/dag	10–14	40	0,07–0,11	0,03–0,05	0,5	18–25	20–25	11,7– 8,3
20 » » » »	8–11	40	0,07–0,11	0,03–0,05	0,5	19–27	20–25	17,8–12,7
30 » » » »	8–11	40	0,07–0,11	0,03–0,05	0,5	25–31	20–25	19,2–15,5

og er størst i hø. Svovl har en stor indflydelse på tilgængeligheden af Cu, og denne vekselvirkning er påvirket af molybdæn. Ligeledes påvirker kalcium, jern, cadmium og zink leverens optagelse af Cu. Leveren har en relativ stor kapacitet til oplagring af Cu. Cu i større doser, fra 8–29 mg Cu pr. kg tørstof, virkede toksisk især hos lam (ARC 1980).

Fe. Jern er hovedsagelig af betydning for unge kalve, der får mælk eller mælkeerstatning, idet jernmangel kan medføre anæmi og lav tilvækst som følge af nedsat hæmoglobinproduktion og manglende myoglobindannelse i musklerne. Det er mindre kritisk med en nøjagtig jerntildeling til ældre dyr, idet jernmangel på grund af et for lavt Fe-indhold i foderet er sjældent forekommende, selv om Fe-udnyttelsen kan være negativt påvirket af kobbermangel. Jern kan virke giftig, når mængden overstiger 500 mg Fe pr. kg tørstof, hvilket bør betragtes som den maksimale tolerancegrænse (ARC 1980).

Co. Koboltmangel har en nær sammenhæng med vitamin B_{12}-mangel, idet Co er et centralt element i vitamin B_{12}. Ved Co-mangel nedsættes vommikroorganismernes syntese af vitamin B_{12}. Det har været fremført, at ved en Co-koncentration i vomvæske under 20 μg/liter kan vommikroorganismernes syntese af vitamin B_{12} ikke dække dyrets behov (ARC 1980). Co-mangel hæmmer udnyttelsen af propionsyre i energiomsætningen. Injektion af vitamin B_{12} kan derfor afhjælpe mangelsymptomer på Co ved et for lavt Co-indhold i foderet.

Se. Som det anføres i efterfølgende afsnit om vitaminer, eksisterer der en vekselvirkning mellem selen og vitamin E, selv om visse sygdomme hos drøvtyggere alene hidrører fra Se-mangel uden helbredende virkning ved behand-

ling med vitamin E. Se virker beskyttende på cellemembranerne mod skadevirkninger, der kan opstå ved oxydative forandringer af visse slutprodukter. Se indgår f.eks. i enzymet glutathionperoxidase, der nedbryder giftige peroxyder. Andre forhold, hvor et tilskud af Se har været virksom, er bl.a. ved ufrugtbarhed eller abort imod slutningen af drægtigheden. Ligeledes virker Se helbredende ved symptomet beskrevet som »sawdust liver«. Normalt kendetegnes Se-mangel ved muskeldegeneration især hos unge dyr. Da Se er et giftigt element, kan der optræde Se-forgiftningssymptomer hos drøvtyggere, når Se-indholdet i foderet overstiger 3–5 mg Se pr. kg tørstof.

J. Jodets funktion vedrører syntesen af thyreoideahormonerne thyroxin samt trijodthyronin, som hovedsagelig påvirker basalstofskiftet og er involveret i kontrollen af oxydative processer. De væsentligste virkninger af thyroxinmangel er nedsat vækst, reproduktionsforstyrrelser samt nedsat mælkeproduktion. Klinisk er kendetegnet på jodmangel en forstørret skjoldbruskkirtel (struma). En beregnet sammenhæng mellem jodoptagelsen (y, mg/kg/dag) og jodkoncentrationen i mælk (x, μg/liter):

$$y = 0{,}37x + 0{,}05$$

kan være en hjælp ved beregningen af køernes jodforsyning (ARC 1980). Havskov Sørensen (1958) fandt, at jodbehovet for en 500 kg ko (y, mg/dag) var afhængigt af smørfedtproduktionen (x, kg/dag):

$$y = 7{,}9x + 0{,}07$$

Dette svarer til, at jodbehovet udgør 1 mg jod pr. produktionsfoderenhed.

Jodbehovet er ligeledes afhængigt af, om foderet indeholder thyreoideahæmmende stoffer som i forskellige former forekommer i korsblomstrede planter.

Zn. Zinkmangel hos drøvtyggere resulterer i nedsat tilvækst og foderoptagelse samt hudsygdommen parakeratose eller hyperkeratose og håraffald. Disse kliniske sygdomme opstår sædvanligvis, når zinkkoncentrationen i blodplasmaet er under 0,5 mg/liter. Det antages, at 24 mg Zn/kg tilvækst er tilstrækkeligt til dækning af behovet for kvæg, og herudfra er de i tabel 4.7 angivne normer beregnet (ARC 1980). For mælkeproduktion er der regnet med et indhold af 4 mg Zn/liter mælk til beregning af behovsangivelserne.

Mn. Mangel på mangan har en negativ indflydelse på dyrenes vækst samt reproduktion og kan medføre en unormal skeletudvikling. Den største Mn-koncentration er fundet i leveren, hår og skelettet. Selv om ca. ¼ af legemets

Mn-indhold findes i skelettet, er mobiliseringen herfra lav, når foderets Mn-indhold er mangelfuldt. En for stor tilførsel af Mn på 2,0–2,6 g Mn pr. kg tørstof kan resultere i nedsat foderoptagelse samt en lavere udnyttelse af jern (ARC 1980).

4.3 Vitaminer

4.3.1 Indledning

Vitaminer er organiske forbindelser, som er livsnødvendige for normal vækst, vedligeholdelse og sundhed. Specifikke mangelsygdomme opstår, når de ikke forefindes i foderet i tilstrækkelig mængde eller udnyttes i tilstrækkelig grad.

Vitaminer inddeles i to hovedgrupper:

1. *Fedtopløselige* (A, D, E og K)
2. *Vandopløselige* (B-gruppen og vit. C)

For drøvtyggere er de fedtopløselige vitaminer de vigtigste, idet de må tilføres med foderet, medens de vandopløselige kan dannes i vommen ved hjælp af mikrobiel syntese. Vitaminbehovet angives almindeligvis i internationale enheder, IE eller i vægt.

4.3.2 Vitamin A

Til vitamin A henregnes en gruppe nært beslægtede stoffer, der i den dyriske organisme alle har vitamin A virkning. For kvægets vitamin A forsyning spiller karotin en vigtig rolle, da det virker som modersubstans for vitamin A og kan erstatte dette. A-vitamin findes kun i den dyriske organisme, hvor det især deponeres i leveren. Karotiner findes i plantefarvestoffer og forekommer i stor mængde i græsprodukter, gulerødder, majs og lignende fodermidler.

Efter kælvningen udskilles, alt efter foderets karotinindhold, betydelige mængder A-vitamin i råmælken, hvilket er af stor betydning for nyfødte kalve, der mangler A-vitamin. I mælken varierer koncentrationen af A-vitamin efter indholdet i foderet. Dette indhold er størst først på sommeren, når køerne er på græs og lavest om vinteren ved fodring med karotinfattige fodermidler (roer, roeaffald, melasse, korn, helsædsensilage af byg og majs osv.).

Visse dyr omdanner ikke al karotin til A-vitamin, men oplagrer det i legemsfedtet, som derved farves gult, som f.eks. hos Jersey-kvæget. Alle dyr har et behov for A-vitamin eller dets modersubstans karotin. Behovet er størst hos unge dyr, idet ældre dyr har oplagret vitamin A reserver f.eks. i leveren.

Udnyttelsen af karotin hos drøvtyggere kan variere betydeligt, bl.a. afhængig af den tilførte mængde. Det har ligeledes været fremhævet, at karotin i sig selv har en virkning på follikeludviklingen hos drøvtyggere, og at karotinmangel under ekstreme forhold kan give nedsat frugtbarhed (Lotthammer et al. 1976).

Vitamin A har virkning for en normal funktion især af slimhinderne. Ved underforsyning kan der opstå en øget tilbøjelighed til infektion og nedsat frugtbarhed. Det mest kendte symptom på vitamin A-mangel er natteblindhed.

Nødvendigt tilskud af A-vitamin og dets provitamin karotin til den højtydende malkeko ved fodring med forskellige rationstyper er anført i tabel 4.8 efter angivelser af Christensen et al. (1978).

abel 4.8 Dagligt A-vitamin og/eller β-caroten samt D-vitamin supplement til malkekøer (600 kg) ved forskellig sammensætning af foderrationen
(Christensen et al. 1978 og Østergaard et al. 1975)

rovfoderkombination	Fra kælvning til ca. 1 måned efter ny drægtighed			Øvrige drægtighedstid	
	A-vitamin i.e.	β-caroten mg	D-vitamin i.e.	A-vitamin i.e.	D-vitamin i.e.
. Stort roefoder	48.000+	140	12000	76.000	6.000
. Middelstort roe- og græsmarksfoder	0	0	12.000	0	6.000
. Stort græsmarksfoder	0	0	12.000	0	6.000
. Lille roe- og ensilagefoder	0	0	12.000	0	6.000
. Lille roe- og høfoder	48.000+	230	6.000	94.000	0
Biprodukter	10.000	0	11.000	10.000	5.000

mg β-caroten = 200 i.e. A-vitamin, såfremt carotenkilden er græs/roetopensilage/hø.

4.3.3 Vitamin D

D-vitaminets opgave i den dyriske organisme ligger hovedsagelig i reguleringen af Ca- og P-stofskiftet. Mangel på vitamin D eller et af de nævnte mineralstoffer medfører knogleforandringer, rakitis hos unge dyr og knogleskørhed hos ældre dyr.

D-vitamin findes i to former som vitamin D_2 og vitamin D_3. D_2 forekommer hovedsagelig i planter, medens D_3 kun findes i den dyriske organisme. I den dyriske organisme dannes D_3-vitamin ved bestråling med ultraviolet lys eller solstråler. Ved påvirkning af sollys dannes D_2-vitamin i fodermidler som bl.a. hø og ensilage. D_3-vitamin findes i fiskelevertran og mælk. Råmælk indeholder 10 gange så meget D-vitamin som sødmælk.

En tilstrækkelig D-vitaminforsyning er nødvendig for at sikre absorptionen af Ca og P fra tarmkanalen og for mobiliseringen af Ca og P fra skelettet. D-vitaminindsprøjtninger har været benyttet for at forhindre kælvningsfeber, idet der er givet 20–30 mill. IE ca. en uge før kælvningen. Dels på grund af den mulige

skadelige virkning af sådanne store doser, dels på grund af vanskelighederne ved at forudbestemme kælvningstidspunktet kan denne behandling dog ikke tilrådes i praksis.

Nødvendigt tilskud af vitamin D ved fodring med forskellige rationstyper er anført i tabel 4.8 efter angivelse af Østergaard et al. (1975).

4.3.4 Vitamin E

E-vitamin er nødvendigt for normal funktion af de fleste dyriske væv samt for forplantningen, hvorfor E-vitamin tidligere også betegnedes som frugtbarhedsvitaminet.

E-vitaminet er meget udbredt i naturen, idet det både findes i dyre- og planteriget, men ofte kun i meget små mængder. Det findes i hvede, grønafgrøder, levertran, mælk og kornolie. Råmælk indeholder ti gange så meget E-vitamin som sødmælk.

E-vitamin har virkning i flere organer og væv i organismen, bl.a. i nervesystemet, muskler, lever og fedtvæv. Det mest velkendte E-vitamin mangelsymptom hos kvæg er muskeldystrofi. Samspillet mellem virkningen af E-vitamin og selen er i forsøg vist derved, at begge kunne forhindre muskeldystrofi hos lam. Tilskud af E-vitamin fremmer fedtets stabilitet, hvilket kan have betydning for såvel mælkens som kødets kvalitet.

E-vitaminbehovet er kun lidt kendt. Til forebyggelse af muskeldystrofi hos kalve har 200 IE vitamin E 2 gange om ugen været tilstrækkeligt. Malkekøer har et behov for 1000 IE pr. dag eller 3500 IE 2 gange ugentlig. I almindelighed kan der regnes med et behov på 20 IE vitamin E pr. kg foder eller 10–15 mg vitamin E pr. kg tørstof, når selenindholdet ikke er under 0,03–0,15 mg pr. kg tørstof (ARC 1980).

4.3.5 Vitamin K

Mangel på vitamin K forårsager blødninger og forhindrer blodets størkning. Det er et vigtigt vitamin for syntesen af prothrombin i leveren samt andre blodproteiner, der indgår i processerne ved blodets størkning. Vitamin K kan ikke dannes i den dyriske organisme og må derfor tilføres med foderet. I tarmkanalen kan vitamin K dannes ved hjælp af bakteriel syntese.

Vitamin K findes i mange fodermidler, især i lucerne, græsmel, sojabønner, hvedeklid, fiskemel, svinelever og kål. Derimod findes kun lidt K-vitamin i fiskelevertran. Det antages, at dyrene under normale fodringsbetingelser optager tilstrækkeligt K-vitamin med foderet.

4.3.6 B-vitamingruppen

Drøvtyggere har ligesom énmavede dyr et behov for B-vitaminer. Da mikroorganismerne i vommen, som tidligere nævnt, kan danne B-vitaminer, er et tilskud i foderet ikke påkrævet under normale fodringsbetingelser. Vitamin B_{12} kan ikke dannes i vommen, uden at der samtidig er tilstrækkelige mængder cobolt tilstede. Til forebyggelse af B_{12}-mangel bør der derfor sørges for, at dyrene får tilført cobolt med foderet.

Iøvrigt henvises til ARC (1980), som indeholder detaljerede studier over drøvtyggernes vitaminbehov og -forsyning.

4.4 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.

Christensen, K., Daugaard, J., Henneberg, U., Hjarde, W., Jensen, K. & Aalund, O. 1978. A-vitamin og β-caroten til kvæg. 470. beretn., St. Husdyrbrugsforsøg, 77 pp.

Frederiksen, J. H. 1969. Beregning af foderværdien i græsmarksafgrøder, roer og roetop. 371. beretn., Landøk. Forsøgslab., 77 pp.

Havskov Sørensen, P. 1958. Jodstofskifte og thyreoideafunktion hos kvæg og svin. 302. beretn., Landøk. Forsøgslab., København, 159 pp.

Helfferich, B., Bauer, R., Bertzbach, J. & Lenkeit, W. 1966. Langfristige Untersuchungen über den Einfluss von natriumarmer Ernährung auf den Stoffwechsel von Milchkühen. 2. Mitt. Der Calcium und Magnesium und Phosphorumsatz. Z. f. Tierphysiol., Tierern. u. Futtermittelkd. 21, 120.

Kellner, O. 1905. Die Ernährung der Landwirtschaftlichen Nutztiere. 1. Ausg. (1905), 10. Ausg. (Fingerling) 1924, P. Parey, Berling.

Lotthammer, K. H., Ahlswede, L. & Meyer, H. 1976. Untersuchungen über eine spezifische, Vitamin A unabhängige Wirkung des β-Carotins auf die Fertilität des Rindes. 2 Mitt. Weitere klinische Befunde und Befruchtungsergebnisse. Dtsch. Tierärtzl. Wschr. 83, 354.

Moe, P. W. & Flatt, W. P. 1969. The net energy value of feeds for lactation. Dairy Cattle Research Branch, Beltsville, Maryland, 27 pp.

Møller, P. D. 1972. Undersøgelser over mineralstofomsætningen hos malkekøer. Landøkon. Forsøgslab. Årbog, 284.

Møller, P. D. & Hvelplund, T. 1977. Undersøgelser over mineralstofomsætningen i mave-tarmkanalen hos kvæg. 451. beretn., Statens Husdyrbrugsforsøg, København, 31 pp.

NRC 1971. Nutrient requirements of dairy cattle. 5th ed. Washington DC, National Academy of Sciences.

Schiemann, R., Nehring, K. Hoffmann, L. Jentsch, W. Chudy, A. 1971. Energetische Futterbewertung und Energinormen. VEB Deutsch. Ldw. Verlag, Berlin.

Thomsen, K. V. 1979. Angivelse og beregning af fordøjeligt råprotein til kvæg og får. Medd. nr. 269, Statens Husdyrbrugsforsøg, København.

Van Es, A. J. H. 1978. Feed evaluation for ruminants. 1. The systems in use from May 1977 onwards in the Netherlands. Livestock Prod. Sci. 5, 331.

Østergaard, V., Henneberg, U. & Hindhede, J. 1975. Produktionsniveauets indflydelse på de økonomiske resultater i mælke- og kødproduktionen 1974–75 og højtydende køers vitaminforsyning. 431. beretn., Statens Husdyrbrugsforsøg, København, 112 pp.

5. Foderkvalitet med henblik på sundhed og mælkekvalitet

J. Højland Frederiksen

		Side
5.1	**Indledning**	5.2
5.2	**Sundhed og sygdom i besætningen**	5.3
	5.2.1 Afgiftningsprocesser	5.3
	5.2.2 Forekomst og påvisning af forgiftning	5.4
5.3	**Forekomst og største indhold af uønskede stoffer i handelsfodermidler**	5.5
	5.3.1 Naturligt forekommende plantegifte	5.6
	5.3.2 Botaniske urenheder	5.8
	5.3.3 Fysisk og kemisk kontaminering (urenheder)	5.8
	5.3.4 Mykotoksiner	5.10
5.4	**Forekomst af uønskede stoffer i hjemmeavlet foder**	5.11
	5.4.1 Naturligt forekommende plantegifte	5.13
	5.4.2 Fysiske og kemiske urenheder	5.13
	5.4.3 Mug- og skimmelsvampe	5.14
	5.4.4 Butolisme (pølseforgiftning)	5.17
	5.4.5 Urinstof- og nitratforgiftning	5.17
5.5	**Tilsætningsstoffer og lægemidler**	5.19
	5.5.1 Handelsfodermidler	5.19
	5.5.2 Anvendelse af lægemidler	5.20
5.6	**Forekomst og tolerancegrænser for uønskede stoffer i mælk**	5.21
	5.6.1 Protein og fedt	5.21
	5.6.2 Pesticider	5.22
	5.6.3 Mykotoksiner	5.22
	5.6.4 Tunge metaller og jod	5.25
	5.6.5 Lægemidler	5.25
5.7	**Foderets indflydelse på mælkens lugt og smag**	5.25
	5.7.1 Foder	5.25
	5.7.2 Foder og staldmiljø	5.26

5.8 **Foderets og staldmiljøets indflydelse på mælkens bakteriologiske indhold** 5.27
5.8.1 Analysernes art og resultaternes angivelse 5.28
5.8.2 Analysernes betydning 5.28
5.8.3 Foderets og gødningens bakterieindhold (anaerobe sporer). 5.29

5.9 **Smitterisiko via foder ved anvendelse af gylle** 5.30
5.9.1 Smittestoffers overleven 5.31
5.9.2 Risikovurdering 5.31
5.9.3 Forebyggelse af smitteoverførsel 5.31
5.9.4 Giftige luftarter i gylle 5.32

5.10 **Fodring med frossent eller underafkølet foder** 5.32

5.11 **Afprøvning af nye fodermidlers egnethed som kvægfoder** 5.33

5.12 **Sammendrag og konklusion** 5.33

5.13 **Litteratur** 5.35

5.1 Indledning

Såvel producent som forbruger har en fælles interesse i produktion af fejlfri mælk og mælkeprodukter, og for at sikre dette foreligger en række love og bekendtgørelser, hvis intentioner i videst muligt omfang er at sikre dette. Dertil kommer producentens bestræbelser for en god sundhedstilstand i besætningen, idet kun sunde dyr kan præstere en i økonomisk henseende acceptabel høj produktion.

Ved vurderingen af et fodermiddels værdi som foder til malkekøer bør følgende 4 spørgsmål besvares (jvf. van der Val 1976 og Landbrugets Samråd 1977).

1. Hvad er fodermidlets energetiske næringsværdi og dets indhold af næringsstoffer? Spørgsmålet er behandlet i kapitlerne 3 og 4.
2. Er der en risiko for køernes sundhed ved at anvende fodermidlet? Her tænkes på de giftstoffer, som naturligt forekommer i fodermidlet, eller som opstår ved kemisk eller biologisk kontaminering (Eskholm 1980), der kan virke skadelig på køernes sundhed.

3. Er der risiko for forbrugernes sundhed ved at forbruge mælken og mejeriprodukterne? Her drejer det sig om de giftstoffer, som via foderet kan overføres til mælken.
4. Påvirkes mælkens kvalitet med hensyn til lugt, smag, opbevarings- og brugsegenskaber? Dette er et kompleks spørgsmål, idet mælkens lugt og smag ikke alene påvirkes af foderets indhold af lugt og smagsstoffer, men også af staldmiljøet i bredeste betydning.

Målet med kapitlet er i videst muligt omfang at belyse spørgsmål 2, 3 og 4 og beskrive de foranstaltninger, som producenten må iagttage for at opnå sunde dyr og god mælkekvalitet.

5.2 Sundhed og sygdom i besætningen

Sundhed kan defineres som det modsatte af sygdom, der af Østergaard (1980) er defineret som »enhver forandring i dyrets stofskifte og krop iøvrigt, der nedsætter produktionen i forhold til det normale«. Heraf følger, at sundhedstilstanden i en besætning er defineret relativt og vurderes på grundlag af produktionsniveau, frugtbarhed og frekvenser af såvel kliniske som subkliniske sygdomme og død. Dette er en generel og kvantitativ tolkning af sundhedsbegrebet, som bliver specifik og kvalitativ i de tilfælde, hvor der opstår en diagnosticeret sygdom.

5.2.1 Afgiftningsprocesser

De uønskede stoffer, som kan forekomme i fodermidlerne, er for manges vedkommende giftstoffer med varierende virkning på såvel kødernes sundhed som mælkens kvalitet. Nogle stoffer påvirker sundheden i mild grad, f.eks. glukosinolater i raps, der kan sænke frugtbarheden (Ingalls & Seale 1971, Lindell 1976, Lindell & Knutson 1976), medens andre stoffer, f.eks. blåsyre, har dræbende virkning, når de optages i store mængder. Når drøvtyggerne i almindelighed er mere tolerante end andre husdyr med hensyn til foderets indhold af giftstoffer, skyldes det i stor udstrækning de mikrobielle omsætninger i vommen, der kan karakteriseres som en frontlinie i aktivt selvforsvar. Ved forgæring i vommen afgiftes en lang række af de uønskede stoffer ved, at det aktive giftstof spaltes til i toksisk henseende inaktive produkter. F.eks. findes oksalatspaltende mikroorganismer, der nedbryder oksalat til kuldioxid og myresyre. Et andet eksempel er, at ochratoksin A i noget omfang spaltes til fenylalanin og isokumarin (B. Hald personlig meddelelse). Et tredie eksempel er, at aflatoksin B hydrolyseres til det mindre biologisk aktive aflatoksin M_1 (Stoloff 1980).

Imidlertid kan der også ved de mikrobielle omsætninger i vommen dannes giftige stoffer. Eksempelvis reduceres det ikke giftige nitrat til det giftige nitrit. Glukosider kan hydrolyseres til glukose og det meget giftige cyanbrinte (blåsyre). Ved hydrolyse af glukosinolaterne fra f.eks. raps opstår spaltningsprodukter med forskellige uheldige virkninger.

I det intermediære stofskifte sker afgiftningerne ved forskellige processer. Cirkulerende giftstoffer kan bindes til f.eks. lipoproteiner, eller de aflejres i forskellige organer, hvorfra nogle vanskeligt kan udskilles, f.eks. tunge metaller, medens andre udskilles efterhånden. Når tærskelværdien for oplagringen er overskredet, kan ophobningen medføre dyrets død. Andre stoffer, f.eks. ochratoksin, aflejres hos ikke-drøvtyggere hovedsagelig i nyrerne og forårsager bindevævsdannelse med beskadigelse af organet til følge. Nogle aflatoksiner aflejres hovedsagelig i leveren og har kræftfremkaldende virkning i forskellig grad. De fedtopløselige giftstoffer, som f.eks. mange pesticider, aflejres i fedtvævene, hvorfra de langsomt udskilles.

Når giftstofferne udskilles fra dyreorganismen, sker dette først og fremmest gennem urin og mælk.

Såvel de mikrobielle som de intermediære afgiftningsprocesser kræver en vis tilvænningsperiode, og ved lang tids tilvænning kan tolerancegrænserne for visse giftstoffer hæves.

5.2.2 Forekomst og påvisning af forgiftning

Såvel subkliniske som kliniske forgiftninger som følge af optagelse af giftstoffer er relativt sjældne. Det skyldes dels en effektiv kontrol med handelsfodermidler, dels at afgrødeforureningen og forekomst af giftige ukrudts- eller prydplanter på dyrkede arealer her i landet er sjældne (årsberetninger fra Veterinærdirektoratet).

I almindelighed vil det være vanskeligt at stille diagnosen forgiftning ud fra de sygdomstegn, dyrene viser, og en obduktion af døde dyr vil kun sjældent afsløre årsagen til forgiftningen. Symptomer på forgiftninger kan være:

Nedsat ædelyst
Fald i mælkeydelse
Kolik
Diarré
Savlen – spytflod
Udvidelse af øjepupillen
Åndedrætsbesvær
Ukoordinerede bevægelser
Kramper
Lammelser

Hvis der opstår mistanke om, at foderet er årsag til sundhedsmæssige problemer i besætningen, anbefales det, at besætningsejeren/brugeren rådfører sig med kvægbrugskonsulent, praktiserende dyrlæge eller anden faglig ekspertbistand, da opklaringsarbejdet omkring forgiftningstilfælde som nævnt kan være særdeles vanskeligt ud fra symptomerne alene. Tegn på forgiftninger kan indtræffe hurtigt efter fodring med f.eks. et nyt parti kraftfoder, men forgiftningen kan også få et langsommere forløb og som følge deraf være vanskeligere at sætte i forbindelse med anvendelse af et bestemt parti foder. Under alle omstændigheder er det imidlertid vigtigt at få konstateret, om og hvornår der er sket foderskift, og hvilke dyr der først blev syge, og i alle tilfælde skal der udtages repræsentative prøver af mistænkte foderpartier til analyse.

5.3 Forekomst og største indhold af uønskede stoffer i handelsfodermidler

Reglerne for handel med foderstoffer er fastlagt i Lov om Foderstoffer (1975), der skal sikre husdyrene et sundt foder og også sikre forbrugerne af animalske produkter mod restkoncentrationer af uønskede stoffer i kød og mælk. Rækken af uønskede stoffer og de tilhørende tilladte største indhold i handelsfodermidler er anført i Landbrugsministeriets bekendtgørelse nr. 684 af 30. december 1975 med følgende ændringsbekendtgørelser: Nr. 183 af 30. marts 1976, nr. 94 af 11. marts 1977 og nr. 352 af 18. juli 1979.

Bekendtgørelsen kan umuligt omfatte alle uønskede stoffer, der kan tænkes at forekomme i handelsfodermidler enten som følge af et naturligt indhold eller kontaminering af råvarer eller foderblandinger, eller fordi foderblandingerne er mugne, harske eller på anden måde fordærvede. Der kan heller ikke fastsættes største indhold af alle mulige giftsstoffer, hvormed handelsfodermidlerne kan forurenes ved uheld under transport, lagring og forarbejdning. Derfor indeholder foderstofloven en generel bestemmelse om, at sælgeren hæfter for, at de solgte foderstoffer er sunde og gode; det vil bl.a. sige fri for stoffer, der kan være skadelige for dyrene eller overføres til mælken.

Bekendtgørelsen angiver en række uønskede stoffer og produkter for ublandede foderstoffer og foderblandinger, og fastsatte største indhold af uønskede stoffer og produkter gælder for salg til forbrugere, medens ublandede foderstoffer, der sælges til videreforarbejdning i foderstofindustrien, ikke er omfattet af de i bekendtgørelsen fastsatte maksimale indhold, såfremt det tydeligt fremgår, at foderstoffet er bestemt til dette formål. Tilskudsfoderblandinger må ikke have større indhold af uønskede stoffer og produkter end fuldfoderblandinger, medmindre der på indlægssedlen er angivet den maksimale anvendelse pr. kg af det daglige foder, eller der er fastsat andre mængder i bilaget til bekendtgørel-

sen. Hvor den maksimale daglige anvendelse er angivet, må tilskudsfoderblandingen have et indhold som fuldfoderblandinger × fortyndingsgraden.

Statens Foderstofkontrol udøver kontrolvirksomheden, og resultaterne fra årene 1979, 1980 og 1981 er for så vidt kvægfoder angår gengivet i tabel 5.1 efter foderstofkontrollens beretninger.

De uønskede stoffer og produkter, som kan forekomme i handelsfodermidler, kan praktisk deles i fem grupper:

1. Naturligt forekommende plantegifte
2. Botaniske urenheder
3. Fysisk og kemisk kontaminering (urenheder)
4. Mikrobiel kontaminering (svampetoksiner)
5. Stoffer og produkter der påvirker mælkekvalitet

5.3.1 Naturligt forekommende plantegifte

Af de naturligt forekommende plantegifte er der i henhold til tabel 5.1 undersøgt for blåsyre, gossypol og flygtige sennepsolier. Blåsyre er påvist i hørfrøkager og tapiokamel. Gossypol forekommer kun i bomuldsfrøkager og -skrå. Tolerancegrænsen for disse stoffer for kalve og énmavede dyr er betydeligt lavere end for udvokset kvæg, hvor skadevirkning på sundhedstilstand og mælkekvalitet sjældent forekommer.

Flygtige sennepsolier er en gruppe, som hovedsagelig forekommer i frø fra korsblomstrede planter. Forekomst kan stamme fra botaniske urenheder, som ikke er tilladte i foderblandinger. Kontrollens undersøgelser har vist, at urenhederne i flere tilfælde skyldes anvendelse af rapsfrøafrensning, som ikke er tilladt at anvende i foderblandinger.

Glukosinolaterne er andre skadelige stoffer i korsblomstrede planter. De senere års forskning og udvikling inden for rapsdyrkningen har medført nye sorter med et lavt indhold af glukosinolater, de såkaldte dobbeltlave sorter, d.v.s. med et lavt indhold af både glukosinolater og erukasyre. Det kan derfor forventes, at indholdet af flygtige sennepsolier i kvægfoderblandinger vil blive reduceret i fremtiden, når f.eks. importerede rapsprodukter erstattes af dansk produceret rapsskrå.

Det er egentlig glukosinolaternes spaltningsprodukter, som har den toksiske virkning. De spaltes under medvirkning af enzymet myrosinase, som findes i de fleste planter tilhørende korsblomsterfamilien. De toksiske spaltningsprodukter glukonapin og progoitrin er isotiocyanater. De hæmmer skjoldbruskkirtlen, hvorved produktion af det stofskifteregulerende hormon tyrosin hæmmes med reduktion i vækst (Sørensen & Lykkeaa 1977), mælkeproduktion og evt. frugtbarhed (Lindell & Knutson 1976, Lindell 1976) til følge, når de gammelkendte glukosinolatrige sorter anvendes.

Tabel 5.1 Antal undersøgte prøver og antal prøver i parentes med indhold af uønsket stof, der overskrider tolerancegrænsen. (53., 54. og 55. beretn. fra Statens Foderstofkontrol)

Foderstof	Prøver ialt	Aflatoksin B_1	Ochratoksin	Blåsyre	Gossypol	Flygtige sennepsolier	Kviksølv	Arsen	Pesticider	Flour	Bly	Cadmium
1979												
Foderblandinger til kvæg	112	18(8)	1(0)	4(1)	90(6)	68(5)			109(4)		5(0)	
Foderblandinger til kalve	24		2(2)	21(3)							4(0)	
Råvarer	299	16(5)	202(189)	3(1)	20(5)	4(0)	3(0)	7(0)	49(7)	2(0)	79(2)	
1980												
Foderblandinger til kvæg	221	129(73)	1(0)	3(0)	75(5)	89(8)		2(0)	218(12)	3(1)	38(0)	1
Foderblandinger til kalve	36			20(1)				1(0)	29(2)		24(0)	
Råvarer	182	50(7)	25(16)	12(1)	21(7)	13(8)	3(0)	21(1)	129(33)	33(5)	150(9)	
1981												
Foderblandinger til kvæg	353	278( )[1]	2(0)		82(7)	125(0)			332(28)	4(0)	8(0)	4
Foderblandinger til kalve	42			3(0)							7(0)	
Råvarer	166	59(21)		6(0)	26(4)	15(10)				4(0)		
Størst tilladte indhold[2]) mg/kg, i foderblandinger til kvæg		0,02	0,01[3])	50	500	1000	0,1	2	se tabel 5.2	30	5	

[1]) Se figur 1

[2]) For ublandede foderstoffer gælder fortyndingsprincippet

[3]) Der er ikke fastsat største tilladte indhold af ochratoksin

(Tallene i parentes angiver antal tilfælde med mere end 10 μg ochratoksin A pr. kg)

5.3.2 Botaniske urenheder

Ved de mikroskopisk-botaniske undersøgelser har foderstofkontrollen i beretningsåret 1980 fundet anledning til bemærkninger for 58% af de undersøgte prøver af foderblandinger til kvæg. Det hedder i 54. beretning: »Ved bedømmelse af antallet af bemærkninger må gøres opmærksom på det forhold, at kontrollen allerede ved prøveudtagningen og senere ved undersøgelsen af de udtagne prøver foretager udvalg i retning af sandsynligheden for at afsløre flest mulige fejl.«

De mikroskopisk-botaniske bemærkninger har for foderblandinger hovedsagelig vedrørt ændringer i sammensætningen i forhold til det opgivne. Der er dog i 22 af disse prøver (9%) påvist rapsfrøafrensning (rapsfrø med et indhold af ukrudtsfrø op til 50%), og i fire prøver er påvist indhold af Brassica juncea ssp (sareptasennep). Der er desuden i fire prøver påvist indhold af bejdset korn. Undersøgelsesresultaterne for beretningsåret 1981 giver et tilsvarende billede.

5.3.3 Fysisk og kemisk kontaminering (urenheder)

Ved fysisk kontaminering forstås en forurening, hvorved de uønskede elementer utilsigtet er opblandet i foderet såsom støv, jord, sand og fremmedlegemer. De kan dels virke ødelæggende på kraftfoderets fremføringsudstyr og kraftfoderautomater, dels være generende for fordøjelsesorganerne og deres funktion. Sidstnævnte gener er dog formentlig mere udprægede som følge af fodring med grovfoder.

Den kemiske kontamination forårsages hovedsagelig ved anvendelse af pesticider og især insekticider, der doseres på afgrøder mod vækstperiodens slutning. Ifølge publikation fra Landbrugets Informationskontor (Eskholm 1980) frembyder en lang række aktiviteter i samfundet mulighed for kemisk forurening af foderet.

De pesticider, som Foderstofkontrollen undersøger for, er deklarerede pesticider. Undersøgelsernes resultater fra beretningsårene 1979, 1980 og 1981 samt største tilladte indhold fremgår af tabel 5.2. Det ses, at flere af de undersøgte pesticider forekommer i adskillige af de undersøgte prøver. Det bemærkes, jvf. tabel 5.1, at i 1979, 1980 henholdsvis 1981 var det størst tilladte indhold overskredet i 4, 6 henholdsvis 8% af prøverne. Af Foderstofkontrollens kommentarer fremgår det, at den hyppigste frekvens af større indhold af pesticider forekommer i oliefrøprodukter. Adskillige prøver af bomuldsfrøkager/skrå havde for højt indhold af DDT. Af beretningen for 1979 fremgår, at risikoen for forekomst af aldrin og dieldrin er størst i afrikanske produkter, medens indholdet af DDT var størst i prøver af asiatisk og ukendt oprindelse.

Flere prøver af citruskvas havde for højt indhold af pp-dicopol og fiskemel for høje mængder af PCB. Grænserne for største indhold af pesticider blev også overskredet i prøver af hvedeklid, hørfrø- og rapsprodukter, hvorimod pesticid-

Tabel 5.2 Indhold af pesticider i foderblandinger til kvæg (mg/kg)
(53., 54. og 55. beretn. fra Statens Foderstofkontrol)

År	1979			1980			1981[1])			
Pesticid	Påvist i % prøver	Max. påviste indhold	Gns. indhold	Påvist i % prøver	Max. påviste indhold	Gns. indhold	Påvist i % prøver	Max. påviste indhold	Gns. indhold	Max. tilladte indhold
HCB	69,7	0,024	0,002	87,6	0,025	0,025	70,2	0,060	0,006	0,03
α HCH	87,6	0,067	0,012	97,2	0,136	0,008	95,5	0,143	0,009	0,10
β HCH	21,3	0,013	0,005	19,3	0,010	0,004	29,5	0,297	0,010	0,02
Lindan	85,4	0,042	0,009	97,2	0,043	0,006	93,1	0,124	0,008	0,20
Aldrin + dieldrin	52,8	0,030	0,006	38,1	0,030	0,004	41,3	0,057	0,005	0,03
Heptachlor	25,8	0,008	0,035	53,2	0,040	0,005	29,2	0,028	0,004	0,03
DDT	88,8	0,230	0,036	100,0	0,900	0,033	96,0	0,233	0,021	0,10–0,20
Endrin	1,1	0,002	0,002	6,0	0,014	0,005	2,1	0,014	0,005	0,02
Methoxychlor	2,2	0,012	0,005	1,4	0,025	0,020	4,8	0,046	0,012	0,50
Endosulfan				1,4	0,017	0,011				0,10
PCB				1,8	0,652	0,233	2,4	0,015	0,005	0,50
pp-dicofol				30,3	0,030	0,520	19,2	0,262	0,063	0,50
Quintozen							2,7	0,054	0,020	0,50

[1]) Blandt 332 tilskudsfoderblandinger til malkekvæg var indholdet af pesticider større end tilladt i følgende tilfælde:
14 prøver indeholdt mere HCB (hexachlorbenzen) end tilladt
1 prøve indeholdt mere α-HCH (hexachloryclohexan) end tilladt
8 prøver indeholdt mere β-HCH (hexachlorcyclohexan) end tilladt
4 prøver indeholdt mere DDT + isomerer end tilladt
1 prøve indeholdt mere aldrin + dieldrin end tilladt
Ingen af de øvrige undersøgte foderblandinger indeholdt pesticider i højere koncentration end tilladt.

indholdet var lavt i majs, soja- og solsikkeskrå samt palme- og kokoskager. Når opmærksomheden i særlig grad rettes mod pesticiderne skyldes det, at de i stort omfang udskilles i mælken.

Det fremgår af Foderstofkontrollens beretninger, at største indhold af grundstofferne kviksølv, bly, arsen og flour ikke er overskredet i kvægfoderblandinger (jvf. tabel 5.1). De seneste beretninger viser, at kontrollen har inddraget cadmium i undersøgelserne uden at finde anledning til påtale i denne forbindelse. Forekomst af de nævnte metaller i mælken er yderst sjælden.

5.3.4 Mykotoksiner

Foderstofkontrollen vedrørende svampetoksiner fokuserer på to grupper af toksiner, dels aflatoksiner i importerede oliefrøkager/skrå fra tropiske og subtropiske lande, dels ochratoksin i danskavlet byg.

Aflatoksin. Aflatoksin produceres af en række skimmelsvampe, bl.a. Aspergillus flavus. Disse har optimale vækstbetingelser i tropiske og subtropiske områder men forekommer også i tempererede zoner.

Vækst af Aspergillus flavus er iagttaget i en lang række afgrøder, og toksinet er bl.a. påvist i de fodermidler, som er vist i tabel 5.3. Aflatoksin forekommer yderst sjældent eller slet ikke i sojabønner og er kun påvist i et enkelt tilfælde i sojaskrå (Food Surveillance paper No. 4, 1980). Den begrænsede import og anvendelse af jordnødprodukter mindskede tilsyneladende risikoen for forekomst af aflatoksin i foderstoffer her i landet indtil slutningen af 70'erne. Forekomsten af aflatoksin i amerikanske bomuldsfrøprodukter har pånyt aktualiseret problemet. Det gav sig til kende ved, at 44 henholdsvis 57% af de undersøgte kvægfoderblandinger indeholdt større mængder end største tilladte indhold på 20 μg/kg i foderblandinger til malkekvæg i 1979 henholdsvis 1980. Tolerancegrænsen er 50 μg/kg i kvægfoderblandinger, som ikke er beregnet til malkekvæg.

Tabel 5.3 Oversigt over aflatoksin B_1-holdige fodermidler. (Statens Foderstofkontrol)

Fodermiddel	Bemærkninger vedr. forekomst med mere end 10 μg pr. kg
Bomuldsfrøkager/-skrå	hyppigt (se figur 5.2)
Jordnødkager/-skrå	hyppigt (importeres ikke)
Kokoskager/palmekager	mindre hyppigt
Solsikkekager	mindre hyppigt
Majs	mindre hyppigt
Andre råstoffer	herunder en prøve af sojaskrå med 5 μg pr. kg ud af 7 prøver

Resultatet af den konstaterede stigning i aflatoksinforekomsten resulterede i, at DAKOFO (Danske Korn og Foderstof Im. og Eksportørers Fællesorganisation) i januar 1981 indtrængende henstillede til branchen om at kræve klausuler ved indkøb, deklarere aflatoksinindhold ved engrosleveringer, foretage flere analyser og anvende større sikkerhedsmargin ved dosering af kontamineret materiale samt foretage en generel reducering af anvendelse af bomuldsfrøprodukter. Resultatet af denne opfordring fremgår tydeligt i figur 5.1, som viser, at der er sket et mærkbart fald i importen af stærkt aflatoksinholdige råvarer.

At aflatoksinholdigt foder kan have en yderst uheldig indflydelse på kvægets sundhed og mælkeydelse fremgår af en britisk rapport (Jones & Ewart 1979), hvor mælkeydelsen blev reduceret til 76% af det normale for pågældende besætning.

Aflatoksin kan i nogen udstrækning i henhold til amerikansk og britisk litteratur fjernes fra oliekager med syre, alkali eller oxyderende stoffer. Selv om der er flere muligheder, er valget begrænset dels på grund af eventuel forekomst af restkoncentration af behandlingsmidler, dels at behandlingen ikke må skade tilgængeligheden af essentielle næringsstoffer. Af de undersøgte stoffer synes ammoniak at være mest lovende (Rasmussen 1982).

Aflatoksin kan som nævnt være leverkræftfremkaldende. Det overføres i noget omfang til mælken, hvorfor det er af største vigtighed at undgå det i malkekvægets foder.

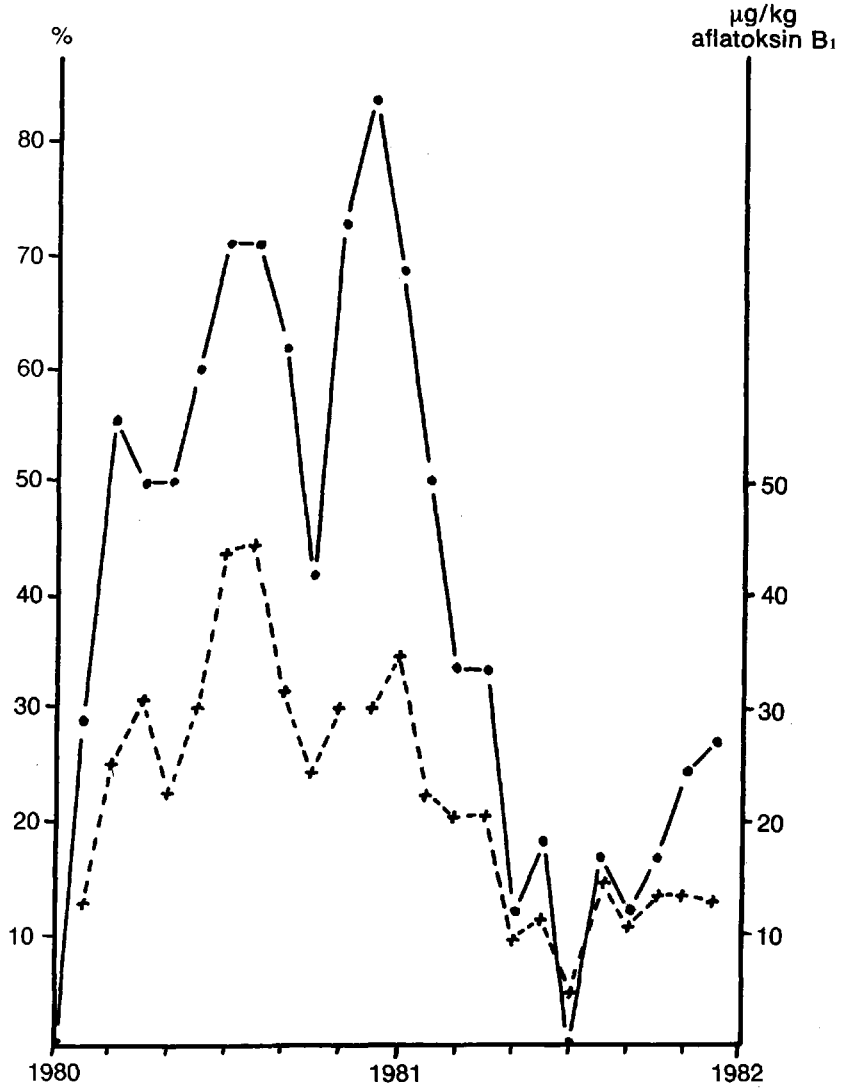
Ochratoksin m.m. Forekomst af svampetoksin i danskavlet foderkorn forårsages oftest af vækst af lagersvampe tilhørende slægterne Penisillum og Aspergillus, der bl.a. producerer ochratoksin, citrinin, zeralenon og penicillinsyre. Endvidere er der mulighed for forekomst af fusariumtoksiner og toksiner produceret af alternariasvampe.

Ochratoksin og citrinin er nyregifte. Da toksiciteten af ochratoksin er ca. dobbelt så stor som af citrinin, tillægges forekomst af citrinin en mindre væsentlig rolle. Hidtil er der ikke påvist forekomst af ochratoksin i mælk.

5.4 Forekomst af uønskede stoffer i hjemmeavlet foder

Lov om Foderstoffer (1975) omhandler ikke hjemmeavlet foder. Som følge heraf vil de virkninger på besætningens sundhed og produkternes kvalitet, herunder indhold af uønskede stoffer, som kan henføres til et tilsvarende indhold af uønsket stof i hjemmeavlet foder, være producentens ansvar.

Da skadevirkninger kan være af betydelig størrelse, er det vigtigt, at også det hjemmeavlede foder i enhver henseende er sundt.



Figur 5.1 Den gennemsnitlige variation i aflatoksinindhold i foderblandinger til malkekvæg 1980–1981 (+----+). Procent prøver med mere end 20 µg/kg aflatoksin B1 (.——.). (55. beretn. Statens Foderstofkontrol)

Ved beskrivelsen af det hjemmeavlede foders kvalitet med hensyn til sundhed og mælkens kvalitet kan der stort set benyttes samme gruppeinddeling som nævnt side 5.6.

5.4.1 Naturligt forekommende plantegifte

I henhold til årsberetningerne fra Veterinærdirektoratet er forgiftningstilfælde efter optagelse af plantegifte sjældne. Det skyldes, at de fleste plantegifte, som hovedsagelig findes i ukrudts- og prydplanter, dels skal optages i betydelige mængder, for at virkning kan påvises, dels at dyrene ved afgræsning oftest undgår at optage planterne, medmindre græstilbudet er knapt. Sandsynligheden for at optage giftstoffer i høstet og konserveret foder er derimod langt større, fordi selektionsmulighederne er ringere.

5.4.2 Fysiske og kemiske urenheder

Ved fysiske og kemiske urenheder forstås ethvert indhold af uønskede stoffer og produkter, partikler og fremmedlegemer, som foderet forurenes med under produktionsforløbet fra mark til foderbord.

Jord- og fremmedlegemer. Fysiske urenheder, som indtages med foderet, vil på forskellig vis genere fordøjelsesorganerne og i værste fald ophobe sig i lokale afsnit. De lidt større partikler ophobes fortrinsvis i netmaven (sten, søm, ståltråd o.s.v.). Spidse genstande kan trænge gennem netmave og mellemgulv og komme i berøring med og beskadige hjertesæk og hjerte. Dette kan i noget omfang afhjælpes ved at anbringe en magnet i netmaven. Jerndelene vil samles om denne magnet, hvorved gennemtrængning af netmaven hindres. De finere partikler som jord, sand og småsten passerer formaverne. De kan hobe sig op i løben og forårsage en delvis udfyldning, hvilket kan resultere i løbedrejning. Normalt vil de finere partikler passere tarmkanalen fuldstændigt.

Fordøjelighedsforsøg gennemført med stærkt forurenet frisk roetop opfodret til goldkøer viste, at fordøjeligheden af roetoppen ikke påvirkedes af forureningen (Larsen et al. 1963). På trods heraf må det pointeres, at optagelse af fysiske urenheder, som dyret vanskeligt kan slippe af med igen, er særdeles uheldig og kan medføre fordøjelsessygdomme af mere eller mindre alvorlig art. Det må påpeges, at man i videst muligt omfang tilstræber så rent et foder som muligt. Mest udsat for fysiske urenheder er rodfrugter, top- og græsmarksafgrøder høstet i fugtigt vejr. Endvidere bør der advares mod at lade stærkt sugende høstmaskiners opsamlings/skærebord passere tæt over jorden, således at opsugning af fremmedlegemer, sand og jord undgås.

Et fodermiddels indhold af jord og sand vurderes på grundlag af en askeanalyse. Viser en sådan analyse et højere indhold end det naturlige askeindhold,

der for mange grønne afgrøders vedkommende ligger på 6–9%, er afgrøden forurenet.

Kemisk forurening. Den kemiske forurening skyldes i de fleste tilfælde anvendelse af pesticider under dyrkningen. Det er formentlig sjældent, at pesticidrester forekommer i hjemmeavlet foder, men muligheden forekommer ved uhensigtsmæssig eller fejlagtig anvendelse.

Forskrifter for pesticidernes anvendelse med henblik på imødegåelse af farerne for forgiftning findes dels i lov nr. 212 af 23. maj 1979 om kemiske stoffer og produkter med tilhørende bekendtgørelse nr. 410 af 17. september 1980, dels anført på de enkelte midlers etikette. Lovgivningens forskrifter er af generel karakter, og forskrifterne på etiketterne supplerer disse. Om de enkelte bekæmpelsesmidlers anvendelse og især begrænsning i anvendelse for at undgå pesticidrester i foder og fødevarer henvises til oversigt over godkendte bekæmpelsesmidler udsendt af Miljøstyrelsen (1981).

De største forureningsfarer fremkommer ved anvendelse af insekticiderne, som sprøjtes på afgrøder især i vækstperiodens sidste del, hvor det er vigtigt at være opmærksom på sprøjtefristens overholdelse. Endvidere henledes opmærksomheden på iagttagelse af forskrifterne for anvendelse af insektmidler i stald og på foderlagre.

Anvendelse af herbicider i korn til normal modenhed frembyder normalt ingen problemer med hensyn til sprøjtefristens overholdelse, d.v.s. midlets nedbrydningsperiode. Sagen kan stille sig anderledes, hvis kornet høstes før modenhed til helsædsensilage. I disse tilfælde er det stadig høstdatoen, der gælder i forbindelse med sprøjtefrist og ikke tidspunktet for foderets anvendelse. Denne konklusion er baseret på undersøgelser med byghelsæd gennemført ved Institut for Ukrudtsbekæmpelse (Odgaard 1982). Resultaterne viser, at der under afgrødens vækst sker en stadig nedgang i herbicidindholdet men med aftagende hastighed. Derimod blev der ikke i en periode på op til 32 uger efter ensilering konstateret nogen forandring i herbicidindholdet (dichlorprop). Der kan således være nogen fare for en overførsel af pesticidrest til mælk, når et sådant pesticidholdigt parti ensilage udgør en stor del af den daglige foderration.

5.4.3 Mug- og skimmelsvampe

Følgende afsnit er i hovedtrækkene baseret på Knud Nielsens kompendium i intern veterinærmedicin (1982).

Alt høstet foder, ja endog afgrøder på rod, d.v.s. korn, græsafgrøder og rodfrugter er egnede næringsmedier for adskillige mug- og skimmelsvampe. Under forudsætning af at temperatur og fugtighed giver gunstige vækstbetingelser, kan såvel nyhøstet som lagret foder være særdeles befængt. Nogle af

svampene er toksinproducerende – andre ikke. Svampe er ikke følsomme over for de almindeligt anvendte antibiotika. Det vigtigste er derfor forebyggelsen. De fleste mug- og skimmelsvampe er anaerobe, og væksten hæmmes ved at hindre tilførsel af luft, f.eks. ved en effektiv dækning ved ensilering. Ammoniakbehandling vil dræbe en del svampe, men det er mere tvivlsomt, om sporerne dræbes, og toksinerne nedbrydes ved behandlingen.

Muggent foder kan have et lavt indhold af vitamin E, og det hører med til sygdomsproblemerne efter våde høstår, at der er en høj frekvens af muskeldegeneration både hos grise og kalve. Nogle svampe er i stand til at danne et enzym, der nedbryder B_1-vitamin. Det er navnlig kritisk for kalve og ungkreaturer, fordi det B_1-vitamin, der dannes i vommen, nedbrydes.

Ved den mikrobielle vækst forbruges foderets letfordøjelige næringsstoffer. Således konkluderede Larsen et al. (1966), at foderværdien af mugne/rådne roer var reduceret med 10% i forhold til friske roer. Årsagen synes i dette tilfælde mere at være, at de mugne/rådne roer var stærkt forurenede med sand og jord. Forsøget viste en tendens til, at køerne var længere tid om at æde mugne/rådne roer i sammenligning med friske roer. En amerikansk undersøgelse (cit. af Church et al. 1974) viste, at såvel optagelse som fordøjelighed af organisk stof var mindre i muggent end i frisk hø. Overensstemmende hermed fandt Frederiksen & Agergaard (1978) en mindre optagelse af muggent end af frisk fuldfoder hos malkekøer, og Winter (1978) fandt, at fordøjeligheden af organisk stof i muggent hø, jvf. tabel 5.4, var mindre end i udgangsmaterialet og hø konserveret med tilsætning af ammoniak.

De egentlige mug- og skimmelsvampesygdomme kan deles i tre grupper:

Tabel 5.4 Fordøjeligheden af organisk stof (får) i frisk græs og hø konserveret ved tilsætning af ammoniak. (Winter 1978)

Foder	FK org. stof	% tab af org. stof
Forsøg 2 (Ødum 1977)		
Udgangsmateriale	73,3	
1. Uden tilsætning[1])	68,1	13,0
2. Tilsætning af 1,7% NH_3	70,1	8,6
3. Tilsætning af 3,2% NH_3	76,7	6,4
Forsøg 3 (Ødum 1977)		
Udgangsmateriale	72,0	
1. Uden tilsætning[1])	69,6	10,1
2. Tilsætning af 1,8% NH_3	74,3	–0,1
3. Tilsætning af 3,4% NH_3	75,3	7,9
4. Tilsætning af 2,9% NH_3	74,2	–1,7

[1]) Det fremgår af forsøgsrapporten, at høet uden tilsætning i begge forsøg var meget muggent og støvende og faktisk total kassabelt.

Mykose, som er betegnelsen for en almen infektion i lighed med bakterier og virus og kan forårsage kastning, yver- og lungebetændelse samtidigt eller hver for sig.

Mykotoksikose, som er betegnelse for sygdomme fremkaldt af svampetoksinerne. I forbindelsen med omtalen af handelsfodermidlerne er nogle allerede nævnt, hvoraf de vigtigste er afla- og ochratoksin, og hvor aflatoksinet ikke forekommer i hjemmeavlet foder. Hvorvidt ochratoksin forekommer i grovfoder er endnu ikke klarlagt. Det bemærkes, at det endnu mangler at blive påvist, om begge de nævnte toksiner har haft skadelige virkninger på malkekøers organer. De mængder, som normalt findes i foderrationerne, må anses for at være under faregrænsen for kvæg. (Se dog bemærkningen vedrørende aflatoksin side 5.11.).

Svampeallergi. Ved gentagne indåndinger af luft med stort indhold af svampesporer kan der efterhånden udvikles overfølsomhed i luftvejene, og resultatet kan blive anfald af astmalignende natur. I det lange løb kan der opstå uhelbredelige forandringer med bindevævsindlejring i lungerne. Lidelsen har været kendt i mange år hos mennesker, hvor den går under betegnelsen »tærskerlunge« eller »farmerlunge«. Lidelsen er i de senere år også set i kvægbesætninger og viser sig ved, at en stor del af dyrene har hoste, åndenød, vægttab og dårlig ydelse i vinterhalvåret. Hovedparten af dyrene bedres i sommerhalvåret. Svampeskadet stråfoder kan indeholde flere hundrede millioner sporer pr. gram, og efter åbning af halm- eller høballer kan staldluften »støve« stærkt. Den sundhedsmæssige risiko herved bør erindres.

Det skal endelig understreges, at laboratoriemæssige undersøgelser af foder med henblik på at afgøre dets eventuelle giftighed er usikre og dyre. En simpel tælling af mængden af svampesporer pr. gram foder siger intet om foderets egnethed, idet det er arten af de pågældende svampe, der er afgørende.

Forebyggelse. Som nævnt er svampe ikke følsomme over for de almindeligst anvendte antibiotika i husdyrbruget, og vigtigst er derfor forebyggelsen. Som det fremgår af tabel 5.4 har ammoniakbehandling en gunstig konserverende virkning. Forsøg med at afgifte toksinholdigt byg med tilsætning af ammoniak (Madsen et al. 1979), natriumhydroxyd (Madsen et al. 1981) og autoklavering (Madsen et al. 1982) har vist, at alle behandlingsmetoder reducerede byggens toksinindhold men dog ikke tilstrækkeligt til, at de anførte metoder kan anbefales i praksis, og indtil sådanne metoder kendes, må det tilrådes at hindre svampeudviklingen i foderet ved en effektiv lagring umiddelbart efter høst.

Skal man anvende svampebefængt foder, kan det ske ved en opblanding med uskadeligt foder f.eks. i forholdet 1:10. Desuden må man sørge for, at de dyr, der er mest modtagelige, får det bedste foder. Det gælder i denne forbindelse kalve, højdrægtige og højtydende køer.

5.4.4 Botulisme (pølseforgiftning)

Hvis dyrevildt eller små husdyr uheldigvis opfanges af grønthøsteren, knuses og ender i grøntmassen er der mulighed for, at botulinusbaciller udvikles med toksinproduktion til følge. De fremtrædende symptomer er hjerne- og nervelammelse og respirationsparalyse.

Bacillus botulinus er en grampositiv stav, der danner sporer. For at kunne vokse kræves anaerobe forhold, som er fremherskende i god ensilage. Toksinet er en af de allergiftigste bakterietoksiner. Det kræver intensiv opvarmning for uskadeliggørelse.

Diagnosen er yderst alvorlig, idet dødeligheden er høj. Behandling er sjældent livreddende.

5.4.5 Urinstof- og nitratforgiftning

Urinstof anvendes i stigende grad som erstatning for plante- og animalsk protein i foderblandinger til drøvtyggere. Dertil kommer, at igangværende forsøg endvidere tyder på, at urinstof kan anvendes som konserveringsmiddel for tørre fodermidler som hø, halm, korn m.m. Urinstof har desuden i henhold til foreliggende resultater en oplukkende virkning på træstofrige fodermidler.

Anvendelse af urinstof og ammoniak medfører imidlertid en vis risiko, når dyrene af en eller anden årsag optager for store mængder. Giftigheden fremkommer ved, at urinstof straks forgæres i vommen til ammoniak, som hurtigt absorberes og forgifter leveren. Det er således ikke urinstoffet men derimod ammoniakken, der er giftig. Forgiftning opstår, når omdannelsen af urinstof til ammoniak er hurtigere end ammoniakudnyttelsen i den mikrobielle proteinsyntese, og når der absorberes større ammoniakmængder, end leveren kan omdanne til urinstof igen. Urinstofforgiftning forekommer hyppigst hos dyr, som ikke er tilvænnet, og hos sultne dyr, som umiddelbart efter adgang til urinstofholdigt foder æder for store mængder. Endvidere er hyppigheden større hos dyr, som samtidigt tildeles små mængder letforgærbart kulhydrat og protein. Letale niveauer varierer alt afhængig af de ovenfor nævnte faktorer og kan variere fra 40 til 80 g pr. 100 kg legemsvægt ved hurtig optagelse. Unge dyr synes mere følsomme end ældre.

Letforgærbart kulhydrat er vigtigt af hensyn til ammoniakudnyttelsen i den mikrobielle proteinsyntese i vommen. Øgede mængder af sukker og stivelse i foderet tenderer en sænkning af pH i vommen, hvorved absorptionen af ammoniak reduceres. Med hensyn til protein i foderet kan anføres, at lavt proteinindhold kan medføre en nedsættelse af leverens enzymaktivitet, der medvirker ved omdannelsen af ammoniak til urinstof.

Forebyggelse af urinstofforgiftning er mere hensigtsmæssig end behandling af forgiftningstilfælde. Forebyggelsen består dels i at sikre en tilstrækkelig god opblanding af urinstof i foderet, dels i en gradvis tilvænning til urinstofholdige

foderrationer, dels i at undgå uregelmæssig fodring og lange intervaller mellem fodringerne. Urinstoffodrede dyr må ikke være for sultne. Endvidere bør dyrene sikres en tilstrækkelig tildeling af letforgærbart kulhydrat (melasse, korn m.v.).

Generelt må det anbefales, at rationens totale indhold af ikke-protein kvælstof kun udgør 1/3 af den totale proteinforsyning. Med hensyn til mængden af letforgærbart kulhydrat foreligger der kun få data, men på grundlag af disse må det anbefales, at foderet indeholder 4 gange så meget letforgærbart kulhydrat som råprotein.

Behandling af forgiftede dyr må ske omgående. Den eneste behandling, som har vist gunstige resultater, er dosering af syre, sædvanligvis eddikesyre i vommen. Resultaterne synes at vise, at der for hver enhed urinstof (vægt eller mål) skal 2–3 enheder eddikesyre i dyret, før tetani afhjælpes. Det lavere pH, som eddikesyren forårsager i vommen, vil nedsætte absorptionen af ammoniak, og dyret kan reddes, hvis der ikke allerede er absorberet for meget ammoniak til blodbanerne.

Nitratholdige forbindelser er velkendte for deres giftighed for drøvtyggere. Større koncentrationer af nitrat kan forekomme i drikkevand fra grundvand og i planter, især de stærkt kvælstofgødskede unge planter, hvor koncentrationen i græsmarksafgrøder kan komme op på 7–8% nitrat + nitrit-N af afgrødens totale kvælstofindhold (Frederiksen et al. 1965). Akkumulationen af nitrat og andre NPN-forbindelser synes større på jorder med mangel på svovl og visse mikromineralstoffer såsom molybdæn. Lignende høje koncentrationer kan forekomme i roetoppe. I vommen reduceres nitrat til nitrit, som er det egentlige giftstof. Nitrit reduceres normalt til ammoniak i vommen under gunstige gæringsforhold, hvorimod det akkumuleres og absorberes til blodet under mindre gunstige gæringsforhold i vommen. Foruden selve nitratoptagelsen er der således en række faktorer, som øver indflydelse på nitritophobningen i vommen. Ligesom ved urinstofforgiftning vil hurtig optagelse af store mængder nitrat sammen med små mængder letforgærbart kulhydrat være kritisk. Efter tilvænning kan drøvtyggere tolerere nitratrigt foder under forudsætning af stabil fodertildeling.

Det er vanskeligt at angive tolerancegrænser. C.A.B. (1981) anfører, at subletal forgiftning er observeret ved så lave koncentrationer som 4,2 g nitrat-N pr. kg tørstof, medens køer, der åd frisk græs indeholdende 7,6 g nitrat-N var upåvirket. Det konkluderedes, at grovfoder, der indeholder 3–5 g nitrat-N pr. kg tørstof må påkalde opmærksomhed.

Forebyggelse af nitratforgiftning er ligesom ved ammoniakforgiftning at foretrække fremfor at skulle behandle forgiftningstilfælde. Behandling med methylenblåt intravenøst er effektiv, når den foretages i tide.

5.5 Tilsætningsstoffer og lægemidler

5.5.1 Handelsfodermidler

Selv om tilsætningsstoffer og lægemidler ikke henhører til problemstillingen vedrørende foderkvalitet, idet der er tale om stoffer, som ikke forekommer in natura, bør de behandles her, fordi brugen af dem frembyder lignende risici som ved anvendelsen af fodermidler, der indeholder uønskede stoffer eller besidder andre for produktionen uheldige egenskaber.

Følgende stofgrupper af tilladte tilsætningsstoffer med produktions- og sundhedsstabiliserende karakter er nævnt i Landbrugsministeriets bekendtgørelse nr. 222 af 11. maj 1981. Af bilaget til denne bekendtgørelse med de ændringer, som er anført i bekendtgørelse nr. 38 af 9. februar 1982, fremgår hvilke midler og grupper af midler, der må anvendes i malkekvægfoder.

A. Antibiotika; må kun anvendes i komælkserstatninger.
B. Stoffer med antioxyderende virkning; må anvendes.
C. Aroma- og appetitvækkende stoffer; ingen angivelse anført.
D. Coccidiostatika og andre lægemidler; må ikke anvendes.
E. Emulgatorer, stabilisatorer, fortyknings- og geleringsmidler; må anvendes i kvægfoder.
F. Farvestoffer; visse må anvendes.
G. Konserveringsmidler; visse må anvendes.
H. Vitaminer, provitaminer og lignende stoffer som er beskrevet kemisk entydigt. Alle stoffer i gruppen må anvendes, dog ikke vitamin D_2 og D_3 samtidigt.
I. Mikromineralstoffer. Følgende må anvendes i kvægfoder med max. indhold:

	Største indhold af grundstoffet ppm af fuldfoderblanding
Jern (Fe)	1250
Jod (J)	40
Kobolt (Co)	10
Kobber (Cu)	50 (svin 125)
Mangan (Mn)	250
Zink (Zn)	250
Selen (Se)	0,1

J. Vækstfremmende stoffer; må ikke anvendes.
K. Ikke proteinholdige kvælstofforbindelser. Følgende må anvendes i kvægfoder under forudsætning af deklaration*). Biuret, urea, ureafosfat og diuredioisobuta.

*) Deklaration *a*, kvælstofindhold i den/de ikke proteinholdige kvælstofforbindelser udtrykt i proteinækvivalenter. Deklaration *b*, egnet anvendelse, især angivelse af hvilke dyr foderet er bestemt for og angivelse af max. ikke proteinholdigt kvælstof i den daglige fodermængde.

Det fremgår af bekendtgørelsen og af omstående liste, at egentlige lægemidler ikke må anvendes i malkekvægfoder. Det må endvidere pointeres, at behovet p.t. er sporadisk, og sådan vil de sandsynligvis forblive i en overskuelig fremtid.

5.5.2 Anvendelse af lægemidler

Landbrugsministeriets bekendtgørelse af 25. august 1972 om forbud mod antibiotika og kemoterapeutika i kød og slagteriaffald fra husdyr samt mælk og æg og Veterinærdirektoratets cirkulære om samme emne angiver reglerne for lægemidlernes anvendelse i såvel det forebyggende som helbredende arbejde. Endvidere henvises til Landbrugsministeriets bekendtgørelse nr. 496 af 28. september 1978 om begrænsning i anvendelse af lægemidler til køer. Her hedder det bl.a.

1. Visse lægemidler må kun anvendes med Veterinærdirektoratets tilladelse.
2. Visse lægemidler må kun anvendes, såfremt behandlingen foretages af en dyrlæge.
3. Lægemidler, som er beregnet til opblanding i foder eller drikkevand eller på anden måde beregnet til indtagelse gennem munden, må ikke benyttes til injektion eller indføring i yver eller bør.
4. Er et dyr behandlet med et lægemiddel indeholdende stoffer af antiparasitær (ormemidler), beroligende, euforiserende, hormonal eller smertestillende virkning, må dyret først efter forløbet af en periode på 3 døgn efter behandlingens ophør eller efter anden af Veterinærdirektoratet fastsat periode leveres til slagtning eller til marked for slagtedyr i ind- og udland, ligesom der først efter udløbet af den fastsatte periode må leveres mælk eller anvendes til konsum.
5. Nævnte tilbageholdelsesperioder på 3 døgn kan for de enkelte lægemidler forlænges eller forkortes af Veterinærdirektoratet, således at det sikres, at uønskede rester af vedkommende lægemidler ikke forekommer i de behandlede dyr eller mælk.
6. For anvendelse af andre lægemidler end de ovenfor nævnte kan Veterinærdirektoratet påbyde tilsvarende tilbageholdelse i en nærmere fastsat periode.
7. Ved dyrlægens anvendelse, udlevering eller ordination af lægemidler, for hvilke der er fastsat tilbageholdelsesperioder, skal dyrlægen skriftligt instruere dyrets ejer (bruger) om det nævnte påbud om tilbageholdelse, ligesom han ved udlevering og ordination af sådanne lægemidler omhyggeligt skal instruere ejeren (brugeren) om lægemidlets rette opbevaring.

Lokal behandling af mælkekirtler. Efter lokal behandling af en mælkekirtel med normalt anbefalede doser skal mælken tilbageholdes i mindst 3, 4 eller 10 døgn,

og ved forøgelse af dosis forlænges tilbageholdelsestiderne. Mælken fra ubehandlede kirtler tilbageholdes i mindst ét døgn. Tilbageholdelsestiderne er anført under de enkelte præparater. Ved golddyrs behandling er de nævnte tilbageholdelsestider beregnet fra kælvningstidspunktet, hvis intet andet er anført.

Ved behandling senest 4 uger før kælvning er tilbageholdelsestiden 4 døgn efter kælvning. Sker behandlingen senere end 4 uger før kælvningen, er tilbageholdelsestiden 30 døgn efter kælvning.

Det er vigtigt af hensyn til mælkeproduktionens renomé, at disse regler overholdes. Det gælder også af hensyn til osteproduktionen, da selv små mængder antibiotika kan ødelægge osteproduktionen af den mælk, hvori det findes.

5.6 Forekomst og tolerancegrænser for uønskede stoffer i mælk

5.6.1 Protein og fedt

Fodringens indflydelse på produktionen af mælkeprotein omtales i kapitel 14. Størsteparten af mælkens kvælstofholdige forbindelser består af »mælkeprotein«, som syntetiseres i yveret, serumprotein og NPN forbindelser, som overføres fra blodet.

Mælkens protein anses normalt for at have en høj biologisk værdi, og dens sammensætning påvirkes kun svagt af foderrationens sammensætning. Af interesse i denne forbindelse er derimod indholdet af NPN forbindelser. I henhold til Kuzdzal-Savoie (1980) udgør NPN 5–6% af mælkens totale kvælstofindhold, og forbindelserne består af ca. 35% urinstof, ca. 2% creatinin, ca. 17% creatin, ca. 10% urinsyre og ca. 15% α-aminosyrer, mens resten er ukendt.

Indholdet af urinstof i mælk øges ifølge Thomas (1980) med urinstofindhold i såvel blod som råproteinindholdet i det optagne fodertørstof og medfører en variation fra 0,1 til 0,5 g urinstof pr. liter mælk. Indholdet af urinstof i mælk er endvidere påvirket af den daglige mælkeydelse, laktationsstadium, laktationsnummer og race. Tilsyneladende kan indholdet reduceres ved fodring med beskyttet protein (Kaufmann 1982).

Mælkefedtets sammensætning er bestemt af foderrationens og især foderfedtets sammensætning og omtales i kapitel 15. Med hensyn til mælkefedtets indhold af uønskede stoffer skal der kun gøres opmærksom på, at mælkefedtet kan indeholde erukasyre (C22), når der fodres med erukasyrerige rapskager.

5.6.2 Pesticider

Statens Levnedsmiddelinstitut forestår kontrollen med forekomst af pesticider. Den foretages i smør, idet pesticiderne følger mælkefedtet. Prøverne udtages af statskontrollen med mejeriprodukter, æg m.m. på landets mejerier. Hovedresultaterne er gengivet i tabel 5.5 i henhold til den senest udsendte publikation (Andersen 1981).

Det fremgår af tabel 5.5, at ingen af de undersøgte pesticiders maksimale forekomst har overskredet forslag til dansk grænseværdi. Flere af pesticiderne forekommer i så små mængder, at de ligger omkring de benyttede analysemetoders påvisningsgrænse. Resultaterne er sammen med resultaterne fra tidligere års undersøgelser vist i figur 5.2, hvoraf det fremgår, at der i årenes løb er sket et tydeligt fald for de midler, der tidligere forekom i større mængder.

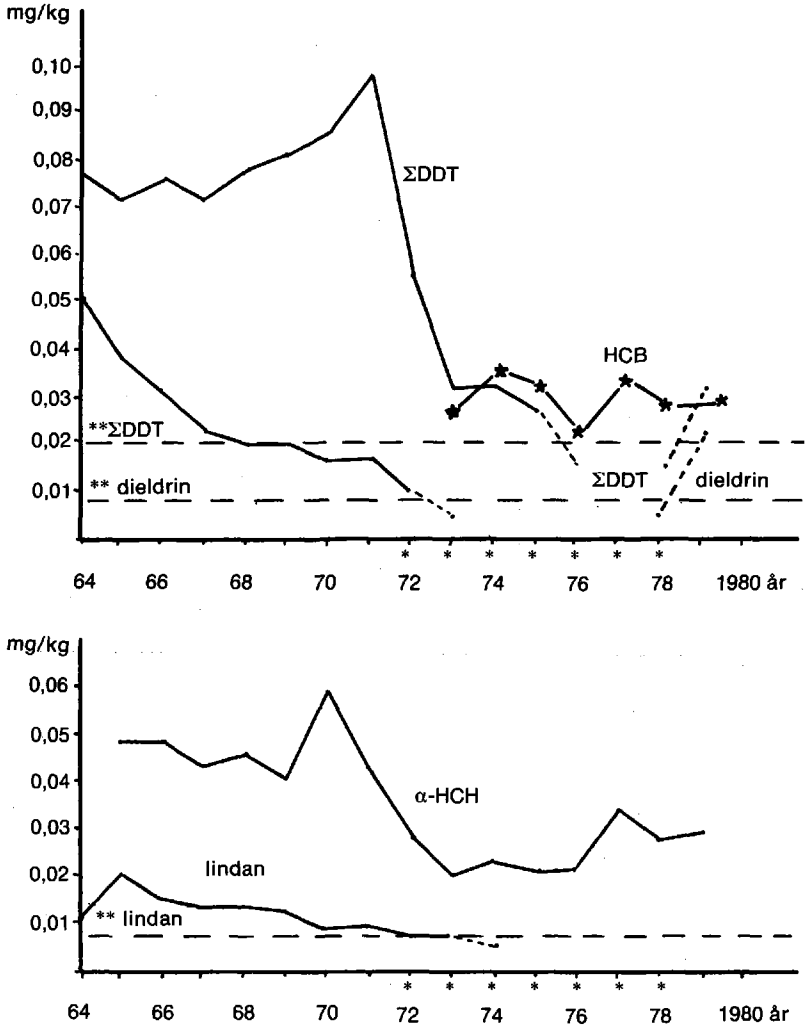
Påvisning af et større indhold af dieldrin i smør produceret på Fyn i sommeren 1979 (Orbæk 1980) kunne føres tilbage til et parti bomuldsfrøkager afskibet til denne landsdel. Episoden viser betydningen af årvågenhed og en fortløbende kontrol med forekomst af pesticider i såvel handelsfodermidler som i mælkeprodukterne.

5.6.3 Mykotoksiner

Betydningen af aflatoksiner for mejeribruget er beskrevet i en rapport fra IDF (1977). Når aflatoksin tillægges meget opmærksomhed i fodringen af malkekvæg, skyldes det, at det med sikkerhed er påvist, at toksinet overføres til mælken som vist af bl.a. Patterson et al. (1980). Denne rapport viser en oversigt over indholdet af aflatoksin M_1 i mælk fra en række EF-lande, som er gengivet i

Tabel 5.5 Pesticidforekomst og forslag til dansk grænseværdi (Statens Levnedsmiddelinstitut 1980)

Pesticid	Forekomst, mg/kg 1976/77		1977/78		Forslag til dansk grænseværdi mg/kg
	Gns.	Max.	Gns.	Max.	
DDT + DDE + DDD	<0,02	0,096	<0,02	0,056	1,0
Dieldrin	<0,01	0,029	<0,0	0,058	0,15
α-HCH	0,021	0,058	0,032	0,079	$\alpha+\beta$ 0,2
β-HCH	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	$\alpha+\beta$ 0,2
HCH	0,021	0,113	0,032	0,119	0,5
Lindan	<0,01	0,033	<0,01	0,050	0,2
PCB	0,073	0,121	0,05	0,114	(USA:2,5)



Figur 5.2 Middelindholdet af chlorholdige insekticider i smørfedt udtaget i perioden 1964–1979.

* Udtagningsperioden er fra 1. april det anførte år til 1. april det efterfølgende

** Påvisningsgrænse

(Statens Levnedsmiddelinstitut 1981)

Tabel 5.6 Udvalgte oversigter over komælkens indhold af aflatoksin M_1 fra EF-lande (Patterson et al. 1980)

Land	Antal prøver	Antal prøver med aflatoksin M_1	Variationsbredde µg/l	Reference
Belgien	68	42	0,02–0,2	Van Pee, Van Brabaut & Joostens, 1977
Vesttyskland	61	28	0,01–0,25	Kiermeier 1973
Vesttyskland	419	79	spor–0,54	Kiermeier, Weiss, Behringer, Miller & Raufft 1974
Vesttyskland	260	118[1])	0,05–0,33	Polzhofer 1977
Holland	95	74	0,09–0,05	Schuller, Verhülsdonk & Paulsch 1977
Storbritannien	278	85[1])	0,03–0,52[2])	Patterson, 1977 upubliceret

[1]) Sæsonvariation, idet højere koncentrationer forekom om vinteren, når der anvendtes større mængde kraftfoder.

[2]) 92,5% af prøverne indeholdt mindre end 0,1 µg aflatoksin mr. M_1 pr. liter.

tabel 5.6. I undersøgelsen, der er omtalt i rapporten, fandtes, at ca. 2,2% af den optagne mængde aflatoksin B_1 forekom i mælken som et hydrolyseret produkt aflatoksin M_1. I henhold til Stoloff (1980) kan der regnes med en overførselsfaktor på 0,4–3% fra foder til mælk. Den toksiske effekt af aflatoksin M_1 anses almindeligvis for at være betydeligt svagere end af aflatoksin B_1 (Newberne & Butler 1969, Wogan & Pagliaunga 1974, Wong & Hsieh 1976). Indenfor IDF diskuteres p.t. maksimale tilladte grænseværdier for indhold af aflatoksin M_1 i mælk og mælkeprodukter. I U.S.A. er en grænseværdi på 0,5 µg/kg mælk blevet foreslået (Stoloff 1980), medens forslaget fra Schweiz lyder på 0,5 µg/kg ost (Hanne Werner, personlig meddelelse). Ligesom for fodermidlerne findes der endnu ikke anvendelige metoder til destruktion/ekstraktion af aflatoksin M_1 fra mælk uden samtidigt at destruere mælken (Thiesen 1977, Rasmussen 1982).

Ochratoksin tillægges mindre betydning i fodringen af malkekøer, da det hidtil ikke er påvist i mælk. I vommen findes mikroorganismer, som sandsynligvis spalter ochratoksin A. I overensstemmelse hermed kunne Schreve et al. (1979) efter i 11 uger at have tildelt 2 køer foder med 1125 ppb ochratoksin ikke påvise ochratoksin eller stofskifteprodukter heraf i blodserum. Der blev påvist ochratoksin i nyrevæv men ikke i urin og mælk. Som følge heraf og det man på nuværende tidspunkt ved, er der intet som tyder på, at ochratoksin overføres til mælk.

5.6.4 Tunge metaller og jod

En anden betydende forureningskilde er tunge metaller, der betragtes som farlige miljøgifte, dels fordi de ikke nedbrydes i naturen, dels fordi de ofte ophobes gennem fødevarekæden med mennesket som sidste led. Imidlertid må overførsel fra kroppen og dens organer til mælken anses for ringe. Kroger (1974) anfører, at koen er et effektivt filter over for arsen, bly og kviksølv, medens det anføres, at selen og cadmium kan forekomme i mælk i noget omfang, men også for disse metaller må koen betragtes som et effektivt filter. IDF (1978) rapporterer, at forekomsten af tunge metaller i mælk fra en række forskellige lande almindeligvis er ringe varierende fra 1 μg til få mg pr. kg mælk.

Når jod nævnes i denne forbindelse, skyldes det anvendelse af jodholdige pattedypnings- og desinfektionsmidler for malkemaskine og mejeriteknisk udstyr. Dette kan ved uhensigtsmæssig anvendelse medføre forhøjet indhold af jod i mælk (IDF 1981).

5.6.5 Lægemidler

De regoristiske bestemmelser vedrørende tilladte tilsætningsstoffer og lægemidler i handelsfodermidler sammen med bestemmelserne for lægemidlernes anvendelse og tilbageholdelsespligt af mælk fra behandlede dyr gør, at forekomst af lægemidler i mælk er sjælden. Ifølge Veterinærdirektoratets seneste beretning forekom penicillin i 0,08% af de undersøgte prøver fra 130 konsummælksmejerier.

5.7 Foderets indflydelse på mælkens lugt og smag

Mælkens lugt og smag påvirkes ikke alene af fodermidlerne ved de stoffer, som overføres til mælken, men også af nærmiljøet. Disse påvirkninger er undertiden vanskelige at adskille.

5.7.1 Foder

En lang række såvel handelsfodermidler som hjemmeavlet foder indeholder stoffer, der påvirker mælkens lugt og smag i uheldig retning. Disse stoffer er overvejende knyttet til foderets protein- og/eller fedtfraktion. Således er allerede nævnt rapsprodukternes indhold af glukosinolater, som har en uheldig virkning på mælkens og smørrets smag. Dette er karakteristisk for langt de fleste fodermidler af korsblomsterfamilien og skyldes disse fodermidlers indhold af flygtige sennepsolier.

På trods af et lavt glukosinolat- og erukasyreindhold i de nye sorter har forsøg

med malkekøer udført med dobbeltlave sorter (Frederiksen & Andersen 1979, og under publicering) vist, at anvendelsen af rapskager og -skrå bør begrænses til max. 25% af kraftfoderblandingen af hensyn til afsmag i mælk og smørrets holdbarhed.

For år tilbage opstod der typiske smagsfejl, når brugen af kålroer begyndte om efteråret. Græsmarksafgrøder kan på lignende måde give afsmag, hvilket erkendes om foråret, når køerne bindes ud. Specielle lugt- og smagsstoffer kan give karakteristiske smagsfejl i mælk. Sådanne forhold gør sig i særlig grad gældende ved afgræsning på permanente, stærkt ukrudtsbefængte marker.

Foderfedtet kan spille en stor rolle for mælkekvaliteten, idet der ofte er en nær sammenhæng mellem foderfedtets fedtsyresammensætning og forekomst af afsmag i mælk og mælkeprodukter. Dette skyldes, at jo højere indholdet af umættede fedtsyrer er i mælken desto større sandsynlighed for afsmag i mælk (der pågår p.t. undersøgelser herom).

Ikke affedtede fiskeprodukter er kendte for at give en særlig afsmag i mælk og smør og endvidere bevirke en forringet holdbarhed af smør. Dette kan dels sættes i forbindelse med fiskeoliens høje indhold af umættede fedtsyrer, dels med indholdet af metylaminer. Ved anvendelse af hydrogeneret fiskefedt fandtes i nogle tilfælde, at mælkekvaliteten øgedes i sammenligning med ubehandlet fiskefedt. Smørfedtets indhold af transfedtsyrer øgedes ved anvendelse af hydrogeneret fiskefedt (Sundtøl 1974). Statens Forsøgsmejeri fraråder derfor brugen af fiskemel i større mængder i malkekøernes foder (Larsen et al. 1962, Fisher & Arentsen 1962).

5.7.2 Foder og staldmiljø

Mælkens lugt og smag kan endvidere påvirkes af foderets blotte tilstedeværelse i stalden, idet lugt- og smagsstoffer »absorberes« fra staldluft eller overføres med støv og smuds. F.eks. kan placering af ensilage i stalden bevirke, at mælken opnår en specifik ensilagesmag. Endvidere må det påpeges, at staldmiljøet som sådan kan have en effekt, hvorfor såvel en høj standard af hygiejne i stald, omkring malkning m.m. som en god sundhedstilstand i besætningen vil formindske kontaminering af mælk med lugt fra stalden, støv eller snavs (gødning). Benyttes fodermidler, som er kendte for at kunne give afsmag i mælk, bør der tages hensyn hertil ved tilrettelæggelse af fodring og malkning.

Normalt vil virkningen af uheldige smagsstoffer være mest udtalt i mælken, når der malkes 1–3 timer efter fodring. Kan der opnås 7–9 timer mellem fodring og malkning, d.v.s. fodring umiddelbart efter morgen- og aftenmalkningen; vil smagsfejlene modificeres stærkt.

Fodermidler med et højt indhold af umættede fedtsyrer kan sammen med en kraftig behandling af mælken under malkning og opbevaring bevirke, at mælken får den såkaldte tællede smag. Fejlen skyldes oxydation af umættede fedtsyrer,

hvorved der dannes aldehyder. Oxydationen fremmes eller katalyseres af kobber.

Resultaterne af et dansk forsøg (Andersen et al. 1967) er gengivet i tabel 5.7, hvoraf det fremgår, at tællet smag vurderet på mælkens TBA værdi kan modificeres ved tilskud af E-vitamin og foderrationens sammensætning.

Tilskud af E-vitamin var i stand til at formindske den tællede smag. Ved at øge mængden af kløvergræsensilage opnåedes samme virkning, hvilket formodentlig skyldes ensilagens høje indhold af E-vitamin. Samme forhold medvirker til, at tællet smag sjældent forekommer om sommeren.

Når lave fedtprocenter forekommer som følge af fodring med strukturfattigt foder, er der risiko for smagsfejl i mælken. Det skyldes, at lave fedtprocenter følges af et højt indhold af umættede fedtsyrer i mælken. I ovennævnte forsøg indgik køer, der uanset forsøgsbehandling gav mælk med tællet smag, modsat andre hvor tællet smag ikke kunne påvises. Det viser, at tilbøjeligheden til tællet smag i mælk kan være arveligt betinget.

Tabel 5.7 Virkning af tilskud af tocopherol og foderrationens sammensætning på mælkens TBA værdier (Andersen et al. 1967)

Hold	1	2	3
FE pr. ko dgl.			
Fodersukkerroer	5	5	2
Kløvergræsensilage	2	2	5
Hø	1	1	1
Tocopheroltilskud	–	+	–
Mælkens TBA værdi[1])	høj	lav	lav

[1]) Lav TBA værdi er udtryk for en lille grad af tællet smag.

5.8 Foderets og staldmiljøets indflydelse på mælkens bakteriologiske indhold

Statens Forsøgsmejeri har i en årrække sammen med Statens Husdyrbrugsforsøg foretaget en række undersøgelser over foderets og staldmiljøets indflydelse på køernes sundhed og mælkens bakterieindhold. Dette afsnit er i det store og hele bygget op på foreliggende resultater fra dette arbejde, der omfatter samtidig prøveudtagning over en årrække af foder, strøelse, gødning og mælk for på denne måde at fastlægge årsagssammenhænge. Undersøgelserne har omfattet tre staldtyper – en båsestald og to løsdriftstalde, en sengestald og en dybstrøelsesstald (Møller-Madsen & Konggaard 1982).

5.8.1 Analysernes art og resultaternes angivelse

Foder, strøelse og gødning er undersøgt for indholdet af sporer af anaerobe bakterier for at få indtryk af, i hvilket omfang ensilage og gødning bidrager til mælkens indhold af sådanne sporer, som er skadelige for osteproduktionen.

Mælkeprøverne er undersøgt for forskellige arter af bakterier, der ligesom analyseteknikken er valgt ud fra hensyn til, hvad der almindeligvis anvendes til mælkeundersøgelser, og hvilke bakteriegrupper der må anses for at have størst betydning for mælkens kvalitet (Aa. Møller-Madsen, personlig meddelelse).

Da antallet af sporedannende bakterier i mælk i de fleste tilfælde er lavt, angives antallet af disse oftest pr. liter mælk, hvorimod antallet af andre bakterier angives pr. ml. For mælk, der skal anvendes til osteproduktion, bør antallet af sporedannende bakterier være noget under 50 pr. liter.

5.8.2 Analysernes betydning

Totalt kimindhold og måske i endnu højere grad det termoresistente kimindhold må betragtes som et mål for malkehygiejnen og dermed også et mål for, i hvilket omfang malkeanlæggene er rengjorte. Tidligere var mælkens totale kimindhold også et udtryk for, hvor effektivt mælken var kølet og opbevaret, men efter at der anvendes mekanisk køling af mælken, er kimtallets betydning i så henseende reduceret væsentligt. Efter indførelsen af syre i rengøringen af malkeanlæggene, hvorved stenbelægninger undgås, er betydningen af de termoresistente kim til vurdering af mælkens hygiejniske standard blevet af mindre værdi, men anvendes dog stadig. Et mere specifikt udtryk for hygiejnen fås ved bestemmelsen af antallet af pseudomonas og aeromonas bakterier, som er bakterier, der især stammer fra miljøer karakteriseret ved lave temperaturer og vand.

Bestemmelse af koliforme bakterier samt fækale streptokokker foretages for at få et indtryk af den infektion, der primært stammer fra gødning.

I nogle lande tillægges termotolerante koli en særlig betydning, idet disse bakterier overvejende tilhører arten Escherichia coli, hvoraf flere typer kan fremkalde mave-tarmlidelser.

Mælkens indhold af sporer er især af betydning for produktion og kvalitet af ost. Specielt anses sporer af anaerobe laktatforgærende bakterier for at være årsag til senpustning af ost, i det følgende betegnet »sporer«.

5.8.3 Foderets og gødningens bakterieindhold (anaerobe sporer)

De forskellige fodermidler indeholder et meget forskelligt antal bakterier hørende til de forskellige bakteriegrupper. Det totale indhold af bakterier er således fundet stort og almindeligvis størst i ensilage, men også roefoder, der mere eller mindre er forurenet med jord, kan indeholde et meget stort antal

bakterier. Da fuldfoderblandinger er fremstillet ved blanding af de forskellige fodermidler, repræsenterer disse blandingers bakterieindhold naturligvis de hertil anvendte fodermidlers bakterieindhold.

Indholdet af koliforme bakterier er størst i roer og fuldfoder, hvorimod indholdet af sporer af anaerobe, laktatforgærende bakterier er størst i græsensilage og i de forskellige former for behandlet roefoder, men også de øvrige undersøgte fodermidler har indeholdt et betydeligt antal af sporer.

Fra litteraturen (Lind 1951 og 1953, Rodenkirchen 1938) er det kendt, at indholdet af sporer i køernes foder påvirker antallet af sporer i gødning og derigennem også antallet af disse i mælken. På denne baggrund er der foretaget en bestemmelse af de samme arter af sporer i gødning som ensilage.

Resultaterne af gødningsundersøgelserne for årene 1974–1977, hvor køerne blev fodret på stald hele året, viser, at der i alle årene og for alle staldtyper har været en betydelig forskel på gødningens indhold af de forskellige sporer i sommer- og vinterperioderne. Således er der altid fundet det laveste indhold af sporer i gødningen i sommerperioderne, hvilket kan føres tilbage til, at en del af foderet om sommeren bestod af frisk høstet græs. Endvidere fandtes, at den anvendte ensilage som regel havde det laveste sporeindhold i sommerperioderne.

Undersøgelsen af ensilageprøver udtaget hos forskellige mælkeproducenter i årene 1966–1977 har vist, at ensilagen i praksis stort set altid indeholder smørsyre i varierende mængder som udtryk for tilstedeværelsen af anaerobe sporedannende smørsyrebakterier.

I undersøgelserne på Statens Forsøgsgårde faldt antallet af sporer i mælken drastisk ved udbinding, når fodring med ensilage ophørte, og steg igen i efteråret ved indbinding, når ensilagefodringen blev genoptaget. Den samme sæsonvariation noteredes ikke i de år, dyrene blev fodret med ensilage hele året. Der konstateredes et højt hygiejneniveau såvel i stald som omkring malkning, og der kunne ikke påvises forskelle mellem de tre staldtyper.

I denne forbindelse henvises endvidere til de hidtil opnåede resultater vedrørende strøelsestypens betydning for malkekøernes sundhed, renhed og den producerede mælks bakteriologiske egenskaber (Konggaard et al. 1982). I rapporten, der omtaler en sammenligning mellem halm og savsmuld som strøelse og gummimåtter som lejeunderlag, hedder det, at »for forbrugerne af mælkeprodukter vil anvendelse af halm som strøelse til malkekøer på grund af malke- og mælkehygiejne og på grund af forventet bedre yversundhed betyde produkter af bedre kvalitet.« Endvidere siger rapporten, at det er af væsentlig betydning, at køernes trivsel og velfærd på grund af det mere kovenlige bundmiljø forbedres.

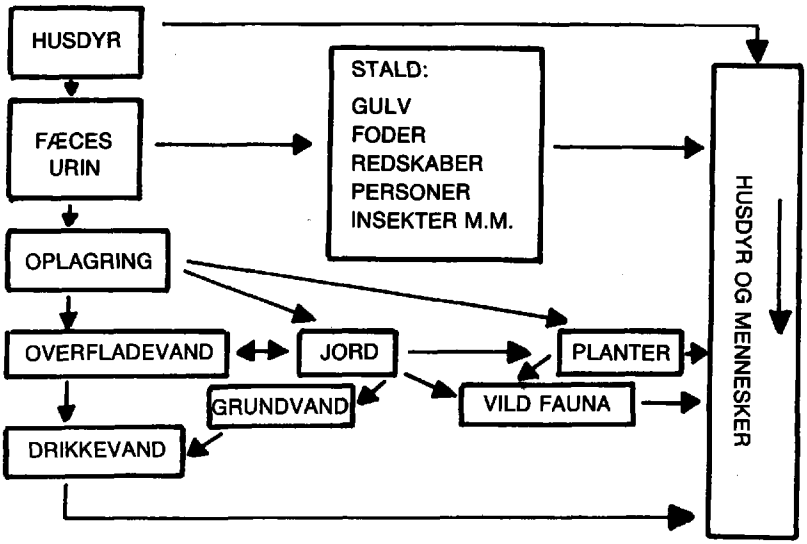
Sporerne dræbes ikke ved pasteurisering. Eneste hidtil anvendte middel mod ostepustning er tilsætning af nitrat. På grund af diskussionen om nitratets egenskaber, herunder at det eventuelt kan forårsage dannelse af nitrosaminer

og have en hæmmende virkning på ostemodning, ønskes nitratindholdet i oste reduceret. Undersøgelserne i Vesttyskland og her til lands antyder, at ægenzymet lysozym kan være et muligt alternativt middel men giver tilsyneladende ikke samme sikre virkning som nitrat. Forbedret stald- og malkningshygiejne sammen med anvendelse af moderne bakterierensning af mælken (bactofugering, bakteriefiltrering) giver større forhåbninger om i fremtiden at undgå ostepustning uden anvendelse af salpetertilsætning til ostemælken.

5.9 Smitterisiko via foder ved anvendelse af gylle

Brugen af gylle har øget de sundhedsmæssige risici i forbindelse med håndtering og spredning af husdyrgødning. Under anaerobe forhold i flydende gødning har de fleste smitstoffer en længere overlevelsestid, end tilfældet er i strøelsesrig, fast gødning, som er kendetegnet ved aerobe, stærkt varmeproducerende mikrobielle omsætninger.

I figur 5.3 vises mulige smitteveje af smitstoffer, der udskilles af husdyr.



Figur 5.3 Spredningsveje for smitstoffer, der udskilles af husdyr
(Larsen 1980)

5.9.1 Smitstoffers overleven

De fleste animale og humane smitstoffer er parasitære, hvilket indebærer, at de enten udelukkende eller overvejende formerer sig i værtsorganisme. Uden for denne vil de derimod være i miljøfremmede omgivelser og vil gå til grunde i løbet af kortere eller længere tid. Drabsforløbet i en population vil tilnærmelsesvis være eksponentielt, d.v.s. at den procentdel af mikroorganismer, som dræbes pr. tidsenhed, er konstant gennem hele tidsforløbet, og hastigheden vil være afhængig af en række faktorer.

Overlevelsestiden for patogene bakterier (Larsen 1980), virus (Lund 1980) og løbetarmparasitter (Nansen 1980) er ifølge foreliggende undersøgelser væsentligt længere i gylle end i strøelsesrig staldgødning, hvorfor gylleforurening af miljø og foder i videst muligt omfang må undgås. Overlevelsestiden formindskes betydeligt ved udluftning og biogasfremstilling.

5.9.2 Risikovurdering

Når det gælder risikovurdering i forbindelse med håndtering og spredning af gylle, er det imidlertid ikke alene opståen af sygdom, der er af betydning. Den største interesse knytter sig muligvis til etablering og vedligeholdelse af skjulte (subkliniske) infektioner blandt dyr, der således optræder som sunde smittebærere, og blandt hvilke der kun undtagelsesvis iagttages sygdomstilfælde.

5.9.3 Forebyggelse af smitteoverførsel

Ovennævnte forfattere og Foldager et al. (1981) angiver på basis af egne og andres resultater følgende forholdsregler, der sigter mod at nedbringe smitterisikoen fra gylle:

»Hvor det overhovedet er praktisk muligt, må man undlade enhver form for gylleudbringning på arealer, der anvendes til afgræsning eller til opfodring af frisk græs på stald. Hvis imidlertid lagerkapaciteten er for lille, eller særlig behandling af gyllen ikke er mulig, kan det blive nødvendigt at udbringe gylle på græs. Den eneste fremgangsmåde, man i dag tør anbefale i denne situation, vil bestå i gyllespredning om efteråret eller vinteren med efterfølgende slæt til hø eller ensilage næste forår og forsommer – for først efter midten af juli at anvende arealet til afgræsning og da helst med ældre dyr.

Ved lagring af gylle i tanke mindskes smitten til et acceptabelt minimum. Det kræver imidlertid to tanke, således at man kan sikre en lagringstid uden ny tilførsel af gylle – om vinteren i 4–5 måneder og om sommeren i mindst 2 måneder. En kraftig luftgennembobling af tanken i en uge nedsætter smitten væsentligt, ligesom tilførsel af kalk kan fremskynde drabet af smitstof. De to sidstnævnte procedurer har endnu kun fundet begrænset anvendelse, bl.a. på grund af tekniske vanskeligheder.

Den ovenfor angivne vejledning vedrørende gylle svarer i det store og hele til de retningslinier, som i 1977 blev fremsat af en arbejdsgruppe under CEC (arbejdsgruppe under EF).«

5.9.4 Giftige luftarter i gylle

Mikrofloraen i anaerobt lagret gylle producerer 20–30 forskellige luftarter, hvoraf flere er ildelugtende, og nogle er toksiske. Sidstnævnte gælder ammoniak og kuldioxyd, men det er først og fremmest svovlbrinte, som frembyder forgiftningsfare ved gyllehåndtering. Svovlbrinte, der er tungere end luft, kan opløses i vand og dermed i gylle. I forbindelse med omrøring eller ompumpning af gylle kan der frigøres store mængder svovlbrinte, hvad flere akutte forgiftningstilfælde med dødelig udgang blandt husdyr og mennesker har vist.

Der er i dag udarbejdet anvisninger vedrørende de driftsmæssige sikkerhedshensyn i forbindelse med gyllehåndtering, og der kan bl.a. henvises til 1) Gylleanlæg. Anvisninger om sikkerhedsforanstaltninger (Direktoratet for Arbejdstilsynet 1978) og 2) Gylletanke. Beskyttelsesforanstaltninger ved arbejde med gylleanlæg (Sams 1979).

5.10 Fodring med frossent eller underafkølet foder

Fodring med frossent eller underafkølet foder har i praksis vist sig at kunne fremkalde diarré. Årsagssammenhængen er ikke afklaret, men det formodes at skyldes en afkøling af vomindholdet, som virker akut hæmmende på den mikrobielle aktivitet.

Temperaturmålinger i vommen hos to vomfistulerede køer på Trollesminde (Frederiksen 1982) viste, at temperaturen faldt fra 38 til 33° C, når 15 kg roer med en temperatur på –3° C fortæredes i løbet af 10 minutter. Blev roerne fortæret i løbet af 25 minutter, faldt temperaturen til 35° C. Efter en halv time var temperaturen hos begge køer 35° C, og to timer efter fodring var vomtemperaturen igen normal, 38° C. Sådanne temperaturudsving vil utvivlsomt kunne forstyrre vomgæringen og derved medvirke til fordøjelsesforstyrrelser og diarré.

Såfremt foderet indeholder store mængder letopløselige kulhydrater, som det er tilfældet ved fodring med store mængder roer, er det muligt, at kulhydraterne passerer uomsat til tyktarmen og der forårsage en hurtig forgæring med diarré til følge. Første kalvs køer er tilsyneladende mest følsomme over for fodring med frossent foder.

Med hensyn til indflydelsen af drikkevandets temperatur på foderoptagelsen henvises til kapitel 6.

5.11 Afprøvning af nye fodermidlers egnethed som kvægfoder

I indledningen til dette kapitel blev der rejst fire spørgsmål, som bør vurderes/besvares i en fyldestgørende beskrivelse af et fodermiddels egnethed som kvægfoder. Generelle retningslinier for afprøvning af nye fodermidler er foreslået af en arbejdsgruppe under Landbrugets Samråd for Forskning og Forsøg (Landbrugets Samråd 1977). Disses anvendelse er væsentlig, idet der det sidste årti har været bestræbelser på at øge anvendelse af affalds- og biprodukter fra såvel landbrug som industri i kvægfodringen – en udvikling som er anerkendt verden over som en nødvendighed.

Som det fremgår af såvel kapitel 3 og 4 som dette kapitel, er en detaljeret analyse og afprøvning særdeles krævende og kan næppe gennemføres for hver enkelt foreliggende produkt. Det er sandsynligvis heller ikke nødvendigt, når udelukkelsesmetoden anvendes, som beskrevet nedenfor.

1. Grundig beskrivelse af produktets oprindelse og de processer, der har bragt produktet i den foreliggende form. Det skal især fremgå af denne beskrivelse, hvilke kemiske stoffer produktet har været i berøring eller behandlet med for at vurdere dets indhold af eventuelle uønskede stoffer.
2. På grund af en sådan beskrivelse tages bestemmelse om, hvilke kemiske analyser produktet skal underkastes for at beskrive renhedsgrad, næringsstofindhold og anvendelsesmuligheder.
3. Viser det sig herigennem, at produktet har en aktuel anvendelsesmulighed som kvægfoder, gennemføres biologiske forsøg, såsom fordøjelighedsforsøg og optagelsesundersøgelser – ellers kasseres produktet som kvægfoder.
4. Viser det sig, at produktet kan fordøjes, at dyrene vil fortære foderet i betydelige mængder, og der ikke er nogen sundhedsmæssig fare forbundet med dets anvendelse, kan der foretages egentlige prøvefodringer og produktionsforsøg for at fastlægge produktets ernæringsmæssige værdi som kvægfoder samt undersøgelser af dets virkning på kød- og mælkekvalitet.

Når sådanne prøver er foretaget, kan handelsfodermidler optages med et nummer i cirkulæret fra Statens Foderstofkontrol vedrørende beregning af handelsfodermidlernes energetiske værdi med en bekendtgørelse fra Landbrugsministeriet.

5.12 Sammendrag og konklusion

I henhold til dansk foderstoflov er det sælgeren, som er ansvarlig for, om de til mælkeproducenten solgte foderpartier kan leve op til de deklarerede krav med hensyn til indhold af energi og næringsstoffer. Endvidere påhviler det sælgeren at sørge for, at indholdet af uønskede stoffer ikke overskrider de

tilladte grænseværdier, og at foderet iøvrigt er sundt. Hjemmeavlet foder anvendes på kvægbrugerens eget ansvar.

Det fremgår af kapitlet, at anvendelse af et sundt og godt foder i et godt og hygiejnisk rent staldmiljø vil nedbringe sygdomsfrekvensen i besætningen samt sikre en god mælkekvalitet, d.v.s. mælk med et lavt indhold af uønskede stoffer, god lugt og smag samt gode mejeritekniske brugsegenskaber.

Kapitlet definerer begrebet sundhed i kvægbesætningen i bredeste betydning (se side 5.3) og angiver de forholdsregler, der bør iagttages, når abnormaliteter opstår.

Fodermidlernes kvalitet, d.v.s. egnethed som kvægfoder set fra et sundheds- og mælkekvalitetsmæssigt synspunkt, er diskuteret på grundlag af dets indhold af uønskede stoffer, hvilket skyldes, at der er fastsat maksimumsgrænser for mælkens og mælkeprodukternes indhold af en lang række uønskede stoffer. For handelsfodermidlernes vedkommende er det især de tre grupper af uønskede stoffer, opmærksomheden rettes mod: 1) Pesticidrester, især chlorinerede insekticider, 2) afla- og ochratoksin og 3) botaniske urenheder samt fodermidler med et naturligt indhold af uønskede stoffer.

Det fremgår af figur 5.1, at såvel det gennemsnitlige indhold af aflatoksin B_1 som andelen af prøver, der har et højere indhold end tilladt (20 μg/kg foder), er stærkt aftagende, efter at kontrolforanstaltningerne satte ind med en mindre import af mistænkte partier til følge. Samme tendens fremgår af figur 5.2, der viser smørfedtets indhold af chlorholdige pesticidrester. Da man i slutningen af 60'erne blev opmærksom på det høje indhold og indførte effektive kontrolforanstaltninger, reduceredes indholdet af uønskede stoffer betydeligt. Episoden på Fyn i 1979, hvor der påvistes et større indhold af dieldrin i smør, viser betydningen af årvågenhed og fortløbende kontrol.

Hvad mykotoksinerne angår, må det påpeges, at med vor nuværende viden er der intet, der tyder på, at ochratoksin overføres til mælk. Derimod er det med sikkerhed påvist, at aflatoksin kan overføres til mælk. Opmærksomheden er i denne forbindelse fokuseret på bomuldsfrøkager og -skrå, fordi der i de senere år er påvist høje indhold af aflatoksin (jvf. tabel 5.3).

Det må påpeges, at med hensyn til de her nævnte uønskede stoffer, er kontrolinstitutionerne særdeles effektive, idet forekomst hurtigt påvises med praktisk konsekvens til følge. Mælkeproducenterne kan derfor tage udgangspunkt i, at handelsfoderblandingerne er sunde og gode. Med hensyn til fedtkildernes betydning for mælkeproduktion og -kvalitet henvises til kapitel 15.

For så vidt angår hjemmeavlet foder, er forekomst af uønsket stof koncentreret om muggent og fordærvet foder, der kan fremkalde mykose og mykotoksikose, hvor sidstnævnte sandsynligvis er af mindre betydning for malkekvæget. Det kan bemærkes, at ochratoksin endnu ikke er påvist i hjemmeavlet grovfoder. Det må anbefales, at muggent foder i videst muligt omfang ikke anvendes til malkekøer for at mindske hyppigheden af abnormalitetsforekomster.

Selv om anvendelse af lægemidler og tilsætningsstoffer ikke egentlig vedrører emnet, er det medtaget her for at gøre opmærksom på faren for forekomst af restkoncentrationer i mælk.

Forekomst af uønskede lugt- og smagsstoffer i fodermidler, som overføres til mælken, er mangeartede. Af de naturligt forekommende stoffer af større betydning tænkes i første række på korsblomstrede planter. Det må tilrådes kun at anvende så små mængder, at afsmag i mælken undgås.

Mælkens bakteriologiske tilstand påvirkes af såvel foder som staldmiljø. Opmærksomheden henledes især på de sporedannede bakterier, og især når mælken skal anvendes til osteproduktion. For at reducere mælkens bakterie- og sporeindhold anbefales en høj stald- og malkehygiejne.

Af kapitlets forskellige aspekter fremgår, at anvendelse af sundt foder og god staldhygiejne er en forudsætning for produktion af fejlfri mælk i bredeste betydning.

5.13 Litteratur

Andersen, H. Refsgaard, Klausen, S. Agergaard, E. & Larsen, J. Brolund, 1967. Tællet smag i mælk. Landøkonomisk Forsøgslabortaorium, årbog, København, 469–473.

Andersen, K. S. 1981. Pesticidrester i danske levnedsmidler 1978–79. Publikation nr. 54, Miljøministeriet, Statens Levnedsmiddelinstitut, 75 pp.

C.A.B. 1981. The nutrient requirements of ruminant livestock. Commenwealth Agric. Bureau, London, 168–169.

Church, D. C., Smith, G. E., Fontenot, J. P. & Ralston, A. T. 1974. Digestive physiology and nutrition of ruminants. Cht. 21, Toxic minerals and toxic plants, vol. *2*, 505–521, Oregon, U.S.A.

Direktoratet for arbejdstilsynet, 1978. Gylleanlæg. Anvisninger om sikkerhedsforanstaltninger.

Eskholm, T. 1980. Landbrugets økologi – et redskab i forureningsbekæmpelsen. Landbrugets Informationskontor, 91 pp.

Fisker, A. N. & Arentsen, A. 1962. Fodringsforsøg med sildemel. 138. beretn. fra Statens Forsøgsmejeri.

Food Surveilance Paper No. 4, 1980. Survey of mycotoxins in the United Kingdom. Min. of Agri., Fish. and Food, London, ISBN 0112411746. 36 pp.

Foldager, J., Sejersen, K., Larsen, J. Brolund, Nansen, P., Jørgensen, R. J., Hansen, J. W. & Henriksen, Sv. Aa. 1981. Bekæmpelse af infektion med løbetarmorm hos kalve og kvier på græs. 514. beretn. fra Statens Husdyrbrugsforsøg, København. 325 pp.

Frederiksen, J. Højland, 1982. Virkning af fodring med frosne roer på temperatur i vommen. Ikke publiceret.

Frederiksen, J. Højland & Agergaard, E. 1978. Korttidslagring af fuldfoder til malkekvæg. Medd. 234 fra Statens Husdyrbrugsforsøg, København.

Frederiksen, J. Højland & Andersen, P. E. 1979. Erglu-rapsekspeller til malkekøer. Medd. 280 fra Statens Husdyrbrugsforsøg, København.

Frederiksen, J. H., Weidner, K. & Eggum, B. 1965. Undersøgelse af nogle græssers fordøjelighed og indhold af protein og mineralstoffer. Landøkonomisk Forsøgslaboratorium, København, årbog, 461–465.

I.D.F. 1977. Significance of aflatoxins in the dairy industry. Int. Dairy Federation. Ann. Bull. document No. *98,* 33 pp.

I.D.F. 1978. Metal contaminants in milk and milk products. Int. Dairy Federation. Bull Document No. *105,* 40 pp.

I.D.F. 1981. Iodide in milk and milk products. Int. Dairy Federation, A-Doc. *62,* 9 pp.

Ingalls, J. R. & Seale, M. E. 1971. Effect of continuous feeding rapeseedmeal on growth of dairy calves and subsequent first lactation yield. Can. J. Anim. Sci. *51,* 681–686.

Jones, E. G. S. & Ewart, J. M. 1979. Effects on milk production asscociated with consumption of decorticated extracted groundnut meal contaminated with aflatoxin. Veterinary Record *105,* 492–493.

Kaufmann, W. 1982. Variation in der Zusammensetzung des Rohstoffes Milch unter besonderer Berücksichtigung des Harnstoffgehaltes. Milchwissenschaft *37,* 6–8.

Konggaard, S. P., Keller, P., Jørgensen, M. & Møller-Madsen, Aa. 1982. Halmstrøelsens indflydelse på staldmiljø, malkekøernes sundhed og renhed, arbejdsforbrug og den producerede mælks bakteriologiske egenskaber. Rapport vedr. halmforskning 80–84.

Kroger, K. 1974. General environmental contaminants occurring in milk. In: Lactation. A comprehensive treatise. Academic Press Inc. chapter *3,* 135–157.

Kuzdzal-Savoie, S., Manson, W. & Moore, J. H. 1980. The constituents of cows' milk. In Int. Dairy Federation Bull. Document No. *125,* capt. 4, 4–13.

Landbrugets Samråd for Forskning og Forsøg 1977. Den fremtidige foderforsyning til kvæg, svin og fjerkræ. København. 43 pp.

Landbrugsministeriets bekendtgørelse nr. 395 af 25. august 1972. Bekendtgørelse om forbud mod antibiotika og kemoterapeutika i kød og slagteaffald fra husdyr samt i mælk og æg. 3 pp.

Landbrugsministeriets bekendtgørelse nr. 684 af 30. december 1975. Bekendtgørelse om største indhold af uønskede stoffer og produkter i foderstoffer, 6 pp.

Landbrugsministeriets bekendtgørelse nr. 183 af 30. marts 1976. Bekendtgørelse om ændring af bekendtgørelse om største indhold af uønskede stoffer i produkter og foderstoffer, 1 pp.

Landbrugsministeriets bekendtgørelse nr. 94 af 11. marts 1977. Bekendtgørelse om ændring af bekendtgørelse om største indhold af uønskede stoffer i produkter og foderstoffer, 1 pp.

Landbrugsministeriets bekendtgørelse nr. 496 af 28. september 1978. Bekendtgørelse om begrænsning i anvendelse af lægemidler til køer. 4 pp.

Landbrugsministeriets bekendtgørelse nr. 352 af 18. juli 1979. Bekendtgørelse om ændring af bekendtgørelse om største indhold af uønskede stoffer og produkter i foderstoffer, 2 pp.

Landbrugsministeriets bekendtgørelse nr. 222 af 11. maj 1981. Bekendtgørelse om tilsætningsstoffer til foderstoffer, 25 pp.

Landbrugsministeriets bekendtgørelse nr. 38 af 9. februar 1982. Bekendtgørelse om ændring af bekendtgørelse om tilsætningsstoffer til foderstoffer, 10 pp.

Larsen, H. Errebo, 1980. Sundhedsfaren ved brug af gylle. Risiko for bakterielle sygdomme samt forgiftning hos husdyr og mennesker som følge af anvendelse af flydende husdyrgødning. Ugeskr. f. jordbrug *125*, 43–47.

Larsen, J. Brolund, Jensen, A. S. & Frederiksen, J. Højland, 1963. Fordøjelighedsforsøg. B. Grovfoder. Landøkonomisk Forsøgslaboratorium, København, årbog 129–130.

Larsen, J. Brolund, Klausen, S. & Svensgaard, C. 1962. Forskellig mængde sildemel. Landøkonomisk Forsøgslaboratorium, København, årbog 41–44.

Larsen, J. Brolund, Klausen, S., Agergaard, E. & Andersen, H. Refsgaard 1966. Mugne roer. Landøkonomisk Forsøgslaboratorium, København, årbog, 299–301.

Larsen, P. 1979. Årsberetning fra Veterinærdirektoratet for året 1979. 52 pp.

Lind, C. 1951. Bakteriologiske undersøgelser af ensilage og gødning samt indhold af smørsyrebakterier i mælk. 65. beretn. fra Statens Forsøgsmejeri.

Lind, C. 1953. Undersøgelser af ensilage- og gødningsprøver fra ensilagefodrede køer. 78. beretn. fra Statens Forsøgsmejeri.

Lindell, L. 1976. Rapeseed meal in rations for dairy cows. 2. Comparison of two levels of rapeseed meal. Swedish J. Agric. Res. *6*, 65–71.

Lindell, L. & Knutson, P. G. 1976. Rapeseed meal in ration for dairy cows. 1. Comparison of three levels of rapeseed meal. Swedish J. Agric. Res. *6*, 55–63.

Lov om foderstoffer nr. 340 af 26. juni 1975.

Lov om kemiske stoffer og produkter nr. 212 af 23. maj 1979.

Lund, E. 1980. Overlevelse af virus i gylle under aerobe og anaerobe forhold. Ugeskr. f. Jordbrug *125*, 47–49.

Madsen, A., Mortensen, H. P., Hald, B., Elling, F. & Winter, P. 1979. Ammoniakbehandling af ochratoksinholdig byg til slagtesvin. Medd. 296 fra Statens Husdyrbrugsforsøg, København.

Madsen, A., Mortensen, H. P., Hald, B. & Elling, F. 1981. Afgiftning af ochratoksinholdig byg til slagtesvin. Medd. 362 fra Statens Husdyrbrugsforsøg, København.

Madsen, A., Mortensen, H. P., Hals, B. & Elling, F. 1982. Autoklavering af ochratoksinholdig byg til slagtesvin. Medd. 403 fra Statens Husdyrbrugsforsøg, København.

Miljøministeriet 1980. Bekendtgørelse om bekæmpelsesmidler. Bekendtgørelse nr. 410 af 17. september 1980.

Miljøstyrelsen 1981. Oversigt over godkendte bekæmpelsesmidler.

Møller-Madsen, Aa. & Konggaard, S. P. 1982. Fællesberetning fra Statens Forsøgsmejeri og Statens Husdyrbrugsforsøg. Under udarbejdelse.

Nansen, P. 1980. Gyllespredning på græsmarker. De parasitologiske konsekvenser. Ugeskr. f. Jordbrug *125*, 49–51.

Newberne, P. M. & Butler, H. W. 1969. Acute and chronic effects of aflatoxin on the lever of domestic and laboratory animals. A review. Cancer Res. *29*, 236–250.

Nielsen, K. 1982. Kompendium i intern veterinærmedicin. (I tryk).

Odgaard, P. 1982. Indhold af pesticidrester i grønt materiale og ensilage af helsæd, hvori ukrudtsbemælpelse er foretaget. (Personlig meddelelse).

Orbæk, K. 1980. Rapport over de analytisk kemiske undersøgelser, som er udført i forbindelse med dieldrinforurening af mejeriprodukter fra Fyn og Langeland 1979.

Patterson, D. S. P., Glancy, E. M. & Roberts, B. A. 1980. The »carry over« of aflatoxin M_1 into the milk of cows fed rations containing a low concentration of aflatoxin B_1. Fd. Cosmet. Toxicol. *18*, 35–37.

Rasmussen, V. 1982. Aflatoksin – afgiftning af oliekager. Ugeskr. f. Jordbrug *127*, 555–560.

Rodenkirchen, J. 1938. Zur Mykologie des Tilsiterkäses. 5. Mitteilung über die Verkäsbarkeit von Silage Milch. Milchw. Forsch. *19*, 23.

Sams, T. 1979. Gylletanke. Beskyttelsesforanstaltninger ved arbejde med gylleanlæg. Arbejdsmiljøfondet.

Shreeve, B. J., Patterson, D. S. P. & Roberts, B. A. 1979. The »carry over« of aflatoxin, ochratoxin and zearalenone from naturally contaminated feed to tissues, urine and milk of dairy cows. Fd. Cosmet. Toxicol. *17*, 151–152.

Shotwell, O. L., Goulden, M. L. & Hesseltine, C. W. 1976. Aflatoxin M_1 occurrence in freshly harvested and stored corn. J. Agric. and Food Chem. *24*, 683–684.

Statens Foderstofkontrol 1980. 53. beretning.

Statens Foderstofkontrol 1981. 54. beretning.

Statens Foderstofkontrol 1982. 55. beretning.

Stoloff, L. 1980. Aflatoxin M in perspective. J. Food Protection *43*, 226–230.

Sundtøl, F. 1974. Hydrogenated marine fat as feed supplement. Norges Universitet rapport nr. *162*, 1–49.

Sørensen, M. & Lykkeaa, J. 1977. Forskellige proteinkilder til kalve og ungtyre. I. Bomuldsfrøkager og rapsskrå til småkalve. Medd. 158 fra Statens Husdyrbrugsforsøg, København.

Theisen, J. 1977. Detoxification of aflatoxin in groundnut meal. Anim. Feed Sci. and Tech. *2*, 67–75.

Thomas, P. C. 1980. Influence of nutrition on the yield and content of protein in milk. Dietary protein and energy supply. In Int. Dairy Federation Bull. Document *125* capt. 13, 142–151.

Van der Val, P., 1976. Nutritional and toxicological evaluation of novel feed. In Food from Waste. App. Sci. Publ. London, 256–263.

Winther, P. 1978. Anvendelse af ammoniak som høkonserveringsmiddel. Medd. nr. 1440 fra Statens Planteavlsforsøg.

Wogan, G. N. & Paglialunda, S. 1974. Carcinogenicity of synthetic aflatoxin M_1 in rats. Food Cosmet. Toxicol. *12*, 381–384.

Wong, J. J. & Hsieh, D. P. H. 1976. Mutagenicity of aflatoxins related to their metabilism and carcinogenic potential. Proc. Natl. Acad. Sci. USA *73*, 2241–2244.

Østergaard, V. 1980. Kvægsygdommes økonomiske betydning. Ugeskr. f. Jordbrug *125*, *23*, 823–828.

6. Foderoptagelsens regulering

Jørgen Madsen

		Side
6.1	**Indledning**	6.1
6.2	**Foderoptagelsens overordnede regulering**	6.2
6.3	**Fysisk regulering**	6.3
	6.3.1 Vommens rumfang	6.3
	6.3.2 Fordøjelseshastighed	6.5
	6.3.3 Transport af ufordøjede foderpartikler	6.7
6.4	**Stofskifteregulering – langtid**	6.7
6.5	**Stofskifteregulering – korttid**	6.8
	6.5.1 Hormoner	6.8
	6.5.2 Næringsstoffer	6.9
6.6	**Andre forhold – korttid**	6.11
	6.6.1 Osmotisk tryk	6.11
	6.6.2 Smag	6.12
	6.6.3 Temperatur	6.13
6.7	**Foderoptagelsens regulering igennem drægtighedslaktationscyklus**	6.14
6.8	**Sammendrag og konklusion**	6.16
6.9	**Litteratur**	6.17

6.1 Indledning

Foderoptagelsesevnen, specielt først i laktationen, er en væsentlig begrænsende faktor for køers mælkeproduktion. Tillige er en større evne til optagelse af mindre koncentreret foder af stor værdi for at kunne udnytte dette ofte billigere foder.

Problematikken omkring foderoptagelsens regulering har desuden fået øget aktualitet i trit med, at flere og flere anvender fodringsprincipper, hvor et eller flere foderemner tildeles efter ædelyst. Kendskab til foderoptagelsens regulering er herved nødvendig for at kunne styre fodringen og hindre lav mælkeydelse og fodereffektivitet.

Filosofien bag malkekøernes fodring er også drejet mere i retning af, at mælkeydelsen er bestemt af køernes foderoptagelse i modsætning til grundlaget for normfodring, der jo er, at foderet tildeles i en mængde, der dækker behovet til den aktuelle mælkeproduktion koen præsterer.

Den kvantitative foderoptagelse kan beskrives af 1. antal foderoptagelsesperioder, 2. foderoptagelsesperiodernes længde og 3. ædehastigheden. For at ændre foderoptagelsen må en eller flere af disse forhold påvirkes. Hvilke af de tre forhold, der ændres, er imidlertid kun sjældent beskrevet. Det oftest anvendte mål er tørstofoptagelsen pr. døgn.

Et meget betydeligt antal fkatorer er forsøgt anvendt til at beskrive foderoptatelsens regulering hos malkekøer. Mange af disse vil blive nævnt i dette kapitel, der ellers i hovedsagen vil lægge vægt på at beksrive mekanismerne i foderoptagelsens regulering. Der er i de seneste år skrevet en række oversigtsartikler, der dels har analyseret faktorerne, der øver indflydelse på foderoptagelsen (Bines 1976, Journat & Remond 1976, Brown et al. 1977, Rohr 1977, Bines 1979), dels beskriver mekanismerne, der regulerer (Baumgardt 1969, Baumgardt 1970, Jones 1972, Baile & Forbes 1974, Rohr 1977, Ellis 1978). I flere undersøgelser er der opstillet modeller til forudsigelse af køers foderoptagelse (Conrad et al. 1964, Mc Cullough 1973, Bywater & Dent 1976, Brown et al. 1977, Forbes 1978).

6.2 Foderoptagelsens overordnede regulering

Den nederste (ventrale) del af hypothalamus er det overordnede regulerende center for foderoptagelsen (Giese & Lusignan 1960, Baile et al. 1968, Baile et al. 1974). Elektrisk stimulering af den ventromediale del af hypothalamus medfører nedsat foderoptagelse, hvorimod stimulering af de ventrolaterale dele fører til øget foderoptagelse (Rohr 1977, Baile et al. 1968). Der er tydeligt bevis for, at påvirkning af hypothalamus med α-adrenoceptorer (f.eks. l-noradrenalin) og en β-adrenoceptor (dl-isoproterenal) øger foderoptagelsen, og at disse stoffers virkning kan ophæves af de tilsvarende stoffers antagonister (Baile et al. 1974a). Prostaglandin har vist sig at kunne nedsætte foderoptagelsen, når det blev tilført hypothalamus i nogle regioner og øge foderoptagelsen, når det blev tilført andre regioner (Baile et al. 1974b). Flere andre stoffer er afprøvet, men hvad der er de egentlige virkningsmekanismer i hypothalamus er endnu ikke

fastlagt. Der er en hypotese om, at de virker over en fælles receptor, f.eks. cyklisk-AMP (Baile et al. 1974a).

Påvirkning af hypothalamus kan teoretisk ske på flere måder; gennem hormoner, næringsstoffer eller stofskifteprodukter i blodet og gennem nervesystemet med de mange former for stimulering, der kan være (tryk, spænding, smag, lugt, temperatur, lys o.s.v.).

Kendskabet til reguleringen i hypothalamus er ikke så fyldestgørende, at der kan forudsiges noget om de enkelte stimulis indflydelse på foderoptagelsen, men der er foretaget en række forsøg, hvor foderoptagelsen er undersøgt i relation til hormonkoncentrationer og tilskud af hormoner. Undersøgelser over indflydelsen af de enkelte næringsstoffer er ligeledes foretaget ved at relatere foderoptagelsen til koncentrationer af næringsstoffer i blodet og ved at infundere næringsstoffer i vom og blod.

Hypothalamus har som opgave at afveje de signaler, den modtager for derefter at igangsætte eller stoppe foderoptagelse. Signalerne, hypothalamus modtager, er mangeartede, men en opdeling i fire hovedgrupper har vist sig hensigtsmæssig (figur 6.1).

6.3 Fysisk regulering

Den fysiske begrænsning af foderoptagelsen vil for de fleste foderrationers vedkommende formentlig udøves i formaverne. Som bevis for dette tjener, at infusion af methylcellulose i løben hos får i mængder, der fordoblede passagen i tynd- og tyktarm, ikke nedsatte foderoptagelsen af lucernecobs med en fordøjelighed af tørstoffet på 59 (Grovum & Phillips 1978). Ligeledes vil formaling og pelletering af hø med en fordøjelighed på 70 bevirke en højere foderoptagelse, selv om fordøjeligheden går ned ved denne formalings- og pelleteringsproces (Greenhalgh & Reid 1973) med det til følge, at der skal transporteres betydeligt større mængder materiale gennem tynd- og tyktarmen.

Formavernes eller vommens kapacitet er bestemt af *1.* vommens rumfang (l), *2.* fordøjelseshastigheden (kg tørstof/l/time) og *3.* hastigheden hvormed ufordøjede foderpartikler passerer ud af vommen (kg tørstof/time).

6.3.1 Vommens rumfang

Vommens volumen har en vis sammenhæng med koens vægt, og der er fundet en positiv sammenhæng mellem vægt og foderoptagelse (Conrad et al. 1964, Huth 1968, Christiansen et al. 1971). Laktationsnummer eller alder (Huth 1968) kan ligeledes være mål for volumen, således at specielt første kalvs køer, der ikke er udvokset, har mindre vomvolumen. Vomvolumen hos en udvokset

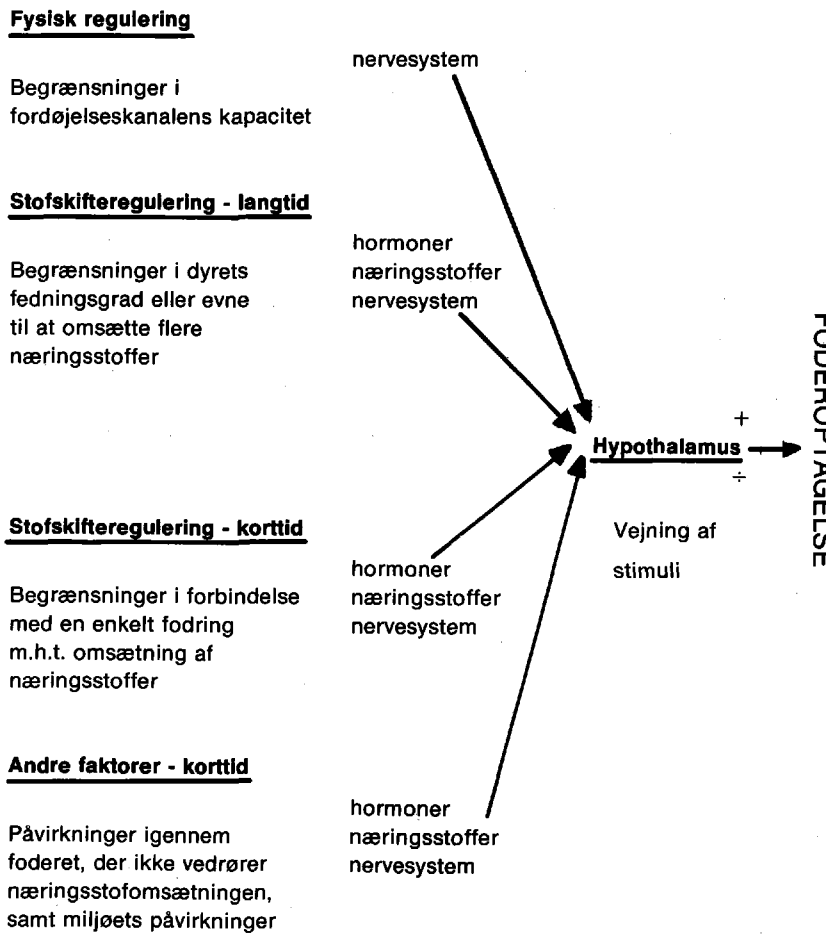


Fig. 6.1. Foderoptagelsens regulering opdelt i 4 hovedgrupper.

ko er ikke nogen konstant størrelse. Under drægtigheden og ved fedning med stor aflejring af fedt i bughulen vil vomvolumen begrænses (Forbes 1969, Bines et al. 1969). Det oplagrede fedt i bughulen kan begrænse volumen først i laktationen, og det kan tage en tid, inden uterus har trukket sig sammen til normal størrelse (Bines 1979). Dette er muligvis årsagen til, at det tager 5 til 20 uger efter kælvning at opnå maksimal foderoptagelse. Foderoptagelsen kan efter kælvning øges betydeligt hurtigere på energirigt foder end på foder med

lavere energiindhold (Journet & Remond 1976, Krohn 1979), hvilket kan tolkes derhen, at den nedsatte foderoptagelse først i laktationen skyldes en fysisk regulering. Som omtalt i afsnit 6.4 er der dog også andre mulige forklaringer på den relativt lave foderoptagelse lige efter kælvning.

6.3.2 Fordøjelseshastighed

Fordøjelseshastighedens betydning for foderoptagelsen og den fysiske regulering illustreres ofte med den positive sammenhæng, der er mellem foderets fordøjelighed og foderoptagelsen (Van Soest 1965, Chenost 1966, Donefer et al. 1966, Wilson & McCarrick 1966, Ellis 1978). Fodermidler med høj fordøjelighed fordøjes som regel hurtigt. Sammenlignes to fodermidler med samme fordøjelighed, vil fodermidlet med den største fordøjelseshastighed virke mindst fyldende i vommen. En sådan indflydelse af fordøjelseshastigheden er observeret ved sammenligning af græsser og bælgplanter, hvor bælgplanter fordøjes hurtigst og optages i størst mængde (Van Soest 1965, Osborn et al. 1966, Journet & Remond 1976). Som indirekte mål for fordøjelseshastighed anvendes også træstofprocent, indhold af cellevægsstoffer, FE/kg tørstof eller kraftfoder i rationen. Det er af betydning for fordøjelseshastigheden, at forholdene i vommen er optimale for omsætningen af foderet. Proteinforsyningen er af betydning for foderoptagelsen, fordi fordøjelsen nedsættes, hvis mikroorganismernes behov ikke dækkes. Optagelsen af fodermidler med lavt proteinindhold kan således øges ved tilskud af urea (Campling et al. 1962, Rohr 1962) eller proteinrigt kraftfoder (Campling & Murdock 1966).

Spytsekretionen er nødvendig for at opretholde et gunstigt vommiljø, da der normalt produceres 80–90 mol syrer (ca. 6 kg) pr. dag i vommen, og disse skal neutraliseres. Den daglige spytsekretion hos en ko er mellem 100 og 200 liter med et pH på ca. 8. Spytsekretionen foregår hovedsagelig under foderoptagelse og drøvtygning, hvorfor foder med grovstruktur forbedrer vommiljøet gennem stimulering af spytproduktionen. Indeholder foderrationen ekstremt lidt foder med grovstruktur, vil foderoptagelsen falde af denne årsag. For meget grovstruktur i rationen vil også nedsætte foderoptagelsen, da det grove foder kræver lang drøvtygningstid og ofte fordøjes langsommere.

Tabel 6.1 viser den nøje sammenhæng mellem fysisk struktur (ikke kvantificeret, men navngivne fodermidler) og fortærings- og drøvtygningstid. Beregnes foderoptagelsen ved 18 timers fortærings- og drøvtygningsaktivitet pr. døgn, opnås ret nøje de forventede foderoptagelser i praksis.

Orth & Kaufmann (1966) fremhæver specielt betydningen af pH i vommen og spytproduktionen for nedbrydningen af cellulose. Rohr (1977) fremhæver, at den reducerede celluloseforgæring ved tildeling af store kraftfodermængder er årsag til, at grovfoderoptagelsen nedsættes, og at dette kun i mindre udstrækning skyldes, at kraftfoderet virker fyldende i vommen. Denne anskuelse

Tabel 6.1 Betydningen af foderets struktur for fortærings- og drøvtygningstid (min./kg tørstof)

Fortærings- og drøvtygningstider efter Balch (1971)

Foder	Optagelses-tid	Drøvtygnings-tid	Ialt	Beregnet optagelse ved 18 timers aktivitet/døgn (kg tørstof/døgn)
Havrehalm	41–58	94–133	145–191	7,4–5,4
Hø	27–40	55–87	87–109	12,4–9,9
Græsensilage	31–58	60–83	99–120	10,9–9,0
Hø: kraftfoder (67:33).....	19	47	66	16,4
Hø: kraftfoder (31:69).....	15	37	52	20,8
Finmalet hø	13	0–6	13–19	ingen fysisk regulering
Kraftfoder	10	0	10	

støttes af, at der er en tendens til, at nogle proteinholdige kraftfodermidler samt grønpiller ikke nedsætter grovfoderoptagelsen i samme udstrækning som andre kraftfodermidler (Thomas 1979).

Årsagen til, at proteinrige og stivelsesfattige fodermidler ikke nedsætter grovfoderoptagelsen i samme udstrækning som stivelsesrige fodermidler, kan også søges i, dels at protein i sig selv har en vis basevirkning gennem fraspaltning af NH_3 i vommen, dels at de stivelsesholdige fodermidler med en hurtig forgæring nedsætter pH i vommen, og derigennem nedsætter vommotiliteten, der i sin tur begrænser spytproduktionen og foderets passage ud af vommen. Desuden hæmmes de cellulolytiske bakteriers aktivitet ved lavt pH i vommen (jvf. kap. 3).

Natriumbikarbonat givet som tilskud til foderet i koncentrationer på 0,7% af totalfoderet eller 125 g pr. ko daglig kan i en vis udstrækning ophæve den negative indflydelse af letomsættelige kulhydrater på foderoptagelsen af celluloseholdigt foder (Donker & Marx 1980, Kilmer et al. 1980). Effekten af natriumbikarbonat kan delvis skyldes, at det er en stødpude, der forhindrer stort fald i vommens pH ved stivelsesomsætningen, og derved bevirker et højere acetat-propionatforhold (Kilmer et al. 1980). Et øget acetat-propionatforhold opnås imidlertid også ved tilskud af andre salte forårsaget af, at passagehastigheden ud af vommen forøges (Harrisson et al. 1974).

En øget tildeling af kraftfoder sænker optagelsen af letfordøjeligt grovfoder mere end af tungtfordøjeligt (jvf. kap. 7). Dette skyldes, at ad libitum optagelsen og den totale celluloseforgæring er højere, når grovfoderet har en høj fordøjelighed. Derved vil en given ændring af vommiljøet gennem kraftfodertilskud påvirke forgæringen af en større mængde foder. En anden forklaring kan være, at reguleringen over stofskiftet bliver mere fremtrædende på det høje foderniveau.

6.3.3 Transport af ufordøjede foderpartikler

Transporten af ufordøjede foderpartikler ud af vommen er i første række afhængig af, at fodermidlerne er blevet sønderdelt til en sådan størrelse, at de kan passere ud af vommen. Findelingsgraden er derfor af stor betydning for optagelsen af træstofholdige fodermidler med lav fordøjelighed (Blaxter et al. 1956, Campling & Freer 1966, Greenhalgh & Reid 1973, Skovborg & Andersen 1976). Betydningen er mindre for fodermidler med høj fordøjelighed og kan være negativ for stivelse- og sukkerholdige fodermidler på grund af en hurtig forgærings negative indflydelse på vommiljøet (Ørskov et al. 1978). Foderpartiklernes vægtfylde og evne til at blive gennemvædet kan have betydning for passagehastigheden, da meget lette partiler vil befinde sig i vommens flydelag uden mulighed for at komme ned i bunden af netmaven og passere videre til bladmaven. Campling & Freer (1962) fandt, at partikler med en vægtfylde på 1,1 havde den korteste opholdstid i vommen. Den af Kristensen (1979) observerede forskel i optagelsen af kraftfoderholdige og grovfoderholdige foderrationer med ellers ens fordøjelighed kan tænkes at have sin forklaring i, at kraftfodermidler betydeligt hurtigere forgæres, men også at de har en højere vægtfylde og herved hurtigere passerer ud af vommen.

6.4 Stofskifteregulering – langtid

Dyr i naturen regulerer på langt sigt foderoptagelsen i overensstemmelse med energiforbruget, så legemsvægten og fedningsgraden holdes på et passende niveau uanset påvirkning af energiforbruget på grund af forskellig temperatur i omgivelserne eller forskellig aktivitet. Der har været fremsat teorier om, at reguleringen skulle ske over fedtdepoterne – lipostatisk teori (Kennedy 1953). Dette forhold, at dyret regulerer foderoptagelsen i forhold til behovet, har ligeledes været anvendt til at beskrive foderoptagelsens regulering hos malkekøer (Conrad et al. 1964). Malkekøer har imidlertid – formentlig forårsaget af mange generationers avl for højere mælkeydelse og tilvækst – ikke evnen til at begrænse foderoptagelsen, når behovet er lavt. Malkekøer bliver unaturligt og uhensigtsmæssigt fede, såfremt deres mælkeydelse er lav, og de tildeles koncentreret foder. Ud over den rest af reguleringsmekanisme, der vedrører opretholdelse af konstant legemsvægt, er der som omtalt i kapitel 2 i koen indbygget en cyklisk hormonalt betinget ændring i fedningsgraden med mobilisering først i laktationen efterfulgt af deponering.

Blodets indhold af frie fedtsyrer (FFS) har været sat i forbindelse med langtidsreguleringen, men disse kan formentlig ikke være eneansvarlige, da der forekommer et højt indhold af FFS i blodet både ved høj fedningsgrad og ved hunger. Journet & Remond (1976) regner det for sandsynligt, at frigørelsen af

FFS først i laktationen er årsagen til den lave foderoptagelse. De finder denne antagelse i overensstemmelse med, at foderoptagelsen stiger først i laktationen, indtil FFS koncentrationen i blodet falder fra 750 til 300 μ ækv./l, og med at der er en sammenhæng mellem blodets FFS koncentration og foderoptagelsen ved den efterfølgende fodring (Thyre et al. 1970). Ligeledes er det observeret, at stærk fedningsgrad ved kælvning medfører en lav foderoptagelse efter kælvning (Davenport & Rakes 1969, Emery et al. 1969). En sådan sammenhæng mellem FFS og foderoptagelsen kan eventuelt være forårsaget af hormonale ændringer. Det har været fremført, at prostaglandinfrigørelsen ved fedtmobiliseringen eventuelt kan spille en rolle (Baile & Forbes 1974). Forbes (1978) fremfører, at den udvidelse af fordøjelseskanalen og øgede aktivitet i leveren, der sker efter kælvning, tager en vis tid. Forbes (1978) har ligeledes opstillet en model for foderoptagelsen i hele drægtigheds - laktationscyklus, hvor den fysiske regulering er den eneste forklarende variabel for foderoptagelsen. En tilsvarende model er envendt i kapitel 7.

Som det fremgår af ovenstående, er det ikke klarlagt, hvad der regulerer foderoptagelsen på langt sigt. Der er dog ingen tvivl om, at stofskifteregulering – langtid er ude af stand til at holde køernes vægt på en acceptabelt niveau. Denne regulering indtræder først, når koen har en langt højere fedningsgrad sidst i laktationen end ønskeligt, hvorfor det i praksis drejer sig om at styre foderoptagelsen over den fysiske regulering med de korrektioner, der er nødvendige som følge af korttidsreguleringen.

6.5 Stofskifteregulering – korttid

Både når den fysiske regulering og stofskifteregulering – langtid er fremherskende, kan der ske modifikationer i foderoptagelsen igennem korttidsreguleringen. Adam & Forbes (1981) fandt således ved infusion af acetat i vommen sammen med enten infusion af propionat i portåreblodet eller indsætning af vandfyldte balloner i vommen, at mærhedssignaler kan adderes.

6.5.1 Hormoner

Lave glukosekoncentrationer i blodet forårsaget af injektioner med insulin bevirker en sulttilstand og øget foderoptagelse hos énmavede dyr. Dette kan ikke observeres hos drvøtyggere (Baile & Mayer 1968b). Baile & Forbes (1974) konkluderer på grundlag af den foreliggende litteratur og egne undersøgelser, at væksthormon og insulin trods deres betydelige indflydelse på mobilisering og deponering af kropsfedt ingen indflydelse har på foderoptagelsen hos drøvtyggere. Bines & Davey (1978) samt Riis (1981) vil dog ud fra teoretiske overvejel-

ser ikke udelukke en effekt af insulin. Adrenalin og noradrenalin har kun negativ indflydelse på foderoptagelsen, når doserne nærmede sig letale (Baile & Martin 1971). Ved injektion af glukokotikoider er der i enkelte forsøg fundet en forøget foderoptagelse (Spurlock & Clegg 1962, Basset 1963), hvorimod andre intet udslag har givet (Baile & Martin 1971, Head et al. 1976). Østrogen har en nedsættende virkning på foderoptagelsen (Forbes & Rook 1970), og dette hormon er formentlig årsagen til, at foderoptagelsen falder ved brunst (Tartelin 1968). Virkningen af østrogen kan ophæves af progesteron (Bargeloh et al. 1975).

6.5.2 Næringsstoffer

Glukose er som nævnt af stor betydning for foderoptagelsens regulering hos énmavede dyr og har også været genstand for intensive undersøgelser hos drøvtyggere, da glukose har en central rolle for reguleringen af både kulhydrat-, protein- og fedtstofskiftet. Forsøg på at nedsætte foderoptagelsen ved infusion af glukose har imidlertid været uden virkning (Manning et al. 1959, Dowden & Jacobsen 1960, Simkins et al. 1965b), og som nævnt har induceret hypoglykæmi ved hjælp af insulin ikke øget foderoptagelsen (Baile & Mayer 1968b). Hos drøvtyggere er det nærliggende at undersøge, om de flygtige fedtsyrer, der dannes i formaverne, har overtaget glukosens rolle i reguleringen af foderoptagelsen. Simkins et al. (1965b) infunderede isoenergetiske mængder af acetat, propionat, butyrat og en blanding af flygtige fedtsyrer i vommen. De observerede en nedgang i foderoptagelsen ved alle behandlinger, og virkningsmekanismen er diskuteret. Reduktionen i foderoptagelsen kan tænkes at fremkomme som følge af receptorer i vomvæggen eller receptorer, der er følsomme over for de ændringer, der sker i blodkoncentrationerne af både flygtige fedtsyrer og ketonstoffer. Den øgning i blodets glukosekoncentration, der forårsages af propionatinfusion regnes ikke for at kunne påvirke foderoptagelsen. Endelig er der den mulighed, at den ekstra varmeproduktion som følge af omsætningen af syrerne kan være den regulerende faktor. De flygtige fedtsyrers større betydning i forhold til glukose fremhæves også af, at fodring bevirker en stigning i koncentrationen af syrerne i blodet, hvorimod glukosekoncentrationen ikke ændres (Simkins et al. 1965a).

Intravenøs infusion af acetat (Dowden & Jacobsen 1960, Baile & Mayer 1968a) og propionat (Dowden & Jacobsen 1960) sænker også foderoptagelsen, men reduktionen i foderoptagelsen er langt større, når infusionen sker i vommen, hvilket antyder, at der findes acetatfølsomme receptorer i vommen, der virker nedsættende på foderoptagelsen. Proteinets betydning for foderoptagelsen igennem dets betydning for forgæringshastigheden er tydelig; derimod er det ikke klarlagt, om ekstra forsyning med en afbalanceret blanding af aminosyrer tilført blodet har en direkte indflydelse på foderoptagelsen (Jones 1972).

Vérité & Journet (1977) har i tre forsøg med malkekøer fundet, at fodring med beskyttet protein, der øger optagelsen af aminosyrer til blodet har øget optagelsen af majsensilage, men ikke i så stor udstrækning, at det har kunnet dække behovet til den øgede mælkeproduktion, hvorfor energibalancen faldt. Foderfedt i store mængder har en negativ indflydelse på foderoptagelsen (Storry et al. 1974), hvilket kan tilskrives den negative indflydelse på vomgæringen, da beskuttet fedt ikke har samme negative indflydelse (Storry et al. 1974, MacLeod et al. 1977). Ved fodring med beskyttet fedt som erstatning for stivelsesholdige fodermidler stiger grovfoderoptagelsen (MacLeod et al. 1977).

Tabel 6.2 De enkelte næringsstoffers indflydelse på optagelsen af en grundration

	Grundration			
Fordøjelighed	Høj		Lav	
Proteinindhold	Høj	Lav	Høj	Lav
Tilskud				
Protein	+	+++	0	++
Urea	−−	++	−	+
Letford. cellevægsstoffer	−	−	0	0
Sukker	−−	−−−	−	−−
Stivelse	−−	−−−	−	−−
Mættet fedt	−	−−	0	−
Umættet fedt	−−−	−−−	−−	−−
Beskyttet fedt	0	−	0	0

I tabel 6.2 er der forsøgt opstillet en oversigt over indflydelsen af de enkelte næringsstoffer på optagelsen af en grundration f.eks. græsmarksfoder.

Forklaringerne på den anførte virkninger er:

Protein: Fremmer omsætningen i vommen, når mikroorganismerne har kvælstofmangel. Virkningen er størst, når optagelsen er høj, d.v.s. ved høj FK, og når proteinindholdet er lavt. Selv ved højt proteinindhold i græsmarksfoder kan øget proteinindhold i tilskudsfoderet øge optagelsen, da koens produktion kan øges ved bedre aminosyreforsyning, og proteinet i rationen vil erstatte letomsættelige kulhydrater.

Urea: Fremmer kun omsætningen i vom, d.v.s. kun positiv effekt, når mikroorganismerne har kvælstofmangel. Nedsætter foderoptagelsen igennem smagsforringelse af foderrationen.

Letfordøjelig cellevægsstof: Påvirker kun foderoptagelsen lidt igennem produktion af flygtige fede syrer (VFA). Derfor er der lille eller ingen indflydelse afhængig af produktionen på grundfoderet.

Sukker og stivelse: Nedsætter foderoptagelsen gennem produktion af VFA og specielt igennem sænkning af pH og favorisering af mikroorganismer, der ikke omsætter det celluloseholdige grundfoder. Den nedsættende virkning er størst, når proteinindholdet i rationen er lavt og foderoptagelsen og derved celluloseomsætningen høj.

Fedt: Umættet og i mindre grad mættet fedt hæmmer den mikrobielle omsætning i vommen og dermed foderoptagelsen. Specielt når omsætningen i vommen er høj. Beskyttet fedt har ikke denne virkning.

6.6 Andre forhold – korttid

Ud over de begrænsninger af foderoptagelsen, der direkte vedrører foderets næringsstofsammensætning eller fylde, er der andre faktorer af forskellig oprindelse, der påvirker foderoptagelsen.

6.6.1 Osmotisk tryk

Ternouth & Beattie (1971) fandt, at foderoptagelsen blev nedsat i samme udstrækning ved infusion i vommen af NaCl og KCl som ved infusionen af flygtige fedtsyrer, når opløsningerne havde samme osmolaritet, og at infusion af vand i vommen øgede foderoptagelsen. Dette førte til konklusionen, at det osmotiske tryk i vommen er af betydning for foderoptagelsen. Weston (1966) konkluderede derimod, at det osmotiske tryk i vommen ingen indflydelse har på foderoptagelsen. Baile & Forbes (1974) konkluderer efter et litteraturstudium, at det ikke er sandsynligt, at det osmotiske tryk i vommen eller vævsvæskerne regulerer foderoptagelsen ved ad libitum fodring med jævn optagelse af foderet, selv om en dehydrering af dyr nedsætter foderoptagelsen. Hurtig optagelse af et stort foder er observeret at øge det osmotiske tryk i vommen med op til 50% og ved en tredobling af de osmotiske tryk i vommen halveredes foderoptagelsen (Bergen 1972).

Det uklare billede af det osmotiske tryks betydning for foderoptagelsen kan skyldes, at højt osmotisk tryk i vommen på den ene side forøger passagehastigheden i vommen og på den anden side nedsætter forgæringshastigheden.

6.6.2 Smag

Foderoptagelsen reguleres også gennem foderets smag. Stærk sur smag nedsætter foderoptagelsen (L'estrange & McNamara 1975). Gylle kørt ud på græs kort før afgræsning nedsætter græsoptagelsen (Leaver 1976). Køer optager mindre af en stærkt kvælstofgødet græsafgrøde end en moderat gødet (Frederiksen 1976). Det er også velkendt, at melasse kan øge velsmagen og optagelsen af kraftfoderblandinger. Urea i større mængder nedsætter appetitligheden. Smagen er et typisk eksempel på en regulerende faktor, der modificerer foderoptagelsen. Foderoptagelsen bestemt af fysisk regulering eller stofskifteregulering kan hæves eller sænkes ved hjælp af foderets smag. Ud fra observationer over adfærden ved optagelse af ureaholdigt foder, hvor køerne æder flere gange men mindre portioner, er der i figur 6.2 anskueliggjort en mulig forklaring på regulering af foderoptagelsen igennem smag samtidig med, at andre regulerende faktorer styrer foderoptagelsen.

Det er dog specielt i situationer, hvor køerne har mulighed for at vælge mellem forskellige fodermidler, at smagsforskelle kommer til udtryk. Køer på græs vælger således italiensk og almindelig rajgræs før hundegræs og engsvingel (Frederiksen & Agergaard 1965, Jacobsen 1975) og hvidkløver frem for øvrige bælgplanter (Jacobsen 1975). Mange undersøgelser har vist, at køer har stærk præference for roer, men som i de øvrige situationer, hvor smagen er stærkt medvirkende ved fodervalget, er der store, individuelle forskelle mellem køer (Coppeck et al. 1974, Konggaard 1982).

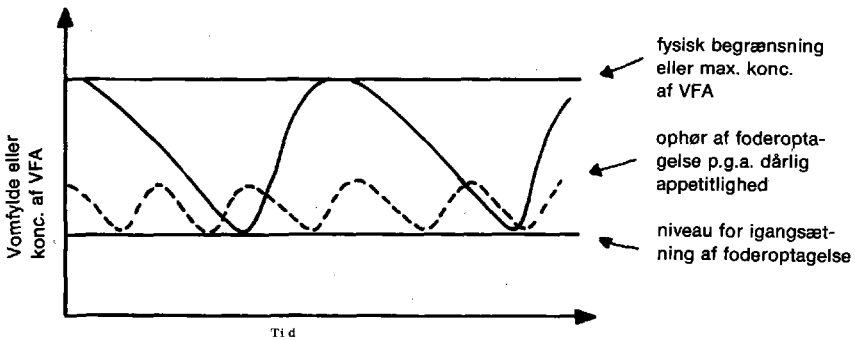


Fig. 6.2. Regulering af foderoptagelsen gennem foderets appetitlighed (skematisk).
——— Foder med god appetitlighed
– – – – Foder med dårlig appetitlighed

6.6.3 Temperatur

Omgivelsernes temperatur øver indflydelse på kvægets foderoptagelse gennem ændring af energibehovet og gennem påvirkning af foderets passagehastighed i fordøjelseskanalen (Young 1981). Et ofte anvendt udgangspunkt for betragtning af sammenhængen mellem temperatur og kvægets produktion er vist i figur 6.3.

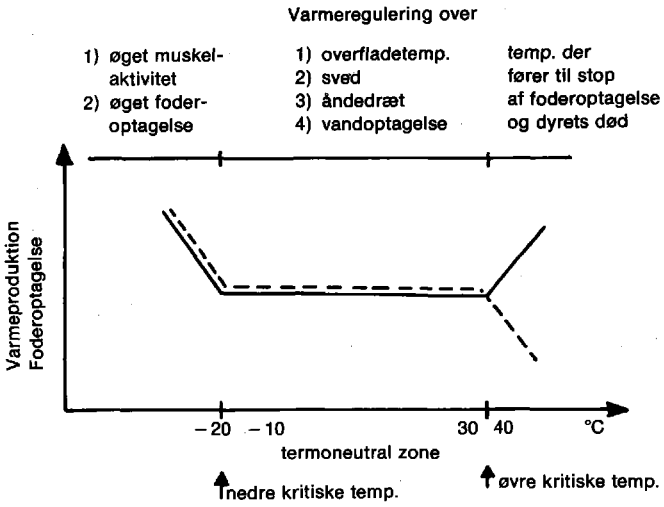


Fig. 6.3. Sammenhæng mellem omgivelsernes temperatur og kvægets varmeproduktion —— og foderoptagelsen – – – (skematisk).

Den lave temperatur, hvor varmeproduktionen begynder at stige, kaldes nedre kritiske temperatur, og punktet, hvor varmeproduktionen begynder at stige ved den høje temperatur, kaldes den øvre kritiske temperatur. Foderoptagelsen er med sikkerhed påvirket, når disse temperaturgrænser overstiges. Kvægracer fra tempererede områder ophører således helt med at æde, når temperaturen overstiger 40° C (Bines 1979). De kritiske temperaturer påvirkes af flere faktorer, således vil køer med høj produktion have lavere værdier for både nedre og øvre kritiske temperatur. Fuguay (1981) angiver ud fra et litteraturstudium af en række forsøg med malkekøer, at den øvre kritiske temperatur for disse dyr ligger imellem 24 og 27° C. Stiger temperaturen over dette, vil dyret i første række nedsætte foderoptagelsen og mælkeproduktionen.

Ikke kun luftens temperatur men også luftfugtighed og vindhastighed har betydning for grænserne for den kritiske temperatur. Den øvrige kritiske tem-

peratur er således højere ved høj vindhastighed og lavere ved høj luftfugtighed på grund af disse faktorers indflydelse på den maksimale varmeafgivelse gennem fordampning fra huden. Den nedre kritiske temperatur øges ved høj lufthastighed og høj luftfugtighed, da disse forhold nedsætter hårlagets isolerende evne.

Foderoptagelsen kan via varmereguleringen også påvirkes af drikkevandets temperatur. Bhattacharya & Warner (1968) fandt, at foderoptagelsen steg væsentligt ved nedsættelse af drikkevandets temperatur fra 30° C til 5° C. Denne virkning må anses for at være størst ved høje lufttemperaturer. McDowell et al. (1976) fandt, at kviers optagelse af foder de første 50 dage efter kælvning havde nøje sammenhæng med dagtemperaturen i den måned, de kælvede. Foderoptagelsen steg med henholdsvis 8 og 6% ved at gå fra 31° C til 19° C og fra 19° C til 7° C. Effekten af temperaturen på foderoptagelsen var størst først i laktationen. Kvægets nedre og øvre kritiske temperatur og dermed forbundne ændringer i varmeproduktionen kan ikke forklare alle ændringerne i foderoptagelsen forårsaget af temperaturen, da foderoptagelsen er påvirket af temperaturændringer selv i den termoneutrale zone. Dette er bekræftet af Young (1981). Kennedy et al. (1976) og Kennedy & Milligan (1978) har med restriktivt fodrede får vist, at foderets passagehastighed igennem fordøjelseskanalen øges væsentligt ved sænkning af temperaturen fra henholdsvis 20° C til 0° C og fra 23° C til 3° C, samtidig falder foderets fordøjelighed. Ved sænkning af temperaturen med 20° C faldt foderets opholdstid i vommen fra 19 til 11 timer og i den øvrige fordøjelseskanal fra 18 til 12 timer. Fordøjeligheden af organisk stof faldt samtidig fra henholdsvis 51,1% til 47,7% og fra 58,1% til 52,8% i de to forsøg. Ved at øge fodertildelingen med 66% samtidig med den lavere temperatur faldt fordøjeligheden af organisk stof fra 58,1 til 48,9%. Disse ændringer i passagehastigheden selv ved temperaturer, der ligger inden for det termoneutrale område, vil uden tvivl påvirke foderoptagelsen. Ovenstående forhold er uddybet i kapitel 9.

6.7. Foderoptagelsens regulering igennem drægtighed-laktationscyklus

Figur 6.4 viser skematisk sammenhængen mellem koens energibehov igennem laktationen og foderoptagelsen.

Først i laktationen optager koen mindre foder end nødvendigt til at dække energibehovet til vedligeholdelse og mælkeproduktion, og foderoptagelsen er stigende i denne periode trods faldende energibehov. Foderoptagelsen når maksimum 5–20 uger efter kævlning og holder sig ret konstant i en stor del af laktationen. Foderoptagelsen falder ret kraftigt, når kælvningen nærmer sig.

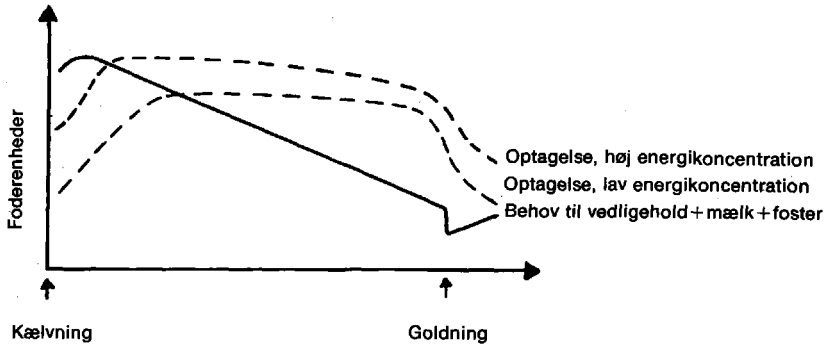


Fig. 6.4. Variationen i foderoptagelse og energibehov igennem drægtigheds- laktations-cyklus. Ad lib. fodring med samme energikoncentration hele perioden.

Kurven for foderoptagelse vil være stærkt påvirket af foderets energikoncentration, som vist i figur 6.4. Ved høj energikoncentration vil foderoptagelsen falde igennem laktationen efter maksimum er nået ved 8–10 uger fra kælvning. Ved lav energikoncentration nås maksimal foderoptagelse senere, og dette niveau vil holde sig i næsten hele laktationen.

Den fysiske regulering af foderoptagelsen er hos malkekøer langt mere fremtrædende end den fysiologiske. Det er muligt på ethvert tidspunkt i laktationen at sammensætte en foderration, der bevirker en fysisk begrænsning af foderoptagelsen, og det er ofte denne begrænsning, som sætter grænsen for udnyttelse af træstofrige fodermidler.

Ved anvendelse af energirigt foder kan stofskiftereguleringen af foderoptagelsen indtræde. I slutningen af laktationen vil den indtræde, når koen nærmer sig den maksimale vægt, eller den daglige tilvækst, begrænset af vævenes syntesekapacitet, nærmer sig maksimum. Ligeledes kan denne reguleringsform ikke afvises meget tidligt i laktationen på grund af koens indbyggede mobiliserings-deponeringscyklus.

Adam & Forbes (1981) fandt ved infusion af acetat i vommen sammen med enten infusion af propionat i portåreblodet eller indsætning af vandfyldte balloner i vommen, at mæthedsstinalerne kan adderes. Foderoptagelsen kan således være begrænset under indflydelse af flere faktorer samtidig og er ikke altid en absolut fysisk begrænset foderoptagelse eller stofskiftebegrænset foderoptagelse. Ligeledes vil f.eks. foderets smag kunne påvirke foderoptagelsen i både opad- og nedadgående retning. Foderoptagelsen er resultatet af den sum af påvirkning, hypothalamus modtager.

6.8 Sammendrag og konklusion

Kendskab til foderoptagelsens regulering er nødvendig for at kunne styre foderoptagelsen i situationer, hvor et eller flere foderemner tildeles efter ædelyst.

1. Foderoptagelsen reguleres igennem hypothalamus, der afvejer de signaler den modtager gennem blodet eller nervesystemet. Herefter fremmes/igangsættes eller hæmmes/standses foderoptagelsen.
2. Foderoptagelsen reguleres dels gennem en langtidsregulering, der tilstræber at opretholde et passende huld, dels gennem en korttidsregulering i forbindelse med den enkelte fodring.
3. Langtidsreguleringen, gennem hvilken organismen søger at opretholde et passende huld, er hos malkekøer ikke tilstrækkelig effektiv til at hindre køerne i at blive uhensigtsmæssigt fede i slutningen af laktationen, hvis de fodres på et energirigt foder.
4. I begyndelsen af laktationen er foderoptagelsesevnen på den anden side ikke tilstrækkelig stor til at hindre mobilisering af kropsvæv. Begrænsningen i foderoptagelsen skyldes her hovedsageligt – og måske alene – en korttidsregulering.
5. Foderoptagelsen skal således igennem hele drægtigheds-laktationscyklus reguleres gennem korttidsreguleringen. Denne består i forhold omkring den enkelte fodring.
6. Den væsentligste korttidsregulering ligger i den fysiske regulering, hvor 1) vommens rumfang, 2) fordøjelseshastigheden af foderet og 3) hastigheden, hvormed ufordøjede foderpartikler passerer ud af vommen til bladmave, løbe og tarm, bestemmer, hvor store fodermængder koen kan optage.
   Vommens rumfang har sammenhæng med koens vægt, alder og fedningsgrad. Under drægtighed er rumfanget reduceret, og det tager nogen tid efter kælvning, før det er maksimalt. Fordøjelseshastigheden hænger sammen med foderets fordøjelighed men også kulhydratfraktionens sammensætning har betydning. Forhold, der fremmer den mikrobielle aktivitet i vommen, øger fordøjelseshastigheden. Således er en passende proteinforsyning af mikroorganismerne af betydning, ligesom opretholdelse af drøvtygningen, spytproduktionen og derigennem et passende pH i vommen er nødvendig for maksimal foderoptagelse. Ved fodring med meget letomsættelige kulhydrater kan neutralisering af de dannede syrer med f.eks. natriumbikarbonat øge foderoptagelsen.
   Transporten af ufordøjede foderpartikler kan fremmes ved finformaling af foderpartiklerne. Foderpartikler med en vægtfylde på 1,1 passerer hurtigst gennem vommen. Foderpartikler med lav vægtfylde vil befinde sig i vommens flydelag, og først når de er gennemvædet og synker til bunds i vommen, vil de kunne passere ud af vommen.

7. Foderoptagelsen kan ligeledes begrænses af de høje koncentrationer af flygtige fedtsyrer, der befinder sig i vommen eller blodet kort tid efter en fodring. Der synes ikke at være nogen væsentlig regulering af foderoptagelsen via hormoner. Dog er østrogen formentlig årsagen til den lave foderoptagelse omkring brunst. I tabel 6.2 er opstillet en oversigt over indflydelsen af de enkelte næringsstoffer, som de forekommer i foderet, på køers foderoptagelse. Som det fremgår af forklaringen til tabellen, vil de fleste næringsstoffer øve indflydelse på foderoptagelsen gennem ændring af gæringsbetingelserne i vommen med en ændret fordøjelseshastighed eller koncentration af flygtige fedtsyrer til følge.
8. Foderets appetetlighed øver indflydelse på foderoptagelsen. Køerne æder således mindre, når foderet f.eks. er stærkt surt, er kontamineret med gødning eller indeholder store mængder urea. Melasse kan derimod forbedre foderets smag. I situationer, hvor køerne har mulighed for at vælge mellem forskellige fodermidler, viser der sig store forskelle i fodermidlernes appetitlighed. Der er ligeledes forskelle mellem de enkelte køers valg.
9. Foderoptagelsen kan være begrænset under indflydelse af flere faktorer samtidig. Foderoptagelsen er således resultatet af den sum af påvirkning, hypothalamus modtager.
10. Sammenfattende kan konkluderes, at malkekøernes foderoptagelse ved ad libitum fodring skal styres igennem den fysiske regulering med de mindre modifikationer, der kan forårsages af foderets smag, omgivelsernes temperatur og høje koncentrationer af flygtige fedtsyrer i vommen, når der fodres med hurtigt forgærbart foder. Koen kan ikke på noget tidspunkt i drægtighedslaktationscyklus selv afpasse foderoptagelsen til det optimale. I begyndelsen af laktationen bevirker den begrænsede foderoptagelsesevne en mobilisering af kropsvæv, og i slutningen af laktationen, hvor foderbehovet er langt mindre, mangler køerne evnen til at begrænse optagelsen af energirigt foder.

6.9 Litteratur

Adams, G. B. & Forbes, J. M. 1981. Additivity of effects of ruminal acetate and either portal propionate of rumen distension on food intake in sheep. Proc. Nutr. Soc. *40,* 44A.

Baile, C. A. & Forbes, J. M. 1974. Control of feed intake and regulation of energy balance in Ruminants. Physiol. Rev. *54,* 106–214.

Baile, C. A. & Mayer, J. 1968a. Effect of intravenous versus intraruminal injections of acetate on feed intakt of goats. J. Dairy Sci. *51,* 1490–1494.

Baile, C. A. & Mayer, J. 1968b. Effects of insulin-induced hypoclycemia and hypoacetoemia on eating behavior in goats. J. Dairy Sci. *51,* 1495–1499.

Baile, C. A. & Martin, F. H. 1971. Hormons and amino acids as possible factors in the control of hunger and satiety in sheep. J. Dairy Sci. *54,* 897–905.

Baile, C. A., Martin, F. H., Simpson, C. W., Forbes, J. M. & Bayea, J. S. 1974a. Feeding elicited by α and β adrenoceptic agonists injected intrahypothalamically in sheep. J. Dairy Sci. *57,* 68–80.

Baile, C. A., Martin, F. H., Forbes, J. M., Webb, R. L. & Kingsburg, W. 1974b. Intrahypothalamic injections of prostaglandins and prostaglandin antagonists and feeding in sheep. J. Dairy Sci. *57,* 81–88.

Baile, C. A., Mahonye, A. W. & Mayer, J. 1968. Induction of hypothalamic aphagia and adispsia in goats. J. Dairy Sci. *51,* 1474–1480.

Balch, C. C. 1971. Proposal to use time spent chewing as an index of the extent to which diets for ruminants possess the physical property of fibrousness characteristic of roughages. Br. J. Nutr. *26,* 383–392.

Bargeloh, J. F., Hibbs, J. W. & Conrad, H. R. 1975. Effect of prenatal hormon administration on feed intake and mineral metabolism of cows. J. Dairy Sci. *58,* 1701–1707.

Basset, J. M. 1963. The influence of cortisol on food intake and glukose metabolism in sheep. J. Endocrinol. *26,* 539–553.

Baumgardt, B. R. 1969. Voluntary feed intake. In: Animal Growth and Nutrition. Ed. E.S.E. Hafez & I. A. Dyer. Lea & Febiger. Philadelphia, 121–137.

Baumgardt, B. R. 1970. Control of feed intake in the regulation of energy balance. In: Proc. 3rd Int. Symp. on Physiology of Digestion and Metabolism in the Ruminat. Ed. A. T. Phillipson. Oriel Press, Newcastle upon Tyne, 235–253.

Bergen, W. G. 1972. Rumen osmolarity as a factor in feed intake control of sheep. J. Anim. Sci. *34,* 1054–1060.

Bhattacharya, A. N. & Warner, R. G. 1968. Influence of varying temperature on central cooling or warming and on regulation of voluntary feed intake in dairy cattle. J. Dairy Sci. *51,* 1481–1489.

Bines, J. A. 1976. Regulation of feed intake in dairy cows in relation to milk production. Livest. Prod. Sci. *3,* 115–128.

Bines, J. A. 1979. Voluntary feed intake. In: Feeding strategy for the high yielding dairy cow. Ed. W. H. Broster & Svan. EAAP publ. No. *25,* 23–48.

Bines, J. A. & Davey, A. W. G. 1978. Metabolic changes associated with intake by cows of complete diets containing straw and concentrates in different proportions. Br. J. Nutr. *39,* 567–578.

Bines, J. A., Susuki, S. & Balck, C. C. 1969. The quantitative significance of long-term regulation of food intake in the cow. Br. J. Nutr. *23,* 695–704.

Blaxter, K. L., Mc. Graham, N. & Wainmann, F. W. 1956. Some observations on the digestibility of food by sheep, and on related problems. Br. J. Nutr. *10,* 69.

Bywater, A. C. & Dent, J. B. 1976. Simultation of the intake and partitition of nutrients by the dairy cows: Part 1. Agricultural Systems. 1. 245–279.

Brown, C. A., Chandler, P. T. & Holter, J. B. 1977. Development of predictive equations for milk yield and dry matter intake in lactating cows. J. Dairy Sci. *60,* 1739–1754.

Campling, R. C. & Freer, M. 1962. The effect of specific gravity and size on the mean time of retention of enert particles in the alimantary tract of the cow. Br. J. Nutr. *16,* 507–518.

Campling, R. C. & Murdoch, J. C. 1966. The effect of concentrates on the voluntary intake of roughages by cows. J. Dairy Res. *33,* 1–11.

Campling, R. C., Freer, M. & Balch, C. C. 1962. Factors affecting the voluntary intake of food by cows. 3. The effect of urea on the voluntary intake of oat straw. Br. J. Nutr. *16,* 115–124.

Chenost, M. 1966. Fibrousness of forage. Its determination and its relation to feeding value. Proc. 10th Int. Grassl. Congr., 406–411.

Christiansen, B., Andersen, P. E. & Bülow Skovborg, E. 1971. Ladetørret hø eller ensilage af kløvergræs med forskelligt tørstofindhold. Landøkonomisk Forsøgslaboratoriums efterårsmøde, 310–318.

Conrad, H. R., Prat, A. D. & Hibbs, J. W. 1964. Regulation of feed intake in dairy cows. I. Change in importance of physical and physiological factors with increasing digestibility. J. Dairy Sci. *47,* 54–62.

Coppeck, C. E., Everett, R. W., Smith, N. E., Slack, S. T. & Harner, S. P. 1974. Variation in forage preference in dairy cattle. J. Anim. Sci. *39,* 1170–1179.

Davenport, D. G. & Rakes, A. H. 1969. Effects of prepartum feeding level and body condition on the postpartum performance of dairy cows. J. Dairy Sci. *52,* 1037–1043.

Donefer, E., Crampton, E. W. & Lloyd, L. E. 1966. The prediction of digestible energy intake potential (NVI) of forages using a simple in vitro technique. Proc. 10th Int. Grassl. Congr., 442–445.

Donker, J. D. & Marx, G. D. 1980. Sodium bicarbonate in diets for milking Holstein cows. J. Dairy Sci. *63,* 931–935.

Dowden, D. R. & Jacobson, D. R. 1960. Inhibition of appetite in dairy cattle by certain intermediate metabolites. Nature *188,* 148–149.

Ekern, A. 1972. Roughage intake in high yielding cows when fed grass silage ad libitum. Tech. Bull. No. 149. Norges Landbrukshøjskole, 30 pp.

Ellis, W. C. 1978. Determinants of grazed forage intake and digestibility. J. Dairy Sci. *61,* 1828–1840.

Emery, R. S., Hafs, H. D., Armstrong, D. & Snyder, W. W. 1969. Prepratum grain feeding. Effect on milk production, mammary edema, and incidence of diseases. J. Dairy Sci. *52,* 345–351.

Flatt, W. P., Moe, P. W., Muson, A. W. & Cooper, T. 1969. Energy utilization by high producing dairy cows. II. Summary of energy balance experiments with lactating Holstein cows. In: Energy metabolism in farm animals. EAAP publ. 12, ed. K. L. Blaxter, J. Kilanowski & G. Thorbæk, 235–251.

Forbes, J. M. 1978. Models of the control of feed intake and energy balance in ruminants. In Hunger models. Computable theory of feeding control. Ed. D. A. Booth, 232–346.

Forbes, J. M. 1969. The effect of pregnancy and fatness on the volume of rumen contents in ewe. J. Agric. Sci. *72,* 119–121.

Forbes, J. M. & Rook, J. A. F. 1970. The effect of intravenous infusion of oestrogen on feed intake in the goat. J. Physiol. *207,* 79 P-80 P.

Frederiksen, J. H. 1976. Afgræsningsforsøg med malkekøer. Ikke offentliggjort. 181 pp.

Frederiksen, J. H. & Agergaard, E. 1965. Observationer over malkekøers valg af forskellige græsarter. Landøkonomisk Forsøgslaboratoriums efterårsmøde, 406–407.

Fuguay, J. W. 1981. Heat stress as it affects animal production. J. Anim. Sci. *52,* 164–173.

Giese, A. & Lusignan, M. 1960. Relationship between feeding and satiation centres of the hypothalamus. Science *132,* 805–807.

Greenhalgh, J. F. D. & Reid, G. W. 1973. The effect of pelleting various diets on intake and digestability in sheep and cattle. Anim. Prod. *16,* 223–233.

Grovum, W. L. & Phillips, G. D. 1978. Factors affecting the voluntary intake of food by sheep. 1. The role of distension, flow-rate of digesta and propulsive motility in the intestine. Br. J. Nutr. *40,* 323–336.

Harrison, D. G., Beever, D. E. & Thomsen, D. R. 1974. The effect of dilution rate upon fermentation in the rumen. Proc. Nutr. Soc. *33,* 43A–44A.

Head, H. H., Thatcher, W. W., Wilcox, C. J. & Bockmann, K. C. 1976. Effects of a synthetic cortecoid on milk yield and composition and on blood metabilites and hormones in dairy cows. J. Dairy Sci. *59,* 880–888.

Huth, F. W. 1968. Futteraufnahmevermögen und Nährstoffverwertung bei schwartzbunten Kühen. Schriftenreihe des Max-Planck-Instituts für Tierzucht und Tierernährung. Max-Planck-Gesellschaft, Mariensee, 335 pp.

Jacobsen, A. 1975. Græsplanters smag, holdbarhed og produktionsevne. Landbo-Nyts Planteavlsbog. Landbo-Nyt, 184 pp.

Jones, G. M. 1972. Chemical factors and their relation to feed intake regulation in ruminants: A review, *52,* 207–239.

Journet, M. & Remond, B. 1976. Physiological factors affecting the voluntary intake of feed by cows: A review. Livest. Prod. Sci. *3,* 129–146.

Kennedy, G. C. 1953. The role of depot fat in the hypothalamic control of food intake in the rat. Proc. Roy. Soc., London. Ser. B., *140,* 579–592.

Kennedy, P. M. & Milligan, L. P., 1978. Effects of cold exposure on digestion, microbial synthesis and nitrogen transformation in sheep. Br. J. Nutr. *39,* 105–117.

Kennedy, P. M., Christophersen, R. J. & Milligan, L. P. 1976. The effect of cold exposure of sheep on digestion, rumen turnover time and efficiency of microbial synthesis. Br. J. Nutr. *36,* 231–242.

Kilmer, L. H., Muller, L. D. & Wangsness, P. J. 1980. Addition of sodium bicarbonate to rations of pre- and postpartum dairy cows. J. Dairy Sci. *63,* 2026–2036.

Konggaard, S. P. 1982. Ikke publiceret.

Kristensen, V. F. 1979. Faktorer der påvirker foderoptagelsen. Bilag til Statens Husdyrbrugsforsøgs årsmøde, København, 21. september. 3 pp.

Krohn, C. C. 1979. Malkekøernes foderoptagelse gennem laktationen. Bilag til Statens Husdyrbrugsforsøgs årsmøde, København, 21. september. 3 pp.

Leaver, J. D. 1979. Utilization of grassland by dairy cows. In: Principles of cattle production. Ed. H. Swan & W. H. Broster. Butterworth, 307–327.

L'estrange, J. L. & McNamara, T. 1975. Effect of dietary hydrochloric acid on voluntary food intake and metabolism of sheep in relation to the use of mineral acids as silage additives. Br. J. Nutr. *34,* 221–231.

MacLeod, G. K., Yu, Y. & Schaeffer, L. R. 1977. Feeding value of protected animal tallow for high yielding dairy cows. J. Dairy Sci. *60,* 726–728.

Manning, R., Alexander, G. I., Krueger, H. M. & Bagort, R. 1959. The effect of intravenous glucose injection on appetite in adult ewes. Am. J. Vet. Res. *20,* 242–246.

Maust, L. E., McDowell, R. E. & Hooven, N. W. 1972. Effect of summmer weather on performance of Holstein cows in three stages of lactation. J. Dairy Sci. *55,* 1133–1139.

McCullough, M. E. 1973. Optimum feeding of dairy animals for milk and meat. Univ. Georgia Press, Athen. 127 pp.

McDowell, R. E., Hooven, N. W. & Camoens, J. K. 1976. Effect of climate on performance of Holstens in first lactation. J. Dairy Sci. *59,* 965–973.

Orth, A. & Kaufmann, W. 1966. Zur Wirkung von Bicarbonat auf die Futteraufnahme bei Milchkühren. Z. Tierphysiol., Tierernähr. u. Futtermittelk. *21,* 240–361.

Osbourn, D. F., Thomsen, D. J. & Terry, R. A. 1966. The relationship between voluntary intake and digestibility of forage crops, using sheep. Proc. 10th Int. Grassl. Congr. 363–370.

Riis, P. M. 1981. Personlig meddelelse.

Rohr, K. 1962. Untersuchungen über die Brauchbarkeit des Harnstoffs als Eiweissersatz beim Wiederkäuer. Kieler Milchw. Forschungsber. *14,* 353–383.

Rohr, K. 1977. Die Verzehrleistung des Wiederkäuers in Abhängigkeit von verschiedenen Einflussfaktoren. Übers. Tierernähr. *5*, 75–102.

Simkins, K. L., Suttie, J. W. & Baumgardt, B. R. 1965a. Regulation of food intake in ruminants. 3. Variation in blood and rumen metabolites in relation to food intake. J. Dairy Sci. *48*, 1629–1634.

Simkins, K. L., Suttie, J. W. & Baumgardt, B. R. 1965b. Regulation of food intake in ruminants. 4. Effect of acetate, propionate, buturate and glucose on voluntary food intake in dairy cattle. J. Dairy Sci. *48*, 1635–1642.

Skovborg, E. B. & Andersen, P. E. 1976. Konserverede græsmarksafgrøder til malkekøer III. 5. beretning fra Fællesudvalget for Statens Planteavls- og Husdyrbrugsforsøg. 49 pp.

Spurlock, C. M. & Clegg, M. T. 1962. Effect of cortisone acetate on carcass composition and wool characteristics of weaned lambs. J. Anim. Sci. *21*, 494–500.

Storry, J. E., Brumby, P. E., Hall, A. J. & Johnson, V. W. 1974. Response of the lactating cow to different methods of incorporating casein and coconut oil in the diet. J. Dairy Sci. *57*, 61–67.

Tartelin, M. F. 1968. Cyclical variations in food and water intakes in ewes. J. Physiol. *195*, 25–31.

Ternonth, J. J. & Beattie, A. W. 1971. Studies of the food intake of sheep at a single meal. Br. J. Nutr. *25*, 153–164.

Thomas, C. 1979. Conserved forages. ARC-seminar. Harrogate.

Thye, F. W., Warner, R. G. & Miller, P. D. 1970. Relationship of various blood metabolites to voluntary feed intake in lactating ewes. J. Nutr. *10*, 565–572.

Van Soest, P. J. 1965. Symposium on factors influencing the voluntary intake of herbage by ruminants: Voluntary intake in relation to chemical composition and digestability. J. Anim. Sci. *24*, 834–843.

Virité, R. & Journet, M. 1977. Utilisation des tourteaux traités an formol par les vaches laitieres. II Effects sur la production laitiere du traitement des tourteaux et du niveau d'apport azoté au début de la lactation. Ann. Zootech. *26*, 183–205.

Weston, R. H. 1966. Factors limiting the intake of feed by sheep. I. Significance of palatability the capacity of the alimentary tract to handle digesta, and the supply of glucogenic substrate. Aust. J. Agr. Res. *17*, 939–954.

Wilson, R. K. & McCarrick, R. B. 1966. Aparent dry-matter digestibility, voluntary food-intake and yields of dry matter of mixed swards, conserved as artificially dried grass and tetraped hay, at progressive stages of maturity. Proc. 10th Int. Grassl. Congr., 371–379.

Young, B. A. 1981. Cold Stress as it affects animal production. J. Anim. Sci. *52*, 154–163.

Ørskov, E. R., Soliman, H. S. & MacDearmind, A. 1978. Intake of hay by cattle given supplements of barley subjected to various forms of physical treatment or treatment with alkali. J. Agric. Sci., Camb. *90*, 611–615.

Østergaard, V. 1979. Strategies for concentrate feeding to attain optimum feeding level in high yielding dairy cows. Afhandling, Den kgl. Veterinær- og Landbohøjskole, København, og 482. beretning fra Statens Husdyrbrugsforsøg, København, 138 pp.

7. Styring af foderoptagelsen ved hjælp af foderrationens sammensætning og valg af fodringsprincip

V. Friis Kristensen

		Side
7.1	**Indledning**	7.1
7.2	**Modeller af foderoptagelsens regulering**	7.2
7.3	**Foderoptagelse i relation til foderrationens egenskaber**	7.4
	7.3.1 Kraftfoderets påvirkning af grovfoderoptagelsen	7.6
	7.3.2 Foderets fordøjelighed	7.7
	7.3.3 Foderets indhold af cellevægsstoffer henholdsvis træstof	7.11
	7.3.4 Foderets energikoncentration	7.12
	7.3.5 Foderoptagelse bedømt på grundlag af en fyldefaktor for fodermidler	7.14
7.4	**Foderoptagelse i relation til koens egenskaber**	7.19
	7.4.1 Koens størrelse og alder	7.19
	7.4.2 Koens ydelse, laktationsstadium og huld	7.22
7.5	**Fodringsprincipper og foderoptagelse**	7.28
7.6	**Sammendrag**	7.29
7.7	**Litteratur**	7.33

7.1. Indledning

På basis af den beskrivelse, der i kapitel 6 er givet af de mekanismer, der regulerer malkekøernes foderoptagelse, skal dette kapitel belyse de sammenhænge, der er fundet i fodringsforsøg, samt beskrive, hvordan foderoptagelsen i praksis kan forudsiges og styres.

Tidligere styredes fodringen normalt ved, at der blev givet afmålte mængder af hvert fodermiddel til det enkelte individ. Langt de fleste steder kan en sådan

individuel fodring ikke længere gennemføres. I det mindste for dele af foderrationen vil det normalt være sådan, at flere køer har adgang til det samme foder. Derfor vil køernes foderoptagelse i større eller mindre grad, afhængigt af staldtypen, være påvirket af konkurrenceforholdet mellem de enkelte individer. For under disse betingelser at tilstræbe, at de meget højtydende køer samt de svagere individer kan få dækket deres behov, vil det ofte være påkrævet at give en væsentlig del af eller eventuelt hele foderrationen (blandet til et fuldfoder) efter ædelyst. Styringen af foderoptagelsen må da ske ved at variere sammensætningen af foderrationen samt at vælge fodringsprincip på en sådan måde, at køerne i forskellige dele af drægtigheds- og laktationsperioden optager de tilsigtede fodermængder, når de fodres efter ædelyst.

Beskrivelserne i dette kapitel er i stor udstrækning baseret på resultater af de senere års danske produktionsforsøg med malkekøer. Der er med et betydeligt antal køer udført forsøg med det hovedformål at indsamle materiale, der kan tjene som grundlag for udformning af styringsmodeller.

7.2. Modeller af foderoptagelsens regulering

En oversigtsartikel over arbejder vedrørende opstilling af sammenhænge eller modeller, der beskriver foderoptagelsens regulering, og som kan anvendes til at forudsige foderoptagelsen, er skrevet af Forbes (1978).

I mange tilfælde er sammenhænge mellem foderoptagelsen og egenskaber ved foderrationen og hos dyret søgt beskrevet ved regressionsligninger. De egenskaber hos køerne, der har været brugt i denne forbindelse, er først og fremmest deres vægt, mælkeydelse, vægtændringer samt tidspunkt i laktationsperioden. Af egenskaber ved foderet, som har været brugt, kan nævnes foderets fordøjelighed eller energikoncentration og foderets massetæthed. Lehmann (1941) brugte et omvendt udtryk af fordøjeligheden, nemlig mængden af ufordøjeligt organisk stof (ballast), idet han fandt, at en ko på 500 kg kunne optage 4,3 kg ballast pr. dag.

Den kombinerede effekt på foderoptagelsen af forskellige, samvirkende parametre er søgt beskrevet ved hjælp af simple multiple regressionsligninger, der udtrykker sammenhængen mellem foderoptagelsen og dyrenes og foderets egenskaber (Johnson et al. 1966, Curran et al. 1970, Ekern 1972, Brown et al. 1977, Ettala og Lampila 1978, Harb og Campling 1978, Broster et al. 1979). Det samme gjorde Conrad et al. (1964) i et nu klassisk arbejde, men de fandt, at det var nødvendigt at lave 2 ligninger, hvoraf den ene beskrev optagelsen af foderrationer med en fordøjelighed under 67%. Her var tale om fysisk regulering, og fordøjelseskanalens kapacitet målt ved kg gødningstørstof udskilt pr.

døgn (tilsvarende princip som Lehmann's brug af »ballast«) var en afgørende faktor. Når fordøjeligheden var over 67%, var der tale om stofskifteregulering, og dyrets energibehov var en afgørende faktor.

Monteiro (1972) udviklede et mere raffineret system af ikke-lineære multiple regressionsligninger, som beskrev foderoptagelsens forløb hen gennem laktationsperioden som funktion af køernes mælkeydelse, vægtændringer og vedligeholdelsesbehov. For at få foderoptagelseskurvens forløb i laktationsperioden til at passe, måtte ligningerne indbefatte et led, som udtrykte en meget forsinket reaktion på ændringen i energibehovet i begyndelsen af laktationen. En så stor forsinkelse er usandsynlig og stærkt afvigende fra den ret umiddelbare respons på øget energibehov, der er konstateret hos andre dyr (Forbes 1978). Årsagen er formentlig bl.a., at der ikke er taget hensyn til begrænsninger i fordøjelseskanalens kapacitet (Fysisk regulering).

Lineære og ikke-lineære multiple regressionsligninger er i nogle tilfælde indbygget i computersystemer beregnet til brug ved foderplanlægning (Brown og Chandler 1978, Jones et al. 1978, Sniffen et al. 1980).

Forbes (1977, 1978, 1979 og 1980) har for at beskrive malkekøernes (eller drøvtyggernes) foderoptagelse arbejdet med dynamiske modeller, d.v.s. modeller, der beskriver, hvordan et system løbende er i bevægelse under påvirkning af forskellige faktorer. Forbes (1977) tog det første skridt i den retning, da han på grundlag af Conrad et al's (1964) to multiple regressionsligninger opstillede en model, som beskrev forløbet af foderoptagelsen gennem laktationsperioden. Denne model skulle ved forskellig fordøjelighed af foderet og varierende mælkeproduktion løbende kunne beskrive foderoptagelsen, uanset om denne var bestemt af fysiske begrænsninger eller af stofskiftet.

Forbes (1978, 1980) er gået videre til udvikling af en simuleringsmodel af korttidsreguleringen. Denne model går helt ned til minut for minut beregninger, således at en aktion (foderoptagelse eller andet) i næste øjeblik påvirker dyrets reguleringsmekanismer og fremkalder en reaktion tilbage på foderoptagelsen. Modellen simulerer start og stop på de enkelte måltider og måltidernes antal og størrelse i løbet af døgnet. Reguleringen er her baseret på størrelsen af energiabsorptionen fra fordøjelseskanalen i forhold til dyrets behov eller mulighed for at omsætte energien. Fordøjelseskanalens kapacitet (vommen fyldt) er også med til at stoppe den simulerede foderoptagelse, og de løbende beregninger er her baseret på nedbrydningshastighed og passagehastighed i fordøjelseskanalen. Når parametre ved dyret blev varieret for at simulere vækst, fedning, drægtighed eller laktation gav modellen estimerede foderoptagelser, der var i god overensstemmelse med observerede foderoptagelser hos får (Forbes 1980).

Ellis (1978) har arbejdet med modeller, der simulerer optagelsen hos græssende dyr ud fra den fysiske og kemiske omsætning og passagehastigheden i fordøjelseskanalen.

Forudsigelse af foderoptagelsen er også inkorporeret i systemmodeller, der

f.eks. beregner den forventede tilvækst eller mælkeproduktion på et givet græsareal under forskellige klima- og jordbundsforhold (Forbes 1978).

De avancerede modeller (fysiologiske modeller) kræver så megen computerkapacitet og -tid, at de sandsynligvis kun vil være anvendelige til forskningsformål samt til beskrivelse af større sammenhængende systemer i praksis og ikke til brug for den løbende styring af køernes fodring. I praksis kan kun bruges relativt enkle funktioner, der beskriver foderoptagelsens sammenhæng med nogle vigtige parametre.

Der kan aldrig forventes en præcis forudsigelse af foderoptagelsen ved hjælp af disse modeller. Der er variationsårsager, som er ukendte eller ikke har kunnet tages med i modellen. En eller flere af de uafhængige variable kan være korrelerede med andre, som ikke er med i regressionen. Modellen virker da ikke godt på situationer, hvor sådanne andre faktorer, der påvirker optagelsen, er forskellige fra, hvad de var under de forsøgsbetingelser, hvorunder modellen blev afledt. Brug af multiple regressionsligninger har givet mange problemer, fordi de forskellige uafhængige variable meget ofte er indbyrdes korrelerede.

Modellerne vil dog være et godt redskab til at foretage et skøn over foderoptagelsen. I dette kapitel beskrives foderoptagelsens afhængighed af foderets og koens egenskaber samt foderstyring ved brug af forskellige fodringsprincipper. Estimaterne herfra skal korrigeres for forskelle i foderkvalitet m.m. som beskrevet i kapitel 8.

7.3. Foderoptagelse i relation til foderrationens egenskaber

Hvis foderet tilfredsstiller kravene til den fysiske struktur, vil foderoptagelsen i den første del af laktationsperioden normalt være bestemt af fysiske begrænsninger i fordøjelseskanalens kapacitet. Hvis der fortsat skal fodres efter ædelyst, vil det også være nødvendigt i den senere del af laktationsperioden samt i goldperioden at sammensætte foderrationen således, at optagelsen begrænses af den fysiske kapacitet (se kap. 6). De afgørende egenskaber ved foderet i relation til foderoptagelsen er derfor dem, der bestemmer med hvilken hastighed det optagne foder fjernes fra vommen: Fordøjelseshastigheden (k_f) og passagehastigheden for de ufordøjede partikler (k_p) (figur 7.1). Til brug for estimeringen af foderoptagelsen er det derfor nødvendigt at søge en karakteristik af fodermidlerne, der har relation til disse egenskaber.

Andre faktorer kan få foderoptagelsen til at variere omkring det niveau, som sættes af den fysiske kapacitet, idet koen udnytter sin kapacitet mere eller mindre stærkt. Det gælder f.eks. foderets smag. En god smag får koen til at presse kapacitetsudnyttelsen op, så den æder mere og omvendt med en dårlig smag. Noget tilsvarende gælder styrken af koens sult. Disse faktorer er imid-

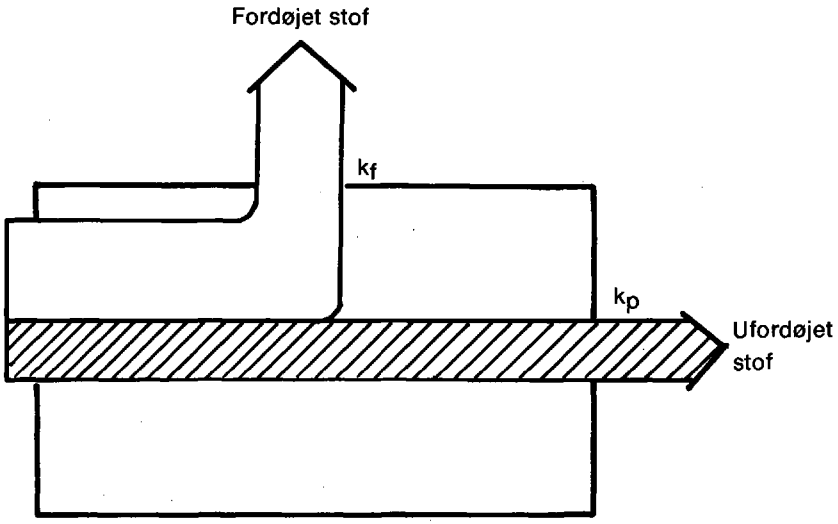


Fig. 7.1. Foderets fordøjelseshastighed (k_f) og passagehastighed (k_p) er afgørende for foderoptagelsen.

lertid vanskelige at karakterisere eller bestemme. Derfor lægges hovedvægten på en beskrivelse af den fysiske regulering og brugen heraf til styring af foderoptagelsen.

Som grundlag for beskrivelserne bruges resultater af danske fodringsforsøg. Til det formål er kun valgt de fodringsforsøg, hvor der enten er fodret med faste kraftfodermængder og grovfoder efter ædelyst eller med fuldfoder efter ædelyst. Forsøgene er udført med SDM og RDM køer. De udledte funktioner er primært baseret på resultaterne af en forsøgsserie, i hvilken der blev fodret med græsensilage med varierende foderværdi og med forskellige kraftfodermængder (Kristensen 1982). Inden for denne serie varierer de parametre, der sættes i relation til foderoptagelsen, inden for et bredt område, og resultaterne omfatter både 1. kalvs køer og ældre køer. I dette afsnit bruges resultater, som stammer fra perioden 8–20 uger efter kælvning, hvor foderoptagelsen er på det maximale niveau.

De estimater, der frembringes på grundlag heraf, er derefter afprøvet mod resultater af andre forsøg og forsøg med andre fodermidler.

Som udtryk for en gennemsnitsbesætning bruges en gruppe af køer med ca. 35% 1. kalvs køer. Den gennemsnitlige vægt af 1. kalvs køer i forsøgene var 500± 42 kg, og vægten af køer i 2. og senere laktationer var 575± 54 kg. For den forannævnte gruppe giver det en gennemsnitlig vægt på ca. 550 kg. Som det senere skal beskrives, er der tale om vægten umiddelbart efter kælvning.

7.3.1. Kraftfoderets påvirkning af grovfoderoptagelsen

Når kraftfoder og grovfoder udfodres separat, og grovfoderet gives efter ædelyst, er det nødvendigt at vide, hvor stor en mængde grovfoder køerne vil æde sammen med en given mængde kraftfoder. Der er derfor lavet adskillige forsøg, som belyser, hvordan varierende mængder kraftfoder påvirker grovfoderoptagelsen. Thomas (1980) har ved en litteraturgennemgang fundet, at ensilageoptagelsen i gennemsnit er faldet med 0,50 kg tørstof for hvert kg tørstof, der er givet mere i kraftfoder. På grundlag af franske forsøgsresultater blev det konkluderet, at reduktionen i optagelsen af grovfoder som følge af stigende kraftfodermængde er større, når grovfoderet har en høj foderværdi, end når det er grovfoder med lav værdi (Dulphy 1980). Østergaard (1979) og Dulphy (1980) fandt, at den marginale reduktion i ensilageoptagelsen øges med stigende kraftfoderniveau.

Også disse forhold er søgt yderligere belyst i de senere års foderstyringsforsøg. I disse forsøg er fordøjeligheden af græsensilage varieret fra ca. 65 til ca. 85% og mængden af kraftfoder fra 3,5 til 9,6 kg tørstof (Kristensen 1982). Kraftfoderets andel af det totale tørstof varierede fra 20 til 55%. I god overensstemmelse med Thomas's konklusion faldt optagelsen af ensilagetørstof med 0,47 ± 0,03 kg tørstof for hvert kg tørstof, der blev givet mere i kraftfoder (figur 7.2).

Der var ingen signifikant vekselvirkning mellem ensilagens fordøjelighed og mængden af kraftfoder. Den fra litteraturen nævnte forskel på kraftfodermængdens virkning på grovfoderoptagelsen ved høj og lav fordøjelighed af grovfoderet har således ikke kunnet verificeres. Inden for de undersøgte intervaller for kraftfodermængder og ensilagens fordøjelighed er forskellene så små, at de er vanskelige at påvise og af ringe praktisk betydning.

Der kunne heller ikke påvises nogen stærkere virkning ved at øge kraftfodermængden fra 6,5 til 9,5 kg tørstof end ved at gå fra 3,5 til 6,5 kg tørstof (figur 7.2). Heller ikke i svenske forsøg med kraftfodertilskud på ca. 2,5, ca. 5 og ca. 7,5 kg tørstof til hø eller ensilage kunne der påvises en sikker forskel på reduktionen af grovfoderoptagelsen ved forskellige kraftfoderniveauer (Bertilsson et al. 1978).

Kraftfoderets påvirkning af grovfoderoptagelsen kan være afhængig af kraftfoderets sammensætning (se kap. 6). I 3 af de forsøg, hvis resultater ligger til grund for denne diskussion, var stivelsesindholdet i kraftfoderet lavt (10–15%). I ét forsøg var stivelsesindholdet højt (32%), men der kunne ikke erkendes nogen forskel på virkningen på ensilageoptagelsen. Sådanne forskelle kan forventes at være stærkere ved et endnu højere kraftfoderniveau.

Ekern (1972) fandt en meget stærkere reducerende virkning på grovfoderoptagelsen af forøget kraftfodermængde tidligt i laktationen end i senere laktationsafsnit. I nye danske forsøg (Kristensen 1982) var der ingen sikker forskel på effekten i uge 1–8 og i uge 9–15.

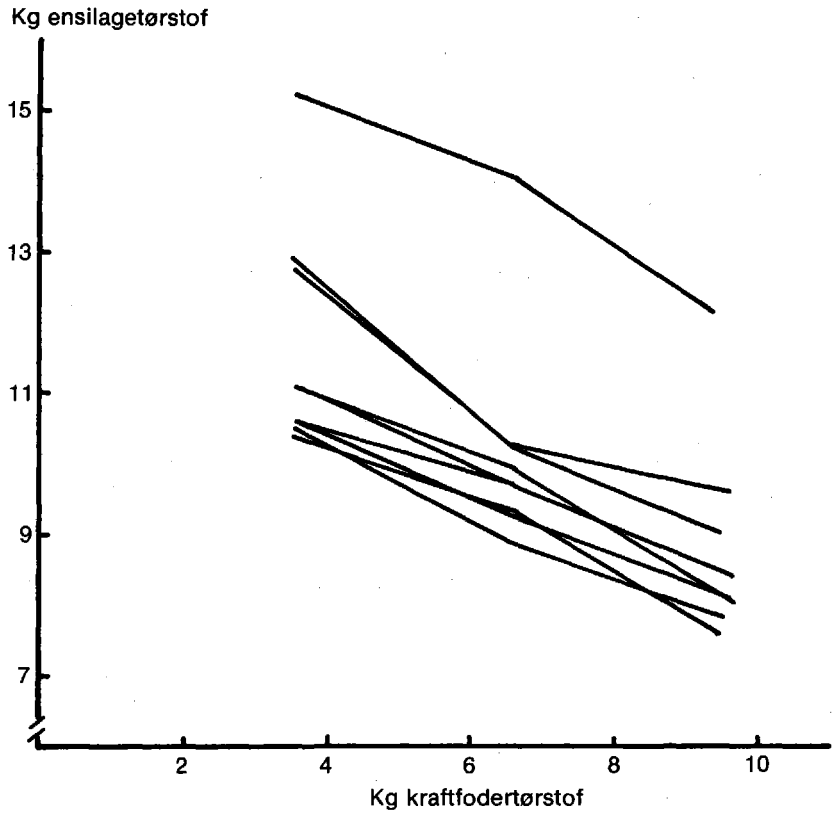


Fig. 7.2. Kraftfodermængdens indflydelse på optagelsen af ensilage (Kristensen 1982).

7.3.2. Foderets fordøjelighed

Fordøjeligheden (FK) defineres i dette kapitel som fordøjeligheden (%) af det organiske stof bestemt hos får, som er fodret på vedligeholdsniveau.

Idet der er sammenhæng mellem et grovfoders fordøjelighed og den hastighed, hvormed det omsættes og nedbrydes i vommen, er der også positiv sammenhæng mellem fordøjeligheden og foderoptagelsen. Thomas (1980) fandt ved en litteraturgennemgang en gennemsnitlig stigning i den daglige ensilageoptagelse på 0,14 kg tørstof pr. enhed, fordøjeligheden af det organiske stof blev forøget. Resultaterne er hentet fra fodringsforsøg med normale foderrationer, hvor ensilagen har været suppleret med kraftfoder. Resultaterne dækkede over store variationer, idet laveste og højeste værdi var henholdsvis ÷ 0,12 og + 0,67 kg ensilagetørstof for + 1 enhed i FK. Østergaard (1979) har fundet en noget større virkning af ensilagens fordøjelighed end foranstående

gns. (+ 0,25 kg tørstof for + 1 enhed i FK). I de senere års danske slættidsforsøg er der fundet en stigning på 0,12 ± 0,02 kg tørstof for + 1 enhed i ensilagens FK.

Idet der som nævnt i foregående afsnit kan være vekselvirkning mellem grovfoderets fordøjelighed og kraftfodermængden, når disse varieres over store intervaller, må kraftfoderniveauet tages i betragtning, når betydningen af

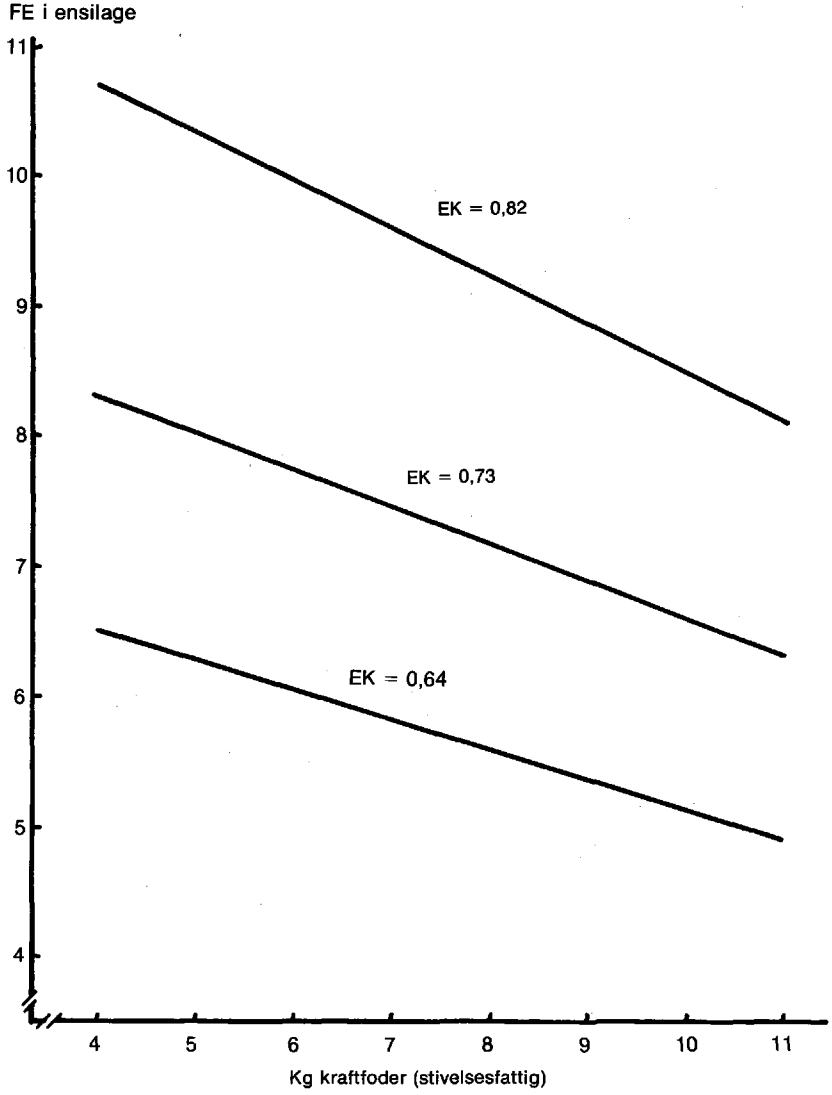


Fig. 7.3. Optagelse af FE i ensilage med forskellig foderværdi (EK = FE/kg tørstof) og ved tilskud af forskellige mængder kraftfoder (Kristensen 1982).

ensilagens fordøjelighed skal vurderes. Der må således ventes større virkning af grovfoderets fordøjelighed, når der ingen kraftfoder gives end ved et højt kraftfoderniveau. Det er i overensstemmelse med, at den høje værdi, som Østergaard (1979) fandt, er fundet ved fodring med grovfoder alene, mens der i slættidsforsøgene blev givet kraftfodertilskud.

Som omtalt i kapitel 6 er der ikke entydig sammenhæng mellem fordøjelighed og foderoptagelse, når forskellige grovfodermidler sammenlignes, idet fordøjelseshastigheden og resistensen mod findeling er forskellig, selv om planterne har samme fordøjelighedskoefficient. For danske græsafgrøder kan der dog ved almindelig sammensætning af foderrationen regnes med en stigning i optagelsen af ensilage på 0,12 – 0,15 kg tørstof for + 1 enhed i FK.

Dette gælder kun under den afgørende forudsætning, at ensilagens tørstofindhold og kvalitet iøvrigt er ens. De danske forsøg er udført med ensilage af god kvalitet, fremstillet af en forvejret afgrøde med et tørstofindhold på 25–40%. Hvis afgrøden tages direkte på roden, medfører en tidligere høst et lavere tørstofindhold, hvilket virker i modsat retning på tørstofoptagelsen (se kapital 8) og helt eller delvist kan opveje den positive virkning af en højere fordøjelighed.

Selv om fordøjeligheden af græsensilage har en relativ lille betydning for optagelsen af ensilage (+ ca. 0,12 kg tørstof for + 1 enhed i FK), så får den en meget stor betydning for, hvor megen ensilage der kan anvendes i en foderration, som skal give grundlag for en relativ høj foderoptagelse. Det er illustreret i figur 7.3. En foderoptagelse på ca. 16 FE kunne opnås med ca. 10 FE af den bedste ensilage + 6 kg kraftfoder, hvorimod det samme foderniveau ved brug af ensilagen med den lave foderværdi kun kunne opnås med ca. 5 FE ensilage og 11 kg kraftfoder.

Den totale foderration omfatter normalt både strukturrige fodermidler med et stort indhold af cellevægsstoffer og strukturfattige fodermidler med et stort indhold af meget let fordøjelige celleindholdsstoffer og en større massetæthed. Disse egenskaber har en afgørende indflydelse på omsætnings- og passagehastigheden i fordøjelseskanalen og dermed på foderoptagelsen, når denne overvejende er fysisk reguleret. For den totale foderration bliver der som følge heraf en ringe sammenhæng mellem fordøjeligheden og foderoptagelsen, hvilket er illustreret i figur 7.4.

Resultaterne i figuren er holdgennemsnit, som stammer fra en forsøgsserie med foderrationer, som bestod af græsensilage med forskellig foderværdi suppleret med forskellige kraftfodermængder.

Problemstillingen er illustreret i figur 7.5, der viser resultater af fodring med græsensilage med 3 forskellige foderværdier, der alle blev suppleret med 3 forskellige mængder kraftfoder. En stigning i fordøjeligheden af ensilage på en enhed medførte ved samme kraftfoderniveau en stigning i optagelsen på ca. 0,12 kg tørstof (som foran nævnt). En forøgelse af kraftfodermængden gav

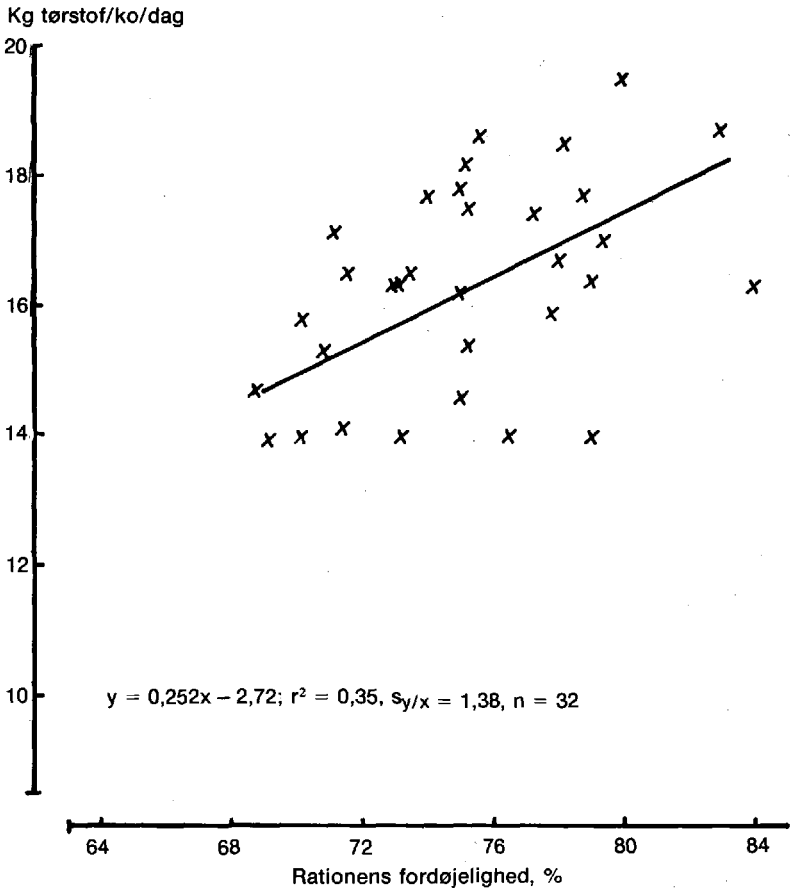


Fig. 7.4. Sammenhæng mellem den totale foderrations fordøjelighed og foderoptagelsen (Kristensen 1982).

enten en ret lille eller slet ingen forøgelse af rationens fordøjelighed. Alligevel førte øgede kraftfodermængder til en kraftig stigning i foderoptagelsen. Det skyldes forskellen i partikelstørrelse og massetæthed og en større omsætnings- og passagehastighed for kraftfoder end for græsensilage. Hældningskoefficienten på 0,25 (figur 7.4) er derfor meningsløs. Ellis (1978) har i modeller illustreret disse årsager til den ringe sammenhæng mellem fordøjelighed og foderoptagelse.

Fordøjeligheden er således ikke et egnet grundlag for estimering af foderoptagelsen ved overvejende fysisk regulering.

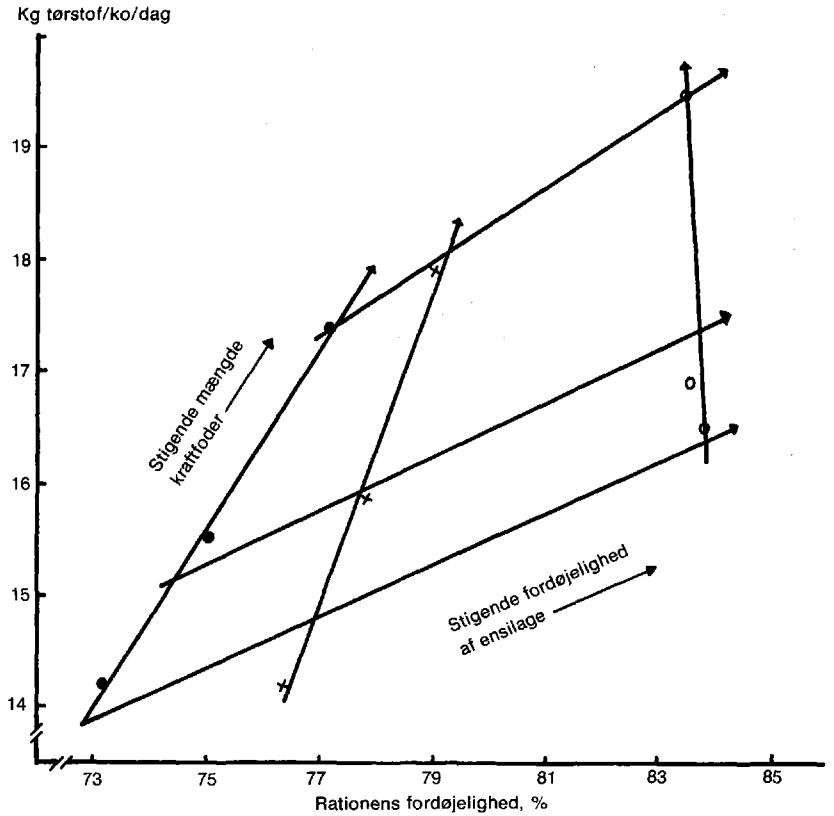


Fig. 7.5. Tørstofoptagelsen i relation til rationens fordøjelighed ved forskellig sammensætning af rationen (Kristensen 1982).

7.3.3. Foderets indhold af cellevægsstoffer henholdsvis træstof

Foderets indhold af cellevægsstoffer og disses tilgængelighed spiller en rolle for foderoptagelsen. Cellevægsfraktionens hovedkomponenter er cellulose, hemicellulose og lignin. En tilnærmet bestemmelse af cellevægsindholdet kan foretages ved hjælp af Van Soest's analysemetode eller beregnes som differencen mellem det totale organiske stof og celleindholdsstofferne (protein, fedt og LHK) (kapitel 3). Sidstnævnte metode er brugt i forbindelse med fodringsforsøg, hvis resultater diskuteres i det følgende.

Træstoffraktionen, der bestemmes ved den almindelige foderstofanalyse, er ikke identisk med cellevægsfraktionen, idet en større eller mindre del af cellevægsstofferne er indeholdt i det, der kaldes NFE-fraktionen (se kapitel 3).

En analyse af sammenhængen mellem foderoptagelsen og foderrationens

træstofindhold baseret på resultaterne af forsøg med græsensilage med forskellig foderværdi samt tilskud af forskellige kraftfodermængder gav følgende resultat:

$$y = 30{,}0 - 0{,}6x;\ r^2 = 0{,}89;\ s_{y/x} = 0{,}58;\ n = 32$$

hvor y = foderoptagelse i kg tørstof/ko/dag
og x = % træstof i foderrationen.

Der var således god sammenhæng mellem træstofindholdet og foderoptagelsen, når der ses på forsøgene med græsensilage. Det samme gjaldt resultater med hø og halm. Af majsensilage med mangelfuld udvikling ved høst, åd køerne noget mindre end beregnet ud fra denne ligning. Ligningen passede ikke på resultater fra slutningen af laktationsperioden eller goldperioden, idet optagelsen da var noget mindre end beregnet.

En tilsvarende beregning foretaget med indholdet af cellevægsstoffer som uafhængig variabel gav en ringere sammenhæng end træstofindholdet. Det skyldes sandsynligvis, at træstofindholdet bedre giver udtryk for cellevægsstoffernes tilgængelighed og dermed for foderets nedbrydelighed og passagehastighed i fordøjelseskanalen. Cellevæggenes og cellevægsstoffernes fordøjelighed og fysiske styrke er meget varierende.

Den absolutte mængde træstof bruges ofte som indikator for, hvor meget køerne kan æde, idet der regnes med, at køerne kan optage i gennemsnit ca. 3,5 kg træstof pr. dag. En analyse af de gennemførte fodringsforsøg viste, at de fleste resultater lå inden for området 3,0 – 4,0 kg træstof pr. dag. Hvis træstofoptagelsen skulle være en god indikator, skulle den være samlet så snævert omkring en bestemt mængde som muligt. Spredningen er for stor til, at det er et godt udtryk, men optagelsen på 3,5 kg træstof er en brugbar tommelfingerregel.

En tilsvarende sammenstilling er forsøgt med mængden af »ballast« (ufordøjeligt organisk stof), der som nævnt tidligere har været brugt som indikator for foderoptagelsen (Lehmann 1941, Conrad et al. 1964). Den viser imidlertid en meget stor spredning. Årsagen er den samme som den, der blev givet under diskussionen af relationerne mellem fordøjelighed og foderoptagelse i afsnit 7.3.2. Idet fordøjelses- og passagehastigheden har så stor en indflydelse på foderoptagelsen, optages der større mængder »ballast«, jo mere kraftfoder der er i rationen. Det kan i princippet illustreres på samme måde som i figur 7.5. Denne egenskab kan derfor ikke bruges til estimering af foderoptagelsen.

7.3.4. Foderets energikoncentration

Figur 7.6 viser sammenhængen mellem foderrationens energikoncentration (EK) (FE/kg tørstof) og tørstofoptagelsen. De med kryds mærkede resultater stammer fra de tidligere beskrevne forsøg med græsensilage og forskellige mængder kraftfoder. I denne illustration er desuden medtaget resultater fra

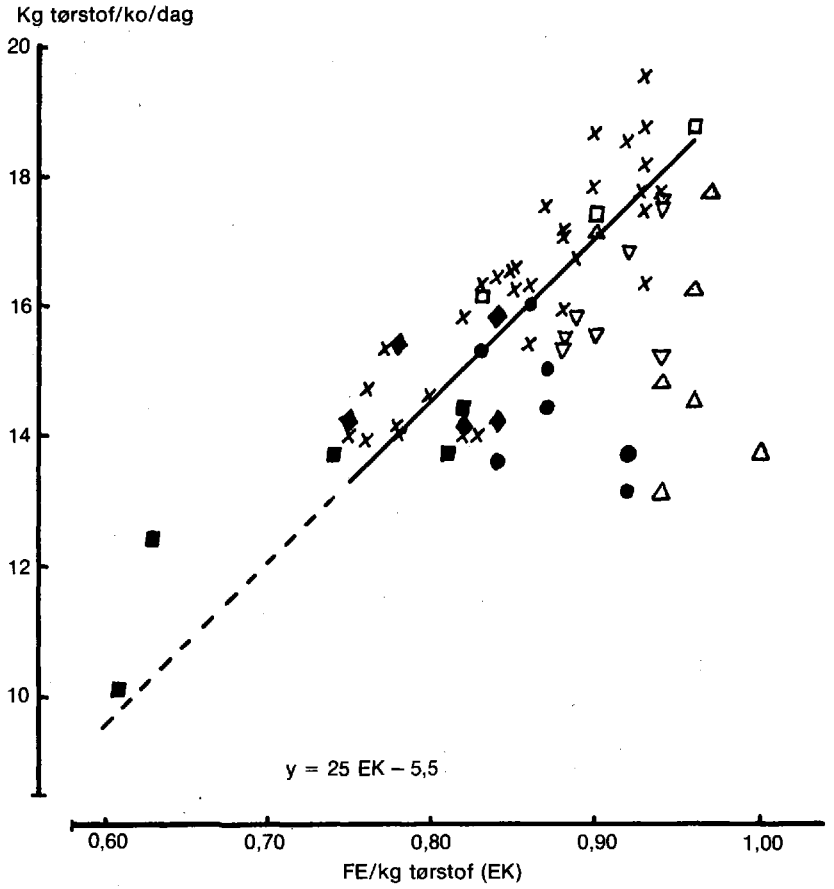


Fig. 7.6. Sammenhæng mellem energikoncentrationen og foderoptagelsen.

- Græsensilage
- Græsensilage + roer + halm
- Helsædsensilage
- Majsensilage
- Halm (ubehandlet og kemisk behandlet)
- Hø

Første halvdel af laktationsperioden

Sidste halvdel af laktationsperioden + goldperioden

forsøg med rationer med andre grovfoderemner og forsøg udført i forskellige afsnit af laktationsperioden samt goldperioden.

En regressionsberegning udført på grundlag af de 32 resultater (holdgennemsnit) mærket med krydser gav følgende resultat:

$$y = 25{,}3\ EK - 5{,}4;\ r^2 = 0{,}86;\ S_{y/x} = 0{,}63;\ n = 32$$

hvor y = kg tørstof/ko/dag

I figuren er vist en afrundet funktion:

$$y = 25\ EK - 5{,}5$$

som er brugt ved de efterfølgende beregninger.

Også her viser det sig, at nogle resultater med majsensilage ligger lavere end de andre. I dette tilfælde gælder det samme for to partier af helsædsensilage af meget tidligt høstet byg (1 uge efter begyndende skridning). Derudover var der en tilfredsstillende sammenhæng også for andre fodermidler og for forskellige laktationsafsnit. Grunden til den ret gode sammenhæng er, at det skandinaviske foderenhedssystem tillægger de let fordøjelige fodermidler en relativ stor energiværdi i forhold til grovfoderet. Denne forskel falder sammen med den store forskel på omsætnings- og passagehastigheden i fordøjelseskanalen og dermed foderoptagelsen. Ligningen kan kun anvendes til blandede foderrationer og giver et enkelt udtryk for, hvilket krav der stilles til energikoncentrationen for at opnå en ønsket foderoptagelse.

Energikoncentrationen er imidlertid et indirekte udtryk for fodermidlernes egenskaber med relation til den potentielle foderoptagelse. Det giver bl.a. ringe hensyntagen til forskelle i fodermidlernes fysiske egenskaber, som har stor betydning for foderoptagelsen. Det vil derfor være rigtigt at basere bedømmelsen af foderoptagelsen på egenskaber, der har mere direkte relation til foderoptagelsen.

7.3.5. Foderoptagelse bedømt på grundlag af en fyldefaktor for fodermidler

Som nævnt er foderoptagelsen afhængig af den plads, foderet optager i vommen, hvilket igen er et resultat af foderets omsætnings- og passagehastighed. Hvis disse egenskaber kan udtrykkes i en enkelt karakter for fylde for det enkelte fodermiddel, og der samtidig kan fastsættes en maksimal fylde for den enkelte ko som udtryk for, hvor meget koen kan æde, kan foderoptagelsen på en enkel måde bedømmes ved hjælp af følgende formel:

$$\sum_{i=1}^{n} TS_i \times FF_i = K$$

hvor TS_i = kg tørstof af det i'te fodermiddel.
FF_i = fyldefaktor pr. kg tørstof for det i'te fodermiddel.
og K = en konstant, som angiver den totale fylde af det foder, som koen er i stand til at fortære.

Et sådant system er foreslået af Hyppölä og Hasunen (1970) og senere diskuteret af Østergaard (1979).

Fyldefaktorer for forskellige fodermidler er ud fra foreliggende forsøgsresultater fastsat på følgende måde. Der er foretaget en beregning af fyldefaktorer i relation til energikoncentrationen ud fra den i foregående afsnit beskrevne sammenhæng mellem energikoncentrationen og foderoptagelsen. Den gav følgende resultat:

$$FF = 1–0{,}7\ EK$$

Denne sammenhæng er baseret på forsøg med ensilage med varierende foderværdi suppleret med forskellige kraftfodermængder (Kristensen 1982). Da energikoncentrationen i kraftfoderblandingerne i gennemsnit var 1,12 FE/kg tørstof, bliver FF for kraftfoder 0,22.

Den gennemsnitlige energikoncentration af græsensilagen var 0,71 FE/kg tørstof, hvilket giver en FF = 0,503. For græsensilage beregnes sammenhængen mellem energikoncentrationen og FF ud fra variationen i ensilageoptagelsen alene. I afsnit 7.3.2 blev det konkluderet, at tørstofoptagelsen blev øget med 0,12 kg tørstof for hver gang FK blev øget med en enhed. Dette materiale viser på tilsvarende måde, at ensilageoptagelsen blev øget med ca. 1 kg tørstof, når energikoncentrationen øgedes med 0,1 FE/kg tørstof. På dette grundlag samt den gennemsnitlige FF på 0,503, der angiver niveauet for græsensilage i forhold til kraftfoder, er følgende funktion udledt til beregning af FF for græsensilage:

$$FF_{græsensilage} = 0{,}88 - 0{,}53\ EK$$

Denne funktion kan anvendes for græsmarksafgrøder, som ikke er stærkt findelt, d.v.s. en snitlængde på 2 cm og derover (jf. kapital 8).

En sammenligning af denne ligning med den, der foran er angivet for hele foderrationen (FF = 1 – 0,7 EK), viser, at den enkle sammenhæng mellem EK og foderoptagelsen ikke er god. En ændring i ensilagens energiværdi giver ikke anledning til samme ændring i foderoptagelsen som en ændring af foderrationens energikoncentration fremkaldt ved at ændre forholdet mellem kraftfoder

og ensilage. Også her gør kraftfoderets anderledes fysiske struktur og lettere tilgængelighed sig gældende. Forholdet er i princippet det samme som det, der blev beskrevet angående sammenhængen mellem fordøjeligheden og foderoptagelsen (figur 7.5), men skævheden er betydelig mindre ved brug af EK som uafhængig variabel.

FF kan også bestemmes ud fra fordøjeligheden og træstofindholdet, idet følgende funktioner er baseret på sammenhængen mellem træstofindholdet, FK og EK:

$$FF_{græsensilage} = 1{,}01 - 0{,}007\ FK$$

$$FF_{græsensilage} = 0{,}013\%\ træstof + 0{,}12$$

De fodermidler, der indgår i færdige foderblandinger til køer, er ret stærkt findelte, og en sådan findeling er af afgørende betydning for fodermidlernes fylde. Selv om fodermidlernes omsætningshastighed fortsat vil påvirke foderoptagelsen, er betydningen heraf meget reduceret, når fodermidlerne er stærkt findelte. Indtil videre kan der derfor anvendes en og samme fyldefaktor (0,22) for alle findelte og eventuelt pelleterede kraftfodermidler og foderblandinger.

For roer kan fyldefaktoren på grundlag af resultater med ombytning af roer og byg (Krohn og Andersen 1979) fastsættes til 0,25.

Optagelsen af ubehandlet og kemisk behandlet halm er undersøgt af Kristensen og Andersen (1980 a og b). For ubehandlet, snittet, byghalm (EK = 0,30 FE/kg tørstof) kan FF fastsættes til 0,80. For ammoniakbehandlet halm kan FF sættes til 0,70 og for snittet NaOH-behandlet halm til 0,60 pr. kg tørstof på grundlag af forsøgsresultaterne.

For majsensilage og helsædsensilage er der som foran vist en ringe sammenhæng mellem EK og foderoptagelsen. Optagelsen af disse afgrøder stiger imidlertid betydeligt med stigende udviklingstrin frem til et vist niveau. Denne udvikling er forbundet med en øget kerneandel og reduceret stråandel. Det kommer til udtryk i et faldende træstofindhold. Brabander et al. (1979) fandt en nøje sammenhæng mellem træstofindholdet og optagelsen af majsensilage ($r = -0{,}90$), der faldt med ca. 0,3 kg tørstof for hver procentenhed træstofindholdet steg. Dette resultat er i god overensstemmelse med resultater af forsøg med helsæd af byg (Kristensen et al. 1979 a).

På denne baggrund samt på grundlag af resultater af fodringsforsøg med helsædsensilage (Kristensen et al. 1979 a, Kristensen 1982) og majsensilage (Krohn og Andersen, 1980) opstilles følgende funktioner til beregning af FF for helsædsensilage og majsensilage:

Helsædsensilage: $FF = 0{,}015\%\ træstof + 0{,}11$
Majsensilage: $FF = 0{,}015\%\ træstof + 0{,}17$

For øvrige fodermidler fastsættes fyldefaktoren foreløbig mere eller mindre skønsmæssigt. Tabel 7.1 viser eksempler på forskellige fodermidlers FF-værdier.

Tabel 7.1 Fyldefaktor (FF) for forskellige fodermidler (jvf. app. B).

Fodermiddel	FF/kg ts.
Kraftfoder (pelleterede blandinger og korn formalet eller valset)	0,22
Roer, roeaffald, mask, grønpiller m.m.	0,25
Græsensilage (EK = 0,80)	0,46
Græsensilage (EK = 0,70)	0,51
Græsensilage (EK = 0,60)	0,56
NH_3-behandlet byghalm	0,70
Ubehandlet byghalm	0,85

På grundlag af foderoptagelsesforsøgenes resultater er der beregnet konstanter (K) til brug i foderoptagelsesfunktionen. Den gennemsnitlige foderoptagelsesevne hos en blandet gruppe af køer med 35% 1. kalvs køer og 65% ældre køer (gns. vægt 550 kg) i perioden med maksimal foderoptagelse (10–20 uger efter kælvning) svarer til en konstant på 6,28.

Den forventede foderoptagelse er beregnet for et stort antal forsøgshold ved hjælp af det foran beskrevne system og sammenlignet med den fundne optagelse i figur 7.7.a. og b. I figur 7.7. a. vises sammenligningen for de resultater, (forsøg med slættidspunkt og kraftfodermængder) der har ligget til grund for systemets udledning, og i figur 7.7.b. er systemet afprøvet med resultaterne af en række forsøg med andre fodermidler. I disse andre forsøg indgik forskellige grovfodermidler: Græsensilage + roer + halm, hø, NH_3-behandlet halm, NH_3-behandlet halm + græsensilage, NaOH-behandlet halm, græsensilage + snittet halm, helsædsensilage, majsensilage.

Den forventede tørstofoptagelse (TS) af en fuldfoderblanding beregnes på følgende måde;

$$TS = \frac{K}{\sum \% \, TS_i \times FF_i/100}$$

hvor % TS_i er % (på tørstofbasis) af det i'te fodermiddel i fuldfoderblandingen.

Optagelsen af et ad libitum foder ($TS_{ad\ lib.}$) ved faste mængder tilskudsfoder beregnes som følger:

$$TS_{ad\ lib.} = \frac{K - \sum TS_i \times FF_i}{FF_{ad\ lib.}}$$

hvor TS_i og FF_i er henholdsvis kg tørstof af og fyldefaktor for det i'te tilskudsfodermiddel og $FF_{ad\ lib.}$ er fyldefaktor for ad libitum foderet.

Dette system synes at fungere tilfredsstillende, og det bygger på et princip, som det vil være hensigtsmæssigt at basere den fremtidige foderoptagelsesvurdering på. Samtidig er det beregningsmæssigt enkelt at anvende. Fastsættelsen af fyldefaktorer kan blive forbedret, efterhånden som der foreligger flere resultater at lægge til grund herfor. Fyldefaktoren må forventes at have nær sammenhæng med tyggetiden, som er beskrevet i kapitel 3, således at denne på længere sigt kan udgøre et vigtigt grundlag for fastsættelsen af fodermidlernes karakterer for fylde.

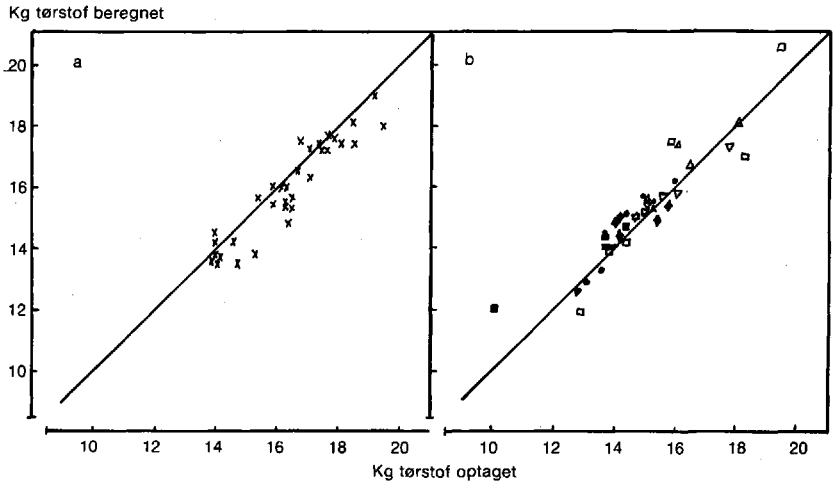


Fig. 7.7. Sammenhæng mellem den observerede foderoptagelse og den forventede beregnet ved hjælp af den opstillede funktion: $TS_i \times FF_i = K$.

a. Resultater fra forsøg med græsensilage og forskellige mængder kraftfoder – brugt som grundlag for funktionen.

b. Resultater fra andre forsøg med forskellige grovfodermidler udført i forskellige dele af laktationsperioden samt goldperioden. Signaturer som i figur 7.6.

7.4 Foderoptagelse i relation til koens egenskaber

Der er stor forskel på de enkelte køers foderoptagelse. I perioden, hvor køerne har maksimal foderoptagelse, er variationsbredden for den daglige tørstofoptagelse, når køerne fodres efter ædelyst med samme ration, af størrelsesordenen 6–7 kg. Dertil kommer, at der er forskelle på optagelsen i forskellige dele af laktationsperioden.

En del af denne variation vil kunne beskrives ud fra sammenhænge med nogle registrerbare egenskaber hos koen. I dette afsnit beskrives sådanne sammenhænge med henblik på at benytte dem i forbindelse med foderstyringen.

7.4.1. Koens størrelse og alder

Koens størrelse har så stor en betydning for fordøjelseskanalens kapacitet, at det er nødvendigt at tage denne i betragtning.

Almindeligvis bruges koens vægt som udtryk for størrelse i denne forbindelse. Vægten varierer imidlertid stærkt i løbet af drægtigheds- og laktationscyklen, og disse variationer har ikke noget at gøre med størrelsen (kap. 2). Tværtimod kan en stærk vægtforøgelse som følge af fedtaflejring sænke foderoptagelsen. I forbindelse med forsøg er det derfor afgørende nødvendigt, at vægtbestemmelsen standardiseres så godt som muligt. I de senere års danske forsøg er derfor den vægt, som er registreret 3–5 dage efter kælvning, brugt som udtryk for koens størrelse, idet der tilstræbes et ensartet huld omkring kælvning. I det materiale, der er beskrevet i det efterfølgende, er denne vægt brugt, uanset på hvilket tidspunkt i laktationsperioden foderoptagelsen er registreret.

Denne fremgangsmåde giver visse problemer med de unge køer, som vokser i løbet af laktationsperioden, men det er alligevel bedre end andre alternativer.

Der er på det foreliggende forsøgsmateriale foretaget en analyse af vægtens og alderens (1. kalvs køer contra køer i 2. og senere laktation – herefter benævnt ældre køer) indflydelse på foderoptagelsen. Det skal understreges, at dyrene i alle disse forsøg har været bundne og er fodret individuelt, således at den sociale rangorden ikke har haft nogen indflydelse på resultaterne.

I 4 forsøg med ialt 204 køer, hvor der blev fodret med græsensilage og kraftfoder separat, fandtes en forskel på den daglige tørstofoptagelse mellem 1. kalvs og ældre køer på i gennemsnit ca. 2,5 kg tørstof (Kristensen 1982). Idet kraftfoderet blev tildelt i ens mængder til alle køer, er dette resultat udtryk for forskellen på ensilageoptagelsen.

Dette fodringsprincip medfører, at den totale foderrations energikoncentration er højere hos 1. kalvs køer end hos ældre køer eftersom alle køer får ens kraftfodermængde, men de ældre køer æder mere grovfoder end de unge. For at vurdere aldersforskellens betydning for optagelsen af den samlede foderration, må der sammenlignes ved ens rationssammensætning, idet foderoptagelsen

korrigeres til samme EK. En sådan analyse viste, at forskellen på den totale tørstofoptagelse af samme ration var 3–4 kg tørstof.

På basis af resultaterne er der foretaget beregninger af de konstanter, der skal indgå i foderoptagelsesfunktionen for de to aldersgrupper. Ved maksimal foderoptagelse fandtes følgende værdier:

1. kalvs køer: K = 5,43
Ældre køer: K = 6,73

Den registrerede forskel på optagelsen af ensilage (ca. 2,5 kg tørstof) er i overensstemmelse med resultater opnået af Krohn og Konggaard (1976), som fandt en forskel på optagelsen af ensilagetørstof mellem 1. kalvs køer og ældre køer på 2,3–2,4 kg. Tilskudsfoderet til de to aldersgrupper var også her ens. Østergaard (1979) fandt en meget mindre forskel (ca. 1 kg tørstof), hvilket delvis kan forklares af en mindre vægtforskel mellem aldersgrupperne og en stor andel 2. kalvs køer samt et større tilskudsfoder og mindre optagelse af ensilage, der tillige var af lidt ringere kvalitet og foderværdi.

Østergaard (1979) viste, at forskellene på foderoptagelsen mellem 1. kalvs- og ældre køer formindskes hen igennem laktationsperioden, hvilket skyldes, at køerne fortsat vokser og udvikler sig i første laktationsperiode.

Når betydningen af køernes vægt for foderoptagelsen skal undersøges, er det nødvendigt at analysere inden for aldersgrupper, idet virkningen af aldersforskelle ellers forøger vægteffekten betydeligt. På materialet fra forsøg, hvor der er fodret separat og med fast tilskudsfoder, er der foretaget en korrektion af foderoptagelsen til samme energikoncentration ved forskellig vægt ligesom ved sammenligning af aldersgrupper. Materialet omfatter 292 køer i 6 forsøg, hvor der i 2 forsøg blev fodret med fuldfoder.

Analysen viste, at optagelsen af den totale ration stiger med 1,7 ± 0,2 kg tørstof for hver 100 kg, vægten er større. Materialet viste ikke nogen sikker forskel på effekten i de to aldersgrupper.

I forsøgene med separat tildeling af fodermidler undersøgtes variationen i ensilageoptagelsen i forhold til vægten. Den varierede med ca. 1,4 kg tørstof for hver 100 kg forskel i vægt. Der kunne ikke påvises nogen vekselvirkning med ensilagens fordøjelighed.

Ved hjælp af foderoptagelsesfunktionen samt korrektioner for vægtforskelle kan der opstilles tabeller over den forventede foderoptagelse hos køer i forskellige aldersgrupper og med forskellig vægt. Et eksempel er givet i tabel 7.2.

Tabel 7.2 Beregnet optagelse af et fuldfoder med en fyldefaktor på 0,35 og en energikoncentration på 0,92 FE/kg tørstof

	Vægt kg	Kg tørstof dgl. Ialt	Pr. 100 kg lv.	g tørstof pr. $kg^{0.75}$	FE
1. kalvs køer	350	13,0	3,71	161	12,0
1. kalvs køer	400	13,8	3,45	154	12,7
1. kalvs køer	450	14,7	3,27	150	13,5
1. kalvs køer	500	15,5	3,10	147	14,3
1. kalvs køer	550	16,4	2,98	144	15,1
Ældre køer	400	16,2	4,05	181	14,9
Ældre køer	450	17,1	3,80	175	15,7
Ældre køer	500	17,9	3,58	169	16,5
Ældre køer	550	18,8	3,42	166	17,3
Ældre køer	575	19,2	3,34	164	17,7
Ældre køer	600	19,6	3,27	162	18,0
Ældre køer	650	20,5	3,15	159	18,9
Ældre køer	700	21,3	3,04	157	19,6

I eksemplet forudsættes en fuldfoderration, således at foderets egenskaber holdes konstante, og kun virkningen af køernes egenskaber kommer til udtryk. I afsnit 7.5 sammenlignes dette fodringsprincip med et princip hvor fodermidlerne tildeles separat, og kun grovfoder (evt. et blandet grundfoder) gives efter ædelyst.

Resultaterne viser ved samme vægt en forskel på optagelsen hos 1. kalvs- og ældre køer på 2,4 kg tørstof. Denne forskel skyldes formodentlig, at 1. kalvs køernes fordøjelsesorganer ikke er fuldt udviklede.

I tabel 7.2 er også anført optagelsen i % af legemsvægten samt optagelsen i forhold til den fysiologiske vægt ($V^{0.75}$). Det bemærkes, at disse størrelser varierer i forhold til vægten, at der altså ikke er direkte proportionalitet mellem optagelsen og vægten eller den fysiologiske vægt. Disse mål bruges meget som mål for foderoptagelsen, hvilket må betragtes som uheldigt, idet de almindeligvis opfattes som et middel til korrektion for vægtforskelle.

Det foreliggende forsøgsmateriale giver ikke mulighed for at sammenligne racer, og muligheden for raceforskelle kan ikke afvises. Forsøgene er hovedsageligt udført med SDM køer med et ringe islæt af Holstein Friesian. Den udledte funktion må indtil videre antages at kunne anvendes på RDM, SDM og DRK. I tabel 7.2 er beregningerne ekstrapoleret ned til vægte, der ligger betydeligt under det interval, som blev dækket af forsøgene. Herved dækker tabellen også de størrelser, som svarer til Jersey køer. Den herved beregnede foderoptagelse synes at være i rimelig god overensstemmelse med, hvad der normalt forekommer hos Jersey køer.

På dette grundlag kan der fastsættes følgende K-værdier til optagelsesfunktionen for Jersey køer ved maksimal foderoptagelse:

1. kalvs køer: 4,62
Ældre køer: 5,72

Det svarer til ca. 85% af værdierne for de tunge racer.

Som nævnt indskrænkes forskellen på foderoptagelsen mellem 1. kalvs køer og ældre køer senere i laktationsperioden. Derfor skal konstanten i foderoptagelsesfunktionen for 1. kalvs køer hæves. Den kan fastsættes til følgende:

	Tunge racer	Jersey
30 uger efter kælvning	5,80	4,95
40 uger efter kælvning	6,20	5,25

7.4.2. Koens ydelse, laktationsstadium og huld

Der er positiv korrelation mellem foderoptagelsen og mælkeydelsen. En multipel regressionsligning med aldersgruppe, EK (individuelle EK), vægt og ydelse som uafhængige variable blev udledt på grundlag af det foreliggende materiale (292 køer) uden hensyntagen til forskelle vedrørende foderart, fodringsprincip m.v. Foderoptagelsen varierede med 0,14 kg tørstof/dag for hvert kg mælk den enkelte ko's ydelse afveg fra gruppens gennemsnitlige ydelse. En sådan multipel regressionsligning kunne beskrive 57% af den totale individuelle variation i foderoptagelsen.

Regressionskoefficienten på 0,14 er i god overensstemmelse med, hvad der er fundet i andre undersøgelser, hvor optagelsen oftest har varieret med 0,1–0,2 kg tørstof pr. kg mælk (Curran et al. 1970, Andersen et al. 1972, MAFF 1975, Broster et al. 1979, Østergaard 1979).

Som det har været tilfældet i de foran beskrevne relationer mellem koens egenskaber og foderoptagelsen, må der også her regnes med, at variationen i tørstofoptagelsen i forhold til en given egenskab afhænger af, hvor stor en del af rationen, der gives som ad libitum foder. Den vil være størst ved fodring med fuldfoder (fast EK) og mindst ved et lille ad libitum foder (varierende EK).

Der er således positiv sammenhæng mellem en stor kapacitet til at omsætte foder og ydeevnen. Østergaard (1979) finder, at denne positive sammenhæng bliver mere udtalt hen igennem laktationen. Således varierer optagelsen af ensilage af middel kvalitet udtrykt i kg ensilagetørstof pr. kg 4% mælk ydelsen afviger fra gennemsnittet med:

1–12 uger efter kælvning: 0,04 (ved EK = 0,8–0,9 ca. 0,1)
13–24 uger efter kælvning: 0,08 (ved EK = 0,8–0,9 ca. 0,2)
25–36 uger efter kælvning: 0,11 (ved EK = 0,8–0,9 ca. 0,3)

En individuel graduering af den estimerede foderoptagelse kan opnås ved foruden at tage hensyn til vægt og alder at korrigere tørstofoptagelsen i forhold til individets afvigelse i ydelse fra besætningsgennemsnittet for den pågældende aldersgruppe. Til dette formål kunne f.eks. bruges de tre første kontrolleringer efter kælvning.

I løbet af drægtigheds-/laktationscyklen sker der så store ændringer i koens fysiologiske status, at det har stor indflydelse på foderoptagelsen og dermed på forløbet af foderoptagelseskurven. I den første tid efter kælvning stiger foderoptagelsen, men den når maksimum noget senere end mælkeydelsen. Den nævnte stigning er større, jo mere energirig rationen er, men den sker samtidig hurtigere, således at foderoptagelsen når op på det maksimale plateau omtrent på samme tid uanset EK (Krohn og Andersen 1981 a og b, Kristensen 1982) (Figur 7.8). Dette plateau nås i gennemsnit i en blandet gruppe med 35% 1. kalvs køer 8–10 uger efter kælvning. Der er forskel på aldersgrupperne, idet 1. kalvs køerne generelt når maksimal foderoptagelse senere end de ældre køer (Østergaard 1979).

Østergaard (1979) fandt, at foderoptagelseskurven kan beskrives ved hjælp af følgende funktion:

$$y = a - be^{cx} + dx$$

hvor y = foderoptagelsen pr. dag ved tiden x
og x = tid efter kælvning

a i denne ligning angiver tørstofoptagelsen på det maksimale plateau (10–20 uger efter kælvning), b angiver forskellen mellem den maksimale optagelse og optagelsen ved kælvning, c er et udtryk for stigningshastigheden, og d angiver hældningen på foderoptagelseskurven senere i laktationsperioden.

På grundlag af de foreliggende forsøgsresultater kan der opstilles følgende standardmodel for forløbet af optagelseskurven i den første del af laktationsperioden:

$$y = a - be^{cx}$$

hvor y = kg tørstof pr. ko pr. dag
og x = dage efter kælvning

idet dx udelades, da ligningen kun skal beskrive den opadgående del af kurven. a, b og c er konstanter med de foran beskrevne egenskaber.

$a(1) = TS1_{max.}$ (1. kalvs køer)
$a(2) = TS2_{max.}$ (Ældre køer)

hvor $TS1_{max.}$ og $TS2_{max.}$ er den totale daglige tørstofoptagelse pr. ko ved

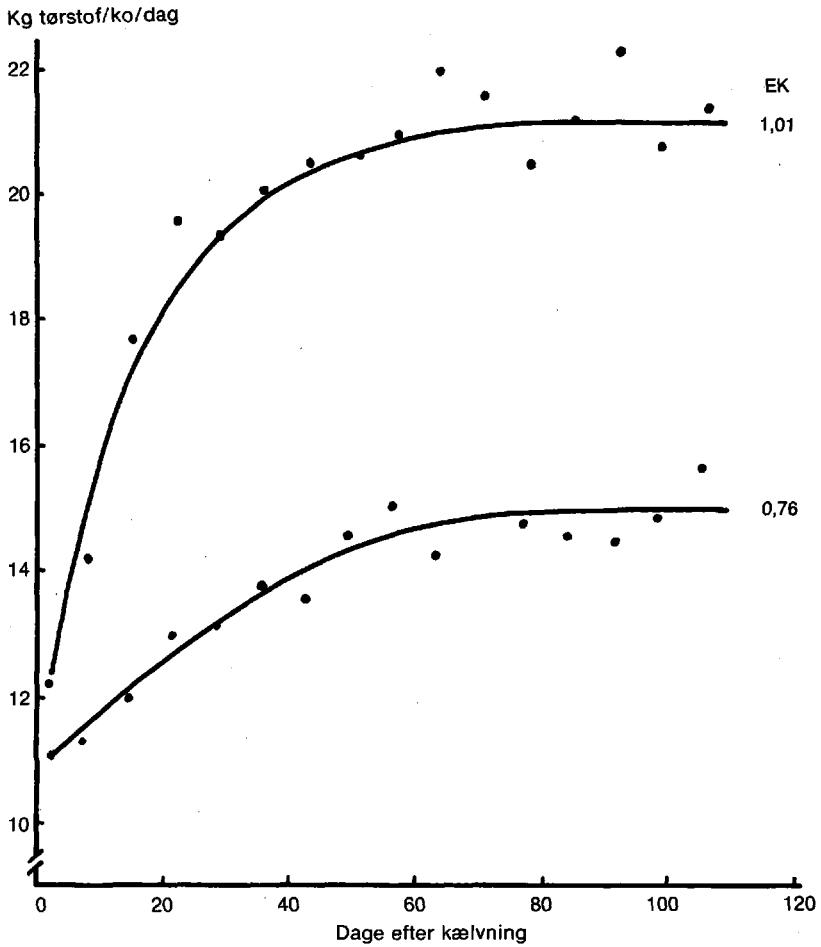


Fig. 7.8. Forløb af foderoptagelseskurver i begyndelsen af laktationsperioden for rationer med forskellig energikoncentration (Kristensen 1982).

maksimal foderoptagelseskapacitet (10–20 uger efter kælvning) hos henholdsvis 1. kalvs og ældre køer. Den beregnes som beskrevet i afsnit 7.3.5.

Stigningen i foderoptagelsen efter kælvning (b) er som nævnt afhængig af EK. Den er fundet at være 40% af a ved en EK på 0,95 og at variere herfra med 6 procentenheder, når EK ændres med 0,1 (Kristensen 1982):

$$b = (0{,}40 - (0{,}95 - EK)\ 0{,}6)\ a$$

Ved separat fodertildeling bruges den forventede EK ved maksimal foderoptagelse.

Stigningen i foderoptagelsen sker lidt langsommere hos 1. kalvs køer end hos ældre, og c er fundet at skulle have følgende værdier (Kristensen 1982):

$c(1) = -0{,}04$ (1. kalvs køer)
$c(2) = -0{,}06$ (Ældre køer)

Som gennemsnit for en blandet gruppe af 1. kalvs køer og ældre køer beregnes a og c som vejede gennemsnit.

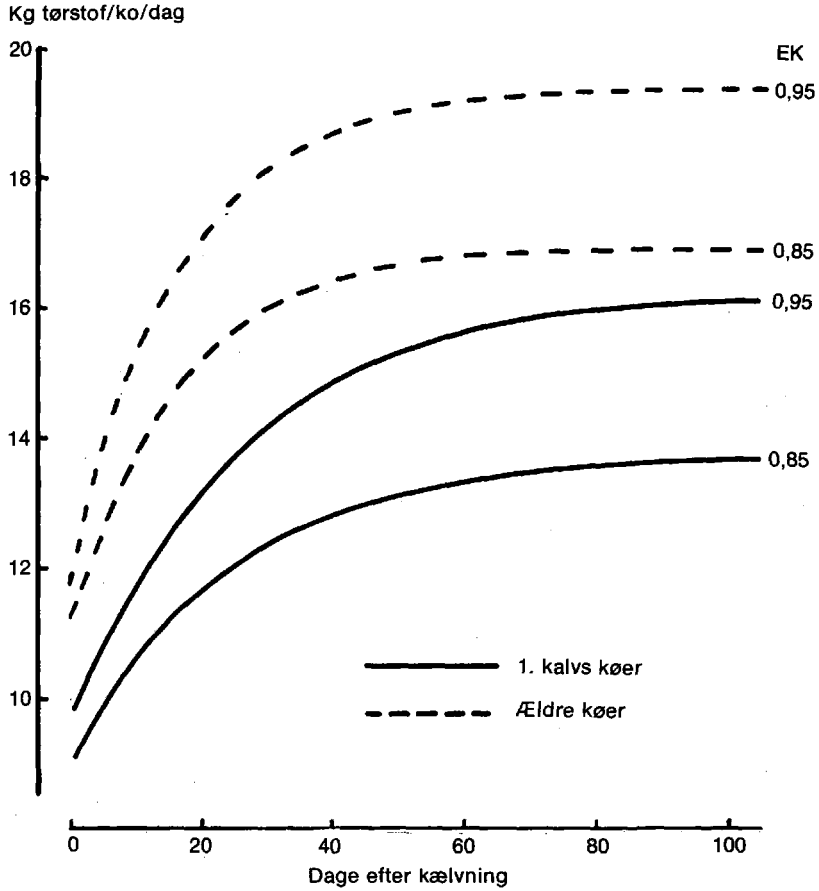


Fig. 7.9. Beregnede forløb af foderoptagelseskurver i begyndelsen af laktationsperioden ved hjælp af funktionen: $y = a - be^{cx}$.

Eksempler beregnet ved hjælp af denne model er vist i figur 7.9. Det skal også her bemærkes, at denne figur viser en situation, hvor der fodres med fuldfoder (fast EK). Ved separat tildeling varierer EK, og afstanden mellem aldersgrupper og mellem dyr med forskellig vægt bliver anderledes. Det er beskrevet i afsnit 7.5. Forløbet af kurverne er kun lidt påvirket af fodringsprincippet. Ved separat tildeling af fodermidlerne sker der i de første 3–4 uger efter kælvning en vis stigning i EK, idet kraftfodermængden øges hurtigere end ad libitum optagelsen af grovfoder. Men forskellen på forløbet af optagelseskurverne er ikke større, end at samme model kan gælde for begge fodringsprincipper.

Modellen bruges som grundlag for estimeringen af foderoptagelsen i de første uger af laktationsperioden. Ved hjælp af denne model er følgende K-værdier beregnet for perioden 0–12 uger efter kælvning for de tunge racer og fastsat relativt (85% af de tunge racers) for Jersey.

	Tunge racer	Jersey
1. kalvs køer	4,74	4,03
Ældre køer	6,33	5,38
35% 1. kalvs, 65% ældre	5,77	4,91

Ved brug af disse konstanter i funktionen, der er beskrevet i afsnit 7.3.5, beregnes den gennemsnitlige daglige foderoptagelse i den nævnte periode.

Forløbet af foderoptagelseskurven i midt- og senlaktationen er ligeledes afhængig af foderrationens energikoncentration. Hvis EK holdes på et højt niveau, vil stofskifteregulering (langtid) gøre sig gældende, og foderoptagelsen vil straks efter at have nået maksimum begynde at aftage igen. Faldet vil være stærkere, jo højere energikoncentrationen er. Hvis energikoncentrationen er moderat eller lav, er den fysiske regulering fortsat den overvejende styringsfaktor og foderoptagelseskurven forløber næsten vandret.

Det vil i midt- og senlaktationen være nødvendigt at reducere foderrationens energikoncentration, hvis køerne skal fodres efter ædelyst, idet optagelsen må begrænses via den fysiske regulering, for at undgå at køerne bliver for fede, og at fodereffektiviteten forringes. Når der skiftes fra en højere til en lavere energikoncentration, falder foderoptagelsen straks til det niveau, der svarer til den lavere EK (Krohn og Andersen 1981 b, Kristensen 1982) (Figur 7.10).

I begyndelsen af laktationen bør det tilstræbes at holde køerne på det maksimale foderniveau indtil de har genvundet den tabte vægt og de unge køer opnået den ønskede tilvækst. Derefter reduceres energikoncentrationen (mængden af tilskudsfoder), så den forventede optagelse svarer til det forventede behov. Denne regulering må ikke ske med for store spring, idet hvert trin da fører til for stort et fald i ydelsen. Hver ændring bør derfor maksimalt føre til et fald i den daglige foderoptagelse på 2 FE (Krohn 1981).

Når der fodres med fuldfoder i løsdrift, bør der være mindst 3 grupper af

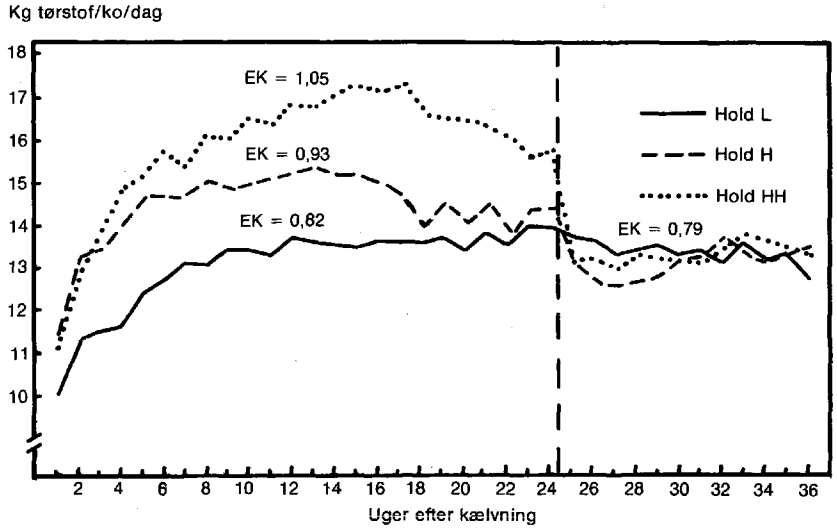


Fig. 7.10. Forløb af foderoptagelseskurver hos 1. kalvs køer ved forskellig energikoncentration i foderrationen og ved ændring af energikoncentrationen (Krohn og Andersen 1981 b).

lakterende køer, hvis for store forskelle på foderrationerne og på foderoptagelsen skal undgås ved gruppeskift. Hvis 1. kalvs køerne skilles ud i en gruppe for sig, bliver der 4 grupper af lakterende køer. Selv med 3 grupper af lakterende køer kan der forekomme større forskelle i foderoptagelsen fra gruppe til gruppe end 2 FE. Men af hensyn til de sociale tilpasningsvanskeligheder ved gruppeskift anbefales på den anden side så få gruppeskift som muligt (se kap. 9).

Når køerne kan optage foder efter ædelyst, er der meget store individuelle forskelle på foderoptagelsen, og denne variation modsvares kun i begrænset omfang af forskelle i køernes behov. Det er derfor nødvendigt i de senere dele af laktationsperioden at regulere den individuelle fodertildeling (eller gruppeskift) på grundlag af en bedømmelse af køernes huld.

Figur 7.11 skitserer forskellige forløb af foderoptagelseskurven igennem hele laktationsperioden og nødvendigheden af at reducere energikoncentrationen (reducere mængden af kraftfoder) med passende mellemrum.

I midt- og senlaktationen samt i goldperioden bruges i optagelsesfunktionen fortsat de konstanter (K), der i afsnit 7.4.1 blev givet for beregning af optagelsen efter opnåelse af det maksimale foderniveau. I sidste del af drægtighedsperioden kan foderoptagelsen formentlig blive begrænset noget, som følge af at livmoderen optager plads i bughulen. De foreliggende resultater tyder dog ikke på, at der af den grund er behov for at ændre konstanten K i optagelsesfunktionen.

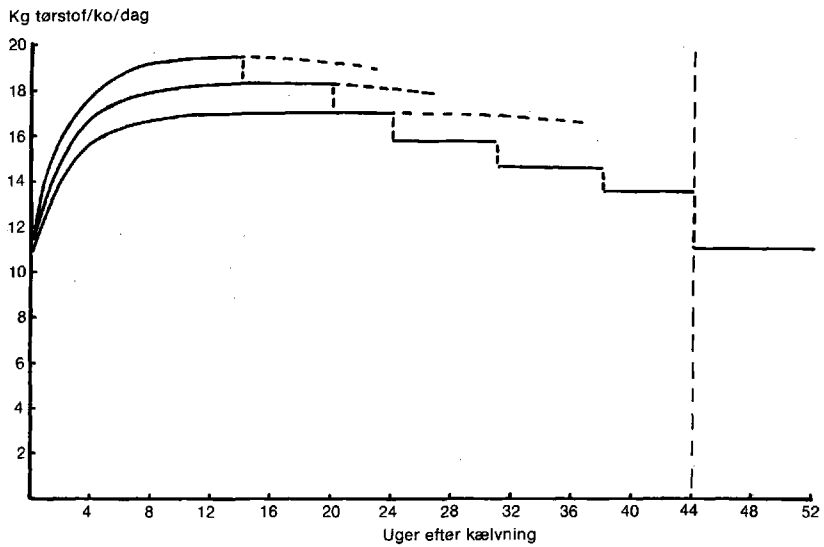


Fig. 7.11. Foderoptagelsens forløb og regulering igennem laktations- og goldperioden.

7.5. Fodringsprincipper og foderoptagelse

Der er to fodringsprincipper, der er aktuelle i forbindelse med fodring efter ædelyst: 1) Separat tildeling af fodermidler, hvor ensilage, hø, eller et blandet grundfoder gives efter ædelyst, og tilskudsfodermidler gives restriktivt og individuelt. 2) Fodring med fuldfoder efter ædelyst.

Et væsentligt spørgsmål vedrørende fodringsprincipper er, om der hos samme ko er forskel på foderoptagelsen, når koen fodres med fuldfoder eller tildeles fodermidlerne separat. Gill (1979) har gennemgået litteraturen for at belyse betydningen af at fodre med fuldfoder. Der fandtes ikke ved denne gennemgang støtte til den antagelse, at fuldfoder skulle give bedre resultater end separat tildeling, selv om nogle forsøg tydede på, at der måske kunne opnås højere foderoptagelse med fuldfoder. Krohn og Andersen (1979) fandt kun ringe forskel på foderoptagelsen ved sammenligning af fuldfoder og separat tildeling og fandt dette i overensstemmelse med resultater fra litteraturen. I de foregående afsnit, hvor der er gennemgået analyser af foderoptagelsens afhængighed af foderets og koens egenskaber, er der ikke fundet tegn på væsentlige forskelle mellem gennemsnitsresultater fra forsøg med fuldfoder og fra forsøg med separat tildeling.

Hvis den separate tildeling administreres rigtigt, og rationen er hensigtsmæssigt sammensat, kan der således ikke ventes væsentlige forskelle på den gennemsnitlige foderoptagelse ved disse fodringsprincipper, når rationen har den samme sammensætning. Det er naturligvis nødvendigt, at køerne ved separat tildeling har den fornødne tid til at optage de individuelt tildelte kraftfodermængder.

Derimod har de to fodringsprincipper væsentlig forskellig indflydelse på de individuelle forskelle på foderoptagelsen. Hvis mængden af tilskudsfoder som foran beskrevet holdes ens til alle køer, bliver der mellem de to aldersgrupper kun forskellen på optagelsen af ad libitum foderet, f.eks. en forskel på ca. 2,5 kg tørstof i ensilage. 1. kalvs køernes ration har en højere energikoncentration end de ældre køers. Når der fodres med fuldfoder, er energikoncentrationen holdt fast, og forskellen på foderoptagelsen mellem aldersgrupperne bliver betydelig større. Det tilsvarende forhold gør sig gældende med hensyn til forskellen mellem køer med forskellig vægt inden for aldersgrupperne.

Et eksempel er gennemregnet ved hjælp af de foran beskrevne funktioner til estimering af foderoptagelsen. Forudsætningerne er, at der fodres ad libitum med græsensilage med en energiværdi på 0,70 FE/kg tørstof og gives tilskud af en kraftfoderblanding med en energiværdi på 1,10 FE/kg tørstof. Ved separat tildeling gives konstant 10 kg kraftfodertørstof pr. ko pr. dag. Ved fodring med fuldfoder sammensættes fuldfoderblandingen af 55% kraftfoder og 45% ensilage på tørstofbasis. Ved maksimal foderoptagelse beregnes den gennemsnitlige foderoptagelse i en blandet gruppe med 35% 1. kalvs køer til ca. 16,5 FE ved begge fodringsprincipper. Men forskellen mellem aldersgrupper og mellem køer med forskellig vægt er stor ved fodring med fuldfoder og beskeden ved separat tildeling af fodermidlerne. Resultatet er illustreret i figur 7.12.

Hvis tilskudsfoderet er stort, vil 1. kalvs køer måske ikke være i stand til at fortære lige så meget tilskudsfoder som de ældre køer. Forskellen på foderoptagelsen bliver da også ved separat tildeling større end den, der kan beregnes som foran.

7.6 Sammendrag

Dette kapitel omhandler de situationer, hvor enten en væsentlig del af grovfoderet eller et blandet grundfoder eller hele rationen blandet til et fuldfoder tildeles efter ædelyst. Foderoptagelsen styres over foderrationens sammensætning og fodringsprincipperne.

Foderoptagelsen hos malkekøer har snæver sammenhæng med foderets omsætnings- og passagehastighed i fordøjelseskanalen. Egenskaber som foderets fordøjelighed eller indhold af ufordøjeligt organisk stof (ballast) alene har ringe

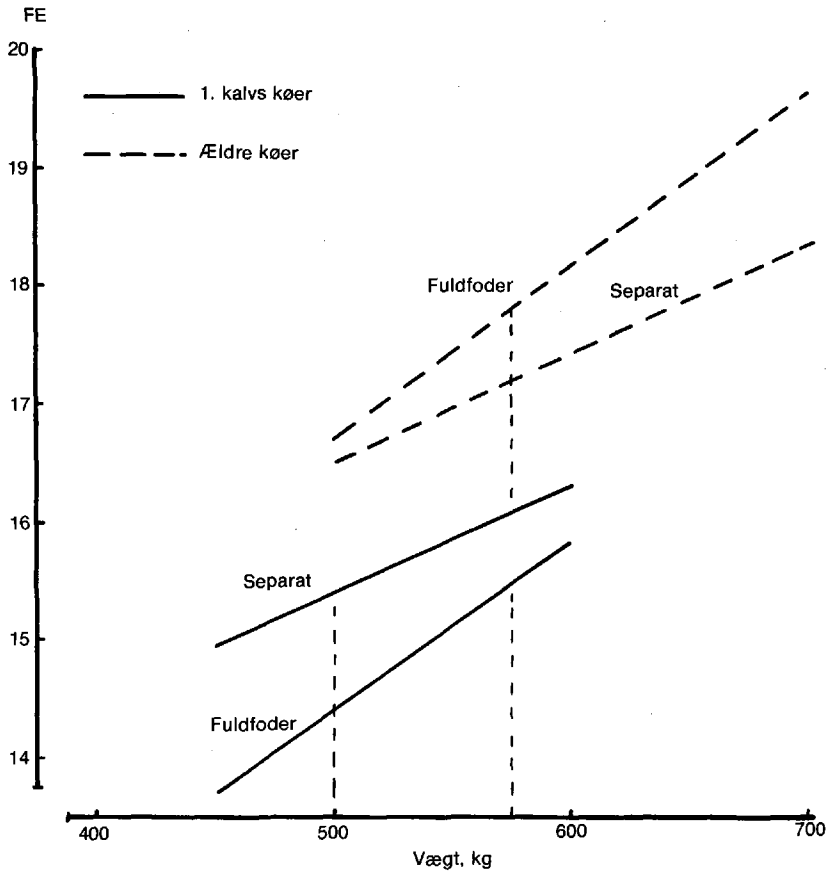


Fig. 7.12. Illustration af forskelle på foderoptagelsen hos køer af forskellig alder og vægt og ved brug af forskellige fodringsprincipper.

sammenhæng med fordøjelses- og passagehastigheden og er derfor uanvendelige som grundlag for at forudsige foderoptagelsen. Foderets indhold af cellevægsstoffer eller træstof er heller ikke generelt anvendeligt.

Der findes en ret god sammenhæng mellem foderoptagelsen og foderrationens energikoncentration (EK) målt i FE/kg tørstof:

$$y = 25\ EK - 5{,}5$$

hvor y = kg tørstof/ko/dag.

Denne ligning gælder som gennemsnit i perioden fra 10 uger efter kælvning og

fremefter for en gruppe køer, hvoraf 35% er i 1. laktation, og som vejer ca. 550 kg i gennemsnit.

Denne sammenhæng kan med god tilnærmelse bruges til på en enkel måde at beskrive, hvilke krav der stilles til rationens energikoncentration. Den er imidlertid ikke egnet til en generel forudsigelse af foderoptagelsen, idet den f.eks. ikke tager hensyn til forskelle i foderets fysiske struktur og ikke i tilfredsstillende grad følger forskelle i fodermidlernes omsætningshastighed.

Følgende system til beregning af den forventede foderoptagelse er beskrevet. De enkelte fodermidler tilskrives en fyldefaktor (FF), som i et enkelt tal angiver, hvor megen plads det givne fodermiddel relativt optager i fordøjelseskanalen, hvilket er et produkt af dets rumfang, fordøjelseshastighed og passagehastighed. Den forventede foderoptagelse kan da beregnes ved hjælp af følgende funktion:

$$\sum_{i=1}^{n} TS_i \times FF_i = K$$

hvor TS_i = kg tørstof pr. ko pr. dag af det i'te fodermiddel
FF_i = fyldefaktoren for det i'te fodermiddel
og K = en konstant

Der er fastsat følgende konstanter (K) til brug i foderoptagelsesfunktionen.

	0–12 uger efter kælvning	Resten af lakt. + goldperiode
Tunge racer		
1. kalvs	4,74	5,43*)
Ældre	6,33	6,73
35% 1. kalvs, 65% ældre	5,77	6,28
Jersey		
1. kalvs	4,03	4,62**)
Ældre	5,38	5,72
35% 1. kalvs, 65% ældre	4,91	5,34

*) 30 uger efter kælvning: 5,80; 40 uger efter kælvning: 6,20
**) 30 uger efter kælvning: 4,95; 40 uger efter kælvning: 5,25

Baggrunden for fastsættelse af FF for forskellig fodermidler er beskrevet. Fyldefaktoren for græsmarksafgrøder, majsensilage og helsædsensilage kan beregnes ved følgende ligninger:

Græsmarksafgrøder: FF = 0,013% træstof + 0,12
Helsædsensilage: FF = 0,015% træstof + 0,11
Majsensilage: FF = 0,015% træstof + 0,17

Der er i begyndelsen af laktationen en forskel på tørstofoptagelsen mellem 1. kalvs og ældre køer på 3–4 kg tørstof. Forskellen formindskes senere i laktationsperioden. Det er indregnet i de foran givne konstanter.

Koens størrelse er af væsentlig betydning for foderoptagelsen. Optagelsen af totalt tørstof (EK = 0,9) stiger med 1,7 kg tørstof/dag for hver 100 kg, vægten er større. Som udtryk for koens størrelse bruges vægten umiddelbart efter kælvning i den betragtede laktationsperiode. Vægten senere i laktationsperioden er påvirket af variationer i huld samt af ny drægtighed, hvilket forstyrrer sammenhængen. Den gennemsnitlige vægt af 1. kalvs køer i forsøgene var ca. 500 og af ældre køer ca. 575 kg.

Der er positiv sammenhæng mellem mælkeydelsen og foderoptagelsen, som i det analyserede materiale varierede med ca. 0,15 kg tørstof pr. kg 4% mælk, ydelsen afveg fra gennemsnittet. I perioden 1–12 uger efter kælvning er koefficienten ca. det halve og i perioden 25–36 uger efter kælvning ca. dobbelt så stor, d.v.s. ca. 0,3. Det gælder ved en EK på ca. 0,9. Hvis kun en mindre del af rationen gives efter ædelyst er koefficienterne mindre.

I begyndelsen af laktationsperioden stiger foderoptagelsen. Forløbet af foderoptagelseskurven i de første uger efter kælvning kan beskrives ved følgende funktion:

$$y = a - be^{cx}$$

hvor y = kg tørstof/ko/dag ved tiden x

og x = dage efter kælvning.

I første del af laktationsperioden kendes køernes ydelseskapacitet ikke, og alle køer bør fodres ens. De reduktioner, der skal foretages senere i laktationsperioden, bør maksimalt være på 2 FE ad gangen ved fodring med fuldfoder og mindre ved individuel tildeling af kraftfoder.

Den funktion, der er fremstillet her, er baseret på, at der er tale om fodring efter ædelyst. Det vil sige, at forudsætningen er, at køerne har adgang til foder hele døgnet. Hvis dyrene kun har adgang til foderet i kortere tidsrum, vil korttids stofskiftereguleringen ofte sætte ind inden for dette tidsrum, og derved bliver den daglige foderoptagelse væsentlig reduceret.

Smags- og kvalitetsforskelle på foderet har en stærk indflydelse på foderoptagelsen. Nogle af disse egenskaber kendes ikke eller kan ikke registreres. Men specielt for ensilage er det nødvendigt at forsøge at korrigere for virkninger af kvalitetsforskelle. Det beskrives i det efterfølgende kapitel.

Der vil forekomme en variation omkring de estimerede foderoptagelser, idet foderoptagelsen er påvirket af mange væsentlige faktorer, som det ikke er muligt at tage højde for. Det er derfor vigtigt, at foderstyringen løbende inkluderer en kontrol med foderforbruget. På grund af store individuelle forskelle på foderoptagelsen, må der i løbet af laktationsperioden foretages en individuel regulering ud fra iagttagelse af køernes huld.

7.7. Litteratur

Andersen, P. E., Kirsgaard, E. & Skovborg E. B. 1972. Forskellige faktorers indflydelse på foderoptagelsen af ensilage, ladetørret hø og briketter af kløvergræs. Landøkonomisk Forsøgslaboratoriums efterårsmøde, 302–308.

Brabander, D. L. De, Aerts, J. V., Boúcqúe, Ch. V. & Búysse, F. X. 1979. Intake of maize silage by dairy cattle. Paper presented at 30th ann. meet. Europ. Ass. Anim. Prod., Harrogate, England, 23.–26. July. 5 pp.

Baumgardt, B. R. 1970. Control of feed intake in the regulation of energy balance. In: Physiology of Digestion and Metabolism in the Ruminant. (Philipson, A. T., ed.), pp. 235–253. Oriel Press, Newcastle.

Bertilsson, J., Burstedt, E., Lindgren, E. & Lingvall, P. 1978. Vallfoderkvalitet – arealutbyte – mjölkavkastning. Försöksledarmötet 1978, Uppsala, del 2, Husdjurssektionens sammanträden. Konsulentavdelningens rapporter, Allmänt 11, pp. 2:1 – 2:20.

Broster, W. H., Sutton, J. D. & Bines, J. A. 1979. Concentrate: forage ratios for high-yielding dairy cows. In: Recent Advances in Animal Nutrition – 1978. (Haresign, W. & Lewis, D., eds.), pp. 99–126. Butterworths, London.

Brown, C. A. & Chandler, P. T. 1978. Incorporation of predictive milk yield and dry matter intake equations into a maximum-profit ration formulation program. J. Dairy Sci. *61*, 1123–1137.

Brown, C. A., Chandler, P. T. & Holter, J. B. 1977. Development of predictive equations for milk yield and dry matter intake in lactating cows. J. Dairy Sci. *60*, 1739–1754.

Conrad, H. R., Pratt, A. D. & Hibbs, J. W. 1964. Regulation of feed intake in dairy cows. I. Change in importance of physical and physiological factors with increasing digestibility. J. Dairy Sci. *47*, 54–62.

Curran, M. K., Wimble, R. H. & Holmes, W. 1970. Prediction of the voluntary intake of food by dairy cows. Anim. Prod. *12*, 195–212.

Dulphy, J. P. 1980. The intake of conserved forages. In: Forage Conservation in the 80's. (Thomas, C., ed.). Proc. Conf. Eur. Grassl. Fed., 27.–30. November 1979, Brighton, UK, pp. 107–121.

Ekern, A. 1972. Feeding of high yielding dairy cows. III. Roughage intake in high yielding cows when fed grass silage ad libitum. Dept. Anim. Nutrit., Agric. Univ. Norway. Tech. Bull. *No. 149*. 30 pp.

Ellis, W. C. 1978. Determinants of grazed forage intake and digestibility. J. Dairy Sci. *61*, 1828–1840.

Ettala, E. & Lampila, M. 1978. Factors affecting voluntary silage intake by dairy cows. Ann. Agric. Fenn. *17*, 163–174.

Forbes, J. M. 1977. Development of a model of voluntary food intake and energy balance in lactating cows. Anim. Prod. *24*, 203–214.

Forbes, J. M. 1978. Models of the control of food intake and energy balance in ruminants. In: Hunger Models. Computable Theory of Feeding Control. (Booth, D. A., ed.), pp. 323–346. Academic Press, London.

Forbes, J. M. 1979. A model of the control of food intake in ruminants. Paper presented at 30th ann. meet. Europ. Ass. Anim. Prod., Harrogate, England, 23.–26. July. 7 pp.

Forbes, J. M. 1980. A model of the short-term control of feeding in the ruminant: Effects of changing animal or feed characteristics. Appetite *1*, 21–41.

Gill, M. 1979. The principles and practice of feeding ruminants on complete diets. Grass Forage Sci. *34*, 155–161.

Harb, M. Y. & Champling, R. C. 1978. Variations between dairy cows in voluntary intake of silages. In: Fifth Silage Conference, Summary of papers. Hannah Research Institute, Ayr, Scotland, 18.–20. September, 1978, pp. 36–37.

Hyppölä, K. & Hasunen, O. 1970. Dry matter and energy standards for dairy cows. Acta Agralia Fennica *116:* 1. 50 pp.

Johnson, W. L., Trimberger, G. W., Wright, M. J., Van Vleek, L. D. & Henderson, C. R. 1966. Voluntary intake or forage by Holstein cows as influenced by lactation, gestation, body weight, and frequency of feeding. J. Dairy Sci. *49*, 856–864.

Jones, G. M., Wildman, E. E., Wagner, P., Lanning, N., Chandler, P. T., Bowman, R. L., and Troutt, H. F. 1978. Effectiveness of the dairy cattle fed formulation system in developing lactating rations. J. Dairy Sci. *61*, 1645–1651.

Kristensen, V. F. 1982. Ikke publicerede resultater.

Kristensen, V. F. & Andersen, P. E. 1980 a. Ammoniakbehandlet byghalm til malkekøer. Statens Husdyrbrugsforsøg, medd. nr. 332.

Kristensen, V. F. & Andersen, P. E. 1980 b. Ubehandlet og natronludbehandlet, snittet byghalm til malkekøer. Statens Husdyrbrugsforsøg, medd. nr. 334.

Kristensen, V. F., Andersen, P. E. & Skovborg, E. B. 1979 a. Helsædsensilage af byg høstet på forskellige udviklingstrin. Udbytte og foderværdi til malkekøer. Statens Husdyrbrugsforsøg, medd. nr. 293.

Kristensen, V. F., Andersen, P. E. & Skovborg, E. B. 1979 b. Ensilageoptagelse og mælkeproduktion hos malkekøer i relation til slættidspunkt og kraftfodermængde. Statens Husdyrbrugsforsøg, medd. nr. 287.

Krohn, C. C. 1981. Styring af malkekoens foderoptagelse af fuldfoder, grundfoder og ved selvvalg. Bilag til Statens Husdyrbrugsforsøgs årsmøde, 23. sept. 1981.

Krohn, C. C. & Andersen, P. E. 1979. Foderrationer med roer eller byg til malkekøer tildelt separat eller som fuldfoder. 480. beretn., Statens Husdyrbrugsforsøg.

Krohn, C. C. & Andersen, P. E. 1980. Majsensilage i kombination med forskellige mængder roer til malkekøer. Statens Husdyrbrugsforsøg, medd. nr. 313.

Krohn, C. C. & Andersen, P. E. 1981 a. Fuldfoders energikoncentration til styring af malkekoens foderniveau. II. Tidlig laktation. Statens Husdyrbrugsforsøg, medd. nr. 356.

Krohn, C. C. & Andersen, P. E. 1981 b. Fuldfoder med forskellig energikoncentration til 1. kalvs køer før og efter kælvning. Statens Husdyrbrugsforsøg, medd. nr. 401.

Krohn, C. C. & Konggaard, S. P. 1976. Undersøgelse over foderoptagelse og social adfærd hos gruppefodrede køer i løsdrift. II. Faktorer, der påvirker den individuelle optagelse af græsensilage ved ad libitum tildeling. 441. beretn., Statens Husdyrbrugsforsøg.

Lehmann, F. 1941. Die Lehre vom Ballast, Z. Tierernähr. Futtermittelkd. *5*, 155–173.

MAFF, (Ministry of Agriculture, Fischeries and Food). 1975. Energy Allowances and Feeding Systems for Ruminants. Tech. Bull. No. 33.

Monteiro, L. S. 1972. The control of appetite in lactating cows. Anim. Prod. *14*, 236–281.

Sniffer, C. J., Fox, D. G., Van Soest, P. J., Chase, L. E. & Robinson, P. H. 1980. A micro-computer system for ration formulation for lactating cows. Proc. 1980. Cornell Nutrit. Conf. Feed Manufact, pp. 20–34.

Thomas, C. 1980. Conserved forages. In: Feeding Strategies for Dairy Cows. ARC seminar, Harrogate, England, 29.–31. October 1979, pp. 8.1–8.14.

Østergaard, V. 1979. Strategies for concentrate feeding to attain optimum feeding level in high yielding dairy cows. 482. beretn., Statens Husdyrbrugsforsøg, 138 pp.

8. Foderoptagelsens afhængighed af græsmarksfoderets konserveringsmæssige og fysiske egenskaber

John E. Hermansen

Indholdsfortegnelse

		Side
8.1	**Indledning**	8.1
8.2	**Græsensilagens konserveringsmæssige egenskaber**	8.2
	8.2.1 Ensilagens gæringskvalitet	8.2
	8.2.2 Ensilagens tørstofprocent	8.4
	8.2.3 Tilsætning af myresyre	8.4
8.3	**Græsmarksfoderets fysiske egenskaber**	8.6
	8.3.1 Snitlængden af ensilage og hø	8.6
	8.3.2 Kunsttørret græsmarksfoder	8.8
8.4	**Diskussion**	8.10
8.5	**Sammendrag og konklusion**	8.11
	Litteratur	8.12

8.1 Indledning

Da græsmarksfoder udgør et væsentligt bidrag til foderforsyningen i mange bedrifter er et kendskab til hvilken optagelse af græsmarksfoder, der kan forventes under forskellige betingelser en vigtig faktor ved foderplanlægningen. Ud over græsmarksfoderets fordøjelighed, der er behandlet i kap. 7, spiller både gæringskvaliteten af ensilagen og den fysiske struktur af græsmarksfoderet en betydelig rolle for foderoptagelsen.

8.2 Græsensilagens konserveringsmæssige egenskaber

Den væsentligste konserveringsmæssige egenskab ved græsensilagen af betydning for foderoptagelsen er tilknyttet gæringsforløbet. Gæringsforløbet er afhængig af udgangsmaterialets sammensætning, men kan påvirkes ved ensileringsteknikken, herunder gennem fortørring eller tilsætning af konserveringsmiddel.

8.2.1 Ensilagens gæringskvalitet

Optagelsen af ensilage af en given afgrøde er mindre end af samme afgrøde i frisk tilstand (Gordon et al. 1961). De i forbindelse med ensileringen dannede nedbrydningsprodukter (organiske syrer, aminer m.m.) anses for at påvirke ensilageoptagelsen. Det antages – alt andet lige – at ensilageoptagelsen bliver desto større, jo mindre mængde nedbrydningsprodukter, der er dannet i forbindelse med ensileringen. For at begrænse tiden, hvori der foregår væsentlige omsætninger i ensilagen, er det af betydning, at der hurtigst muligt dannes tilstrækkeligt med mælkesyre til en pH-reduktion, der begrænser forgæringsprocesserne. Derfor karakteriseres ensileringens vellykkethed hyppigt ved bl.a. indholdet af mælkesyre, eddikesyre og smørsyre samt indholdet af NH_3-N af total N. Bortset fra mælkesyre antyder et stigende indhold af disse stoffer et uheldigt gæringsforløb, hvor forøgede omsætninger har fundet sted i ensilagen.

Ensilagens pH anvendes også til karakterisering af gæringsforløbet, idet lavt pH antyder højt indhold af mælkesyre og lavt indhold af NH_3-N, mens højt pH antyder et lavt indhold af mælkesyre.

Grønmassens tørstofprocent påvirker forgæringsprocesserne gennem påvirkning af ensilagens osmotiske tryk. En høj tørstofprocent medfører således, at forgæringsprocesserne i ensilagen hæmmes på grund af et højere osmotisk tryk i ensilagen. Især hæmmes dannelsen af eddikesyre, smørsyre og propionsyre samt NH_3-N (Gordon et al. 1961, Pedersen 1972). Ved høj tørstofprocent i grønmassen fås normalt et højere pH i ensilagen end ved lavere tørstofprocent.

Det er i flere undersøgelser fundet, at optagelsen af ensilagetørstof øges med stigende tørstofprocent i ensilagen (Gordon et al. 1961, Mc Cullough 1961, Jackson & Forbes 1970, Skovborg & Andersen 1973, Butler et al. 1978, Skovborg & Andersen 1979, Dulphy 1979, Hermansen 1980).

Imidlertid kan ensilagens vandindhold på opfodringstidspunktet i sig selv ikke forventes at påvirke ensilageoptagelsen (Thomas et al. 1961, Clancy et al. 1977 a og b). Den fundne positive virkning af tørstofprocenten på ensilageoptagelsen må derfor antages at skyldes tørstofprocentens indflydelse på gæringsforløbet.

Et betydeligt antal undersøgelser over indflydelsen af gæringsforløbet – udtrykt ved ensilagens indhold af organiske syrer, NH_3-N samt pH – på

ensilageoptagelsen, viser et meget varieret billede. Øget indhold af eddikesyre samt øget samlet indhold af eddikesyre, mælkesyre og smørsyre er således fundet at reducere ensilageoptagelsen (Jackson & Forbes 1970, Wilkins 1971a, Wilkins 1974). Omvendt finder Wilkins (1971b) ingen virkning ved tilsætning af eddikesyre til ensilage med samme pH, ligesom Hermansen (1980) ikke finder en generel virkning på ensilageoptagelsen af hverken det samlede indhold af eddikesyre, smørsyre og mælkesyre eller de respektive syrer hver for sig.

Ensilagens indhold af NH_3-N er et udtryk for omfanget af proteinnedbrydning. Gordon et al. (1961) og Wilkins et al. (1971a) har fundet en negativ korrelation mellem ensilageoptagelse og NH_3-N udtrykt som pct. af total N.

Det antages, at visse aminer, især histamin og tryptamin, der dannes ved nedbrydning af protein i ensilage, påvirker stofskiftet og derved hæmmer ensilageoptagelsen (Jackson & Forbes 1970, Clancy et al. 1977).

Flere forfattere (Mcleod 1970, Wilkins 1971, Thomas 1973, Wilkinson 1976) har fundet, at ensilageoptagelsen var positivt korreleret med pH-værdien, når kvaliteten i øvrigt var god.

Gæringsforløbet i ensilagen kan påvirkes gennem bl.a. tilsætning af syre til grønmassen, idet omfanget af gæringen i ensilagen herved kan reduceres. Undersøgelser vedrørende indflydelsen af myresyretilsætning på ensilageoptagelse (Castle & Watson 1970a og 1970b, Butler et al. 1978, Skovborg & Andersen 1979) har vist, at der kan opnås en forøget ensilageoptagelse ved tilsætning af myresyre ved ensilering af afgrøder med lav tørstofprocent.

På baggrund af den refererede litteratur kan det sluttes, at variationen i forskellige ensilagepartiers pH samt indhold af mælkesyre, eddikesyre og smørsyre samt NH_3-N ikke generelt kan forventes at afspejle variationen i faktorer, der er af væsentlig betydning for ensilageoptagelsen. Dette kan skyldes, at det ikke er de målte kvalitets-karakteristika, der direkte påvirker koen, men at kvalitetstallene skal udtrykke noget om gæringsforløbet i øvrigt. Kvalitetstallene er imidlertid et usikkert mål for gæringsforløbet i ensilagen. Dette er f.eks. tilfældet, såfremt ensilagen har været udsat for iltning, hvilket er normalt forekommende i større eller mindre udstrækning i praksis. Således medfører iltningsskader ofte en reduktion i indholdet af eddikesyre og smørsyre, således at ensilagen, der har været genstand for uheldig gæring kan fremtræde med en god gæringskvalitet målt på disse kvalitetstal.

Uanset disse forhold må gæringskvaliteten imidlertid tillægges væsentlig betydning for ensilageoptagelsen, hvilket indirekte fremgår af de refererede resultater vedrørende virkning af ensilagens tørstofprocent og tilsætning af konserveringsmidler.

8.2.2 Ensilagens tørstofprocent

Der er god overensstemmelse i de refererede undersøgelser vedr. tørstofprocentens indflydelse på ensilageoptagelsen, idet der findes en forøget optagelse ved stigende tørstofprocent i græs- og kløvergræsensilage opnået gennem forvejring inden ensilering. Den fundne kvantitative virkning i forskellige undersøgelser er illustreret i figur 8.1, idet originaltallene er korrigeret til optagelsen hos en ko på 600 kg. De viste resultater er i god overensstemmelse med den af Dulphy (1979) estimerede virkning af tørstofprocenten vurderet på grundlag af forsøg med får.

På grundlag af materialet i figur 8.1. er beregnet ensilageoptagelsens (TSO) afhængighed af tørstofprocenten (x) beskrevet ved en 2. grads funktion. Følgende funktion er fundet, når der korrigeres for den gennemsnitlige ensilageoptagelse i det enkelte forsøg:

$$TSO = c + 0{,}373x \div 0{,}00384x^2;\ 15 < x < 40;\ R^2 = 0{,}97\ s_{y/x} = 0{,}71$$
$$(\pm 0.109)\ (\pm 0.00194)$$

hvor c er en konstant, der er afhængig af mængden af andet foder, og de i parentes anførte tal er standardafvigelser på estimatet af regressionskoefficienterne. Ifølge resultaterne af Butler et al. (1978) og Hermansen (1980) kan det antages, at der er en vekselvirkning mellem tørstofprocentens indflydelse på optagelsen og ensilagens fordøjelighed. En mulig årsag hertil kan være, at når fordøjeligheden af ensilagen er lav, er passagehastigheden (nedbrydningshastigheden) i vommen snarere den begrænsende faktor for ensilageoptagelse end specifikke optagelsesregulerende faktorer, der er påvirket af ensilagens tørstofprocent. D.v.s. der er tale om en overvejende fysisk regulering. Når fordøjeligheden er høj, spiller de optagelseshæmmende stoffer, der er knyttet til ensilagens tørstofprocent, derimod en betydelig rolle for ensilageoptagelsen.

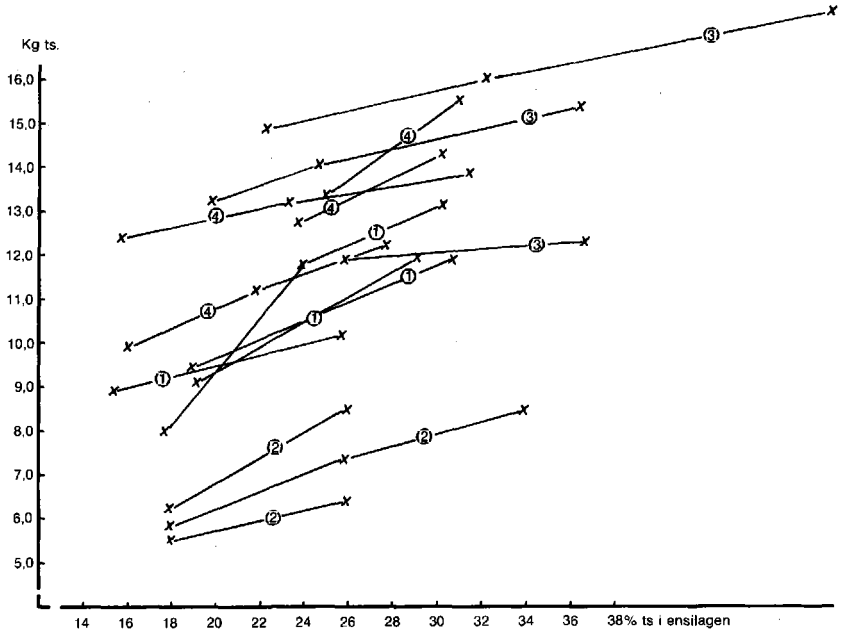
På grundlag af de i figur 8.1. viste relationer og den beregnede funktion må det konkluderes, at ensilagens tørstofprocent er af afgørende betydning for ensilageoptagelsen og at tørstofprocenten derfor er en væsentlig parameter i styringen af malkekøernes ensilageoptagelse.

8.2.3 Tilsætning af myresyre

Myresyre er det additiv, der giver den sikreste virkning på gæringskvaliteten (Dulphy 1979) og som samtidig sikrer størst foderoptagelse af ikke fortørret ensilage.

I tabel 8.1. er vist resultater fra en række undersøgelser over virkningen på foderoptagelsen af myresyretilsætning ved ensilering af direkte høstede græsafgrøder.

Vurderet på tørstofprocent og råproteinindhold er de i tabellen nævnte undersøgelser baseret på normale, ensilerbare afgrøder.



Figur 8.1 Tørstofprocentens indflydelse på den daglige ensilageoptagelse ved forskelligt tilskudsfoder (600 kg ko)

1 Efter Butler et al., 1978
2 Efter Hermansen, 1980
3 Efter Skovborg & Andersen, 1973
4 Efter Skovborg & Andersen, 1979

Tabel 8.1 Virkning af myresyretilsætning (2–3 l pr. ton grønmasse) ved ensilering af kløvergræs og rene græsser på daglig foderoptagelse hos malkekøer

Afgrøde Art	% tør-stof	% rå protein i ts	Tilskuds-foder kg ts	Meroptagelse af ensilage kg ts/ 100 kg legemsvægt	Kilde
Kløvergræs	25	12	2,3	0,17	Skovborg &
Rene græsser	25	12	2,3	0,03	Andersen, 1979
Rene græsser	20	13	5,5	0,15	Castle & Watson, 1970b
Rene græsser	20	13	5,4	0,19	Castle &
Rene græsser	20	16	5,4	0,16	Watson, 1970a
Rene græsser	20	18	5,0	0,28	Butler et al.
Rene græsser	20	18	5,5	÷0,08	1978

Det ses, at anvendelse af myresyre ved ensileringen i alle tilfælde undtagen eet har øget malkekøernes ensilageoptagelse. I gennemsnit er ensilageoptagelsen øget med 0,13 kg tørstof pr. 100 kg legemsvægt. Myresyrens virkning består i en hæmning af forgæringsprocesserne i ensilagen. Dette opnås også gennem fortørring af afgrøden. Derfor må det forventes, at den positive virkning af myresyretilsætning på foderoptagelsen vil reduceres med stigende tørstofprocent. Dulphy (1979) angiver i overensstemmelse hermed virkningen af myresyrebehandling til 10–12% større ensilageoptagelse, når tørstofprocenten er 23 eller derunder mod kun 5–6% ved en tørstofprocent på 35.

Er afgrøden meget proteinrig, f.eks. lucerne, kløver eller stærkt kvælstofgødet græs, høstet på et tidligt udviklingstrin med 25–30% råprotein i tørstoffet, vil afgrøden være vanskelig at ensilere, især hvis tørstofprocenten er lav (Pedersen, 1972). Under disse forhold er tilsætning af syre ved ensileringen nødvendig for at sikre ensileringens forløb og derfor også for at sikre, at fodervægring undgås.

Det kan konkluderes, at tilsætningsmidler gennem påvirkning af ensilagens gæringskvalitet kan være af væsentlig betydning for ensilageoptagelsen. Tilsætning af 2–3 l myresyre pr. ton grønmasse vil således forbedre gæringskvaliteten af ikke forvejret ensilage, således at optagelsen af ensilage kan øges med 0,15 kg tørstof pr. 100 kg legemsvægt i forhold til ikke-behandlet velkonserveret ensilage.

Er ensilagen derimod forvejret til ca. 30% tørstof, har myresyretilsætning mindre indflydelse på ensilageoptagelsen.

8.3 Græsmarksfoderets fysiske egenskaber

Den fysiske struktur af græsmarksfoderet påvirker bl.a. fyldningsgraden i og passagehastigheden ud af vommen. Strukturen påvirker herved forhold, der er afgørende for den fysiske regulering af foderoptagelsen, og herigennem også foderoptagelsen (jfr. kap. 6.3.).

8.3.1 Snitlængden af ensilage og hø

Ensilagens snitlængde påvirker foderoptagelsen, idet lang ensilage fylder mere i vommen end kort, snittet ensilage. Ligeledes nedbrydes kort ensilage hurtigere i vommen end lang ensilage. Foderoptagelsens afhængighed af ensilagens snitlængde er beskrevet af Murdoch (1965) og af Dulphy (1979) bl.a. på baggrund af tidligere egne undersøgelser (Dulphy & Demarquilly 1975a og 1975b, Demarquilly & Dulphy 1977) og suppleret med undersøgelser af de

Brabander et al. (1976) og Retter (1978). I disse undersøgelser findes samstemmende, at foderoptagelsen øges, jo finere ensilagen er snittet.

Dulphy og Murdochs resultater er samstillet i tabel 8.2, der viser den relative optagelse af ensilage og hø med en snitlængde på 1–2 cm i forhold til lang ensilage og hø.

Tabel 8.2 Relativ optagelse af græsensilage og hø hos køer ved reduktion af snitlængden fra 7–15 cm (= 100) til 1–2 cm

Afgrøde	% tørstof	Ensilagetørstoffets andel af rationen	Relativ optagelse af finsnittet ens.	Kilde
Græsens.	17	100	119	Dulphy, 1979
Græsens.	21	100	121	Murdoch, 1965
Græsens.	21	50	110	
Græsens.	23	100	116	Dulphy, 1979
Græsens.	35	100	109	
Hø	83	50	101	Murdoch, 1965

Det fremgår af tabel 8.2, at der er god overensstemmelse i resultaterne i de to undersøgelser. Følgelig må det forventes, at optagelsen af en tørstoffattig ensilage kan øges med ca. 20% ved at reducere snitlængden fra 7–15 cm til 1–2 cm, når ensilagen er eneste foder. Ved en højere tørstofprocent i ensilagen reduceres denne virkning af snitlængden og er ved hø meget lille. Ligeledes reduceres virkningen af snitlængden, når der gives betydelige mængder tilskudsfoder. Resultaterne er baseret på ensilage uden tilsætning af additiver ved ensileringen. Resultater vedrørende myresyrebehandlet ensilage viser samme forholdsvise forøgelse af foderoptagelsen ved findeling (Dulphy, 1979). Dette må betyde, at det ikke er en eventuel indflydelse af snitlængden på gæringskvaliteten, der betinger den større foderoptagelse ved findeling.

Undersøgelsen af Retter (1978) viser, at også området omkring 1–2 cm's snitlængde er interessant, idet han i forsøg med goldkøer med græsensilage som eneste foder fandt følgende daglige optagelse:

Snitlængde, cm	*0,9*	*1,7*	*7,2*
Tørstofoptagelse, kg	9,2	8,3	7,0
Tørstofoptagelse, relativ	131	119	100

Det fremgår, at ensilageoptagelsen er øget betydeligt ved at reducere snitlængden fra 1,7 cm til 0,9 cm.

Som nævnt kan virkningen af snitlængden ikke antages at skyldes forhold

vedrørende gæringskvaliteten. Snitlængdens indflydelse på foderoptagelsen kan derfor adderes til andre faktorers virkning på foderoptagelsen.

På grundlag af de nævnte undersøgelser er i tabel 8.3 vist den relative ensilageoptagelse ved forskellig snitlængde og forskellig tørstofprocent i ensilagen. Der er forudsat, at ensilagen udgør ca. 50% af den samlede ration, hvorfor snitlængdens relative indflydelse er halveret i forhold til de angivne relationer ved alene ensilagefodring (jfr. tabel 8.2).

Tabel 8.3 Relativ ensilageoptagelse ved forskellig tørstofprocent og snitlængde af ensilagen. (35% tørstof og 1,5 cm = 100)

Snitlængde, cm:	*0,9*	*1,5*	*10,0*
17% tørstof:	63	60	54
35% tørstof:	103	*100*	95

I tabel 8.3 sættes optagelsen af ensilage med 35% tørstof og en snitlængde på 1,5 cm lig 100, fordi denne ensilagetype hyppigt er benyttet ved undersøgelse af andre faktorers indflydelse på ensilageoptagelsen.

Det må konkluderes, at ensilagens snitlængde øver en betydelig indflydelse på foderoptagelsen, især når tørstofprocenten er lav, og når ensilagen udgør den væsentligste del af foderrationen.

8.3.2 Kunsttørret græsmarksfoder

Ved kunsttørring af græsmarksfoder og efterfølgende brikettering og/eller formaling og pelletering reduceres partikelstørrelsen normalt betydeligt i forhold til såvel hø som finsnittet ensilage. Herved påvirkes fyldningsgraden i vommen og dermed foderoptagelsen (jfr. kap. 6.3.3). Betydningen af det kunsttørrede foders fysiske form for foderoptagelsen samt relationer mellem kunsttørring og andre konserveringsformer er beskrevet i litteraturen.

Jarrige et al. (1973) og Connell (1973) finder ikke nogen forskel i foderoptagelsen mellem piller, cobs og briketter, når partikelstørrelsen i gns. er under 3 mm. Greenhalgh (1973), Van Es & Van der Honing (1973) samt Skovborg & Andersen (1976) finder en betydelig meroptagelse af piller eller briketter i forhold til langt hø eller finsnittet ensilage. De to førstnævnte referencer viser dog størst virkning, når fordøjeligheden er lav. Jarrige et al. (1973), Greenhalgh (1973) og Dulphy (1979) angiver, at den samlede tørstofoptagelse ikke er afhængig af fordøjeligheden af organisk stof, når partikelstørrelsen er mindre end 1,25 mm. Årsagen hertil er, at partikler af denne størrelsesorden kan passere uneddbrudt ud af vommen, hvorved fordøjeligheden ikke påvirker passagehastighe-

den som det er tilfældet ved større partikler (f.eks. hø) der i større eller mindre udstrækning må nedbrydes før passage.

I tabel 8.4 er vist den fundne relative optagelse af græsmarksfoder med forskellig fysisk form i de refererede undersøgelser.

Tabel 8.4. Relativ optagelse af græsmarksfoder med forskellig fysisk form ved ad lib. fodring (i parentes gns. partikelstørrelse, mm)

fgrøde	Forsøgs-dyr	Piller	Cobs	Briketter	Kunsttør-ret hø, langt	Ensilage 35% ts	Reference
ajgræs	Køer	98 (0,5)	100 (0,8)				Jarrige et al.
ucerne	Køer	94 (0,8)	100 (1,1)	97 (1,3)			1973
iræs	Stude	124 (1,5)			100		
iræs (høj FK)	Stude	101 (1,5)			100		Greenhalgh 1973
iræs (lav FK)	Stude	127 (1,5)			100		
iræs (høj FK)	Køer	120			100		Van Es & Van der Honing
iræs (lav FK)	Køer	130			100		1973 (reference)
:løver-ræs (høj FK)	Køer			113	100	102	Skovborg & Andersen
iræs (høj FK)	Køer			123	100	105	1976
iræs (høj FK)	Køer	97 (1,2)		100 (2,9)			Connell
iræs (lav FK)	Køer	101 (1,2)		100 (2,9)			1973

Det fremgår af tabellen, at der ikke er fundet nogen sikker forskel i optagelsen af piller, cobs eller briketter, når partikelstørrelsen som her er under ca. 3 mm. Findelingen af foderet til en partikelstørrelse på ca. 2 mm i forbindelse med kunsttørringen har derimod medført en betydelig forøgelse af foderoptagelsen sammenlignet med langt hø. Den forskellige virkning af fordøjeligheden på langt og findelt materiale medfører, at virkningen af findelingen er størst, når fordøjeligheden af udgangsmaterialet er lav. Optagelsen af græsmarksfoder med lav fordøjelighed kan derfor øges betydeligt ved en stærk findeling (2–3 mm). Muligheden for den større optagelse er dog skabt gennem en højere passagehastighed af unedbrudt foder, hvilket forringer udnyttelsen af foderet betydeligt (jfr. også kap. 3).

Det må konkluderes, at findeles græsmarksfoderet til en partikelstørrelse på 2–3 mm eller mindre, må der forventes samme optagelse af piller, cobs og briketter. Optagelsen af kunsttørret foder vil være næsten uafhængig af udgangsmaterialets fordøjelighed. Optagelsen af græsmarksfoder med høj fordø-

jelighed (FK:70–75) kan øges med ca. 12% ved kunsttørring og pelletering el. lign. i forhold til finsnittet ensilage med høj tørstofprocent. For afgrøder med lav fordøjelighed (FK:55 – 60) kan optagelsen forventes øget med ca. 25%.

8.4 Diskussion

I de foregående afsnit er vist nogle forhold omkring høst og konserveringen af græsmarksfoderet, der hver især er af væsentlig betydning for foderoptagelsen og som derfor må tages i betragtning ved såvel planlægning af foderforsyningen som ved den daglige fodring. For nogle forholds vedkommende må der dog regnes med en vekselvirkning med de øvrige forhold ved konserveringen. Der må f.eks. antages at være en væsentlig vekselvirkning mellem virkningen af ensilagens tørstofprocent, anvendelse af myresyre og snitlængden. Ligeledes må virkningen af forskellige forhold antages at afhænge af niveauet, hvormed græsmarksfoderet indgår i den samlede ration. Dette er især tilfældet, hvor virkemekanismen er en påvirkning af nedbrydningshastigheden i vommen. Udtrykkes virkningen i relativ foderoptagelse tages der delvis hensyn til sidstnævnte forhold.

I tabel 8.5 er vist den forventede relative optagelse af ensilagetørstof under forskellige forudsætninger. Fortørret ensilage (30% ts) konserveret uden tilsætning af myresyre er sat til 100, fordi det er ensilage af denne type der indgår i beregningerne i f.eks. kap. 7. Det er desuden forudsat, at denne ensilage udgør fra 30–60% af køernes samlede tørstofoptagelse.

Tabel 8.5 Relativ optagelse af ensilagetørstof afhængig af tørstofprocent, anvendelse af konserveringsmiddel og snitlængde, idet fortørret ensilage (30% ts) med en snitlængde på 1–2 cm og ensileret uden tilsætningsmiddel = 100

% tørstof:	15		20		25		30		35–(hø)	
myresyre:	+	÷	+	÷	+	÷	+	÷	+	÷
1–2 cm's længde:	72	63	87	78	99	90	105	*100*	109	109
5–10 cm's længde:	65	57	80	72	92	84	99	94	104	104

Det fremgår af tabel 8.5, at ensileringsmetoden (forvejring, anvendelse af myresyre, snitlængden) øver en betydelig indflydelse på den ensilageoptagelse, der kan opnås. Således kan der af tørstoffattig lang ensilage ensileret uden

anvendelse af myresyre kun optages godt halvdelen af den mængde ensilage, der kan optages ved finsnittet ensilage forvejret til 35% tørstof.

8.5 Sammendrag og konklusion

Kendskab til, hvorledes græsmarksfoderets konserveringsmæssige og fysiske egenskaber påvirker foderoptagelsen, er en vigtig forudsætning for at sammensætte foderrationer til malkekøer baseret på græsmarksfoder.

Ensilagens gæringskvalitet udtrykt ved pH samt indholdet af mælkesyre, eddikesyre, smørsyre og NH_3-N er i flere undersøgelser sat i relation til ensilageoptagelsen. Det må imidlertid konkluderes herudfra, at disse kvalitetstal alene ikke giver grundlag for at vurdere, hvilken ensilageoptagelse der kan opnås. Forklaringen herpå er sandsynligvis, at disse tal alene er et udtryk for slutresultatet af gæringen, men ikke nødvendigvis for gæringsforløbet. Både myresyretilsætning og fortørring har indflydelse på gæringsforløbet og er i overensstemmelse hermed fundet at have væsentlig betydning for ensilageoptagelsen.

Tilsætning af myresyre ved ensileringen (2–3 l pr. ton grønmasse) til normalt ensilerbare afgrøder vil således medføre en forøgelse af ensilageoptagelsen på 10–20%, når ensilagens tørstofprocent er 20–25. Er tørstofprocenten højere, reduceres myresyrens indflydelse på foderoptagelsen. Tilsætning af syre er særlig vigtig til proteinrige afgrøder med en lav tørstofprocent for at sikre ensileringens forløb og dermed også for at undgå stærkt nedsat optagelse.

Ensilagens tørstofprocent påvirker også gæringsforløbet. En forøgelse af tørstofprocenten opnået gennem forvejring af grønmassen inden ensilering medfører en større ensilageoptagelse. Ensilageoptagelsen som funktion af tørstofprocenten er beregnet til følgende:

$y = c + 0{,}373x - 0{,}00384x^2$; $15 < x < 40$; $R^2 = 0{,}97$. $s_{y/x} = 0{,}7$

y = kg tørstof pr. ko (600 kg) daglig
x = ensilagens tørstofprocent
c = konstant afhængig af tildelingen af andet foder.

Ensilagens snitlængde påvirker fyldningsgraden i vommen og dermed foderoptagelsen. Foderoptagelsen kan øges med 10–20% ved at reducere snitlængden af ensilage fra ca. 10 cm til ca. 1,5 cm, når ensilage gives som eneste foder. Størst virkning opnås, når ensilagens tørstofprocent er lav. Gives tilskudsfoder, reduceres virkningen. Udgør ensilagen ca. 50% af tørstoffet i den samlede

ration, må det forventes, at den nævnte reduktion af snitlængden for ikke forvejrede ensilager medfører en forøgelse af ensilageoptagelsen på ca. 10% mod ca. 5%, hvor ensilagen er forvejret.

Kunsttørring af græsmarksfoderet med efterfølgende brikettering og/eller formaling og pelletering reducerer partikelstørrelsen betydeligt i forhold til finsnittet ensilage. Når partikelstørrelsen er højst 3 mm, findes der ingen forskel i foderoptagelsen mellem briketter, cobs eller piller. Virkningen af at reducere partikelstørrelsen er størst, når foderets fordøjelighed er lav. Optagelsen af græsmarksfoder med høj fordøjelighed kan øges med ca. 12% ved kunsttørring og pelletering i forhold til finsnittet ensilage med en høj tørstofprocent. For afgrøder med lav fordøjelighed kan optagelsen forventes øget med ca. 25%.

Litteratur

Butler, T. M., Gleeson, P. A. & Murphy, J. J. 1978. The effect of wilting and formic acid treatment on silage dry matter intakes and milk production by dairy cows. 30th Annual Meeting of the EAAP Congress, Harrogate, July 1978.

Castle, M. E. & Watson, J. N. 1970a. Silage and milk production, a comparison between grass silages made with and without formic acid. J. Br. Grassland Soc. *25:* 65–70.

Castle, M. E. & Watson, J. N. 1970b. Silage and milk production, a comparison between wilted and unwilted grass silages made with and without formic acid. J. Br. Grassland Soc. *25:* 278–284.

Clancy, M., Wangsness, P. J. & Baumgardt, B. R. 1977a. Effect of Conservation Method on Digestibility, Nitrogen Balance, and Intake of Alfalfa. J. Dairy Sci. *60:* 572–580.

Clancy, M., Wangsness, P. J. & Baumgardt, B. R. 1977b. Effect of Silage Extracts on voluntary intake. Rumen Fluid Constituents and Rumen Mobility. J. Dairy Sci. *60:* 580–590.

Connell, J. 1973. Dried Forages in Dairy Cow Feeding. Proc. 1. Int. Green Crop Drying Congress, Oxford, 144–156.

De Brabander, D. L., Aertz, J. V., Boucqué, Ch. V. & Buysse, F. X. 1979. Intake of maize silage by dairy cattle. 30th Annual Meeting of the EAAP Congress, Harrogate, July 1978.

Dulphy, J. P. 1979. The intake of conserved forages. Forage Conservation in the 80's. Proceedings of a conference in Brighton, 1979. European Grassland Federation.

Gordon, C. H., Derbyshire, J. C., Wiseman, H. G., Kane, E. A. & Melin, C. G.

1961. Preservation and Feeding value of alfalfa stored as hay, haylage and direct-cut silage. J. Dairy Sci. *44:* 1299–1311.

Greenhalgh, J. F. D. 1973. Physical processing of diets containing dried grass and concentrates for sheep and cattle. Proc. 1. Int. Green Crop Drying Congress, Oxford, 135–140.

Hermansen, J. E. 1980. Malkekøers optagelse af græsensilage med forskelligt tørstofindhold, fordøjelighed og gæringskvalitet. 499. Beretning fra Statens Husdyrbrugsforsøg, København, 57 pp.

Jackson, N. & Forbes, T. J. 1970. The voluntary intake by cattle of four silages differing in dry matter content. Anim. Prod. *12:* 591–599.

Jarrige, R. Demarquilly, C., Journet, M. & Beranger, C. 1973. The nutritive value of processed dehydrated forages with special reference to the influence of physical form and particle size. Proc. 1. Int. Green Crop Drying Congress, Oxford, 99–118.

McCullough, M. E. 1961. A study of factors associated with silage fermentation and dry matter intake by dairy cows. J. Anim. Sci. *20,* 288–291.

McLeod, D. S., Wilkins, R. J. & Raymond, W. F. 1970. The voluntary intake by Sheep and Cattle of silages differing in free-acid content. J. Agric. Sci., Camb., *75:* 311–319.

Murdoch, J. C. 1965. The effect of length of silage on its voluntary intake by cattle. J. Br. Grassland Soc. *20:* 54–58.

Pedersen, E. J., Nørgaard, 1972. Ensileringsprincipper. Landbrugets Informationskontor. 102 pp.

Retter, W. C. 1978. The effect of silage chop length on eating and ruminating times and rate of passage in cattle. Anim. Prod. *26,* p. 362. (Abstr.).

Skovborg, E. B. & Andersen, P. E. 1973. Konserverede græsmarksafgrøder til malkekøer II. 4. beretning fra Statens Planteavls- og Husdyrbrugsforsøg, København, 46 pp.

Skovborg, E. B. & Andersen, P. E. 1976. Konserverede græsmarksafgrøder til malkekøer III. 5. beretning fra Statens Planteavls- og Husdyrbrugsforsøg, København, 49 pp.

Skovborg, E. B. & Andersen, P. E. 1979. Konserverede græsmarksafgrøder til malkekøer IV. 7. beretning fra Statens Planteavls- og Husdyrbrugsforsøg, København, 57 pp.

Thomas, J. W., Moore, L. A., Okamoto, M. & Sykes, J. F. 1961. A study of factors affecting rate of intake of heifers fed silage. J. Dairy Sci. *44:* 1471–1483.

Thomas, C. & Wilkinson, J. M. 1973. Nitrogen and acidity as factors influencing the voluntary intake of maize silage. Proc. Br. Soc. Anim. Prod. 67–68.

Van Es, A. I. H. & van der Honing, Y. 1973. Intake and nutritive value of pelleted forage for lactating cows. Proc. 1. Int. Green Crop Drying Congress, Oxford.

Wilkins, R. J. 1971a. The voluntary intake of silage by sheep. I interrelationships between silage composition and intake. J. Agric. Sci. *77:* 531–537.

Wilkins, R. J. 1971b. The voluntary intake of silage by sheep. II The effects of acetate on silage intake. J. Agric. Sci. *77:* 539–543.

Wilkins, R. J. 1974. The Nutritive Value of Silages. Nutrit. Conf. for Feed Manufactures, Vol. *8:* 168–189.

Wilkinsson, J. M., Huber, J. T. & Henderson, H. E. 1976. Acidity and Proteolyses as factors affecting the nutritive value of Corn Silage. J. Anim. Sci. Vol. *42:* 208–218.

9. Foderoptagelsens afhængighed af miljøet

S. P. Konggaard

		Side
9.1	**Indledning**	9.2
9.2	**Staldindretning**	9.2
	9.2.1 Hvileplads	9.3
	9.2.2 Foderbord	9.3
9.3	**Termisk og fysisk miljø**	9.5
	9.3.1 Temperatur	9.5
	9.3.2 Luftfugtighed	9.9
	9.3.3 Lufthastighed	9.10
	9.3.4 Staldluftens sammensætning	9.10
	9.3.5 Lysintensitet og -længde	9.11
9.4	**Socialt miljø**	9.13
	9.4.1 Adfærd generelt	9.14
	9.4.2 Social adfærd og gruppeinddeling	9.16
	9.4.3 Belægningsgrad	9.19
9.5	**Fodringsteknik og -principper**	9.22
	9.5.1 Fuldfoder	9.22
	9.5.2 Individuel kontra gruppefodring	9.23
	9.5.3 Fodringsfrekvens	9.23
	9.5.4 Fodringsrækkefølge	9.24
	9.5.5 Kraftfoderautomater	9.24
9.6	**Sammendrag og konklusion**	9.25
9.7	**Litteratur**	9.26

9.1 Indledning

Danmarks geografiske placering medfører, at planteproduktionen kun finder sted i ca. halvdelen af året. Det har derfor altid været nødvendigt at samle forråd til den del af året, hvor dyrene ikke har kunnet ernære sig i det fri. Foderforsyningen i vinterperioden var oprindelig helt afhængig af vækstbetingelserne i sommerhalvåret, idet handel med importerede foderstoffer først for alvor blev en realitet i dette århundrede. Kvæget har derfor til tider haft dårlige betingelser ernæringsmæssigt set. Også staldforholdene var langt ind i dette århundrede et forsømt område, og først i de sidste halvt hundrede år er der sket væsentlige forbedringer af miljøforholdene på stald.

9.2 Staldindretning

Definition af forskellige staldtyper til malkekøer

1. *Bindestald:* Ved en bindestald forstås en stald til kvæg, hvor dyrene er bundet om halsen ved hjælp af bindsler eller lignende. Båsene tjener som hvile- og ædeplads, ligesom malkningen udføres i båsene.
2. *Sengestald:* Ved en sengestald forstås en stald til kvæg, hvor dyrene kan bevæge sig frit omkring, og som er indrettet med sengebåse. Båsene tjener som hvileplads. Foderoptagelsen sker fra foderbord, plansilo eller lignende, medens malkningen udføres i en malkestald.
3. *Fodersengestald:* Ved en fodersengestald forstås en stald til kvæg, hvor dyrene frit kan bevæge sig omkring, og som er indrettet med sengebåse. Båsene tjener som hvile- og ædeplads, mens malkningen udføres i en malkestald.
4. *Fangbåsestald:* Ved fangbåsestald forstås en stald til kvæg, hvor dyrene er »fanget« i båse ved hjælp af bindsler eller fangbøjler. Båsene tjener som hvile- og ædeplads, mens malkningen udføres i en malkestald.
5. *Dybstrøelsesstald:* Ved en dybstrøelsesstald forstås en stald til kvæg, hvor dyrene kan bevæge sig frit omkring, og som er indrettet med hvileareal med dybstrøelse. Foderoptagelsen sker fra foderbord, plansilo eller lignende, mens malkningen udføres i en malkestald.

Stalde til opbundne køer – bindestalde – har stort set været de eneste forekommende indtil 1960. Siden er løsdriftsystemet introduceret, først de uisolerede stalde med dybstrøelse og rigelige pladsforhold, senere blev løsdriftstalde indrettet med sengebåse for at reducere kravet til mængde og type af strøelse. Den seneste statistik over forskellige staldtypers udbredelse (1981) viser, at kun godt 6% af kvægbesætningerne går i løsdrift. Dette svarer til 14% af

kobestanden, idet den gennemsnitlige besætningsstørrelse for køer i løsdrift er betydeligt større end for køer i bindestalde.

Løsdriftstaldene er overvejende indrettet med sengebåse (ca. 90%) og resten med dybstrøelse. To trediedele af sengestaldene er isolerede, ligesom de fleste sengestalde har spaltegulv (62%).

9.2.1 Hvileplads

I binde- og sengestalde er hvilepladsens areal afgrænset, og kun i stalde med dybstrøelse har køerne få fysiske begrænsninger af hvilearealet. Der er meget små forskelle i hvilearealets størrelse mellem en bås for bundne køer og en sengebås. Bredden er normalt den samme, og længden vil, når man indregner foderbordet foran bundne køer, også stort set være ens. I bindestalde og i nyere former for løsdriftstalde (fodersengestalde og fangbåsestalde), hvor køerne fodres foran i båsen, har foderbordsafgrænsningen samtidig til formål at holde koen tilbage i båsen for bl.a. at forhindre, at der afsættes gødning og urin i lejet, hvilket indebærer, at foderoptagelsen besværliggøres. For at nå foderet presser koen hårdt imod bindsel eller foderbordsafgrænsning, hvilket kan medføre trykskader på dyrene, samtidig med at risikoen for udskridning øges til fare for koen selv eller nabokøer. Det er således meget svært at forene kravet om at sikre koen gode foderoptagelsesbetingelser og samtidig have rene lejer og dermed rene køer. For bundne køer kan en korrekt anbragt el-tråd over køerne hjælpe til med at holde lejerne rene.

I sengestalde holdes koen tilbage i lejet ved hjælp af en nakkebom og evt. brystplanke og forhindres derved i at afsætte gødning i lejet.

Som det fremgår af foranstående, er der adskillige begrænsninger i hvilearealets udformning, når koen ligger i en bås, og i flere tilfælde stilles der så mange krav til båsen, at der bliver tale om uacceptable kompromisløsninger f.eks. i fodersengebåse, hvor koen skal kunne rejse og lægge sig uden for mange forhindringer samtidig med, at foderoptagelsesbetingelserne skal være gode, og endelig at lejet skal holdes rent og tørt. Den mest ideelle udformning af koens hvileplads er helt klart en velstrøet gødningsmåtte. Her er de fysiske begrænsninger reduceret til et minimum, samtidig med at koen tilbydes et lunt og blødt leje. Manglen på halm i visse dele af landet og stigende alternative anvendelsesmuligheder af overskudshalm reducerer imidlertid mulighederne for dette staldsystems udbredelse.

9.2.2 Foderbord

Køer i binde- og løsdriftstalde, hvor der fodres foran i båsen, vil under foderoptagelse være påvirket af bindslets og foderbordsafgrænsningens udformning, idet visse typer og udformninger begrænser dyrenes bevægelsesfri-

hed i en sådan grad, at foderoptagelsen besværliggøres. Også selve krybbens/foderbordets udformning og niveau i forhold til lejets niveau har betydning for foderoptagelsen, og for hvor let eller effektivt foderet holdes på plads foran koen. Krybbekanten ønskes lav for ikke at genere koen, når hun rejser og lægger sig. Til gengæld vil en lav krybbekant nemt bevirke et stort foderspild i lejet. Krybbekanten bør derfor i stalde, hvor koen æder fra båsen, forsynes med en gummikant, der kan holde foderet på plads uden at hæmme koens bevægelsesfrihed. Krybbebunden bør være mindst 10 cm og helst 20 cm over lejets niveau, ligesom det burde overvejes, om der i en afstand af 75 cm fra krybbekanten skulle anbringes en skråtstillet plade, der forhindrer, at foderet bliver skubbet væk fra koen. Pladen må ikke være højere, end at selvaflæssende fodervogne kan placere foderet korrekt foran koen.

I løsdriftstalde med separat foderbord stilles der andre krav til udformningen af afgrænsningen mod foderbordet, idet koen ikke skal kunne ligge ned, og bagkanten kan derfor gøres væsentligt højere. Til gengæld skal koen kunne fastlåses under dele af foderoptagelsen, såfremt der fodres med fodermidler i restriktive mængder. Hvis dette er tilfældet, er det en forudsætning, at alle besætningens/gruppens køer kan være ved foderbordet på én gang, hvilket kræver 60–65 cm foderbordsbredde pr. ko. Dette krav kan normalt opfyldes i løsdriftstalde med foderbord på langs i stalden og op til 2 rækker sengebåse på hver side af foderbordet, idet opsamlingsareal og malkestald normalt optager en del plads, der bevirker, at foderbordsbredden bliver noget over sengebåsens halve bredde. Hvis der derimod fodres med fuldfoder eller en grundfoderration, der er frit tilgængelig for køerne det meste af døgnet, er det ikke afgørende, om alle køer kan optage foder samtidig. I en amerikansk undersøgelse (Friend et al. 1977), hvor en fuldfoderration blev tilbudt 21 timer i døgnet, fandtes den i tabel 9.1 viste sammenhæng mellem pladsforholdene ved foderbordet og ædetid og optagne fodermængder.

Af tabellen fremgår det, at ædetiden pr. døgn ikke blev reduceret, før foderbordspladsen blev indskrænket til 0,10 m pr. ko. Også foderoptagelsen reduceredes, men ikke så udtalt som ædetiden, idet en større optagelseshastighed ved den mindste foderbordsbredde kompenserede for den manglende ædetid. Af

Tabel 9.1. Foderoptagelsens afhængighed af varierende pladsforhold ved foderbordet
(Friend et al. 1977)

	Foderbordsplads, m/ko				
	0.5	0.4	0.3	0.2	0.1
Ædetid, t.	3.82	3.73	3.73	3.76	2.57
Udnyttelsesprocent*)	21.5	26.9	34.6	51.9	70.6
Foderoptagelse, kg	37.3	37.4	37.8	36.0	30.2

*) Ædetid : tilgængelig tid × 100

tabellen ses iøvrigt, at udnyttelsesgraden ved foderbordet ikke bør ligge over 50%, idet forskelle i besætningens sociale rang bevirker, at stærke køer holder svagere væk fra foderbordet, mens de æder. I en efterfølgende serie i samme forsøg sammenlignedes 0,50 og 0,25 m foderbordsplads pr. ko. Den gennemsnitlige ædetid pr. døgn, gennemsnitlig tørstofoptagelse pr. ko og udnyttelsesprocent ved foderbordet var 4,54 og 3,96 timer, 18,9 og 19,7 kg og 27,2 og 49,7% ved henholdsvis 0,50 og 0,25 m foderbordsplads pr. ko. Den lidt større foderoptagelse ved 0,25 m foderbordsplads tilskrives lavere omgivelsestemperaturer i denne periode, – 4° C mod 5° C ved 0,50 m foderbordsplads.

Også fra tysk side foreligger der data, der viser, at ædetiden nedsættes, og foderoptagelsen formindskes, når antallet af køer pr. ædeplads øges fra 1 til 2 og 6 køer pr. ædeplads (Wander 1977). I samme undersøgelse fandtes desuden en signifikant højere mælkeydelse hos køer i løsdrift, der fodredes i fanggitter med foderbordsadskillelse mellem de enkelte køer, end hvor foderbordsafgrænsningen bestod af en enkelt nakkebom. Det fremgår ikke af disse undersøgelser, om der har været fodret restriktivt eller ad libitum.

Observationer fra danske løsdriftstalde (Konggaard & Krohn 1977) viser en god overensstemmelse med ovenstående i ædetid pr. døgn og ædeperiodernes antal hos køer i forskellige staldtyper med forskellig foderbordsudformning. I alle tilfælde havde køerne fri adgang til enten fuldfoder eller mindst et fodermiddel det meste af døgnet.

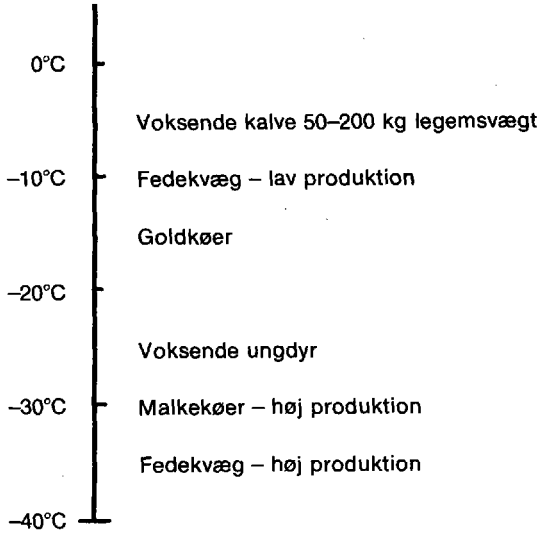
9.3 Termisk og fysisk miljø

Kvæget tilhører de varmblodede dyr, der er kendetegnet ved at kunne tilpasse legemstemperaturen inden for et snævert område i omgivelser med store klimatiske svingninger. De klimafaktorer, der påvirker malkekøer, er primært temperatur, luftfugtighed og -hastighed i dyrenes opholdszone. Forskellige kombinationer af disse faktorer er afgørende for, hvorledes dyrene reagerer på staldklimaet. Basale bidrag til afklaringen af omgivelsernes indflydelse på kvægets produktionsevne er gennemført ved University of Missouri. I to isolerede klimakamre, hver med plads til 6 voksne kreaturer ad gangen, gennemførtes fra 1946 til 1958 forsøg med varierende temperatur, luftfugtighed og -hastighed, og på grundlag heraf er de områder fastlagt, hvorunder kvæget producerer optimalt (Yeck & Stewart 1959).

9.3.1 Temperatur

Foderoptagelsen er upåvirket af temperaturen i det termoneutrale område. Det termoneutrale område defineres som det temperaturområde, indenfor

hvilket dyrets varmeproduktion er konstant og uafhængig af klimaet (Kleiber 1961). Det nederste punkt af det termoneutrale område kaldes den nedre kritiske temperatur (lower critical temperature) og defineres som den temperatur, hvorved dyrene øjeblikkelig må forøge varmeproduktionen for at opretholde konstant legemstemperatur. Den nedre kritiske temperatur indtræder vidt forskellig for kvæg på forskelligt alderstrin og produktionsniveau, fig. 9.1.



Figur 9.1 Nedre kritiske temperaturer (Young 1981)

Kvæg på et højt produktionsniveau tåler meget lave temperaturer, forudsat at der er vindstille og klimaet er tørt.

Ved høje temperaturer falder foderoptagelsen. Faldet indtræder på lidt forskelligt tidspunkt afhængig af kvægrace. For Holstein-Friesean kvægets vedkommende er fundet et fald i optagelsen ved temperaturer over 24–27° C, mens f.eks. Jerseykøer ikke viser nedsat optagelse før ved 27–29° C. For begge kvægracers vedkommende holdt køerne helt op med at æde, når temperaturen oversteg 40° C(Ragsdale et al. 1948, 1949).

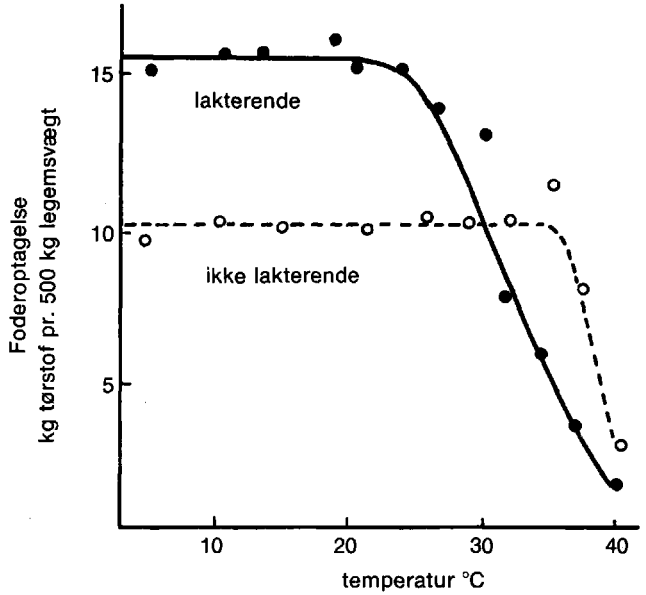
Ved lave temperaturer stimuleres foderoptagelsen. I tabel 9.2 er vist effekten af lave temperaturer på foderoptagelsen og mælkeydelsen.

I dette forsøg reagerer Jerseykøer kraftigere end Holstein-Friesian. Lignende udslag er beskrevet af Ragsdale et al. (1949). Den øgede foderoptagelse ved lave temperaturer tilskrives en hurtigere passagehastighed af foderet, idet vommobiliteten øges. Som følge heraf falder fordøjeligheden af foderrati-

Tabel 9.2. Foderoptagelse og mælkeydelse hos Jersey og Holstein-Friesian køer ved lave temperaturer
(Johnson 1965)

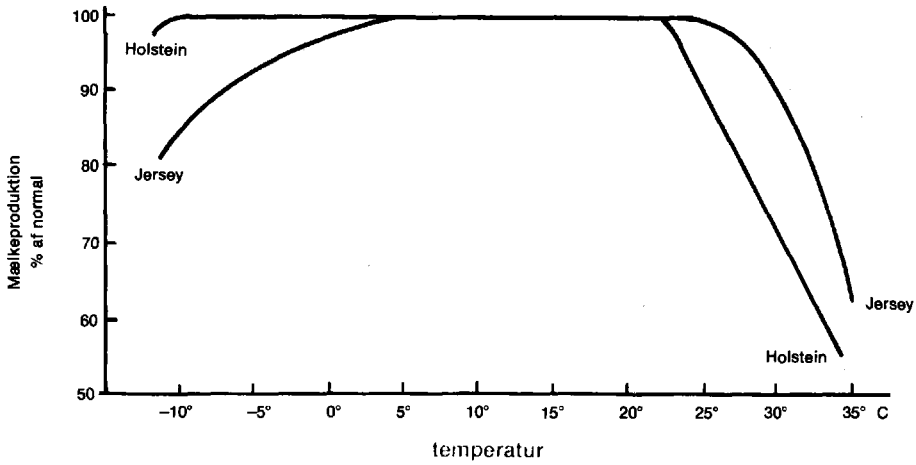
	Jersey		Holstein-Friesian	
	10° C	–13° C	10° C	–13° C
Foderoptagelse, kg ts	5.9	7.4	10.4	11.2
Mælkeydelse, kg	7.6	3.5	15.0	14.0

onen (Young 1981), jvf. kap. 6. Høje temperaturer, 32° C sammenlignet med lavere (18° C), bevirkede ifølge Davis & Merilan (1960) en nedsættelse af foderoptagelsen på 2,3 kg ts/dag men en stigning af fordøjeligheden på 4,35%. Lakterende køer reagerer med en nedsat foderoptagelse ved en lavere temperatur (25° C) end ikke lakterende køer (ca. 35° C), se fig. 9.2.



Figur 9.2 Temperaturens indflydelse på foderoptagelsen (Winchetser & Morris 1956)

Sammenfaldende aftagende kurver for foderoptagelse med stigende temperatur er fundet af Johnson (1967). Temperaturens indflydelse på mælkeproduktionens størrelse er sammenfattet i fig. 9.3. I området fra 4–24° C fandtes ingen forskelle i produktionsniveau hverken for Holstein-Friesian eller Jerseykøer.



Figur 9.3 Mælkeproduktion i relation til temperatur (Yeck & Stewart 1959)

Under 4° C faldt ydelsen hos køer af Jerseyracen, således at den ved –12° C var reduceret med 20%, men Holstein-Friesian køernes ydelse forblev uændret ved –12° C. Lignende resultater er beskrevet af MacDonald & Bell (1958), der fandt et begyndende ydelsesfald ved –4° C og et kraftigt ydelsesfald ved –23° C. Køerne blev i dette forsøg fodret efter ædelyst. I den anden ende af skalaen faldt ydelsen, når temperaturen oversteg 25–30° C. Ydelsesfaldet indtræder lidt senere hos køer af Jerseyracen end hos Holstein-Friesian. Under danske klimaforhold vil ekstremt høje temperaturer kun være forekommende i dagtimerne. Effekten af varierende dag- og nattemperaturer er vist i tabel 9.3.

Ved 35° C konstant temperatur (2) faldt optagelsen fra 20 til 50% sammenlignet med 18° C (1). Når temperaturen var 35° C fra kl. 9 til 20 og 18° C fra kl. 20 til 9 (3 og 4) var foderoptagelsen uændret bortset fra optagelsen af hø, der var 13% lavere. Med stigende nattemperaturer (5 og 6) faldt optagelsen af alle foder-

Tabel 9.3. Foderoptagelse ved forskellige temperaturkombinationer (dag/nat)
(Comberg & Feder 1972)

Behandling	Temperatur °C	Relativ optagelse (18° C = 100)				
		vand	kraftfoder	snitfoder	ensilage	hø
1	18	100	100	100	100	100
2	35	130	50	50	80	58
3	35/18	122	100	100	102	87
4	35/18	136	100	100	110	100
5	35/25	169	90	90	102	87
6	35/30	160	64	64	88	74

midler. Optagelsen af ensilage synes at være mindst påvirket af høj nattemperatur. I forsøgene var den relative luftfugtighed 60–70%. Ydelsestal for de forskellige behandlinger foreligger, men da ydelseshøjden var 10–15 kg mælk, er de af mindre værdi. På behandlingerne 1–6 var forholdstallene for ydelse henholdsvis 100, 49, 88, 84, 72 og 53.

9.3.2 Luftfugtighed

Inden for det termoneutrale område fordamper malkekøer 60–80 kg vand pr. 100 kg produceret mælk (Moody 1966) ligeligt fordelt via lungerne og gennem huden. Ved høje temperaturer er fordampningen seks gange så stor gennem huden som fra åndedrætssystemet. Fordampningshastigheden er stærkt påvirket af den omgivne lufts vandindhold, hvorfor luftfugtigheden spiller en stor rolle for dyrets velbefindende.

I temperaturområdet mellem –8 og 24° C spiller luftfugtigheden en ubetydelig rolle for malkekøer. I tabel 9.4 ses, hvorledes kombinationer af høje temperaturer og varierende relativ luftfugtighed påvirker malkekøers produktionsniveau.

Ved temperaturer over 24° C forstærkes effekten af høj relativ luftfugtighed på mælkeproduktionens størrelse. En lav relativ fugtighed (40%) ved 29° C bevirkede kun en beskeden nedgang i mælkeproduktionen, hvorimod 90% luftfugtighed forårsagede mere end 30% ydelsesnedgang. Tabellens nederste del viser, at 35° C og en lav luftfugtighed ikke virker stærkere end 29° C og høj luftfugtighed. Davis & Merilan (1960) fandt nogenlunde samstemmende ingen sikker forskel i foderoptagelsen og fordøjelighed ved 27° C og 80% relativ fugtighed og 32° C og 20% relativ fugtighed sammenlignet med 18° C og 50% relativ luftfugtighed. Derimod fandtes et stærkt fald i foderoptagelsen ved 40 og 50% relativ luftfugtighed ved 32° C.

Tabel 9.4. Ydelse hos malkekøer ved forskellige temperatur- og luftfugtighedsforhold (Yeck & Stewart 1959)

Temperatur °C	Relativ luftfugtighed %	Mælkeydelse – % af normal	
		Holstein-Friesian	Jersey
24	40	98	98
	75	100	100
29	40	97	93
	90	69	75
35	45	67	76

9.3.3 Lufthastighed

Øget lufthastighed i dyrenes opholdszone vil nedsætte den uheldige indflydelse af høje temperaturer og forstærke effekten ved lave temperaturer, idet fordampningen fra dyrenes overflade øges – særlig ved lav luftfugtighed. I tabel 9.5 er vist, hvorledes stigende lufthastighed påvirker mælkeproduktionen.

Tabel 9.5. Lufthastighedens indflydelse på mælkeproduktionen hos malkekøer
(Yeck & Stewart 1959)

Lufthastighed m/sek.	Temperatur °C	Ydelse – % af normal		
		Holstein-Friesian	Jersey	Brown Swiss
0.2	27	85	100	100
2.2	27	95–100	100	100
4.4	27	95–100	100	100
0.2	35	63	74	83
4.4	35	79	94	90

I denne forsøgsserie kunne en forøgelse af lufthastigheden fra 0,2 til 2,2 m pr. sekund stort set opveje ulemperne og ydelsesnedgangen ved en temperatur på 27° C for Holstein-Friesian køer. Ved 35° C var en forøget vindhastighed omkring dyrene derimod ikke i stand til fuldt ud at genoprette normal produktion for Holstein-Friesian, hvorimod Jersey og Brown Swiss tålte den højere temperatur betydeligt bedre og havde kun 6–10% lavere mælkeydelse ved en lufthastighed af 4,4 m/sek.

9.3.4 Staldluftens sammensætning

Staldluften påvirkes først og fremmest af den gødning og urin, som dyrene afsætter. Herfra afgives primært ammoniak (NH_3) og evt. svovlbrinte (H_2S), såfremt gødning og urin (gylle) opbevares og håndteres inden for bygningen. Staldluften indeholder desuden forøgede mængder kuldioxyd (CO_2) i forhold til udeluft afhængig af ventilation samt evt. kulilte (CO), hvis der anvendes forbrændingsmotorer i stalden. Staldluftens indhold af NH_3 er undersøgt ved 1660 målinger i forskellige staldtyper i både sommer- og vinterperioder (Østergaard 1981). NH_3 koncentration målt i ppm var højest i de isolerede stalde (bindestalde og fangbåsestalde) særlig i vinterperioderne, hvorimod der fandtes langt lavere værdier i uisolerede løsdriftstalde og lavest i åbne sengestalde, specielt i vinterperioderne. De gennemsnitlige værdier androg fra 0,8–8,4 ppm med max. værdier ved enkeltmålingerne på 40 ppm. Til vurdering af de fundne koncentrationer skal anføres, at de tyske DIN-normer angiver 50 ppm som de max. tilladelige koncentrationer.

Af de nævnte luftarter er der særlig grund til at være opmærksom på staldluftens indhold af svovlbrinte, som er uhyre farlig og kan være dødbringende. Svovlbrinten optræder dog udelukkende i forbindelse med omrøring og udkørsel af gylle, idet der ikke fra stillestående gylle afgives svovlbrinte i målelige mængder.

Staldluftens indhold af støvpartikler kan i visse tilfælde udgøre en belastning for dyrene, selv om problemet ikke er så stort som i fjerkræ- og svinestalde. Støv fra strøelse og foder (halmmøller) kan, hvis forarbejdningen foregår i selve staldrummet, genere dyrene i en sådan grad, at det medfører luftvejslidelser.

Af andre »forureningskilder« i stalde må støj fremdrages. Mekaniske hjælpemidler som f.eks. mobile eller stationære fodringsanlæg, malkeanlæg m.v. medfører ofte kraftig støj. Denne påvirkning er dog af begrænset varighed pr. døgn. Mere belastende er en permanent støjpåvirkning fra f.eks. ventilationsanlæg. Fra svensk side (Algers & Ekesbo 1977) anføres, at der bør stiles efter en støjgrænse på 45 dB (A) ved planlægningen af fremtidens kostalde.

9.3.5 Lysintensitet og -længde

Rigtig belysning i landbrugets driftsbygninger forbedrer arbejdsmiljøet og øger arbejdssikkerheden. Svenske undersøgelser (Sundahl 1977) har vist, at det ikke kun er ældre bygninger, der er stærkt underforsynet med lyskilder, men at også nyopførte stalde ofte udstyres med utilstrækkeligt lys. Store afstande mellem armaturerne bevirker samtidig en meget ujævn fordeling af lyset. Undersøgelserne viste endvidere, at der var en sammenhæng mellem antallet af ulykkestilfælde og lysforholdene på stedet. I efterfølgende tabel 9.6 er vist de anbefalede normer for lysstyrker i kvægstalde (Landskontoret for Bygninger og Maskiner). For at sikre at køerne kan færdes i nattetimerne anbefales det, at der er så meget lys i stalden, at de kan opsøge foderbordet hele døgnet.

I dele af vinterhalvåret vil daglængden aftage til 8–9 timer. Det har længe været kendt, at en forøgelse af daglængden påvirker f.eks. høners ægproduktion. Ved Michigan State University, USA, er der i de seneste år udført adskillige forsøg, hvor normal daglængde er sammenlignet med tilskud af kunstigt lys. I forsøg med malkekøer sammenlignedes 16 timers lys og 8 timers mørke med naturlig daglængde, 9–12 timer (Peters et al. 1978). Lysintensiteten på de to forsøgsbehandlinger var henholdsvis 114–207 lux og 39–93 lux. Der indgik 46 køer på hvert hold over laktationens første 60 dage i en uisoleret sengestald. Holdet, der var udsat for normal daglængde, ydede i gennemsnit 30,5 kg mælk i de første 100 dage efter kælvning, mens køerne, der fik øget lyslængden til 16 timer i døgnet, opnåede 33,5 kg mælk i den samme periode. Forskellen var signifikant ($P<0{,}002$). Allerede 10 dage efter kælvning producerede køerne med forøget lysmængde 1,7 kg mælk mere, og 20 dage efter kælvning var forskellen øget til 3,1 kg. Denne forskel holdt sig indtil 100 dage

Tabel 9.6. Lysbehov i kvægstalde

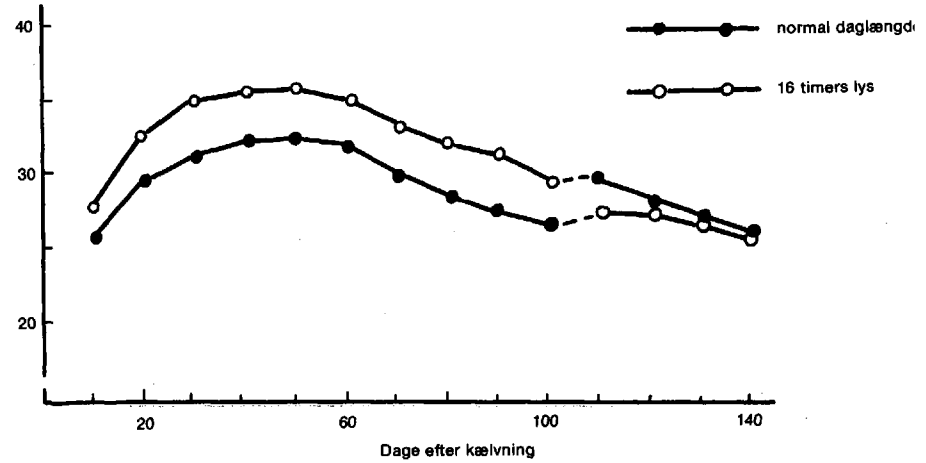
	Anbefalede bel. styrker lux	Bemærkninger
Bindestalde		
Malkekvæg:		
Fodergange	50	
Rensegange	100	
Ungkvæg:		
Fodergange	50	
Rensegange	50	
Løsdriftstalde		
Foderareal	50	Om natten 1 stk. 40 W lysstofrør pr. 200-300 m^2
Hvileareal	25	
Opsamlingsareal	50	
Malkestalde	200	
Ungkvægbokse	50	
Andre staldafsnit		
Kalvestalde	50	
Syge- og kælvningsafdeling	100	
Mælkerum		
Maskin- og forrum	50	
Tankrum	200	

efter kælvning. Mælkens fedtindhold var upåvirket af lysmængden. Efter 100 dage blev forsøgsbehandlingen byttet om, og der noteredes da et sikkert udslag, således at køerne, der nu fik tilskud af lys i perioden fra 101 til 140 dage efter kælvning i gennemsnit ydede 27,7 kg mælk mod 26,8 kg for køerne på normal daglængde. Laktationskurverne for de to hold fremgår af fig. 9.4.

Forsøgene blev gentaget det efterfølgende år efter samme forsøgsplan med 2 × 21 køer pr. hold. 16 timers lys øgede ydelsen med 7%. I dette forsøg fodredes køerne efter ædelyst med fuldfoder. I tidlig laktation påvirkede lysmængden ikke foderoptagelsen, hvorimod foderoptagelsen var 5,6% højere hos køerne med 16 timers lys i laktationens sidste del sammenlignet med normal daglængde.

Undersøgelser har vist, at der opnås samme effekt med 20 timers lys og 4 timers mørke, hvorimod 24 timers lys ikke har øget effekten frem for naturlig daglængde.

Årsagerne til lysets stimulerende indvirkning på mælkeproduktionen er ikke klarlagt. I forsøg med kvier (Peters & Tucker 1978) er det vist, at serum prolaktin er 4 gange så højt hos kvier, der udsættes for 16 timers lys og 8 timers mørke fra 1. november til 9. marts og 1,6 gange højere i perioden fra 30. april til



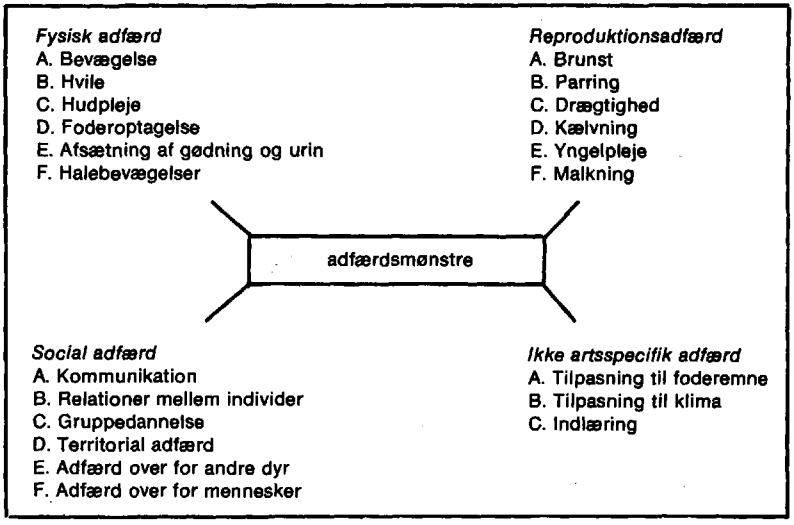
Figur 9.4 Effekt af forøget daglængde (Peters et al. 1978)

13. august, end hos kvier, der modtager normalt dagslys. Ved temperaturer under 0° C ændres og forsvinder den positive korrelation mellem serum prolaktin og temperatur (lysmængde). Det er derfor uafklaret, hvilken rolle prolaktin spiller ved vurderingen af lysets positive indflydelse på produktionen.

Det forhold, at der generelt opnås de dårligste drægtighedsresultater i de mørkeste vintermåneder, ansporer også til øget lysintensitet og -længde, idet der for de fleste dyrearter eksisterer et samspil mellem daglængde (lysmængde) og seksualfunktioner.

9.4 Socialt miljø

Kvægets adfærdsmønstre har på det sidste tiltrukket sig øget opmærksomhed. Dette skyldes dels en stigning i antallet af løsdriftbesætninger, dels at arbejdsbesparende og produktionsfremmende foranstaltninger ofte giver dyrene ændrede miljøvilkår. For køer i løsdrift vil hierarkiet (hakkeorden) komme til udtryk f.eks. under foderoptagelsen, hvor besætningens (gruppens) stærkeste individer har mulighed for at undertrykke svagere køer i flokken – særligt hvis fodermængde og/eller foderbordsplads er begrænset. Køer i bindestalde har derimod en meget begrænset bevægelsesmulighed, men kan til gengæld være nogenlunde sikre på, at den fodermængde der lægges foran dem, ikke ædes af andre køer, forudsat at der findes en eller anden form for krybbeadskillelse.



Figur 9.5 Skematisk oversigt over forskellige adfærdsmønstre hos kvæg

I figur 9.5 er vist en skematisk oversigt over forskellige adfærdsmønstre hos kvæg. Det fremgår heraf, at langt de fleste af de nævnte faktorer vil være påvirket positivt eller negativt i det intensiverede kvæghold.

Dette afsnit tager primært sigte på at belyse dele af disse adfærdsmønstre nemlig foderoptagelse (ædeadfærd) og relationer mellem individer og gruppedannelse hos malkekøer.

9.4.1 Adfærd generelt

For at kunne vurdere forskellige adfærdsmønstre hos kvæg i intensive produktionssystemer, må dyrenes adfærd (døgnrytme) sættes i relation til noget kendt f.eks. adfærden/døgnrytmen under naturlige betingelser på græs. Det bør dog samtidig understreges, at adfærden hos græssende dyr ikke nødvendigvis behøver at være normgivende for dyr på stald.

Ved almindelig afgræsning vil køer bruge 6–9 timer daglig med græsoptagelse, hvorunder de tilbagelægger 3–5 km. Variationen i græsningstidens længde vil først og fremmest være afhængig af vejret, græstilbudet og -kvaliteten. Dårligt vejr med vedvarende regn og blæst nedsætter græsningstiden (Hancock 1954, Kock 1968). Samme effekt ses ved anvendelse af tilskudsfoder (Campling 1964), hvorimod et ringe græstilbud eller græs med et lavt træstofindhold vil forøge græsningstiden (Hancock 1954).

Døgnrytmen på græs er typisk cyklisk med 4 til 5 græsningsperioder i døgnet afbrudt af hvile og drøvtygning (Hafez 1962). Hovedoptagelsen finder sted i 2

store intensive græsningsperioder, den ene omkring solopgang og den anden omkring solnedgang. Mellem disse 2 perioder vil der – afhængig af årstiden – være 2–3 mindre intensive græsningsperioder i løbet af dagen. Køer på græs drikker 2–5 gange i døgnet og optager 30–80 l vand i døgnet afhængig af mælkeydelse og vejrforhold (Hafez 1970).

Udvoksede køer ligger ned 9–13 timer i døgnet. Den længste liggeperiode findes om natten (4–6 timer) og er kun afbrudt af korte perioder (5–15 min.), hvor køerne rejser og strækker sig. Alt i alt ligger køer ned 4–6 gange i løbet af et døgn.

Adfærden hos køer i forskellige produktionssystemer

Døgnrytmen hos køer på stald vil være afhængig af flere faktorer, der helt naturligt vil være medbestemmende for køernes adfærd. For det første vil den daglige arbejdsrutine herunder specielt tidspunkterne for fodertildeling og malkning påvirke dyrenes adfærd. Hertil kommer, at tildelingen af foder i langt de fleste tilfælde finder sted i tilknytning til de to daglige malkninger, hvilket bevirker, at der opstår to hovedoptagelsesperioder af foder, når køerne kommer tilbage til foderbordet efter endt malkning (Krohn & Konggaard 1976).

Såfremt fodermidler tildeles over en kort periode, vil alle dyrene efter endt malkning søge foder for derefter at hvile og tygge drøv. Imellem fodertider/malketider vil køer i løsdrift yderligere søge fooderoptagelse 3–4 gange i døgnet i kortere perioder. Disse resultater viser, at døgnrytmen med hensyn til foderoptagelse ikke afviger væsentligt fra døgnrytmen ved afgræsning.

For køer i bindestalde vil tidspunkterne for foderoptagelse naturligvis nøje følge tidspunkterne for fodertildeling, men såfremt der er foder foran dyrene det meste af døgnet, vil ædeperiodernes antal ligge på samme niveau som for køer i løsdrift.

Tabel 9.7 Døgnrytmen hos køer i forskellige staldsystemer
(Konggaard & Krohn 1978b)

Staldtype	Bindestald	Sengestald	Dybstr. stald
Antal køer	20	23	26
Ædetid/døgn, min.	276±77	287±50	273±49
Ædeperioder/døgn, antal	5.7±1.5	5.9±1.0	6.5±0.9
Liggetid/døgn, min.	727±121	790±94	634±101
Liggeperioder/døgn, antal	6.7±1.4	5.7±1.3	5.2±1.0
Ståtid/døgn, min.	438±138	364±102	535±103
Ståtid i løbegård/døgn, min.			252±68
Perioder i løbegård/døgn, antal			4.3±1.0

I tabel 9.7 er vist resultaterne fra adfærdsundersøgelser over døgnrytmen hos køer i forskellige staldtyper (Konggaard & Krohn 1978b). Af tabellen ses, at der er god overensstemmelse i total ædetid og i ædeperiodernes antal for køerne i de tre forskellige staldtyper. Disse resultater er nøje sammenfaldende med udenlandske undersøgelser for køer i løsdriftstalde (Brantas 1969, Webb et al. 1963, Friend & Polan 1973, Gabr et al. 1975). Fra forsøg med køer i en bindestald konkluderer Hedlund & Rolls (1977), at til trods for de begrænsede bevægelsesmuligheder udviste køerne en ædeadfærd, der med hensyn til varighed og antal ædeperioder lignede aktiviteten for løsgående køer.

Tabel 9.8 Ædeadfærden hos køer i staldsystemer med forskellige fodertyper og foderbordsplads
(Konggaard & Krohn 1978b)

Besætning Staldtype	I Dybstrøelse	II Sengestald spaltegulv	III Sengestald fast gulv
Foderbordstype	Foderkasse m. nakkebom	Kirkestole	Enk. nakkebom
Foderbordsplads, m/ko	0.25	0.80	0.60
Gruppestørrelse, antal	110	55	70
Fodertype	Fuldfoder	Enk. fodermidler kraftfoder i malkestald	Mikset grov- og kraftfoder
Ædetid pr. døgn, min.	278	276	297
Variation, min.	110–390	110–410	110–403
Variation, antal/døgn	3–9	4–10	3–7

I tabel 9.8 er vist nogle resultater vedrørende ædeadfærden hos køer i større løsdriftsbesætninger under varierende betingelser (Konggaard & Krohn 1978b). Ædetiden er også i denne opgørelse meget ensartet i de tre besætninger, der adskiller sig ved at være forskellige med hensyn til staldsystem, foderbordstype og -pladsforhold samt foderration og race.

9.4.2 Social adfærd og gruppeinddeling

Ved social adfærd forstås generelt enten den livsytring et dyr udviser over for artsfæller, eller den livsytring en gruppe af dyr udviser over for andre arter. Sidstnævnte er dog uden betydning for husdyr.

De sociale relationer i en besætning har stort set kun betydning for løsgående dyr. Dyr på græs har almindeligvis frie bevægelsesmuligheder og kan afpasse distancekravet til artsfæller efter behov. I det intensive kvæghold i løsdrift er arealet ofte så kraftigt nedskåret, at social adfærd kan blive en betydende faktor.

Dyrs sociale adfærd sikrer bl.a. stabiliteten (ro og orden) i gruppen og begrænser aggressiviteten. Social adfærd over for artsfæller inddeles gerne yderligere i positiv adfærd, hvorved forstås kommunikation og flokadfærd, og i agonistisk adfærd, hvorved forstås trusler, angreb og kamp.

Inden for hver gruppe af dyr, det være sig malkekøer, kvier eller fededyr, der går frit sammen f.eks. i løsdrift, findes altid et socialt hierarki – en rangorden. Det enkelte dyrs rangplacering (plads i hierarkiet) vil være afhængig af dets alder, vægt, anciennitet og temperament (bl.a. Brantas 1969). Ældre og store køer vil altid have en høj rangplacering, mens unge, lette og nyindsatte køer – først og fremmest første kalvs køer – vil være placeret lavt i hierarkiet (Gabr 1973, Sambraus 1970). Under løsdriftforhold vil det derfor være sidstnævnte gruppe af køer, der vil have de dårligste produktionsbetingelser, og navnlig hvis stald- og fodringsforhold ikke er optimale.

Tabel 9.9 Rangordenens indflydelse på grovfoderoptagelsen og produktionen
(Konggaard & Krohn 1975, Krohn & Konggaard 1976)

Rang	1. kalvs køer	Ældre køer		
	lav	lav	middel	høj
Antal køer	20	14	13	13
Vægt, kg	489	563	598	632
Alder, mdr.	28	54	65	65
Ensilage, kg ts.	6.9	8.9	10.0	11.2
Kg ts. pr. 100 kg	1.41	1.58	1.67	1.77
Roer, kg	10.9	13.9	13.4	16.7
Kg 4% mælk (130 dg.)	2193	2992	3060	2848
Dgl. tilvækst, g	+166	–211	–104	+82

Rangordenens indflydelse på grovfoderoptagelse og produktion er vist i tabel 9.9 (Konggaard & Krohn 1975, Krohn & Konggaard 1976). Heraf ses en betydeligt lavere foderoptagelse hos første kalvs køer sammenlignet med ældre køer. Blandt ældre køer er der ligeledes en tydelig tendens til den største grovfoderoptagelse hos køer med høj rang, mens der ingen eller mindre forskelle er mellem ældre køer med middel eller lav rangposition i besætningen. Den større foderoptagelse hos ældre køer med høj rang sker således overvejende på bekostning af første kalvs køerne, når de går i samme gruppe, og foderoptagelsen sker under frie indbyrdes konkurrenceforhold.

Af tabellens to nederste linier ses, at den største foderoptagelse hos ældre køer med høj rang ikke har resulteret i en større mælkeproduktion men derimod en større egentilvækst i forsøgsperioden. I en anden undersøgelse er første

kalvs køers adfærd- og produktionsresultater sammenlignet, enten når de går i grupper for sig eller i gruppe sammen med ældre køer. Hovedresultaterne er gengivet i tabel 9.10 (Konggaard & Krohn 1978a). Første kalvs køer, der gik i gruppe for sig, havde på alle tre forsøgssteder en længere ædetid pr. døgn (10–32 min.) end tilsvarende første kalvs køer, der gik i gruppe med ældre køer. Også antallet af ædeperioder pr. døgn var højst, hvor første kalvs køer var i separat gruppe. Den længere ædetid bevirker alt andet lige en større foderoptagelse med en højere produktion til følge. Første kalvs køer i gruppe for sig havde 200–400 kg 4% mælk mere i 1. laktation og højere fedtprocent sammenlignet med første kalvs køer i gruppe med ældre køer.

Tabel 9.10 Adfærds- og produktionsforhold hos 1. kalvs køer i forskellige gruppesammensætninger
(Konggaard & Krohn 1978a)

Forsøgssted	Trollesminde		Besætning I		Besætning II	
Hold	N[1])	F[2])	N	F	N	F
Gruppestørrelse	12–14	10–12	90–110	90–110	50–60	18–20
Antal forsøgsdyr	14	13	18	18	15	15
Adfærd[4])						
Ædetid/døgn, min.	212	222	263	292	262	290
Ædeperioder/døgn, antal	6.2	7.2	4.5	5.8	6.0	6.8
Liggetid/døgn, min.	403	443	460	447	389	418
Liggeperioder/døgn, antal	5.5	6.7	4.3	5.5	4.7	5.3
Produktion	130 dage		250 dage			
Mælk, kg	2388	2595	5315	5547	4545	4774
Fedt, %	3.92	3.97	3.42[3])	3.64	3.93	3.94
4% mælk	2359	2583	4856	5251	4495	4730
Tilvækst, g/dag	72	–35	393	441	434	420

[1]) I gruppe med ældre køer
[2]) I gruppe for sig
[3]) Signifikant lavere ($P < 0.05$)
[4]) Observationsdøgn fra kl. 04^{00} til 24^{00}

Reaktioner på gruppeskift

Når køer i løsdrift flyttes fra en gruppe til en anden, opstår der uorden i hierarkiet, fordi »tilflyttere« ikke kender deres plads i rangordenen. Af tabel 9.11 fremgår det, hvorledes æde- og liggetid reduceres den dag, gruppeskiftet finder sted. Denne uro i grupperne med nedsat foderoptagelse til følge vil ligeledes kunne påvirke produktionen dels ved en øjeblikkelig ydelsesnedgang, dels ved en permanent lavere ydelse (Krohn & Konggaard 1980).

Tabel 9.11 Gruppeskiftets indflydelse på malkekøers adfærd og mælkeproduktion (Krohn & Konggaard 1980)

	Besætning 1			Besætning 2		
Gruppestørrelse	12			100		
Antal køer flyttet	3			15		
Produktion						
kg 4% mælk[1])	22.3			24.0		
Ydelsesændring[2])						
1. dag	–1.1			–1.4		
6. dag	–0.5			–1.5		
15. dag	–0.5			–		
40. dag	–			–0.8		
Adfærd[4])	Før[3])	Omkring	Efter	Før	Omkring	Efter
Ædetid, min.	202	208	196	295	271	302
Liggetid, min.	516	480	508	580	336	537

[1]) Gns. af 4 døgn før gruppeskift.
[2]) Ydelsesændring efter gruppeskift.
[3]) Dagen før gruppeskift, dagen efter (omkring) og 6 dage efter.
[4]) Observationsdøgn fra kl. 04^{00} til 24^{00}

Ydelsesnedgangen har i gennemsnit været 5–6% de første dage efter gruppeskiftet. 1–2 uger senere er nedgangen reduceret til ca. det halve. Kun en mindre del af de flyttede køer (10–15%) reagerede med store ydelsesfald på gruppeskiftet. Det bør bemærkes, at køerne i disse forsøg ikke skiftede foderration ved flytningen. Årsagen til de store ydelsesfald i forbindelse med gruppeskiftet er i højere grad et udslag i ændringer i fodermængde (kraftfoder) end social tilpasning til den nye gruppe. Store ydelsesfald er rapporteret af Legoshin (1976), mens Sowerby & Polan (1978), Brakel & Leis (1976), Arave et al. (1973) samt Arave & Albright (1976) har fundet udslag af samme størrelsesorden som i de danske undersøgelser. På denne baggrund kan det konkluderes, at gruppeskift har en begrænset indflydelse på produktionen hos størstedelen af køerne. Alligevel må det anbefales, at der praktiseres et gruppeinddelingssystem, der medfører så få gruppeskift, som det af fodringsmæssige hensyn er muligt.

9.4.3 Belægningsgrad

Kvægets naturlige adfærdsmønster er stærkt ændret ved intensivt husdyrhold og mest for opbundne dyr. Adfærden hos kvæg på stald vil derfor være afvigende enten på grund af fiksering (bindestald) eller på grund af reduceret areal (løsdrift). Den oprindelige form for løsdrift (dybstrøelse) gav dyrene gode bevægelsesmuligheder, ialt ca. 20 m^2 pr. ko. Men udviklingen er af flere

årsager, bl.a. arbejdsmæssige og økonomiske, gået i retning af, at arealet pr. ko i de nyeste former for løsdriftstalde er reduceret til under 6 m² pr. ko. Netop denne kraftige nedskæring i arealet bevirker, at dyrenes distancekrav til artsfæller i visse situationer ikke kan overholdes, hvilket kan få negativ indflydelse på dyrenes velbefindende og dermed på produktionens størrelse (Brantas 1969, Czako & Tomory 1977, Sambraus 1971).

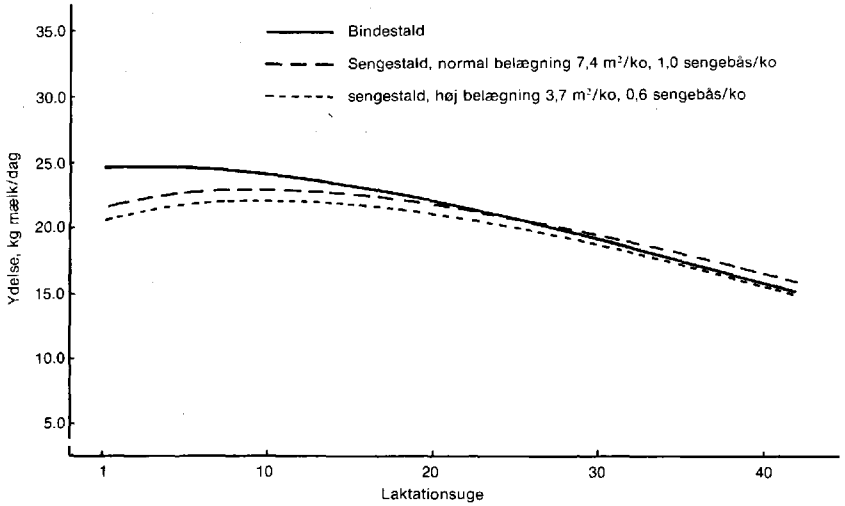
Belægningsgraden i en stald kan ændres på to principielt forskellige måder. Enten ved at der indsættes flere dyr i en sengestald, end der er båse til, eller ved at standardmålene i stalden reduceres, d.v.s. gangbredder mellem/bag sengebåse, mellem sengebåse og foderbord, sengebåsenes længde/bredde o.s.v. Friend et al. (1977) fandt de i tabel 9.12 viste resultater ved at øge antallet af køer i besætningen i forhold til sengebåsenes antal.

Tabel 9.12 Stigende antal køer pr. sengebås
(Friend et al. 1977)

	Antal sengebåse pr. ko				
	1.00	0.83	0.67	0.50	0.33
Liggetid i bås, t.	14.2	14.2	13.2	10.4	6.9
Udnyttelsesgrad, %	66.9	80.3	93.2	97.8	98.1
Antal hvileperioder	10.7	11.3	10.5	7.9	6.4
Varighed af hvileperiode, t.	1.34	1.25	1.25	1.22	1.11

Når sengebåsenes antal reduceres til under 0,8 pr. ko, ses en aftagende liggetid pr. døgn. Når der kun er 1 sengebås til rådighed for hver 3 køer, er den gennemsnitlige hviletid pr. døgn reduceret til under halvdelen af det normale. Både hvileperiodernes antal og varighed reduceres med færre sengebåse pr. ko. Med kun 0,50 og 0,33 sengebåse pr. ko er det fundet, at køerne i gennemsnit lå 18,2 og 20,1 min. pr. døgn på gangarealerne. Selv om køerne tvinges til at æde i hold ved reducering af foderbordspladsen, vil der som regel være meget lidt aktivitet ved foderbordet mellem kl. 01^{00} og 04^{00} (Krohn & Konggaard 1976), og stort set hele besætningen ligger ned i denne periode. Konsekvensen af færre sengebåse end køer vil derfor efter al sandsynlighed være snavsede køer, fordi de periodisk er henvist til at ligge på gangarealerne.

I en amerikansk undersøgelse (Duby 1979) er forskellige belægningsgrader i sengestalde undersøgt. 2 × 30 køer havde henholdsvis 7,4 og 3,7 m² staldplads pr. ko. Ved 7,4 m²/ko var der 1,0 sengebås pr. ko og ved 3,7 m²/ko 0,6 sengebås pr. ko. Foderbordspladsen var 0,45 m pr. ko, og der fodredes med fuldfoder efter ædelyst. I figur 9.6 er ydelsestallene vist for de to grupper over laktationens første 44 uger sammenlignet med 20 køer i en bindestald. Af figuren fremgår det, at ydelsen i gennemsnit ligger lidt lavere for køerne ved den høje belægningsgrad. I gennemsnit af hele perioden var ydelsen 19,6 og 18,9 kg mælk



Figur 9.6 Mælkeproduktion i bindestald og sengestald med forskellig belægningsgrad (Efter Duby 1979)

ved lav og høj belægningsgrad. Mælkens fedtindhold var tilsvarende 3,81 og 3,87%. Der fandtes ikke noget negativt udslag i reproduktionsresultater eller sygdomsforhold ved høj belægningsgrad. Det fremhæves, at det ved stærk belægning vil være nødvendigt med mere og hyppigere strøelsestildeling, og at gangarealerne skal skrabes flere gange i døgnet, hvilket bevirker, at køerne ikke lægger sig uden for sengebåsene. I hollandske undersøgelser (Wierenga 1981) fandtes, at en reduktion af arealet bag foderbordet og en nedskæring af ædepladsen (11 foderpladser til 17 køer) medførte en stærk stigning i aggressionsniveauet inden for gruppen. Særlig køer med lav rang blev holdt væk fra foderbordet, og selv om disse køer ændrede deres ædetempo og optog mere foder i nattetimerne, noteredes en nedgang i foderoptagelsen. Begrænset antal sengebåse (11 sengebåse til 17 køer) medførte desuden, at hviletiden pr. døgn blev reduceret med 3,5 timer eller ca. 25%. For lavt rangerende køer medførte dette desuden, at drøvtygningstiden stående på gangarealerne udgjorde mere end en trediedel af den totale drøvtygningstid mod ca. 10% for højere rangerende køer.

Czako & Tomory (1977) fandt en nedgang i ædetid på 4–5% og mere end 3 gange så mange ædeperioder pr. døgn, når hvilearealet på dybstrøelse blev reduceret fra 8 til 4 m² pr. ko. Disse stærkt divergerende resultater og opfattelser skal dog fortolkes forsigtigt, idet der er tale om forskellige kvægracer. Holstein-Friesian køer er således kendt for et meget lavt aggressionsniveau i forhold til visse sydeuropæiske kombinationsracer (Sambraus 1971).

9.5 Fodringsteknik og -principper

Fodringsteknik defineres ved det tekniske udstyr, der anvendes ved fodertildelingen. Fodringsprincip er defineret som den organisatoriske (planlagte) måde at gennemføre fodringen på, f.eks. restriktiv eller ad libitum fodring, individuel eller gruppefodring og separat fodertildeling eller fodring med fuldfoder.

Foderoptagelsen påvirkes ikke direkte af den anvendte fodringsteknik. Om foderet bringes frem til krybbe/foderbord via et mobilt eller stationært fodringssystem er uden interesse i denne sammenhæng. Foderets fysiske form derimod påvirker optagelsen. Det er således velkendt, at skårne roer optages hurtigere end hele roer – især af unge køer i tandskift – og pelleteret kraftfoder ædes hurtigere end ikke pelleteret.

9.5.1 Fuldfoder

Fodring med fuldfoder har til formål at tilbyde køerne en foderration, som alene kan dække dyrenes behov for energi, næringsstoffer og fysisk struktur (undtaget drikkevand). Fuldfoder tilbydes efter ædelyst, og optagelsen styres ved hjælp af blandingens energikoncentration. Af forskellige foderblandere kan nævnes snegleblandere, kædeblandere og særlige aflæsservogne. Blandingernes homogenitet kan forventes at være aftagende i nævnte rækkefølge. Blandt fordele ved fodring med fuldfoder fremhæves ofte

- at det forhindrer køerne i at selektere blandt fodermidlerne
- at fodermidler med dårlig smag kan tilsløres
- at blandingens smag kan forbedres, f.eks. ved tilsætning af melasse
- at der sikres et korrekt grovfoder : kraftfoderforhold
- at det modvirker fedtdepressioner i mælken
- at der kan ske en rationalisering af udfodringsarbejdet

Blandt ulemper nævnes

- at det kræver særligt veje- og blandeudstyr
- at der er problemer med at blande visse foderemner effektivt, hvis de ikke er meget findelte (f.eks. roer og hø)
- at det kræver flere grupper og blandinger, hvis foderstyringen skal være effektiv
- at det derfor er vanskeligt at praktisere i mindre besætninger – særlig i bindestalde
- at det stiller store krav til alle fodermidlernes kvalitet

Ved at sammenblande forskellige fodermidler til en fuldfoderration fandt Krohn & Andersen (1979) lidt større foderoptagelse ved fodring med fuldfoder end ved fodring med de samme fodermidler separat. Derimod fandtes ingen

forskel i mælkeproduktionen eller energiudnyttelse mellem de to fodringsprincipper. Tilsvarende resultater er rapporteret af Komkris et al. (1965), Marshall & Browning (1968), Wiktorsson & Bengtsson (1973), mens Holter et al. (1977) fandt såvel en lidt større foderoptagelse som større mælkeproduktion på fuldfoder. Fodres alle køer med den samme fuldfoderration, bliver foderniveauet enten for lavt for højtydende køer eller for højt for lavtydende køer (Rakes 1969). Når køerne skifter fra en fuldfoderration til en anden, ses ofte betydelige ydelsesfald, hvis der er for stor forskel i rationernes energikoncentration. Smith et al. (1978) fandt således ydelsesnedgange fra 1,0 til 3,3 kg mælk den første uge efter foderændringen hos både første kalvs og ældre køer, når tilskudsfoderets andel ændredes fra 44 til 16% på tørstofbasis. En effektiv styring af foderoptagelsen ved anvendelse af fuldfoder tildelt ad libitum forudsætter, at der fremstilles flere blandinger med forskellig energikoncentration, hvilket arbejdsmæssigt er uhensigtsmæssigt – især i bindestalde.

9.5.2 Individuel kontra gruppefodring

Gruppefodring har i sammenligning med individuel fodertildeling bevirket en 7% større foderoptagelse af en fuldfoderration bestående af 60% majsensilage og 40% tilskudsfoder (Coppock et al. 1972). Som en mulig årsag til den øgede foderoptagelse nævnes et øget aktivitetsniveau og dermed forskelle i vedligeholdelsesbehov. Tildeling af tilskudsfoder på foderbord på gruppebasis sammenlignet med individuel tildeling efter ydelse i malkestald er undersøgt af Konggaard & Krohn (1977). Ydelsen hos ældre køer var ens for begge hold, mens 1. kalvs køer, der fik tilskudsfoder tildelt individuelt under malkningen, gav 0,9 kg 4% mælk mere end 1. kalvs køer, der fik tilskudsfoder på gruppebasis ved foderbord. Stoddard (1969) fandt ingen ydelsesforskel mellem gruppefodring med tilskudsfoder og et tilskudsfoder givet i malkestald.

9.5.3 Fodringsfrekvens

Hyppig fodring kan kun forventes at have en positiv effekt på foderoptagelse og produktion, såfremt der er tale om enkeltfodermidler, der i sammensætning afviger stærkt fra totalrationens sammensætning. Fysiologiske undersøgelser har klart vist, at hyppig fodertildeling af et stort stivelses- og sukkerholdigt foder, jvf. kap. 10 og 11, har en stabiliserende indflydelse på pH i vommen, og at syrefordelingen er til gunst for mælkeproduktionen (Kaufmann et al. 1975, Rohr & Daenicke 1973, Møller & Hvelplund 1975). Lindner et al. (1979) undersøgte effekten af 2 × daglig tildeling af grundfoder og tilskudsfoder sammenlignet med 6 × daglig tildeling af tilskudsfoder eller 6 × daglig tildeling af både grund- og tilskudsfoder. Ved 6 × daglig tildeling af tilskudsfoder (6,5 kg pr. dag) steg optagelsen af grundfoder med 0,3 kg tørstof pr. dag, mens 6 × daglig tildeling af både grund- og tilskudsfoder medførte en stigning i optagelsen på 1,1 kg tørstof af grundfoderrationen. Der var ikke signifikante ydelsesfor-

skelle mellem de tre forsøgshold, ligesom mælkens fedtindhold var upåvirket af fodringsfrekvensen. Johnson (1980) anbefaler, at kraftfoderet tildeles ad 4 gange fordelt med 2 gange ved henholdsvis morgen- og aftenfodringen. En stabiliserende indflydelse på mælkens fedtprocent ved hyppig fodertildeling er fundet af bl.a. Kaufmann et al. (1975) og Johnson (1979).

9.5.4 Fodringsrækkefølge

Ved fodring med enkeltfodermidler rejser sig spørgsmålet, om den rækkefølge, hvori disse skal tildeles. Problemet er særlig aktuelt i situationer, hvor grovfodermængden er begrænset. Som en generel regel kan anføres, at proteinrige og -fattige fodermidler bør tildeles mindst 2 gange dagligt med halvdelen af mængden pr. gang. Nyere svenske undersøgelser (Johnson 1980) viser, at ved at starte fodringen med i det mindste noget af grovfoderet, f.eks. hø eller ensilage, før der fodres med kraftfoder, opnås et mere stabilt miljø i vommen. Særligt i fodringssituationer med begrænsede grovfodermængder kan fodringsrækkefølgen få betydning for vomgæringsprocesserne.

9.5.5 Kraftfoderautomater

Hyppig tildeling af tilskudsfoder til køer i løsdrift er kun praktisk mulig ved hjælp af kraftfoderautomater, der kan tildele en planlagt mængde tilskudsfoder på individuel basis. Herved opnås større individuel hensyntagen og mulighed for bedre overensstemmelse mellem foderniveauet og produktionens størrelse uden at danne mange grupper inden for besætningen. Afvigelser i optagelsen af tilskudsfoder registreres automatisk, og disse oplysninger om det enkelte individ kan således inddrages i overvågningen, herunder f.eks. identifikation af syge eller brunstige køer.

Undersøgelser over sammenhængen mellem den planlagte og optagne kraftfodermængde viser, at køerne udnytter deres dagsration 98–99% (Konggaard 1981). Transponderstyret kraftfodertildeling er således et meget effektivt foderstyringsredskab.

Nyere amerikanske og engelske undersøgelser (Cassel & Merrill 1981, Rees & Rowlinson 1981) har vist ca. 10% højere mælkeydelse ved transponderstyret kraftfodertildeling end hos køer på fuldfoderrationer. Positive men ikke signifikante ydelsesudslag ved transponderstyret kraftfodertildeling er fundet af Rossing et al. (1976), Frobish et al. (1978) og Collis & Treacher (1979). Normalt har kraftfodermængden i køernes foderration udgjort en større andel end i traditionelle danske foderrationer. Kraftfoderautomater er imidlertid et fordyrende led i mælkeproduktionen, medmindre der kan opnås besparelser på anden måde f.eks. ved en forenkling i staldindretning, bedre overvågning, forbedret fodereffektivitet og/eller højere mælkeproduktion.

9.6 Sammendrag og konklusion

Ca. 85% af Danmarks kobestand står bundet i vinterperioden, og den resterende del går i en eller anden form for løsdrift.

Foderbord/krybbe og afgrænsningen mod foderbord/krybbekant har ofte en så uhensigtsmæssig udformning, at koen ikke sikres maximal foderoptagelse. Hvis der fodres med fodermidler i begrænsede mængder, skal der til køer i løsdrift være mindst en ædeplads à 65–70 cm pr. ko. Når der fodres med fuldfoder, som er frit tilgængeligt mindst 20 timer i døgnet, kan foderbordspladsen reduceres til 20–25 cm pr. ko.

Kvæget hører til de varme-kulde tolerante dyr, og der kan ikke påvises sikre forskelle i foderoptagelse og produktion i temperaturområdet –5° til +25° C, lidt forskelligt fra kvægrace til kvægrace.

Ved lave temperaturer stiger foderoptagelsen. Ved høje temperaturer falder foderoptagelsen og stopper næsten helt ved temperaturer over 40° C.

Luftens relative fugtighed påvirker ikke produktionen i området mellem –8° og 24° C.

Ved højere temperaturer vil en høj luftfugtighed forøge effekten af høje temperaturer.

Øget lufthastighed omkring dyrene vil formindske effekten af høje temperaturer og forstærke effekten ved lave temperaturer.

Af komponenterne i staldluftens sammensætning udgør kun indholdet af svovlbrinte en fare for dyrenes sundhed. Stillestående gylle afgiver ikke måleli-ge mængder, men ved omrøring og udkørsel kan der være fare for forgiftninger, hvis der ikke samtidigt ventileres tilstrækkeligt.

Nyere amerikanske undersøgelser viser, at øget lyslængde – 16 timer i døgnet – har en positiv indflydelse på ydelsen hos malkekøer.

Blandt køer, der går i løsdrift, vil der være et socialt hierarki, der bevirker, at nye individer – normalt 1. kalvs køer – vil indtage de laveste pladser på rangstigen. 1. kalvs køer, der går i gruppe for sig, har større foderoptagelse og højere produktion end 1. kalvs køer, der går i gruppe med ældre køer, når foderoptagelsen sker under indbyrdes fri konkurrence.

Ved omgrupperinger i besætningen er det først og fremmest bratte foderændringer, der bevirker kraftige fald i mælkeydelse. Kun en mindre del af de flyttede køer reagerer stærkt på ændringer i det sociale hierarki.

Øget belægningsgrad kan medføre, at der opstår hygiejniske problemer såvel i stalden som for køerne, idet en del af køerne til tider vil ligge uden for sengebåsene. Endvidere kan der være fare for, at de svageste individer i flokken stresses unødigt på grund af for trange vilkår både ved foderbord og i hvileafdelingen.

9.7 Litteratur

Algers, B. & Ekesbo, I. 1977. Bullermätningar i djurmiljöer. Svensk Veterinärtidning *29*:7, 163–167.

Arave, C. W., Albright, J. L., Youngblut, D. H. & Malven, P. V. 1973. Social status and physiological traits as affected by group interchange of dairy cows. J. Dairy Sci. *56*, 667 (abstr.).

Arave, C. W. & Albright, J. L. 1976. Social rank and physiological traits of dairy cows as influenced by changing group membership. J. Dairy Sci. *59*, 974–981.

Brakel, W. J. & Leis, R. A. 1976. Impact of social disorganization on behaviour, milk yield, and body weight of dairy cows. J. Dairy Sci. *59*, 716–721.

Brantas, G. C. 1969. On the dominance order in Friesian-Dutch dairy cows. Zeitschrift für Tierzüchtung und Tierzüchtungsbiologie *84*, 127–151.

Campling, R. C. 1964. Factors affecting the voluntary intake of grass. Proc. Nutr. Soc. *23*, 80–88.

Cassel, E. K. & Merrill, W. G. 1981. Automatic grain feeding systems. Proc. 1981, Dairy Days, Ithaca New York, Cooperative Extension.

Collis, K. A. & Treacher, R. J. 1979. Effects of an automatic feeder on intake and milk yield. Ann. Rec. Vet. *10* (2/3), 213–215.

Comberg, G. & Feder, H. 1972. Zum Verhalten der Milchmenge und einiger Milchinhaltsstoffe bei Rindern nach unterschiedlicher Temperaturbelastung während der Tag- und Nachtstunden (Klimastallversuche). Züchtungskunde *44*, 172–187.

Coppock, C. E., Noller, C. H., Crowl, B. W., McLellon, C. D. & Rhykerd, C. L. 1972. Effect of group versus individual feeding of complete rations on feed intake of lactating cows. J. Dairy Sci. *55*, 325–327.

Czakó, J. & Tomory, L. 1977. Correlation between the behaviour of cattle and architectural appearance of the cowsheds. C.I.G.R. seminar on Agricultural Buildings, Ås, Norway, 70–77.

Davis, A. V. & Merilan, C. P. 1960. Effect of constant environmental temperatures and relative humidities on feed digestion by lactating Holstein cows. J. Dairy Sci. *43*, 871 (abstr.).

Duby, R. T. 1979. High density free stall housing of dairy cattle. Dairy Chore Reduction Program Progress Report, University of Massachusetts.

Friend, T. H. & Polan, C. E. 1973. Effects of social rank on feeding behaviour and free stall utilization by cows. Virginia Polytechnic Institute and State University, Blacksburg, 5 pp.

Friend, T. H., Polan, C. E. & McGilliard, M. L. 1977. Free stall and feed bunk requirements relative to behaviour, production and individual feed intake in dairy cows. J. Dairy Sci. *60*, 108–116.

Frobisch, R. A., Harshbarger, K. E. & Olver, E. F. 1978. Automatic individual feeding of concentrates to dairy cattle. J. Dairy Sci. *61*, 1789–1792.

Gabr., H. 1973. Die Rangposition von Kühen in Laufstallgruppen und ihre Auswirkungen auf Verhältnis – und Leistungsmerkmal. Schriftenreihe des Max-Planck-Instituts für Tierernährung, Heft *70*, 103 pp.

Gabr, H., Andreae, U., Pfleiderer, U. E. & Smidt, D. 1975. Untersuchungen über Rangrivalitäten von Milchkühen an der Futterachse und Liegebox. Züchtungskunde *47*, 198–205.

Hafez, E. S. E. 1962. The behaviour of cattle. I. Behaviour of domestic animals. E. S. E. Hafez (ed.) Williams and Wilkins, Baltimore.

Hafez, E. S. E. 1970. Physiology of behaviour. In Duke's Physiology of domestic animals. 8th edition. Cornell University Press, 1052–1081.

Hancock, J. 1954. Studies of grazing behaviour in relation to grassland management. J. Agric. Sci. *44*, 420–433.

Hedlund, L. & Rolls, J. 1977. Behaviour of lactating dairy cows during total confinement. J. Dairy Sci. *6*, 1807–1812.

Holter, J. B., Urban, W. E., Hayes, H. H. & Davis, H. M. A. 1977. Utilization of diet components fed blended or separately to lactating cows. J. Dairy Sci. *60*, 1288–1293.

Johnson, C. L. 1979. The effect of level and frequency of concentrate feeding on the performance of dairy cows of different yield potentital. J. Agric. Sci., Camb. *92*, 743–751.

Johnson, H. D. 1965. Environmental temperature and lactation (with special reference to cattle). Intern. J. Biometeorol *9*, 103–116.

Johnson, H. D. 1967. Climatic effects on physiology and productivity of cattle. Ground level climatology, American Association of the Advancement of Science.

Johnson, U. 1980. Feeding routines for dairy cows. The influence of the feeding sequence and frequence on milk production, rumen fermentation pattern and eating behaviour. Thesis. Swedish Univ. Agric. Sci., 75007 Uppsala.

Kaufmann, W., Rohr, K., Daenicke, R. & Hagemeister, H. 1975. Versuche über den Einfluss der Fütterungsfrequenz auf die Vormagenverdauung, Futteraufnahme und Milchleistung. Sdrh. Ber. Ldw. *191*, 287–295. Verlag Paul Parey, Hamburg und Berlin.

Kleiber, M. 1961. The fire of life. John Willey and Sons, New York.

Kock, G. 1968. Ethologische Studien an Rinderherden unter verschiedenen Haltungsbedingungen. Schriftenreihe des Max-Planck-Institut, Heft *35*, 85 pp.

Komkris, T., Stanley, R. W. & Morita, K. 1965. Effect of feeds containing molasses fed separately and together with roughage on digestibility of rations, volatile fatty product in the rumen and milk constituents. J. Dairy Sci. *48*, 714–719.

Konggaard, S. P. & Krohn, C. C. 1975. Undersøgelser over foderoptagelse og social adfærd hos gruppefodrede køer i løsdrift. I. Faktorer der påvirker den individuelle roeoptagelse ved restriktiv tildeling. 425. beretn. Statens Husdyrbrugsforsøg, 25 pp.

Konggaard, S. P. & Krohn, C. C. 1977. Kraftfodertildeling i malkestald kontra på gruppebasis ved foderbord. Medd. nr. 178 Statens Husdyrbrugsforsøg, 4 pp.

Konggaard, S. P. & Krohn, C. C. 1978a. Undersøgelser over foderoptagelse og social adfærd hos gruppefodrede køer i løsdrift. III. Første kalvs køer i gruppe for sig eller i gruppe med ældre køer. 469. beretn. Statens Husdyrbrugsforsøg, 30 pp.

Konggaard, S. P. & Krohn, C. C. 1978b. Adfærdsmønstre i kvægholdet i relation til forskellige produktionssystemer. Ugeskr. for agronomer, hortonomer, forstkandidater og licentiater *33*, 749–755.

Konggaard, S. P. 1981. Anvendelse af kraftfoderautomater til køer i løsdrift. Bilag til Statens Husdyrbrugsforsøgs efterårsmøde.

Krohn, C. C. & Konggaard, S. P. 1976. Undersøgelser over foderoptagelse og social adfærd hos gruppefodrede køer i løsdrift. II. Faktorer der påvirker den individuelle optagelse af græsensilage ved ad libitum tildeling. 441. beretn. Statens Husdyrbrugsforsøg, 26 pp.

Krohn, C. C. & Andersen, P. E. 1979. Foderrationer med roer eller byg til malkekøer tildelt separat eller som fuldfoder. 480. beretn. Statens Husdyrbrugsforsøg, 28 pp.

Krohn, C. C. & Konggaard, S. P. 1980. Undersøgelser over foderoptagelse og social adfærd hos gruppefodrede køer i løsdrift. IV. Effekt af gruppeskift hos malkekøer. 490. beretn. Statens Husdyrbrugsforsøg, 30 pp.

Legoshin, G. P. 1976. Effect of industrial technology of animal husbandry on milk yield, behaviour and health of cows. 27th Annual Meeting, EAAP, Zürich, Switzerland.

Lindner, H. P., Kirchgessner, M. & Schwarz, F. J. 1979. Zur Futteraufnahme und Leistung von Milchkühen bei unterschiedlicher Fütterungsfrequenz von Grund- und Kraftfutter. Züchtungskunde *51*, 215–226.

MacDonald, M. A. & Bell, J. M. 1958. Effects of low fluctuating temperatures on farm animals. IV. Influences of temperature on milk yield and milk production. Can. J. Anim. Sci. *38*, 160.

Marshall, S. P. & Browning, C. B. 1968. Ensiled complete rations for lactating cows. J. Dairy Sci. *51*, 624.

Moody, E. G. 1966. Physiology of cattle in a hot environment. 13th Annual Dairymen's Conference, Arizona State University, Tempe.

Møller, P. D. & Hvelplund, T. 1975. Undersøgelser over vomfysiologiske forhold ved hyppig fodringsfrekvens. Ugeskr. for agronomer og hortonomer *5*, 75–82.

Peters, R. R., Chapin, L. T., Leining, K. B. & Tucker, H. A. 1978. Supplemental lighting stimulates growth and lactation in cattle. Science *199*, 911–912.

Peters, R. R. & Tucker, H. A. 1978. Prolactin and growth hormone responses to photoperiod in heifers. Endocrinology *103*, 229–234.

Ragsdale, A. C., Brody, S., Thomson, H. J. & Worstell, D. M. 1948. Environmental physiology with special reference to domestic animals. II. Influence of temperature 50° to 105° F, on milk production and feed consumption in dairy cattle. Res. Bull. Mo. Agric. Exp. Sta. No. 425.

Ragsdale, A. C., Worstell, D. M., Thomson, H. J. & Brody, S. 1949. Environmental physiology with special reference to domestic animals. VI. Influence of temperature 50° to 0° F, and 50° to 105° F, on milk production, feed and water concumption, and body weight in Jersey and Holstein cows. Res. Bull. Mo. Agric. Exp. Sta. No. 449.

Rakes, A. H. 1969. Complete rations for dairy cattle. J. Dairy Sci. *52*, 870–875.

Rees, P. & Rowlinson, P. 1981. The effect of a fully controlled out-of-parlour concentrate dispenser on milk yield, composition and weight changes of dairy cows. Brit. Soc. Animal Prod. Winter Meeting, paper 117.

Rohr, K. & Daenicke, R. 1973. Untersuchungen über den Einfluss der Fütterungsfrequenz auf die Pansenvorgänge, den Milchfettgehalt und die Futteraufnahme bei Milchkühen. Landbauforschung Völkenrode 2, 133–139.

Rossing, W., Enneman, G., Ploegaert, P. & Mayer, A. P. 1976. Concentrate feeding outside the milking parlour. IMAG. Rearch Report 73–3, 15 pp.

Sambraus, H. H. 1970. Zur sozialen Rangordnung von Rinden. Z. Tierzücht. und Züchtungsbiol. *86*, 240–257.

Sambraus, H. H. 1971. Die soziale Rangordnung von Rinden und ihre Folgen. Der Tierzüchter *9*, 249–250.

Sowerby, M. E. & Polan, C. E. 1978. Milk production response to shifting cows between intraherd groups. J. Dairy Sci. *61*, 455–460.

Smith, N. E., Ufford, G. R., Coppock, C. E. & Merrill, W. G. 1978. One group versus two group system for lactating cows fed complete rations. J. Dairy Sci. *61*, 1138–1145.

Stoddard, G. E. 1969. Symposium: Dairy Cattle Feeding. Group feeding of concentrates to dairy cows. J. Dairy Sci. *52*, 844–847.

Sundahl, Ann-Mari 1977. Belysning i lantbruksbyggnader. Aktuellt från Lantbrukshögskolan Nr. 243, 45 pp.

Wander, J. F. 1977. Installation and application of photo electric cells for observation of dairy cows behaviour in cubicle houses. C.I.G.R. Seminar on Agricultural Buildings, Ås, Norway, 57–64.

Webb, F. M., Colenbrander, V. F., Blosser, T. H. & Waldern, D. E. 1963. Eating habits of dairy cows under drylot conditions. J. Dairy Sci. *46*, 1433–1435.

Wierenga, H. K. 1981. The effect of reduced space in cubicle stalls on dairy cows. Intern. Symp. on Appl. Ethology, Gödöllö, 6 pp.

Wiktorsson, H. & Bengtsson, A. 1973. Feeding dairy cows during the first part of lactation. II. Comparison of ad lib. feeding of wilted hay corp silage and concentrate blended or separate. Swedish J. Agric. Research *3*, 161–166.

Winchester, C. F. & Morris, M. J. 1956. Water intake rates of cattle. J. Anim. Sci. *15*, 722.

Yeck, R. G. & Stewart, R. E. 1959. A ten years summary of the psychroenergetic laboratory dairy cattle research at the University of Missouri. Trans. ASAE. St. Joseph Michigan 2, 71.

Young, B. A. 1981. Cold stress as it affects animal production. J. Anim. Sci. *52*, 154–163.

Østergaard, V. 1981. Projekt »Kvægstalde – 1980« – Materiale og koens miljø. 515. beretn. Statens Husdyrbrugsforsøg (red. Østergaard & Hindhede). 13–36.

10. Kvalitative aspekter af fordøjelsen hos drøvtyggere

V. C. Mason & T. Hvelplund

Side

10.1 **Indledning** 10.1

10.2 **Foderets omsætning i vom og netmave** 10.2
10.2.1 Kulhydraternes omsætning 10.3
10.2.2 Kvælstofholdige forbindelsers omsætning 10.6
10.2.3 Fedtomsætningen 10.9
10.2.4 Vitaminomsætningen 10.12
10.2.5 Mineralstofomsætningen 10.13

10.3 **Fordøjelse og absorption i bladmaven** 10.15

10.4 **Fordøjelse og absorption i løben** 10.15

10.5 **Fordøjelse og absorption i tyndtarmen** 10.15

10.6 **Fordøjelse og absorption i blind- og tyktarm** 10.16

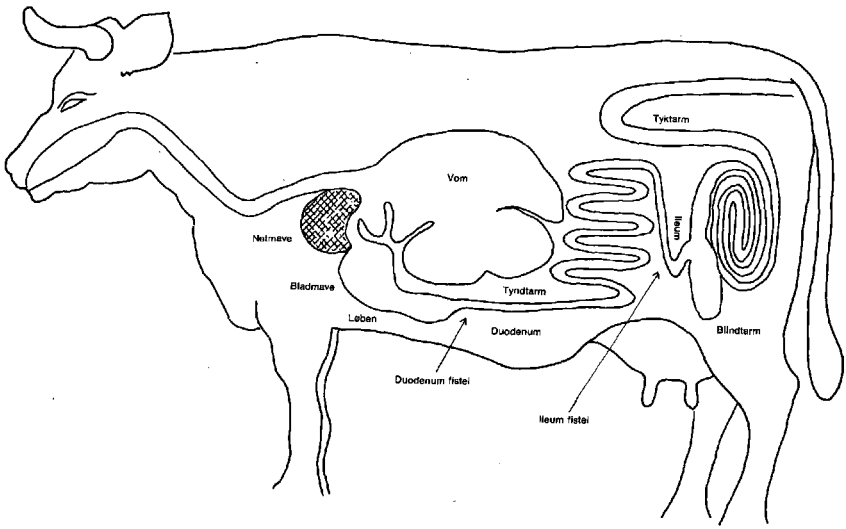
10.7 **Sammendrag og konklusion** 10.17

10.8 **Litteratur** 10.18

10.1 Indledning

Mikroorganismer findes praktisk taget i alle levende væseners fordøjelseskanal, men de spiller en speciel vigtig rolle for fordøjelsesprocessen hos drøvtyggere. Det ernæringsmæssige udbytte af den mikrobielle omsætning i koens fordøjelseskanal påvirkes imidlertid af mange forskellige faktorer. Blandt disse kan nævnes stedet i fordøjelseskanalen, hvor forgæringen finder sted, fødens passagehastighed gennem fordøjelseskanalen, størrelsen af de mave-tarmafsnit i hvilke forgæringen foregår, forgæringsmaterialets beskaffenhed og organernes evne til at fjerne de opløselige forgæringsprodukter for dermed at vedligeholde et for mikroorganismerne gunstigt miljø.

Fra en fysiologisk og biokemisk synsvinkel er det mest praktisk at betragte fordøjelseskanalen som tre adskilte afsnit: Vommen + netmaven, tyndtarmen og tyktarmen. Foderets nedbrydning i vom + netmave og tyktarm foregår ved hjælp af mikrobiel aktivitet, mens fordøjelsesprocesserne i tyndtarmen er betinget af drøvtyggerens egne enzymsystemer. Anvendelse af dyr, der er fistuleret i den forreste del af tyndtarmen (duodenum) og i den bageste del af tyndtarmen (ileum) gør det muligt at måle passagen af materiale (næringsstoffer) gennem de forskellige mave-tarmafsnit og derved undersøge omfanget af fordøjelsen i de enkelte afsnit. Figur 10.1 viser i skematisk form de forskellige afsnit af drøvtyggerens fordøjelseskanal, samt hvor fistlerne er placeret. Andre fistler placeret i vomvæggen, blindtarmen osv. åbner ligeledes mulighed for studier af omsætningen i specifikke områder i fordøjelseskanalen. Oplysningerne i dette kapitel er i næsten alle tilfælde opnået ved brug af fistulerede dyr.



Figur 10.1 Skitse af drøvtyggerens fordøjelseskanal med placering af duodenum- og ileumfistler.

10.2 Foderets omsætning i vom og netmave

I vom + netmave bliver foderets forskellige bestanddele udsat for en mikrobiel omsætning, da dette afsnit er udviklet til et stort forgæringskammer. Omsætningen er betinget af vom + netmavens store indhold af mikroorganismer samt den effektive opblanding, som sker på grund af hyppige vom – netmavebevægelser.

10.2.1 Kulhydraternes omsætning

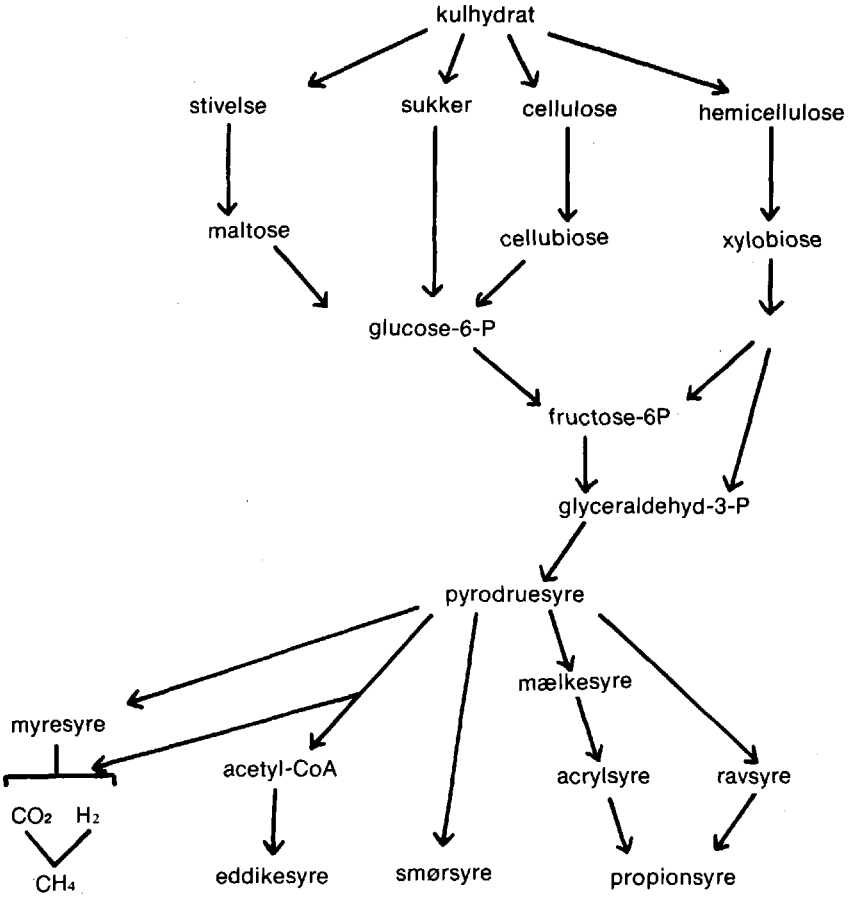
Mikroorganismerne i vommen er i stand til at omsætte store mængder af alle naturligt forekommende kulhydrater. Det er imidlertid ikke alle kulhydrater, der omsættes lige hurtigt, således vil opløselige og let tilgængelige kulhydrater som sukker og stivelse, der findes i f.eks. sukkerroer og kornarterne, omsættes hurtigere i vommen end cellevægskulhydrater som f.eks. cellulose i halm. Kulhydratindholdet i forskellige fodermidler fremgår af tabel 3.8. Fordøjelsen af cellevægskulhydraterne foregår udelukkende ved mikrobiel aktivitet, hvorimod stivelse og andre α-bundne kulhydrater også kan hydrolyseres i tyndtarmen af amylase udskilt fra pancreas, såfremt de undgår forgæring i vommen.

Selv om foderet indeholder en lang række kulhydrater med en kompleks kemisk struktur, består slutprodukterne ved deres forgæring i vom og tyktarm hovedsagelig af eddikesyre, propionsyre og smørsyre og mindre mængder valeriane- og capronsyre, som under et betegnes som flygtige fedtsyrer (VFA) samt kuldioxyd, methan, brint og varme. Under særlige omstændigheder kan der ophobes betydelige mængder mælkesyre i vommen.

Under omsætningen af kulhydraterne udnyttes den frigjorte energi til mikrobiel cellesyntese, således at omsætningen af kulhydrater til VFA ledsages af en vækst i den mikrobielle biomasse i vommen. Af slutprodukterne ved kulhydratomsætningen er det kun VFA, mælkesyre samt mikroorganismerne, der er af ernæringsmæssig betydning for drøvtyggeren. Varme, der frigøres i vommen, kan under kolde, ydre forhold være af betydning for opretholdelse af legemstemperaturen, hvorimod den producerede methan er et direkte energitab (se endvidere kap. 9).

Uanset type nedbrydes kulhydraterne til VFA via pyrodruesyre, som slutteligt nedbrydes til eddikesyre, propionsyre, smørsyre, methan og CO_2 som vist i figur 10.2. De dannede syrer kan betragtes som mikrobielle affaldsprodukter, som ikke kan nedbrydes yderligere under de anaerobe forhold, som hersker i vom og tyktarm. Efter absorption fra vommen kan VFA nedbrydes videre til CO_2 og vand og således bidrage til dyrets energiforsyning eller inkorporeres direkte i vævs- eller mælkefedt.

Produktionen af VFA i vommen er stærkt påvirket af foderets art og sammensætning. Mange undersøgelser har vist, at den relative eddikesyreandel af total VFA er højest ved fodring med langsomt fordøjeligt, træstofrigt foder, mens propionsyreandelen synes at blive højest ved fodring med foder med stort indhold af stivelse og mere opløselige sukkerarter. Nogle af de højest registrerede smørsyrekoncentrationer er iagttaget ved fodring med store mængder sukker som f.eks. i melasse. Mælkesyre kan også akkumuleres som følge af forgæringen af letopløselige sukkerarter og stivelse. Mælkesyrens tilstedeværelse er normalt forbigående, da den kan omdannes til propionsyre som vist i figur 10.2, men under abnorme forhold kan mælkesyre akkumuleres og forårsage vomacidose.



Figur 10.2 Oversigt over kulhydraternes nedbrydning til flygtige fedtsyrer i vommen (mod.e. Hungate 1966, Leng 1970)

Forskellige kulhydratkilders indflydelse på VFA-mønstret i vommen er vist i tabel 10.1. I Tabellen ses klart den omtalte effekt af kulhydratkilden på molfordelingen af de 3 vigtigste syrer i vommen, når der fodres med store mængder cellulose, stivelse eller sukker (Ørskov & Oltjen 1967). I danske forsøg (Andersen 1967) med malkekøer, der fik henholdsvis store mængder roer eller græsmarksprodukter sammen med kraftfoder, er fundet de samme tendenser som vist i tabel 10.1. Imidlertid kan mange andre forhold end kulhydratkilden som f.eks. fodringsfrekvensen øve indflydelse på forgæringsmønstret i vommen, således at molfordelingen ændres (Møller et al. 1973).

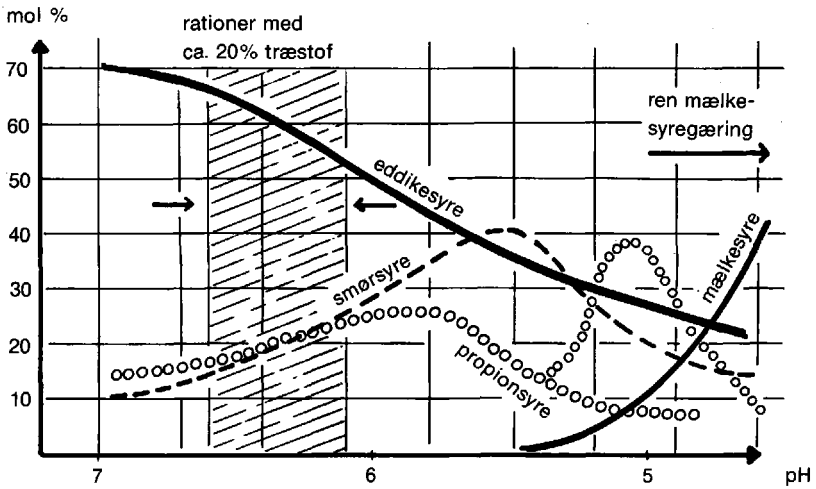
Tabel 10.1 Forskellige kulhydratkilders indflydelse på fordelingen af flygtige fedtsyrer i vommen. (Ørskov & Oltjen 1967)

	Kulhydratkilde		
	Cellulose	Stivelse	Sakkarose
Foder, % af tørstof			
Træpulp	69	30	30
Majsstivelse	13	52	13
Sakkarose			39
Protein + mineralbl.	18	18	18
Syrefordelingen i vommen			
Eddikesyre, mol %	73,7	60,4	49,6
Propionsyre, mol %	18,3	24,7	23,2
Smørsyre, mol %	4,8	10,4	20,2
Andre syrer, mol %	3,2	4,5	7,0

Den hastighed, hvormed fodermidlerne forgæres i vommen, vil influere på den totale syrekoncentration i vommen og dermed på pH. Det aktuelle pH i vommen er desuden afhængig af, i hvor stor udstrækning syrerne absorberes fra vommen samt spytsekretionens størrelse, da der med spyttet tilføres bicarbonat.

Figur 10.3 illustrerer sammenhængen mellem pH i vommen og ændringerne i de molære forhold mellem de vigtigste syrer, når pH falder fra det optimale på 6,2–6,8 ned til ca. 5. Af figuren fremgår, at når pH falder fra 7,0 til 5,5 på grund af en omfattende kulhydratforgæring følges dette af et fald i den molære andel af eddikesyre fra 70 til 35 og en stigning i den molære andel af smørsyre fra 10 til 45. Den molære procentdel af propionsyre stiger under disse omstændigheder langsomt fra 15 til 25. Ved pH-værdier under 5,5 aftager eddikesyreandelen fortsat, samtidig med at den molære smørsyreandel falder drastisk. Propionsyreandelen kan på grund af dens dannelse ud fra mælkesyre hurtigt stige til over 40% i pH-området 5,5 til 5,0, men under pH 5,0 vil aktiviteten i vommen fortrinsvis omfatte mælkesyregæring.

Ved fodring af højtydende malkekøer bør der tilstræbes en pH-værdi i formaverne på mellem 6,2 og 6,8. Under disse omstændigheder er de molære forhold mellem VFA optimale med hensyn til mælkefedtproduktion, og samtidig sikres de cellulolytiske bakterier gode betingelser for omsætning af cellulose. Uheldigvis kan høje mælkeydelser kun opnås, såfremt køerne optager hurtigt forgærbart materiale. Under anvendelse af sådanne foderemner er der som tidligere omtalt risiko for nedsat spytsekretion, nedsat vommotorik samt lavt pH i vomindholdet. Herved skabes ugunstige forhold mellem de enkelte syrer som vist i figur 10.3 samt dårlige betingelser for cellulolytiske bakterier og protozoer. For at undgå uheldige gæringsforhold i vommen er det vigtigt, at foderet har



Figur 10.3 Oversigt over flygtige fedtsyrers molære sammensætning i relation til pH i vomvæske – resultaterne er orienterende for alsidigt sammensat foder (Kaufmann & Rohr 1967)

en strukturværdi på 40–60 min. standard tyggetid pr. FE, der sikrer en optimal spytsekretion (jvf. afsnit 3.6), samt at der ved hver fodring tildeles sådanne foderemner, at rationernes indhold af næringsstoffer er afbalanceret.

VFA absorberes fra vom og tyktarm samt i mindre omfang fra bladmaven (omasum) til blodet. Absorptionshastigheden vokser med faldende pH i vom- og tarmindhold, og den udissocierede form af VFA absorberes lettere end den anioniske form. Det kan beregnes, at ved pH 7,0 er over 99% af VFA i anionisk form, mens den tilsvarende størrelse ved pH 5,0 er ca. 61%.

Under passagen gennem vomvæggen omdannes en stor del af smørsyren til ketonstoffer, hovedsagelig β-hydroxysmørsyre og acetoacetat men også acetone. I mindre omfang omdannes propionsyre via propinyl-CoA, metylmalonyl-CoA og succinyl-CoA til ravsyre for brug i vomvæggens væv.

Omkring 22% af de forgærbare kulhydrater inkorporeres som strukturkulhydrater i mikroorganismer eller oplagres i form af amylopectin, et stivelseslignende stof. Meget af dette passerer til tyndtarmen, men noget vil forbruges i mikroorganismernes normale stofskifte.

10.2.2 Kvælstofholdige forbindelsers omsætning

Kvælstofomsætningen i vommen bestemmes af mange faktorer. En vigtig faktor er forholdet mellem de forskellige kvælstofholdige forbindelser i foderet, der kan variere betydeligt både inden for fodermidler og mellem fodermidler.

Indholdet af renprotein samt ikke protein kvælstof (NPN) i forskellige fodermidler fremgår af tabel 3.1.

NPN fraktionen i fodermidler kan omfatte et variabelt udvalg af forbindelser såsom peptider, aminosyrer, amider, nitrater, ammoniak, aminer, nucleinsyrer, puriner, pyrimidiner, akaloider og andre forbindelser. De fleste af disse er letopløselige i vomvæsken og omsættes derfor hurtigt af mikroorganismerne. I modsætning hertil eksisterer der betydelige forskelle med hensyn til foderproteiners nedbrydningshastighed i vommen. Disse forskelle skyldes proteinernes forskellige tertiærstruktur og dermed deres tilgængelighed for mikrobiel nedbrydning. Proteinernes placering i plantecellen kan være af betydning, da proteinerne i celleindholdet hurtigere bliver angrebet end proteiner i cellevæggen. I de senere år har man forsøgt at finde egnede metoder til at måle proteinnedbrydningen i vommen. Forskellige metoder har været anvendt til at måle proteinnedbrydningen, og nogle resultater fra disse undersøgelser er vist i tabel 3.2.

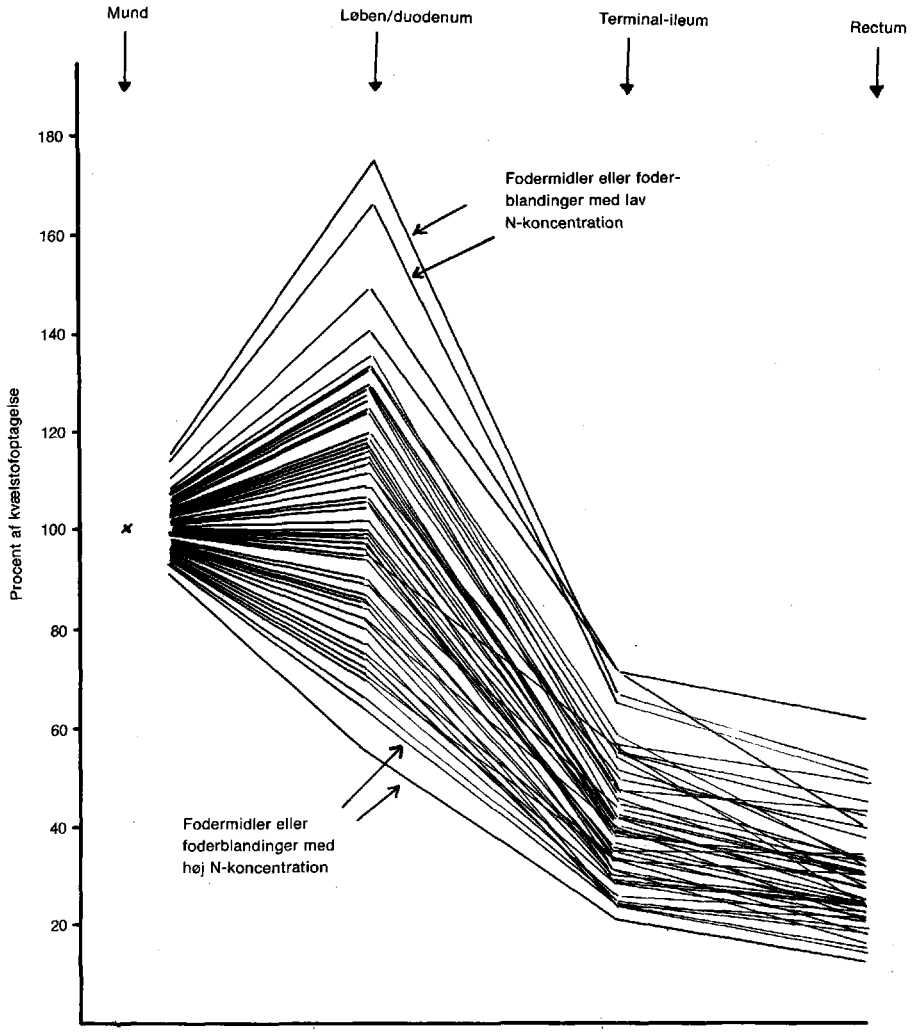
Mikrobiel nedbrydning af proteiner, peptider, aminosyrer, nucleinsyrer, puriner og pyrimidiner producerer ammoniak, kuldioxyd samt forgrenede og uforgrenede flygtige fedtsyrer, men reaktionsvejene er kun lidt kendte. Det menes dog, at aminosyrer deamineres ved oxidativ carboxylering af typen:

$$R.\ CHNH_2\ COOH + 2H_2O \rightarrow R.\ COOH + CO_2 + NH_3 + 4\ H$$

Normalt findes der kun små mængder nitrat i foderet, som hurtigt omdannes til ammoniak i vommen, men under specielle omstændigheder kan nitrit akkumuleres som et mellemprodukt. Dette toxiske stof kan absorberes til blodbanen, hvor det omdanner hæmoglobin til methæmoglobin. I de værste tilfælde kan nitrits giftvirkning medføre, at dyret dør af iltmangel.

Foruden indholdet i fodermidler tilføres urea til vommen via spyttet og gennem vomvæggen. Indføringshastigheden er en direkte funktion af ureakoncentrationen i blodplasma, indtil denne når ca. 10 mg pr. 100 ml, hvorefter optagelseshastigheden ikke længere stiger. Desuden spiller drøvtygningstiden en betydelig rolle, idet spytsekretionen vil afhænge af, i hvor lang tid der drøvtygges, og dermed hvor meget urea der tilføres vommen med spyttet. Urea hydrolyseres hurtigt i vommen til ammoniak, som dermed bidrager til vommens ammoniakpulje. Målinger har vist, at mindst 65 g kvælstof pr. dag på denne måde kan recirkuleres til koens vom (Hvelplund & Møller 1981).

Når foderet har et relativt lavt indhold af kvælstof i forhold til forgærbare kulhydrater, vil den mængde kvælstof, der recirkuleres via vomvæg og spyt, kunne anvendes i den mikrobielle proteinsyntese, og dette medfører, at der tilføres tarmen mere protein, end der blev givet med foderet som vist i en lang række undersøgelser (Mason 1975, Hvelplund et al. 1976), og som det fremgår af figur 10.4. I modsætning hertil vil et højt proteinindhold medføre, at der



Figur 10.4 Procent af kvælstofoptagelse der passerer løben/duodenum, terminal-ileum og rectum hos får tildelt foder med forskelligt proteinindhold (Mason 1975)

frigøres mere ammoniak, end mikroorganismerne kan udnytte, og dette bevirker, at proteintilførslen til tarmen er mindre end den mængde, der var i foderet. Dette er ligeledes illustreret i figur 10.4.

De vigtigste kvælstofkilder til mikrobiel celledannelse er ammoniak, aminosyrer og peptider. Over halvdelen af de til dato isolerede vombakterier kan

udnytte ammoniak eller enzymatisk hydrolyseret protein som eneste kvælstofkilde, medens ammoniak er essentielt for 25% af bakteriestammerne. Omkring 6% af stammerne kræver aminosyrer med specielle karakteristika, men andre er ude af stand til at inkorporere frie aminosyrer fra den ekstracellulære væske. Vombakterien Bacteroides ruminicola er bemærkelsesværdig, idet den kan udnytte ammoniak og peptider men ikke frie aminosyrer. Naturligvis kan alle disse behov tilfredsstilles gennem vækst af andre bakterier, men det er bevist, at specielle proteiner stimulerer den mikrobielle kvælstofassimilation. Syntesen af aminosyrer ud fra ammoniak medfører formodentlig den modsatte reaktion af den, som er omtalt under aminosyrekatabolismen, men transamineringsprocesser vil også indgå. Protozoer har en begrænset evne til at syntetisere aminosyrer og må derfor benytte sig af aminosyrer optaget sammen med foderet eller af bakteriel oprindelse. Det er indlysende, at for opnåelse af maksimal mikrobiel vækst må vomindholdet også tilføres en passende mængde energi og mineraler. For de fleste afbalancerede fodersammensætninger er mineralmangel sjælden, men ved fodring med urea bør N : S forholdet reguleres til 10 : 1.

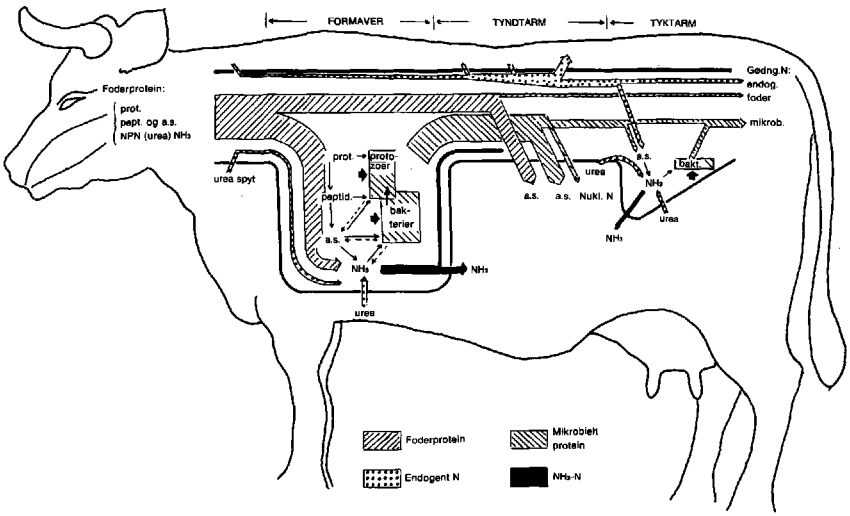
I modsætning til VFA foregår absorptionen af ammoniak lettere ved højere pH-værdier i vomindholdet, dvs. på den ikke ioniserede form. Ved pH 4,5 er praktisk taget al ammoniak til stede som ammoniumion. Naturligvis vil et ammoniakoverskud derfor medvirke til neutralisering af VFA og således bidrage til at holde pH inden for det optimale område. Absorberet ammoniak kan opbygges i glutaminsyre i vomvæggen eller omdannes i leveren til urea. Absorberet ammoniak kan også tjene som kvælstofkilde til produktion af ikke-essentielle aminosyrer m.m. i dyret. Meget få eller ingen aminosyrer absorberes fra vommen.

Omsætningen af kvælstof i vommen er vist i figur 10.5. Figuren illustrerer opdelingen af foderproteinet i en del, der passerer unedbrudt gennem vommen, og en del, der nedbrydes. Nedbrydningen af proteinet går gennem peptider og aminosyrer til ammoniak. Af figuren ses, at mikroberne foruden ammoniak også optager både peptider og aminosyrer til deres cellesyntese, samt at ammoniak indtager en central placering i den mikrobielle proteinomsætning i vommen.

10.2.3 Fedtomsætningen

Den kemiske sammensætning af foderfedtet varierer afhængig af forholdet mellem grov- og kraftfoder i rationen, konserveringsmetoden for grovfoder og ekstraktionsmetoden for udvinding af fedt fra olieholdige frø. Vedrørende forskellige fodermidlers indhold af fedt samt fedtsyrefordelingen henvises til tabellerne 3.3, 3.4 og 3.5.

Foderets fedtstoffer hydrolyseres hurtigt af vommens mikroorganismer un-



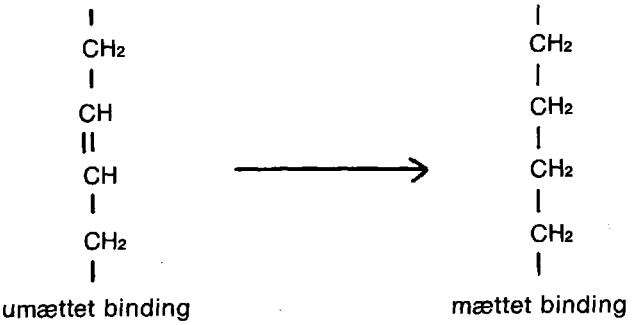
Figur 10.5 Skematisk illustration af drøvtyggernes proteinomsætning. (mod.e. INRA 1978)

der dannelse af frie fedtsyrer (FFA) og flygtige fedtsyrer (VFA). Hydrolyseringshastigheden påvirkes af de involverede fedtstoffer, og følgende rækkefølge er opnået *in vitro:*

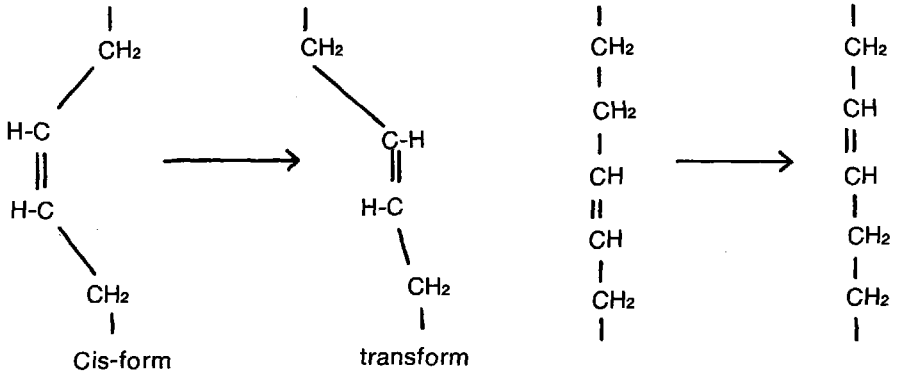
hørfrøolie > sojaolie > svinefedt > kokosolie > tælle > fiskeolie > hvalolie.

De fleste ikke esterificerede fedtsyrer i vomindholdet kommer fra nedbrydning af galactolipider og triglycerider afhængig af fodersammensætningen, men lecitiner og lysolecitiner kan også være forløbere. Glycerol og galactose, som frigøres ved disse reaktioner, nedbrydes hurtigt til VFA, hvoraf propionsyre udgør størstedelen.

Frie fedtsyrer i foderet og de, som frigøres ved lipolyse, nedbrydes ikke yderligere af vommens mikroorganismer, men umættede syrer som linolensyre, linolsyre og oliesyre hydrogeneres i stor udstrækning af bakterier og muligvis protozoer. Protozoernes rolle i denne reaktion er dog usikker. Parallelt med hydrogeneringen af de umættede fedtsyrer foregår der tillige en isomerisering. Isomerien omfatter såvel cis-/trans- som positionsisomeri. I forening fører disse forskellige processer til produktion af et større antal struktuelle isomere af umættede fedtsyrer. Til dato er der fundet 24 isomere af C_{18} monoumættede syrer i vom-netmaveindholdet hos drøvtyggere. Eksempler på hydrogenering samt cis-/trans- og positionsisomeri er vist i figur 10.6.



A. Hydrogenering



B. Cis-/transisomeri

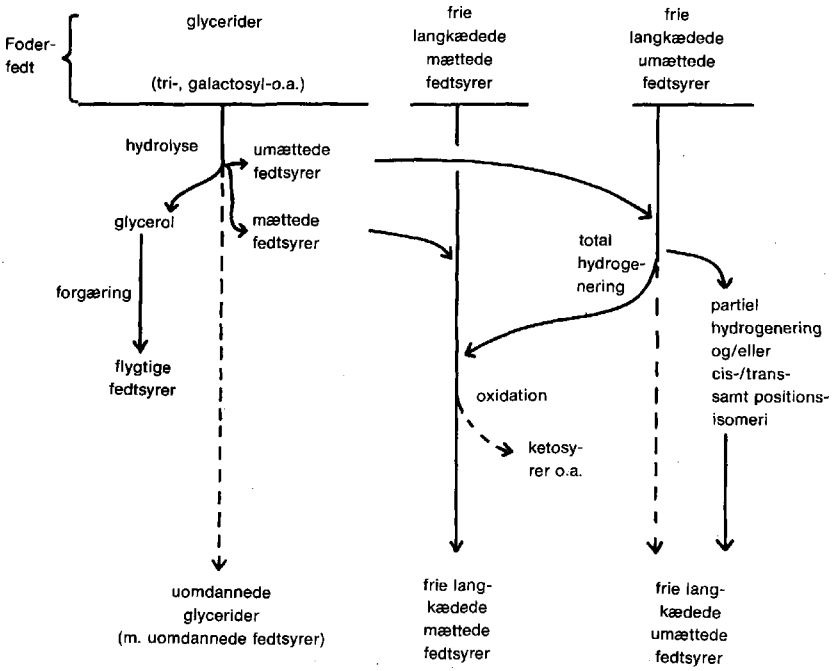
C. Positionsisomeri

Figur 10.6 Eksempler på hydrogenering (A), Cis-/transisomeri (B) og positionsisomeri (C) af umættede fedtsyrer

Det antages, at over 90% af foderets umættede fedtsyrer mættes i vommen. Dette tal påvirkes af mange faktorer, som omfatter foderets passagehastighed og protozoernes aktivitet med hensyn til fedtkonsumering. En undersøgelse af fedtfordelingen i vomindholdet fra en ko udelukkende fodret med hø viste, at ca. 80% var forbundet med foderpartikler og cellefri væske, 16% med protozoer og 4% med bakterier (Keeney 1970). Fosfolipider udgør ca. 70% af protozofedt, heraf er ca. 20% $C_{18:2}$ og $C_{18:3}$. Da disse syrer er i cis-form, er det muligt, at protozoerne spiller en vigtig rolle for værtsdyret med hensyn til at føre poly-umættede fedtsyrer gennem løben. Vombakterier indeholder ca. 10–11% fedt i

tørstof, heraf udgør 40% fosfolipider og 40% neutralt fedtstof, de lavere fedtsyrer udgør 12%, og resten er ikke forsæbbare stoffer. Ingen C_{18}-polyumættede fedtsyrer er blevet isoleret fra bakterier, men det er derimod forgrenede fedtsyrer med 13, 14, 15, 16 og 17 kulstofatomer pr. molekyle sammen med et utal af uforgrenede syrer. Omkring 41 forskellige fedtsyrer, som indeholder mellem 11 og 20 kulstofatomer, er blevet isoleret fra 21 forskellige bakteriekulturer. Visse bakterier er ude af stand til at syntetisere disse syrer ud fra kulhydrater eller aminosyrer men har derimod et behov for n-valerianesyre, isovalerianesyre, 2-methylsmørsyre eller isosmørsyre til dette formål.

Som nævnt nedbrydes glycerol og galactose til VFA og absorberes gennem vomvæggen. Det ser ud til, at langkædede fedtsyrer ikke absorberes gennem vomvæggen i nævneværdig mængde. Omsætningen af foderfedt i vommen er vist i figur 10.7.



Figur 10.7 Skitse over den mikrobielle omsætning af foderfedt i formaverne. (Østergaard et al. 1981)

10.2.4 Vitaminomsætningen

Drøvtyggere har behov for de samme vitaminer som énmavede dyr. Imidlertid er det ikke nødvendigt at tilføre alle vitaminer til drøvtyggere med en fuldt

udviklet vomfunktion, da der dannes betydelige mængder viatminer under den mikrobielle omsætning i vommen.

Vitaminer, der kan syntetiseres i vommen eller i den øvrige del af tarmkanalen, indbefatter B-vitaminer samt vitamin K og vitamin C. Mange forskellige faktorer kan have indflydelse på omfanget af vitaminsyntesen i vommen. F.eks. er det nødvendigt, at der er tilstrækkeligt med cobolt i foderet til syntese af vitamin B_{12}, da cobolt er en central del af cobolaminmolekylet. Foderets indhold af protein samt kulhydrater har ligeledes vist sig at have indflydelse på vitaminsyntesen, som dog normalt vil være tilstrækkelig til at dække dyrets behov for de nævnte vitaminer (Church 1976).

Vitaminerne A, D og E syntetiseres ikke i fordøjelseskanalen og må således tilføres med foderet. Flere forsøg har vist, at både vitamin A og carotin nedbrydes i nogen udstrækning i vommen, hvorimod der ikke sker nogen omsætning af vitaminerne D og E (Church 1976). Nedbrydningen af A-vitamin øges ved stigende nitratindhold i foderet.

Man ved kun lidt om vitaminabsorption gennem vom-netmavevæggene, men det er sandsynligt, at en del af de vandopløselige vitaminer absorberes ad denne vej. Vitaminbehovet er omtalt i kapitel 4.

10.2.5 Mineralstofomsætningen

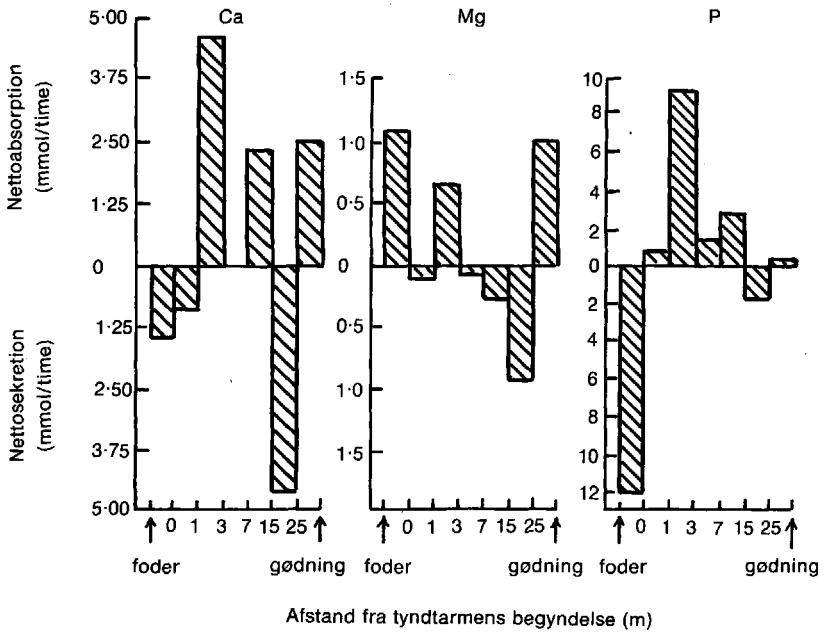
Foruden den mængde mineraler, der optages med foderet, tilføres vommen en betydelig mængde mineraler med spyttet. I løbet af en dag kan der således tilføres ca. 800 g natrium og 2200 g bikarbonat, når spytsekretionen andrager omkring 200 l pr. døgn, hvilket opnås hos køer, der fodres efter ædelyst med en ration, der har et optimalt strukturindhold (jvf. afsnit 3.6).

Udover at tjene som essentielle næringsstoffer for såvel værtsdyret som vommens mikroorganismer har mineralerne også en vigtig funktion i vommen, idet de er med til at holde et fysiologisk pH gennem deres buffervirkning – primært Na og K-salte – opretholdelse af et gunstigt osmotisk tryk samt et tilstrækkeligt redoxpotentiale, som alle er faktorer, der har en vigtig indflydelse på den mikrobielle omsætning i vommen.

De makromineraler, som mikroorganismerne har behov for, omfatter natrium, kalium, calcium, magnesium, fosfor, svovl og klor, medens cobolt, jern, magnesium, kobber, molybdæn, zink, selen og jod kun er nødvendige i små mængder. Cobolt synes især at være essentielt for mikroorganismerne. Mikrobernes behov opfyldes sædvanligvis, såfremt værtsdyrets behov tilfredsstilles, men ved fodring med urea er det vigtigt at være opmærksom på, at der er tilstrækkeligt med svovl i rationen, så N : S forholdet er på ca. 10:1.

Vomvæske indeholder 250–350 mg natrium og 50–200 mg kalium og mellem 30 og 90 mg klor og fosfor pr. 100 ml. Natrium og klor kan absorberes til blodet gennem vomvæggen mod en koncentrationsgradient. Klorvandringen tilskri-

ves potentialeforskellen mellem plasma og vomvæske, hvor sidstnævnte har et potentiale, der er ca. 25–35 mV mindre end blodplasma. I henhold til denne teori passerer klorid med potentialegradienten ind i plasma. I modsætning hertil absorberes natrium både mod koncentrationsgraden og potentialeforskelle. Dette grundstof absorberes aktivt, hvilket medfører, at vomepitelet kræver energi til dette formål. Kaliumkoncentrationen i vomvæske er væsentligt højere end i plasma. Trods dette vandrer kalium normalt fra plasma til vomvæske i overensstemmelse med potentialforskelsgradienten. Bicarbonat trænger hurtigt ind i vommen mod koncentrations- og potentialeforskelle. Behovet for mineralstoffer er omtalt i kapitel 4.



Figur 10.8 Nettoabsorption og -sekretion (m mol/time) af calcium, magnesium og fosfor på forskellige steder af fordøjelseskanalen hos får. (Ben-Ghedalia et al. 1975)

I figur 10.8 er vist, hvorledes calcium, fosfor og magnesium henholdsvis absorberes og secerneres på forskellige steder i fordøjelseskanalen hos får. Figuren illustrerer en meget betydelig vandring af disse mineraler både til og fra fordøjelseskanalen på forskellige steder i tyndtarmen, hvorimod maverne og blind- og tyktarmen ikke er yderligere opdelt.

10.3 Fordøjelse og absorption i bladmaven

De bladlignende lameller giver bladmaven en meget stor indre overflade, som medvirker til dette organs evne til at absorbere vand, VFA og deres salte såvel som bicarbonat. Forholdene er ikke gunstige for gæringsprocesser, og som følge heraf er koncentrationen af VFA og deres salte lav i den fodermasse, som forlader bladmaven. Ligesom det er tilfældet i vom og netmave secerneres ingen endogene enzymer fra dette organ. En af bladmavens hovedfunktioner menes at være at frafiltrere større foderpartikler og returnere disse til netmaven til yderligere fordøjelse og findeling.

10.4 Fordøjelse og absorption i løben

Løben er den eneste del af drøvtyggermaven, som secernerer fordøjelsesenzymer. I modsætning til hvad der sker i maven hos énmavede dyr, er sekretionen af gastrin hos koen praktisk talt kontinuerlig, hvilket skyldes den konstante strøm af fodermasse fra vommen til løben.

Sekretet består hovedsagelig af en blanding af pepsin, saltsyre og slim, og dets hovedvirkning på formaveindholdet er denaturering af macromolekyler som f.eks. proteiner. Der sker næsten ingen hydrolyse af peptider på dette sted og kun så lidt, at ingen aminosyrer absorberes i løben. I øvrigt er absorptionen af næringsstoffer fra løben mangelfuldt belyst, da dens funktion oftest er undersøgt med hensyn til de forskellige sekretionsprocesser. Flere undersøgelser har imidlertid vist, at den VFA mængde, der passerer ind i løben fra formaverne, absorberes effektivt fra dette organ (Church 1976).

10.5 Fordøjelse og absorption i tyndtarmen

Fordøjelsesprocesserne i drøvtyggernes tyndtarmsafsnit ligner på mange måder dem, der foregår hos de énmavede dyr. Proteiner nedbrydes til peptider og aminosyrer, stivelse til glukose o.s.v. Der er imidlertid visse træk med hensyn til fordøjelsen i tyndtarmen hos drøvtyggere, der er meget forskellige fra énmavede dyr. Blandt disse er den relativt langsomme pH-stigning i den proximale del af tyndtarmen. pH i løbeindholdet er ca. 3, og selv i den forreste del af jejunum er pH i indholdet ca. 5. Neutralitet nås først i den bageste del af jejunum på grund af bugspyttets lave indhold af bicarbonat (Ben-Ghedalia et al. 1974). Den langsomme pH stigning bevirker, at der stadig er en betydelig aktivitet af pepsin i den forreste del af duodenum. Disse forhold påvirker formentlig absorptionsprocesserne, selv om dette endnu ikke er fuldt belyst.

Karakteristisk for fordøjelsen af protein er det store indhold af mikrobielt protein i tarmindholdet. 10–20% af mikroorganismernes N-indhold udgøres af nukleinsyrer, og for at nedbryde disse findes et højere indhold af nukleaser i bugspyttet hos drøvtyggere end hos énmavede dyr. Nukleinsyrerne nedbrydes i den bageste del af ileum og absorberes fra dette tarmafsnit som nukleosider (Armstrong & Hutton 1975). Absorptionen af aminosyrer sker mest effektivt i den midterste del af ileum, og det er endvidere fundet, at essentielle aminosyrer absorberes mere effektivt end de ikke essentielle (Bergen 1978).

Karakteristisk for kulhydratfordøjelsen i tyndtarmen er de små mængder af fordøjelige kulhydrater, der normalt tilføres tyndtarmen på grund af den omfattende forgæring i vommen.

Stivelse som undslipper forgæring i vommen vil kunne fordøjes i tyndtarmen i nogen udstrækning, da de enzymer, der er involveret i hydrolysen af stivelse – amylase, maltase og isomaltase – findes i tyndtarmen hos voksne drøvtyggere (Armstrong & Smithard 1979). Hvilke af disse enzymer, der er begrænsende for fordøjelsen af stivelse i tyndtarmen er ikke fastlagt, men Mayes og Ørskov (1974) nævner, at det muligvis skyldes manglende maltaseaktivitet.

Enzymet sucrase, der er nødvendigt for at omsætte sakkarose, synes at mangle hos drøvtyggere (Church 1976). Dette indebærer, at der ikke kan ske en enzymatisk nedbrydning af sakkarose i tyndtarmen. En mindre fordøjelse af sakkarose, der er fundet i tyndtarmen hos drøvtyggere, skyldes sandsynligvis en mikrobiel omsætning i den bageste del af tyndtarmen (Ørskov 1973).

Fordøjelse og absorption af fedt er meget forskellig hos énmavede dyr og drøvtyggere. Som nævnt er glycerol »rygrad« i foderfedt og forgæres i stort omfang til propionsyre i vommen under frigørelse af frie fedtsyrer, som binder sig til calcium og magnesium under dannelse af uopløselige »sæber«. Dette betyder, at der er meget lidt monoglycerid i tyndtarmen til dannelse af miceller, der er nødvendig for at bringe fedtet fra den partikulære fase til vandfasen, hvorfra det absorberes. Absorptionen af fedtsyrerne sker derefter ved, at et galde-fosfolipid (lecithin), som af pankreas-lipase hydrolyseres til lysolecithin og frie fedtsyrer, erstatter monoglyceriderne i micelldannelse og reabsorberes for en stor dels vedkommende sammen med fedtsyrerne.

10.6 Fordøjelse og absorption i blind- og tyktarm

Fordøjelsen i tyktarmen er fortrinsvis af mikrobiel karakter og ligner meget fordøjelsen i vom og netmave. For de fleste fodersammensætningers vedkommende er kulhydratforgæringen begrænset til yderligere nedbrydning af cellulose- og hemicelluloserester, som har undgået forgæring i vom og netmave. Dog vil der ved fodring med store mængder majsstivelse foregå en betydelig forgæ-

ring af stivelse i tyktarmen, og ved melassefodring i større mængder vil et betydeligt kvantum sakkarose forgæres i tyktarmen. Hovedforgæringsprodukterne er som i vommen VFA, methan og kuldioxid. De vigtigste kvælstofforbindelser, der forgæres i tyktarmen, er mikrobielle rester fra vom og netmave, endogene sekreter og urea, jvf. figur 10.5. Kvælstofindholdet i disse kan inkorporeres i bakterieceller eller absorberes i form af ammoniak. Der foregår næsten ingen fordøjelse af fedt i tyktarmen, men hydrogenering af endogene fedtsyrer kan finde sted.

10.7 Sammendrag og konklusion

1. Vommens placering først i fordøjelseskanalen samt dennes store indhold af mikroorganismer betinger, at alt foder udsættes for en mikrobiel omsætning. Dette sætter drøvtyggerne i stand til at udnytte fodermidler, som ikke kan udnyttes af énmavede dyr.
2. Alle naturligt forekommende kulhydrater kan forgæres af vommens mikroorganismer. Sukker og stivelse vil normalt forgæres næsten 100% i vommen, hvorimod cellevægskulhydraterne forgæres i mindre omfang. Slutprodukterne ved forgæringen er hovedsagelig eddikesyre, propionsyre og smørsyre (VFA), der fortrinsvis absorberes fra vommen. Fordelingen mellem de enkelte syrer afhænger af forholdet mellem de forskellige kulhydrater i foderet.
3. Omsætningen af protein i vommen medfører både en nedbrydning af foderprotein og en syntese af mikrobielt protein. Resultatet af denne omsætning kan medføre et tab af aminosyrer i forhold til mængden i foderet, i andre tilfælde en forøgelse afhængig af proteinindholdet i foderet og dettes nedbrydningsgrad samt omfanget af den mikrobielle proteinsyntese.
4. Foderets fedtstoffer hydrolyseres i vommen under dannelse af frie fedtsyrer og glycerol, der forgæres til VFA. Fedtsyrerne nedbrydes ikke yderligere, men der sker en omfattende hydrogenering og isomerisering af umættede fedtsyrer i vommen.
5. Fordøjelsesprocesserne i tyndtarmen sker ved hjælp af drøvtyggerens egne enzymsystemer. Tyndtarmen er det eneste sted i fordøjelseskanalen, hvorfra der absorberes aminosyrer, der dels stammer fra unedbrudt foderprotein, dels fra mikrobielt protein. De langkædede fedtsyrer absorberes ligeledes fra tyndtarmen. Absorptionen af kulhydrater fra tyndtarmen har normalt et ringe omfang.
6. Fordøjelsesprocesserne i blind- og tyktarm sker som i vommen ved mikrobiel aktivitet og ligner meget fordøjelsen i vommen men er normalt begrænset, da det oftest kun er tungt fordøjelige stoffer, der når frem til dette tarmafsnit.

10.8 Litteratur

Andersen, P. E. 1967. Forskellige foderrationers indflydelse på fedtsyrefordelingen i vommen hos malkekøer og på foderudnyttelsen. Nordisk Jordbrugsforskning *49*, 334–335.

Armstrong, D. G. & Hutton, K. 1975. Fate of nitrogenous compounds entering the small intestine. In: Digestion and Metabolism in the Ruminant, 432–448. Ed. I. W. McDonald and A. C. I. Warner, The University of New England Publishing Unit.

Armstrong, D. G. & Smithard, R. R. 1979. The fate of carbohydrates in the small and large intestines of the ruminant. Proc. Nutr. Soc. *38*, 283–294.

Ben-Ghedalia, D., Tagari, H., Zamwel, S. & Bondi, A. 1975. Solubility and net exchange of calcium, magnesium and phosphorus in digesta flowing along the gut of the sheep. Br.J. Nutr. *33*, 87–94.

Ben-Ghedalia, D., Tagari, H. & Bondi, A. 1974. Protein digestion in the intestine of sheep. Br.J. Nutr. *31*, 125–141.

Bergen, W. G. 1978. Postruminal digestion and absorption of nitrogenous components. Federation Proc. *37*, 1223–1227.

Church, D. C. 1976. Digestive Physiology and Nutrition of Ruminants. Vol. 1. O. & B. Books, Oregon, U.S.A., 350 pp.

Hungate, R. E. 1966. The rumen and its microbes. Academic Press. New York, 525 pp.

Hvelplund, T., Møller, P. D., Madsen, J. & Hesselholt, M. 1976. Flow of digesta through the gastrointestinal tract in the bovine with special reference to nitrogen. Den kgl. Veterinær- og Landbohøjskole, København, årsskr., 173–192.

Hvelplund, T. & Møller, P. D. 1981. Proteinomsætningen i vommen hos kvæg fodret med græs og græsensilage. Medd. nr. 354, Statens Husdyrbrugsforsøg, København.

INRA, 1978. Alimentation des Ruminants. INRA Publications Versailles, 597 pp.

Kaufmann, W. & Rohr, K. 1966. Ergebnisse gaschromatographischer Bestimmung der fluchtigen Fettsäuren im Pansen bei unterschiedlicher Futterung. Z. Tierphysiol., Tierernähr. u. Futtermittelkde. *22*, 1–8.

Keeney, M. 1970. Fat metabolism in the rumen. In: Physiology of Digestion and Metabolism in the Ruminant, 489–503. Ed. A. T. Phillipson, Oriel Press.

Leng, R. A. 1970. Formation and production of volatile fatty acids in the rumen. In: Physiology of Digestion and Metabolism in the Ruminant, 406–421. Ed. A. T. Phillipson, Oriel Press.

Mason, V. C. 1975. Kvantitative aspekter af kvælstofomsætningen i fordøjelseskanalen hos drøvtyggere. Ugeskr. for Agron. og Horton. *27*, 537–539.

Mayes, R. W. & Ørskov, E. R. 1974. The utilization of gelled maize starch in the small intestine of sheep. Br.J. Nutr. *32*, 143–153.

Møller, P. D., Larsen, J. B. & Madsen, J. 1973. Undersøgelser over fodring med maksimale mængder fodersukkerroer til malkekøer. Landøkonomisk Forsøgslaboratorium, København, årbog, 454–461.

Ørskov, E. R. 1973. The capacity for digestion of carbohydrates in different segments of the gut of ruminants. In: Production disease in farm animals, 18–31. Ed. J. M. Payne, K. G. Hibbett, P. F. Sansom. Bailliere Tindall, London.

Ørskov, E. R. & Oltjen, R. R. 1967. Influence of carbohydrate and nitrogen sources on the rumen volatile fatty acids and ethanol of cattle fed purified diets. J. Nutr. *93*, 222–228.

Østergaard, V., Danfær, A., Daugaard, J., Hindhede, J., & Thysen, I. 1981. Foderfedtets indflydelse på malkekøernes produktion. 508. beretn., Statens Husdyrbrugsforsøg, København, 140 pp.

11. Kvantitative aspekter af fordøjelsen hos malkekoen

T. Hvelplund

Side

11.1 **Indledning** 11.2

11.2 **Den kvantitative omsætning i vom-netmave** 11.2
11.2.1 Kulhydratomsætningen 11.2
11.2.2 Proteinomsætningen 11.4
11.2.3 Fedtomsætningen 11.5
11.2.4 Mineralstofomsætningen 11.5
11.2.5 Den mikrobielle cellesyntese 11.6
11.2.6 Absorptionen af næringsstoffer fra vom-netmave 11.7

11.3 **Den kvantitative omsætning i tyndtarmen** 11.8
11.3.1 Kulhydratomsætningen 11.8
11.3.2 Proteinomsætningen 11.9
11.3.3 Fedtomsætningen 11.10
11.3.4 Mineralstofomsætningen 11.10
11.3.5 Absorptionen af næringsstoffer fra tyndtarmen 11.11

11.4 **Den kvantitative omsætning i blind- og tyktarm** 11.11
11.4.1 Kulhydratomsætningen 11.11
11.4.2 Proteinomsætningen 11.12
11.4.3 Fedtomsætningen 11.12
11.4.4 Mineralstofomsætningen 11.13
11.4.5 Absorptionen af næringsstoffer fra blind- og tyktarm 11.13

11.5 **Den totale absorption af næringsstoffer fra fordøjelseskanalen** 11.13

11.6 **Diskussion i relation til andre rationstyper** 11.17

11.7 **Sammendrag og konklusion** 11.19

11.8 **Litteratur** 11.19

11.1 Indledning

Værdien af et tildelt foder afhænger af den mængde energi samt specifikke næringsstoffer, dette stiller til rådighed for dyret under passagen gennem fordøjelseskanalen.

For en kvantitativ beskrivelse er det mest praktisk at opdele drøvtyggerens fordøjelseskanal i tre adskilte afsnit: vom-netmave, tyndtarmen samt blind- og tyktarm.

For at få eksakte oplysninger om omfanget af fordøjelsesprocesserne i mave-tarmkanalen er det nødvendigt at anvende fistulerede dyr, der gør det muligt at måle passagen af næringsstoffer gennem de enkelte mave-tarmafsnit og dermed en kvantitativ bestemmelse af fordøjelsen i de enkelte afsnit.

De kvantitative aspekter af fordøjelsen hos malkekoen vil i dette kapitel blive belyst ved hjælp af to forskellige foderrationer. Beregningerne er baseret på en foderoptagelse på 16 FE pr. dag til en ko på 600 kg. Omfanget af processerne i de forskellige mave-tarmafsnit vil være baseret på resultater, der er opnået ved anvendelse af fistulerede dyr. Oplysningerne er hentet fra såvel danske som udenlandske forsøg og vil i stor udstrækning være baseret på gennemsnitsværdier fundet på får og ikke-lakterende køer, da der kun findes få resultater vedrørende omsætningen hos højt producerende malkekøer.

11.2 Den kvantitative omsætning i vom-netmave

Vom-netmavens store indhold af mikroorganismer af en righoldig artssammensætning medfører, at de forskellige foderkomponenter udsættes for en mikrobiel omsætning i dette afsnit.

For at belyse omsætningen er der valgt 2 forskellige foderrationer, der er baseret på henholdsvis et stort roefoder og et stort ensilagefoder som vist i tabel 11.1. Fodermidlernes indhold af de forskellige næringsstoffer er angivet i tabel 11.2.

11.2.1 Kulhydratomsætningen

Kulhydraterne udgør normalt 65–70% af det samlede foder og er det væsentligste substrat for dannelse af flygtige fedtsyrer (VFA) i vommen. Bestemmelse af syreproduktionen i vommen har været forsøgt ved hjælp af forskellige metoder både *in vitro* og *in vivo* (Church 1976). I de senere år har isotopfortyndingsteknikken været anvendt til måling af syreproduktionen i vommen på får og køer (Chandaravitoon & Riis 1971, Mercer et al. 1977, Hvelplund et al. 1978).

En estimering af syreproduktionen i vommen ved hjælp af støkiometriske principper, hvor mængden af forgæret kulhydrat kendes, har ligeledes været

Tabel 11.1 Rationernes sammensætning

	Roeration		Ensilageration	
	kg tørstof	FE	kg tørstof	FE
Roer	6,6	6,0		
Græsensilage	2,6	2,0	8,8	6,0
Roetopensilage	2,1	1,5		
Halm	1,7	0,5		
Melasse			2,0	2,0
Byg			4,3	5,0
Kraftfoder (bl. 250–100)	4,9	6,0		
Kraftfoder (bl. 275–80)			2,6	3,0
Total tørstof	17,9		17,7	
Total FE		16.0		16,0
FE/kg tørstof	0,89		0,90	

Tabel 11.2 Rationernes indhold af næringsstoffer, g/dag

	Roeration	Ensilageration
Tørstof	17900	17700
Aske	1736	1380
Organisk stof	16164	16320
Råprotein	3228	3146
Råfedt	787	726
Træstof	2685	3363
NFE	9464	9085
Sukker	4009	1611
Stivelse	555	2673
Cellevægge	7585	8164

forsøgt (Ørskov et al. 1968, Baldwin et al. 1970). Produktionen af flygtige fedtsyrer, methan, CO_2 og ATP på de to rationer er bestemt ved hjælp af den af Baldwin et al. (1970) udviklede metode. For at beregne syreproduktionen er det nødvendigt at kende mængden af sukker, stivelse samt cellevægskulhydrater, der forgæres til syrer efter fradrag af den mængde af forgærbare kulhydrater, der indgår i cellesyntesen og således ikke bidrager til produktionen af VFA. Denne mængde er ansat til 22% af det forgærbare kulhydrat (Czerkowski 1978, Danfær 1979). Fordøjelsen af sukker og stivelse er høj og i beregningerne ansat til 98% (Armstrong & Smithard 1979), hvorimod cellevæggene fordøjes i langt mindre omfang, især ved en stor foderoptagelse, og er i beregningerne ansat til henholdsvis 48% og 52% for roe- og ensilagerationen (Thomsen 1980).

Beregningerne over produktionen af VFA, methan, CO_2 og ATP på de to rationer er vist i tabel 11.3. Mængden af methan er reduceret i forhold til den

Tabel 11.3 Produktionen af flygtige fedtsyrer, methan, CO_2 og ATP beregnet på grundlag af forgæringen af kulhydrater og protein i vom-netmave

	Roeration	Ensilageration
Sukker forgæret, g	3126	1288
Stivelse forgæret, g	424	2043
Cellevægge forgæret, g	2839	3311
Protein forgæret, g	1342	1322
Eddikesyre, mol	51,1	54,0
Propionsyre, mol	22,0	26,6
Smørsyre, mol	9,4	7,6
Højere syre, mol	1,6	1,6
Methan, mol	20,5	22,0
CO_2, mol	55,2	54,1
ATP, mol	172,0	179,7

mængde, der beregnes på grundlag af formlerne, da en del af den brint, der dannes under forgæringen, bruges til reduktion af coenzymer og til hydrogenering af umættet fedt. Reduktionen er foretaget på grundlag af værdier i litteraturen (Kennedy & Milligan 1978) og andrager i de aktuelle beregninger ca. 25% af den beregnede værdi. Da der forbruges CO_2 til methandannelsen er CO_2-mængden forøget med en mængde, der svarer til reduktionen i methanmængden.

11.2.2 Proteinomsætningen

Nedbrydningsgraden af foderproteinet i roe- og ensilagerationen er estimeret til henholdsvis 65 og 70% baseret på nedbrydningsgraden af enkeltfodermidlerne, der indgår i rationerne. Nedbrydningsgraden af de enkelte fodermidler er baseret på danske undersøgelser (Madsen et al. 1977, Hvelplund & Møller 1980a, Hvelplund & Møller 1981) samt franske undersøgelser (INRA 1978).

Nedbrydningen af protein forløber over peptider, aminosyrer til ammoniak, og der vil således være mulighed for anvendelse af både peptider og aminosyrer i den mikrobielle proteinsyntese, før nedbrydningen er forløbet helt til ammoniak. Omfanget af den direkte inkorporering af aminosyrer er bestemt i enkelte forsøg (Mercer & Annison 1976, Harrison & McAllan 1980) og er i de aktuelle beregninger ansat til at udgøre 20%. Dette indebærer, at 80% af proteinet, der er nedbrudt til aminosyrer, nedbrydes helt til ammoniak og VFA. Produktionen af VFA på grundlag af nedbrudt protein er indeholdt i værdierne angivet i tabel 11.3. Indholdet af aminosyre-N i % af total-N er beregnet til 80 og 75% for henholdsvis roe- og ensilagerationen og er baseret på aminosyreanalyser af fodermidler, der svarer til dem, der er anvendt i de aktuelle rationer.

Udover foderproteinet tilfører spyttet også kvælstof til vommen i form af urinstof samt mindre mængder mucoproteiner. Spytsekretionen andrager fra 100 til 200 l pr. dag (Van't Klooster & Rogers 1969, Church 1976) og indeholder varierende mængder kvælstof. Ved et lavt kvælstofindhold i foderet er det muligt at få et skøn over denne kvælstofmængde, da det recirkulerede kvælstof udnyttes til mikrobiel proteinsyntese og er i flere undersøgelser fundet at andrage op til 60–70 g (Hagemeister & Kaufmann 1971, Madsen 1976, Hvelplund & Møller 1981). I de aktuelle beregninger er denne kvælstofmængde ansat til 65 g. Omsætningen af protein i vom-netmave er vist i tabel 11.4.

11.2.3 Fedtomsætningen

Den mikrobielle hydrolyse af foderfedtet i vommen bevirker, at triglyceriderne spaltes i glycerol og frie fedtsyrer. De aktuelle beregninger er baseret på grundlag af, at alt foderfedtet forefindes som tripalmitin, der indeholder 10% glycerol. Det frigjorte glycerol forgæres til VFA og er indeholdt i den forgærede mængde sukker. En del af de frigjorte fedtsyrer anvendes af mikroorganismerne i deres cellesyntese, og de resterende fedtsyrer passerer til tyndtarmen. Omsætningen af foderfedtet er vist i tabel 11.5.

11.2.4 Mineralstofomsætningen

Udover mineralstoftilførslen med foderet tilføres vom-netmaven betydelige mængder mineralstoffer med spyttet (Rogers & Van't Klooster 1969, Møller & Hvelplund 1977). Indholdet af mineralstoffer i spyttet varierer med spytsekretionens størrelse. Na er det mineralstof, der tilføres i størst mængde, men spyttet indeholder også betydelige mængder P, K og Cl, hvorimod indholdet af Ca og Mg er minimalt. I et forsøg med malkekøer fandt Rogers & Van't Klooster (1969), at spyttet tilførte vommen ca. 660 g med mineralstofferne Ca,

Tabel 11.4 Omsætningen af protein og kvælstof i vom-netmave, g/dag

	Roeration		Ensilageration	
	Protein	Kvælstof	Protein	Kvælstof
Råprotein i foder	3228	516	3146	503
Unedbrudt foderprotein	1130	181	944	151
Nedbrudt foderprotein	2098	336	2202	352
Aminosyrer i nedbrudt protein	1678	268	1652	264
Aminosyrer genanvendt til mikrobiel proteinsyntese	336	54	330	53
Aminosyrer nedbrudt til NH_3 og flygtige fedtsyrer	1342	215	1322	212
Total produktion af NH_3-N fra nedbrudt protein	–	282	–	299
Recirkulering af NH_3-N til vommen	–	65	–	65
Absorberet NH_3-N fra vommen	–	113	–	118

Tabel 11.5 Omsætningen af foderfedt i vom-netmave, g/dag

	Roeration	Ensilageration
Råfedt i foder	787	726
Glycerol forgæret til VFA	79	73
Frie fedtsyrer	708	653
Frie fedtsyrer inkorporeret i mikrobielt fedt	71	65
Frie fedtsyrer der passerer til tarmen	637	588

P, Mg, Na og K. Endvidere kan der tilføres mindre mængder mineralstoffer med drikkevandet. I de aktuelle beregninger er tilførslen af mineralstoffer til vommen ansat til 800 g totalt.

Mineralstofabsorptionen i formaverne er af et ringe omfang, men nyere undersøgelser viser, at Mg fortrinsvis absorberes i bladmaven.

Mineralstofferne i vommen spiller en vigtig rolle i forbindelse med den mikrobielle omsætning i dette afsnit. Mikroorganismerne har et behov for en lang række makro- og mikromineraler for at vokse optimalt (Durand & Kawashima 1980). Indholdet af mineralstoffer i mikroorganismerne varierer betydeligt afhængig af, hvilket substrat de omsætter (Smith 1975, Hvelplund & Møller 1980b). Dette indebærer, at der bindes forskellige mængder mineralstoffer i den mikrobielle cellemasse afhængig af fodringen.

11.2.5 Den mikrobielle cellesyntese

Mikroorganismerne i vommen består både af bakterier og protozoer, men da der kun foreligger få kvantitative data vedrørende protozoernes rolle i den mikrobielle cellesyntese i vommen, er der ikke forsøgt nogen adskillelse mellem disse to kategorier af mikroorganismer i de kvantitative beregninger.

Den mikrobielle cellesyntese i vommen afhænger af mængden af energi, der dannes i form af ATP under omsætningen i vommen. En optimal cellesyntese er afhængig af tilstedeværelse af tilstrækkelige mængder essentielle næringsstoffer i vommiljøet, som f.eks. kvælstof og for visse bakterier endvidere peptider eller aminosyrer (Mercer & Annison 1976, Harrison & McAllan 1980). Endvidere er mange mineralstoffer især S og P essentielle for en optimal mikrobiel vækst (Bray & Till 1975, Durand & Kawashima 1980). Den mikrobielle cellesyntese er beregnet på grundlag af den mængde ATP, der er dannet under forgæringen som vist i tabel 11.3. Nettosyntesen er ansat til 20,4 g celletørstof pr. mol ATP. En cellesyntese af denne størrelse er betydeligt højere end den ofte citerede værdi på 10–12, som er fundet af Bauchop og Elsden (1960). Den højere værdi i disse beregninger er imidlertid i god overensstemmelse med nyere undersøgelser, hvor der er fundet værdier fra 20,3 til 21,4, når den relative udstrømningshastighed fra vommen er høj (Kennedy & Milligan 1972,

Harrison & McAllan 1980), som den vil være med en stor foderoptagelse. En positiv indflydelse af den relative udstrømningshastighed på den mikrobielle proteinsyntese i vommen er ligeledes vist af Jensen (1980).

Den kemiske sammensætning af det mikrobielle tørstof, der produceres i vommen, vil afhænge af fodringen. I beregningerne over den mikrobielle cellesyntese, som vist i tabel 11.6, er sammensætningen af vombakterierne baseret på værdier fundet i bakterier, der blev isoleret fra vommen hos køer, der blev fodret på vedligeholdsniveau med rationer bestående af roer, græsensilage og A-blanding (Hvelplund, ikke publiceret).

Tabel 11.6 Den kemiske sammensætning af vombakterierne (%) samt den mikrobielle cellesyntese, g/dag

	Roeration		Ensilageration	
	Sammensætning	Produceret	Sammensætning	Produceret
Aske	13,7	481	18,0	660
Råprotein	51,1	1793	51,0	1870
Råfedt	10,9	382	11,0	403
Kulhydrat	24,3	852	20,0	733
Total	100,0	3508	100,0	3666

11.2.6 Absorptionen af næringsstoffer fra vom-netmave

Formaverne tjener ikke blot som et forgæringskammer for den mikrobielle omsætning; der absorberes også næringsstoffer fra dette afsnit. Den kvantitativt mest betydende er absorptionen af VFA. Desuden sker der en absorption af ammoniak fra vommen, såfremt den dannede ammoniak ikke genanvendes i den mikrobielle proteinsyntese. Luftarterne methan og CO_2, der dannes under den mikrobielle omsætning, fjernes ligeledes fra dette afsnit enten ved opræbning eller opløst i væsken, der passerer ud af vommen til tarmen. Mængden af CO_2, der opræbes, påvirkes i betydelig udstrækning af spytsekretionens størrelse samt af pH-forholdene i vommen.

I tabel 11.7 er vist de absorberede mængder af flygtige fedtsyrer og ammoniak samt mængden af methan og CO_2, der opræbes under forudsætning af, at den mængde, der produceres ved den mikrobielle omsætning i vommen, fjernes på denne måde. Værdierne for VFA i tabellen er reduceret i forhold til mængden angivet i tabel 11.3. Dette skyldes, at de forgrenede fedtsyrer, der dannes i vommen, i stor udstrækning genanvendes i den mikrobielle proteinsyntese (Hungate 1966).

Absorptionen af VFA fra formaverne er næsten total, da der kun er en ringe koncentration af disse syrer i det tarmindhold, der passerer ind i tyndtarmen (Engelhardt & Hauffe 1975). Absorptionen af ammoniak fra formaverne er ligeledes meget effektiv, da det normalt kun er små mængder ammoniak fra

Tabel 11.7 Absorptionen fra vom-netmave af flygtige fedtsyrer (VFA) ammoniak samt opræbning af methan og CO_2 (dgl.)

	Roeration		Ensilageration	
Total VFA	82,5 mol	5527 g	88,2 mol	5884 g
Eddikesyre	51,1 mol	3069 g	54,0 mol	3243 g
Propionsyre	22,0 mol	1630 g	26,6 mol	1971 g
Smørsyre	9,4 mol	828 g	7,6 mol	670 g
Ammoniak-N	8,1 mol	113 g	8,4 mol	118 g
Methan	20,5 mol	521 l	22,0 mol	559 l
CO_2	55,2 mol	1402 l	54,1 mol	1374 l

vommen, der passerer ind i tyndtarmen (Nolan 1975). Mængden vil imidlertid være påvirket af ammoniakkoncentrationen i vommen (Hvelplund & Møller 1978). I de aktuelle beregninger er der regnet med en fuldstændig absorption af både VFA og NH_3 i vommen.

11.3 Den kvantitative omsætning i tyndtarmen

Mængden af næringsstoffer, der tilføres tyndtarmen, består af en blanding af uomsat foder og mikroorganismer, hvis indbyrdes forhold er afhængig af det tildelte foder. Passagen til tyndtarmen opdelt i uomsat foder og mikrobiel cellemasse er vist for de to rationer i tabel 11.8.

11.3.1 Kulhydratomsætningen

Mængden af kulhydrater, der passerer fra maverne til tyndtarmen, består fortrinsvis af cellevægskulhydrater samt mindre mængder sukker og stivelse, som dels stammer fra foderet dels fra indholdet i mikroberne.

I tyndtarmen tilføres ingen enzymer, der kan nedbryde cellevægskulhydra-

Tabel 11.8 Mængden af næringsstoffer der passerer ind i tyndtarmen fra unedbrudt foder (UF), mikrobiel cellesyntese (MC) samt den totale mængde (T), g/dag

	Roeration			Ensilageration		
	UF	MC	T	UF	MC	T
Tørstof	7857	3508	11365	7058	3666	10724
Aske	2056	481	2537	1521	660	2181
Organisk stof	5801	3027	8828	5537	3006	8543
Råprotein	1130	1793	2923	944	1870	2814
Råfedt	637	382	1019	588	403	991
Sukker	80	–	80	32	–	32
Stivelse	11	130	141	54	176	230
Cellevægge	3943	722	4665	3919	557	4476

terne (Armstrong & Smithard 1979). Dette er bekræftet i flere undersøgelser, hvor der i gennemsnit ikke er fundet absorption af disse kulhydrater under passagen af tyndtarmen (Gaillard & Van't Klooster 1969, Ulyatt & MacRae 1974, Armstrong & Smithard 1979).

Passagen af sukker og stivelse i tyndtarmen vil normalt være meget lille på grund af den omfattende forgæring i vommen. Flere undersøgelser har vist, at der er en begrænset kapacitet for fordøjelse af stivelse i tyndtarmen, selv om de nødvendige enzymer er til stede (Lindsay 1970, Mayes & Ørskov 1974). Denne grænse vil dog sjældent være overskredet med normale rationer til malkekøer.

Fordøjelsen af stivelse i tyndtarmen kan variere afhængig af stivelseskilden, og der er fundet variationer fra 77% til 95% (Armstrong & Smithard 1979). Den absorberede mængde kulhydrat fra tyndtarmen er angivet i tabel 11.9, hvor der er anvendt en værdi på 85% for absorptionen af kulhydrater.

Tabel 11.9 Næringsstofoptagelsen fra tyndtarmen, g/dag

	Roeration	Ensilageration
Kulhydrater	188	222
Råprotein	2135	2063
Aminosyrer	1718	1591
Ikke protein-kvælstof som NH_3-N	67	76
Råfedt	765	743
Aske	1319	1134

11.3.2 Proteinomsætningen

Tyndtarmen er det eneste afsnit i fordøjelseskanalen, hvorfra der absorberes aminosyrer (Armstrong et al. 1977). Den tilsyneladende fordøjelighed af råprotein i tyndtarmen er i de aktuelle beregninger ansat til 66%, hvilket er i overrensstemmelse med resultater fundet på køer (Van't Klooster & Boekholt 1972, ARC 1980, Hvelplund ikke publiceret). Til sammenligning fandt Mason (1975) ved en beregning på 62 forskellige forsøg med får, at 71% af proteinet, der tilførtes tyndtarmen, blev optaget i dette afsnit.

Den sande fordøjelighed af råprotein i tyndtarmen vil være større end 66%, da der tilføres endogent protein til tarmen under foderets passage af denne. I beregningerne er den mængde endogent protein, som ikke genresorberes fra tyndtarmen ansat til 206 g råprotein (Madsen et al. 1977). Mængden af råprotein absorberet fra tyndtarmen baseret på en endogen tilførsel af 206 g råprotein er vist i tabel 11.9.

Aminosyreabsorptionen fra tyndtarmen er beregnet på grundlag af mængden af aminosyrer, der tilføres tarmen fra henholdsvis unedbrudt foderprotein og mikrobielt protein, samt disse fraktioners fordøjelighed.

Indholdet af aminosyre-N i % af total-N i det unedbrudte foderprotein udgør 80 og 75% for henholdsvis roe- og ensilagerationen, hvilket er det samme, som

er beregnet for totalt foderprotein, da der ikke sker ændringer i dette forhold under nedbrydningen i vommen, som vist af Ganev et al. (1979). Fordøjeligheden af aminosyrer i det unedbrudte foderprotein er i flere undersøgelser fundet til ca. 86% (Satter & Roffler 1975, Kaufmann 1977, Schwarting & Kaufmann 1978), og denne værdi er anvendt i de aktuelle beregninger.

Indholdet af aminosyre-N i % af total-N i vombakterier udgør ca. 70%, som fundet af Hvelplund og Møller (1980b). Fordøjeligheden af aminosyrer i det mikrobielle protein er kun bestemt i få undersøgelser, og der er fundet værdier fra 60% til 85% (Salter & Smith 1977, Tas et al. 1977, Verite et al. 1979). I de aktuelle beregninger er anvendt en værdi på 75%. Mængden af absorberede aminosyrer på de 2 rationer er ligeledes vist i tabel 11.9.

Nukleinsyrer, der udgør den største fraktion af ikke-protein kvælstof (NPN) i bakterierne samt andre NPN forbindelser i både bakterier og unedbrudt foderprotein fordøjes ligeledes i tyndtarmen. I de aktuelle beregninger er denne mængde bestemt som differencen mellem den totalt fordøjede mængde protein og mængden af fordøjede aminosyrer. Den fordøjede mængde NPN udtrykt som NH_3-N er ligeledes vist i tabel 11.9.

11.3.3 Fedtomsætningen

Størsteparten af det fedt, der tilføres tyndtarmen, findes i form af frie fedtsyrer (Leat & Harrison 1975). Absorptionen af fedt i tyndtarmen er ansat til 75%, som er et gennemsnit af flere undersøgelser, hvor absorptionen varierede fra 63 til 80% (Hvelplund ikke publiceret). Mængden af absorberet fedt er vist i tabel 11.9.

11.3.4 Mineralstofomsætningen

En lang række af forskellige mineralstoffer tilføres tyndtarmen. Mineralstofferne findes dels opløst i væsken dels bundet i unedbrudte foderpartikler og indbygget i de mikrobielle celler. Opløseligheden af de forskellige mineralstoffer ved de varierende pH-forhold under passagen igennem tyndtarmen er en vigtig faktor, der influerer på absorptionen af de enkelte mineralstoffer i tyndtarmen (Ben-Ghedalia et al. 1975).

I tyndtarmsafsnittet absorberes betydelige mængder P, Na og K samt varierende mængder Ca, hvorimod tyndtarmen ikke synes at være vigtig for absorptionen af Mg (Rogers & Van't Klooster 1969, Grace et al. 1974, Ben-Ghedalia et al. 1975). I de aktuelle beregninger er anvendt en værdi på 52% for aske. Denne værdi er baseret på et gennemsnit af flere undersøgelser, hvor der var variationer fra 41 til 60% (Van't Klooster & Rogers 1969, Hvelplund ikke publiceret). Den totale mængde aske, der er absorberet i tyndtarmen, er vist i tabel 11.9.

11.3.5 Absorptionen af næringsstoffer fra tyndtarmen

Den absorberede mængde af de enkelte næringsstoffer under passagen gennem tyndtarmen er vist i tabel 11.9. Mængden af kulhydrater, der absorberes i dette afsnit, er meget begrænset og vil således kun bidrage med små mængder i forhold til koens behov. Mængden af aminosyrer, som angivet i tabel 11.9, er den mængde, rationerne stiller til rådighed for dyrets produktion, da der ikke er aminosyreabsorption fra andre mave-tarmafsnit. Tabellen viser ligeledes, at der absorberes betydelige mængder fedt fra tyndtarmen, og mængden er af samme størrelsesorden, som den mængde der tilførtes med foderet. Dette skyldes den mikrobielle syntese af fedt i vommen. Askemængden, der absorberes, er ligeledes af et betydeligt omfang. En stor del af denne vil være en genabsorption af den askemængde, der blev tilført med spyttet.

11.4 Den kvantitative omsætning i blind- og tyktarm

Omsætningen i blind- og tyktarm er begrænset til de næringsstoffer, der ikke er absorberet i de foranliggende mave-tarmafsnit samt endogene sekreter tilført i tyndtarmen, og vil således fortrinsvis bestå af tungt omsættelige stoffer. Mængden af de forskellige næringsstoffer, der passerer fra tyndtarmen til dette afsnit, er angivet i tabel 11.10. Den kvantitativt mest betydende del er cellevægskulhydrater, men også betydelige mængder protein og aske tilføres dette afsnit.

Tabel 11.10 Mængden af næringsstoffer der passerer ind i blind- og tyktarm, g/dag

	Roeration	Ensilageration
Tørstof	7164	6768
Aske	1218	1047
Organisk stof	5946	5721
Råprotein	994	957
Råfedt	254	248
Sukker + stivelse	33	40
Cellevægge	4665	4476

11.4.1 Kulhydratomsætningen

Omsætningen af kulhydrater i blind- og tyktarmen sker ved mikrobiel forgæring under dannelse af VFA, methan, CO_2 og ATP som i vommen. Forgæringen af cellevægskulhydraterne er begrænset, da de lettest omsættelige bestanddele omsættes i vommen. I beregningerne er mængden, der forgæres, ansat til ca. 20% af cellevæggene, der passerer ind i dette afsnit. Såfremt der passerer stivelse eller sukker ind i dette afsnit, vil det forgæres næsten 100%, da der

normalt ikke findes stivelse eller sukker i gødningen i nævneværdigt omfang. Mængden af kulhydrater, der forgæres, samt de dannede produkter er angivet i tabel 11.11.

Tabel 11.11 Produktionen af flygtige fedtsyrer, methan, CO_2 samt ATP beregnet på grundlag af forgæringen af kulhydrater i blind- og tyktarm

	Roeration	Ensilageration
Sukker + stivelse forgæret, g	33	40
Cellevægge forgæret, g	1020	913
Eddikesyre, mol	7,2	6,5
Propionsyre, mol	4,8	4,3
Smørsyre, mol	0,6	0,6
Methan, mol	2,7	2,4
CO_2, mol	5,8	5,2
ATP, mol	27,0	26,1

11.4.2 Proteinomsætningen

Proteinet, der passerer ind i blind- og tyktarmsafsnittet, består fortrinsvis af ufordøjet bakterieprotein samt protein af endogen oprindelse. Proteinet er i dette afsnit underkastet de samme processer som i vommen, og en del vil nedbrydes til ammoniak. Da det kun er små mængder kulhydrater, der omsættes, som vist i tabel 11.11, vil den mikrobielle proteinsyntese samtidig være minimal. Absorptionen af kvælstofholdige forbindelser i dette afsnit er begrænset til ammoniak, da der ikke er påvist absorption af aminosyrer, selv om det teoretisk er muligt (Ulyatt et al. 1975). Absorptionen af NH_3 er vist i tabel 11.12.

11.4.3 Fedtomsætningen

Den kvantitative fedtomsætning i tyktarmen er meget begrænset (Ulyatt et al. 1975). Absorptionen er i de aktuelle beregninger sat til 5%. Absorptionen af fedt er vist i tabel 11.12.

Tabel 11.12 Næringsstofoptagelsen fra tyktarm, g/dag

	Roeration	Ensilageration
Eddikesyre	432	390
Propionsyre	356	319
Smørsyre	53	53
Total VFA	841	762
NH_3-N	13	12
Råfedt	13	12
Aske	304	262

11.4.4 Mineralstofomsætningen

Mængden af mineralstoffer, der tilføres blind- og tyktarmsafsnittet, er af et betydeligt omfang, og flere undersøgelser har vist, at Ca, P, Mg, K, Na og Cl absorberes fra dette afsnit (Ulyatt et al. 1975). Absorptionen af aske i dette tarmafsnit er ansat til 25%. Den absorberede mængde aske er vist i tabel 11.12.

11.4.5 Absorptionen af næringsstoffer fra blind- og tyktarmen

I sammenligning med de to foregående mave-tarmafsnit spiller blind- og tyktarmsafsnittet kun en mindre rolle i omsætningen. Det vigtigste bidrag til næringsstofforsyningen kommer fra de flygtige fedtsyrer, der absorberes i dette afsnit, som vist i tabel 11.12. For forsyningen med aminosyrer spiller dette tarmafsnit ingen direkte rolle, da der kun absorberes ammoniak. Dette ammoniak kan imidlertid recirkuleres til vommen og der anvendes til mikrobiel proteinsyntese. Absorptionen af fedt spiller ligeledes en mindre rolle. Absorptionen af mineralstoffer er i dette tarmafsnit ganske betydelig og spiller en vigtig rolle for dyrets mineralstofomsætning.

11.5 Den totale absorption af næringsstoffer fra fordøjelseskanalen

Den totale mængde næringsstoffer, de to anvendte rationer stiller til rådighed for dyrenes produktion, er et resultat af de omsætningsprocesser, som finder sted i de forskellige afsnit af fordøjelseskanalen. De absorberede mængder af næringsstoffer i de forskellige afsnit af fordøjelseskanalen er angivet i tabel 11.13.

Af tabellen fremgår, at det er betydelige mængder eddike-, propion- og smørsyre, der absorberes fra vommen. Mængden af de tilsvarende syrer, der absorberes i blind- og tyktarmsafsnittet, udgør 13 og 11% af den totale absorption af VFA og er i god overensstemmelse med værdier i litteraturen (Ulyatt et al. 1975).

Absorptionen af kulhydrater, der kun sker i tyndtarmen, er af et ringe omfang og udgør henholdsvis 4 og 5% af den mængde sukker og stivelse, der fandtes i rationen.

Mængden af aminosyrer absorberet fra tyndtarmen svarer til 67% af den mængde aminosyrer, der fandtes i foderet. Dette indebærer, at omsætningen af protein i vom-netmave har betydet et tab af aminosyrer i forhold til den mængde, foderproteinet kunne have tilført, såfremt det ikke var nedbrudt i vommen.

Tabel 11.13 Absorptionen af næringsstoffer fra fordøjelseskanalen, g/dag

	Vom-netmave	Tyndtarm	Blind- og tyktarm	Total
Roeration				
Eddikesyre	3069		432	3501
Propionsyre	1630		356	1986
Smørsyre	828		53	881
Total VFA	5527		841	6368
Kulhydrater		188		188
Aminosyrer		1718		1718
Fedt		765	13	778
Mineralstoffer*)		1319	304	1623
Ensilageration				
Eddikesyre	3243		390	3633
Propionsyre	1971		319	2290
Smørsyre	670		53	723
Total VFA	5884		762	6646
Kulhydrater		222		222
Aminosyrer		1591		1591
Fedt		743	12	755
Mineralstoffer*)		1134	262	1396

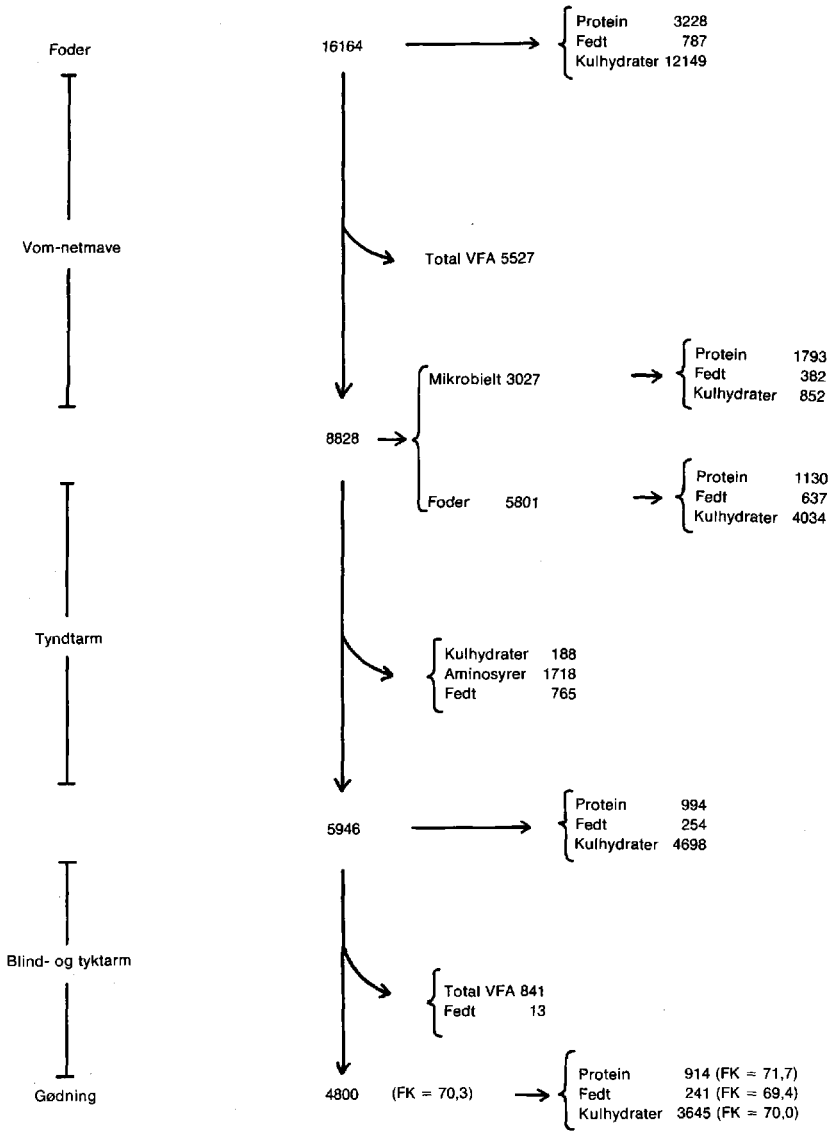
*) Den absorberede mængde = absorberet fra foder + endogent.

Fedtabsorptionen sker fortrinsvis i tyndtarmen, idet det kun er en ubetydelig mængde, der er absorberet i blind- og tyktarm. Den totale mængde absorberet er af samme størrelsesorden som mængden i foderet. Dette skyldes, at mikroorganismerne i vommen syntetiserer en fedtmængde, der i omfang svarer til den mængde, der udskilles med gødningen.

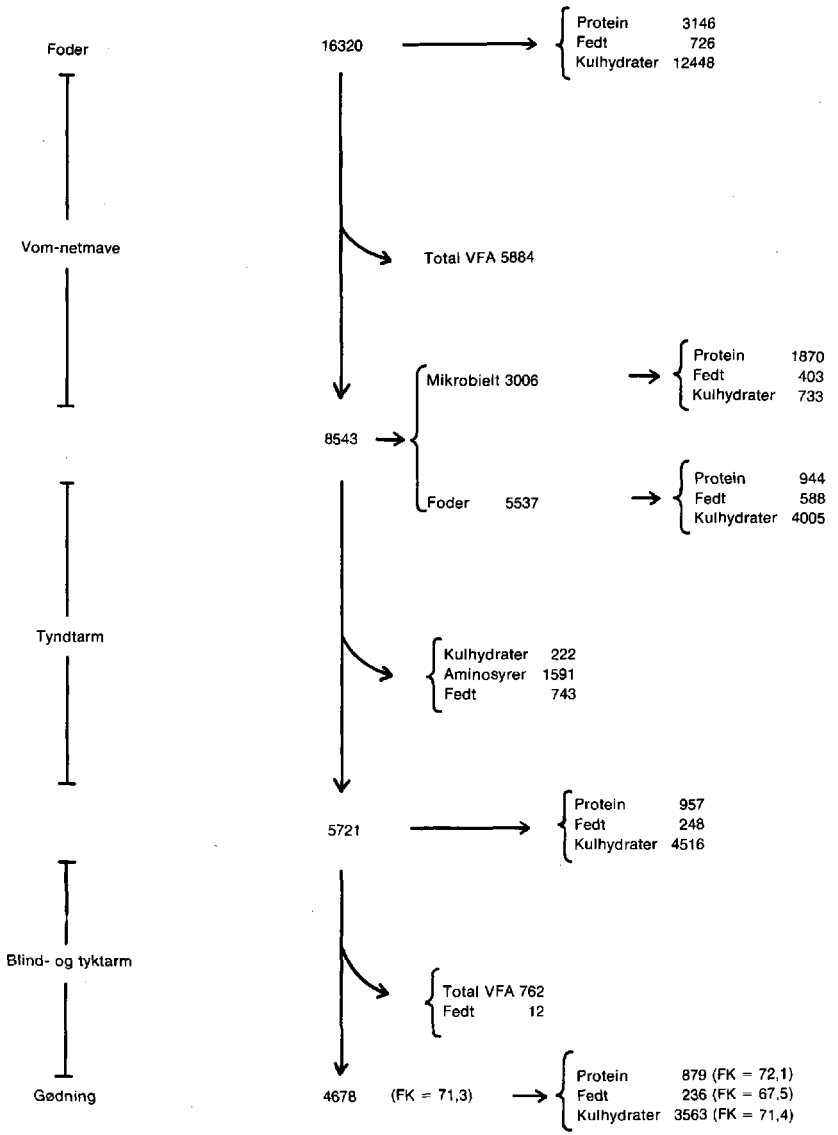
Absorptionen af mineralstoffer sker i hele fordøjelseskanalen. Årsagen til, at der ikke er angivet nogen absorption i vom-netmaven, er, at den tilførte mængde mineralstoffer med spyttet langt overstiger den mængde, der absorberes. Absorptionen af mineralstoffer er af et betydeligt omfang i begge tarmafsnit. En betydelig del af den absorberede mængde udgøres af de mineralstoffer, der blev tilført med spyttet.

Figur 11.1 og 11.2 viser omsætningen af organisk stof gennem hele fordøjelseskanalen. Organisk stof er endvidere opdelt i protein, fedt og kulhydrater. Den tilsyneladende fordøjelighed af organisk stof er beregnet til henholdsvis 70,3 og 71,3%, hvilket er i god overensstemmelse med værdier fundet af Krohn og Konggaard (1976) og Krohn og Andersen (1979).

Produktionen af total VFA sættes ofte i relation til mængden af organisk stof fordøjet i vommen og udgør 12,6 mol VFA pr. kg organisk stof tilsyneladende fordøjet i vommen, hvilket er af samme størrelsesorden, som fundet i flere undersøgelser (Kennedy & Milligan 1978).



Figur 11.1 Mængden af organisk stof, der passerer gennem fordøjelseskanalen og absorptionen af næringsstoffer fra de forskellige mave-tarmafsnit ved roerationen (g/dag) samt den tilsyneladende fordøjelighedskvotient (FK) for organisk stof samt protein, fedt og kulhydrater.



Figur 11.2 Mængden af organisk stof, der passerer gennem fordøjelseskanalen og absorptionen af næringsstoffer fra de forskellige mave-tarmafsnit ved ensilagerationen (g/dag) samt den tilsyneladende fordøjelighedskvotient (FK) for organisk stof samt protein, fedt og kulhydrater.

Produktionen af mikrobielt protein i vommen udtrykkes ligeledes ofte i forhold til mængden af organisk stof, der fordøjes i vommen, og andrager i disse beregninger 226 og 236 g mikrobielt protein pr. kg tilsyneladende fordøjet organisk stof i vommen. Disse værdier er højere end den gennemsnitlige syntese på 200 g, som er fundet i en lang række undersøgelser (Kaufmann 1976), samt de værdier, der anvendes i det nye franske proteinvurderingssystem (INRA 1978), og det foreslåede nye engelske system (Roy et al. 1977). Den større syntese i disse beregninger skyldes, at det høje foderniveau har betinget en høj relativ udstrømningshastighed fra vommen, der samtidig betinger en mere effektiv proteinsyntese i vommen (Prigge et al. 1978).

11.6 Diskussion i relation til andre rationstyper

Mængden af absorberede næringsstoffer, der er til rådighed for dyrets produktion, har kun varieret lidt mellem de to rationer (tabel 11.13). Årsagen til, at der kun er fremkommet mindre forskelle, selv om det er to principielt forskellige rationer, illustreres bedst i tabel 11.2, hvor de to rationers indhold af næringsstoffer er angivet. Selv om fodermidlerne, der indgår i rationerne, er forskellige, er der kun ubetydelige forskelle i mængden af næringsstoffer, når der opdeles efter den normale foderstofanalyse. Opdeles kulhydratfraktionen i henholdsvis sukker, stivelse og cellevægge, viser tabellen forskelle i indholdet af sukker og stivelse mellem rationerne.

Sukker-stivelsesforholdet har haft indflydelse på forholdet mellem den mængde propionsyre og smørsyre, der er absorberet, idet det største sukkerindhold har givet mest smørsyre, og det største stivelsesindhold har givet mest propionsyre.

Der er ligeledes fundet en mindre forskel i mængden af absorberede aminosyrer på de to rationer, hvilket skyldes den højere opløselighed af foderproteinet i ensilagerationen end i roerationen.

Den relativt lille forskel i absorberede næringsstoffer fra de to rationer er ikke overraskende, da begge rationer er velegnede til malkekøer på et højt produktionsniveau. Samtidig må det pointeres, at beregningerne er foretaget på grundlag af forsøgsresultater baseret på forsøg med både får og køer på et lavere produktionsniveau, end det der er anvendt i beregningerne, og der er i stor udstrækning anvendt de samme kvantitative data på de to rationer.

Ved brug af de samme beregningsmodeller, som er anvendt i forbindelse med de to rationer, der er omtalt i det foregående, er det endvidere muligt at forudsige, hvilke ændringer en anden rationssammensætning vil have på mængden af absorberede næringsstoffer.

Ændringen i mængden af absorberede næringsstoffer ved at tilføre eller fjerne 100 g af henholdsvis stivelse, sukker, cellevægskulhydrater, fedt og

råprotein til eller fra den totale ration er vist i tabel 11.14. Der er anvendt to nedbrydningsgrader for råprotein på henholdsvis 70 og 50%. Beregningerne forudsætter, at ombytningerne foregår i en afbalanceret ration, således at der ikke opstår mangel på essentielle næringsstoffer for mikroorganismerne i vommen. Dette indebærer, at det ved en ombytning af f.eks. 100 g råprotein med 100 g stivelse må sikres, at der er tilstrækkeligt med kvælstof til en optimal mikrobiel vækst i vommen for absorption af de næringsstoffer, som er angivet i tabel 11.14 for 100 g stivelse.

Tabel 11.14 Ændringen i mængden af absorberede næringsstoffer fra fordøjelseskanalen ved at tilføre eller fjerne 100 g af henholdsvis stivelse, sukker, cellevægskulhydrater, fedt og råprotein til eller fra den totale ration, g

	± 100 g					
	Stivelse	Sukker	Cellevægs-kulhydrater	Fedt	Råprotein (nedbrydnings-grad 70%)	Råprotein (nedbrydnings-grad 50%)
Eddikesyre	±32,5	±30,7	±20,3	± 2,9	±17,6	±12,5
Propionsyre	±19,0	± 9,9	±16,8	± 0,9	± 6,7	± 4,7
Smørsyre	± 6,3	±13,4	± 2,6	± 1,3	± 4,0	± 2,8
Total VFA	±57,8	±54,0	±39,7	± 5,1	±28,3	±20,0
Kulhydrater	± 3,3	± 1,5	± 0,8	± 0,2	± 0	± 0
Aminosyrer	±11,6	±11,4	± 5,6	± 1,2	±20,6	±34,4
Fedt	± 3,8	± 3,7	± 1,9	±65,2	± 0	± 0

Af tabel 11.14 fremgår det endvidere, at en ombytning mellem sukker og stivelse kun medfører mindre forskelle i mængden af absorberede næringsstoffer men har indflydelse på fordelingen mellem de flygtige fedtsyrer. Den mindre absorption af næringsstoffer på grundlag af cellevægskulhydrater skyldes, at disse fordøjes i et mindre omfang end sukker og stivelse.

En ombytning af kulhydrater med fedt betyder en stor ændring i absorptionen af næringsstoffer, da det kun er glyceroldelen af fedtet, der kan omsættes i vommen, og mængden af næringsstoffer, der absorberes på grundlag af den mikrobielle omsætning, vil derfor være meget begrænset.

Proteinets nedbrydningsgrad i vommen spiller en afgørende rolle for mængden af absorberede næringsstoffer. En høj nedbrydningsgrad betyder, at få aminosyrer absorberes fra tarmen, men da de nedbrudte aminosyrer omdannes til VFA, betyder det en forholdsvis stor absorption af disse syrer fra vommen. En lavere nedbrydningsgrad bevirker en forøget absorption af aminosyrer og en formindsket absorption af VFA, som det vil fremgå af tabel 11.14. Bemærkelsesværdigt er endvidere, at 100 g stivelse eller sukker bidrager med en aminosyremængde på ca. 55% af den mængde, der absorberes på grundlag af 100 g råprotein med en nedbrydningsgrad på 70%. Hvis nedbrydningsgraden af proteinet er ca. 85%, bidrager de nævnte kulhydratkilder med samme mængde aminosyrer som 100 g råprotein.

11.7 Sammendrag og konklusion

1. Den kvantitative omsætning i fordøjelseskanalen hos en malkeko er belyst ved to typiske rationer, der er baseret på henholdsvis et stort roefoder og et stort ensilagefoder. Begge rationer er beregnet på grundlag af en foderoptagelse på 16 FE. I roerationen udgør roerne 37% af tørstoffet, og i ensilagerationen udgør græsensilage 50% af tørstoffet.
2. På grundlag af de to rationers indhold af næringsstoffer er omsætningen og absorptionen kvantificeret i de forskellige mave-tarmafsnit.
3. Den totale absorption af næringsstoffer fra fordøjelseskanalen fordelt på flygtige fedtsyrer (VFA), kulhydrater, aminosyrer, fedt og mineralstoffer er beregnet for de to rationer.
4. Resultaterne af beregningerne viser, at der kun er mindre forskelle i mængden af absorberede næringsstoffer fra de to rationer. Dette skyldes, at selv om det er to principielt forskellige rationer, udviser indholdet af næringsstoffer i rationerne kun mindre forskelle, når de opdeles efter den normale foderstofanalyse.
5. Af de næringsstoffer, der absorberes fra fordøjelseskanalen, udgør VFA langt den største mængde og andrager for roerationen 6,4 kg og for ensilagerationen 6,6 kg pr. dag. De enkelte syrers bidrag til den totale absorption udviste mindre forskelle mellem de to rationer. Den største mængde smørsyre blev absorberet på roerationen med det største sukkerindhold, og den største mængde propionsyre blev absorberet på ensilagerationen med det største stivelsesindhold. Absorptionen af aminosyrer udgør 1,7 og 1,6 kg pr. dag for henholdsvis roe- og ensilagerationen. Absorptionen af fedt er beregnet til 0,8 kg pr. dag for begge rationer. På grundlag af den store produktion af VFA er kulhydratabsorptionen meget begrænset og andrager kun omkring 0,2 kg pr. dag for begge rationer.
6. For at gøre de kvantitative beregninger anvendelige for andre rationstyper end de anvendte, er det beregnet, hvilke ændringer der sker i absorptionen af næringsstoffer fra mave-tarmkanalen, når der sker ændringer i rationens sammensætning. Værdierne i tabel 11.14 kan kun anvendes i afbalancerede rationer, der sikrer en optimal vomfunktion, samt at der ikke opstår mangel på essentielle næringsstoffer til den mikrobielle omsætning i vommen.

11.8 Litteratur

ARC, 1980. The nutrient requirements of ruminant livestock. Commonwealth Agricultural Bureau, 351 pp.

Armstrong, D. G., Savage, G. P. & Harrison, D. G. 1977. Digestion of nitrogenous substances entering the small intestine with particular referen-

ce to amino acids in ruminant livestock. In: Protein Metabolism and Nutrition, 55–61. Edt. S. Tamminga, Centre for Agricultural Publishing and Documentation, Wageningen.

Armstrong, D. G. & Smithard, R. R. 1979. The fate of carbohydrates in the small and large intestines of the ruminant. Proc. Nutr. Soc. *38*, 283–294.

Baldwin, R. L., Lucas, H. L. & Cabrera, R. 1970. Energetic relationships in the formation and utilization of fermentation endproducts. In: Physiology of Digestion and Metabolism in the ruminant, 319–335. Edt. A. T. Phillipson, Oriel Press.

Bray, A. C. & Till, A. R. 1975. Metabolism of sulphur in the gastro intestinal tract. In: Digestion and Metabolism in the Ruminant, 243–260. Edt. I. W. McDonald & A. C. I. Warner, The University of New England Publishing Unit.

Bauchop, T. & Elsden, S. R. 1960. The growth of microorganisms in relation to their energy supply. J.gen.Microbiol. *23*, 457–469.

Ben-Ghedalia, D., Tagari, H., Zamwel, S. & Bondi, A. 1975. Solubility and net exchange of calcium, magnesium and phosphorus in digesta flowing along the gut of the sheep. Br.J. Nutr. *33*, 87–94.

Chandaravitoon, V. & Riis, P. M. 1971. VFA production rate in the rumen of sheep fed grass pellets and grass wafers with and without hay. Acta Agric. Scand. *21*, 177–182.

Church, D. C. 1976. Digestive Physiology and Nutrition of Ruminants. Vol. 1. O. and B. Books, Oregon, U.S.A., 350 pp.

Czerkawski, J. W. 1978. Reassessment of efficiency of synthesis of microbial matter in the rumen. J.Dairy Sci. *61*, 1261–1273.

Danfær, A. 1979. Quantitative protein and energy metabolism in a highyielding dairy cow. In: Protein Utilization in Farm Animals Vo. II. Inst. An. Sci., The Royal Vet. and Agric. University, Copenhagen, 44 pp.

Durand, M. & Kawashima, R. 1980. Influence of minerals in rumen microbial digestion. In: Digestive Physiology and Metabolism in Ruminants, 375–408. Edt. Y. Ruckebusch and P. Thivend, MTP Press Limited.

Engelhardt, W. V. & Hauffe, R. 1975. Role of the omasum in absorption and secretion of water and electrolytes in sheep and goats. In: Digestion and Metabolism in the Ruminant, 216–230. Edt. I.W. McDonald and A.C.I. Warner, The University of New England Publishing Unit.

Gaillard, B. D. E. & Van't Klooster, A. Th. 1969. The digestion of the cell-wall constituents of roughages. Meded. Landbouwhogeschool, Wageningen 69–11, 20–25.

Ganev, G., Ørskov, E. R. & Smart, R. 1979. The effect of roughage or concentrate feeding and rumen retention time on total degradation of protein in the rumen. J.Agric. Sci., Camb. *93*, 651–656.

Grace, N. D., Ulyatt, M. J. & MacRae, J. C. 1974. Quantitative digestion of

fresh herbage by sheep. III. The movement of Mg, Ca, P, K, and Na in the digestive tract. J.Agric. Sci., Camb. *82,* 321–330.

Hagemeister, H. & Kaufmann, W. 1974. Der Einfluss der Rationsgestaltung auf die Verfügbarkeit von Protein-N bzw. Aminosäure-N im Darm der Milchkuh. Kieler Milchwirtschaftliche Forschungsberichte *206,* 199–220.

Harrison, D. G. & McAllan, A. B. 1980. Factors affecting microbial growth yields in the reticulo-rumen. In: Digetive Physiology and Metabolism in Ruminants, 205–226. Edt. Y. Ruckebusch and P. Thivend, MTP Press Limited.

Hungate, R. E. 1966. The rumen and its microbes. Academic Press, New York, 515 pp.

Hvelplund, T. & Møller, P. D. 1978. Nitrogen metabolism in the rumen of re-entrant fistulated cows fed rations of ammoniatreated straw or sugar beets. 3rd World Congress of Animal Feeding, Madrid. Symposia VIII, 26.

Hvelplund, T., Stigsen, P., Møller, P. D. & Jensen, K. 1978. Propionic acid production rate in the bovine rumen after feeding untreated and sodium hydroxidetreated straw. Z. Tierphysiol., Tierernährg. u. Futtermittelkde. *40,* 183–190.

Hvelplund, T. & Møller, P. D. 1980 a. Nitrogen metabolism in the rumen of cows fed rations of sugar beets, ammonia treated straw, grass or grass silage. Proceedings of the 3rd EAAP-Symposium on Protein Metabolism and Nutrition. Volume II, Braunschweig, 414–421.

Hvelplund, T. & Møller, P. D. 1980 b. Fodringens indflydelse på vombakteriernes kemiske sammensætning. Medd. nr. 310, Statens Husdyrbrugsforsøg, København.

Hvelplund, T. & Møller, P. D. 1981. Proteinomsætningen i vommen hos kvæg fodret med græs og græsensilage. Medd. nr. 354, Statens Husdyrbrugsforsøg, København.

INRA, 1978. Alimentation des Ruminants. INRA-Publications Versailles, 597 pp.

Jensen, K. 1980. Influence of different protein and carbohydrate sources on the rumino-abomasal fermentation and microbial synthesis in dairy cows. 3rd International Symposium on Nitrogenmetabolism of Farm Animals. Czechoslovakia. (Under trykning).

Kaufmann, W. 1976. Economic and other considerations governing decisions on the advisability of incorporating additional and new sources of protein and non-protein nitrogen into the diet of beef cattle. In: Protein and Non-protein Nitrogen for Ruminants, 101–120, Pergamon Press, Oxford.

Kaufmann, W. 1977. Calculation of the protein requirements for dairy cows according to measurements of N metabolism. In: Protein Metabolism and Nutrition, 130–132. Edt. S. Tamminga, Centre for Agricultural Publishing and Documentation, Wageningen.

Kennedy, P. M. & Milligan, L. P. 1978. Effects of cold exposure on digestion, microbial synthesis and nitrogen transformations in sheep. Br. J. Nutr. *39*, 105–117.

Krohn, C. & Konggaard, S. P. 1976. The use of chromic oxide (Cr_2O_3) for determining the individual feed intake in group fed dairy cows. Acta Agric. Scand. *26*, 251–254.

Krohn, C. C. & Andersen, P. E. 1979. Foderrationer med roer eller byg til malkekøer tildelt separat eller som fuldfoder. 480. beretn., Statens Husdyrbrugsforsøg, København 28 pp.

Leat, W. M. F. & Harrison, F. A. 1975. Digestion, absorption and transport of lipids in the sheep. In: Digestion and Metabolism in the Ruminant, 481–495. Edt. I. W. McDonald and A.C.I. Warner, The University of New England Publishing Unit.

Lindsay, D. B. 1970. Carbohydrate metabolism in the ruminant. In: Physiology of Digestion and Metabolism in the Ruminant, 438–451. Edt. A. T. Phillipson, Oriel Press.

Madsen, J. 1976. Kemisk behandling af foderproteinet i realtion til kvælstofudnyttelsen hos drøvtyggere. Licentiatafhandling, 76 pp.

Madsen, J., Møller, P. D., Thomsen, K. V. & Hvelplund, T. 1977. Indflydelsen af kemisk behandlet foderprotein på drøvtyggernes kvælstofomsætning. 458. beretn., Statens Husdyrbrugsforsøg, København, 33 pp.

Mason, V. C. 1975. Kvantitative aspekter af kvælstofomsætningen i fordøjelseskanalen hos drøvtyggere. Ugeskr. for Agron. og Horton. *27*, 537–539.

Mayes, R. W. & Ørskov, E. R. 1974. The utilization of gelled maize starch in the small intestine of sheep. Br.J. Nutr. *32*, 143–153.

Mercer, J. R. & Annison, E. F. 1976. Utilization of nitrogen in ruminants. In: Protein Metabolism and Nutrition, EAAP Publ. No. *16*, 397–416. Edt. D.J.A., Cole, Butterworths, London.

Mercer, J. R., Møller, P. D., Hvelplund, T. & Jensen, K. 1977. The effect of feeding frequency on propionic acid production rate and energy fermentation in the bovine rumen after feeding silage. Den kgl. Vet.- og Landbohøjsk., København, årsskr. 85–97.

Møller, P. D. & Hvelplund, T. 1977. Undersøgelser over mineralstofomsætningen i mave-tarmkanalen hos kvæg. 451. beretn., Statens Husdyrbrugsforsøg, København, 31 pp.

Nolan, J. V. 1975. Quantitative models of nitrogen metabolism in sheep. In: Digestion and Metabolism in the Ruminant, 416–431. Edt. I. W. McDonald and A. C. I. Warner, The University of New Endland Publishing Unit.

Prigge, E. C., Galylan, M. L., Owens, F. N., Wagner, D. G. & Johnson, R. R. 1978. Microbial protein synthesis in steers fed processed corn rations. J.Anim. Sci. *46*, 249–254.

Rogers, P. A. M. & Van't Klooster, A. Th. 1969. The fate of Na, K. Ca, Mg and P in the digesta. Meded. Landbouwhogeschool, Wageningen, 69–11, 26–39.

Roy, J. H. B., Balch, C. C., Miller, E. L., Ørskov, E. R. & Smith, R. H. 1977. Calculation of the N-requirement for ruminants from nitrogen metabolism studies. In: Protein Metabolism and Nutrition, 126–129. Edt. S. Tamminga, Centra for Agricultural Publishing and Documentation, Wageningen.

Salter, D. N. & Smith, R. H. 1977. Digestibilities of nitrogen compounds in rumen bacteria and in other components of digesta in the small intestine of young steer. Br.J. Nutr. *38,* 207–216.

Satter, L. D. & Roffler, R. E. 1975. Nitrogen requirement and utilization in dairy cattle. J.Dairy Sci. *58,* 1219–1237.

Schwarting, G. & Kaufmann, W. 1978. Die Verdaulichkeit des Proteins beim Wiederkäuer. Z. Tierphysiol., Tierernährg. u. Futtermittelkde. *40,* 6–18.

Smith, R. H. 1975. Nitrogen metabolism in the rumen and the composition and nutritive value of nitrogen compounds entering the duodenum. In: Digestion and Metabolism in the Ruminant, 399–415. Edt. I. W. McDonald and A. C. I. Warner, The University of New England Publishing Unit.

Tas, M. V., Axford, R. F. E. & Evans, R. A. 1977. The digestibility of rumen microbial protein in the small intestines of sheep. Proc. Nutr. Soc. *36,* 76A.

Thomsen, K. V. 1980. The nutritional improvement of low quality forages. In: Forage Conservation in the 80's. Occasional Symposium No. 11. British Grassland Society, 164–174.

Ulyatt, M. J. & MacRae, J. C. 1974. Quantitative digestion of fresh herbage by sheep. I. The sites of digestion of organic matter, energy, readily fermentable carbohydrate, structural carbohydrate and lipid. J.Agric. Sci., Camb. *82,* 295–307.

Ulyatt, M. J., Dellow, D. W., Reid, C. S. W. & Bauchop, T. 1975. Structure and function of the large intestine of ruminants. In: Digestion and Metabolism in the Ruminant, 119–133. Edt. I. W. McDonald and A. C. I. Warner. The University of New England Publishing Unit.

Van't Klooster, A. Th. & Rogers, P. A. M. 1969. The rate of flow of digesta and the net absorption of dry matter, organic matter ash nitrogen and water. Meded. Landbouwhogeschool, Wageningen, 69–11, 3–19.

Van't Klooster, A. Th. & Boekholt, H. A. 1972. Protein digestion in the stomachs and intestines of the cow. Neth. J. Agric. Sci. 20, 272–284.

Verite, R., Journet, M. & Jarrige, R. 1979. A new system for the protein feeding of ruminants: The PDI system. Livest. Prod. Sci. *6,* 349–367.

Ørskov, E. R., Flatt, W. P. & Moe, P. W. 1968. Fermentation balance approach to estimate extent of fermentation and efficiency of volatile fatty acid formation in ruminants. J.Dairy Sci. *51,* 1429–1435.

12 Næringsstoffernes intermediære omsætning

Allan Danfær

INDHOLDSFORTEGNELSE

Side

12.1 **Indledning** 12.2

12.2 **Kvalitativ beskrivelse af den intermediære omsætning** 12.2
12.2.1 Næringsstoffernes absorption 12.2
12.2.2 De absorberede næringsstoffers fordeling 12.3
12.2.3 Omsætning i leveren 12.6
12.2.4 Omsætning i fedtvæv 12.10
12.2.5 Omsætning i muskelvæv 12.13
12.2.6 Omsætning i mælkekirtel 12.15

12.3 **Regulering af den intermediære omsætning** 12.18
12.3.1 Reguleringsmekanismer i stofskiftet 12.18
12.3.2 Hormonsekretion og hormonvirkning 12.19
12.3.3 Hormonkoncentration i blodet i relation til fodring og laktationsstadium 12.20
12.3.4 Hormonal regulering af stofskiftet 12.25

12.4 **Kvantitativ beskrivelse af den intermediære omsætning** 12.33
12.4.1 Energivurdering af foderet 12.33
12.4.2 Omsætning i leveren, roeration 12.36
12.4.3 Omsætning i fedtvæv, roeration 12.38
12.4.4 Omsætning i muskelvæv, roeration 12.39
12.4.5 Omsætning i mælkekirtel, roeration 12.40
12.4.6 Omsætning i andre væv, roeration 12.42
12.4.7 Energiomsætning, roeration 12.42
12.4.8 Forskelle i omsætning af roe- og ensilageration 12.44
12.4.9 Omsætning i leveren, ensilageration 12.45
12.4.10 Omsætning i fedtvæv, ensilageration 12.46
12.4.11 Omsætning i muskelvæv, ensilageration 12.48
12.4.12 Omsætning i mælkekirtel, ensilageration 12.48
12.4.13 Omsætning i andre væv, ensilageration 12.50
12.4.14 Energiomsætning, ensilageration 12.50

12.5 **Sammendrag og konklusion** 12.50

Litteratur 12.54

12.1 Indledning

Det foregående kapitel omhandler, hvorledes de optagne næringsstoffer omsættes i og absorberes fra fordøjelseskanalen. Der er desuden beskrevet, hvilke mængder af de enkelte næringsstoffer, der absorberes fra 2 forskellige foderrationer baseret på et stort indhold af henholdsvis roer og græsensilage.

Formålet med nærværende kapitel er at beskrive følgende:

1) Strømmen af absorberede næringsstoffer, der flyder gennem de enzymatiske reaktionsprocesser i koens væv, og som herved omdannes til vævsbestanddele, mælk, affaldsstoffer og varme (afsnit 12.2).
2) Den hormonale regulering af den intermediære omsætning, d.v.s. næringsstrømmens fordeling til forskellige væv samt de enkelte processers hastighedsregulering, som er afgørende for størrelsen og sammensætningen af koens produktion (afsnit 12.3).
3) Stofskifteprocessernes omfang hos højtydende malkekøer (afsnit 12.4) belyst på grundlag af de absorberede mængder af næringsstoffer, som er beregnet i foregående kapital 11 ud fra de 2 nævnte foderrationer.

12.2 Kvalitativ beskrivelse af den intermediære omsætning

12.2.1 Næringsstoffernes absorption

Forgæringsprodukterne fra den mikrobielle omsætning i fordøjelseskanalen, flygtige fedtsyrer (VFA) og ammoniak ($^{+}NH_4$), absorberes som omtalt i kapitel 11 fra vom-netmaven samt fra blind- og tyktarm. En mindre del af den dannede propionsyre oxideres under absorptionen til mælkesyre (laktat), og hovedparten af smørsyren omdannes på tilsvarende måde til β-hydroxy-smørsyre (β-OH-butyrat). Ved disse oxidationer skaffes energi til transporten af VFA gennem vomepitelet.

Aminosyrer frigjort ved hydrolytisk spaltning af dels uforgæret foderprotein og dels mikrobielt protein absorberes fra tyndtarmen. De normalt små mængder stivelse, som ikke forgæres i vommen, spaltes i tyndtarmen og absorberes herfra som glukose.

VFA, aminosyrer og glukose er vandopløselige forbindelser og kan derfor transporteres i opløst tilstand i vomvæske, tarmindhold og blod. Ikke-polære fedtstoffer kan ikke opløses i et vandigt medium og må derfor transporteres som en dispersion eller ved andre mekanismer.

De fedtstoffer, som ikke er hydrolyseret i formaverne (mikrobielle lipider og evt. beskyttet foderfedt), spaltes ved hjælp af lipaser i tyndtarmen til frie fedtsyrer. Fedtsyrerne dispergeres i tarmindholdet ved dannelse af miceller (kugleformede aggregater af fedtsyrer, hvis polære del vender ud mod overfla-

den) under medvirken af polære forbindelser som galdesalte og lecithiner. De fedtsyrer, der frigøres ved hydrolyse i vommen, bindes til foderpartikler og transporteres på denne måde til tyndtarmen, hvor de gradvis overføres til den micellære fase.

De vandopløselige næringsstoffer, VFA, aminosyrer, glukose og kortkædede fedtsyrer optages af portåreblodet og føres til leveren. De langkædede fedtsyrer (med antal C-atomer > 12) forestres med glycerol til triglycerid i tarmepitelet og optages af lymfekarsystemet. Dispersionen sker ved dannelse af chylomikroner (lipoprotein), som består af triglyceridmolekyler omgivet af polære lipider og yderst et proteinlag. Chylomikronerne transporteres med lymfen videre til blodkarsystemet via den forreste hulvene og passerer således i modsætning til de øvrige næringsstoffer uden om portåren til det perifere kredsløb.

12.2.2 De absorberede næringsstoffers fordeling

Næringsstoffernes fordeling til forskellige væv samt de vigtigste processer i disse er vist i figurerne 12.1 og 12.2.

Leveren optager de næringsstoffer, der tilføres med portåreblodet, $^{+}NH_4$, VFA og aminosyrer.

Ammoniak omdannes til urinstof, som derefter optages af blodet, føres til nyrerne og udskilles i urinen eller føres tilbage til fordøjelseskanalen, hvor det ved mikrobiel aktivitet igen nedbrydes til $^{+}NH_4$.

Den vigtigste af de flygtige fedtsyrer, der omsættes i leveren, er propionsyre, som dels opbygges til glukose og dels oxideres. Acetat og β-OH-butyrat passerer leveren og optages af det perifere blod.

En del af aminosyrerne indgår i syntese af leverproteiner og glukose, men størstedelen føres fra leveren til omsætning i andre væv.

Den syntetiserede glukose omsættes ikke i leveren (bortset fra indbygning i glykogendepoter), men optages af det perifere blod.

De næringsstoffer, som leveren »eksporterer« til det perifere kredsløb, føres rundt til de ekstra-hepatiske væv, fedtvæv, muskelvæv og mælkekirtel (fig. 12.2).

I *fedtvæv* foregår der konstant både en opbygning og nedbrydning af triglycerid (depotfedt). Ved nedbrydningen hydrolyseres triglycerid til glycerol og frie fedtsyrer. En del af fedtsyrepuljen esterificeres igen til triglycerid, mens resten forlader fedtcellerne og transporteres med blodet bundet til albumin. Glycerol fra nedbrudt depotfedt kan ikke omsættes i fedtvævet og udskilles til blodet.

En betydelig del af fedtsyrerne samt alt glycerol, der frigøres fra fedtvævet, optages af leveren og indgår i syntesen af leverens lipider (fig. 12.1). Størstedelen af de syntetiserede lipider vil normalt optages af blodet som lipoproteiner

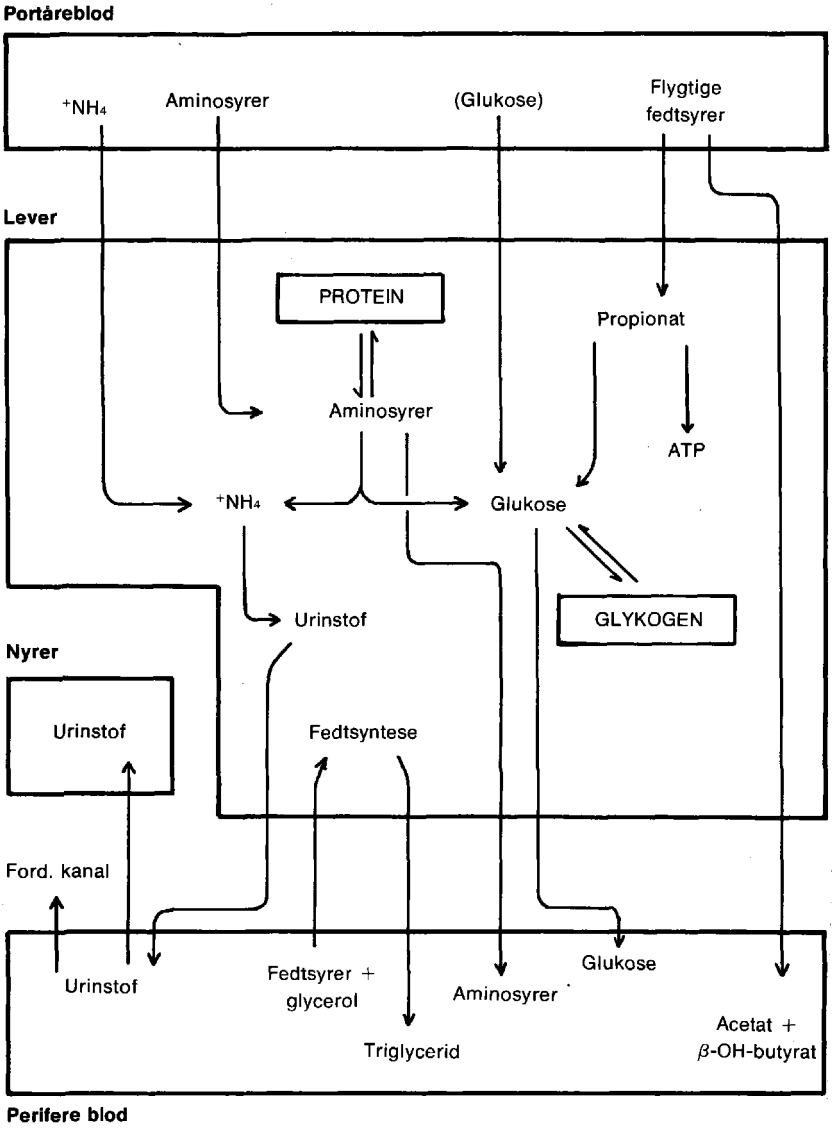


Fig. 12.1. Optagelse af næringsstoffer i leveren.

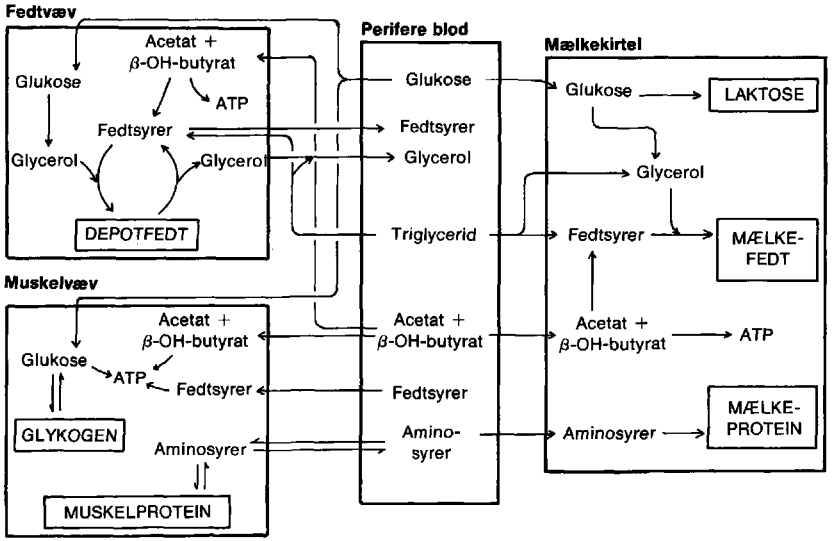


Fig. 12.2. Optagelse af næringsstoffer i ekstra-hepatiske væv.

(VLDL = very low density lipoprotein) og føres på denne måde til ekstra-hepatiske væv.

Det cirkulerende triglycerid i det perifere blod er således dels resorberet fra tarmen (chylomikron) og dels syntetiseret endogent i leveren (VLDL). Leverens lipoproteiner er principielt opbygget som chylomikroner, men indeholder mere protein og polære lipider og dermed mindre triglycerid.

Fedtvævet hører til de væv, der kan optage fedtsyrer fra blodets lipoproteiner (fig. 12.2), og endelig kan fedtsyrer syntetiseres ud fra acetat og β-OH-butyrat. Der er således 3 forskellige kilder til fedtvævets fedtsyrepulje: nedbrydning af triglycerid (lipolyse), optagelse fra blodet og de novo syntese fra acetat.

Det glycerol, som anvendes til esterificering af fedtsyrer, dannes af glukose optaget fra blodet.

Muskelvæv optager aminosyrer til syntese af muskelprotein. Proteinsyntesen har størst omfang hos unge dyr i vækst, men er også betydelig hos udvoksede dyr, fordi en del af det aflejerede muskelprotein til stadighed nedbrydes og gensyntetiseres.

Glukose indbygges i musklernes glykogendepoter, hvorfra det kan udnyttes sammen med frie fedtsyrer, acetat og β-OH-butyrat til oxidation for at skaffe energi til bl.a. proteinsyntesen og muskelfibrenes kontraktion.

Alle cirkulerende næringsstoffer er vigtige for mælkedannelsen og optages af *mælkekirtlen*.

Aminosyrer forbruges til syntese af mælkeprotein.

Langt det meste af den optagne glukosemængde indgår i syntesen af laktose, mens en mindre del omdannes til glycerol.

Mælkefedtets fedtsyrer har 2 forskellige oprindelser: dels fedtsyrer optaget fra blodets lipoproteiner og dels fedtsyrer syntetiseret de novo fra acetat og β-OH-butyrat. Mælkekirtelvæv kan ligesom levervæv, men i modsætning til fedtvæv, omsætte glycerol optaget fra blodet. Fedtsyrernes esterificering til triglycerid (mælkefedt) sker således med glycerol, der dels er dannet fra glukose og dels stammer fra hydrolyse af blodets lipoproteiner i forbindelse med optagelsen af fedtsyrer.

Den nødvendige energi til mælkekirtlens synteseprocesser og øvrige funktioner skaffes primært ved oxidation af acetat og β-OH-butyrat.

I det følgende vil næringsstofomsætningen i de enkelte væv blive behandlet mere detaljeret.

12.2.3 Omsætning i leveren

De vigtigste processer i leveren er proteinomsætning, dannelse af glukose (glukoneogenese), urinstofsyntese og lipidsyntese. Desuden sker der en betydelig dannelse af ketonstof og endogent acetat. Den intermediære omsætning i

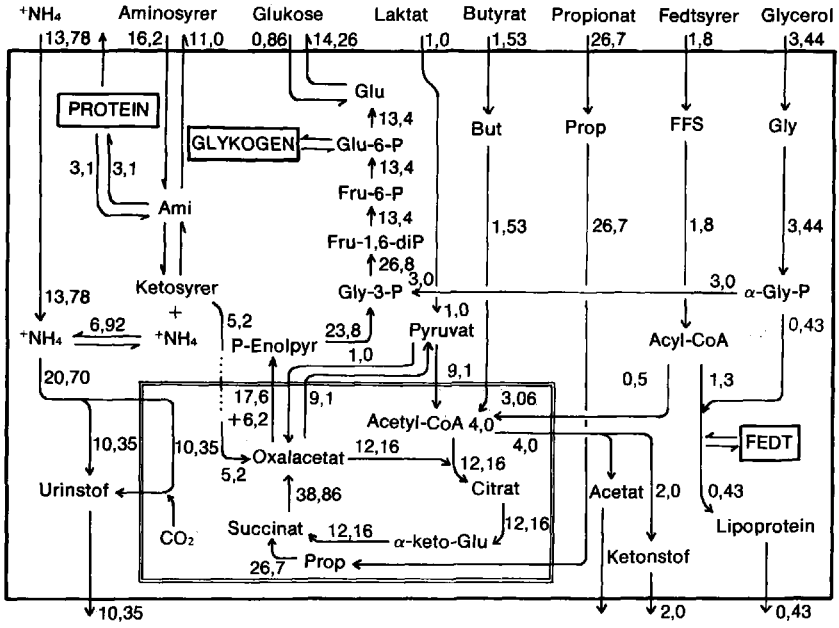


Fig. 12.3. Næringsstoffernes omsætning i leveren. Den kvantitative omsætning (mol næringsstof/dag) er angivet for ration med roer. = Mitokondriemembran.

leveren er vist i figurerne 12.3 og 12.4. De anførte tal i figurerne 12.3, 12.5, 12.7 og 12.8 beskriver den kvantitative omsætning beregnet på grundlag af rationen med roer (se afsnittene 12.4.2 – 12.4.6).

Der foregår til stadighed både syntese og nedbrydning af protein i leveren (fig. 12.3). Denne proces kaldes protein turnover. Hastigheden, hvormed puljen af leverproteiner således udskiftes, svarer til 15–35% af puljens størrelse pr. dag (Lobley et al. 1980). Hos udvoksede dyr er der ingen nettoaflejring af protein i leveren, selv om der forekommer variationer i proteinbalancen inden for døgnet. Ændringer i leverens proteinmængde i forhold til fodringstidspunktet skyldes ikke ændring i syntesehastigheden, men reguleres af ændring i nedbrydningshastigheden. I den absorptive fase efter fodring nedsættes proteinnedbrydningen, og proteinpuljens størrelse øges, mens det omvendte er tilfældet i den postabsorptive fase og ved faste (Garlick et al. 1973, Waterlow et al. 1978). Aminosyrer fra nedbrudt leverprotein sendes ud i det perifere kredsløb, og leverproteinerne udgør således en stødpude for aminosyreforsyningen til de ekstra-hepatiske væv.

Leveren syntetiserer foruden sine egne proteiner også plasmaproteiner til »eksport« (fibrinogen, albumin samt α- og β-globulin).

De aminosyrer, som ikke udnyttes til proteinsyntese i leveren, omsættes efter transaminering og oxidativ deaminering. Ved transaminering overføres en

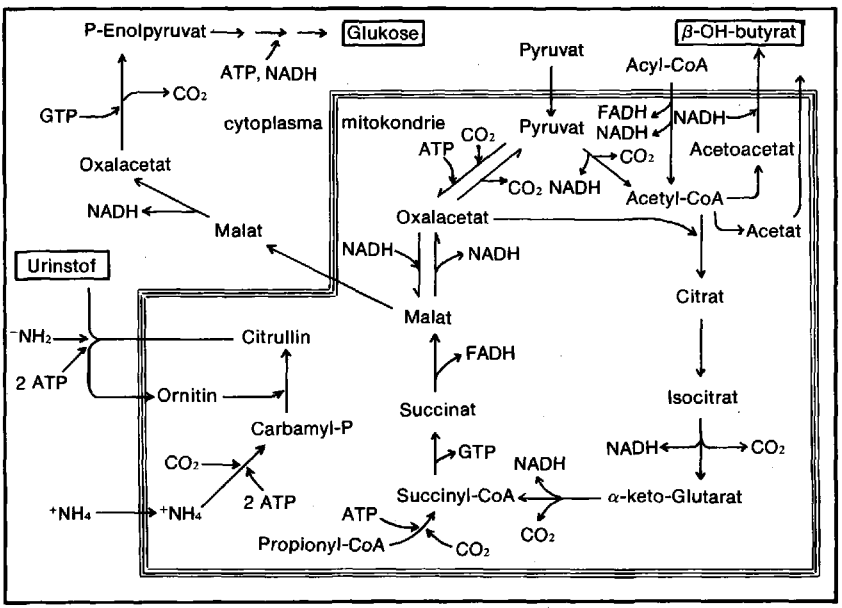


Fig. 12.4. Glukoneogenese, urinstofsyntese, ketogenese og oxidation i en levercelle. ≡ *Mitokondriemembran.*

aminosyres NH_2-gruppe til en ketosyre, så der dannes en anden aminosyre og en ny ketosyre. Ved deaminering dannes en ketosyre (α-keto-glutarat) og $^+NH_4$, der fjernes som urinstof. Ketosyrerne omsættes til pyruvat eller til forskellige intermediære i citronsyre cyklus i mitokondrierne og kan på denne måde enten oxideres eller omdannes til glukose eller ketonstoffer. Disse detaljer er for overskuelighedens skyld ikke vist på figurerne, men oxalacetat er en fælles intermediær for alle aminosyrer (d.v.s. for de tilsvarende ketosyrer), som enten oxideres eller omdannes til glukose (fig. 12.3).

Glukoneogenese er betegnelsen for de processer, hvorved glukose syntetiseres ud fra forbindelser, som ikke er kulhydrater. De vigtigste substrater for glukoneogenesen er propionat, aminosyrer (via de tilsvarende ketosyrer), laktat og glycerol.

Propionat bidrager med indtil 50–60% af glukoseforsyningen hos højtydende malkekøer (Wiltrout & Satter 1972). Omsætningen af propionat sker først i mitokondrierne efter aktivering med coenzym A til propionyl-CoA og via succinyl- CoA til oxalacetat (fig. 12.4). Den del af de oprindelige propionsyremolekyler, der omdannes videre til glukose, passerer ud i cytoplasmaet, mens resten kan oxideres i citronsyre cyklus via pyruvat og acetyl-CoA. Oxalacetat kan ikke passere mitokondriemembranen og må derfor forlade mitokondriet som malat, der kan passere og gendannes til oxalacetat i cytoplasmaet. Oxalacetat decarboxyleres og fosforyleres ved hydrolyse af en energirig fosforbinding (GTP) til P-enolpyruvat, som omsættes til glukose via triosefosfat og fruktosefosfat (fig. 12.3).

De glukogene aminosyrer omsættes via pyruvat (f.eks. alanin, glycin og cystein), α-keto-glutarat (f.eks. glutamat, histidin og arginin), succinyl-CoA (f.eks. isoleucin, methionin og valin), fumarat (f.eks. tyrosin og fenylalanin) eller direkte til oxalacetat (asparagin og aspartat). Derefter følges ruten til glukose i cytoplasmaet, som beskrevet ovenfor.

Laktat oxideres i cytoplasmaet til pyruvat, som passerer mitokondriemembranen og carboxyleres ved forbrug af ATP til oxalacetat (fig. 12.4). Den laktatmængde, der på denne måde omsættes til glukose i leveren, stammer dels fra fordøjelseskanalen og dels fra ufuldstændig omsætning af glukose (anaerob glykolyse) i muskelvævet (se afsnit 12.2.5).

Glycerol optaget fra blodet kan aktiveres i leverceller ved hjælp af enzymet glycerol kinase til α-glycerol-P, hvilket er en forudsætning for, at glycerol kan omsættes. Omsætningen til glukose sker ved oxidation til triosefosfat og derefter kondensering til fruktosefosfat (fig. 12.3). Leverens glycerolforsyning stammer som tidligere omtalt (afsnit 12.2.2) især fra nedbrudt triglycerid i fedtvæv, hvor glycerolet oprindelig dannes ud fra glukose.

Det fremgår heraf, at en del af leverens glukoseproduktion ikke er en nettosyntese, men blot repræsenterer en recirkulering af glukose via laktat og glycerol.

Glukose-6-P, som dannes ved glukoneogenesen, kan indbygges i leverens glykogendepot (via glukose-1-P), hvorfra det frigøres igen under forhold med nedsat glukoseforsyning til de perifere væv. Glukose-6-P defosforyleres af enzymet glukose-6-fosfatase til fri glukose, som forlader levercellerne, optages af blodet og føres til de forbrugende væv.

Glukose optaget fra blodet kan kun omsættes i leveren (og andre væv) efter aktivering til glukose-6-P. Dette sker hos enmavede dyr ved hjælp af enzymet glukokinase. Det tilsvarende enzym i leveren hos drøvtyggere, hexokinase, har lav aktivitet (lav K_m-værdi for glukose) og hæmmes yderligere af glukose-6-P (Madsen 1982b), hvilket betyder, at glukose ikke optages og omsættes i nævneværdigt omfang.

Drøvtyggeres lever er således et organ, som ikke udnytter, men derimod producerer glukose. Lakterende køer resorberer meget lidt glukose fra rationer med normalt grovfoderindhold, men har samtidig et stort behov for glukose til syntese af laktose. Kapaciteten i glukoneogenesens synteseveje er derfor af afgørende betydning for sådanne dyrs glukoseomsætning og mælkeproduktion.

Urinstofsyntesen, der foregår dels i mitokondrierne og dels i cytoplasmaet, omdanner 2 aminogrupper (NH_2) og kuldioxid (CO_2) til urinstof. Den ene NH_2-gruppe tilføres som ammoniumion ($^+NH_4$) og reagerer med CO_2 og ATP til carbamylfosfat inde i mitokondrierne (fig. 12.4). En aminosyre (aspartat) medbringer den anden NH_2-gruppe, og denne tilkobling sker i cytoplasmaet. Det kvælstof, som på denne måde indbygges i urinstof, hidrører dels fra absorberet $^+NH_4$ fra fordøjelseskanalen og dels fra oxidativ deaminering af aminosyrer, hvorved der dannes ketosyrer og $^+NH_4$ (fig. 12.3).

Da $^+NH_4$ er meget giftig – specielt for nervesystemet (Lehninger 1975) – udgør urinstofsyntesen en vigtig afgiftningsproces i organismen. I situationer med stor tilførsel af $^+NH_4$ til leveren (f.eks. ved højt N-indhold i foderet) er det derfor afgørende, at syntesevejen har tilstrækkelig kapacitet til at omsætte den øgede mængde $^+NH_4$, således at $^+NH_4$-koncentrationen i det perifere blod holdes meget lav. Dette synes imidlertid også at være tilfældet hos rotter (Ratner 1973), hos får (Payne & Morris 1969) og hos malkekøer (se diskussion af Danfær et al. 1980).

En del af det dannede urinstof recirkulerer til fordøjelseskanalen, og den mængde, som udskilles i urinen, er derfor mindre end den totale syntese (Ford & Milligan 1970).

Leveren optager frie fedtsyrer, der tilføres fra fedtvæv, men optager også fedtsyrer fra blodets lipoproteiner (chylomikroner) efter hydrolyse ved hjælp af enzymet lipoprotein lipase. De frie fedtsyrer aktiveres i cytoplasmaet til acyl-CoA derivater, og den videre omsætning sker enten ved lipidsyntese i cytoplasmaet eller ved hel eller delvis oxidation i mitokondrierne (fig. 12.3).

Lipidsyntesen omfatter triglycerid-, fosforlipid- og kolesterolestersyntese. Triglyceriderne kan aflejres i leveren som fedt eller »eksporteres« sammen

med polære lipider og protein som lipoproteiner (VLDL). Esterificeringshastigheden af de frie fedtsyrer er høj (Benson & Emery 1971), og lipolysehastigheden er relativt lav (Newsholme & Start 1973). Udskillelsen af lipoproteiner er derfor en vigtig regulerende faktor for leverens fedtindhold i situationer med stor optagelse af fedtsyrer fra blodet.

Ketonstoffer (acetoacetat og β-OH-butyrat) og endogent acetat produceres i mitokondrierne ved delvis oxidation af fedtsyrer, smørsyre (butyrat) og ketogene aminosyrer til acetyl-CoA. Acetat dannes ved fraspaltning af coenzym A, og acetoacetat dannes ved kondensering af 2 molekyler acetyl- CoA og derefter fraspaltning af coenzym A. Beta-OH-butyrat syntetiseres fra acetoacetat ved reduktion (fig. 12.4). Både acetat og ketonstoffer kan i modstæning til acetyl-CoA passere igennem mitokondriemembranen ud i cytoplasmaet.

I begyndelsen af laktationen, hvor malkekøernes foderoptagelse er lav i forhold til mælkeydelsen, er frigørelsen af fedtsyrer fra fedtvæv og dermed optagelsen i leveren stærkt forøget. Dette kan medføre ophobning af triglycerid (fedtlever) samt øget produktion og plasmakoncentration af ketonstoffer (ketonæmi) (Kronfeld 1971, Reid et al. 1979, Roberts et al. 1979). Stimulering af lipoproteinsyntesen og fedtsyreoxidationen i mitokondrierne kan afhjælpe disse tilstande. Methionin og andre lipotrofe forbindelser har betydning for dannelsen af lipoproteiner, og tilskud af beskyttet methionin til malkekøer i begyndelsen af laktationen medfører en forøget koncentration af lipoprotein og en nedsat koncentration af ketonstoffer i blodet (Daugaard 1978).

Proteinsyntese, glukoneogenese og urinstofsyntese er energikrævende processer. Den nødvendige energi hertil og til leverens funktion i øvrigt tilføres i form af energirige fosforbindinger (ATP og GTP), som dannes ved oxidation i mitokondrierne. De vigtigste substrater for oxidationsprocesserne er propionat, butyrat, fedtsyrer og aminosyrer (fig. 12.3).

12.2.4 Omsætning i fedtvæv

Fedtvævets vigtigste funktioner er deponering og frigørelse af energi i form af fedtsyrer. Dette sker henholdsvis ved en esterificering med glycerol-P til triglycerid (depotfedt) og ved en hydrolyse af triglycerid til fedtsyrer og glycerol (lipolyse). Esterificering og lipolyse forløber samtidigt, og det er derfor den relative hastighed af disse processer, som bestemmer balancen i fedtvævet, d.v.s. om der sker en deponering eller en mobilisering. Den intermediære omsætning i fedtvæv er vist i figur 12.5.

Puljen af frie fedtsyrer i vævet har som tidligere nævnt 3 forskellige oprindelser: optagelse fra blodet, de novo syntese ud fra acetat og β-OH-butyrat samt lipolyse.

Fedtvæv har lipoprotein lipaseaktivitet, d.v.s. fedtsyrer kan optages ved hydrolyse af blodets lipoprotein. Enzymets aktivitet nedsættes ved laktati-

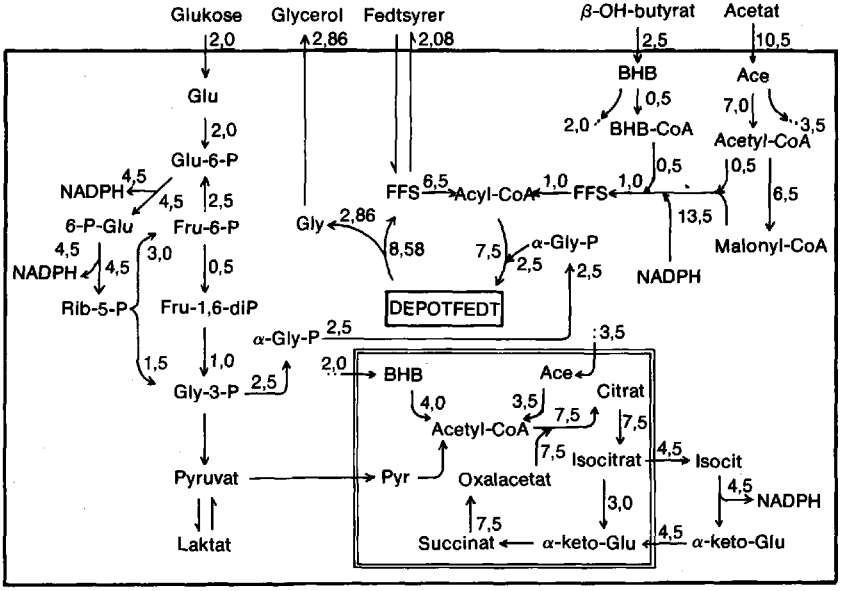


Fig. 12.5. Næringsstoffernes omsætning i fedtvæv. Den kvantitative omsætning (mol næringsstof/dag) er angivet for ration med roer. ═ Mitokondriemembran.

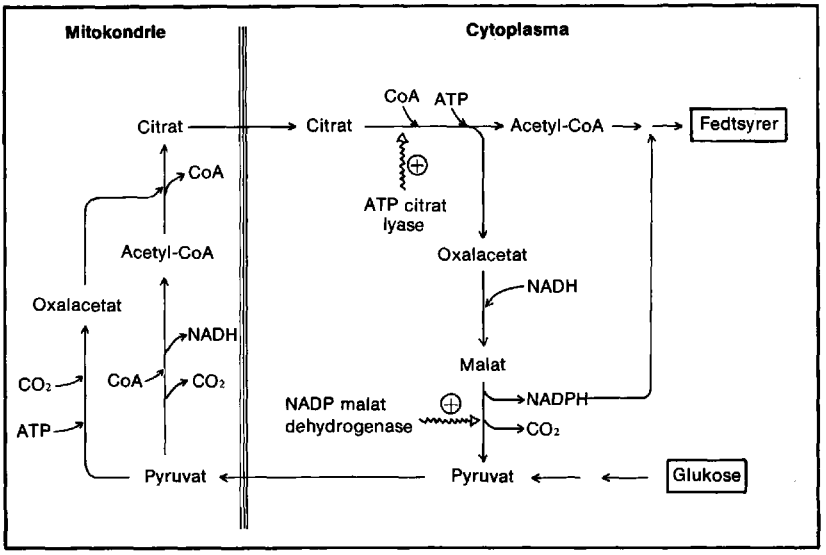


Fig. 12.6. Fedtsyresyntese fra glukose hos enmavede dyr. ═ Mitokondriemembran.

onens begyndelse (Shirley et al. 1973), men øges med energioptagelsen (Haugebak et al. 1974) og med rationens indhold af kraftfoder (Benson et al. 1972). Hastigheden af fedtsyreoptagelsen fra blodet afspejler således dyrenes relative energiforsyning og dermed energibalancen.

Fedtsyresyntesen i vævet er principielt forskellig hos enmavede dyr og drøvtyggere. Hos enmavede dyr sker syntesen som skitseret i figur 12.6 ud fra glukose, der omsættes gennem glykolysen i cytoplasmaet til pyruvat, som efter passage af mitokondriemembranen omdannes til acetyl-CoA ved oxidativ decarboxylering. Acetyl-CoA kan ikke passere ud i cytoplasmaet, hvor fedtsyresyntesen foregår, og reagerer med oxalacetat til citrat, som kan transporteres gennem membranen. I cytoplasmaet spaltes citrat af enzymet ATP citrat lyase til oxalacetat og acetyl-CoA, der er modersubstans for fedtsyresyntesen. Oxalacetat reduceres til malat, som af enzymet NADP malat dehydrogenase omsættes til pyruvat ved decarboxylering og dannelse af NADPH. Pyruvat passerer tilbage til mitokondrierne, således at citronsyre cyklus ikke drænes for oxalacetat. NADPH forbruges i fedtsyresyntesen.

Fedtvæv hos drøvtyggere har meget lav aktivitet af de 2 omtalte enzymer i cytoplasmaet, ATP citrat lyase og NADP malat dehydrogenase (Bauman 1976, Ingle et al. 1972). Dette betyder, at glukose ikke kan omdannes til fedtsyrer, da citrat ikke spaltes i cytoplasmaet til acetyl-CoA (fig. 12.6). Syntesen af fedtsyrer sker derimod med acetat som substrat, idet acetat aktiveres direkte i cytoplasmaet til acetyl-CoA (fig. 12.5). Fedtsyresyntesen startes ved kondensering af acetyl-CoA og malonyl-CoA med fraspaltning af CO_2 (egentlig finder reaktionen sted med acetat og malonat bundet til et protein [acyl carrier protein] og ikke til coenzym A). Malonyl-CoA dannes ved carboxylering af acetyl-CoA. Syntesen fortsætter ved trinvis tilkobling af malonyl-CoA og fraspaltning af CO_2, indtil fedtsyren når den endelige længde (max. antal C-atomer = 16 [Stryer 1981]). Reduktionen af carboxyl-grupperne sker ved overførsel af brint med NADPH.

Beta-OH-butyrat kan efter aktivering til β-OH-butyryl-CoA indgå som de fire første C-atomer i fedtsyrekæden i stedet for acetat, men yderligere forlængelse sker kun via malonyl-CoA.

Fedtsyresyntesens hastighed synes at være mest begrænset af aktiviteten af enzymet acetyl-CoA carboxylase, som katalyserer dannelsen af malonyl-CoA (Ingle et al. 1973).

Esterificering af fedtsyrernes acyl-CoA derivater sker med α-glycerol-P, der dannes ved omsætning af glukose. Fedtvævet har derfor et glukosebehov, selvom der ikke bruges glukose til syntese af fedtsyrer.

Lipolysehastigheden er hos enmavede dyr bestemt af aktiviteten af et enzym (hormone sensitive lipase), som stimuleres af forskellige hormoner via cyklisk AMP. Mekanismen er sandsynligvis en lignende hos drøvtyggere, selv om lipolysen er mindre hormonafhængig end hos enmavede dyr (Bauman 1976). De

frigjorte fedtsyrer, som ikke aktiveres til acyl-CoA og reesterificeres med glycerol-P, udskilles til blodet og optages herfra af andre organer, især lever og muskler.

Glycerol, der frigøres ved lipolysen, kan ikke omsættes i fedtvævet og fjernes med blodet. Grunden hertil er, at fedtvæv mangler glycerol kinase aktivitet og derfor ikke kan aktivere glycerol til α-glycerol-P.

Glukose omsættes primært gennem pentosefosfat cyklus, hvorved der via ribose-5-P dannes fruktose-6-P og glyceraldehyd-3-P. Sidstnævnte reduceres til α-glycerol-P, der som nævnt forbruges ved triglyceridsyntesen. Fruktose-6-P kan enten omsættes af glykolytiske enzymer til glyceraldehyd-3-P eller recirkulere til glukose-6-P.

Reduktionsækvivalenter (brintioner og elektroner) til fedtsyresyntesen skal overføres specifikt med NADPH, og syntesen af fedtsyrer i cytoplasmaet ud fra acetat er derfor afhængig af samtidig dannelse af NADPH. Dette sker dels ved oxidation af glukose-6-P gennem pentosefosfat cyklus og dels ved omsætning af acetat gennem isocitrat cyklus, hvor isocitrat passerer ud i cytoplasmaet og oxideres til α-ketoglutarat, som derefter atter indgår i citronsyre cyklus. Når fedtsyresyntesen er stimuleret, foregår der en betydelig recirkulering af fruktose-6-P til glukose-6-P, således at der dannes mere NADPH.

12.2.5 Omsætning i muskelvæv

Muskelvæv indeholder ca. 20% protein, og proteinsyntese og -aflejring er kvantitativt vigtige processer (fig. 12.7). Samtidig med proteinsyntesen sker der til stadighed en proteinnedbrydning (proteolyse), og den aflejrede proteinmængde er således bestemt af forskellen i syntese- og nedbrydningshastighed.

Unge dyr i vækst med stor proteinaflejring har en høj proteinomsætningshastighed (protein turnover), d.v.s. både en høj syntese- og en høj nedbrydningshastighed. Omsætningshastigheden falder med stigende alder, men syntesen nedsættes mere end nedbrydningen, og aflejringen eller nettotilvæksten bliver mindre (Millward et al. 1975). Det er således syntesehastigheden og ikke nedbrydningshastigheden, der regulerer omfanget af proteinaflejringen i musklerne (i modsætning til i leveren, se afsnit 12.2.3). Hos udvoksede dyr opbygges der lige så meget protein pr. dag, som der nedbrydes, men i perioder med relativ underforsyning af energi og protein fra foderet (f.eks. hos malkekøer i begyndelsen af laktationen) kan nedbrydningen overstige syntesen, og der sker en mobilisering af aminosyrer fra muskelvævet (Botts et al. 1979, Swick & Benevenga 1977).

Proteinsyntesen er stimuleret i den absorptive fase efter fodring og er nedsat efter 12–24 timers faste, i hvert fald hos enmavede dyr (Danfær 1980, Garlick et al. 1973).

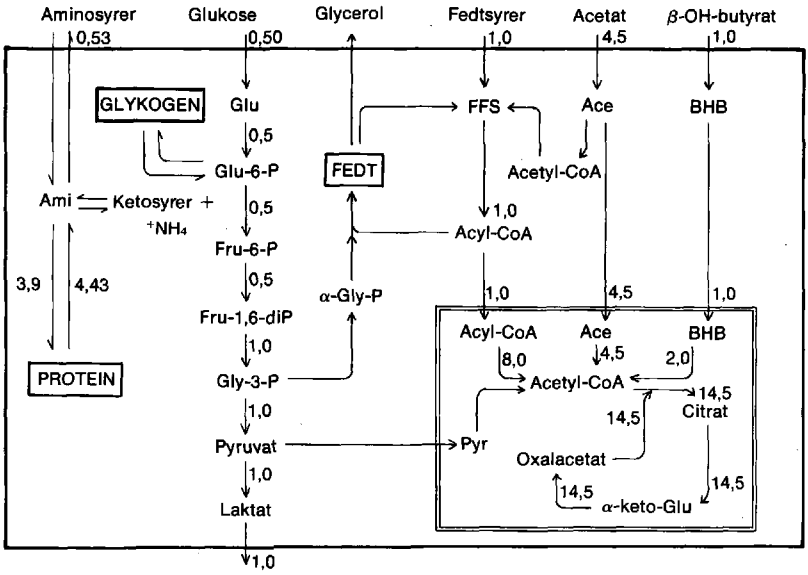
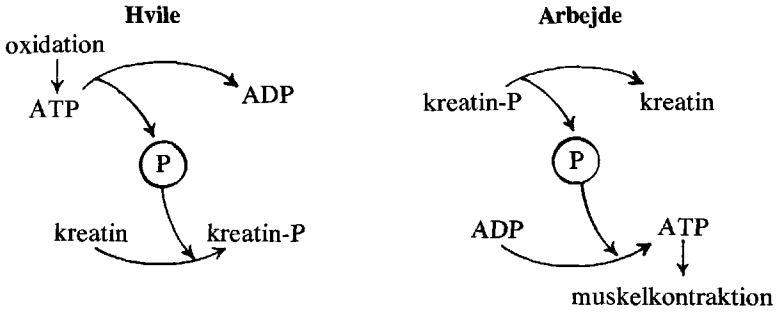


Fig. 12.7. Næringsstoffernes omsætning i muskelvæv. Den kvantitative omsætning (mol næringsstof/dag) er angivet for ration med roer. = Mitokondriemembran.

Muskelvævets labile proteinreserver omsættes væsentlig langsommere end leverens. Ca. 10% af muskelproteinet omsættes pr. dag hos rotter (Waterlow & Stephen 1968) og hos voksende grise (Danfær 1980), mens hastigheden er lavere (1–2% omsat pr. dag) hos kvæg (Lobley et al. 1980).

Muskelvæv indeholder ca. 1% glykogen og varierende mængder fedt. Glykogen udgør en energireserve i vævet og dannes fra glukose-6-P via glukose-1-P og uridindifosfat glukose. Intramuskulært fedt syntetiseres som beskrevet for fedtvæv (afsnit 12.2.4).

Muskelvæv har et betydeligt energiforbrug, dels til proteinsyntese og dels til muskelarbejde (muskelkontraktioner), og er derfor afhængigt af en stadig produktion af ATP. Vævets ATP-pulje er meget lille, men fornyes under muskelarbejde fra en større pulje af kreatinfosfat, som ved omdannelse til kreatin overfører en fosforgruppe til ADP. Når musklerne er i hvile, og ATP-produktionen kan holde trit med forbruget, gendannes kreatinfosfat ved fosforylering af kreatin med ATP (se nedenstående figur). Ca. $^2/_3$ af det samlede kreatinindhold i hvilende muskler udgøres af kreatinfosfat (Lloyd et al. 1978).



Dannelsen af ATP sker ved anaerob glykolyse eller ved aerob oxidation i mitokondrierne. Ved glykolysen (dominerende i hvide, hurtigt kontraherende muskelfibre) forbruges glukose optaget fra blodet eller frigjort fra vævets glykogendepoter. Slutproduktet er laktat, som udskilles og føres til leveren, hvor det indgår i glukoneogenesen. Ved den aerobe omsætning (dominerende i røde, langsommere muskelfibre) oxideres hovedsagelig fedtsyrer, men også acetat og β-OH-butyrat gennem citronsyre cyklus og respirationskæden til CO_2 og H_2O.

12.2.6 Omsætning i mælkekirtel

Figur 12.8 viser næringsstofomsætningen i mælkekirtlen, d.v.s. de syntese-veje, der fører til mælkeprotein, laktose og mælkefedt, samt de nødvendige oxidationsprocesser.

Hovedparten af mælkeproteinet syntetiseres i kirtelcellerne fra aminosyrer. Proteinstoffer overført direkte fra blodet (albuminer og globuliner) udgør nogle få procent i midtlaktation, men væsentlig mere i begyndelsen og slutningen af laktationsperioden (Larson 1979). Proteinsyntesen er som i alle levende celler under genetisk kontrol, idet aminosyresammensætningen af hvert proteinstof og dermed dets egenskaber er indkodet i cellekernens DNA-molekyler – det genetiske informationsmateriale.

Mælkeproteinsyntesen er i øvrigt karakteriseret ved, at der dannes relativt få, veldefinerede proteinstoffer i store mængder, som ikke nedbrydes igen, men »eksporteres« fra kirtelcellerne.

Mælkens indhold af laktose er ret konstant (knapt 5%) og anses for at være den vigtigste faktor til opretholdelse af et konstant osmotisk tryk i mælkevæsken. Mælkekirtlens sekretion af laktose vil derfor i høj grad være bestemmende for mælkemængden (Annison 1976).

Laktose syntetiseres af 2 molekyler glukose, hvoraf det ene aktiveres til glukose-6-P og via glukose-1-P reagerer med uridintrifosfat (UTP) til uridindifosfat glukose, som herefter epimeriseres til uridindifosfat galaktose.

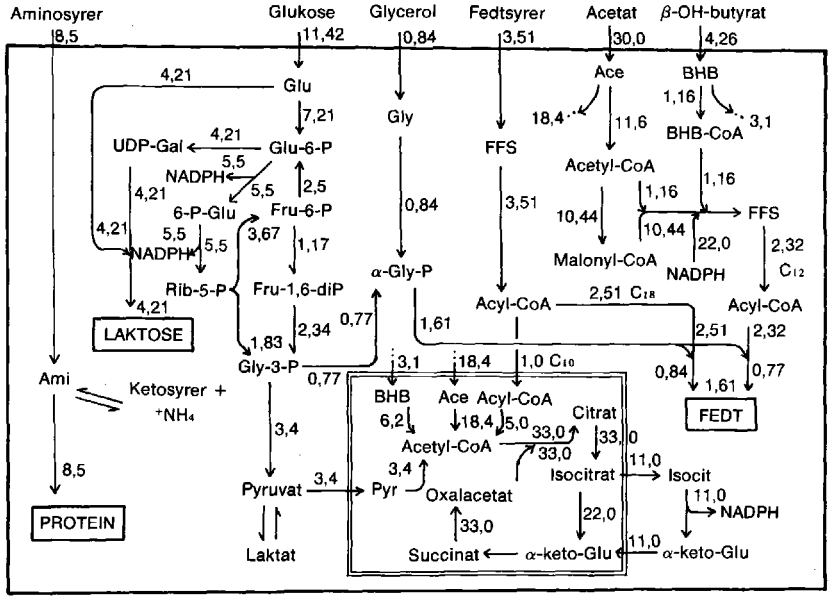


Fig. 12.8. Næringsstoffernes omsætning i mælkekirtel. Den kvantitative omsætning (mol næringsstof/dag) er angivet for ration med roer. = Mitokondriemembran.

UDP galaktose sammenkobles med det andet glukosemolekyle til laktose under fraspaltning af UDP ved hjælp af enzymet laktose syntetase. Dette enzymsystem består af 2 enheder, galaktosyl transferase og α-laktalbumin. Galaktosyl transferase alene overfører UDP galaktose til N-acetylglukosamin i syntesen af glykoproteiner – en reaktion, der finder sted i mange forskellige væv. Men kombineret med α-laktalbumin udgør galaktosyl transferase et nyt enzym, laktose syntetase, som har stor affinitet til glukose og er specifikt for mælkekirtelvæv. Indholdet af α-laktalbumin i mælkekirtelvæv øges ved begyndende laktation sammenfaldende med øget laktosesyntese (Kuhn et al. 1980, Stryer 1981).

Mælkens fedtsyrer har som tidligere nævnt 2 forskellige oprindelser: de er dels optaget fra blodet og dels syntetiseret i kirtelcellerne ud fra acetat og β-OH-butyrat.

Optagelsen fra blodet sker hovedsagelig fra lipoproteinfraktionen (chylomikron og VLDL) efter spaltning med enzymet lipoprotein lipase. Mælkekirtlen optager tillige frie fedtsyrer fra blodet, men disse udskilles i næsten samme omfang igen som frie fedtsyrer (Bickerstaffe et al. 1974). Ved laktationens begyndelse øges lipoprotein lipaseaktiviteten kraftigt og dermed cellernes evne til at optage fedtsyrer (Shirley et al. 1973).

De novo syntesen af fedtsyrer foregår i mælkekirtlen som beskrevet for fedtvævet i afsnit 12.2.4.

De fedtsyrer, der syntetiseres i kirtelvævet, er mættede og relativt kortkædede (max. 16 C-atomer). Fedtsyrerne, som optages fra blodet, er langkædede og delvis umættede (består hovedsagelig af $C_{18:0}$ og $C_{18:1}$). En betydelig del af $C_{18:0}$-fedtsyrerne dehydrogeneres i vævet til $C_{18:1}$ (Bickerstaffe et al. 1974), hvilket bidrager yderligere til de optagne fedtsyrers større umættethed.

Alle kort- og mellemkædede fedtsyrer (C_4-C_{14}) samt halvdelen af C_{16} er således dannet de novo, mens resten er tilført som fedtsyrer (Dimick et al. 1970). Det fremgår af ovenstående, at mælkefedtets jodtal, d.v.s. dets umættethed, afhænger af den relative andel af fedtsyrer med de 2 forskellige oprindelser. De kvantitativt vigtigste fedtsyrer i mælkefedt er myristinsyre ($C_{14:0}$), palmitinsyre ($C_{16:0}$), stearinsyre ($C_{18:0}$) og oliesyre ($C_{18:1}$), mens indholdet af polyumættede C_{18}-syrer er lavt (Kristensen et al. 1974, Palmquist & Conrad 1978). Desuden indeholder mælkefedt en del fedtsyrer, som er forgrenede, transisomere, eller har et ulige antal C-atomer, hvilket medvirker til mælkefedtets karakteristiske egenskaber og smag.

Esterificering til triglycerid sker med α-glycerol-P, som dannes fra glukose eller ved fosforylering af glycerol (ved hjælp af glycerol kinase) optaget fra blodet. Det dannede mælkefedt nedbrydes ikke igen, men udskilles fra kirtelcellerne som mikroskopiske fedtdråber (Dimick et al. 1970).

Oxidationsprocesserne i mælkekirtlen omfatter dels dannelse af NADPH i cytoplasmaet til fedtsyresyntesen (gennem pentosefosfat cyklus og isocitrat cyklus) og dels produktion af ATP i mitokondrierne ved oxidation af acetat, β-OH-butyrat, fedtsyrer og i mindre omfang glukose.

Den intermediære omsætning hos drøvtyggere, som er beskrevet i det foregående, viser, hvorledes de enzymatiske processer i cellerne tilpasses arten og mængden af de næringsstoffer, der tilføres. Drøvtyggere adskiller sig fra enmavede dyr ved, at kulhydratfordøjelsen foregår ved mikrobiel forgæring før tyndtarmen, hvilket resulterer i absorption af VFA og ikke glukose. Denne forskel i absorberede næringsstoffer afspejler sig i stofskiftet, som hos drøvtyggere er karakteriseret ved følgende:

1) vedvarende glukoneogenese i leveren
2) de novo fedtsyresyntesen i kropsvævene (ekskl. mælkekirtlen) finder ikke sted i leveren, men i fedtvævet og er således adskilt fra glukoneogenesen
3) acetat og ikke glukose er substrat for fedtsyresyntesen i fedtvæv og mælkekirtel
4) cellernes energiforbrug dækkes primært ved oxidation af acetat og ikke glukose, hvis omsætning gennem citronsyre cyklus er begrænset.

12.3 Regulering af den intermediære omsætning

12.3.1 Reguleringsmekanismer i stofskiftet

Det er i slutningen af afsnit 12.2.6 berørt, at den intermediære omsætning tilpasses ændringer i de absorberede næringsstoffer. Andre faktorer foruden næringstilførslen – f.eks. temperaturpåvirkning, psykisk påvirkning (angst) og indtrædelse af drægtighed – øver indflydelse på stofskiftets forløb.

Det intracellulære stofskifte er med andre ord reguleret, hvilket vil sige, at hastigheden af de enkelte biokemiske reaktioner ikke er konstant, men derimod tilpasset cellernes øjeblikkelige behov for energi og for syntese af komplekse molekyler. Reguleringen sker dels ved en ændring af næringsstrømmens fordeling til forskellige organer og væv og dels ved en ændret omsætning af de optagne næringsstoffer i cellerne.

Denne regulering af den intermediære omsætning udøves ved forskellige mekanismer og på forskelligt niveau (Lehninger 1975):

1) *Substratkoncentration*. Enzymatisk reaktionshastighed er bestemt af den intracellulære substrat-, produkt- og cofaktorkoncentration samt af cellens pH.
2) *Enzymregulering*. Reaktionshastigheden kontrolleres af regulerende enzymer, som kan være allosteriske enzymer eller covalent modificerede enzymer.

   Allosteriske enzymers katalytiske aktivitet ændres ved en ikke-covalent binding af en specifik metabolit til enzymet uden for dettes katalytisk aktive center (allosterisk binding). Allosteriske enzymers aktivitet vil på denne måde ofte stimuleres af substratet og hæmmes af slutproduktet i den syntesevej, som enzymet regulerer. F.eks. er fosfofruktokinase (fruktose-6-P → fruktose-1,6-diP) et allosterisk reguleret nøgleenzym i glykolysen, idet det aktiveres af AMP og hæmmes af ATP og citrat.

   Covalent modificerede enzymer kan veksle mellem aktive og inaktive former under indflydelse af andre enzymer. Glykogen fosforylase, der katalyserer spaltningen af glykogen til glukose (glykogen → glukose-1-P), eksisterer i en aktiv form (fosforylase a) og en ikke-aktiv form (fosforylase b). Fosforylase a indeholder 4 fosforgrupper, som er nødvendige for enzymets katalytiske aktivitet. Et modificerende enzym, fosforylase fosfatase, fjerner fosforgrupperne hydrolytisk, hvorved fosforylase a omdannes til den inaktive fosforylase b. Reaktivering til fosforylase a sker under gendannelse af fosforgrupperne ved hjælp af et andet modificerende enzym, fosforylase kinase.
3) *Enzymsyntese*. Reguleringen sker ved induktion, d.v.s. fremkaldelse af syntese af enkelte enzymer eller enzymsystemer. Syntesen af sådanne inducerede enzymer udløses efter aktivering (derepression) af de tilsvarende gener (DNA molekyler) i cellekernen. Eksempler på inducerede enzymer

er tyrosin aminotransferase (deaminering af tyrosin) og P-enolpyruvat carboxykinase (oxalacetat → P-enolpyruvat). Begge enzymer er vigtige i glukoneogenesen og kan induceres af det steroide hormon, cortisol.

4) *Hormonal regulering.* Hormoner dannes og udskilles fra endokrine kirtler og føres med blodet til forskellige virkningsorganer (target organs). I de væv og organer, som er følsomme over for hormonpåvirkning, d.v.s. har hormonreceptorer, reguleres næringsstoffernes optagelse og/eller intracellulære omsætning.

Hormonsekretion og virkningsmåde er omtalt mere detaljeret i afsnit 12.3.2.

12.3.2 Hormonsekretion og hormonvirkning

Sekretionen fra endokrine kirtler sker som svar på en eller anden form for stimulus, f.eks. impulser i nervesystemet eller ændringer i blodets næringsstofkoncentration. Sekretionen af en række hormoner fra hypofyseforlappen reguleres via peptider (releasing og inhibiting factors) fra hypotalamus.

Hormoners virkning i vævene er betinget af, at disse indeholder hormonspecifikke receptorer (receptor sites), som kan være lokaliseret på cellemembranen eller i cytoplasmaet.

Aktiviteten af et givet hormon kan således reguleres af følgende faktorer: 1) syntese- og sekretionshastighed i den endokrine kirtel, 2) forekomst af specifikke receptorer, og 3) hormonets nedbrydningshastighed i lever og nyrer.

Den måde, hvorpå de enkelte hormoner udøver deres regulerende effekt på stofskiftet, er meget forskellig. Generelt er mange hormoner overordnede regulerende faktorer for metaboliske enzymer ved direkte eller indirekte at ændre disses aktivitet og dermed den tilhørende reaktions hastighed. Hormonernes virkningsmekanismer kan inddeles i få hovedgrupper (Harper 1973):

1) *Induktion af enzymsyntese.* Hormonet bindes til en receptor i cytoplasmaet, og det dannede hormon-receptor kompleks transporteres ind i cellekernen, hvor det bindes til DNA. Denne binding udløser syntese af specifikke m-RNA molekyler, som derefter inducerer syntese af specifikke proteiner (enzymer) i cytoplasmaet. Mekanismen er relativt langsomt virkende, idet det kan vare timer eller dage, før der kan iagttages ændringer i stofskiftet. Steroide hormoner (kønshormoner, cortikoider) virker på denne måde (se afsnit 12.3.1).
2) *Stimulering af membrantransport af næringsstoffer.* Den cellulære optagelse af forskellige næringsstoffer stimuleres bl.a. af hormonaktivitet. Virkningen er afhængig af, at hormonet bindes til receptorer på cellemembranen. Insulin øger f.eks. membrantransporten af glukose i fedtvæv og af aminosyrer i muskelvæv.
3) *Virkning via cyklisk AMP.* En række hormoner (f.eks. adrenalin, glukagon og ACTH) virker med cyklisk AMP (c-AMP) som »second messenger«.

Adenylat cyklase, der omdanner ATP til c-AMP, aktiveres ved hormonets binding til cellemembranen, hvorefter c-AMP aktiverer enzymsystemer inde i cellen.

Som et eksempel på et hormons molekylære virkningsmekanisme omtales i det følgende, hvorledes adrenalin påvirker en vigtig fysiologisk proces, nemlig regulering af glykogenspaltning (glykogenolyse) og glykogensyntese (glykogenese) i muskel- og levervæv (Stryer 1981):

Adrenalin udskilles fra binyremarven som svar på impulser i det sympatiske nervesystem, f.eks. fremkaldt af angst eller vrede (fig. 12.9). Hormonet bindes til specifikke adrenalin receptorer på cellemembranerne i vævet. Denne hormon-receptor binding forårsager aktivering af enzymet, adenylat cyklase, der katalyserer dannelsen af c-AMP fra ATP. Cyklisk AMP hydrolyseres af fosfodiesterase til AMP, og den intracellulære koncentration af c-AMP er derfor lav, medmindre der er hormonal stimulering af adenylat cyklase. Blokering af fosfodiesterase (f.eks. med koffein) vil på den anden side øge koncentrationen af c-AMP, som i sig selv er et stabilt molekyle.

Cyklisk AMP virker ved allosterisk at aktivere et enzym, protein kinase, som igen virker ved at fosforylere andre enzymer (covalent modificering). Protein kinase har 2 synergistiske virkninger på vævets glykogenpulje:

1) Protein kinase fosforylerer glykogen syntetase I til glykogen syntetase D, som er den inaktive form af det enzym (glykogen syntetase), der katalyserer det hastighedsbegrænsende trin i syntesen af glykogen. Herved standses indbygningen af glukose i glykogendepoterne.
2) Protein kinase fosforylerer enzymet fosforylase kinase, som herved aktiveres og fosforylerer inaktiv fosforylase b til aktiv fosforylase a (se afsnit 12.3.1). Dette enzym, fosforylase a, katalyserer spaltningen af glykogen til glukose-1-P, der omsættes via glukose-6-P til fri glukose.

På denne måde kan adrenalin via c-AMP dels bremse syntesen af glykogen og dels stimulere frigørelsen af glukose. Nettoresultatet bliver en øget tilgængelighed af glukose til brug for hurtige muskelkontraktioner (se afsnit 12.2.5). Reaktionsmekanismen er karakteriseret ved en trinvis fosforylering (og dermed aktivering eller inaktivering) af enzymer. Dette medfører, at det oprindelige signal fra hormonet forstærkes mange gange, inden glykogenpuljen påvirkes. Det intracellulære stofskifte kan således ændres betydeligt selv ved meget lave koncentrationer af regulerende hormoner i blodet.

12.3.3 Hormonkoncentration i blodet i relation til fodring og laktationsstadium

Da hormoner udskilles til blodet, anvendes plasma- eller serumkoncentrationer almindeligvis som mål for hormonsekretion og hormonaktivitet. Det må dog understreges, at en eksakt bedømmelse af et hormons virkning i forhold til dets koncentration i blodet kræver kendskab til hormonets sekretions- og

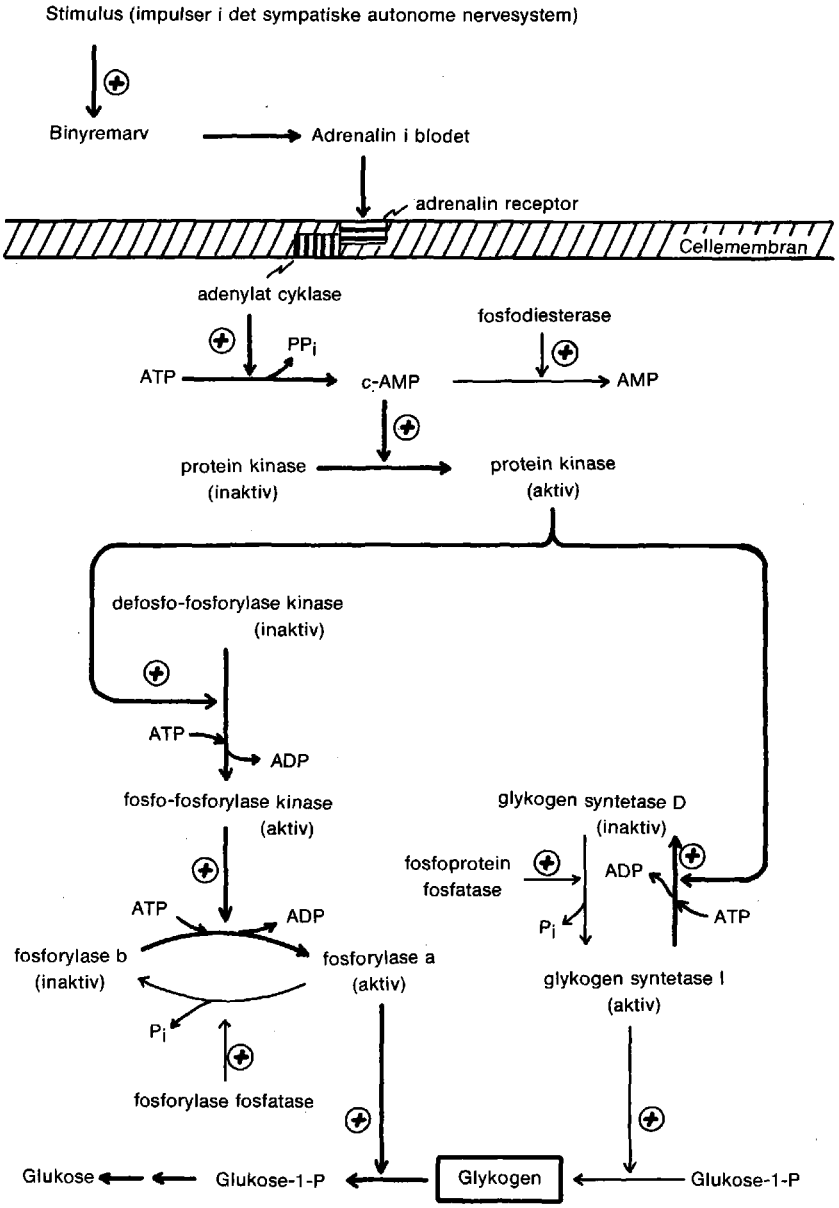


Fig. 12.9. Adrenalins virkning via c-AMP på glykogensyntese og -nedbrydning.

nedbrydningshastighed samt binding til virkningsvævets receptorer. Disse parametre er imidlertid meget vanskeligere at måle end blot mængden af det cirkulerende hormon. Der er dog ofte god overensstemmelse mellem et hormons sekretionshastighed og dets indhold i blodet, ligesom virkningsvævets receptorer kan stimuleres af hormonkoncentrationen i blodet.

Det følgende omhandler, hvorledes fodring og laktationsstadium påvirker plasmakoncentrationen af en række hormoner, som har betydning for næringsoptagelse og syntesekapacitet i lever, fedtvæv, muskelvæv og mælkekirtel.

Insulin er et polypeptid, der udskilles fra bugspytkirtlens β-celler. Plasmakoncentrationen stiger efter fodring og falder ved faste (Bines & Hart 1978, Brockman 1978b). Den vigtigste udløsende faktor for insulinsekretionen hos enmavede dyr antages at være en stigning i blodets glukosekoncentration, som indtræder kort efter fodring (Anderson 1974). Drøvtyggere absorberer meget lidt glukose fra tyndtarmen, og disse dyrs insulinsekretion reguleres sandsynligvis også af andre faktorer (Bassett 1978).

Insulinkoncentrationen i plasma hos kvæg og får stiger i løbet af ca. 1 time efter fodring uden en tilsvarende stigning i glukosekoncentrationen. Efter et midlertidigt fald øges insulinkoncentrationen igen ca. 6 timer efter fodring sammen med blodets indhold af glukose (Trenkle 1978).

VFA-infusion i vommen øger insulinkoncentrationen i plasma hos får. Propionat og butyrat har størst virkning, mens acetat har lille eller ingen virkning (Trenkle 1978). Der er desuden fundet positiv sammenhæng mellem optagelsen af organisk stof (specielt protein) og insulin i plasma (Brockman 1978b). Gastro-intestinale hormoner, hvis sekretion udløses ved fodring, stimulerer insulinsekretionen, og det kan antages, at disse hormoner er involverede i den første stigning i insulinkoncentrationen efter fodring. Den senere stimulering 6 timer efter fodring kan skyldes absorption af VFA fra vommen og af glukogene substrater (aminosyrer) fra tyndtarmen (Trenkle 1978).

Fodring med stivelsesrige rationer medfører højere insulinkoncentration i plasma hos køer og får end fodring med hø og ensilage (Jenny & Polan 1975, Trenkle 1970, Walker & Elliot 1973). Denne stigning i insulinsekretionen er sandsynligvis forårsaget af en øget absorption af propionat, idet stivelsesrige foderrationer stimulerer propionsyreproduktionen i vommen (Flatt et al. 1969a, Jenny et al. 1974).

Bugspytkirtlens følsomhed over for stimuli og dermed sekretionen af insulin er nedsat under laktation. Intravenøs infusion af glukose og propionat i henholdsvis 48 og 3 timer øger insulinkoncentrationen i arterieblod. Virkningen er svag og kortvarig hos lakterende køer, men kraftig og vedvarende hos goldkøer (Lomax et al. 1979). Flere andre undersøgelser har vist, at insulinkoncentrationen i plasma er høj i goldperioden, falder ved laktationens begyndelse og er derefter stigende henigennem laktationsperioden (Blum et al. 1973, Hart et al. 1978, Smith et al. 1976, Vasilatos & Wangsness 1979, Walsh et al. 1980).

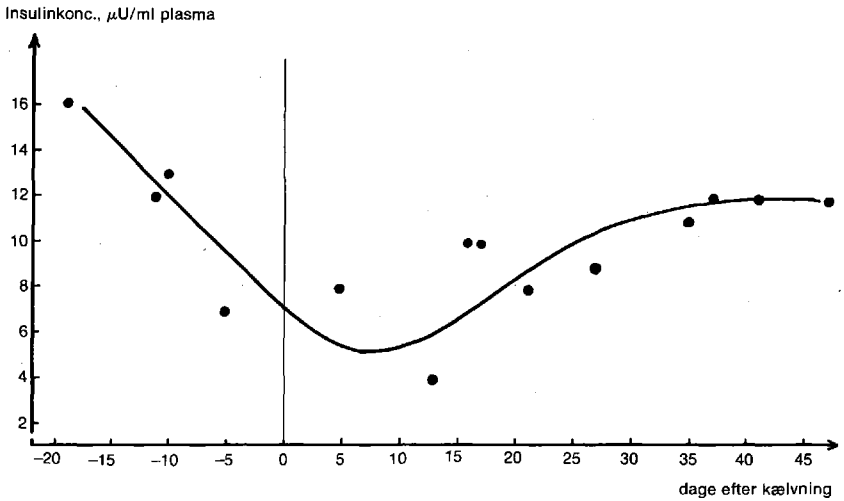


Fig. 12.10. Insulinkonc. i plasma hos køer før og efter kælvning (Thilsted 1980).

Nedgangen i insulinkoncentrationen, som skyldes et fald i sekretionen (Lomax et al. 1979), indtræder allerede før kælvning i den sidste del af goldperioden (Thilsted 1980). Dette er illustreret i figur 12.10, der viser insulinkoncentrationen (μU/ml plasma) hos 5 køer målt fra 19 dage før til 47 dage efter kælvning.

Glukagon er et polypeptid, der udskilles fra bugspytkirtlens α-celler (pancreatic glucagon) og fra tarmslimhinden (gut glucagon). Enmavede dyrs glukagonsekretion reguleres af glukosekoncentrationen i blodet, således at sekretionen stiger ved faste, når glukosekoncentrationen er lav, og falder efter fodring, når tilgængeligheden af glukose øges (Harper 1973).

Hos drøvtyggere synes glukagonkoncentrationen i plasma derimod at stige efter fodring og at falde ved faste (Brockman 1978b). Det er ikke klart, hvad der især regulerer sekretionen hos drøvtyggere. Muligvis er det nogle af de samme faktorer, som påvirker insulinsekretionen, d.v.s. VFA, aminosyrer og gastro-intestinale hormoner (Bassett 1978, Brockman 1978b).

Plasmakoncentrationen af insulin og glukagon er dog tilsyneladende kontrolleret af forskellige reguleringsmakanismer. Hos køer, som er relativt underforsynede med energi på grund af en høj mælkeydelse, falder glukagonkoncentrationen – men insulinkoncentrationen falder mere, og forholdet insulin : glukagon i plasma bliver lavere (Trenkle 1978). Glukagonkoncentrationen stiger – i modsætning til insulin – fra før til efter kælvning, og insulin : glukagon forholdet er derfor væsentlig lavere i begyndelsen af laktationen end i goldperioden (Manns 1972, Thilsted 1980).

Både insulin og glukagon har stor betydning for regulering af glukoseomsætningen, men det absolutte niveau af hver af de 2 hormoner er sandsynligvis ikke så vigtigt som forholdet mellem dem (se afsnit 12.3.4).

Væksthormon er som de 2 foregående hormoner et polypeptid, men det dannes og udskilles fra hypofysens forlap. Sekretionen hos drøvtyggere er episodisk, d.v.s. uregelmæssig, men koncentrationen i plasma angives at falde lige efter fodring for derefter at stige i løbet af få timer til niveauet før fodring (Trenkle 1978). Nogle undersøgelser med køer viser imidlertid, at væksthormonkoncentrationen ikke ændres ved fodring (Bines & Hart 1978). Ændringer i blodets næringsstofindhold har muligvis betydning for væksthormonsekretionens regulering (Hart et al. 1979), og generelt er hormonets plasmakoncentration højere hos dyr, som er underfodrede i forhold til deres næringsbehov (f.eks. højtydende malkekøer), end hos dyr, der får en tilstrækkelig energiforsyning (Hart et al. 1978, Trenkle 1978).

Væksthormonkoncentrationen i plasma er positivt korreleret med blodets indhold af frie fedtsyrer og med mælkeydelsen hos køer (Hart et al. 1979). Ved laktationens begyndelse er væksthormonkoncentrationen høj, hvorefter den falder gradvist og er lavest i goldperioden (Hart et al. 1978, Smith et al. 1976, Thilsted 1980, Vasilatos & Wagnsness 1979).

Tyroxin er et jodholdigt derivat af aminosyren tyrosin og udskilles fra skjoldbruskkirtlen.

Tyroxinkoncentrationen i plasma synes ikke at udvise døgnvariationer i forhold til fodringstidspunktet (Bines & Hart 1978), men der indtræder et stærkt fald i tyroxinniveauet fra før til efter kælvning (Thilsted 1980), hvorefter det stiger gradvist gennem laktationsperioden (Hart et al. 1978, Walsh et al. 1980). Tyroxinkoncentrationen i plasma er således negativt korreleret med mælkeydelsen.

Cortisol er et steroid, som dannes og udskilles fra binyrebarken. Sekretionen stimuleres af hypofyseforlaphormonet ACTH, der virker i binyrebarken med c-AMP som »second messenger«.

Fodring har tilsyneladende kun lille eller ingen effekt på plasmakoncentrationen hos køer og får (Trenkle 1978), men hos kvier er koncentrationen lav indtil 2–3 timer efter fodring, hvorefter den stiger til niveauet før fodring (Mills & Jenny 1979, Sejrsen et al. 1981). Paterson & Linzell (1974) har fundet, at sekretion og plasmakoncentration af cortisol er højere hos lakterende end hos ikke-lakterende køer.

Det er uklart, hvorledes cortisol virker på den lakterende mælkekirtel hos drøvtyggere (Baldwin & Louis 1975, Convey 1974). Cortisol har imidlertid sammen med andre hormoner, *østrogen* fra ovarier og placenta, *prolaktin* fra hypofyseforlappen og *placental laktogen* fra placentas føtale del, betydning for udvikling af mælkekirtlens syntesekapacitet frem til kælvningstidspunktet (Tucker 1979).

12.3.4 Hormonal regulering af stofskiftet

Dette afsnit omhandler, hvorledes de enkelte hormoner: insulin, glukagon, væksthormon og tyroxin påvirker næringsstoffernes omsætning i lever, fedtvæv, muskelvæv og mælkekirtel. Til sidst beskrives den integrerede hormonvirkning på stofskifte og produktion dels i goldperioden og dels i begyndelsen af laktationen.

Insulin har begrænsede virkninger i leveren, men infusion af insulin kan nedsætte leverens glukoseproduktion med 15% (Brockman 1978b). Denne effekt skyldes, at insulin hæmmer både glykogenolyse (nedbrydning af glykogen) og glukoneogenese (Bassett 1978).

Den cellulære optagelse af glukose og acetat i fedtvæv stimuleres af insulin (Brockman 1978b, Yang & Baldwin 1973b). Omsætningen af både glukose og acetat forøges, idet insulin stimulerer oxidation af glukose gennem pentosefosfat cyklus, glycerolsyntese ud fra glukose samt fedtsyresyntese fra acetat (Baldwin et al. 1973). Insulin stimulerer desuden aktiviteten af lipoprotein lipase – i hvert fald hos rotter (Shirley et al. 1972) – og nedsætter frigørelsen af frie fedtsyrer fra fedtvævet (Bassett 1978, Yang & Baldwin 1973a). Den »antimobiliserende« effekt af insulin kan skyldes en øget intracellulær esterificering af fedtsyrer, en hæmning af lipolysen eller begge dele. Den samlede virkning af insulin i fedtvæv er således en øget syntese og nettoaflejring af triglycerid.

Insulin stimulerer glukose- og aminosyreoptagelse samt proteinsyntese i muskelvæv (Brockman 1978b). Insulin virker altså anabolisk både i fedt- og muskelvæv.

I mælkekirtelvæv hos køer har insulin ingen effekt in vitro på fedtsyresyntesen fra acetat (Bauman et al. 1973) eller på omsætningen af glukose (Baldwin & Louis 1975). Glukoseoptagelse og laktoseproduktion i mælkekirtlen hos lakterende geder er upåvirket i 4 timer selv ved meget lav insulinkoncentration i plasma. Infusion af insulin nedsætter både glukosekoncentrationen i blodet og syntesen af laktose, mens infusion af insulin + glukose opretholder glukosekoncentration og laktoseproduktion (Hove 1978). Mælkekirtlens optagelse og omsætning af glukose og acetat er derfor uafhængig af insulinniveauet – i hvert fald er behovet for insulin til stimulering af næringsstofomsætningen meget lavt i forhold til blodets insulinkoncentration (Hart et al. 1978). En lav insulinsekretion vil endda være en fordel for mælkeproduktionen, da insulin øger glukoseoptagelsen i kropsvæv, sænker derved glukosekoncentrationen i det perifere blod og begrænser mælkekirtlens glukoseoptagelse og laktoseproduktion (Hove 1978).

Anvendelse af kraftfoderrige rationer med et højt stivelsesindhold øger insulinsekretionen som nævnt i afsnit 12.3.3. Dette vil ifølge ovenstående medføre, at muskelvæv og specielt fedtvæv favoriseres i forhold til mælkekirtlen med hensyn til optagelse og udnyttelse af glukose og acetat. Resultatet heraf er en stimuleret fedtsyntese og -aflejring i fedtvæv og en nedsat mælkefedtsyntese (fig. 12.11).

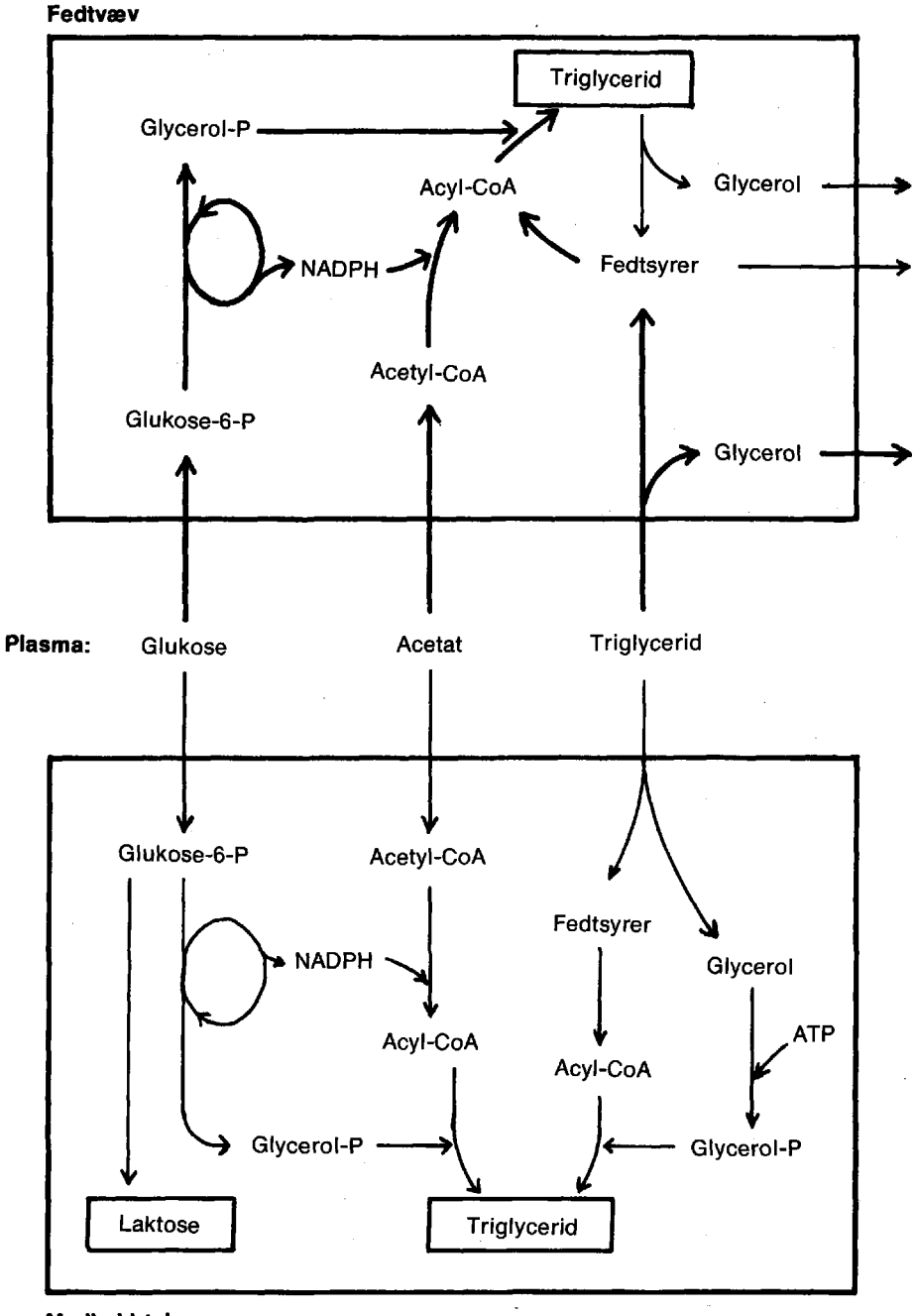


Fig. 12.11. Regulering af fedtsyntese i fedtvæv og mælkekirtel.
Fed pil betyder: Stimuleret af insulin.

Disse virkninger på malkekøers produktion ved fodring med stivelsesrige rationer er i overensstemmelse med resultater af Flatt et al. (1969a og b) og Jenny et al. (1974). Tabel 12.1 viser disse resultater, og det fremgår, at faldende træstofindhold og dermed stigende stivelsesindhold i foderet medfører en højere relativ propionsyrekoncentration i vommen, en forøget insulinsekretion, et lavere fedtindhold i mælken, en mindre smørfedtproduktion og en større tilvækst.

Tabel 12.1. Kraftfodermængdens indflydelse på vomgæring, insulinsekretion og mælkefedtsyntese

Pct. kraftfoder	35	85	40	60	80
Pct. træstof	20,4	10,8	18,5	15,0	11,3
Acetat:propionat	4,2	2,0	3,3	2,6	2,0
Insulinkonc., μU/l	182	307	–	–	–
Fedtpct.	3,63	2,50	3,5	3,0	2,7
Smørfedt, g	868	488	760	630	460
Tilvækst, MJ	–	–	–8,4	–2,3	7,3
Reference	Jenny et al. 1974		Flatt et al. 1969a og b		

Glukagons primære virkningsorgan hos drøvtyggere er leveren. Hormonet har 2 funktioner, stimulering af glykogenolyse og stimulering af glukoneogenese, og virker således antagonistisk til insulin i leveren.

Stimulering af glykogenolyse sker ved aktivering af adenylat cyklase og via c-AMP på tilsvarende måde som beskrevet for adrenalin (afsnit 12.3.2). Glukagon stimulerer glukoneogenese ved at øge leverens optagelse af glukogene substrater som laktat, alanin og glutamin samt ved aktivering af enzymet pyruvat carboxylase (pyruvat → oxalacetat) (Brockman 1978b). Alanin og glutamin stammer fra nedbrydning af muskelprotein og er de kvantitativt vigtigste aminosyrer i glukoneogenesen (Bergman & Heitmann 1978). Syntesen af glukose fra propionat stimuleres ligeledes af glukagon (Brockman 1978a).

Glukagon virker altså i leveren og øger glukoseproduktionen, mens insulin især virker i fedt- og muskelvæv og her øger glukoseforbruget. Glukoseomsætningen er derfor i høj grad bestemt af balancen mellem disse 2 hormoner. I situationer med relativ energimangel (f.eks. ved faste eller i begyndelsen af laktationen) er insulin:glukagon (I:G) forholdet lavt, hvilket medfører en maksimal stimulering af glukoseproduktionen og et nedsat forbrug af glukose i kropsvæv. Ved rigelig energiforsyning og især ved fodring med stivelsesrige rationer øges I:G, glukoneogenesen hæmmes, og glukoseforbruget i fedt- og muskelvæv stiger (Bassett 1975).

Væksthormon inducerer syntesen af somatomediner i leveren. Somatomediner er hormonlignende forbindelser, som virker anabolisk i kropsvæv (Machlin

1976). Væksthormons insulinlignende effekt i fedtvæv (Madsen 1981a) udøves således ved hjælp af somatomedin. I muskelvæv stimulerer væksthormon (via somatomedin) aminosyreoptagelse, RNA syntese og proteinsyntese (Buttery & Vernon 1980, Machlin 1976). Østrogen stimulerer sekretionen af væksthormon (Trenkle 1976), og østrogentilskud i foderet til grise øger aminosyreoptagelse og proteinsyntese i muskelvæv samt total N-balance (Danfær 1980).

Hos køer er somatomedinaktiviteten i blodet nedsat ved begyndelsen af laktationen (Hart 1980). Baxter & Turtle (1978) har fundet, at bindingen af væksthormon til receptorer i leveren er nedsat hos diabetiske rotter (d.v.s. dyr med lav insulinsekretion). Hvis dette også gælder hos lakterende køer, kan den nedsatte somatomedinaktivitet efter kælvning, hvor insulinsekretionen er lav, forklares af væksthormons manglende virkning i leveren. Den nedsatte somatomedinsekretion kan muligvis igen være årsag til, at væksthormonkoncentrationen stiger efter kævlning, fordi sekretionen af væksthormon måske hæmmes af somatomedin ved en feed-back mekanisme (Riis 1980).

Den øgede væksthormonsekretion i begyndelsen af laktationen har således ingen anaboliske virkninger i fedt- og muskelvæv, fordi somatomedinaktiviteten er lav. Væksthormon synes under disse betingelser at øge mobiliseringen fra fedtvæv, idet der er påvist en positiv korrelation mellem blodets indhold af væksthormon og frie fedtsyrer (Hart et al. 1979). Begge parametre er høje lige efter kælvning og faldende henigennem laktationsperioden (Hart et al. 1978). Det er desuden fundet, at plasmakoncentrationen af frie fedtsyrer hos lakterende køer stiger ved injektion af væksthormon (Peel et al. 1981a).

Disse iagttagelser kan forklares af væksthormons påståede lipolytiske effekt i fedtvæv (Lee et al. 1974, Newsholme & Start 1973), men nyere undersøgelser tyder på, at væksthormon i kemisk ren form ikke har lipolytiske egenskaber (c.e. Peel et al. 1981a). Det er således ikke sikkert og måske heller ikke sandsynligt, at den øgede frigørelse af fedtsyrer er en direkte effekt af væksthormon.

Subkutan injektion af væksthormon øger mælkeydelsen betydeligt hos køer (Bines et al. 1980, Machlin 1973, Peel et al. 1981a, Peel et al. 1981b). Stigningen i mælkeydelse opnås uden ekstra foderoptagelse, hvilket må skyldes, at væksthormon påvirker fordelingen af de absorberede næringsstoffer til fordel for mælkekirtlen. Hart et al. (1980) har fundet, at injektion af væksthormon øger blodgennemstrømningen og dermed optagelsen af glukose og aminosyrer i mælkekirtlen hos lakterende geder. Øget optagelse og forbrug af næringsstoffer i mælkekirtlen forårsaget af væksthormon kan medføre, at omsætningen i kropsvævene nedsættes, men at synteseprocesserne nedsættes mere end nedbrydningsprocesserne. Det ville for fedtvævet betyde, at esterificeringen af fedtsyrer hæmmes mere end lipolysen med det resultat, at mobiliseringen øges i overensstemmelse med de nævnte undersøgelser af Hart et al. (1978) og Peel et al. (1981a).

Injektion af væksthormon har langt større stimulerende effekt på højtydende køers mælkeproduktion end infusion af kasein og glukose (Peel et al. 1981b). Væksthormons virkning forklares derfor ikke udelukkende af en øget næringsstofoptagelse i mælkekirtlen, men skyldes måske også en mere effektiv udnyttelse af næringsstofferne til mælkesyntese. Det anses for sikkert, at væksthormon har afgørende betydning for vedligeholdelse af mælkekirtlens syntesekapacitet under laktationen (Cowie 1969, c.e. Tucker 1974).

Tyroxin øger basalstofskiftet og varmeproduktionen gennem en stimulering af oxidationsprocesser i mitokondrierne i kropsvæv. Virkningen er relativt langsom og udøves måske via induktion af proteinsyntese (Harper 1973).

En øget tyroxinsekretion eller et tyroxintilskud øger omsætningen (turnover) af kroppens fedt- og proteinpuljer, men nedbrydningshastigheden øges mere end syntesehastigheden, og der kan indtræde vægttab og negativ N-balance (Harper 1973). Desuden øges frigørelse af $^{++}$Ca fra knoglerne. Den negative balance i kropsvævene stimulerer foderoptagelsen, hvilket sammen med mobiliseringen af energi og mineralstoffer kan øge mælkeydelsen. Fodertilskud af tyroxin (joderet kasein) til højtydende malkekøer medfører øget hjerte- og åndedrætsfrekvens, højere legemstemperatur, større vægttab på trods af øget foderoptagelse samt en kortvarig stimuleret mælkeydelse (Schmidt et al. 1971). Lignende resultater er fundet i ældre danske undersøgelser af Moustgaard & Thorbek (1949).

Det kraftige fald i tyroxinkoncentrationen efter kælvning og den negative sammenhæng mellem tyroxinkoncentration og mælkeydelse (se afsnit 12.3.3) synes i modstrid med ovenstående. Men en nedsat tyroxinaktivitet efter kælvning kan forklares som en tilpasning til den reducerede tilgængelighed af næringsstoffer i kropsvævene som følge af lav insulinsekretion (Riis 1982). Hvis den nedsatte tyroxinaktivitet medfører en lavere turnover – og især en lavere nedbrydningshastighed – i kropsvæv, begrænses vægttabet, og de absorberede næringsstoffer udnyttes mere effektivt. Denne forklaring forudsætter samtidigt, at mælkekirtlens syntesekapacitet ikke er direkte afhængig af tyroxin.

Tabel 12.2. Hormon- og næringsstofkonc. i plasma før og efter kælvning

	Gold-periode	Tidl. lakt.	Før kælvn. 26 – 5 dg.	Efter kælvn. 5 – 21 dg.	Efter kælvn. 27 – 47 dg.
Insulin, μU/ml	16,3	11,0	12	8	11
Glukagon, ng/ml	–	–	0,31	0,51	0,41
Insulin:glukagon	–	–	39	16	27
Væksthormon, ng/ml	3,1	8,1***	3,0	5,4	5,4
Tyroxin, nmol/l	49	40	64	31	41
Glukose, mmol/l	4,2	3,6**	3,8	3,0	3,2
Frie fedtsyrer, μmol/l	161	358***	–	–	–
Reference		Hart et al. 1978		Thilsted 1980	

** $P < 0,01$ *** $P < 0,001$

Tabel 12.2 viser koncentrationen i plasma af de i det foregående omtalte hormoner samt af glukose og frie fedtsyrer dels i goldperioden og dels i den første del af laktationsperioden (Hart et al. 1978, Thilsted 1980). Fra før til efter kælvning sker der et fald i insulinkoncentrationen, en stigning i glukagonkoncentrationen og således især et fald i I:G forholdet. Niveauet af væksthormon og frie fedtsyrer stiger, mens koncentrationen af tyroxin og glukose falder.

Den samlede hormonale regulering af stofskiftet hos malkekøer før og efter kælvning kan resumeres som følger:

Før kælvning i senlaktation og goldperiode er insulinsekretionen stimuleret, hvilket medfører øget optagelse af glukose, acetat og fedtsyrer i fedtvæv (Pike & Roberts 1981) samt en øget fedtsyresyntese og nettoaflejring. Desuden fremmes glukose- og aminosyreoptagelse samt proteinsyntese og -aflejring i muskelvæv. Disse anaboliske virkninger forstærkes af somatomedin, som måske også kontrollerer sekretionen af væksthormon.

Det relativt høje tyroxinniveau stimulerer omsætningen og øger næringsstofforbruget i kropsvævene.

Omsætningen i mælkekirtlen påvirkes henigennem laktationsperioden af den stigende insulin- og faldende væksthormonsekretion således, at optagelsen af næringsstoffer og kapaciteten for mælkesyntese nedsættes.

Virkningen på produktionen bliver således en øget fedt- og proteinaflejring (tilvækst) samt en aftagende mælkeproduktion (fig. 12.12).

Efter kælvning i begyndelsen af laktationen falder sekretionen af insulin og somatomedin, hvorved optagelsen af glukose, acetat og aminosyrer i kropsvævene nedsættes. Fordelingen af de cirkulerende næringsstoffer ændres herved afgørende til fordel for mælkekirtlen, hvis syntesekapacitet er stimuleret af den øgede væksthormonsekretion.

Høj væksthormon- og lav insulinkoncentration resulterer i mobilisering af fedtsyrer og aminosyrer fra kropsvævene, og glukagon stimulerer leverens glukoseproduktion. Aktiviteten af lipoprotein lipase – og dermed optagelsen af fedtsyrer fra blodet – falder i fedtvæv og stiger i mælkekirtel. Ved disse mekanismer øges næringsstofforsyningen til mælkekirtlen yderligere.

Glukosekoncentrationen i blodet er lav – ikke fordi glukoseproduktionen er nedsat, men på grund af en øget optagelse i mælkekirtlen.

Tyroxinkoncentrationen falder som følge af den negative balance i fedt- og muskelvæv, og den lavere tyroxinaktivitet mindsker omsætningshastigheden i kroppens fedt- og proteinpuljer.

Den samlede virkning på produktionen bliver således en nedsat – og ofte negativ – fedt- og proteinaflejring samt en tiltagende mælkesekretion (fig. 12.13).

Sekretion af hormon	Virkning i omsætning	Virkning på produktion
Insulin: +	Øget optagelse af glukose og acetat i fedtvæv Øget fedtsyntese og nedsat fedtmobilisering i fedtvæv Øget glukose og aminosyre-optagelse i muskelvæv Øget proteinsyntese i muskelvæv	ØGET FEDT- OG PROTEIN-AFLEJRING (ØGET TILVÆKST)
Glukagon: ÷	Nedsat optagelse af aminosyrer i lever Nedsat glykogenolyse og glukoneogenese	
Væksthormon: + ÷	Stimulering af somatomedin-sekretion	
Somatomedin: +	Øget optagelse af aminosyrer i muskelvæv Øget proteinsyntese og aflejring i muskel- og bindevæv Kontrol af væksthormonsekretion?	
Tyroxin: +	Øget omsætning i fedt- og muskelvæv	

Fig. 12.12. Hormonal regulering af næringsstofomsætning og produktion før kælvning (senlaktion og goldperiode).

Sekretion af hormon	Virkning i omsætning	Virkning på produktion
Insulin: ÷	Nedsat optagelse af glukose og acetat i fedtvæv Nedsat fedtsyntese og øget mobilisering i fedtvæv Nedsat optagelse af glukose og aminosyrer i muskelvæv Nedsat proteinsyntese i muskelvæv Øget optagelse af glukose og acetat i mælkekirtel	ØGET MOBILISERING I FEDT- OG MUSKELVÆV (VÆGTTAB)
Glukagon: +	Øget optagelse af aminosyrer i lever Øget glykogenolyse og glukoneogenese	
Væksthormon: +	Øget kapacitet for mælkesyntese Øget optagelse af næringsstoffer i mælkekirtel Øget mobilisering i fedtvæv	STIMULERING AF MÆLKEYDELSE
Somatomedin: ÷	Nedsat proteinsyntese og aflejring i muskel- og bindevæv Nedsat hæmning af væksthormonsekretion?	
Tyroxin: ÷ ÷	Nedsat basalstofskifte Nedsat omsætning i fedt- og muskelvæv	

Fig. 12.13. Hormonal regulering af næringsstofomsætning og produktion efter kælvning (tidlig laktation).

12.4 Kvantitativ beskrivelse af den intermediære omsætning

Formålet med at opstille kvantitative modeller for det intermediære stofskifte er at kunne forudsige dyrets livsytringer ved en given ændring i mængden af absorberede næringsstoffer. Anvendelse af sådanne modeller vil f.eks. kunne give en øjeblikkelig vurdering (screening) af ukendte foderrationers virkning på malkekøers produktion. Endvidere giver arbejdet med modeller større muligheder for en præcis erkendelse af manglende viden, som har kvantitativ betydning for omsætningen.

12.4.1 Energivurdering af foderet

De to forskellige foderrationer, hvis kvantitative omsætning i fordøjelseskanalen er beskrevet i kapitel 11, er som nævnt i afsnit 12.1 grundlag for beregningerne over omfanget af det intermediære stofskifte. Roerationen er baseret på et stort indhold af roer + oliekager, og ensilagerationen er baseret på et stort indhold af græsensilage + korn (se kap. 11, tabel 11.1).

Tabel 12.3 viser de absorberede mængder næringsstoffer fra de 2 rationer. De

Tabel 12.3. Næringsstoffer og energi til rådighed pr. dag for den intermediære omsætning

Næringsstof	Absorberet g	Absorberet mol	Absorberet MJ	Mobiliseret mol	Mobiliseret MJ	I alt mol	I alt MJ
Roeration							
Acetat	3501	58,3	51,01			58,3	51,01
Propionat	1986	26,7	40,87			26,7	40,87
Butyrat[1])	136	1,53	3,36			1,53	3,36
β-OH-butyrat	880	8,46	16,88			8,46	16,88
Glukose[1])	155	0,86	2,41			0,86	2,41
Aminosyrer	1987	15,0	39,96	0,53	1,38	15,5	41,34
Fedtsyrer	764	2,98	29,74	1,08	10,77	4,06	40,51
Glycerol	91	0,99	1,65	0,36	0,60	1,35	2,25
Totalt	9500		185,88		12,75		198,6
Ensilageration							
Acetat	3633	60,5	52,94			60,5	52,94
Propionat	2290	30,9	47,13			30,9	47,13
Butyrat[1])	120	1,36	2,97			1,36	2,97
β-OH-butyrat	711	6,84	13,65			6,84	13,65
Glukose[1])	203	1,13	3,17			1,13	3,17
Aminosyrer	1840	13,8	37,00	0,38	0,97	14,2	37,97
Fedtsyrer	741	2,89	28,84	0,76	7,61	3,65	36,45
Glycerol	88	0,96	1,60	0,25	0,42	1,21	2,02
Totalt	9626		187,30		9,00		196,3

[1]) Omsætning under absorptionen (se tekst).

anførte mængder er de samme som i tabel 11.13 (kap. 11), men med følgende korrektioner:

1) Hovedparten (her ansat til 90%) af det i vommen dannede butyrat oxideres til og absorberes som β-OH-butyrat (Kronfeld & Van Soest 1976).
2) Den fordøjede mængde kulhydrater er omregnet til glukose, hvorefter den mængde glukose, der omdannes til glycerol under absorption af fedtsyrer, er trukket fra.
3) De fordøjede mængder protein og fedt er omregnet til henholdsvis aminosyrer og fedtsyrer (palmitat).

Det fremgår af tabellen, at der fra hver af de 2 rationer daglig absorberes ca. 9,5 kg energigivende næringsstoffer svarende til en energimængde på ca. 185 MJ eller ca. 44 Mcal.

Foderrationerne indeholder 16 FE og forudsættes anvendt til køer i begyndelsen af laktationen med en legemsvægt på 600 kg og en ydelse på ca. 30 kg 4% mælk daglig (se kap. 11). Der er foretaget en energivurdering af de 2 rationer i tabellerne 12.4 og 12.5 med det formål at beregne køernes energibalance. Denne vurdering bygger på det af Van Es (1975) foreslåede system.

Tabel 12.4 viser, at fodring med roerationen medfører et dagligt vægttab på 0,51 kg under forudsætning af en mælkeydelse på 30 kg mælk med 4% fedt.

Den anden ration er baseret på græsensilage og indeholder desuden en betydelig mængde korn. Fodringsforsøg har vist, at græsensilage sammenlignet med roer øger mælkeydelsen, men sænker mælkens fedtindhold (Andersen & Sørensen 1963), samt at et højt kornindhold i rationen nedsætter både mælkens

Tabel 12.4. Energivurdering af roeration

Brutto E/kg tørstof [1]):	18,30 MJ
Oms. E/kg tørstof [2]):	11,38 MJ
Brutto E i alt: 18,30 × 17,9 =	*327,5 MJ*
Oms. E i alt: 11,38 × 17,9 =	203,7 MJ
Oms. E/brutto E: q = 100 × 11,38/18,30 =	62,2
Oms. E til vedligehold [3]): 0,490 × $600^{0,75}$ =	59,4 MJ
Foderniveau: 203,7/59,4 – 1 =	2,43
Korrigeret oms. E [2]): 203,7(1 – 0,018 × 2,43) =	*194,8 MJ*
Netto E i alt [2]): 0,60(1 + 0,004(62,2 – 57)) × 194,8 =	*119,3 MJ*
Netto E til vedligehold [2]): 0,293 × $600^{0,75}$ =	35,5 MJ
Netto E til mælkeproduktion + tilvækst: 119,3 – 35,5 =	83,8 MJ
Energi i *30 kg 4% mælk* [4]): 3,15 × 30 =	94,5 MJ
Underskud af netto E: 94,5 – 83,8 =	10,7 MJ
Energi i 1 kg kropsvæv [4]):	25,0 MJ
Udnyttelse af energi i kropsvæv til mælkeproduktion [5]):	84%
Vægttab: 10,7/(25,0 × 0,84) =	*0,51 kg*

[1]) Schiemann et al. (1972), [2]) Van Es (1978), [3]) Van Es (1975),
[4]) Vermorel (1978), [5]) Moe et al. (1971).

Tabel 12.5. Energivurdering af ensilageration

Brutto E i alt [1]): 18,65 × 17,7 =	*330,1 MJ*
Oms. E i alt [2]): 11,65 × 17,7 =	206,2 MJ
Oms. E/brutto E: q = 100 × 11,65/18,65 =	62,5
Foderniveau: 206,2/59,4 – 1 =	2,47
Korrigeret oms. E [2]): 206,2(1 – 0,018 × 2,47) =	*197,0 MJ*
Netto E i alt [2]): 0,60(1 + 0,004(62,5 – 57)) × 197,0 =	*120,8 MJ*
Netto E til mælkeproduktion + tilvækst: 120,8 – 35,5 =	85,3 MJ
Energi i *29,5 kg 4% mælk* [4]): 3,15 × 29,5 =	92,9 MJ
Underskud af netto E: 92,9 – 85,3 =	7,6 MJ
Vægttab: 7,6/(25,0 × 0,84) =	*0,36 kg*

[1]) Schiemann et al. (1972), [2]) Van Es (1978), [3]) Vermorel (1978).

fedtindhold og smørfedtproduktionen (Flatt et al. 1969a). På baggrund af disse iagttagelser antages det, at ensilagerationen i forhold til roerationen resulterer i en lidt større mælkemængde (30,5 kg), en lavere fedtprocent (3,8) og en lidt mindre mængde 4% mælk (29,5 kg). Tabel 12.5 viser, at under denne forudsætning medfører ensilagerationen et dagligt vægttab på 0,36 kg.

Tilsvarende beregninger baseret på et energivurderingssystem af Blaxter (A.R.C. 1965) giver næsten identiske resultater med hensyn til køernes vægttab.

Det kan endelig nævnes, at en beregning af fodereffektiviteten på grundlag af FE-systemet viser, at fodereffektiviteten for roe- og ensilagerationen er henholdsvis 90% og 93% ved de i tabellerne 12.4 og 12.5 anførte mælkeydelser og vægttab. Dette svarer meget nøje til, hvad der er fundet ved helårsforsøgene (se f.eks. Østergaard 1971).

Et kg kropsvæv indeholder ca. 25 MJ (Vermorel 1978), hvilket kan svare til følgende sammensætning: 31% vand, 12% protein og 57% fedt. De beregnede vægttab er i overensstemmelse hermed anført i tabel 12.3 som mobiliserede mængder aminosyrer, fedtsyrer og glycerol, hvilket udgør henholdsvis 12,8 MJ og 9,0 MJ for de 2 rationer.

Summen af de absorberede og mobiliserede mængder af næringsstoffer udgør, hvad der er til rådighed daglig for omsætning i det intermediære stofskifte. Det samlede energiindhold i disse næringsstoffer er 198,6 MJ for roe- og 196,3 MJ for ensilagerationen (tabel 12.3). Af denne energimængde hidrører 55–60% fra VFA (25–30% fra acetat alene), ca. 20% fra aminosyrer, ca. 20% fra fedtsyrer og 2,5% fra glukose og glycerol.

De følgende afsnit behandler den kvantitative omsætning i de enkelte væv, lever, fedtvæv, muskelvæv og mælkekirtel, dels for roe- og dels for ensilagerationen. Alle omsætningshastigheder er angivet som mol næringsstof pr. dag.

12.4.2 Omsætning i leveren, roeration

De mængder af næringsstoffer, som optages af leveren (fig. 12.3), er beregnet på følgende måde:

$^{+}NH_4$: 193 g N fra fordøjelseskanalen (se kap. 11, tab. 11.7, 11.9 og 11.12): 193/14,01 = *13,78 mol.*

Aminosyrer: 15,5 mol absorberet + mobiliseret (tabel 12.3) + 0,7 mol svarende til 13 g endogent urin N (A.R.C. 1965) = *16,2 mol.*

Propionat: absorberet (tabel 12.3) : *26,7 mol.*

Butyrat: absorberet (tabel 12.3) : *1,53 mol.*

Laktat: fra muskelvæv (afsnit 12.4.4) : *1,0 mol.*

Glycerol:
1) 0,99 mol absorberet som triglycerid (tabel 12.3), heraf optages 75% (0,74 mol) af mælkekirtlen (afsnit 12.4.5) og resten, 0,25 mol, optages af leveren
2) mælkekirtlen optager 0,84 mol glycerol fra 1,17 mol triglycerid (afsnit 12.4.5), resten, 0,33 mol glycerol, optages af leveren
3) fedtvævet afgiver 2,86 mol glycerol (afsnit 12.4.3), som optages af leveren, d.v.s. i alt: 0,25 + 0,33 + 2,86 = *3,44 mol.*

Fedtsyrer:
1) 0,25 mol af absorberet triglycerid, d.v.s. 0,75 mol fedtsyrer, optages af leveren (se ovenfor)
2) fedtvævet afgiver 2,08 mol fedtsyrer (afsnit 12.4.3), heraf optager muskelvæv 1,0 mol (afsnit 12.4.4), og leveren resten, 1,08 mol, d.v.s. i alt: 0,75 + 1,08 = *1,83 mol.*

De kvantitativt vigtigste processer i leveren er glukoneogenese, urinstofsyntese, proteinsyntese og -nedbrydning (protein turnover), lipoproteinsyntese, ketonstofdannelse og oxidationer (fig. 12.3).

Glukoneogenesens substrater udgøres af aminosyrer, laktat, glycerol og propionat.

Forbruget af aminosyrer til vedligehold og mælkeproteinsyntese er tilsammen 11,0 mol (afsnit 12.4.5 og 12.4.6). Den resterende mængde, som kan udnyttes i leveren til glukoseproduktion, er således 16,2 – 11,0 = 5,2 mol. Disse 5,2 mol aminosyrer omdannes til 2,6 mol glukose.

Den optagne mængde laktat, 1,0 mol, omdannes til 0,5 mol glukose.

Af de 3,44 mol glycerol optaget anvendes 0,43 mol til lipoproteinsyntese (se nedenfor) og resten, 3,0 mol, omdannes til 1,5 mol glukose.

Den totale omsætning af glukose i dyret (glukose flux) kan beregnes på grundlag af mælkekirtlens glukoseoptagelse. Optagelsen af glukose i mælkekirtlen angives at variere fra 60 til 95% af den totale flux (Annison 1976, Elliot 1976) og ansættes i disse beregninger til 80% (Lindsay 1971). Mælkekirtlens optagelse er 11,42 mol (afsnit 12.4.5), og glukose flux udgør da 11,42/0,80 = 14,27 mol. Dette svarer præcis til, hvad der er målt på en 600 kg ko med 30 kg mælk i begyndelsen af laktationen (Thilsted 1980). Da der absorberes 0,86 mol glukose (tabel 12.3), må glukoneogenesen udgøre 14,27 – 0,86 = *13,4 mol glukose*.

Der er dannet 2,6 + 0,5 + 1,5 = 4,6 mol glukose fra aminosyrer, laktat og glycerol. Den resterende mængde 13,4 – 4,6 = 8,8 mol glukose dannes da fra 8,8 × 2 = 17,6 mol propionat.

Den mængde glukose, der syntetiseres fra propionat (8,8 mol), udgør 66% af den samlede glukoseproduktion. Dette er lidt højere end fundet af Wiltrout & Satter (1972), hvilket kan skyldes, at en del propionat oxideres til laktat i leveren inden omdannelse til glukose (Young 1977).

Aminosyrernes andel i glukoneogenesen er ca. 20% som antaget af Elliot (1976).

Urinstofsyntese. Den mængde $^{+}NH_4$, der omdannes til urinstof, kommer dels fra fordøjelseskanalen (13,78 mol) og dels fra deaminerede aminosyrer i leveren (5,2 × 1,33 = 6,92 mol) – således i alt 20,70 mol. Den totale urinstofsyntese bliver da *10,35 mol*, men heraf recirkuleres 65 g N = 2,32 mol urinstof til fordøjelseskanalen (se kap. 11, tabel 11.4), og der udskilles derfor kun 8,03 mol urinstof (225 g N) i urinen.

Koens N-balance kan herefter opstilles:

N i urin	= 225 g
N i gødning (se kap. 11, fig. 11.1) : 914/6,25	= 146 g
N i mælk (se afsnit 12.4.5) : 8,5 × 1,3 × 14,01	= 155 g
N i tilvækst : –0,53 × 1,3 × 14,01	= –10 g
	516 g
N i foder (se kap. 11, tabel 11.4)	= 516 g

Protein turnover. Leverproteinernes syntesehastighed antages at være lig med nedbrydningshastigheden som gennemsnit for et døgn. Protein turnover er derfor lig med proteinsyntesehastigheden, som er målt til 15% af puljestørrelsen pr. dag hos en goldko (Lobley et al. 1980). Leverens aktivitet er sandsynligvis øget under laktation, og hastigheden for proteinsyntesen ansættes her til 20% af puljen pr. dag. Leverens vægt er ca. 1,5% af legemsvægten (Baldwin & Smith 1982), og leverens proteinindhold er 20% (Lobley et al. 1980). Proteinpuljen er da 600 × 0,015 × 0,20 × 1000 = 1800 g, og proteinsyntesen 1800 × 0,20 = 360 g protein svarende til *3,1 mol aminosyrer*.

Lipoproteinsyntese. Mælkekirtlen optager i alt 3,51 mol fedtsyrer fra 1,17 mol triglycerid (afsnit 12.4.5). Af de 1,17 mol triglycerid stammer 0,75 mol som tidligere nævnt direkte fra den absorberede chylomikronfraktion, medens resten *0,43 mol,* hidrører fra lipoproteiner dannet i leveren (VLDL). Der medgår således 0,43 mol glycerol og 1,3 mol fedtsyrer til lipoproteinsyntesen.

Ketonstofdannelsen kan beregnes til 1,9 mol C-4 ketonstof ud fra en model af Baldwin & Smith (1982). I nærværende model forudsættes en ketonstofproduktion på *2,0 mol β-OH-butyrat,* og heri er indbefattet eventuel produktion af endogent acetat. De 2,0 mol ketonstof dannes af 4,0 mol acetyl-CoA, som dannes ved β-oxidation af 0,5 mol fedtsyrer.

Oxidationer. De af leverens næringsstoffer, som ikke er omsat ved de forannævnte processer, d.v.s. 26,7 – 17,6 = 9,1 mol propionat og 1,53 mol butyrat, oxideres i mitokondrierne gennem citronsyre cyklus. Herved dannes *17,2 MJ varme,* hvilket er i god overensstemmelse med varmeproduktionen i leveren hos en lakterende ko angivet af Baldwin & Smith (1982).

Ved oxidation af 9,1 mol propionat og 1,53 mol butyrat til CO_2 samt 0,5 mol fedtsyrer til acetyl-CoA dannes 223 mol ATP. Forbruget til urinstofsyntese, proteinsyntese, glukoneogenese, ketogenese samt aktivering af glycerol og fedtsyrer udgør 129 mol ATP, d.v.s. 58% af produktionen.

12.4.3 Omsætning i fedtvæv, roeration

Figur 12.5 viser omfanget af de vigtigste stofskifteprocesser i fedtvævet.

Esterificering af fedtsyrer til triglycerid angives som henholdsvis 5 mol og 10 mol fedtsyrer pr. dag i modeller af Baldwin et al. (1976) og af Baldwin & Smith (1982). Esterificeringshastigheden er i nærværende model ansat til 7,5 mol pr. dag svarende til 2,5 mol triglycerid.

Lipolysehastigheden er følgelig 8,58 mol fedtsyrer pr. dag, da mobiliseringen, d.v.s. nettotabet, fra fedtvævet udgør 1,08 mol fedtsyrer (tabel 12.3).

Fedtsyresyntesen ud fra acetat og β-OH-butyrat ansættes til 1,0 mol (Baldwin & Smith 1982), og 7,5 – 1,0 = 6,5 mol frie fedtsyrer fra nedbrudt triglycerid bliver således genbrugt i fedtsyre cyklus og reesterificeres til triglycerid.

Balancen i fedtsyre cyklus, d.v.s. frigørelsen fra vævet, bliver da 8,58 – 6,5 = *2,08 mol fedtsyrer* og 8,58/3 = *2,86 mol glycerol.*

Acetat og β-OH-butyrat antages at bidrage ligeligt til de første 4 C-atomer i de syntetiserede fedtsyrer, som det er tilfældet i mælkekirtelvæv (Bauman & Davis 1975). De resterende C-atomer i fedtsyrekæden tilføres som acetat. Der medgår derfor 0,5 mol β-OH-butyrat og 7,0 mol acetat til syntesen af 1,0 mol fedtsyre (palmitat). Forbruget af reduktionsækvivalenter til syntesen udgør 0,5 × 13 + 0,5 × 14 = 13,5 mol NADPH, hvoraf 67% = 9,0 mol dannes i pentosefosfat cyklus, og 33% = 4,5 mol dannes i isocitrat cyklus (Baldwin et al. 1976).

Glukoseomsætningen omfatter dels syntese af 2,5 mol α-glycerol-P til esterificering af 7,5 mol frie fedtsyrer og dels oxidation gennem pentosefosfat cyklus til dannelse af 9,0 mol NADPH. Fedtvævets optagelse af glukose kan herudfra beregnes til *2,0 mol* som vist i figur 12.5.

Oxidation af acetat og β-OH-butyrat i mitokondrierne er ansat til henholdsvis 3,5 og 2,0 mol som vist i en model af Baldwin et al. (1976). Den cellulære optagelse i fedtvævet bliver således 7,0 + 3,5 = *10,5 mol acetat* og 0,5 + 2,0 = *2,5 mol β-OH-butyrat*.

Varmeproduktionen ved oxidation af glukose, acetat og β-OH-butyrat kan beregnes til *6,65 MJ*, når der korrigeres for den energi, som bindes og overføres med NADPH.

Oxidation af 3,5 mol acetat og 2,0 mol β-OH-butyrat udelukkende gennem citronsyre cyklus giver 85,0 mol ATP. Dannelse af 4,5 mol NADPH gennem omsætning i isocitrat cyklus giver et tab på 4,5 × 3 = 13,5 mol ATP. Produktionen bliver derfor i alt 85,0 – 13,5 = 71,5 mol ATP. Forbruget i cytoplasmaet til glukose- og fedtsyrestofskifte kan beregnes til 42,0 mol ATP eller 59% af, hvad der dannes. Resten, 29,5 mol, repræsenterer fedtvævets basale ATP-forbrug, som af Baldwin et al. (1976) er angivet til 35 mol ATP og af Baldwin & Smith (1982) til 22 mol ATP.

12.4.4 Omsætning i muskelvæv, roeration

Den kvantitative næringsstofomsætning i muskelvævet fremgår af figur 12.7.

Hastigheden for *protein turnover* er ca. 1% af muskelproteinpuljen pr. dag hos udvoksede køer, d.v.s. at der daglig syntetiseres 450 g protein svarende til 3,9 mol aminosyrer (Lobley et al. 1980). Mobiliseringen af aminosyrer er 0,53 mol (tabel 12.3), og proteinnedbrydningen udgør derfor i alt 4,43 mol aminosyrer.

Omsætningen af næringsstoffer i muskelvæv hos får er undersøgt ved målinger af næringsstof- og iltoptagelsen (Jarrett et al. 1976, c.e. Madsen 1981c). På grundlag af disse målinger kan muskelvævets optagelse af fedtsyrer, β-OH-butyrat og glukose gældende for en ko på 600 kg beregnes til henholdsvis 1, 1 og 3 mol pr. dag. Glukoseoptagelsen er sandsynligvis relativt lavere hos malkekøer i begyndelsen af laktationen end hos får (se figur 12.13) og er skønsmæssigt reduceret til 0,5 mol.

Muskelvævets totale energiforbrug i form af ATP kan beregnes til ca. 10 gange ATP-forbruget til proteinsyntese (Madsen 1981c). Dette udgør 3,9 × 5 = 19,5 mol ATP, og ATP-produktionen er derfor 200 mol i alt. Oxidation af 1 mol fedtsyrer og 1 mol β-OH-butyrat til CO_2 samt 0,5 mol glukose til laktat giver 155 mol ATP. De resterende 45 mol ATP til dækning af behovet produceres ved oxidation af 4,5 mol acetat.

Den samlede optagelse af næringsstoffer er således *0,5 mol glukose, 1,0 mol*

fedtsyrer, 4,5 mol acetat og *1,0 mol β-OH-butyrat*. Afgivelsen fra vævet er *0,53 mol aminosyrer* og *1,0 mol laktat*.

Oxidation af de anførte næringsstoffer giver en varmeproduktion på *15,9 MJ*. Iltforbruget til festsyreoxidation udgør ca. 60% af vævets totale iltoptagelse (Madsen 1981c). Det samlede O_2-forbrug til oxidationer i figur 12.7 kan beregnes til 36,5 mol, hvoraf 23 mol, d.v.s. 63%, anvendes til oxidation af fedtsyrer.

Energiforbruget til muskelaktivitet angives af M.A.A.F. (1975) som 10% af behovet til vedligehold, der ifølge tabel 12.4 udgør 59,4 MJ omsættelig energi. Forbruget til muskelarbejde er derfor 6 MJ svarende til 75 mol ATP. Det beregnede ATP-forbrug til proteinsyntese og muskelaktivitet er således 95 mol eller 47,5% af den totale produktion på 200 mol.

12.4.5 Omsætning i mælkekirtel, roeration

Modelkoens mælkeydelse er 30 kg mælk med 3,4% protein, 4,0% fedt og 4,8% laktose. Synteserne i mælkekirtlen omfatter således daglig:

1020 g protein ~ *8,5 mol aminosyrer*

1200 g fedt ~ *1,61 mol triglycerid* ~ 4,83 mol fedtsyrer

1440 g laktose ~ *4,21 mol laktose* ~ 8,42 mol glukose.

Mælkens energiindhold er 94,5 MJ (jfr. tabel 12.4), og denne energimængde udgør 75% af mælkekirtlens samlede energioptagelse (Linzell 1974, c.e. Baldwin & Smith 1982). Næringsstofoptagelsen i vævet er derfor 94,5/0,75 = *126,0 MJ*. Omsætningen af disse næringsstoffer er vist i figur 12.8.

Proteinsyntesens forbrug og dermed mælkekirtlens optagelse af aminosyrer (Bickerstaffe et al. 1974) er *8,5 mol*.

Fedtsyntesen sker dels med fedtsyrer dannet i mælkekirtlen og dels med fedtsyrer optaget fra blodet. De følgende beregninger er baseret på fedtsyresammensætningen i mælkefedt fundet af Palmquist & Conrad (1978):

40 vægtpct. af fedtsyrerne, d.v.s. fra C_4 til og med halvdelen af C_{16}, syntetiseres fra acetat og β-OH-butyrat. Dette giver 2,32 mol fedtsyrer med gennemsnitlig molvægt på 192 og 12 C-atomers kædelængde. Resten af fedtsyrerne (60 vægtpct.) optages fra blodet, d.v.s. 2,51 mol fedtsyrer med molvægt 276 og 18 C-atomers kædelængde. Den samlede fedtsyntese udgøres således af 4,83 mol fedtsyrer (gns. molvægt 236), der forestres med glycerol-P til 1,61 mol triglycerid.

Til syntese af 2,32 mol C_{12}-fedtsyrer forbruges 1,16 mol β-OH-butyrat og 11,6 mol acetat samt $1{,}16 \times 9 + 1{,}16 \times 10 = 22{,}0$ mol NADPH.

Ifølge en model af Baldwin & Smith (1982) optager mælkekirtlen i alt 3,0 mol fedtsyrer, hvoraf 0,5 mol oxideres. Dette estimat er imidlertid en undervurdering, fordi Baldwin & Smith ikke har medregnet mælkekirtlens energiforbrug til vedligeholdelse. Fedtsyreforbruget til oxidation ansættes derfor højere (til 1,0 mol) i nærværende model, og den totale optagelse til fedtsyntese og oxidation

bliver 2,51 + 1,0 = *3,51 mol fedtsyrer*. Mælkekirtlen optager fedtsyrer fra 75% af absorberet chylomikron triglycerid (Mendelson et al. 1977, Palmquist & Mattos 1978), d.v.s. 2,22 mol fedtsyrer fra 0,74 mol triglycerid. Resten af fedtsyrerne 3,51 – 2,22 = 1,29 mol optages fra 0,43 mol VLDL triglycerid, som syntetiseres i leveren (afsnit 12.4.2).

Da de optagne fedtsyrer forudsættes at være palmitat (C_{16}), og da de 2,51 mol til fedtsyntese er C_{18}, bliver kædelængden på de oxiderede fedtsyrer 10 C-atomer.

Glyceroloptagelsen er lig med den mængde, der anvendes til esterificering af fedtsyrerne fra blodet, d.v.s. 2,51/3 = *0,84 mol glycerol*. Resten af glycerolet 1,61 – 0,84 = 0,77 mol dannes i vævet fra glukose.

Laktosesyntesen forbruger 2 × 4,21 = 8,42 mol glukose. Forbruget i vævet herudover er 3 mol (Baldwin & Smith 1982), og optagelsen er således i alt *11,42 mol glukose* i overensstemmelse med angivelse af Kronfeld (1976).

NADPH (22,0 mol) til mælkefedtsyntesen dannes ligeligt fra pentosefosfat cyklus og isocitrat cyklus (Bauman & Davis 1975). De 11,0 mol NADPH skaffes således ved omsætning af 5,5 mol glukose til ribose-5-P, idet 2,5 mol fruktose-6-P recirkulerer til glukose-6-P. Herved dannes 1,83 + 2,34 = 4,17 mol glyceraldehyd-3-P, hvoraf 0,77 mol reduceres til glycerol-P, og 3,4 mol oxideres til pyruvat og videre gennem citronsyre cyklus til CO_2.

Fordelingen af den optagne glukosemængde er ifølge ovenstående 8,42 mol = 74% til syntese af laktose, 5,5/6 + 1,7 = 2,62 mol = 23% til oxidation og 0,38 mol = 3% til syntese af glycerol. Denne fordeling er præcis som beregnet af Smith (1971).

De optagne næringsstoffers energiindhold (8,5 mol aminosyrer, 11,42 mol glukose, 0,84 mol glycerol og 3,51 mol fedtsyrer) kan beregnes til 91,2 MJ. Den totale energioptagelse er 126,0 MJ, og de resterende 34,8 MJ udgøres af acetat og β-OH-butyrat. Optagelsen af β-OH-butyrat er 14–15 g pr. kg mælk (Linzell 1974), d.v.s. *4,26 mol* svarende til 8,5 MJ. Acetatoptagelsen beregnes da som 34,8 – 8,5 = 26,3 MJ eller *30,0 mol*. Heraf anvendes 11,6 mol til fedtsyresyntese og 18,4 mol ~ 60% til oxidation, hvilket svarer til angivelse af Annison & Armstrong (1970).

Oxidationer i citronsyre cyklus omfatter 18,4 mol acetat, 1,0 mol fedtsyrer (C_{10}), 4,26 – 1,16 = 3,1 mol β-OH-butyrat og 3,4 mol pyruvat. Desuden oxideres 5,5/6 = 0,92 mol glukose til CO_2 og 1,7 mol glukose til pyruvat i cytoplasmaet. Ved disse oxidationer udvikles *31,8 MJ* varme, når der korrigeres for energioverførslen i 22 mol NADPH. Samtidig dannes 370 mol ATP, men forbruget til synteserne af protein, fedt og laktose udgør 97 mol ATP, d.v.s. kun 26% af produktionen. Dette giver indtryk af en meget høj metabolisk aktivitet i mælkekirtlen – en aktivitet, der åbenbart er nødvendig for opretholdelse af sekretoriske cellestrukturer, for transport af næringsstoffer og synteseprodukter samt for vævets vedligeholdelse og varmeafgivelse i øvrigt.

12.4.6 Omsætning i andre væv, roeration

Protein til vedligehold repræsenteres af den mængde endogent N, der udskilles i gødning og urin.

Endogent N i gødning udgør 29% af »metabolic faecal nitrogen«, hvoraf resten (71%) er mikrobielt N, som igen udgør 55% af total-N i gødning (Mason et al. 1977). Det samlede N-tab i gødning er 146 g (se afsnit 12.4.2), og det endogene bidrag beregnes som 146 × 0,55 × 0,29/0,71 = 33 g N.

Endogent N i urin beregnes ifølge A.R.C. (1965) som 0,12 × kg legemsvægt^{0,75} = 0,12 × 600^{0,75} = 13 g N, d.v.s. proteinbehovet til vedligehold er 46 g N svarende til 290 g protein eller *2,5 mol aminosyrer.*

Oxidationer. Der er indtil nu gjort rede for omsætningen af samtlige næringsstoffer til rådighed for stofskiftet (se tabel 12.3) undtagen følgende: *0,34 mol glukose, 13,3 mol acetat* og *2,7 mol β-OH-butyrat.* Disse næringsstoffer oxideres i andre væv end de hidtil omtalte, og herved dannes *17,97 MJ varme.*

12.4.7 Energiomsætning, roeration

Omsætningen af den energimængde, der er til rådighed for det intermediære stofskifte, er i de foregående afsnit behandlet teoretisk på grundlag af de forskellige vævs optagelse af næringsstoffer samt disses biokemiske reaktioner i cellerne.

I dette afsnit præsenteres energiomsætningen i en mere overskuelig form, idet den udtrykkes i begreber, som er almindeligt anvendte ved energistofskiftemålinger. Herved gøres det også muligt at vurdere de teoretiske beregninger ved en sammenligning med faktisk målte størrelser.

Den totale varmeproduktion i dyret er summen af forgæringsvarmen produceret i fordøjelseskanalen og den varme, der dannes ved næringsstoffernes intermediære omsætning i kropsvæv og mælkekirtel.

Forgæringsvarmen fra vom-netmave og blind-tyktarm, som beregnes ud fra oplysninger i kapitel 11 om energitilførsel og -fraførsel i disse fordøjelsesafsnit, er henholdsvis 21,0 og 2,9 MJ, i alt *23,9 MJ.*

Varmeproduktionen i den intermediære omsætning er summen af de enkelte vævs varmedannelse, som er beregnet i de foregående afsnit: 17,2 + 6,65 + 15,9 + 31,8 + 17,97 = *89,5 MJ.*

Den totale varmeproduktion er da 23,9 + 89,5 = *113,4 MJ.*

Netto energi til produktion er summen af energi i mælk og aflejret energi, d.v.s. 94,5 – 12,75 (se tabel 12.3) = *81,75 MJ.*

Omsættelig energi er summen af total varmeproduktion og nettoenergi til produktion, 113,4 + 81,75 = *195,15 MJ.*

Fordøjelig energi er summen af omsættelig energi, energi i metan og energi i urin.

Metanproduktionen er 23,2 mol (se kap. 11, tabel 11.3 og 11.11) svarende til *20,65 MJ.*

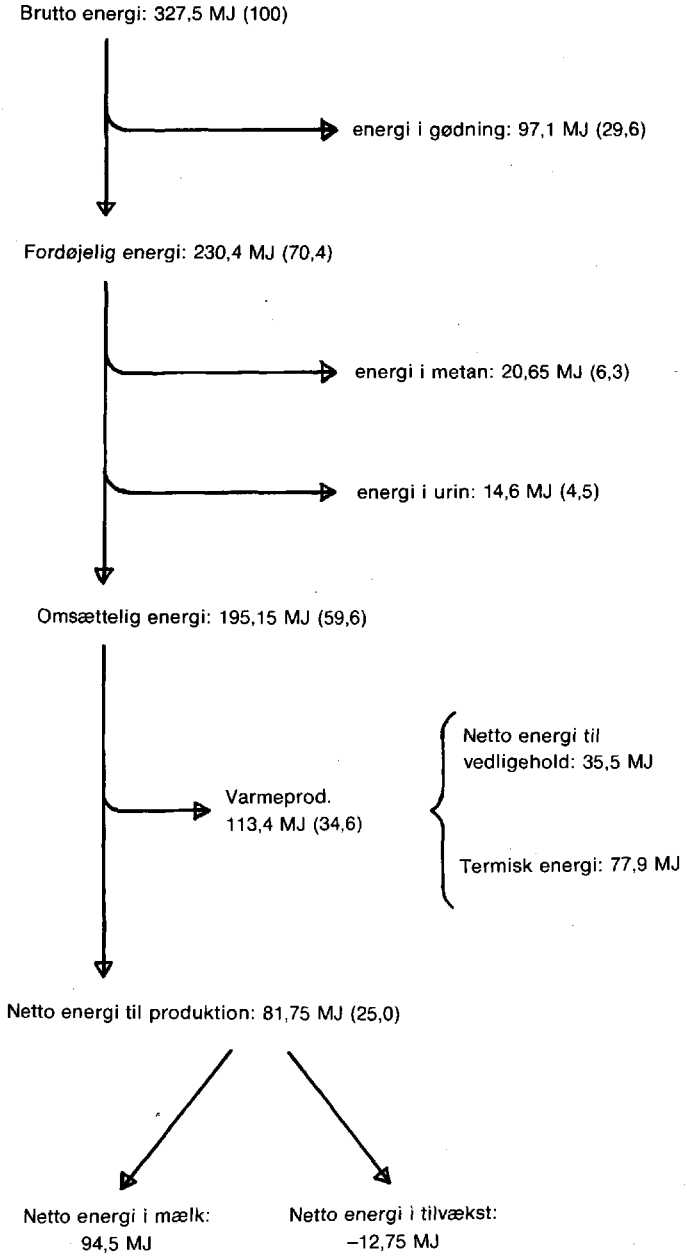


Fig. 12.14. Inddeling af foderets energiindhold (foeration).

Energi udskilt i urinen beregnes som absorberet + mobiliseret energi (tabel 12.3) – energi i mælk – intermediær varmeproduktion: 198,6 – 94,5 – 89,5 = *14,6 MJ*.

Fordøjelig energi er da 195,15 + 20,65 + 14,6 = *230,4 MJ*.

Brutto energi (se tabel 12.4): *327,5 MJ*.

Figur 12.14 viser opdelingen af foderets energiindhold i de ovennævnte begreber angivet dels som MJ og dels som procent af brutto energien.

Energiens fordøjelighed er 70% eller det samme som fordøjeligheden af organisk stof (se kap. 11, fig. 11.1).

Energitabene i metan, urin og varme er henholdsvis 6,3, 4,5 og 34,6%, hvilket er i overensstemmelse med resultater af energistofskiftemålinger (Coppock et al. 1964, Flatt et al. 1969b).

Den omsættelige energi er 195,2 MJ eller 59,6%. Dette kan sammenlignes med 194,8 MJ korrigeret omsættelig energi beregnet på et helt andet grundlag i tabel 12.4.

Netto energi til produktion udgør kun 25% af foderets totale energiindhold. Netto energi til vedligehold er 35,5 MJ (tabel 12.4), og netto energiindholdet er således i alt 81,75 + 35,5 = 117,25 MJ svarende til 117,25/16 = 7,33 MJ pr. FE.

12.4.8 Forskelle i omsætning af roe- og ensilageration

Der findes næsten intet eksperimentelt grundlag til at forudsige noget om eventuelle forskelle i den intermediære omsætning af roefoder + oliekager og græsensilage + korn. Det kan imidlertid antages, at dyr, som fodres med ensilagerationen, har en lidt højere insulinsekretion på grund af en større propionsyreabsorption (tabel 12.3). Med denne forudsætning og ud fra insulins regulerende virkninger på stofskiftet (se afsnit 12.3.4) skønnes ensilagerationen at medføre følgende små ændringer i forhold til roerationen:

1) øget optagelse af glukose, acetat og fedtsyrer i fedtvæv
2) øget glukoseoxidation gennem pentosefosfat cyklus, øget glycerolsyntese, øget fedtsyresyntese og esterificiering i fedtvæv
3) øget optagelse af glukose og aminosyrer i muskelvæv
4) øget proteinsyntese i muskelvæv.

De to foderrationers virkning på mælkeydelse og tilvækst er diskuteret i afsnit 12.4.1.

I de følgende afsnit gennemgås omsætningen af ensilagerationen på samme måde, som det er gjort for roerationen i afsnittene 12.4.2 – 12. 4.7. Beskrivelsen er tilstræbt meget kortfattet, idet der med hensyn til forklaring af de enkelte proceshastigheder (mol/dag) kan henvises til de foregående afsnit samt de skønnede ændringer i forhold hertil.

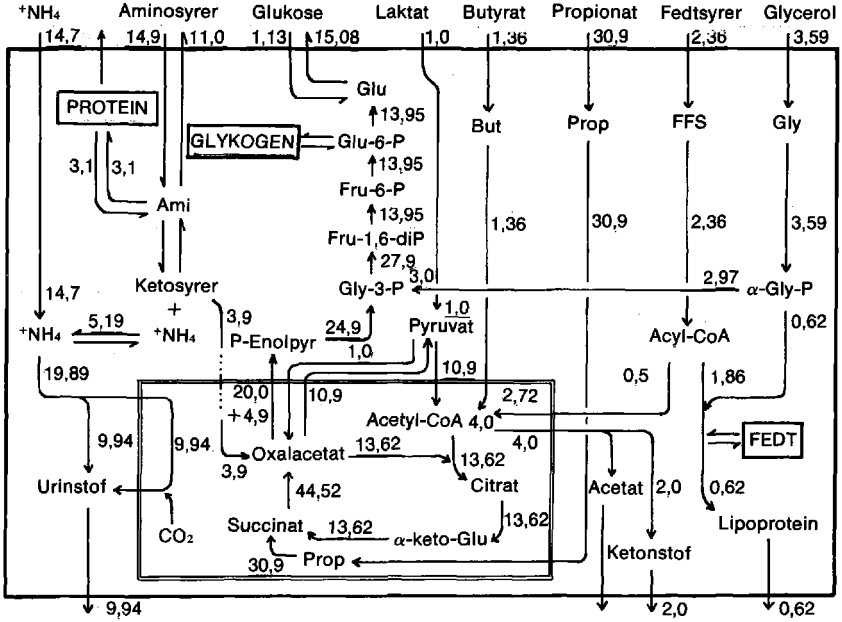


Fig. 12.15. Kvantitativ omsætning i lever (ensilageration).

12.4.9 Omsætning i leveren, ensilageration

Leverens stofskifte er vist i figur 12.15. De optagne næringsstoffer er følgende:

$^+NH_4$: 206 g N fra fordøjelseskanalen: 206/14,01 = *14,7 mol.*
Aminosyrer: 14,2 mol absorberet + mobiliseret + 0,7 mol svarende til 13 g endogent urin N = *14,9 mol.*
Propionat: absorberet *30,9 mol.*
Butyrat: absorberet *1,36 mol.*
Laktat: fra muskelvæv *1,0 mol.*
Glycerol:
1) 0,96 mol absorberet som triglycerid, heraf optages 75% af mælkekirtlen, og resten, 0,24 mol, optages af leveren
2) mælkekirtlen optager 0,84 mol glycerol fra 1,17 mol triglycerid, resten, 0,33 mol, optages af leveren
3) fedtvævet optager fedtsyrer fra 0,17 mol triglycerid, og glycerolet herfra optages af leveren
4) fedtvævet afgiver 2,85 mol glycerol, som optages af leveren, d.v.s. i alt: 0,24 + 0,33 + 0,17 + 2,85 = *3,59 mol.*

Fedtsyrer:
1) 0,24 mol af absorberet triglycerid, d.v.s. 0,72 mol fedtsyrer, optages af leveren

2) fedtvævet afgiver 2,76 mol fedtsyrer, heraf optager muskelvæv 1,12 mol og leveren resten, 1,64 mol, d.v.s. i alt: 0,72 + 1,64 = *2,36 mol.*

Glukoneogenese: Ca. 65% af absorberet propionat omdannes til glukose (afsnit 12.4.2). Propionsyrens relative bidrag til syntesen af glukose er derfor forøget i forhold til roerationen på grund af den større tilgængelighed af propionat.

Aminosyrer: 14,9 – 11,0 = 3,9 mol →	1,95 mol glukose
Laktat: 1,0 mol →	0,50 mol glukose
Glycerol: 3,6 – 0,6 = 3,0 mol →	1,50 mol glukose
Propionat: 30,9 × 0,65 = 20,0 mol →	10,00 mol glukose
	I alt *13,95 mol glukose*

Urinstofsyntese: (14,7 + 3,9 × 1,33)/2 = *9,94 mol urinstof.*

Heraf recirkulerer 2,32 mol til fordøjelseskanalen, og 7,62 mol (214 g N) udskilles i urinen.

Koens N-balance kan beregnes som følger:

N i urin:	214 g
N i gødning:	141 g
N i mælk:	155 g
N i tilvækst:	– 7 g
N i foder	503 g

Protein turnover: 3,1 mol aminosyrer.

Lipoproteinsyntese: Mælkekirtel og fedtvæv optager fedtsyrer fra 1,34 mol triglycerid, hvoraf 0,72 mol er fra chylomikroner. Resten, 1,34 – 0,72 = *0,62 mol,* dannes som VLDL i leveren fra 0,62 mol glycerol og 1,86 mol fedtsyrer.

Ketonstofdannelse: 2,0 mol β-OH-butyrat fra 0,5 mol fedtsyrer.

Oxidationer: 30,9 – 20,0 = 10,9 mol propionat og 1,36 mol butyrat oxideres til CO_2 og *19,6 MJ varme.*

12.4.10 Omsætning i fedtvæv, ensilageration

Figur 12.16 viser næringsstoffernes omsætningshastighed i fedtvævet.

Esterificeringen af fedtsyrer er forøget i forhold til roerationen og udgør 7,8 mol fedtsyrer svarende til 2,6 mol triglycerid.

Lipolysen er 7,8 + 0,76 = 8,56 mol fedtsyrer, da fedtvævets nettotab er 0,76 mol.

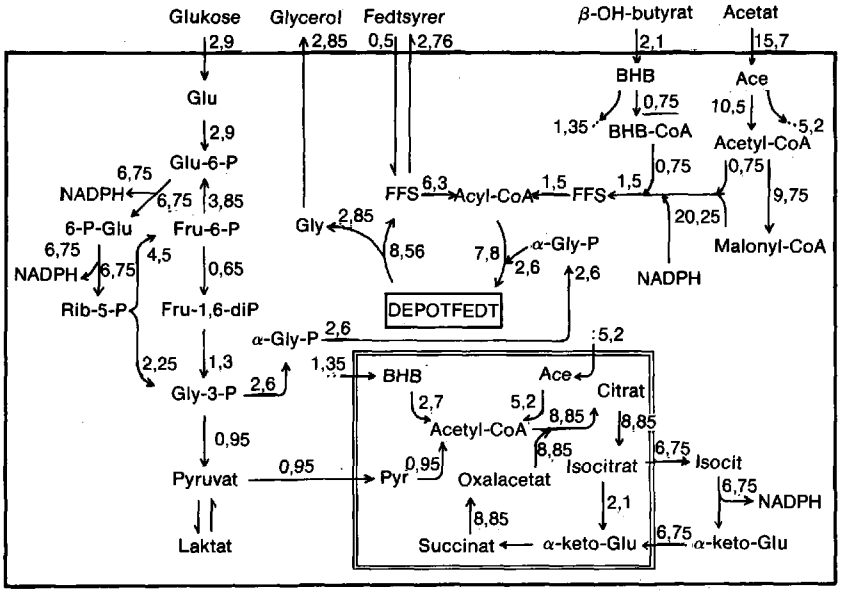


Fig. 12.16. Kvantitativ omsætning i fedtvæv (ensilageration).

Fedtsyresyntesen er stimuleret, og der dannes 1,5 mol fedtsyrer fra 10,5 mol acetat og 0,75 mol β-OH-butyrat. Hertil forbruges 20,25 mol NADPH, hvoraf 13,5 mol dannes ved omsætningen af glukose, og 6,75 mol dannes i isocitrat cyklus. Reesterificeringen af frie fedtsyrer omfatter 7,8 – 1,5 = 6,3 mol.

Der optages 0,5 mol fedtsyrer fra blodet, og *balancen* i fedtsyre cyklus bliver 8,56 + 0,5 – 6,3 = *2,76 mol fedtsyrer* og 8,56/3 = *2,85 mol glycerol.*

Glukoseomsætning. Optagelsen af glukose er forøget til *2,9 mol*. Heraf forbruges 1,3 mol til glycerolsyntese, 6,75/6 = 1,125 mol oxideres til CO_2 i cytoplasmaet, og resten (0,475 mol) omsættes til 0,95 mol pyruvat.

Optagelsen af β-OH-butyrat er nedsat i forhold til roerationen proportionalt med den tilgængelige mængde: (6,84 + 2,0) / (8,46 + 2,0) × 2,5 = 0,85 × 2,5 = *2,1 mol*. Fedtvævets basale ATP-forbrug er 30 mol, og forbruget til synteser kan beregnes til ca. 50 mol ATP. Der skal foruden de nævnte næringsstoffer optages *15,7 mol acetat* for at dække det samlede energibehov.

Oxidationer: 1,6 mol glukose, 2,1 –0,75 = 1,35 mol β-OH-butyrat og 15,7 – 10,5 = 5,2 mol acetat oxideres, hvorved der frigøres *8,0 MJ varme* efter korrektion for energi overført med NADPH.

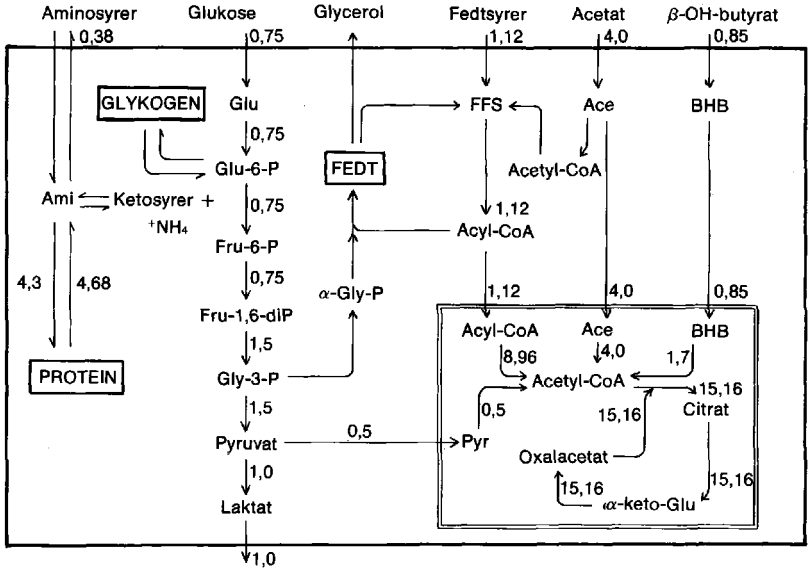


Fig. 12.17. Kvantitativ omsætning i muskelvæv (ensilageration).

12.4.11 Omsætning i muskelvæv, ensilageration

Muskelvævets næringsstofomsætning fremgår af figur 12.17.

Proteinsyntesen forudsættes øget til 4,3 mol aminosyrer pr. dag. Der frigøres 0,38 mol aminosyrer fra vævet, og nedbrydningen udgør således 4,68 mol.

Glukoseoptagelsen er stimuleret og ansat til *0,75 mol,* hvoraf 0,5 mol omsættes til laktat, og 0,25 mol oxideres til CO_2 i mitokondrierne. Der optages *1,12 mol fedtsyrer* og 0,85 × 1,0 = *0,85 mol β-OH-butyrat.* Da vævets totale energibehov er 10 gange forbruget til proteinsyntese, må der yderligere optages *4,0 mol acetat* til oxidation.

Udskillelsen til blodet omfatter *0,38 mol aminosyrer* og *1,0 mol laktat.*

Oxidation af glukose, fedtsyrer, acetat og β-OH-butyrat gennem citronsyre cyklus giver en varmeproduktion på *17,1 MJ.*

12.4.12 Omsætning i mælkekirtel, ensilageration

Mælkeydelsen er 30,5 kg mælk med 3,34% protein, 3,79% fedt og 4,8% laktose svarende til følgende mængder:

1020 g protein ~ *8,5 mol aminosyrer*

1155 g fedt ~ 1,54 mol triglycerid ~ 4,61 mol fedtsyrer

1464 g laktose ~ *4,28 mol laktose* ~ 8,56 mol glukose.

Mælkens energiindhold er 92,9 MJ, og mælkekirtlens totale energioptagelse kan beregnes til 92,9/0,75 = *124,0 MJ*. Denne energimængde skaffes ved optagelse af *8,5 mol aminosyrer, 11,06 mol glukose, 0,84 mol glycerol, 3,51 mol fedtsyrer, 30,4 mol acetat* og *3,65 mol β-OH-butyrat*. Omsætningen af disse næringsstoffer er vist i figur 12.18.

Proteinsyntese: 8,5 mol aminosyrer.

Fedtsyntese. Den lavere fedtproduktion i forhold til roerationen skyldes en nedgang i fedtsyresyntesen ud fra acetat og β-OH-butyrat. Fedtsyntesen omfatter således 2,51 mol langkædede fedtsyrer (gns. C_{18}) fra blodet og 2,10 mol syntetiserede fedtsyrer (gns. C_{12}), ialt 4,61 mol forestret med glycerol til 1,54 mol triglycerid. Forbruget af reduktionsækvivalenter til fedtsyresyntesen udgør 2,10 × 9,5 = 20,0 mol NADPH.

Laktosesyntese: 2 × 4,28 = 8,56 mol glukose.

Der omsættes 5,0 mol glukose gennem pentosefosfat cyklus, idet 2,5 mol fruktose-6-P recirkulerer til glukose-6-P. Herved dannes 1,67 + 1,66 = 3,33 mol glyceraldehyd-3-P, hvoraf 0,70 mol reduceres til glycerol-P, og 2,63 mol oxideres til pyruvat.

Oxidationer: 5,0/6 = 0,83 mol glukose til CO_2 og 2,63/2 = 1,315 mol glukose til pyruvat i cytoplasmaet samt 2,63 mol pyruvat, 1,0 mol fedtsyrer (gns. C_{10}), 19,9 mol acetat og 2,6 mol β-OH-butyrat i mitokondrierne. Varmedannelsen

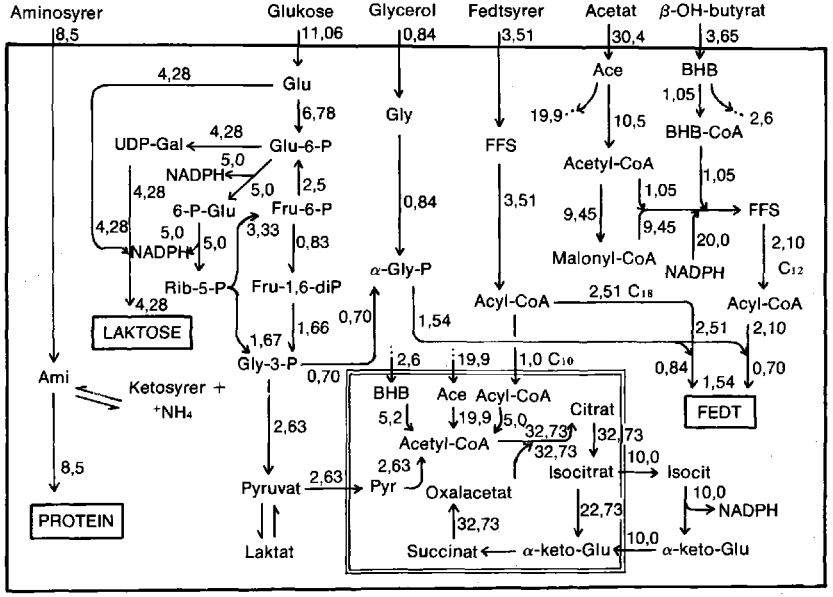


Fig. 12.18. Kvantitativ omsætning i mælkekirtel (ensilageration).

ved disse oxidationer udgør *31,1 MJ* efter korrektion for energioverførslen med 20,0 mol NADPH.

12.4.13 Omsætning i andre væv, ensilageration

Protein til vedligehold: 2,5 mol aminosyrer.

Oxidationer: 0,37 mol glukose, 10,4 mol acetat og *2,24 mol β-OH-butyrat* svarende til *14,6 MJ varme.*

12.4.14 Energiomsætning, ensilageration

Udnyttelsen af foderets energiindhold er fremstillet skematisk i figur 12.19.

Forgæringsvarmen fra vom-netmave og blind-tyktarm er henholdsvis 22,0 og 2,7 MJ, i alt *24,7 MJ.*

Varmeproduktionen i den intermediære omsætning er 19,6 + 8,0 + 17,1 + 31,1 + 14,6 = *90,4 MJ.*

Den totale varmeproduktion: 24,7 + 90,4 = *115,1 MJ.*

Netto energi til produktion: 92,9 – 9,0 = *83,9 MJ.*

Omsættelig energi: 115,1 + 83,9 = *199,0 MJ.*

Energi i metan: 24,4 mol ~ *21,7 MJ.*

Energi i urin: 196,3 – 92,9 – 90,4 = *13,0 MJ.*

Fordøjelig energi: 199,0 + 21,7 + 13,0 = *233,7 MJ.*

Brutto energi: 330,1 MJ.

12.5 Sammendrag og konklusion

Nærværende kapitel indeholder en beskrivelse af det intermediære stofskifte og dettes regulering hos malkekøer. Desuden præsenteres kvantitative modeller over omsætningen af de absorberede næringsstoffer fra 2 forskellige foderrationer.

Drøvtyggere fordøjer foderets kulhydrater og protein ved mikrobiel forgæring i formaverne, hvilket resulterer i absorption af betydelige mængder VFA og normalt meget lidt glukose. Det intermediære stofskifte er tilpasset denne sammensætning af de absorberede næringsstoffer ved:

1) en høj prioritering af glukoneogenesen (d.v.s. syntesen af glukose) i leveren
2) en stærk begrænsning af glukoseforbruget til fedtsyntese og oxidation
3) udnyttelse af acetat som vigtigste substrat for fedtsyntese og oxidation.

De vigtigste stofskifteprocesser i *leveren* er glukoneogenese, proteinsyntese, urinstofsyntese og lipoproteinsyntese.

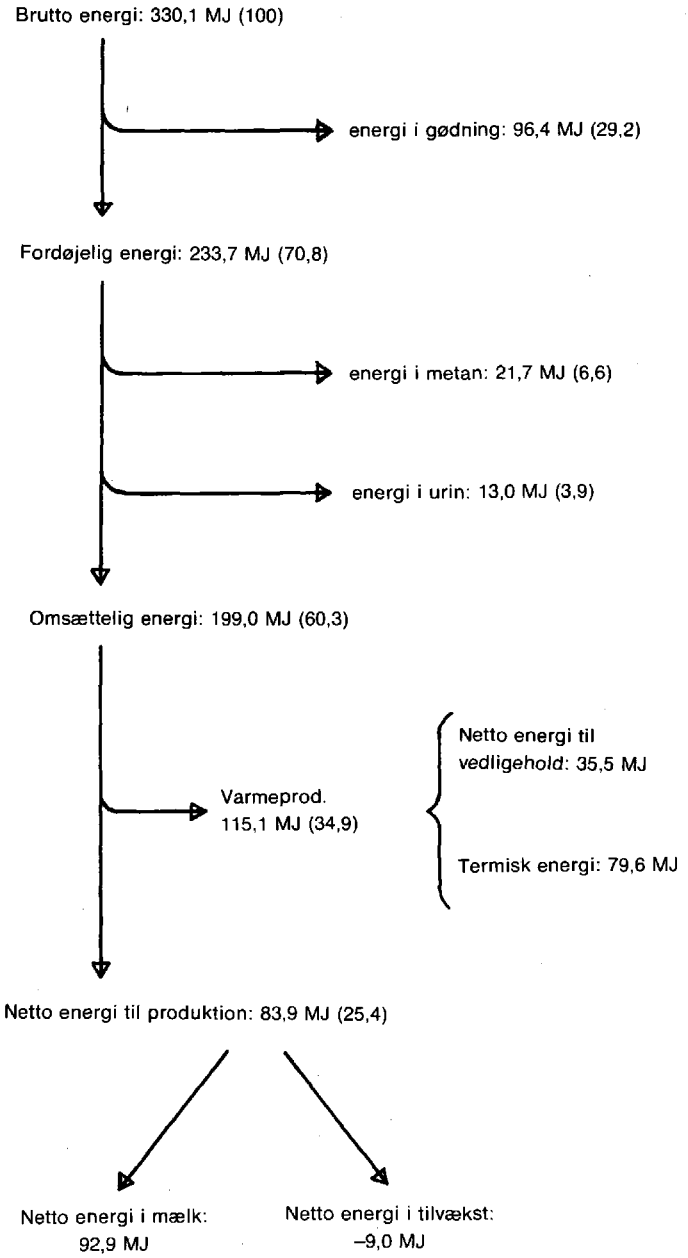


Fig. 12.19. Inddeling af foderets energiindhold (ensilageration).

Glukoneogenesen har afgørende betydning for lakterende køers glukoseforsyning, og hovedparten af glukosen dannes ud fra propionat og aminosyrer. Hormonet glukagon stimulerer processer i glukoneogenesen.

Proteinsynteser omfatter dels leverens egne proteiner og dels plasmaproteiner, som udskilles til blodet. Leverens proteinpulje nedbrydes til stadighed til frie aminosyrer, og hastigheden af denne nedbrydning udgør 15–35% af puljen pr. dag. Syntesehastigheden må derfor være af samme størrelse for at vedligeholde proteinpuljen.

Urinstofsyntesen forhindrer, at $^{+}NH_4$ føres rundt i dyret med det perifere blod, og fungerer således som en afgiftningsmekanisme. Størstedelen af det dannede urinstof udskilles i urinen, og resten recirkulerer til fordøjelseskanalen.

Frie fedtsyrer optaget fra blodet indgår i leverens syntese af lipider. Lipoproteinsyntese og -udskillelse er regulerende faktorer for leverens fedtindhold, når optagelsen af fedtsyrer er stor.

Fedtvævets vigtigste funktioner er deponering og frigørelse af energi i form af fedtsyrer. Triglyceridsyntese og -nedbrydning forløber samtidigt, og fedtvævets energibalance er derfor bestemt af den relative hastighed af disse processer. Acetat og β-OH-butyrat er substrater for syntesen af fedtsyrer, mens glukose anvendes til syntese af glycerol og som energikilde for fedtsyresyntesen.

Hormonet insulin øger fedtvævets optagelse af glukose, acetat og fedtsyrer fra blodet og stimulerer den intracellulære fedtsyntese og -aflejring.

Muskelvæv indeholder ca. halvdelen af kroppens totale proteinmængde. Puljen af muskelprotein er under konstant opbygning og nedbrydning, og hastigheden af disse processer (protein turnover) er størst hos unge, voksende dyr med en stor proteinaflejring. Med stigende alder aftager både proteinsyntesehastighed og nedbrydningshastighed samt forskellen herimellem.

Insulin og væksthormon stimulerer glukoseoptagelse, aminosyreoptagelse og proteinsyntese i muskelvæv. Væksthormon virker via somatomediner, som bl.a. syntetiseres i leveren.

Når energiforsyningen fra foderet er lav i forhold til koens energiforbrug som f.eks. i begyndelsen af laktationen, aftager stimuleringen af synteseprocesserne i fedt- og muskelvæv. Hastigheden af nedbrydningen overstiger herved syntesehastigheden, og resultatet bliver et tab af fedtsyrer og aminosyrer fra fedt- og proteinpuljerne, d.v.s. en mobilisering af kropsvæv.

Synteseprocesserne i *mælkekirtlen* fører til dannelse af mælkeprotein, mælkefedt og laktose. Disse produkter nedbrydes ikke igen, men udskilles fra kirtelcellerne.

Mælkeproteinet dannes næsten udelukkende fra frie aminosyrer optaget i mælkekirtlen. Mælkefedtet dannes dels af fedtsyrer optaget fra blodets lipoproteiner og dels af fedtsyrer syntetiseret i mælkekirtlen ud fra acetat og

β-OH-butyrat. Syntesen af laktose er specifik for mælkekirtelvæv, hvilket skyldes tilstedeværelsen af enzymet α-laktalbumin.

Hormonerne østrogen, prolaktin, væksthormon, cortisol og placental laktogen har betydning for udvikling af mælkekirtlens syntesekapacitet og for udløsning af mælkesekretionen ved laktationens begyndelse. Væksthormon øger mælkeydelsen, når laktationen er startet, og er en afgørende faktor for vedligeholdelse af mælkekirtlens syntesekapacitet. Væksthormons virkning i mælkekirtelvæv er sandsynligvis direkte, d.v.s. den udøves ikke via somatomedin.

Mælkekirtlens optagelse og omsætning af glukose og acetat er tilsyneladende uafhængig af blodets insulinkoncentration – i hvert fald er behovet for insulin til stimulering af disse processer meget lille i modsætning til behovet i fedt- og muskelvæv. En lav insulinsekretion vil derfor være en fordel for mælkekirtlen med hensyn til konkurrence om de cirkulerende næringsstoffer. En høj insulinsekretion, som f.eks. kan iagttages ved fodring med meget kraftfoder, vil derimod favorisere kropsvævene i optagelse og forbrug af næringsstoffer.

Den hormonale regulering af næringsstofomsætning og produktion hos malkekøer før og efter kælvning er resumeret i figurerne 12.12 og 12.13.

De absorberede næringsstoffers omsætning er beskrevet kvantitiativt dels for en foderration sammensat af roer + oliekager og dels for en foderration bestående af græsensilage + korn. Modellerne for stofskiftet i de enkelte væv er vist i figurerne 12.3, 12.5, 12.7, 12.8 og 12.15–12.18. Den samlede omsætning af foderets energiindhold er fremstillet i figurerne 12.14 og 12.19 for de respektive rationer.

Det er antaget på grundlag af foderrationernes sammensætning, at ensilagerationen medfører en større insulinsekretion end roerationen. Med denne forudsætning er det videre antaget, at ensilagerationen adskiller sig fra roerationen på følgende punkter i det intermediære stofskifte:

1) større optagelse af glukose, acetat og fedtsyrer i fedtvæv
2) øget omsætning af glukose samt øget syntese af fedtsyrer og triglycerid i fedtvæv
3) større optagelse af glukose og aminosyrer i muskelvæv
4) øget proteinsyntese i muskelvæv.

De præsenterede modeller er ikke eksperimentelt underbyggede i alle detaljer, men giver et sandsynligt billede af stofskiftets omfang og integration ved de anførte forudsætninger om foderoptagelse, absorption og produktion. Modellerne giver mulighed for at beregne energitab fra foderet, og disse beregnede tab med gødning, metan, urin og varme (fig. 12.14 og fig. 12.19) er i god overensstemmelse med faktisk målte størrelser.

Modellerne viser mælkekirtlens helt dominerende indflydelse på næringsstofomsætningen i begyndelsen af laktationen, idet dette organ ved en ydelse på 30 kg 4% mælk optager ca. 125 MJ eller 60–65% af den energimængde, der er til rådighed for hele omsætningen.

Nedbrydningen af triglycerid i fedtvævet (lipolysen) er ifølge modellerne (fig. 12.5 og 12.16) ens for de 2 rationer (henholdsvis 8,58 og 8,56 mol fedtsyrer). Mobiliseringen eller nettotabet fra fedtvævet (d.v.s. forskellen mellem lipolyse og esterificering) er imidlertid større for roe- (1,08 mol) end for ensilagerationen (0,76 mol fedtsyrer). Dette viser for det første, at lipolyse ikke må forveksles med mobilisering, og for det andet, at der ikke nødvendigvis er positiv sammenhæng mellem disse processer (se også Madsen & Riis 1981). Den totale udstrømning af fedtsyrer fra vævet er mindre for roe- end for ensilagerationen (henholdsvis 2,08 og 2,76 mol). Dette antyder, at plasmakoncentrationen og/eller omsætningshastigheden af frie fedtsyrer ikke er entydige mål for mobiliseringens omfang.

De beregnede forskelle mellem de 2 foderrationer med hensyn til energiudnyttelse og produktion kan sammenfattes i følgende konklusioner:

1) Mindre energitab i gødning for ensilagerationen.
2) Mindre energitab i urin som følge af lavere proteinindhold i ensilagerationen.
3) Større varmeproduktion ved ensilagerationen. Dette skyldes dels en større forgæringsvarme og dels en større varmeproduktion i det intermediære stofskifte som følge af en højere metabolisk aktivitet i fedt- og muskelvæv.
4) Næsten uændret energiudnyttelse til produktion, men en ændret fordeling mellem mælkeproduktion og tilvækst:
   30,0 kg 4% mælk og *–0,51 kg tilvækst* for roerationen.
   29,5 kg 4% mælk og *–0,36 kg tilvækst* for ensilagerationen.

Litteratur

Andersen, P. E. & Sørensen, M. 1963. Roer og roetopensilage contra kløvergræsensilage. K. 634. Årbog. Forsøgslab., Kbh. 11–16.

Anderson, D. M. 1974. The effect of feeding on the concentration of glucose and insulin in the portal and atrial plasma in pigs. J. agric. Sci., Camb. *82*, 29–36.

Annison, E. F. 1976. Energy utilization in the body. I: Principles of cattle production. (Ed. H. Swan and W. H. Broster). Butterworths, London. 169–199.

Annison, E. F. & Armstrong, D. G. 1970. Volatile fatty acid metabolism and energy supply. I: Physiology of Digestion and Metabolism in the Ruminant. (Ed. A. T. Phillipson). Oriel Press, Newcastle upon Tyne. 422–437.

A.R.C. 1965. The Nutrient Requirements of Farm Livestock. No. 2, Ruminants. Agric. Res. Council, London. 264 pp.

Baldwin, R. L. & Louis, S. 1975. Hormonal actions on mammary metabolism. J. Dairy Sci. *58,* 1033–1041.

Baldwin, R. L., Reichl, J. R., Louis, S., Smith, N. E., Yang, Y. T. & Osborne, E. 1973. Effects of age, pregnancy, and lactation on rat, guinea pig, and cow adipose enzyme activities and cow adipose metabolism. J. Dairy Sci. *56,* 340–349.

Baldwin, R. L. & Smith, N. E. 1982. Milk production. I: Dynamic Biochemistry of Animal Production. (Ed. P. M. Riis). Elsevier Publ. Comp., Amsterdam. (Under udgivelse).

Baldwin, R. L., Yang, Y. T., Crist, K. & Grichting, G. 1976. Theoretical model of ruminant adipose tissue metabolism in relation to the whole animal. Fed. Proc. *35,* 2314–2318.

Bassett, J. M. 1975. Dietary and gastro-intestinal control of hormones regulating carbohydrate metabolism in ruminants. I: Digestion and Metabolism in the Ruminant. (Ed. I. W. McDonald and A. C. I. Warner). Univ. New England Publ. Unit, Armidale. 383–398.

Bassett, J. M. 1978. Endocrine factors in the control of nutrient utilization: ruminants. Proc. Nutr. Soc. *37,* 273–280.

Bauman, D. E. 1976. Intermediary metabolism of adipose tissue. Fed. Proc. *35,* 2308–2313.

Bauman, D. E. & Davis, C. L. 1975. Regulation of lipid metabolism. I: Digestion and Metabolism in the Ruminant. (Ed. I. W. Mc Donald and A. C. I. Warner). Univ. New England Publ. Unit, Armidale. 496–509.

Bauman, D. E., Ingle, D. L., Mellenberger, R. W. & Davis, C. L. 1973. Factors affecting in vitro lipogenesis by bovine mammary tissue slices. J. Dairy Sci. *56,* 1520–1525.

Baxter, R. C. & Turtle, J. R. 1978. Regulation of hepatic growth hormone receptors by insulin. Biochem. Biophys. Res. Comm. *84,* 350–357.

Benson, J. D., Askew, E. W., Emery, R. S. & Thomas, J. W. 1972. Metabolism of fatty acids by adipose tissue and liver of cows fed normal, restricted roughage or MgO supplemented rations. J. Dairy Sci. *55,* 83–92.

Benson, J. D. & Emery, R. S. 1971. Fatty acid esterification by homogenates of bovine liver and adipose tissue. J. Dairy Sci. *54,* 1034–1040.

Bergman, E. N. & Heitmann, R. N. 1978. Metabolism of amino acids by the gut, liver, kidneys, and peripheral tissues. Fed. Proc. *37,* 1228–1232.

Bickerstaffe, R., Annison, E. F. & Linzell, J. L. 1974. The metabolism of glucose, acetate, lipids and amino acids in lactating dairy cows. J. agric. Sci., Camb. *82,* 71–85.

Bines, J. A. & Hart, I. C. 1978. Hormonal regulation of the partition of energy between milk and body tissue in adult cattle. Proc. Nutr. Soc. *37,* 281–287.

Bines, J. A., Hart, I. C. & Morant, S. V. 1980. Endocrine control of energy metabolism in the cow: the effect on milk yield and levels of some blood

constituents of injecting growth hormone and growth hormone fragments. Br. J. Nutr. *43*, 179–188.

Blum, J. W., Wilson, R. B. & Kronfeld, D. S. 1973.Plasma insulin concentrations in parturient cows. J. Dairy Sci. *56*, 459–464.

Botts, R. L., Hemken, R. W. & Bull, L. S. 1979. Protein reserves in the lactating dairy cow. J. Dairy Sci. *62*, 433–440.

Brockman, R. P. 1978a. *In vivo* effects of glucagon on gluconeogenesis in fed sheep. Fed. Proc., *37*, 339.

Brockman, R. P. 1978b. Roles of glucagon and insulin in the regulation of metabolism in ruminants – a review. Can. Vet. J. *19*, 55–62.

Buttery, P. J. & Vernon, B. G. 1980. Aspects of protein metabolism and its control. Livest. Prod. Sci. *7*, 111–120.

Convey, E. M. 1974. Serum hormone concentrations in ruminants during mammary growth, lactogenesis, and lactation: A review. J. Dairy Sci. *57*, 905–917.

Coppock, C. E., Flatt, W. P., Moore, L. A. & Stewart, W. E. 1964. Effect of hay to grain ratio on utilization of metabolizable energy for milk production by dairy cows. J. Dairy Sci. *47*, 1330–1338.

Danfær, A. 1980. Protein- og aminosyreomsætning hos voksende grise. Effekt af anaboliske steroider samt fodringshyppighed. Lic. afh. Den kgl. Vet.- og Landbohøjskole, Kbh. 160 pp.

Danfær, A., Thysen, I. & Østergaard, V. 1980. Proteinniveauets indflydelse på malkekøernes produktion. I. Mælkeydelse, tilvækst og sundhed. 492. beretn. Statens Husdyrbrugsforsøg, Kbh. 165 pp.

Daugaard, J. 1978. Undersøgelser over metionintilskud til malkekøer. Lic. afh. Den kgl. Vet.- og Landbohøjskole, Kbh. 92 + 20 pp.

Dimick, P. S., McCarthy, R. D. & Patton, S. 1970. Milk fat synthesis. I: Physiology of Digestion and Metabolism in the Ruminant. (Ed. A. T. Phillipson). Oriel Press, Newcastle upon Tyne. 529–541.

Elliot, J. M. 1976. The glucose economy of the lactating dairy cow. Proc. 1976 Cornell Nutr. Conf. Feed Manufac., 59–66.

Flatt, W. P., Moe, P. W., Moore, L. A., Hooven, N. W., Lehmann, R. P., Ørskov, E. R. & Hemken, R. W. 1969a. Energy utilization by high producing dairy cows. I. Experimental design, ration composition, digestibility data, and animal performance during energy balance trials. I: Energy Metabolism of Farm Animals. (Ed. K. L. Blaxter, J. Kielanowski and G. Thorbek). Oriel Press, Newcastle upon Tyne. 221–234.

Flatt, W. P., Moe, P. W., Munson, A. W. & Cooper, T. 1969b. Energy utilization by high producing dairy cows. II. Summary of energy balance experiments with lactating Holstein cows. I: Energy Metabolism of Farm Animals. (Ed. K. L. Blaxter, J. Kielanowski and G. Thorbek). Oriel Press, Newcastle upon Tyne. 235–249.

Ford, A. L. & Milligan, L. P. 1970. Tracer studies of urea recycling in sheep. Can. J. Anim. Sci. *50,* 129–135.

Garlick, P. J., Millward, D. J. & James, W. P. T. 1973. The diurnal response of muscle and liver protein synthesis in vivo in meal-fed rats. Biochem. J. *136,* 935–945.

Harper, H. A. 1973. Review of Physiological Chemistry. 14.ed. Lange Medical Publ., Los Altos. 545 pp.

Hart, I. C. 1980. Pers. medd.

Hart, I. C., Bines, J. A. & Morant, S. V. 1979. Endocrine control of energy metabolism in the cow: Correlations of hormones and metabolites in high and low yielding cows for stages of lactation. J. Dairy Sci. *62,* 270–277.

Hart, I. C., Bines, J. A., Morant, S. V. & Ridley, J. L. 1978. Endocrine control of energy metabolism in the cow: Comparison of the levels of hormones (prolactin, growth hormone, insulin and thyroxine) and metabolites in the plasma of high- and low-yielding cattle at various stages of lactation. J. Endocr. *77,* 333–345.

Hart, I. C., Lawrence, S. E. & Mepham, T. B. 1980. Effect of exogenous growth hormone on mammary blood flow and milk yield in lactating goats. J. Physiol. *308,* 46P–47P.

Haugebak, C. D., Hedrick, H. B. & Asplund, J. M. 1974. Relationship between extramuscular adipose tissue lipoprotein lipase activity and intramuscular lipid deposition in fattening lambs. J. An. Sci. *39,* 1026–1031.

Hove, K. 1978. Effects of hyperinsulinemia on lactose secretion and glucose uptake by the goat mammary gland. Acta physiol. scand. *104,* 422–430.

Ingle, D. L., Bauman, D. E. & Garrigus, U. S. 1972. Lipogenesis in the ruminant: in vitro study of tissue sites, carbon source and reducing equivalent generation for fatty acid synthesis. J. Nutr. *102,* 609–616.

Ingle, D. L., Bauman, D. E., Mellenberger, R. W. & Johnson, D. E. 1973. Lipogenesis in the ruminant: Effect of fasting and refeeding on fatty acid synthesis and enzymatic activity of sheep adipose tissue. J. Nutr. *103,* 1479–1488.

Jenny, B. F. & Polan, C. E. 1975. Postprandial blood glucose and insulin in cows fed high grain. J. Dairy Sci. *58,* 512–514.

Jenny, B. F., Polan, C. E. & Thye, F. W. 1974. Effects of high grain feeding and stage of lactation on serum insulin, glucose and milk fat percentage in lactating cows. J. Nutr. *104,* 379–385.

Kristensen, V. F., Andersen, P. E., Jensen, G. K., Hansen, P. S., Fisker, A. N. & Mortensen, B. K. 1974. Undersøgelser vedrørende mælkeydelsen, mælkefedtets fedtsyresammensætning samt mælkens og smørrets kvalitet ved fodring af malkekøer med indkapslet sojaolie. Beretn. 1. Fællesudv. Statens Mejeri- og Husdyrbrugsforsøg, Hillerød. 52 pp.

Kronfeld, D. S. 1971. Hypoglycemia in ketotic cows. J. Dairy Sci. *54,* 949–961.

Kronfeld, D. S. 1976. The potential importance of the proportions of glucogenic, lipogenic and aminogenic nutrients in regard to the health and productivity of dairy cows. Adv. An. Physiol. and An. Nutr. *7,* 5–26.

Kronfeld, D. S. & Van Soest, P. J. 1976. Carbohydrate nutrition. I: Comparative Animal Nutrition, Vol. 1. Carbohydrates, Lipids and Accessory Growth Factors. (Ed. M. Rechcigl, Jr.). S. Karger, Basel. 23–73.

Kuhn, N. J., Carrick, D. T. & Wilde, C. J. 1980. Lactose synthesis: The possibilities of regulation. J. Dairy Sci. *63,* 328–336.

Larson, B. L. 1979. Biosynthesis and secretion of milk proteins: a review. J. Dairy Res. *46,* 161–174.

Lee, V., Ramachandran, J. & Li, C. H. 1974. Does bovine growth hormone possess rapid lipolytic activity? Arch. Biochem. Biophys. *161,* 222–226.

Lehninger, A. L. 1975. Biochemistry. 2. ed. Worth Publishers, Inc., New York. 1104 pp.

Lindsay, D. B. 1971. Changes in the pattern of glucose metabolism in growth, pregnancy and lactation in ruminants. Proc. Nutr. Soc. *30,* 272–277.

Linzell, J. L. 1974. Mammary blood flow and methods of identifying and measuring precursors of milk. I: Lactation, A Comprehensive Treatise. Vol. I. (Ed. B. L. Larson and V. R. Smith). Acad. Press, New York and London. 143–225.

Lloyd, L. E., McDonald, B. E. & Crampton, E. W. 1978. Fundamentals of Nutrition. 2. ed. W. H. Freeman & Comp., San Francisco. 466 pp.

Lobley, G. E., Milne, V., Lovie, J. M., Reeds, P. J. & Pennie, K. 1980. Whole body and tissue protein synthesis in cattle. Br. J. Nutr. *43,* 491–502.

Lomax, M. A., Baird, G. D., Mallinson, C. B. & Symonds, H. W. 1979. Differences between lactating and non-lactating dairy cows in concentration and secretion rate of insulin. Biochem. J. *180,* 281–289.

M.A.F.F. 1975. Energy Allowances and Feeding Systems for Ruminants. Tech. Bull. 33. Ministry of Agriculture, Fischeries and Food, Department of Agriculture & Fischeries for Scotland, Department of Agriculture for Northern Ireland. Her Majesty's Stationery Office, London. 79 pp.

Machlin, L. J. 1973. Effect of growth hormone on milk production and feed utilization in dairy cows. J. Dairy Sci. *56,* 575–580.

Machlin, L. J. 1976. Role of growth hormone in improving animal production. I: Anabolic Agents in Animal Production. (Ed. F. C. Lu and J. Rendel). Georg Thieme Publishers, Stuttgart. 43–53.

Madsen, A. 1982a. Metabolism in adipose cells. I: Dynamic Biochemistry of Animal Production. (Ed. P. M. Riis). Elsevier Publ. Comp., Amsterdam. (Under udgivelse).

Madsen, A. 1982b. Metabolism in liver cells. I: Dynamic Biochemistry of Animal Production. (Ed. P. M. Riis). Elsevier Publ. Comp., Amsterdam. (Under udgivelse).

Madsen, A. 1982c. Metabolism in skeletal muscle cells. I: Dynamic Biochemistry of Animal Production. (Ed. P. M. Riis). Elsevier Publ. Comp., Amsterdam. (Under udgivelse).

Madsen, A. & Riis, P. M. 1981. Det fysiologiske grundlag for fremtidens mælkeproduktion. Statusrapport medio september 1981. 19 pp.

Manns, J. G. 1972. Pancreatic hormones and metabolites in normal cows during early pre- and post-partum: Implications of these studies in bovine ketosis. Can. Vet. J. *13,* 151–155.

Mason, V. C., Narang, M. P., Ononiwu, J. C. & Kessank, P. 1977. The relationship between nitrogen metabolism in the hind-gut and nitrogen excretion. I: Protein Metabolism and Nutrition. Centre for Agric. Publ. and Document., Wageningen. 61–63.

Mendelson, C. R., Zinder, O., Blanchette-Mackie, E. J., Chernick, S. S. & Scow, R. O. 1977. Lipoprotein lipase and lipid metabolism in mammary gland. J. Dairy Sci. *60,* 666–676.

Mills, S. E. & Jenny, B. F. 1979. Effects of high concentrate feeding and fasting on plasma glucocorticoids in dairy heifers. J. An. Sci. *48,* 961–965.

Millward, D. J., Garlick, P. J., Stewart, R. J. C., Nnanyelugo, D. O. & Waterlow, J. C. 1975. Skeletal-muscle growth and protein turnover. Biochem. J. *150,* 235–243.

Moe, P. W., Tyrrell, H. F. & Flatt, W. P. 1971. Energetics of body tissue mobilization. J. Dairy Sci. *54,* 548–553.

Moustgaard, J. & Thorbek, G. 1949. I. Undersøgelser over jodkaseinets virkning på mælkesekretionen og stofskiftet hos køer. Beretn. 240. Forsøgslab., Kbh. 110 pp.

Newsholme, E. A. & Start, C. 1973. Regulation in metabolism. John Wiley & Sons, London. 349 pp.

Palmquist, D. L. & Conrad, H. R. 1978. High fat rations for dairy cows. Effects on feed intake, milk and fat production, and plasma metabolites. J. Dairy Sci. *61,* 890–901.

Palmquist, D. L. & Mattos, W. 1978. Turnover of lipoproteins and transfer to milk fat of dietary (1-carbon-14) linoleic acid in lactating cows. J. Dairy Sci. *61,* 561–565.

Paterson, J. Y. F. & Linzell, J. L. 1974. Cortisol secretion rate, glucose entry rate and the mammary uptake of cortisol and glucose during pregnancy and lactation in dairy cows. J. Endocr. *62,* 371–383.

Payne, E. & Morris, J. G. 1969. The effect of protein content of the diet on the rate of urea formation in sheep liver. Biochem. J. *113,* 659–662.

Peel, C. J., Bauman, D. E., Gorewit, R. C. & Sniffen, C. J. 1981a. Effect of exogenous growth hormone on lactational performance in high yielding dairy cows. J. Nutr. *111,* 1662–1671.

Peel, C. J., Fronk, T. J., Bauman, D. E. & Gorewit, R. C. 1981b. Effect of

growth hormone administration and abomasal infusion of casein and glucose on lactational performance in dairy cows. J. Dairy Sci. *64,* Suppl. 1, 124.

Pike, B. V. & Roberts, C. J. 1981. Comparison of glucose and acetate as substrates for lipid synthesis i bovine adipocytes. Res. Vet. Sci. *30,* 390–391.

Ratner, S. 1973. Enzymes of arginine and urea synthesis. Adv. in Enzymology *39,* 1–90.

Reid, I. M., Roberts, C. J., Collins, R. A. & Dew, S. M. 1979. Fatty liver and infertility in dairy cows in early lactation. Proc. Nutr. Soc. *38,* 67A.

Riis, P. M. 1982. Nutritional and other environmental variations. I: Dynamic Biochemistry of Animal Production. (Ed. P. M. Riis). Elsevier Publ. Comp., Amsterdam. (Under udgivelse).

Riis, P. M. 1980. Pers. medd.

Roberts, C. J., Reid, I. M., Pike, B. V. & Turfrey, B. R. 1979. Tissue mobilization in dairy cows in early lactation. Proc. Nutr. Soc. *38,* 68A.

Schiemann, R., Nehring, K., Hoffmann, L., Jentsch, W. & Chudy, A. 1972. Energetische Futterbewertung und Energienormen. VEB Deutscher Landwirtschaftsverlag, Berlin. (Nachdruck). 344 pp.

Schmidt, G. H., Warner, R. G., Tyrrell, H. F. & Hansel, W. 1971. Effect of thyroprotein feeding on dairy cows. J. Dairy Sci. *54,* 481–492.

Sejrsen, K., Huber, J. T. & Tucker, H. A. 1981. Influence of plane of nutrition on serum hormone concentrations and their relationship with mammary growth in heifers. (Ikke publiceret).

Shirley, J. E., Emery, R. S., Convey, E. M. & Oxender, W. D. 1973. Enzymic changes in bovine adipose and mammary tissue, serum and mammary tissue hormonal changes with initiation of lactation. J. Dairy Sci. *56,* 569–574.

Shirley, J. E., Emery, R. S. & Cummins, E. 1972. Mammary and adipose lipoprotein lipase responses to hormones. J. Dairy Sci. *55,* 713.

Smith, G. H. 1971. Glucose metabolism in the ruminant. Proc. Nutr. Soc. *30,* 265–272.

Smith, R. D., Hansel, W. & Coppock, C. E. 1976. Plasma growth hormone and insulin during early lactation in cows fed silage based diets. J. Dairy Sci. *59,* 248–254.

Stryer, L. 1981. Biochemistry. 2. ed. W. H. Freeman & Comp., San Francisco. 949 pp.

Swick, R. W. & Benevenga, N. J. 1977. Labile protein reserves and protein turnover. J. Dairy Sci. *60,* 505–515.

Thilsted, S. H. 1980. The relationship between plasma glucose concentration, glucose utilization rate and partition of absorbed nutrients in the dairy cow. Ph. D. Thesis. The Royal Veterinary and Agricultural University, Copenhagen. 107 pp.

Trenkle, A. 1970. Effects of short-chain fatty acids, feeding, fasting and type of diet on plasma insulin levels in sheep. J. Nutr. *100,* 1323–1330.

Trenkle, A. 1978. Relation of hormonal variations to nutritional studies and metabolism of ruminants. J. Dairy Sci. *61,* 281–293.

Trenkle, A. 1976. The anabolic effect of estrogens on nitrogen metabolism of growing and finishing cattle and sheep. I: Anabolic Agents in Animal Production. (Ed. F. C. Lu and J. Rendel). Georg Thieme Publishers, Stuttgart. 79–88.

Tucker, H. A. 1979. Endocrinology of lactation. Seminars in perinatology *3,* 199–223.

Tucker, H. A. 1974. General endocrinological control of lactation. I: Lactation, A Comprehensive Treatise, Vol. I. (Ed. B. L. Larson and V. R. Smith). Acad. Press, New York and London. 277–326.

Van Es, A. J. H. 1975. Feed evaluation for dairy cows. Livest. Prod. Sci. *2,* 95–107.

Van Es, A. J. H. 1978. Feed evaluation for ruminants. I. The systems in use from May 1977 onwards in The Netherlands. Livest. Prod. Sci. *5,* 331–345.

Vasilatos, R. & Wangsness, P. J. 1979. Plasma hormone and metabolite changes associated with two periods of lactation in high-producing dairy cows. J. Dairy Sci. *62,* Suppl. 1, 230.

Vermorel, M. 1978. Feed evaluation for ruminants. II. The new energy systems proposed in France. Livest. Prod. Sci. *5,* 347–365.

Walker, C. K. & Elliot, J. M. 1973. Effect of roughage restriction on serum insulin in the dairy cow. J. Dairy Sci. *56,* 375–377.

Walsh, D. S., Vesely, J. A. & Mahadevan, S. 1980. Relationship between milk production and circulating hormones in dairy cows. J. Dairy Sci. *63,* 290–294.

Waterlow, J. C., Garlick, P. J. & Millward, D. J. 1978. Protein Turnover in Mammalian Tissues and in the Whole Body. North-Holland Publ. Comp., Amsterdam. 804 pp.

Waterlow, J. C. & Stephen, J. M. L. 1968. The effect of low protein diets on the turnover rates of serum, liver and muscle proteins in the rat, measured by continous infusion of L-[^{14}C] lysine. Clin. Sci. *35,* 287–305.

Wiltrout, D. W. & Satter, L. D. 1972. Contribution of propionate to glucose synthesis in the lactating and nonlactating cow. J. Dairy Sci. *55,* 307–317.

Yang, Y. T. & Baldwin, R. L. 1973a. Lipolysis in isolated cow adipose cells. J. Dairy Sci. *56,* 366–374.

Yang, Y. T. & Baldwin, R. L. 1973b. Preparation and metabolism of isolated cells from bovine adipose tissue. J. Dairy Sci. *56,* 350–365.

Young, J. W. 1977. Gluconeogenesis in cattle: Significance and methodology. J. Dairy Sci. *60,* 1–15.

Østergaard, V. 1971. Helårsforsøg med kvæg XII. 391. beretn. Forsøgslab., Kbh. 160 pp.

13. Produktionsniveauets afhængighed af energioptagelsen

Preben E. Andersen

		Side
13.1.	**Indledning**	13.2
13.2.	**Energinormer**	13.3
	13.2.1. Energiens udnyttelse	13.3
	13.2.2. Mælkeproduktion	13.6
	13.2.3. Vedligeholdelse	13.8
	13.2.4. Fosterproduktion	13.9
	13.2.5. Tilvækst	13.9
13.3.	**Fodringsprincip og energiniveau for hele laktationer**	13.11
	13.3.1. Fodringsprincipper	13.11
	13.3.2. Laktationsydelse ved forskellige fodringsprincip og energiniveau	13.15
	13.3.3. Laktationskurvens og ydelsens afhængighed of foderets fordeling over laktationen	13.17
13.4.	**Produktionsfunktioner**	13.18
	13.4.1. Energiniveauets indflydelse på ydelsen	13.18
	13.4.2. Energiniveauets indflydelse på tilvæksten	13.22
	13.4.3. Produktionsfunktionernes gyldigheds område	13.23
13.5.	**Energiniveauets betydning for sundhed og frugtbarhed**	13.26
13.6.	**Sammendrag og konklusion**	13.27
13.7.	**Litteratur**	13.29

13.1 Indledning

Et af de væsentlige krav til malkekøernes foderration er knyttet til energiindholdet i de næringsstoffer, som indgår i rationen. Energikoncentrationen har især stor betydning for de højtydende køer, hvis energikrav til foderrationen er meget betydeligt selv i den periode, hvor koen mobiliserer energi fra kropsreserverne.

De ældre klassiske undersøgelser var koncentreret om en fastlæggelse af behovet for nettoenergi til: Koens vedligeholdelse, dens eventuelle tilvækst, fosterproduktion samt mælkeproduktion. Ud fra dette blev fastlagt normer, der havde som forudsætning, at køerne var i ernæringsligevægt, Frederiksen et al. (1931).

I perioden fra 40'erne til begyndelsen af 70'erne blev der gennemført mange forsøg med forskellig energinorm (eksempelvis 0,3, 0,4 og 0,5 FE pr. kg 4% mælk) til mælkeproduktion. Blandt de mange skal her henvises til Hvidsten (1955), Larsen & Larsen (1956), Holmes et al. (1957), Burt (1957), Broster et al. (1958), Nordfeldt & Ruudvere (1963), Larsen et al. (1967), Dijkstra (1969) og Ekern (1972 I).

Med stigende energiniveau fandtes et aftagende merudbytte i mælkeydelse, og tiltagende merudbytte i tilvækst, hvorved der er opnået viden om, hvorledes foderet fordeles til produktion af mælk og kropsvæv, men da der er fodret efter mælkeydelse, er forsøgene ikke direkte egnede til beregning af egentlige produktionsfunktioner.

Særlige forhold gør sig endvidere gældende for de højtydende køer, (jvf. kap. 2). De vil i første del af laktationen mobilisere energi fra kropsreserverne for senere at deponere energi i form af kropsfedt. Forudsætninger for dette er, at der er en rigelig tilgang af foder i denne periode. Selv om køerne er i mobiliseringsfase i den første del af laktationen reagerer de dog positivt på en forøget energitildeling med en stigende mælkeproduktion (Broster 1976, Wiktorsson 1971, Krohn & Andersen 1978, Østergaard 1979). Marginaludbyttet i mælk er faldende og nettomobiliseringen formindskes gennem en forøgelse af tilvæksten, således at disse 2 marginalprodukter må betragtes som en helhed.

Malkekoens energiforsyning må derfor tage hensyn til:

1. Mobiliseringsfacen, hvor en afgørende faktor er koens foderoptagelsesevne, som kan påvirkes bl.a. gennem foderrationens energikoncentration og dens sammensætning.
2. Deponerings- (eller udjævnings-) fasen, som har til formål, at koen kommer i ernæringsligevægt, og dertil det nødvendige huld inden næste laktation.
3. Normfodring i den sidste del af laktationen og i goldperioden, hvis forudsætning er, at koen har opnået en passende foderstand og ikke bliver for fed inden næste laktation.

Produktionsforsøg med fodertildeling som uafhængig variabel er nødvendige

til fastlæggelsen af de marginale udnytter for øget energitilførsel, hvilket er en forudsætning for beregning af den optimale tildeling af energi (FE). Sådanne forsøg er gennemført i større udstrækning i det seneste årti. Her kan nævnes Broster (1976), Broster & Strickland (1977), Krohn & Andersen (1978), Østergaard (1979) og Krohn & Andersen (1981). Det er også en forudsætning for at kunne fastlægge eller opstille anvendelige produktionsfunktioner, at forsøgene omfatter mere end to ydelsesuafhængige foderniveauer.

Formålet med dette kapitel er, dels at dokumentere energibehovet til koens livsytringer, dels at beskrive, hvorledes disse livsytringer påvirkes af forskelligt energiniveau. Koens produktion er ikke statisk, men dynamisk, da den kan påvirkes væsentligt af energiniveauet, som bl.a. dokumenteres i ovennævnte undersøgelser. Det er især foderniveauets indflydelse på mælkeydelsen, der belyses i det følgende i relation til:

- hele laktationen og forskellige laktationsstadier
- foderets fordeling over laktationen
- laktationsnummeret (1. kalvs kontra ældre køer)
- ydelseskapaciteten og legemsvægten

13.2 Energinormer

Den optagne energi bliver af malkekoen udnyttet i forskellige livsytringer, hvor der normalt sondres mellem: a) mælkeproduktion, b) vedligeholdelse, c) fostertilvækst og d) tilvækst.

Koens energibehov til nævnte livsytringer kan fastlægges dels ved fysiologiske undersøgelser, som klarlægger energiens fordeling, dels ved holdforsøg på produktionsniveau og med anvendelse af praktisk aktuelle foderrationer. I Danmark blev de energetiske målinger i forbindelse med respirationsforsøg udført i 20'erne (Mølgaard & Lund 1929). Næsten samtidigt iværksattes omfattende holdforsøg, der havde til formål at fastlægge normen for energitilførsel til mælkeproduktion; som kriterium for norm fastsattes energiligevægt, d.v.s. den energitilførsel, der hverken medførte tilvækst eller tab i huld (Frederiksen et al. 1931).

13.2.1 Energiens udnyttelse

Mange undersøgelser har vist, at foderets indhold af fordøjelig energi (MJ/kg tørstof) falder med stigende foderniveau. Dette fald udgør 2–6% pr. multiplum af vedligeholdelse. Nedgangen er størst for træstofrige foderemner, og øges yderligere, når disse udgør en lille andel af totalfoderet (jvf. kap. 3).

Foderets indhold af omsættelig energi (MJ/kg tørstof) falder ligeledes med stigende foderniveau – men ikke så stærkt som indholdet af fordøjelig energi. Van Es (1975) angiver, at nedgangen i omsættelig energi udgør 1,8% pr. multiplum af vedligeholdelse for rationer, som er afbalancerede med hensyn til protein, fedt og struktur. Det øgede fordøjelsestab ved stigende foderniveau kompenseres således i nogen grad af et nedsat tab i metan og urin.

Omsættelig energi til vedligeholdelse og mælkeproduktion udnyttes med en effektivitet på 60–65%. Udnyttelsen af omsættelig energi til tilvækst er mere variabel (50–75%) og afhænger bl.a. af tilvækstens sammensætning. Fosterproduktion er tilsyneladende en meget ineffektiv proces, idet den omsættelige energi hertil kun udnyttes med 10–25% (Moe & Tyrrell 1973, ARC 1980, Moe 1981).

Udnyttelsen af omsættelig energi til mælkeproduktion stiger generelt med foderets energikoncentration udtrykt ved omsættelig energi i procent af bruttoenergi (Van Es 1975, ARC 1980) eller udtrykt ved omsættelig energi pr. kg tørstof (Moe & Tyrrell 1975).

Foderets sammensætning m.h.t. specifikke næringsstoffer påvirker også indholdet af nettoenergi. Et højt indhold af stivelse øger fordøjelsestabet (Tyrrell & Moe 1975) og øger sandsynligvis også varmetabet på grund af ændringer i det intermediære stofskifte (jvf. kap. 12., afsnit 12.3.4).

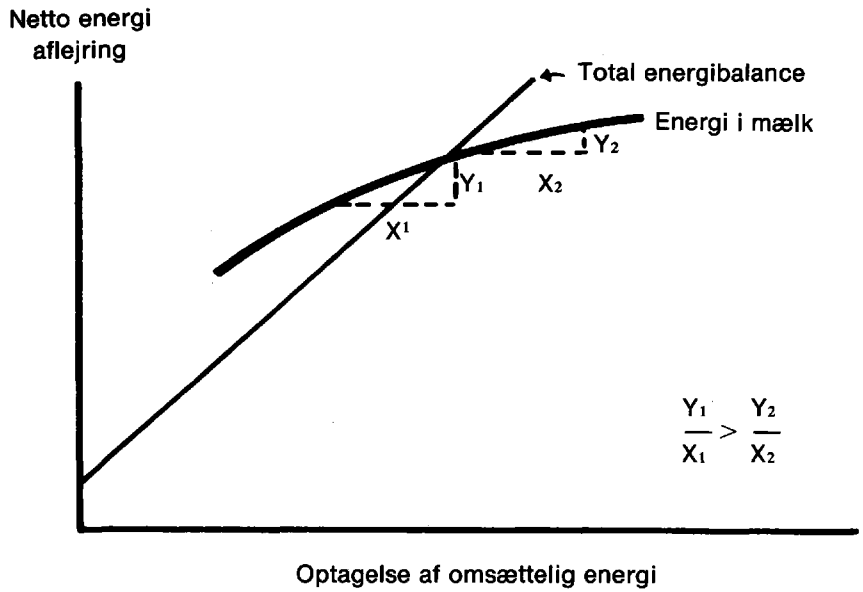


Fig. 13.1 Mælkeproduktionen er ikke lineær med optagelsen af omsættelig energi. Fordi en større mængde energi aflejres i kroppen med stigende foderoptagelse (Moe & Tyrrell 1975).

Stigende proteinindhold i foderet medfører et fald i den omsættelige energi som følge af større energiudskillelse i urinen, samt et fald i nettoenergi på grund af en forøget termisk energi i forbindelse med urinstofsyntesen.

Figur 13.1 viser, at med stigende indsats af omsættelig energi aftager udbyttet af energi i mælk, men samtidig øges energiaflejringen i kroppen (Moe & Tyrrell 1975). Med andre ord vil en øget tildeling af omsættelig energi ændre energiens fordeling til mælkeproduktion og tilvækst, men den totale udnyttelse af omsættelig energi til mælk + tilvækst ændres ikke (se figur 13.2).

Tabel 13.1 viser, at den højeste udnyttelse af foderet via en deponering opnås, såfremt genopbygning af depoterne sker, medens koen er i laktation, f.eks. i sidste del af laktationen. Moe et al. (1981) fandt således en udnyttelse på 62–64% mod 48%, når deponeringen fandt sted i goldperioden. Denne udnyttelsesprocent for foderets omsættelige energi via deponering under laktation fandt Van Es (1976) dog væsentligt lavere (48%), medens de øvrige udnyttelsesprocenter ikke fandtes meget forskellige fra de amerikanske undersøgelser. Den

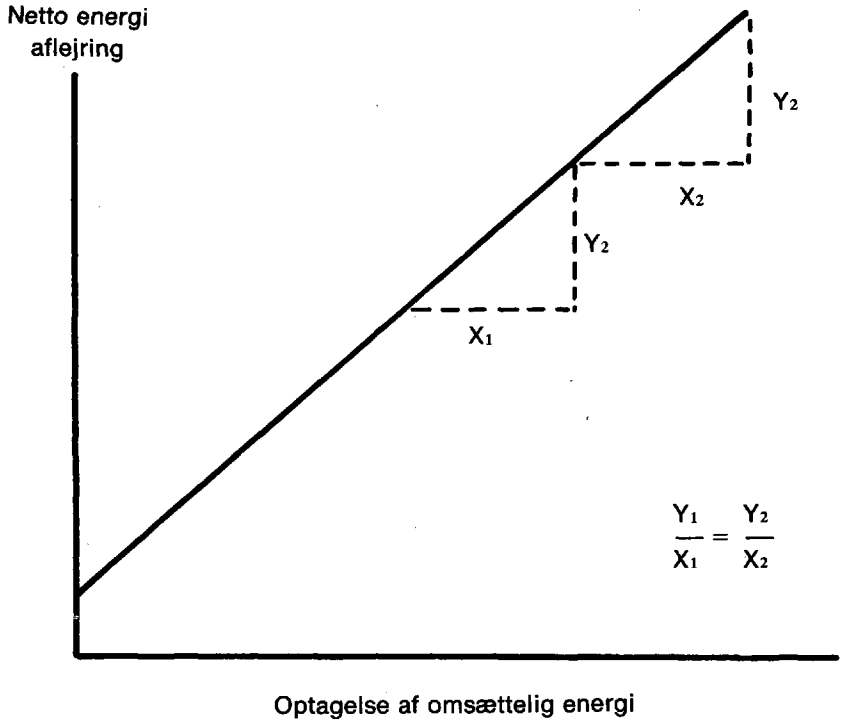


Fig. 13.2 Illustration af konstant udnyttelse af omsættelig energi for den totale energibalance (Moe & Tyrrell 1975).

Tabel 13.1 Udnyttelse af foderets omsættelige energi (ME) og depotfedt til mælkeproduktion og af ME til depotfedt hos malkekøer

	Moe et al. 1971	van Es 1976
1. Udbyttelse direkte til mælkeproduktion	64–66	60
2. Udnyttelse af depotfedt ved mobilisering	82–84	80
3. Udnyttelse ved deponering af depotfedt sidst i laktationen	75	60
4. Udnyttelse ved deponering af depotfedt i goldperioden	58–59	–
5. Udnyttelse til mælkeproduktion via en deponering og efterfølgende mobilisering:		
a) deponering sidst i laktationen (3) × (2)	62–63	48
b) deponering i goldperioden (4) × (2)	48	–

nyeste viden om den hormonale regulering af energiens fordeling og udnyttelse i de respektive laktationsstadier og goldperioden kan forklare de omtalte forhold (jvf. kap. 12).

De nævnte udnyttelsesprocenter bør også vurderes ud fra den biologiske og økonomiske betydning, det har – ved udnyttelse af koens evne til mobilisering og deponering af energi – at genopbygningen af depotfedt i senere laktationsstadier kan ske ved anvendelse af billigt grovfoder, og at mængden af dyrt, energirigt kraftfoder i begyndelsen af laktationen derved kan nedsættes.

13.2.2 Mælkeproduktion

Forudsætningen for at kunne fastlægge en entydig norm for energi til mælkeproduktion er, at der findes et generelt udtryk for mælk med samme energiindhold uanset dens sammensætning. Hertil anvendes en standardmælk, som benævnes 4% målemælk eller blot 4% mælk. Den del af mælken, som influerer mest på mælkens energiindhold, er mælkefedtet, som også varierer mest fra ko til ko og fra race til race. Korrektionen tager derfor mest hensyn til fedtindholdet i mælken. I et kg 4% mælk er energiindholdet 754 kcal = 3,15 MJ. Den kan beregnes efter fælgende formel:

$$\text{kg 4\% mælk} = \text{mælkemængde} \times 0{,}4 + \text{fedtmængde} \times 15.$$

Denne enkle formel for beregning af energiindholdet i mælken er gyldig for mælk, der ikke indeholder under 3% fedt (Tyrrell & Reid 1965). En visuel beskrivelse af sammenhængen mellem mælkemængde, fedtprocent og kg 4% mælk er vist i figur 13.3 efter Lars Frederiksen originale fremstilling.

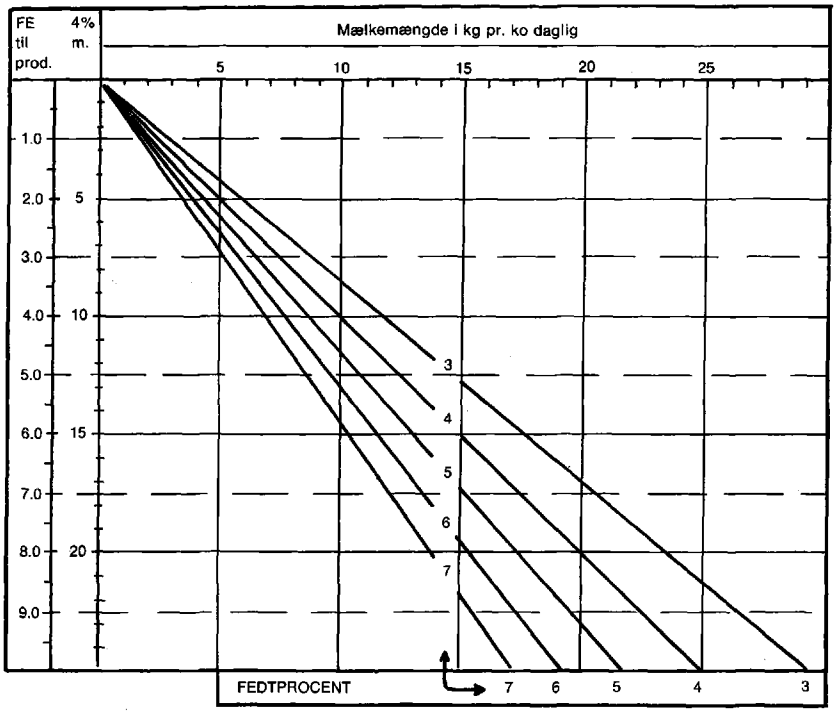


Fig. 13.3 Sammenhæng mellem mælkemængde, fedtprocent og kg 4% mælk samt behovet for foderenheder til mælkeproduktionen (Frederiksen 1930).

Normen for energitildeling pr. kg 4% mælk blev af Mølgaard & Lund (1929) beregnet til 0,37 fedningsfoderenheder. Ved de omfattende fodringsforsøg i årene 1922–28 blev det fundet, at 0,40 Skandinaviske foderenheder (FE) netop sikrede koen energiligevægt ved forskellig mælkeydelse (Frederiksen et al. 1931). Figur 13.4 er en sammenfatning af disse forsøg; det ses, at køerne var i energiligevægt, når de ydede 2,50 kg 4% mælk pr. produktionsfoderenhed (PFE) à ca. 160 g fordøjeligt råprotein. Ved lavere fodringsintensitet ydede køerne mere og ved højere mindre end 2,50 kg % mælk pr. PFE, fordi køerne, som det ses, henholdsvis tabte sig og tog på i vægt. På grundlag af disse forsøg er den danske normalnorm fastlagt til:

0,40 PFE pr. kg 4% mælk, eller

1,00 PFE pr. 2,50 kg 4% mælk = 1885 kcal = 7,89 MJ.

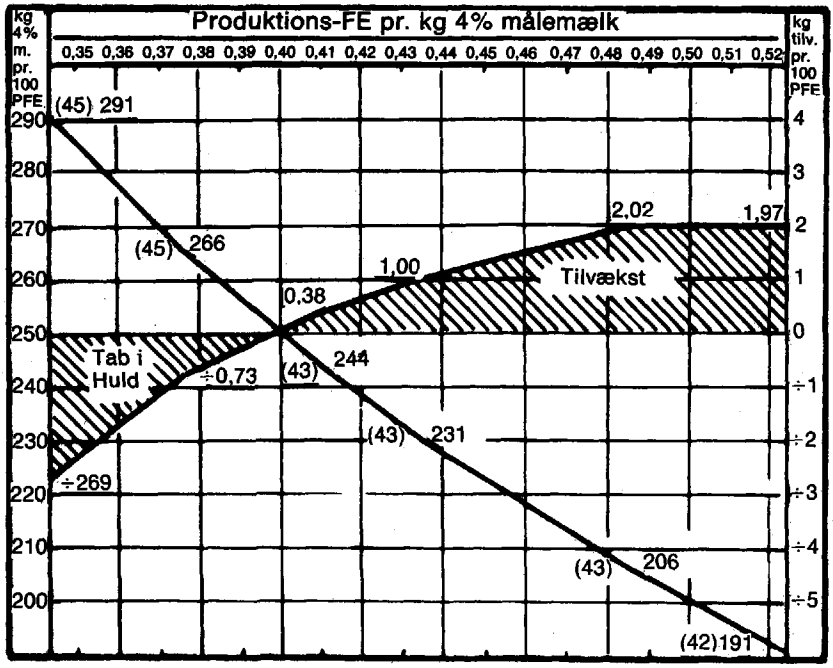


Fig. 13.4 Mælkeydelse og tilvækst pr. produktionsenhed ved forsøg med forskellig fodringsintensitet (Frederiksen et al. 1931).

13.2.3 Vedligeholdelse

Ved fastlæggelse af norm for vedligeholdelse har kriteriet oftest været, at koen skulle opretholde energiligevægten på det tildelte foder. Normen for vedligeholdelse blev oprindeligt fastlagt ved hungerforsøg (jvf. Mølgaard & Lund 1929). Af fysiologiske grunde vil vedligeholdelsesbehovet variere lineært med den metaboliske vægt. I publikationen fra ARC (1980) er dette udtrykt ved legemsvægt^{0,67}, idet der her ved (legemsvægt) forstås fastet vægt, som kan ansættes til 0,9 × legemsvægt. Ifølge ARC beregnes vedligeholdelsesbehovet således:

$$0{,}53 \text{ MJ NE } (0{,}90 \times \text{legemsvægt})^{0,67}$$

Normen for en ko på 500 kg bliver da:

$$0{,}53 \times 450^{0,67} = 31{,}8 \text{ MJ} = 4{,}03 \text{ FE}$$

I produktionsforsøgene ansatte Frederiksen et al. (1931) det daglige vedligeholdelsesbehov i FE til: (Legemsvægt, kg: 200) + 1,5. Disse to beregningsmåder for vedligeholdelsesbehovet er sammenlignet i tabel 13.2; de giver, som det ses, næsten den samme norm. Derfor er den lineære form, der giver den letteste beregning, blevet den i praksis anvendte, selv om det teoretisk er mest korrekt at sætte normen i relation til koens metaboliske vægt.

Tabel 13.2 Nettoenergibehov til vedligehold ved forskellig vægt

Vægt kg	ARC 1980		Dansk norm[2]) FE/dag
	MJ/dag	FE/dag[1])	
300	22,56	2,86	3,0
400	27,35	3,47	3,5
500	31,76	4,03	4,0
600	35,89	4,55	4,5
700	39,80	5,04	5,0
800	43,52	5,52	5,5

[1]) 1 FE = 7,89 MJ = 1,885 Mcal.
[2]) Frederiksen et al. 1931.

13.2.4 Fosterproduktion

Undersøgelser af Jakobsen (1957) viste, at der totalt i den drægtige ko's bør aflejres 50–60.000 kcal, hvilket svarer til ca. 30 FE. Aflejringen kan udtrykkes i følgende funktion (ARC 1980):

$$\text{Aflejret totalenergi (MJ)} = e^{(349.222 - 349.164\, e^{(-0.0000576\ t)})}$$

hvor t = dage fra konseption.

Ud over aflejringen af energi til vækst af bør, kalv og fosterhinder skal der bruges energi til opbygning af yvervævet. Tages der hensyn hertil samt til, at energiudnyttelsen til fosterproduktion er meget lav, kan normen for fosterproduktion fastlægges til 130 FE totalt for de tunge racer (kalvens fødselsvægt 40 kg) og 90 FE ialt for jersey (kalvens fødselsvægt 26 kg). I tabel 13.3 er fordelingen af foderet over drægtighedsperioden vist for de tunge racer, såvel den egentlige norm for fosterproduktion, som den danske norm der tager hensyn til den lave foderudnyttelse.

13.2.5 Tilvækst

Malkekøer i 1. og 2. laktation – evt. også i 3. laktation – er ikke udvoksede, og har derfor en ikke uvæsentlig tilvækst. I opdrætningsforsøg ved Steensberg (1945) og Hansen (1950) fandtes en tilvækst i 1. laktation på gennemsnitlig 60 kg

Tabel 13.3 Nettoenergibehov til fosterproduktion

Tidspunkt i drægtighedsperioden	ARC 1980		Dansk norm[1])
	MJ/dag	FE/dag	FE/dag
5. mdr.	0,46	0,06	0,2
6. mdr.	0,81	0,10	0,3
7. mdr.	1,41	0,18	0,5
8. mdr.	2,45	0,31	0,9
9. mdr.	4,25	0,54	1,6
– mdr.	5,27	0,67	2,2

[1]) Korr. for lavere udnyttelse (ca. 33%) af den på mælkeproduktion beregnede foderværdi.

og i 2. laktation 40 kg for køer af RDM og SDM. I et senere forsøg (Larsen et al. 1982), hvor kælvningsalderen var lavere (ca. 24 mdr.), og hvor de udvoksede køer var tungere, var tilvæksten væsentlig større, således 90 kg i 1. laktation og 70 kg i 2. laktation.

Nettoenergibehovet til tilvækst er lig med den aflejrede energi. Det gennemsnitlige energiindhold i 1 kg tilvækst eller vægttab angives af ARC (1980) til 26 MJ = 3,3 FE. Energinormen vil dog afhænge af vægtændringens sammensætning og vil øges med stigende fedtindhold. Tabel 13.4 viser sammenhængen mellem vægtændringens kemiske sammensætning og energiindholdet. Eet kg tilvækst bestående af 72% fedt, 13% protein og 15% vand svarer til 4,0 FE.

Herefter kan energibehovet til tilvækst i første laktation ansættes til 360 FE for de tunge racer (240 for jersey) og til 280 FE (180 FE) i anden laktation. Samme norm anvendes til en residualberegning af tilvækst udfra ialt optaget foder minus energibehov til de øvrige livsytringer (vedligeholdelse, mælke- og fosterproduktion).

Ved vægttab i mobiliseringsfasen (og uændret vomfylde) kan regnes med, at der frigøres 3,3 FE pr. kg vægtændring.

Tabel 13.4 Nettoenergibehov til 1 kg tilvækst af forskellig sammensætning

Kemisk sammensætning		Energiindhold	Norm
% fedt	% protein	MJ	FE
52,7	14,0	24,0	3,04
60,8	13,6	27,1	3,44
68,5	13,2	30,0	3,81
75,8	12,9	32,8	4,16
82,7	12,6	35,5	4,50

13.3 Fodringsprincip og energiniveau for hele laktationer

Til afklaring af hvorledes foderniveauet som uafhængig variabel eller som styringsvariabel påvirker produktionen ved forskelligt fodringsprincip må produktionen betragtes over det lange løb, d.v.s. over hele laktationen, eventuelt flere laktationer, i hvilke der er fodret forskelligt m.h.t. såvel foderniveau som fodringsprincip. Ved fodringsprincip (jvf. appendiks A) forstås den organisatoriske måde at tildele rationen på, det vil sige a) restriktiv eller ad libitum fodring, b) individuel fodring eller gruppefodring og c) separat tildelt foder eller fuldfoder. Følgende 3 hovedprincipper er alternativer og omtales kort her, da disses anvendelse uddybes i kapitel 18:

- Normfodring, hvor både kraftfoder og grovfoder fodres restriktivt, individuelt og separat.
- Stragegifodring med kraftfoder, hvor kraftfoder fodres restriktivt, individuelt og separat, medens grovfoder/grundfoder fodres efter ædelyst, i gruppe og separat.
- Fodring med fuldfoder, hvor kraftfoder og grovfoder fodres efter ædelyst, i gruppe og i een blanding.

Baggrunden for udviklingen af alternative fodringsprincipper til normfodringen har været den tekniske og økonomiske udvikling, der har medført større besætninger, ændrede staldtyper og anvendelse af større mængder grovfoder. Derved er det gjort vanskeligt eller umuligt at fodre individuelt med grovfoder – ikke blot ved afgræsning – men også ved staldfodring.

13.3.1 Fodringsprincipper

Ved normfodring afpasses foderniveauet (FE) løbende efter livsytring, d.v.s. legemsvægt, fosterproduktion og daglig ydelse udtrykt ved kg 4% mælk. Det eksperimentelle grundlag for normfodring blev, som foran nævnt, udført i 20'erne ved sammenligning af forskellige energiniveauer i forhold til den dagsaktuelle ydelse, d.v.s. fra 0,3–0,5 FE pr. kg 4% mælk (Frederiksen et al. 1931). Grundlaget for fodertildelingen i disse forsøg var, at køerne fodredes i relation til deres ydelse registreret hyppigt igennem laktationsperioden (2, 3 eller 4 gange månedligt). Ved sammenligning af ydelser ved de forskellige energiniveauer bestemtes de marginale forskelle i kg 4% mælk med stigende indsats, og disse var faldende i området 75–125% af normalnormen (0,40 FE pr. kg 4% mælk).

I praksis må normfodring baseres på regelmæssig ydelseskontrol, normalt 1 pr. måned. Af denne grund kan strikt normfodring ikke gennemføres i de første uger af laktationen, hvor ydelsen er stærkt stigende, og fodertildelingen vil

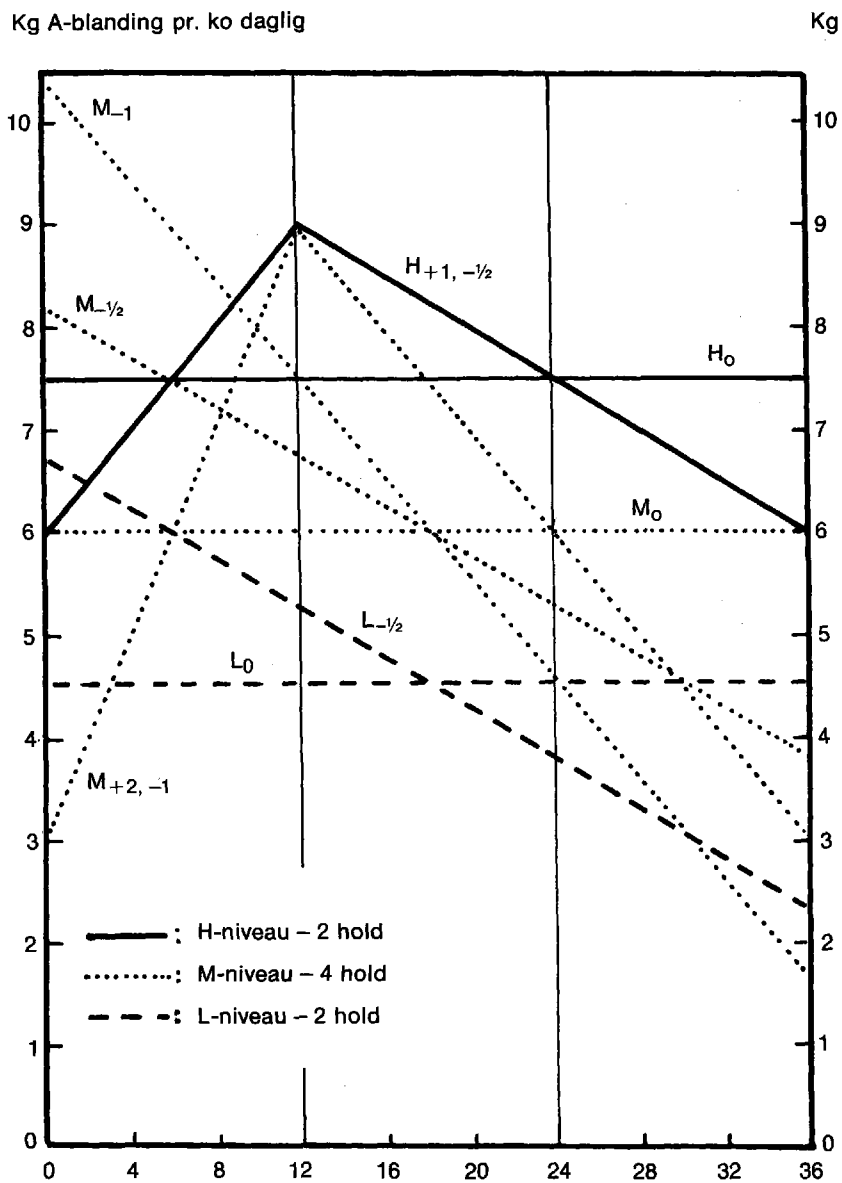


Fig. 13.5 Tildelingsniveau og -forløb igennem laktationen af 8 kraftfoderstrategier (Østergaard 1979).

halte efter ydelsesstigningen, det modsatte kan ske i de senere laktationsstadier. Endvidere vil en tilfældig lavere ydelse på kontroldagen, og deraf følgende lavere fodertildeling kunne medføre, at koens ydelseskapacitet ikke udnyttes (Østergaard 1979). I praksis vil disse forhold kunne afhjælpes ved anvendelse af elektronisk udstyr til daglig ydelseskontrol.

Ved strategifodring med kraftfoder fastlægges kraftfodertildelingen på et på forhånd planlagt niveau og forløb gennem laktationen kombineret med grovfoder – græsensilage eller en lignende grundfoderblanding, tildelt efter ædelyst. Forudsætningen for dette princips anvendelse afviger derfor væsentligt for normfodringens, idet kun kraftfoderet og eventuelt andet energirigt foder tildeles restriktivt og individuelt. Dette princip kan anvendes såvel når køerne er på græs som ved fodring i grupper eller enkeltvis på stald.

Grundlaget for princippet er det flerårige forsøg »Optimal fodringsintensitet« (Østergaard 1979), omfattende de i figur 13.5 viste 8 strategier for kraftfodertildeling uafhængig af aktuel ydelse over laktationens første 36 uger. I de sidste 10 uger af laktationen blev der fodret efter såvel aktuel ydelse som ønsket huld inden goldning 6 uger før forventet kælvedato. Forsøget, der inkluderede 298 laktationer på SDM-køer, omfattede også en niende forsøgsbehandling: normfodring med 0,40 FE pr. kg 4% mælk og med konstant grovfodertildeling over hele laktationen. De strategifodrede køer tildeltes derimod græsensilage ad libitum. Alle køer tildeltes konstante daglige mængder af roer og/eller roeaffald og melasse 3,5 FE, roetopensilage 0,8 FE samt byghalm (ialt 4,5 FE).

Forsøgsbehandlingernes indflydelse på foderoptagelsen igennem laktationens første 36 uger ses af fig. 13.6 og 13.7, der viser, hvorledes kraftfoderstrategien markant påvirker det totale daglige energiniveau gennem laktationen. Af disse figurer ses, at det – selv ved ad libitum fodring med grovfoder – er muligt ved hjælp af kraftfoderstrategien at opnå ethvert ønsket foderniveau inden for et aktuelt område, eksempelvis fra 10 til 18 FE pr. ko daglig i gennemsnit. Yderligere dokumentation er givet i kapitel 7 vedrørende styring af foderoptagelsen.

I laktationens første 36 uger opnåedes ved tildeling af samme mængder kraftfoder samme totale energioptagelse og samme mælkeydelse uanset strategierne for tildelingen af kraftfoder.

Fodring med fuldfoder efter ædelyst er et fodringsprincip, der gør det muligt at gruppefodre med kun een foderblanding til opnåelse af en tilsigtet gennemsnitlig foderoptagelse ved fri adgang til rationen. Princippet har som forudsætning, at der kan laves en stabil og ensartet blanding af alle fodermidler fra fodring til fodring. Ved regulering af foderblandingens sammensætning og energikoncentration er det muligt at opnå en gennemsnitlig optagelse, der er tilpasset en gruppe køers gennemsnit, se fig. 13.8. Det er dog nødvendigt at dele besætningen op i flere grupper for også ved dette fodringsprincip at kunne nedtrappe foderniveauet i sidste del af laktationen (jvf. kap. 9).

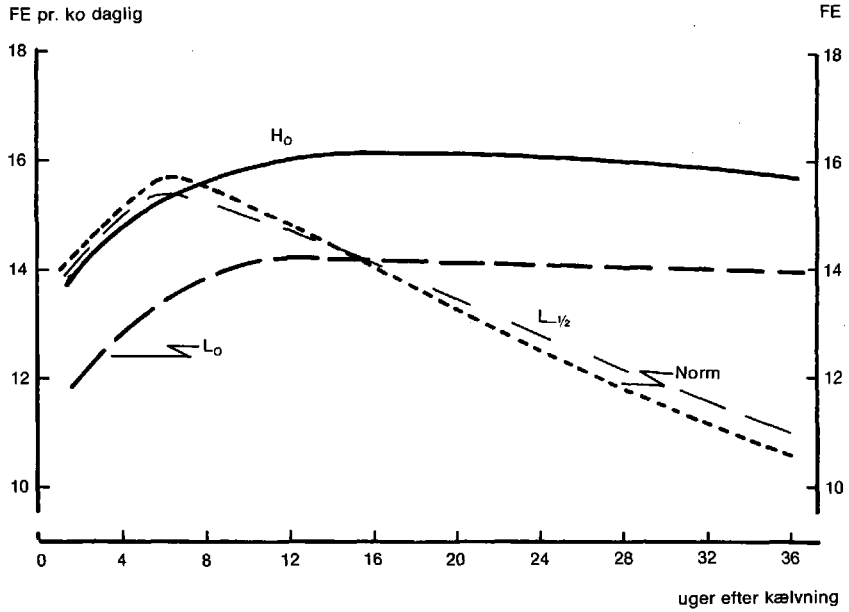


Fig. 13.6 Dagligt foderniveau igennem laktationen hos køer på 3 forskellige kraftfoderstrategier og normfodring.

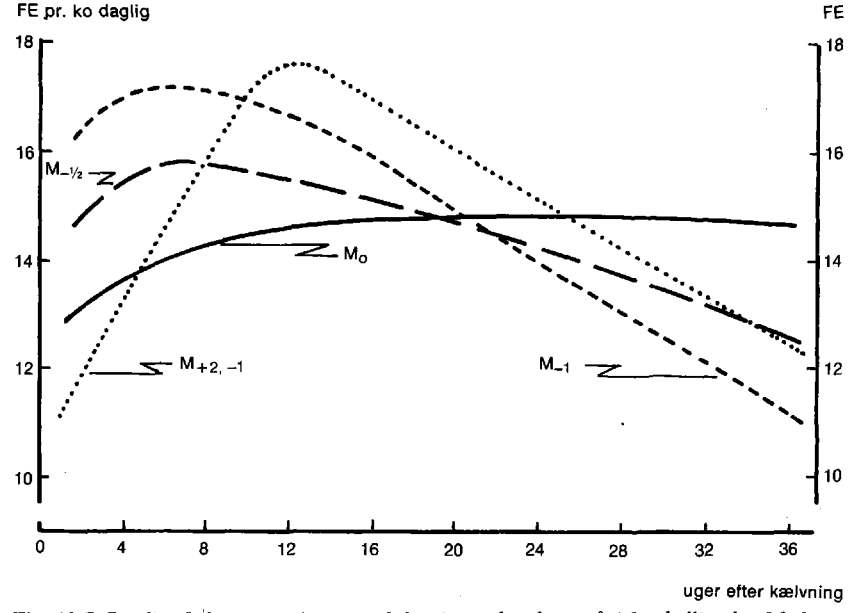


Fig. 13.7 Dagligt foderniveau igennem laktationen hos køer på 4 forskellige kraftfoderstrategier for fordeling af 1512 kg A-blanding.

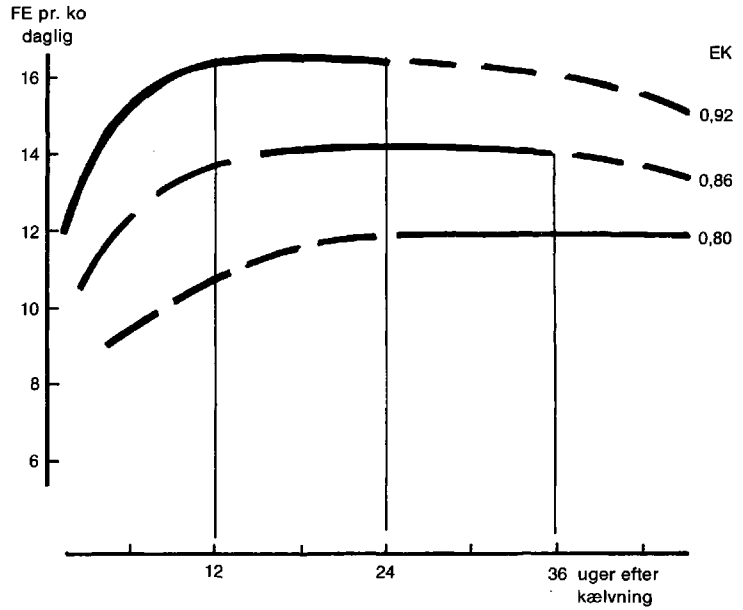


Fig. 13.8 Foderniveauet igennem laktationen ved fodring med fuldfoder med 3 forskellige energikoncentrationer (EK). Skematisk efter Krohn & Andersen (1981).

Ved sammensætningen af den optimale foderration anvendes energikoncentration som styringsfaktor for energioptagelsen.

13.3.2 Laktationsydelse ved forskelligt fodringsprincip og energiniveau

Til belysning af langtidsvirkningen af forskelligt foderniveau ved normfodringen gennemførtes 1935–54 »Rentabilitetsforsøget«, hvor følgende normer blev sammenlignet: Lav (B): 0,33 FE, middel (A): 0,40 FE og høj (C): 0,48 FE (Larsen & Larsen 1956). Tabel 13.5 viser hovedresultater for ydelse og tildelt foder pr. årsko ved de 3 behandlinger, der er gennemført i staldperioden. Køerne var på græs om sommeren og den samlede foderoptagelse i afgræsningsperioden har været bestemt af det enkelte dyrs mælkeydelse og kraftfoderniveau. D.v.s., at køer på de lavere kraftfoderniveauer har ædt mere græs end køer på højere niveauer. Græsoptagelsen, har dermed været medvirkende til at udligne forskellen mellem forsøgsbehandlingerne.

Resultaterne i tabel 13.5, viser et aftagende merudbytte for stigende foderniveau, idet der opnås 1,56 kg 4% mælk pr. mer-FE ved at gå fra lav til middel norm, medens der ved at gå fra middel til høj norm opnås henholdsvis 0,59 kg ved lille og 1,01 kg 4% mælk ved normal ensilagemængde.

Tilsvarende resultat er opnået i det svenske forsøg (Wiktorsson 1971), hvor merudbyttet pr. mer-FE blev 1,00 og 0,48 kg 4% mælk pr. mer-FE ved at gå henholdsvis fra lav til middel og fra middel til høj norm (tabel 13.5). Det svenske forsøg gennemgørtes fra 1. til 40. uge af 2. laktation med køet på stald, som i 1. laktation var fodret efter normalnorm, hvorefter fodertildelingen i 2. laktation blev baseret på forholdsvis 80, 100 og 120% heraf. Ud fra disse forsøg, hvor der er fodret efter ydelse, er det muligt at angive, hvad der under givne betingelser opnås i »marginal mælkeydelse« for den sidst indsatte FE (Hjelm 1958).

»Marginal ydelse«, kg 4% mælk = 2,31 – 3,59 (PFE pr. kg 4% mælk).

I forsøget »Optimal fodringsintensitet« der omfattede forskellige kraftfoderstrategier (Østergaard 1979) fandtes et svagere aftagende merudbytte pr. mer-FE, når foderniveauet blev øget ved hjælp af kraftfoderstrategier med konstant daglig tildeling. Denne sammenligning vises i tabel 13.5. Når der alene ses på merudbytterne ved at gå fra Lo til Mo og fra Mo til Ho, fandtes disse at være 1,29 og 0,90 kg 4% mælk pr. FE.

Tabel 13.5 Foderniveau og ydelse ved forskelligt fodringsprincip

Fodringsprincip (kilde)	Mælk, kg 4%	Foder FE ialt	Mer-kg 4% m. Mer-FE	FE pr. dag
1. Normfodring, PFE/kg 4%				
(Larsen & Larsen 1955). Pr. årsko				
B: 0,33 (lille ensilagemængde)	3865	3188	–	8,7
A: 0,40 (lille ensilagemængde)	4323	2481	1,56	9,5
C: 0,48 (lille ensilagemængde)	4456	3708	0,59	10,2
A: 0,40 (normal ensilagemængde)	4348	3518	–	9,6
C: 0,48 (normal ensilagemængde)	4505	3673	1,01	10,1
(Wiktorsson 1971). 2. lakt. 1–40 u.e.k.				
L: 0,30 (hø + blandsæd).....	4851	3290	–	11,8
M: 0,40 (hø + blandsæd).....	5264	3975	1,00	14,2
H: 0,50 (hø + blandsæd).....	5593	4660	0,48	16,6
2. Strategifodring m. kraftfoder. 1–36 u.e.k.				
(Østergaard 1979). 43% 1. lakt.				
L: 4,5 kg A-bl. konstant i 1–36 u.e.k.	4670	3379	–	13,4
M: 6,0 kg A-bl. konstant i 1–36 u.e.k.	5015	3646	1,29	14,5
H: 7,5 kg A-bl. konstant i 1–36 u.e.k.	5287	3949	0,90	15,7
3. Fodring med fuldfoder				
(Krohn & Andersen 1981). 1. lakt.				
1–24 u.e.k. Energikonc.:				
L: 0,82 FE pr. kg ts.....	3007	1786	–	10,6
M: 0,93 FE pr. kg ts.....	3440	2255	0,92	13,4
H: 1,05 FE pr. kg ts.....	3713	2789	0,51	16,6

I tabel 13.5 er endelig vist resultater vedrørende fodring med fuldfoder efter ædelyst (Krohn & Andersen 1981). Her fandtes et merudbytte på 0,92 kg 4% mælk pr. mer-FE ved at hæve energikoncentrationen fra 0,82 til 0,93 FE pr. kg tørstof, medens merudbyttet aftog til 0,51 kg 4% mælk, når energikoncentrationen blev hævet til 1,05.

Det kan konkluderes, at det uanset fodringsprincip er muligt at påvirke laktationsydelsen væsentlig ved at ændre energiniveau, men at merudbyttet pr. ekstra indsat FE aftager ved øget energiniveau.

13.3.3 Laktationskurvens og -ydelsens afhængighed af foderets fordeling over laktationen

Som det er omtalt i det foregående, har der i det seneste årti været gennemført en række undersøgelser, med konstant, aftagende eller tiltagende/aftagende daglig energitildeling hen igennem laktationsperioden. Undersøgelserne har entydigt vist, at den højtydende malkeko er i stand til at præstere samme eller næsten samme laktationsydelse selv om der anvendes væsentligt forskellige tildelingsmåde af kraftfoder, såfremt grovfoder af god kvalitet gives ad libitum (Rakes & Davenport 1971, Østergaard 1979, Gordon et al. 1981) eller når grovfoderet gives i fast daglig mængde (Johnson 1977). Det danske forsøg 1972–76 (Østergaard 1979) omfattede, som allerede vist i fig. 13.5, 2–4 forskellige måder at fordele en given total mængde kraftfoder på. Medens der ikke fandtes signifikante forskelle i ydelse mellem de forskellige tildelingsstrategier indenfor samme tildelingsniveau havde måden at tildele kraftfoderet på en betydelig indflydelse på laktationskurvens form.

Inden for hvert af de 3 kraftfoderniveauer L, M og H for de første 36 uger af laktationen var laktationskurverne for L og M niveauet signifikant forskellige, idet hældningen på kurverne, udtrykt ved ydelsesændring over 4 uger, fandtes at være –0,70 og –1,01 for henholdsvis strategi Lo og L-½, samt –0,80 og –1,15 for strategi Mo og M-1. Der fandtes således en nøje sammenhæng mellem foderstrategien og laktationskurvens hældning.

De forskellige kraftfoderniveauer – belyst ved Lo, Mo og Ho – gav ikke signifikant forskellig hældning. For disse 3 strategier fandtes hældningen at være –0,70, –0,80 og –0,77. Tilsvarende er fundet i engelske forsøg (Broster et al. 1969, Johnson 1977 og Taylor & Leaver 1982), men ydelsesnedgangen har været større i de to førstnævnte, hvilket må tilskrives bl.a. restriktiv tildeling af grovfoder. De gunstige resultater, som er opnået ved anvendelse af et fodringsprincip, der – uanset den dagsaktuelle ydelse – bygger på tildeling af en konstant daglig kraftfodermængde og græsensilage efter ædelyst, forklares bl.a. af:

- koens evne til såvel mobilisering som deponering af kropsfedt.
- køer med de bedste ydelsesanlæg optager ved fodring efter ædelyst et større grovfoder end gennemsnittet.

- forebyggelse af ugunstig vomgæring forårsaget af højt kraftfoderniveau (jvf. kap. 2).

Disse strategier med konstant daglig fodertildeling giver ydermere arbejdslettelse og er lettere at gennemføre i praksis. Desuden giver de ved normalt forekommende priser på mælk og foder det økonomisk mest gunstige resultat (Østergaard 1979).

13.4 Produktionsfunktioner

Ved hjælp af produktionsfunktionen, der er en matematisk beskrivelse af den kvantitative sammenhæng mellem et produkt (f.eks. kg 4% mælk) og én eller flere uafhængie variable (f.eks. kg A-blanding og FE pr. kg ensilagetørstof eller mere generelt, total FE), kan marginaludbyttet fastlægges. Dette er nødvendigt for at kunne fastlægge den optimale, d.v.s. økonomisk mest fordelagtige foderindsats under forskellige prisforudsætninger vedrørende produkt og faktor(er).

Det optimale foderniveau er opnået, når indtægten fra det fysiske udbytte (mælk og tilvækst) af den sidst indsatte faktor enhed er lig med dennes omkostning. Forudsætningen for at få et optimum er et aftagende merudbytte ved øget indsats af den uafhængige indsats af faktor(er). Produktionsfunktioner er blevet ofret betydelig opmærksomhed, især i 60'erne og 70'erne (Jensen et al. 1942, Jensen 1961, Heady 1964, Andersen 1965, Wragg et al. 1968, de Boer et al. 1969, Krohn & Andersen 1978 og Østergaard 1979).

Produktionsfunktionen kan eksempelvis skrives på følgende form, idet y er den afhængige og x den uafhængige variabel:

$$y = a + b_1x + b_2x^2$$

Ved differentiering findes marginaludbyttet:

$$y' = b_1 + 2b_2x$$

Når b_1 er positiv og b_2 negativ, er betingelsen om det aftagende marginaludbytte opfyldt.

13.4.1 Energiniveauets indflydelse på ydelsen

Den enkelte ko's daglige foderniveau kan som tidligere nævnt i praksis reguleres over tildelingen af kraftfoder og grovfoder (græs, ensilage etc.) fodret ad libitum, jvf. fig. 13.6 og 13.7 samt kapitel 7. Der kan på denne måde ske en

tilstrækkelig effektiv styring af den samlede foderoptagelse. Samtidig er det også muligt at opstille produktionsfunktioner på basis af sådanne forsøg, når grovfoderet er fodret ad libitum og kraftfoderet er tildelt uafhængig af aktuel ydelse. Der er to omfattende danske forsøg, som opfylder disse betingelser dels det allerede omtalte forsøg »Optimal fodringsintensitet«, dels et netop afsluttet ensilageforsøg (Silstrup forsøget) med 3 niveauer af kraftfoder og 3 foderværdier af ensilage. Førstnævnte forsøg forløb over uge 1–36 (jvf. fig. 13.5), medens sidstnævnte forløb over uge 10–20 efter kælvning.

Figur 13.9 sammenfatter et enkelt, men væsentlig resultat fra forsøget »Optimal fodringsintensitet« og viser, hvorledes stigende tildeling af A-blanding i de første 4 uger efter kælvning har øget den daglige mælkeydelse, men med et aftagende merudbytte, der blev nul ved ca. 8,0 kg og herefter negativt. Højeste dagsydelse opnåedes således ved tildeling af 8,0 kg A-blanding. Herudover fik køerne 3,5 kg tørstof i roer og melasse, samt ensilage efter ædelyst.

I tabel 13.6 vises – for uge 1–24 efter kælvning – produktionsfunktionerne for mælkeydelse, m.m. hvor mængden af A-blanding indgår som den uafhængige

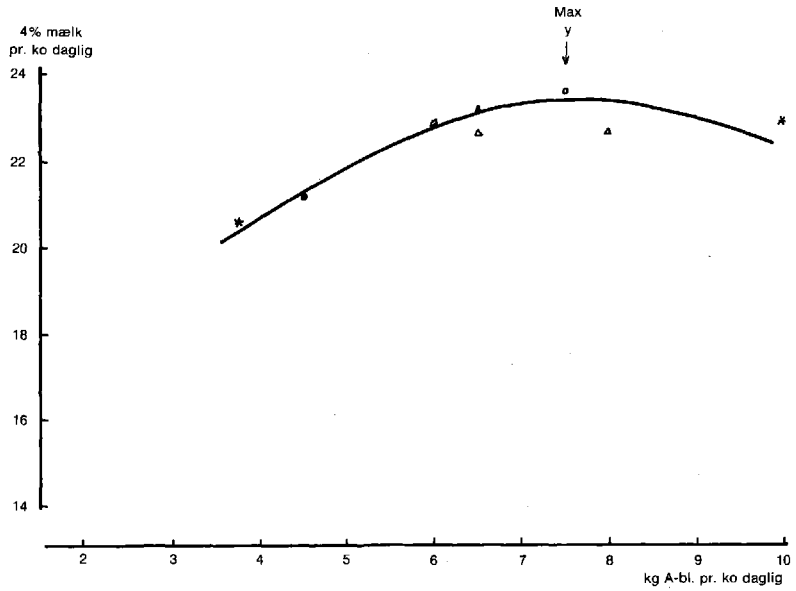


Fig. 13.9 Ydelsen som funktion af tildeling af A-bl. i tidlig laktation (græsensilage ad libitum og 4,5 FE letfordøjeligt foder). (Efter Østergaard 1979).

Tabel 13.6 Daglig foderoptagelse, ydelse og tilvækst samt de marginale værdier ved forskelligt kraftfoderniveau, kg tørstof pr. ko dagligt i uge 1–24 efter kælvning (43% 1. kalvs, SDM). (Østergaard 1979)[1]

A-bl. kg tørstof (à 1,11 FE)	4	5	6	7	8
Basal ration:					
Roer, melasse o.l.	3,7	3,7	3,7	3,7	3,7
Roetopens. o.l.	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6
A-bl., roer o.l. %					
af ialt tørstof	(50)	(54)	(58)	(61)	(65)
Græsens.) kg tørstof:*					
Gns.	6,2	5,9	5,5	5,1	4,6
Marg.	–0,27	–0,34	–0,41	–0,48	–0,54
Ialt foderoptagelse:					
Tørstof, kg	15,5	16,2	16,8	17,4	17,9
FE	13,2	14,1	14,9	15,7	16,5
Ydelse, kg 4%:					
Gns.	19,8	20,9	21,6	22,0	22,1
Marg.	1,19	0,87	0,55	0,24	–0,08
Tilvækst, g:					
Gns.	54	132	226	336	462
Marg.	70	86	102	118	134

[1]) Funktioner (x = kg tørstof i A-bl.):
Græsensilage, kg ts. = $6,77 - 0,034x^2$
Ialt foderoptagelse:
kg ts. = $12,07 + x - 0,034x^2$
FE = $9,11 + 1,11x - 0,0235x^2$
Ydelse, kg 4% = $12,57 + 2,45x - 0,158x^2$
Tilvækst, g = $-98 + 6x + 8x^2$
*) kg tørstof à 0,69 FE

variabel. Samtidig giver denne tabel en oversigt over, hvorledes det med tildeling af A-blanding har været muligt at regulere den daglige foderoptagelse i tørstof og FE, hvorved ydelse og tilvækst er blevet påvirket.

På tilsvarende måde viser tabel 13.7 resultater fra Silstrup forsøget. Her er den ad libitum fodrede græsensilage af forskellig foderværdi (FE pr. kg tørstof), eftersom den er høstet i tidligt, middel eller sent udviklingsstadium. Det ses, at der kan opnås højere mælkeydelse ved 3–4 kg tørstof i A-blanding og græsensilage med høj foderværdi end ved 9–10 kg tørstof i A-blanding til græsensilage med lav foderværdi.

Tabel 13.7 Daglig foderoptagelse og ydelse ved ad libitum fodring med græsensilage med forskellig fordøjelighed (FK) suppleret med konstant kraftfodertilskud, kg ts./ko dgl. 1–24 u.e.k. (SDM)

A-bl., kg tørstof (à 1,12 FE)	3,5	5,0	6,5	8,0	9,5	A-bl. for y-max (kg ts)
S. Græsens. FK 62 (s. slæt)						(11,7)
Tørstof, kg (à 0,61 FE)	8,7	8,1	7,4	6,7	6,1	5,1
FE ialt	9,2	10,5	11,8	13,1	14,3	16,2
Ydelse, kg 4% mælk	15,7	17,7	19,4	20,6	21,5	21,6
Udbytte pr. mer FE	1,6	1,3	1,0	0,7		
M. Græsens. FK 72 (m. slæt)						(10,4)
Tørstof, kg (à 0,69 FE)	10,4	9,7	9,0	8,4	7,7	7,3
FE ialt	11,1	12,3	13,5	14,7	16,0	16,7
Ydelse, kg 4% mælk	19,3	21,0	22,3	23,2	23,6	23,7
Udbytte pr. mer FE	1,4	1,0	0,7	0,4		
T. Græsens. FK 82 (t. slæt)						(9,2)
Tørstof, kg (à 0,84 FE)	12,0	11,3	10,7	10,0	9,3	9,5
FE ialt	14,0	15,1	16,3	17,4	18,5	18,2
Ydelse, kg 4% mælk	23,1	24,5	25,4	25,9	26,0	26,1
Udbytte pr. mer FE	1,2	0,8	0,5	0,1		

Funktioner (x_F = ensilagens fordøjelighed (%) og x_A = kg tørstof i A-bl.)
Græsensilage, optagelse, kg tørstof = $0{,}164 + 0{,}163x_F - 0{,}443x_A$
Ydelse, kg 4% mælk = $-18{,}6 + 0{,}455x_F + 3{,}48x_A - 0{,}0901\ x_A^2 - 0{,}0222x_Fx_A$

For ensilageforsøgene er det energikoncentrationen der har afgørende betydning for foderoptagelsen og derigennem også på energioptagelsen. Et tidlig slæt øger både mælkeydelse og merudbytte.

For at kunne opnå en mere generel anvendelse af produktionsfunktioner vil det være formålstjenligt at den uafhængige variabel udtrykkes ved ialt FE. Det vil også være forsvarligt, når det er alsidige foderrationer, der betragtes.

Funktionerne har følgende udseende, når faktorindsatsen (x) udtrykkes i ialt FE (10–20 u.e.k.):

kg 4% mælk = $-12{,}07 + 4{,}053x - 0{,}114x^2$ (tidlig slæt i ensilage)
kg 4% mælk = $-10{,}82 + 3{,}957x - 0{,}116x^2$ (middel slæt i ensilage)
kg 4% mælk = $-15{,}59 + 4{,}549x - 0{,}137x^2$ (sen slæt i ensilage)

13.4.2 Energiniveauets indflydelse på tilvæksten

Som nævnt kan tilvæksten hos den højtydende malkeko antage en betydende negativ værdi i første del af laktationen for derefter senere i laktationen at antage en høj positiv værdi (jvf. kap. 2). Nedenstående oversigt viser tilvækstens størrelse (g pr. dag) med forskellig energiindsats i foderrationen. Den omfatter resultaterne fra forsøg af Krohn & Andersen (1981) og Østergaard (1979) samt ensilageforsøgene på Silstrup Forsøgsstation (Kristensen 1981).

FE ialt		10	12	14	16
Kilde:					
475. beretn.	(1 – 9 u.e.k.)	–573	–357	–141	–25
Ens. forsøg	(10 – 20 u.e.k.)	–10	120	250	380
482. beretn.	(1 – 24 u.e.k.)	–50	–20	122	376

Det fremgår klart, at køer kan have et stort vægttab i begyndelsen af laktationsperioden, men også at mobiliseringen påvirkes stærkt af energiindsatsen.

Et klassisk eksempel er også respirationsforsøgene ved Moe & Flatt (1969) med bl.a. koen Lorna, der i tidlig laktation dagligt mobiliserede kropsfedt svarende til 2,4 kg vægttab (à 31 MJ NE) og senere i laktationen dagligt deponerede ca. 10% mere. Ved disse og andre respirationsforsøg er fundet, at legemsvægten kun er svagt positivt korreleret med ændring i kroppens energistatus. Årsagen hertil er ændringer i vommens fyldning og kroppens kemiske sammensætning i mobiliserings- og deponeringsfasen. Disse forhold bevirker, at en bestemmelse af køernes vægt er en usikker parameter til måling af energiaflejring/mobilisering.

Som følge af disse forhold fastlægges produktionsfunktionen for tilvækst bedst ved en residualberegning. I denne beregning må der også tages højde for en aftagende udnyttelse af foderets energi ved stigende foderniveau. Dette energitab udgør ifølge en analyse af Danfær (1983) ca. 10% pr. multiplum af vedligehold fra et niveau på 2,9 gange vedligehold, hvilket svarer til ca. 12 FE for en ko på 550 kg. Dermed viser analysen, at ved et foderniveau på 12 FE er foderværdien korrekt bestemt, men ved højere eller lavere niveauer skal foderværdien henholdsvis reduceres eller øges med 10% pr. multiplum af vedligehold.

I henhold til ovenstående kan beregningen af køernes tilvækst som en residual gennemføres som vist nedenstående. I beregningerne indgår normerne for de forskellige livsytringer, der er beskrevet i afsnit 13.2, samt de 2 korrektioner k_1 og k_2, som netop er beskrevet:

FE ialt pr. dag = x_1

FE til vedligehold = V = $\frac{\text{kg legemsvægt}}{200} + 1{,}5$

Kg 4% mælk pr. dag = y_1

FE til mælkeproduktion = PFE = $0{,}4 \cdot y_1$

Kg tilvækst pr. dag = y_2

FE til tilvækst = $4{,}0 \cdot y_2$

Korrektion for foderniveau (10% pr. V niveau) = k_1

$$k_1 = 0{,}1 \cdot x_1 \quad \frac{x_1 - 12}{V}$$

Ligningen får derefter følgende udseende:

Residual tilvækst $y_2 = 0{,}25\ (x_1 - V - PFE - k_1)$

Ligningen gælder, når tilvæksten (y_2) er positiv, og når foderniveauet (x_1) varierer fra 10–20 FE (Danfær 1983).

13.4.3 Produktionsfunktionens gyldighedsområde

I det omfattende forsøg af Østergaard (1979) kunne forskellige perioder af laktationen danne grundlag for beregning af produktionsfunktioner. Desuden var forsøgsdyrene opdelt i køer i 1. laktation og køer i 2. og senere laktationer. Resultaterne fra disse opdelinger er vist i tabel 13.8.

Produktionsfunktionerne for mælkeydelsen i forskellige perioder af laktationen omfatter: 1.–12. uge, 1.–24. uge og 1.–36. uge. Disse funktioner viser ikke signifikante forskelle for marginaludbytter ved samme niveauer af kraftfodertilskud, således at produktionsfunktionen for 1.–24. uge, kan anvendes som foreslået af Østergaard (1979).

Det afgørende for nedtrapningen af foderniveauet bliver således virkningen på køernes tilvækst, da de skal have mulighed for at vægttabet først i laktationen kan blive udlignet ved en deponering senere i laktationen (jvf. afsnit 13.2.1). I denne sammenhæng må en bedømmelse af køernes huld benyttes (kap. 18), men denne må også støttes af en beregning af køernes residualtilvækst, som vist i foregående afsnit.

Tabel 13.8 Produktionsfunktioner for forskelligt laktationsstadium og -nummer

Strategifodring (Østergaard 1979)		Marginal ydelse, kg 4% mælk Niveau af kg A-bl. ts. (x)		
Laktationsstadium*)	Funktioner	5	6	7
1.–12. uge efter kælvn.	kg 4% m. = 12,45 + 2,60x – 0,174x²	0,86	0,51	0,16
1.–24. uge efter kælvn.	kg 4% m. = 12,57 + 2,45x – 0,158x²	0,87	0,55	0,24
1.–36. uge efter kælvn.	kg 4% m. = 11,90 + 2,34x – 0,148x²	0,86	0,56	0,27
Laktationsnummer**)				
1. laktation	kg 4% m. = 9,59 + 2,87x – 0,194x²	0,93	0,54	0,15
2. og sen. laktationer	kg 4% m. = 14,82 + 2,13x – 0,130x²	0,83	0,57	0,31

*) 40% 1. laktation og 60% 2. og senere laktationer.
**) Uge 1–24.

Resultaterne for køer i 1. laktation og i 2. og senere laktationer ses også i tabel 13.8. Her var ingen signifikant forskel i marginalydelsen med samme indsats af kraftfoder. Der vil i dette tilfælde være en signifikant forskel i ad libitum optagelsen af ensilage eller grovfoder, hvorfor de ældre køer har en større foderoptagelse end de unge køer. Disse forhold er beskrevet i kapitel 7 vedrørende alderens og vægtens indflydelse på køernes foderoptagelse. Foderrationen for de unge køer vil dermed blive mere energirig end for de ældre køer.

Vedrørende betydningen af foderrationens sammensætning og specielt ensilagens eller grovfoderets fordøjelighed er resultaterne vist i tabel 13.7. Med en stigende fordøjelighed af græsensilage, som kan opnås ved tidligt slættidspunkt, kan mængden af kraftfoder nedsættes. Køernes mælkeydelse stiger væsentlig og de marginale udbytter forøges også, således at det totale energiniveau kan hæves.

Dette illustrerer klart betydningen af ensilagens energikoncentration for opnåelse af et højt produktionsniveau i mælkeproduktionen. Med en stigning i ensilagens fordøjelighed af organisk stof (FK) kan energiniveauet øges med 0,10 FE pr. enhed i FK i organisk stof i området FK 60–80.

Køernes ydelsespotentiale er væsentlig i forbindelse med en fastsættelse af produktionsfunktionernes gyldighed. I forsøgene, som danner grundlag for de beregnede funktioner, har køernes ydelseskapacitet været omkring 6500 kg 4% mælk i årsydelse.

To principper kan opstilles:

Det ene princip er en korrektion af funktionen ved tillæg eller fradrag i det FE's niveau, som er beregnet ud fra den anvendte dunktion. Østergaard (1980) har foreslået et tillæg på 1 FE pr. 1000 kg 4% mælk, som besætningens ydelseskapacitet overstiger med 6500 kg 4% mælk. I kapitel 17 bliver dette princip nærmere beskrevet.

Et andet princip som er foreslået af Wiktorsson (1980) tager hensyn til de enkelte køers ydelseskapacitet (fig. 13.10).

Grundlaget er laktationsydelsen eksempelvis på 6000, 7000 og 8000 kg 4% mælk. I relation til disse ydelser varieres tiden i første del af laktationen, inden der foretages en nedtrapning af fodertildelingen. Forudsætningen er også her, at køernes ydelsespotentiale bliver udnyttet gennem en høj foderoptagelse i første del af laktationen, hvor der også lægges vægt på kvaliteten af grovfoder (ensilage og hø).

Sidstnævnte princip er i realiteten det samme som det, der anvendes ved fuldfoderrationer til gruppefodrede køer, hvor gruppernes foderration ændres i energikoncentration efter tidspunkt i laktationen eller ydelsesniveauet for de enkelte grupper, som besætningen opdeles i.

En vurdering af køernes ydelseskapacitet kan være vanskelig, men informationer kan hentes fra ydelseskontrollen. Herunder kan også gennemsnitsydelsen noteres for uge 1–12 (y), som det bl.a. sker på Helårsforsøg med kvæg (Hindhede 1982).

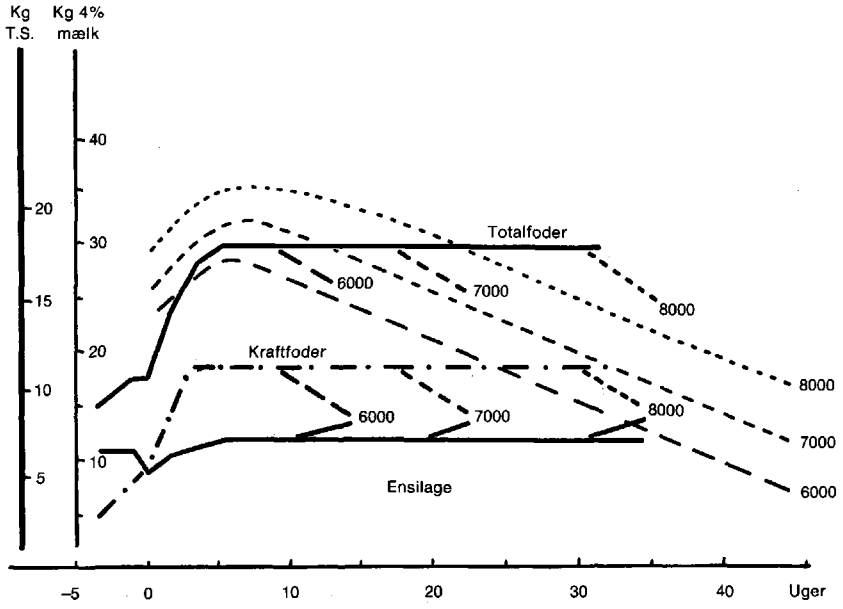


Fig. 13.10 Model for samspillet mellem optagelse af totalfoder, kraftfoder, ensilage og foderstyring (nedtrapning) i relation til koens ydelsesniveau (Wiktorsson 1980).

En beregning foretaget på dette materiale (532. beretning fra Statens Husdyrbrugsforsøg) viser følgende funktion:

$$\text{Årsydelse i 365 dage} = 6000 + 233\ (\bar{y} - 23).$$

Årsydelsen ændres efter denne relation med ± 233 kg mælk for en ændring på ± 1 kg mælk i gennemsnit i uge 1–12 efter kælvning. I sammenhæng med den vurdering, som er foretaget af Østergaard (1979) skulle dette medføre et tillæg i det optimale energiniveau på 0.20–0.25 FE pr. kg mælk over 23 kg i gennemsnit i de første 12 uger af laktationen.

13.5 Energiniveauets betydning for sundhed og frugtbarhed

Malkekoens sundhed og frugtbarhed er af stor økonomisk betydning, men der er kun få produktionsforsøg, der omfatter et så stort antal dyr, at det er muligt at få klarlagt betydningen af energiniveauet, når dette ligger inden for de økonomiske aktuelle grænser, d.v.s. ca. 13–18 FE daglig i første halvdel af laktationen, noget mindre i sidste halvdel og væsentlig mindre i goldperioden (6–7 FE for de tunge racer).

I »Rentabilitetsforsøget« 1935–54 med 3 fodernormer (jvf. afsnit 13.3.2) fandtes ikke nogen klar sammenhæng mellem holdbarhed/sundhed og norm (Larsen & Larsen 1956). Ligeledes fandt Østergaard (1979) ingen statistisk sikre forskelle mellem 8 kraftfoderstrategier og normfodring m.h.t. mastitis, andre sygdomme, udsætning og ketose.

For stofskiftesygdommen, ketose eller acetonæmi, er det den intermediære forsyning af glukose, der spiller en afgørende rolle. De højtydende køer har behov for rigelige mængder af let omsættelig energi. Ved ketose registreres et fald i blodets indhold af glukose og en tilsvarende stigning i blodets indhold af acetoacetat (Vik-Mo 1977).

Det er vigtigt, at energioptagelsen øges i hurtig takt efter kælvning for så meget som muligt at begrænse den negative energibalance efter kælvningen, og for hurtigst muligt at bringe koen i positiv energibalance. I overensstemmelse hermed kan ketoseproblemerne være fremtrædende ved en ensidig fodring med ensilage med lav energikoncentration. Denne situation kan forbedres ved brug af en mere alsidig foderration, hvori der også indgår bederoer til erstatning for en del af kraftfoderrationen (Vik-Mo 1982). Ved fodring uden roer eller med et lille roefoder, som det f.eks. er tilfældet i Norge, anbefales en hurtig optrapning over 2–3 uger af kraftfoderet fra ca. 4 til 10 FE (Dale 1980). En forebyggelse sker dog som nævnt bedst – hvor det er muligt – ved anvendelse af ensilage med høj foderværdi og/eller en alsidig ration, hvori der indgår roer.

Med hensyn til energiniveauets indflydelse på køernes frugtbarhed er den eksperimentelle dokumentation ikke omfattende, men enkelte undersøgelser skal nævnes. På grundlag af »Rentabilitetsforsøget« konkluderede Larsen & Larsen (1956):

- Ved stærk fodring er der i henseende til drægtighed ingen forskel på køer i de forskellige ydelsesklasser.
- Ved normal og svag fodring forringes drægtighedsforholdene med stigende ydelse af køerne inden for disse hold.

I forsøget »Optimal fodringsintensitet« fandt Østergaard (1979) ingen signifikant forskel mellem 8 kraftfoderstrategier og normfodring, selv om der var en tendens til bedre drægtighedsforhold med stigende kraftfoderniveau i uge 1–12. Dette er i overensstemmelse med andre undersøgelser, i hvilke køerne har været tildelt et moderat til højt energiniveau (Broster 1973, Sonderegger & Schürch 1977). I et lignende forsøg, dog ikke med grovfoder ad libitum, fandt Johnson (1977) imidlertid ingen signifikant forskel mellem forsøgsbehandlingerne vedrørende antal insemineringer pr. drægtighed.

På grundlag af ovennævnte og et omfattende litteraturstudium ved Hansen (1977) kan konkluderes:

- Køer, der er i vægttab eller dårligt huld, har ringere chance for at blive drægtige end køer, der tager på i vægt eller er i normalt til godt huld.

Det optimale foderniveau bør derfor ikke nedtrappes, før end koen er erklæret drægtig. Tidspunktet herfor vil i praksis variere, men generelt vil dette for hovedparten af køerne være omkring 15–20 uger efter kælvning. D.v.s. nogenlunde samtidig med at også en væsentlig del af køerne er gået ind i depone-ringsfasen.

Endelig må nævnes at ovennævnte litteraturstudium af Hansen (1977) også viste, at overfodring med energi i goldperioden kan have nedsættende virkning på køernes frugtbarhed efter kælvning.

13.6 Sammendrag og konklusion

1. Energiniveauets indflydelse på køernes mælkeproduktion blev allerede taget op i de klassiske forsøg, hvor køerne blev tildelt energi efter forskellige normer til mælkeproduktion.
   Resultatet var et aftagende merudbytte, men der var samtidig en påvirkning af køernes tilvækst. Forsøgene gav grundlaget for normerne til de forskellige livsytringer, som har været benyttet op til i dag.
2. Normerne for livsytringerne:
   a) Mælkeproduktion: 0,4 FE pr. kg 4% mælk

b) Vedligeholdelse: $FE = \frac{\text{legemsvægt}}{200} + 1{,}5$

c) Fosterproduktion:
Tunge racer – 130 FE eller 3 gange kalvens fødselsvægt.
Jersey – 85–90 eller 3 gange kalvens fødselsvægt.

d) Tilvækst: 4,0 FE pr. kg tilvækst, men iøvrigt afhængig af tilvækstens sammensætning.

3. I dag anvendes også forskellige fodringsprincipper, der har følgende betegnelse, som beskrevet i afsnit 13.3:
   a) normfodring
   b) strategifodring med kraftfoder
   c) fodring med fuldfoder

   For alle 3 principper er der udført forsøg med stigende energiniveau, som havde en positiv virkning på mælkeydelse og tilvækst. Merudbyttet i mælk er aftagende, medens den marginale tilvækst er tiltagende.
   Fodringsprincippet, herunder kraftfoderstrategien, påvirker laktationskurvens form, idet fordelingen af foderrationen igennem laktationen har afgørende betydning.
4. Produktionsfunktioner er nødvendige for at kunne optimere foderindsatsen, og i de senere års produktionsforsøg er der lagt vægt på at kunne fastlægge produktionsfunktioner. Herved beskrives matematisk de kvantitative sammenhænge mellem produkt (mælk, tilvækst) og indsatser af foder. Disse må være uafhængige variable for at det marginale udnytte kan fastlægges korrekt.
   Ved beregning af tilvæksten foretages en residual beregning, som beskrevet i afsnit 13.4.2, fordi denne er vanskelig at fastlægge.
   Hovedindsatsen har omfattet forsøg med kraftfoderstrategi og med ensilage af forskellig energikoncentration (slættidspunkt); i begge tilfælde er grovfoderet tildelt efter ædelyst.
   Faktorindsatsen er i forsøgene beskrevet ved indsatsen af kraftfoder (A-blanding) som det er vist i tabel 13.6 og 13.7, der også illustrerer marginaludbytter for disse forsøg.
   Forsøgsresultaternes generelle anvendelse vil blive mere indgående beskrevet i kapitel 17 og 18.
5. Produktionsfunktionernes gyldighedsområde kan kun delvis betragtes alene ud fra energiindsatsen. Der må også inddrages vekselvirkninger med protein og fedt, som indgår i de endelige funktioner i kapitel 17 og 18.
   Her skal desuden fremdrages enkelte faktorer, som forsøgene har klarlagt:
   a) Marginaludbyttet i mælk ved stigende tildeling af kraftfoder sammen med grovfoder ad libitum er ikke signifikant påvirket af laktationsstadium. Bestemmende for nedtrapning af energiniveauet er derfor koens huld, samt hos unge køer den nødvendige vækst.

b) Grovfoderets fordøjelighed og dermed energikoncentration har også betydning for marginaludbytternes størrelse ved et bestemt niveau for tilskud af kraftfoder.

c) Ydelsespotentialet må også inddrages og da specielt for de besætninger/køer, som har et højere ydelsesniveau end det, der er grundlag for produktionsfunktionerne (jvf. afsnit 13.4.3).

6. Inden for de aktuelle energiniveauer (13–18 FE) er sundhed og frugtbarhed ikke fundet at påvirkes signifikant, men ketose hos højtydende køer kan forebygges ved rigelige mængder af let omsættelig energi i første del af laktationen.

   I perioden omkring ny ikælvning er det af betydning, at køerne er i positiv energibalance. En overfodring i goldperioden kan have nedsættende virkning på køernes frugtbarhed.

13.7 Litteratur

Andersen, P. E., Kristensen, E. & Neimann-Sørensen, A. 1965. 2 – Summary of some important completed research with regard to input/output relationship in cow milk production. In: Co-operation research to improve input/output data in cow milk production. O.E.C.D. Documentation in Food and Agriculture, Paris no. 71, 189–204.

ARC, 1980. The Nutrient Requirements of Ruminant Livestock, Commenwealth Agriculture Bureaux. London pp. 351.

Broster, W. H., Ridler, B. & Foot, A. S. 1958. Levels of feeding of concentrates for dairy herifers before and after calving. J. Dairy Res. 25, 373–382.

Broster, W. H., Broster, V. F. & Smith, T. 1969. Experiments on the nutrition of the dairy heifers VIII. Effect on milk production of level feeding at two stages of the lactation. J. Agric. Sci. Camb., 72–292.

Broster, W. H. 1973. Liveweight change & fertility in the lactating dairy cow: A Review Vet. Rec. 93, 417–420.

Broster, W. H. 1976. Plane of nutrition for the dairy cow. In principles of Cattle Production, Butterworth 271–285.

Broster, W. H. and Strickland, M. J. (1977). Feeding the dairy cow in early lactation. ADAS. Q. Rev., 26, 87–105.

Burt, A. W. A. 1957. The influence of level of feeding during lactation upon the yield and composition of milk. Dairy Sci. Abstr, 19, 435–454.

Dale, H. 1980. Sammenhengen mellem foring og ketose. Erfaringer fra feltgranskingar. Aktuelt fra Landbruksdepartementets opplysningstjeneste. Husdyrforsöksmötet 1980, p. 155–161.

Danfær, A. 1983. Nettoenergi i foderet til malkekøer. Korrektioner for fodernivеau og proteinoverskud. Stencil. 16 pp.

De Boer, F., Eriks, A., Hamming, G., Hart, M. L. T. & De Weer, J. 1969. Co-operative research on input/output relationships in cow milk production. O.E.C.D. Documentation in Food and Agriculture. Paris, no. 83, 136 pp.

Dijkstra, N. D. 1969. De invloed van voedering onder de zetmellwaardenormen op het levend gewicht en de produktie van melkkoeien. Summary: Influence of feeding below the starch equivalent standards on liveweights and production of dairy cows. Verslagen van Landbouwkundige Onderzoekingen 723, 85 pp.

Ekern, A. 1972 I. Feeding of high yielding dairy cows. I. Effect of different levels of feeding before and after calving on milk and composition. Tech. Bull. no. 147. Agric. Univ. Norway. 73 pp.

Frederiksen, L. 1931. Foderenheder og protein til mælkeproduktion. 136. Beretn. fra Forsøgslaboratoriet. 256 pp.

Gordon, F. J. 1981. Feed input – milk output relationships in the spring – calving dairy cows. In: Recent Advances in Animal Nutrition, 1980. Butterworths, London. p. 15–31.

Hansen, K. & Steensberg, V. 1950. Forskelligt opdrættede køers holdbarhed og ydelse. 246. Beretn. fra Forsøgslaboratoriet, Statens Husdyrbrugsudvalg. pp. 48.

Hansen, M. 1977. Fodringens og miljøets indflydelse på kvægets frugtbarhed. Rapport udarbejdet for Landsudvalget for kvæg. 72 pp.

Heady, E. O. 1964. Economics of agricultural production and resource use. Prentice-Hall, Englewood Cliffs N. J. 850 pp.

Hindhede, J. 1982. Malkekvægets produktion og økonomi. I. 532. Beretn. fra Statens Husdyrbrugsforsøg. Helårsforsøg med kvæg, kap. 3, 40–70.

Hjelm, L., Nou, J. & Nekby, B. 1958. Mjölkkornas kapacitetsudnyttjande i driftekonomisk belysning. Medd. fran ekonomiska institutionen, Uppsala 7. 1958.

Holmes, W., Reid, D., Maclusky, D. S., Waite, R. & Watson, J. N. 1957. Winterfeeding of dairy cows. IV. The influence of four levels of concentrate feeding in addition to a basal ration of grass products on the production obtained from milking cows. J. Dairy Res. 24, 1–10.

Hvidsten, H. 1955. Forstyrkeforsøg med melkekyr, ref. Burt, A. W. A. 1957. Dairy Science Abstracts. 19, 436–453.

Jakobsen, P. E. 1957. Proteinbehov og proteinsyntese ved fosterdannelse hos drøvtyggere. 229. Beretn. fra Forsøgslaboratoriet, Statens Husdyrbrugsforsøg. pp. 190.

Jensen, E., Klein, J. W., Rauchenstein, E., Woodward, T. E. & Smith, R. H. 1942. Input-output relationships in Milk Production. Tech. Bull. no. 815. USDA, Washington, D.C., 88 pp.

Jensen, E. V. 1961. Mælkeproduktionens afhængighed af fodermængde og protein. Økonomisk Institut, Kg. Vet.- og Landbohøjskole, København. 63 pp.

Johnson, C. I. 1977. The effect of the plane and pattern of concentrate feeding on milk yield and composition in dairy cows. J. Agric. Sci., Camb. 88, 79–94.

Kristensen, V. F. 1981. Person. kommunikation.

Krohn, C. C. & Andersen, P. E. 1978. Forskellige energi- og proteinmængder til malkekøer i tidlig laktation. 475. Beretn. Statens Husdyrbrugsforsøg, 72 pp.

Krohn, C. C. & Andersen, P. E. 1981. Fuldfoder med forskellig energikoncentration til første kalvs køer før og efter kælvning. Statens Husdyrbrugsforsøg. Medd. nr. 401. 4 pp.

Larsen, J. B., Mygind-Rasmussen, V., Klausen, S. & Konggaard, S. P. 1967. Energibehov til mælkeproduktion. Landøkonomisk Forsøgslaboratoriums Årbog, 1967, 386–393.

Larsen, J. B., Foldager, J., Sejersen, K. & Klausen, S. 1982. Mælkeydelse og holdbarhed hos køer i relation til alder ved første kælvning. I. 2 contra 2½ år RDM. 523. Beretn. Statens Husdyrbrugsforsøg. 58 pp.

Larsen, L. & Larsen, H. 1956. Fodringsintensitetens og fodersammensætningens indflydelse på malkekøernes rentabilitet, holdbarhed og drægtighedsforhold. 285. Beretn. fra Forsøgslaboratoriet. 168 pp.

Moe, P. W., Tyrrell, H. F. & Flatt, W. P. 1971. Energetics of body tissue mobilization. J. Dairy Sci. 54, 548–553.

Moe, P. W., Tyrrell, H. F. 1973. Prediction of the net energy value of feeds for lactation. Proc. 6th. Symposium on Energy Metabolism, Stuttgart, Garmany.

Moe, P. W., Tyrell, H. F. 1975. Efficiency of conversion of digested energy to milk. J. Dairy Sci. 58, 602–610.

Moe, P. W. 1981. Energy metabolism of dairy cattle. J. Dairy Sci. 64, 1120–1139.

Mølgaard, H. & Lund, Aa. 1929. Om grundtrækkene af malkekvægets ernæringslære. 131. Beretn. fra Forsøgslaboratoriet 184 pp.

Nordfeldt, S. & Ruudvere, A. 1963. Influence of various levels of roughage and concentrate and the effect of different planes of nutrition on milk production in dairy cows. Lantbrukshögsk. Ann. 29, 345–393.

Rakes, A. H. & Davenport, D. G. 1971. Response of dairy cows to two systems of distributing annual concentrates over the lactation cycle. J. Dairy Sci., 54. 1300–1304.

Taylor, W. & Leaver, J. D. 1982. A comparison of three metods of concentrate allocation to cows and heifers offered grass silage ad libitum. Br. Society of Ann. Prod. Winter meeting. Paper no 3. 2 pp.

Tyrrell, H. F. & Moe, P. W. 1975. Effect of intake on digestive efficiency. J. Dairy Sci. 58, 1151–1163.

Tyrell, H. F. & Reid, J. T. 1965. Prediction of energy value of cow's milk. J. Dairy Sci. 48, 1215–1223.

Tyrrell, H. F., Moe, P. W. & Flatt, W. P. 1970. Influence of excess protein intake on energy metabolism of the dairy cow. Proc. 5th. Symp. Energy metabolism of Farm Animals. EAAP Publ. no 13 (Ed. A. Schürch and C. Wenk), Zürich, 69–72.

Sonderegger, H. & Schurch, A. 1977. A study of the influence of the energy and protein supply of the fertility of dairy cows. Livestock Prod. Sci. 4, 327–333.

Van Es, S. S. H. 1975. Feed Evaluation for dairy cows. Livestock Prod. Sci. 2, 95–107.

Van Es, A. S. H. 1976. Factors influencing the efficiency of energy utilization by beef and dairy cows. In: Principles of Cattle Production, Butterworths, London. p. 237–254.

Vik-Mo, L. 1977. Forstyrke og ketose hjå mjölkkyr. Aktuelt fra Landbruksdepartementets oplysningstjeneste, Husdyrforsöksmötet 1977. p. 138–143.

Vik-Mo, L. 1982. Foroptak, produksjon og ketose hjå mjölkekyr på ulike rasjoner i tida efter kælvning. Aktuelt fra Statens Fagtjeneste fra Landbruket, Husdyrforsöksmötet 1982. p. 391–306.

Wiktorsson, H. 1971. Studies on the effects of different levels of nutrition to dairy cows. Swedish J. Agric. Res. 1, 83–103.

Wiktorsson, H. 1980. Modeller för foderstyrning för att uppnå hög och effectiv mjölkproduktion. Forsöksledarmötet 1980, Uppsala. 3, 1–9.

Wragg, S. R., Godsell, T. E. & Williams, G. 1968. Co-operative research on input/output relationships in beef production. O.E.C.D. Documentation in Agriculture and Food. Paris, no. 82. 112 pp.

Østergaard, V. 1979. Optimum Feeding strategy During Lactation. In: Feeding strategy for the High Yielding Dairy Cow. p. 171–194. EAAP publication no. 25.

Østergaard, V. 1979. Strategies for concentrate feeding to attain optimum feeding levels in high yielding dairy cows. 482. Beretn. fra Statens Husdyrbrugsforsøg. 144 pp.

14. Mælkeydelsens afhængighed af optagelsen af protein og NPN

C. C. Krohn

Side

14.1 **Indledning** 14.1

14.2 **Proteinnormer til malkekøer** 14.3
14.2.1 Vedligeholdelse 14.3
14.2.2 Tilvækst 14.4
14.2.3 Fosterproduktion 14.4
14.2.4 Mælkeydelse 14.4
14.2.5 Daglig proteinnorm 14.5

14.3 **Mælkeydelsens afhængighed af proteinoptagelsen** 14.5
14.3.1 Tidlig laktation 14.7
14.3.2 Midt- og senlaktation 14.9
14.3.3 Proteintildeling ved forskellige fodringsprincipper 14.11

14.4 **Foderets proteinværdi med hensyn til energi og protein** 14.12
14.4.1 Foderproteinets nedbrydningsgrad 14.12
14.4.2 Mikrobiel proteinsyntese 14.13
14.4.3 Fordøjeligt råprotein 14.14
14.4.4 Mælkeydelsens afhængighed af foderets urinstofindhold . 14.15

14.5 **Proteinniveauets indflydelse på sundhedstilstanden** 14.17

14.6 **Sammendrag og konklusion** 14.17

14.7 **Litteratur** 14.18

14.1 Indledning

Malkekoens proteinforsyning er som hos andre dyr et spørgsmål om mængden og arten af de aminosyrer, der tilføres og optages i tyndtarmsafsnittet. I modsætning til énmavede dyr stammer disse aminosyrer hos drøvtyggeren dels fra unedbrudt foderprotein, d.v.s. protein der har passeret formavernes forgæringskammer uden at blive nedbrudt, dels af mikrobielt protein, der dannes af vommens mikroorganismer ud fra aminoak (NH_3), frie aminosyrer, peptider og flygtige fedtsyrer (jvf. kapt. 10 og 11).

Råproteinet udgøres dels af egentlige proteinstoffer (renprotein) dels af ikke-protein-kvælstof (NPN). Sidstnævnte forbindelser består overvejende af frie aminosyrer, peptider, amider, ammoniumsalt og nitrater.

En varierende del (10–60%) af de egentlige proteinstoffer passerer vommen uden at blive nedbrudt. Disse proteinstoffer vil i løben og tyndtarmen blive spaltet og optaget som frie aminosyrer. Den nedbrydelige del af de egentlige proteinstoffer forgæres sammen med NPN-forbindelser af mikroorganismerne i vommen til kortkædede peptider, frie aminosyrer og ammoniak (NH_3). Sammen med foderets kulhydrater (stivelse, sukker, cellulose m.v.) udnytter mikroorganismerne disse kvælstofforbindelser til gennem deres vækst at danne mikrobielt protein (fig. 14.1).

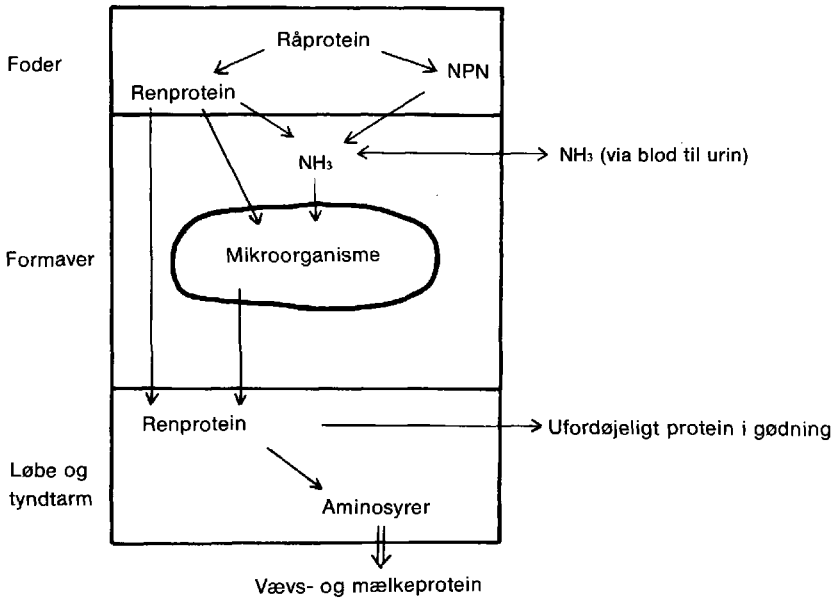


Fig. 14.1 Skematisk fremstilling af proteinomsætningen i koens mave-tarmsystem.

Det mikrobielle protein spaltes og optages som frie aminosyrer på samme måde som det unedbrudte foderprotein og kan således udnyttes i dyrets proteinomsætning. Det kvantitative omfang af den mikrobielle proteinsyntese er ganske betydeligt. I et normalt produktionsfoder stammer ofte over halvdelen af de absorberede aminosyrer fra mikrobielt protein. Proteinsyntesen i vommen udgør således at væsentligt bidrag til koens totale proteinforsyning (aminosyreforsyning).

Koens optagelse af protein og energi er derfor først og fremmest et spørgsmål om en passende forsyning af formavernes mikroorganismer med næringssubstrater, der under den mikrobielle omsætning kan omdannes til flygtige fedtsyrer og mikrobiel cellemasse.

I Danmark såvel som i mange andre lande arbejdes der intenst i disse år med at udforme nye proteinvurderingssystemer, der inddrager foderproteinets nedbrydningsgrad og den mikrobielle proteinsyntese. Disse systemer tager alle udgangspunkt i foderets totale proteinindhold, hvorfor alle proteinangivelser i det følgende foruden at være angivet i fordøjeligt råprotein også er omregnet til totalt råprotein. Overalt, hvor andet ikke er nævnt, er anvendt en tilsyneladende fordøjelighed på 75%, selv om proteinniveauet øver indflydelse på fordøjeligheden (jvf. kap. 3 og afsnit 14.4).

Kapitlet indeholder først en kort omtale af de ældre proteinnormer til forskellige livsytringer. Disse resultater er medtaget på grund af deres basale karakter, og fordi de er grundlaget for alle nyere proteinforsøg. Derefter diskuteres de seneste års produktionsforsøg og de fundne produktionsfunktioner. Kapitlet afsluttes med en omtale af foderets proteinværdi, proteinmængdens indflydelse på foderoptagelsen og anvendelse af NPN (urinstof).

14.2 Proteinnormer til malkekøer

Den proteinmængde, som koen optager med foderet, anvendes til forskellige livsytringer:

a) Vedligeholdelse
b) Tilvækst
c) Fosterproduktion
d) Mælkeydelse

Efter traditionel opfattelse har hver af disse livsytringer et proteinbehov, som er anført i det følgende. Det har længe været klart, at en så kategorisk opdeling næppe er helt relevant, idet de forskellige livsytringer mere eller mindre griber ind i hinanden og således vanskeligt lader sig adskille i den samlede produktion. I de senere afsnit af dette kapitel vil proteinniveauet derfor også blive udtrykt og diskuteret i daglige proteinmængder eller i % af hele foderrationen.

14.2.1 Vedligeholdelse

En del af foderets protein går ikke til nogen egentlig produktion, men derimod til vedligeholdelse af en række kropslige funktioner. Der medgår protein

til erstatningssyntese af koens overflade (hud og hår) og kropsvæv samt til dannelse af enzymer m.m.

På grundlag af en række udenlandske forsøg og fra erfaringer i praksis angav Møllgaard & Lund (1929) vedligeholdelsesbehovet til 55 g ford. renprotein pr. 100 kg legemsvægt. Denne norm er stadig gældende og udtrykkes i dag som 70 g ford. råprotein eller 95 g råprotein pr. 100 kg legemsvægt.

14.2.2 Tilvækst

Køer i 1. laktation og til dels også i 2. laktation er endnu ikke fuldt udvoksede. Legemsvægten hos køer af de tunge racer forøges normalt med henholdsvis 70–90 og 30–50 kg. Vægtforøgelsen skyldes ikke kun fedtaflejring. Behovet til denne tilvækst anslås at være det samme som for store kvier, nemlig 80 g ford. råprotein eller 105 g råprotein pr. FE (Steensberg 1947). Proteinbehovet til ren fedttilvækst er derimod minimalt.

14.2.3 Fosterproduktion

Igennem drægtighedsperioden stiger proteinforbruget til vækst af foster, bør, placenta og yver. Jakobsen (1957) har vist, at fosterets vækst i de første 6 drægtighedsmåneder er så ringe, at ekstra tilskud af protein ikke er nødvendigt. Fra 6. drægtighedsmåned og indtil kælvning angives behovet som vist i tabel 14.1.

Tabel 14.1 Proteinbehov til fostertilvækst (Jakobsen 1957)

	g ford. råprotein	g råprotein
6. dræftighedsmåned	40	50
7. drægtighedsmåned	90	120
8. drægtighedsmåned	150	200
9. drægtighedsmåned	270	360
Sidste 14 dage før kælvning	300–350	400–460

14.2.4 Mælkeydelse

I perioden fra 1922 til 1926 gennemførte Frederiksen et al. (1931) en serie fodringsforsøg med det formål at fastlægge koens behov for energi og protein til mælkeproduktion. Forsøgene blev gennemført med køer i midt- og senlaktationen med en mælkeydelse på 10–15 kg. Laveste ydelsesnedgang blev opnået ved 70 g ford. råprotein eller 95 g råprotein pr. kg 4% mælk. Tilsvarende forsøg blev igen gennemført ved Statens Husdyrbrugsforsøg i perioden 1957–1964 (Neimann-Sørensen et al. 1964). Produktionsniveauet var denne

gang noget højere (ca. 20 kg mælk). Forsøgsresultaterne var nært sammenfaldende med de tidligere forsøg, idet den højeste mælkeproduktion og bedste udholdenhed blev fundet med ca. 65 g ford. råprotein pr. kg 4% mælk.

Igennem de sidste 20 år har proteinnormen til mælkeproduktion været følgende:

65 g ford. råprotein (85 g råprotein) pr. kg 4% mælk

eller

ca. 165 g ford. råprotein (210 g råprotein) pr. PFE

Broster (1972) har publiceret en omfattende reviewartikel vedrørende forskellige landes angivelse af proteinbehovet til mælkeproduktion. Herefter angives proteinnormen til 50–60 g ford. råprotein pr. kg 4% mælk. I Sverige, Norge, Holland og Vesttyskland anbefales en norm på ca. 60 g ford. råprotein.

14.2.5 Daglig proteinnorm

I indledningen til dette afsnit blev det nævnt, at det kunne være vanskeligt at splitte proteinnormen op i forskellige livsytringer. Tabel 14.2 angiver den totale daglige proteinnorm ved forskellige produktionsniveauer.

Det fremgår af tabellen, at koens daglige proteinbehov beregnet på grundlag af de velkendte normer vil ligge mellem 1500 og 2700 g ford. råprotein eller 2000 og 3600 g råprotein.

Tabel 14.2 Daglig proteinnorm ved forskelligt produktionsniveau (600 kg legemsvægt)

Ydelsesniveau kg 4% mælk	Ford. råprotein g	Råprotein g
35	2695	3593
30	2370	3160
20	1720	2290
15	1545*)	2060*)

*) incl. 150 g ford. råprotein i fostertillæg (200 g råprotein)

14.3 Mælkeydelsens afhængighed af proteinoptagelsen

Koens ydelse og dermed behov for energi og protein ændres igennem laktationen. Først i perioden er energiforbruget hos højtydende køer altid større end energioptagelsen. Koen vil være i negativ energibalance. Energiunderskudet kan delvis dækkes via en frigørelse (mobilisering) af energi fra kropsdepoterne, således at mælkeproduktionen kan opretholdes på et højt niveau (jvf. kap. 13).

Kroppens proteindepoter anses imidlertid for at være mindre labile end fedtdepoterne (Satter & Roffler 1975). Den højtydende ko vil derfor ofte i den første del af laktationen være i proteinunderskud, dels på grund af en relativ lav proteinfrigørelse fra kroppen, men specielt som følge af en mindre mikrobiel proteinsyntese pr. kg mælk, fordi forholdet foderenergi : mælk er lavt.

Siden først i 70'erne er der i forskellige lande blevet gennemført en lang række proteinforsøg med køer i den tidlige laktation og på et højt ydelsesniveau. En sammenstilling af disse forsøg viser, at hos køer med gode ydelsesanlæg (30–35 kg mælk) stiger mælkeydelsen med stigende proteintildeling op til ca. 3700 g råprotein pr. dag. For køer med mindre gode ydelsesanlæg (18–20 kg mælk) vil en proteintildeling på mere end ca. 2000 g råprotein kun have en ubetydelig effekt på mælkeydelsen (fig. 14.2).

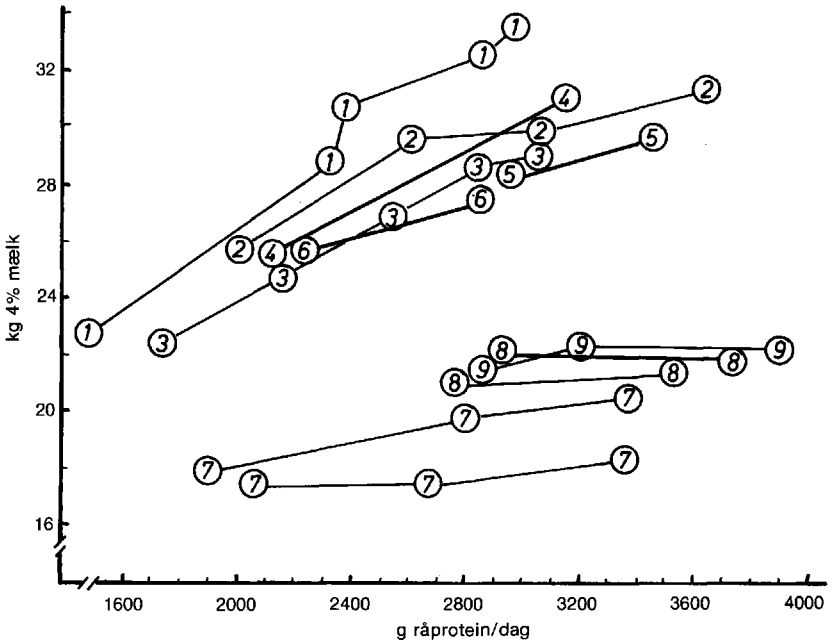


Fig. 14.2 Proteinmængdens indflydelse på mælkeproduktionen i begyndelsen af laktationen ved en optagelse på ca. 20 kg tørstof (Efter Danfær et al. 1980).

1 Wohlt et al. 1978
2 Clay og Satter 1979
3 Polan et al. 1976
4 Roffler et al. 1978
5 Ward og Dayton 1978
6 Chandler et al. 1976
7 Van Horn et al. 1975
8 Edwards og Bartley 1979
9 Van Horn et al. 1976

Max. mælkeydelse opnås således ved et højere proteinniveau hos højtydende end hos lavtydende køer. Clark & Davis (1979) anfører da også i overensstemmelse med de tidligere danske normer, at proteinbehovet udtrykt i procent af tørstoffet vil være langt større i den tidlige laktation end senere. Det vil således være nærliggende at behandle proteintildelingen dels først i laktationen (høj ydelse – energiunderskud), dels i midt- og senlaktationen (energioverskud).

14.3.1 Tidlig laktation

I årene 1970–76 gennemførte Krohn & Andersen (1978) et større forsøg med forskellig tildeling af energi og protein i de første 9–12 laktationsuger. Foderet blev givet uafhængigt af mælkeydelsen. Resultaterne viste, at der i denne laktationsperiode var en klar vekselvirkning mellem optagelsen af energi og protein (fig. 14.3).

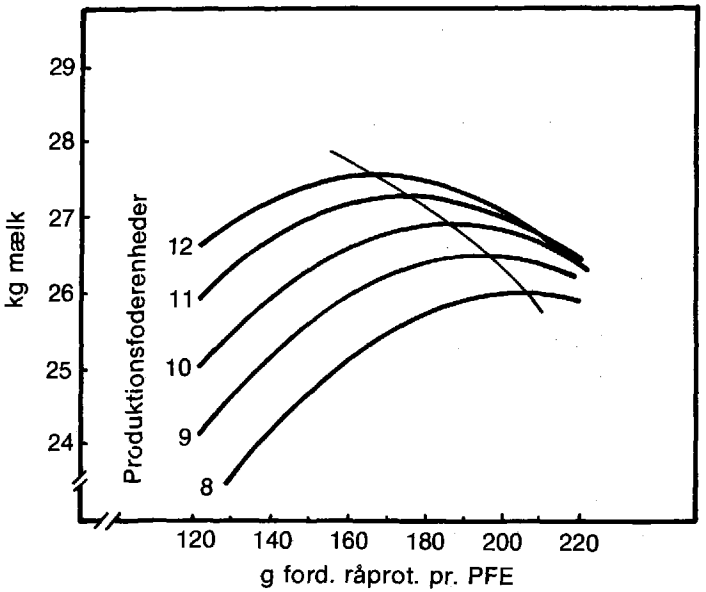


Fig. 14.3 Proteinindholdets indflydelse på udbyttekurverne for mælk ved forskellig energioptagelse. (Krohn & Andersen 1978)

Figuren viser, at når foderniveauet sænkes, og kødernes energimobilisering dermed øges, stiger proteinbehovet pr. energienhed. Figuren illustrerer desuden tydeligt, at mælkeydelsen er en krumlineær funktion af proteintildelingen. Mælkeydelsen stiger med stigende proteintildeling, indtil mængden af optagede aminosyrer tilfredsstiller koens behov for syntese af mælkeprotein, glukose m.m. Øges proteintildelingen derudover, falder ydelsen igen som følge af det

overskydende proteins desaminering og udskillelse som urinstof, hvilket er en energikrævende proces. Nedgangen i mælkeydelsen ved store proteinmængder skyldes således en reduktion af den energimængde, der er til rådighed for mælkeproduktionen.

På grundlag af Krohn & Andersens forsøgsresultater kunne nedenstående produktionsfunktion beregnes. Funktionen beskriver den kvantitative sammenhæng mellem mælkeydelsen (y = kg mælk) og produktionsfoderenheder (x_1), g ford. råprotein pr. PFE (x_2), koens legemsvægt i kg (x_3). Ligningen har gyldighed i området 25–30 kg mælk.

$$y = -27{,}772 + 3{,}365x_1 - 0{,}07445x_1^2 + 0{,}2573x_2 - 0{,}000477x_2^2 - 0{,}00806x_1x_2 + 0{,}0217x_3 \quad (1)$$

En partiel differentiering af denne ligning med hensyn til x_2 gør det muligt at beregne den proteinmængde, der ved et givet foderniveau (x_1) giver maximal mælkeydelse.

$$y' = 0{,}2573 - 0{,}000954x_2 - 0{,}00806x_1 \quad \text{og for } y' = 0 \text{ er}$$

$$x_2 = 270 - 8{,}5x_1 \quad \text{for} \quad 8 \leq x_1 \leq 12 \quad (2)$$

Ligning (2) viser, at i intervallet fra 8 til 12 PFE opnås maksimal mælkeydelse ved 202–168 g ford. råprotein pr. PFE, og at behovet for protein ændres med 8,5 g pr. PFE, hver gang foderniveauet øges eller sænkes med 1 FE.

Af tabel 14.3 fremgår det, at når koen nærmer sig energetisk ligevægt, er proteinniveauet 168 g, hvilket er i overensstemmelse med den nuværende norm på 165 g.

Tabel 14.3 Proteinmængde for opnåelse af maksimal mælkeydelse ved en given ydelseskapacitet. Sammenhæng mellem forskelligt foderniveau (PFE) og proteinmængde (g ford. råprotein/PFE). Legemsvægt (x_3) = 550 kg

	PFE				
	8	9	10	11	12
Ford. råprot./PFE, g	202	194	185	177	168
Mælkeydelse, kg	25,8	26,3	26,7	27,1	27,3
Dgl. tilvækst, g	–540	–410	–280	–170	– 60

I den tidlige laktation (første 12–14 uger), hvor ældre køers mælkeydelse ofte er omkring 30 kg mælk, og hvor den gennemsnitlige energioptagelse sjældent

overstiger 15–16 FE, vil det proteinniveau, der giver maksimal mælkeydelse, således være 175–185 g ford. råprotein pr. PFE.

I perioden 1976–79 gennemførtes ved Helårsforsøgene nogle proteinforsøg over laktationsperiodens første 24 uger (Danfær et al. 1980). På grundlag af disse resultater kunne der beregnes en produktionsfunktion, som beskrev sammenhængen mellem kg 4% mælk (y) og g ford. råprotein pr. PFE (x_2).

$$y = 17{,}153 + 0{,}096x_2 - 0{,}000313x_2^2 \quad (3)$$

Den partielle differentiering med hensyn til x_2 viser:

$$y' = 0{,}096 - 0{,}000626x_2 \text{ og for } y' = o \text{ er} \quad (4)$$
$$x_2 = 154$$

I denne undersøgelse blev maksimal produktion opnået ved 154 g ford. råprotein pr. PFE. De 154 g blev fundet ved en gennemsnitlig produktion over de første 24 laktationsuger på 25 kg 4% mælk og med et foderniveau på 11 PFE. Beregnet efter ligning (2), skulle maksimal mælkeydelse være nået ved en proteinmængde på 156,5 g. Resultaterne fra de to forsøg er således nært sammenfaldende.

Maksimal mælkeydelse er imidlertid kun økonomisk optimal, når prisen på suppleringsprotein er nul. Loven om det aftagende merudbytte medfører, at der ved en økonomisk optimering altid vil være en snæver sammenhæng mellem merudbyttet (den marginale mælkeydelse) og proteinprisen. I tabel 14.4 vises, hvorledes mælkeydelsen og den marginale mælkeydelse afhænger af foderniveau og proteintildeling.

Eks.: Med et foderniveau på f.eks. 9 PFE opnås maksimal mælkeydelse med et proteinindhold i foderet på 195 g ford. råprotein pr. PFE. Ved en proteinmængde på 165 g er marginalen 0,03 kg mælk, dvs. at for 9 g protein (1 g × 9 PFE) fås en merydelse på 30 g mælk. Hvis prisen på suppleringsprotein er ca. 3 gange så høj som mælkeprisen, er de 165 g ford. råprotein/PFE det økonomisk optimale niveau (jvf. kap. 16–18).

14.3.2 Midt- og senlaktation (middel mælkeydelse)

De anførte ligninger er bestemt hos køer i den første del af laktationen og med en ydelse på 25–30 kg mælk. Resultaterne er dog samtidig i god overensstemmelse med de ældre danske forsøg, hvor ydelsen i midtlaktationen var 15–20 kg mælk. De ældre forsøg viste, at med en normfodring på 0,4 FE pr. kg 4% mælk kunne der forventes følgende sammenhæng mellem proteinmængde pr. PFE (x_2 = g) og mælkeydelse (y = kg 4% mælk pr. PFE). (Andersen et al. 1973).

Tabel 14.4 Mælkeydelsens afhængighed af daglig proteintildeling og foderniveau, 1.–9. laktationsuge
(Krohn & Andersen 1978)

Foderniveau[1] PFE x_1	Ford. råprotein, g pr. PFE (x_2)							
	135	145	155	165	175	185	195	205
8	23,7[3])	24,2	24,7	25,1	25,5	25,7	25,8	25,8
Marg.[2])	0,06	0,05	0,04	0,04	0,03	0,02	0,01	–
9	24,7	25,1	25,6	25,9	26,1	26,3	26,3	26,2
Marg.	0,06	0,05	0,04	0,03	0,02	0,01	–	÷0,01
10	25,5	26,0	26,3	26,5	26,7	26,7	26,7	26,5
Marg.	0,05	0,04	0,03	0,02	0,01	–	÷0,0	÷0,02
11	26,2	26,6	26,8	27,0	27,1	27,0	26,9	26,7
Marg.	0,04	0,03	0,02	0,01	–	÷0,01	÷0,02	÷0,03
12	26,8	27,1	27,2	27,3	27,3	27,2	27,0	26,7
Marg.	0,03	0,02	0,01	–	÷0,01	÷0,02	÷0,03	÷0,03

[1]) Forudsætning: 4,25 FE til vedligeholdelse og 385 g ford. råprotein (legemsvægt 550 kg).
[2]) Marginal mælkeydelse, kg
[3]) y (kg mælk/dag) = $-15{,}84 + 3{,}365x_1 - 0{,}07445x_1^2 + 0{,}2573x_2 - 0{,}000477x_2^2 - 0{,}00806x_1x_2$

$$y = k + 0{,}165x_2 - 0{,}0005x_2^2 \qquad (5)$$

hvor k = konstant afhængig af ydelsesniveau.

Efter partiel differentiering af ligningen med hensyn til x_2 fås:

$$y' = 0{,}165 - 0{,}001x_2 \quad \text{og for } y' = 0 \text{ er} \qquad (6)$$
$$x_2 = 165$$

Ligning (6) angiver, at maksimal mælkeydelse blev opnået ved 165 g ford. råprotein pr. PFE, når der fodredes efter norm, dvs. når koen var i energetisk ligevægt.

Unge køer med behov for vækst tildeles ekstra 80–100 g ford. råprotein pr. FE til tilvækst. Hos ældre køer, der har mobiliseret energi fra kropsreserverne i tidlig laktation, og som senere har behov for at genopbygge disse reserver, er proteinbehovet mindre.

14.3.3 Proteintildeling ved forskellige fodringsprincipper

Mange køer fodres i dag efter fodringsprincipper, hvor en stor del af foderet ikke kan tildeles individuelt men må gives på gruppebasis, hvilket medfører, at der ikke er tale om normfodring. Ved fodring efter det forenklede fodringsprincip gives kraftfoderet individuelt efter en på forhånd fastlagt strategi, mens mindst et grovfodermiddel tildeles efter ædelyst. Ved fodring med fuldfoder tildeles hele rationen efter ædelyst, og foderoptagelsen styres via rationens totale fyldefaktor (energikoncentration). Ved benyttelse af disse fodringsprincipper er det kun muligt at tildele foderet efter besætningens eller den enkelte gruppes ydelsespotentiale og laktationsstadium.

I nedenstående tabel 14.5 er beregnet den proteinmængde, der ved forskellig energioptagelse og ydelseskapacitet giver maximal mælkeydelse. Beregningerne er foretaget på grundlag af ligningerne 2 og 6. Proteinmængderne udtrykt i ford. råprotein pr. dag og råprotein pr. dag. Tabellens sidste 2 kolonner angiver foderets proteinkoncentration i % af tørstoffet. Ved fodring efter ædelyst med et fuldfoder, må foderrationen indeholde de anførte energikoncentrationer, for

Tabel 14.5 Proteintildeling til opnåelse af maksimal ydelse ved forskellig ydelseskapacitet og varieret foderniveau (fuldfoder)

Ydelses-kapacitet 4% mælk kg	FE 10,5	11,5	12,5	13,5	14,5	15,5	16,5	Gns. indhold af Ford. råprotein i % af tørstof	Gns. indhold af Total råprotein i % af tørstof
	Energikoncentration (FE/kg tørstof) 0,77	0,80	0,83	0,85	0,88	0,91	0,93		
	Fyldefaktor 0,46	0,43	0,41	0,39	0,38	0,37	0,35		
15,0	1410[1] 1960[2]	1514 2100	1600 2220	1675 2320				10,4	14,4
20,0			1740 2360	1830 2480	1900 2580	1960 2660		11,5	15,6
25,0				1985 2640	2070 2760	2145 2860	2200 2940	12,6	16,8
30,0					2240 2940	2330 3060	2400 3160	13,7	18,0
35,0						2515 3260	2600 3380	14,8	19,2

Legemsvægt = 600 kg (4,5 FE)

[1]) g ford. råprotein pr. dag incl. 420 g til vedligeholdelse

[2]) g råprotein pr. dag (jvf. afsnit 14.4.3)

at der skal kunne opnås det i tabellen viste foderniveau. Under disse forudsætninger vil der være en nær sammenhæng mellem foderets proteinkoncentration og ydelseskapacitet, mens proteinkoncentrationen vil være uafhængig af energioptagelsen på et givet ydelsesniveau, når dette fodringsprincip anvendes.

14.4 Foderets proteinværdi med hensyn til energi og protein

Foderets proteinværdi til malkekøer har altid været underkastet en betydelig interesse. Indtil midten af 60'erne blev proteinværdien – som hos énmavede dyr – angivet som g ford. renprotein. Siden er proteinværdien angivet som g ford. råprotein. Ændringen fra renprotein til råprotein blev foretaget ud fra kendskabet til drøvtyggernes udnyttelse af NPN. De aminosyrer, som koen optager i tyndtarmen, stammer dels fra unedbrudt foderprotein dels fra den mikrobielle proteinsyntese. Foderets proteinværdi er således både et spørgsmål om en passende mængde unedbrudt foderprotein og dets aminosyresammensætning samt mikroorganismernes forsyning med N (ammoniak) og energi, således at proteinsyntesen i vommen kan forløbe optimalt.

14.4.1 Foderproteinets nedbrydningsgrad

Mængden af unedbrudt foderprotein, som når tyndtarmen, vil være afhængig af proteinets natur, foderets fysiske form og tekniske behandling. Som omtalt i kapitel 10 er den naturlige nedbrydningsgrad af proteinet i de enkelte fodermidler forskellig og afhængig af den form, hvori proteinet forefindes. Nedbrydningsgraden kan bl.a. nedsættes ved varmebehandling eller kemisk behandling f.eks. med formaldehyd (Madsen 1976). Virkningen af disse behandlingsmetoder på koens produktion er i disse år genstand for intensive undersøgelser.

I alsidigt sammensatte foderrationer vil aminosyresammensætningen (proteinværdien) i det unedbrudte foderprotein normalt være høj og af omtrent samme sammensætning som i totalfoderet (Ganer et al. 1979). Således er forskellen i den biologiske værdi relativ lille (60–70) mellem de enkelte oliekager og -skrå, som er de fodermidler, der bidrager væsentligt til rationens indhold af proteinstoffer. Begrænsningen ligger mere i mængden af aminosyrer, der når tyndtarmen. Jo større proteinopløselighed i vommen desto mindre mængde aminosyrer fra foderet vil komme koen til gode. Den væsentligste mulighed for at øge andelen af unedbrudt foderprotein og dermed forbedre foderets proteinværdi er som tidligere nævnt gennem en kemisk eller fysisk behandling af

tilskudsproteinet. Kaufmann & Lüpping (1979) fandt således en 10% forøgelse af mælkeydelsen hos køer i tidlig laktation ved at tildele 2 kg sojaskrå behandlet med formaldehyd sammenlignet med ubehandlet. Madsen (1981) fandt en øget mælkeproduktion ved formalinbehandling, når køerne blev underforsynet med energi, hvorimod behandlingen ingen effekt havde, når køerne deponerede energi. I sidstnævnte tilfælde var urinstof ligeværdigt med ubehandlet foderprotein. I mange lande gennemføres tilsvarende forsøg i disse år.

Forskellen i nedbrydningsgraden mellem de enkelte fodermidler er betydelig med en total variationsbredde på 50–95% (Madsen et al. 1977). Indenfor de proteinrige fodermidler er variationen dog oftest væsentligt mindre, jvf. tabel 14.6.

Tabel 14.6 Forskellige fodermidlers proteinnedbrydningsgrad in vivo

Fodermiddel	Opt. tørstof kg	% nedbrydelig	Reference
Sojaskrå	ca. 7	76	Møller Hvelplund 1980
Bomuldsfrøkager	8–14	70	Madsen, 1982
Solsikkekager	ca. 8	72	Miller, 1973
Rapsskrå	8–14	65	Madsen, 1982
Græsensilage	ca. 8	95	Hvelplund Møller 1981
Græs	ca. 8	90	Hvelplund Møller 1981

I alsidigt sammensatte foderrationer vil variationen i den gennemsnitlige nedbrydningsgrad imidlertid være relativ lille og ligge i området 65–75% (jvf. kapt. 11). Dette forhold kan anføres som en af de væsentligste årsager til, at det har været muligt at opnå ret ensartede resultater i de proteinforsøg, der er gennemført i årenes løb.

14.4.2 Mikrobiel proteinsyntese

Den mikrobielle proteinsynteses omfang vil være afhængig af, om næringssubstratet i vommen har et passende indhold af energi (kulhydrater), kvælstof (NH_3), mineraler og vitaminer. Max. proteinsyntese kan kun nås, såfremt der samtidig er en passende NH_3-koncentration i vommen. Minimal koncentration angives normalt til 5–6 mg NH_3/100 ml vomvæske. På grund af en relativt stor døgnvariation i forgæringshastighed og NH_3-produktion må den gennemsnitlige koncentration være højere (10–13 mg) for at undgå, at indholdet på visse tidspunkter af døgnet falder under minimumværdien (Armstrong 1979). Lave ammoniakkoncentrationer i vommen kan reducere forgæringshastigheden af organisk stof som følge af kvælstofmangel til mikroorganismerne. Dette resulterer i en mindre proteinsyntese samt nedsat foderoptagelse og produktion.

Flere undersøgelser viser, at lave ammoniakkoncentrationer kan være kritiske specielt hos højtydende køer med en stor ad libitum foderoptagelse. Clay & Satter (1979) fandt en stigning i foderoptagelsen på ca. 2 kg tørstof ved at øge foderets råproteinindhold fra 10.5 til 12.5%. En forøgelse af råproteinindholdet til 16.5% gav en yderligere stigning i foderoptagelsen på ca. 1 kg tørstof (fig. 14.4).

Lignende resultater er fundet af både Griere et al. (1974) og Laird et al. (1979). Castle & Watson (1979) konstaterede en klar stigning i optagelsen af græsensilage, når kraftfoderet bestod af sojaskrå fremfor bomuldsfrøkager. Nedbrydningsgraden blev målt til henholdsvis 85 (sojaskrå) og 48 (bomuldsfrøkager). Den lavere ensilageoptagelse ved fodring med bomuldsfrøkager blev tilskrevet mangel på ammoniak i vommen. Tilsvarende effekt blev fundet af Kwan et al. (1977) ved tilsætning af 1% urea til en kraftfoderblanding, der i forvejen indeholdt 16,6% råprotein. Køerne var højtydende med en foderoptagelse på 18–20 kg tørstof.

Ved omsætning af store, daglige fodermængder kan der således blive underskud af NH_3 i vommen, selv om foderet indeholder 15–16% råprotein.

14.4.3 Fordøjeligt råprotein

De enkelte fodermidler indeholder forskellige mængder råprotein varierende fra 4% i byghalm til 40–50% i de højprocentlige oliekager. Samtidig varierer den tilsyneladende fordøjelighed af råproteinet, således at denne generelt vil stige med stigende proteinindhold. Thomsens (1979) formel til beregning af dyrefordøjeligt råprotein viser, at i foderrationer med et proteinindhold på 10–20%

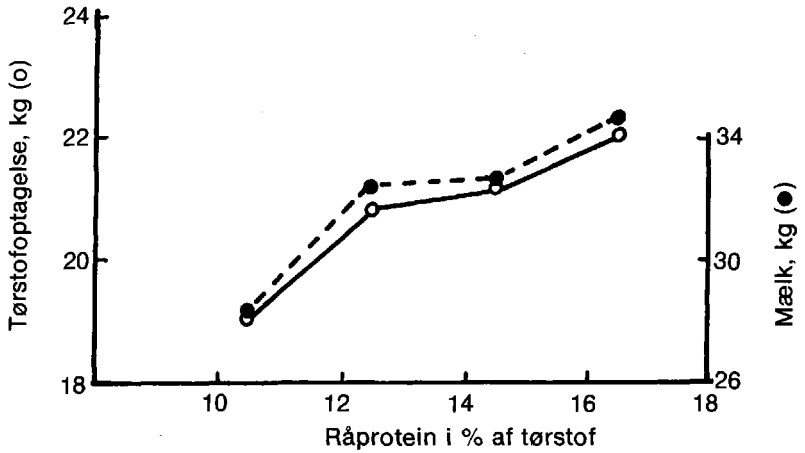


Fig. 14.4 Sammenhæng mellem foderet råproteinindhold og koens foderoptagelse og mælkeydelse i tidlig laktation (Efter Clay & Satter 1979)

råprotein vil den tilsyneladende fordøjelighed varierer i området 63–78%, tabel 14.7.

Tabel 14.7 Sammenhæng mellem foderrationers proteinindhold og tilsyneladende fordøjelighed

Foderration	% råprotein i tørstof	g pr. kg tørstof		Fordøjelighedskoefficient
		råprotein	ford. råprotein	
A	10	100	63	63
B	15	150	110	73
C	20	200	156	78

Formel:
g ford. råprotein/kg tørstof = 0.93 × g råprotein/kg tørstof ÷ 30. Jvf. kap. 3.

Da foderrationer til lakterende malkekøer normalt vil indeholde 15–18% råprotein i procent af tørstoffet, kan der i gennemsnit regnes med en tilsyneladende fordøjelighed på 75%. Totalt råprotein vil således være lige så anvendeligt et udtryk som fordøjeligt råprotein.

14.4.4 Mælkeydelsens afhængighed af foderets urinstofindhold

Urinstof (urea) er en letopløselig kvælstofforbindelse, der nedbrydes til ammoniak i vommen. Foderurea indeholder 42% N (262% råprotein).

Igennem 60'erne blev der ved Statens Husdyrbrugsforsøg gennemført en række urinstofforsøg. På grundlag af disse forsøgsresultater beregnede Møller & Neimann-Sørensen (1977) følgende funktioner for henholdsvis højt- og lavtydende køer:

Høj ydelse: $y = 20{,}61 + 0{,}002809x - 0{,}000048x^2$ $r = 0{,}96^{**}$
Lav ydelse: $y = 15{,}68 + 0{,}009642x - 0{,}000063x^2$ $r = 0{,}64^{*}$

hvor y = kg 4% mælk og x = g urea/dag.

Funktionen for de højtydende køer viste, at høj mælkeydelse (20,7 kg) blev nået med 29 g urea pr. dag. Det tilsvarende tal for de lavtydende køer var 77 g urea ved 16,1 kg 4% mælk. Ligningerne viser desuden, at det er muligt at gå op til en daglig ureamængde på 80 og 190 g for henholdsvis højt- og lavtydende køer uden væsentlig reduktion i mælkeydelsen. Konklusionen bliver, at der uden anvendelse af beskyttet protein kan gives 100–150 g urea til lavtydende køer (under 18–20 kg mælk). Til højtydende køer i den tidlige laktation er det derimod ikke muligt under disse forhold at anvende urinstof, såfremt maximal

mælkeydelse skal kunne opretholdes. Tilsvarende muligheder for anvendelse af urea angives af Clark & Davis (1980). De anfører, at ved ydelser under 20 kg mælk kan der anvendes 1,5% urea i kraftfoderet eller 15 g urea pr. kg kraftfoder.

Køer i deponeringsfasen kan evt. udnytte urea, selv om ydelsen er højere end 20 kg mælk på grund af en stor mikrobiel proteinsyntese pr. kg mælk.

Den tilsyneladende ringere effekt af urinstof til højtydende end til lavtydende køer skyldes, at den begrænsende faktor hos de højtydende køer er mængden af unedbrudt foderprotein og ikke NPN-forbindelser.

Foruden ydelsesniveauet har også foderrationens sammensætning indflydelse på udnyttelsen af urinstof, tabel 14.8. Den højere udnyttelse af urinstof sammen med en stivelsesrig fodring skyldes, at stivelsen forgæres med en passende hastighed i forhold til ammoniakens frigørelse. Cellulosen forgæres derimod for langsomt til en optimal udnyttelse af urinstoffet i den mikrobielle proteinsyntese.

Tabel 14.8 Urinstofmængder til opnåelse af max. ydelse ved forskellige foderrationer (Møller 1969)

Foderration	Urinstof, g dgl.
Store mængder korn (stivelse)	150
Moderate mængder korn (stivelse)	100
Store mængder roetopensilage (sukker)	80
Store mængder fodersukkerroer (sukker)	80
Store mængder græsensilage (cellulose)	50

Af andre stivelsesholdige fodermidler end korn bør her nævnes både helsæds- og majsensilage. Begge fodermidler indeholder normalt 12–18% stivelse, hvilket er ca. ¼ af den mængde, der findes i byg. Betegnelsen moderat kornmængde i tabel 14.8 dækker over en bygoptagelse på 2–3 kg, hvilket vil sige, at det er muligt at anvende op til 100 g urinstof sammen med 8–9 kg tørstof i enten helsæds- eller majsensilage. Anvendelse af urinstof til disse relativt stivelsesholdige men proteinfattige grundfoderrationer vil samtidig have en gunstig indflydelse på rationens mikrobielle omsætning, da der her er risiko for ammoniakunderskud i vommen. Den del af foderrationen, som køerne har fri adgang til hele døgnet, bør indeholde mindst 13% råprotein (jvf. fig. 14.4). Ureaen skal derfor i disse fodringssituationer iblandes (overhældes) ensilagen og ikke tilsættes kraftfoderet.

Anvendelse af urinstof bør iøvrigt vurderes på grundlag af foderrationens total NPN-indhold og proteinets nedbrydningsgrad. Fodermidler med et stort NPN-indhold og en høj nedbrydningsgrad, som f.eks. græsensilage (tabel 14.6), vil betinge en mindre anvendelse af urinstof. Gordon (1979) fandt således et positivt udslag for stigende mængde oliekageprotein til en foderration med

store mængder græsensilage. Mælkeproduktionen steg retliniært op til 80 g ford. råprotein pr. kg mælk eller 200 g pr. PFE.

Det må forventes, at udnyttelsen og dermed anvendelse af urinstof vil kunne øges betydeligt, hvis opløseligheden af foderets egentlige proteinstoffer samtidig nedsættes f.eks. gennem en kemisk proteinbeskyttelse af kraftfoderproteinet. I mange lande arbejdes der intenst med denne problematik i disse år. Der foreligger endnu kun få produktionsforsøg, der underbygger denne teori.

14.5 Proteinniveauets indflydelse på sundhedstilstanden

Malkekøernes sundhedstilstand synes at være meget lidt påvirket af foderets proteinindhold, så længe indholdet holder sig inden for det normale variationsområde (120–230 g ford. råprotein pr. PFE). Inden for dette område er der ingen sikker proteineffekt på frekvensen hverken af klovlidelser, stofskiftesygdomme, mastitis eller reproduktion (Danfær et al. 1980, Nielsen et al. 1982).

Et højere proteinniveau kan medføre problemer. Overfodring med protein og fodring med foder af dårlig kvalitet kan øge frekvensen af mastitis (ref. kap. 5). Lignende tendenser er vist ved ensidig fodring med store mængder bælgplanter og især frisk lucerne (Roquinsky & Gestin 1972). Store proteinmængder, specielt når der samtidig underfodres med energi, har en negativ indflydelse på reproduktionsforholdene (Jordan & Swanson 1979). Samme forsøgsudslag er fundet ved fodring med store daglige mængder urea. dvs. mængder der er væsentligt større end angivet i forrige afsnit som maksimale mængder. Endelig viser en enkelt undersøgelse, at et stort overskud af energi og protein til drægtige køer i senlaktationen og i goldperioden kan medføre en høj frekvens af børbetændelse (Franzos 1970).

14.6 Sammendrag og konklusion

Malkekoens proteinforsyning kan sammenfattes i følgende seks punkter:

1. Biologisk optimal proteinforsyning er et spørgsmål om mængden og arten af de aminosyrer, der tilføres og optages i tyndtarmen. Disse aminosyrer stammer dels fra unedbrudt foderprotein dels fra mikrobielt protein, der dannes af vommens mikroorganismer.
2. Foderets proteinværdi er derfor et spørgsmål om en passende mængde unedbrudt foderprotein og dets aminosyresammensætning samt om en tilstrækkelig og afstemt tilførsel af N og energi til mikroorganismerne, således at proteinsyntesen i vommen kan forløbe optimalt.

3. Mælkeproduktionen er en krumliniær funktion af proteintildelingen.
4. Proteinniveauet for opnåelse af max. mælkeproduktion afhænger af energioptagelsen. Ved energetisk ligevægt opnås max. mælkeproduktion ved 165 g ford. råprotein pr. PFE (210 g råprotein). Ved negativ henholdsvis positiv energibalance skal proteinmængden forøges eller nedsættes med 8–9 g ford. råprotein pr. produktionsfoderenhed for hver foderenhed energioptagelsen afviger fra normen.
5. Afhængig af foderniveauet vil en lav proteintilførsel kunne nedsætte foderrationens fordøjelighed og derved foderoptagelsen.
6. Til lavere ydende køer (under 18–20 kg mælk) kan en del af foderets proteinmængde erstattes af 100–150 g urea svarende til 260–390 g råprotein afhængig af foderrationens sammensætning. Største mængde kan anvendes i en stivelsesrig ration. Køer i deponeringsfasen kan evt. udnytte urea, selv om ydelsen er højere end 20 kg mælk på grund af en stor mikrobiel proteinsyntese i forhold til mælkeydelsen.

14.7 Litteratur

Andersen, P. E., Larsen, J. B., Sørensen, M. & Østergaard, V. 1973. Optimal proteinforsyning til kvæg. Medd. nr. 11 fra Landøkon. Forsøgslab. 34 pp.

Armstrong, D. G. 1979. N-digestion in the ruminant. Internordic licentiat/doctorand course, Tune, 19 pp.

Broster, W. H. 1972. Protein requirements of cows for lactation. I. Handbuch der Tierernährung, 2. Band. (Ed. W. Lenkeit und K. Breirem). Paul Parey, Hamburg und Berlin, 292–322.

Clark, J. H. & Davis, C. L. 1979. Feeding the high producing dairy cow. A.D.S.A. 74th Annual Meeting, Logan/Utah.

Castle, M. E. & Watson, J. N. 1979. Silage and milk production: A comparison between soya, ground nut and single cell proteins as silage supplements. Grass and Forage Science *34*, 101–106.

Clay, A. B. & Satter, L. D. 1979. Milk production response to dietary protein and methionine hydroxy analog. J. Dairy Sci. (Suppl. 1) *62*, 75–76.

Danfær, A., Thysen, I. & Østergaard, V. 1980. Proteinniveauets indflydelse på malkekøernes produktion. I. Mælkeydelse, tilvækst og sundhed. 492. beretn., Statens Husdyrbrugsforsøg, København, 165 pp.

Franzos, G. 1970. Observations on the relationship between overfeeding and the incidence of mastitis in cows after normal parturition. Refua vet. *27*, 148–155.

Frederiksen, L., Østergaard, P. S., Eskedal, H. W. & Steensberg, V. 1931. Foderenheder og protein til mælkeproduktion. 136. beretn., Landøkonomisk Forsøgslab., 256 pp.

Ganer, G., Ørskov, E. R. & Smart, R. 1979. The effect of roughage or concentrate feeding and rumen retention time and total degradation of protein in the rumen. J. Agric. Sci. Camb. *93*, 651–656.

Gordon, F. J. 1979. The effect of protein content of the supplement for dairy cows with access ad libitum to high digestibility, wilted grass silage. Anim. Prod. *28*, 183–189.

Grieve, D. G., MacLeod, G. K. & Stone, J. B. 1974. Effect of diet protein percent for lactating dairy cows. J. Dairy Sci. *57*, 633.

Hvelplund, T. & Møller, P. D. 1980. Fodringens indflydelsen på vombakteriernes kemiske sammensætning. Medd. nr. 310, Statens Husdyrbrugsforsøg, København.

Hvelplund, T. & Møller, P. D. 1981. Proteinomsætningen i vommen hos kvæg fodret med græs og græsensilage. Medd. nr. 354, Statens Husdyrbrugsforsøg, København.

Jakobsen, P. E. 1957. Proteinbehov og proteinsyntese ved fosterdannelse hos drøvtyggere. 299. beretn., Landøkonomisk Forsøgslab., København, 190 pp.

Jordan, E. R. & Swanson, L. V. 1979. Effect of crude protein on reproductive efficiency, serum total protein, and albumin in the high-producing dairy cow. J. Dairy Sci. *62*, 58–63.

Kaufmann, W. & Lüpping, W. 1979. Zum Einfluss von protected protein und HMN-Ca auf die Leistung von Milchkühen. Z. Tierphys., Tierernähr. u. Futtermittelknd. *41*, 202–217.

Krohn, C. C. & Andersen, P. E. 1978. Forskellig energi- og proteinmængde til malkekøer i tidlig laktation. 475. beretn., Statens Husdyrbrugsforsøg, København, 72 pp.

Kwan, K., Coppock, C. E., Lake, G. B., Fettmen, M. J., Chase, L. E. & McDowell, R. E. 1977. Use of urea by early postpartum Holstein cows. J. Dairy Sci. *60*, 1706–1724.

Laird, R., Leggate, A. T. & Castle, M. E. 1979. The effect of supplementary protein on the performance of dairy cows offered grass silage ad libitum. Anim. Prod. *29*, 151–156.

Madsen, J. 1976. Kemisk behandling af foderproteinet i relation til kvælstofudnyttelsen hos drøvtyggere. Licentiatafhandling. Den kgl. Veterinær- og Landbohøjskole, København, 76 pp.

Madsen, J. 1981. Formalinbehandlet protein og urinstof til malkekøer. Medd. nr. 367, Statens Husdyrbrugsforsøg, København.

Madsen, J. 1982. Personlig meddelelse.

Madsen, J., Møller, P. D., Thomsen, K. V. & Hvelplund, T. 1977. Indflydelsen af kemisk behandlet foderprotein på drøvtyggerens kvælstofomsætning. 458. beretn., Statens Husdyrbrugsforsøg, København, 33 pp.

Miller, E. L. 1973. Evaluation of foods as a source of nitrogen and amino acids. Proc. Nutr. Sco. *32*, 79–84.

Møller, P. D. 1969. Urinstof til mælkeproduktion. Landøkonomisk Forsøgslab., København, årbog 326–335.

Møller, P. D. & Neimann-Sørensen, A. 1977. Economic and other considerations governing decisions on the advisability of incorporating additional and new sources of protein and non-protein nitrogen into diets of dairy cows – the case of urea-nitrogen for lactating dairy cows. In: Protein and Non-protein nitrogen for ruminants. Pergamon Press, Oxford and New York, 33–50.

Møller, P. D. & Hvelplund, T. 1980. Fodersukkerroer som energikilde til mikrobiel proteinsyntese i vommen hos kvæg. Medd. nr. 327, Statens Husdyrbrugsforsøg, København.

Møllgaard, H. & Lund, Å. 1929. Om grundtrækkene af malkekvægets ernæringslære. 131. beretn., Landøkonomisk Forsøgslab., København, 184 pp.

Neimann-Sørensen, A., Larsen, J. B., Møller, P. D. & Klausen, S. 1964. Forskellige mængder renprotein til mælkeproduktion. Landøkonomisk Forsøgslab., København, årbog 46–50.

Nielsen, S. M., Kansager, P. A., Frimer, E. S., Madsen, P. S. & Horváth, Z. 1982. Proteinniveauets indflydelse på malkekøernes produktion. II. Mastitis, reproduktion og frie fedtsyrer i mælk. 530. beretn. Statens Husdyrbrugsforsøg, København, 39 pp.

Roquinsky, M. & Gestin, J. 1972. Influence sur les Mammites de l'Alimentation Hyperazotée avec Tourteaux ou Luzerne. Ann. Rech. vétér. *3,* 633–650.

Satter, L. D. & Roffler, R. E. 1975. Nitrogen requirement and utilization in dairy cattle. J. Dairy Sci. *58, 1219–1237.*

Statens Husdyrbrugsforsøg, Landøkonomisk Forsøgslaboratoriums årsmøder 1957–64. Forskellige mængder renprotein til mælkeproduktion. 1958 (p. 20–26), 1959 (p. 20–26), 1960 (p. 11–16), 1961 (p. 22–26), 1962 (p. 52–57), 1963 (p. 44–45), 1964 (p. 43–46).

Steensberg, V. 1947. Proteinmængdens indflydelse på ungkvægets vækst. 227. beretn., Statens Husdyrbrugsforsøg, København, 103 pp.

Thomsen, K. V. 1979. Angivelse og beregning af fordøjeligt råprotein til kvæg og får. Medd. nr. 269, Statens Husdyrbrugsforsøg, København.

15. Mælkeproduktionens afhængighed af foderrationens fedtindhold

Jens Hindhede

Side

15.1 **Indledning** 15.2

15.2 **Fedtomsætning** 15.2
15.2.1 Fedtomsætning i formaverne 15.2
15.2.2 Mælkefedtets dannelse på grundlag af foderfedt og kropsfedt 15.4

15.3 **Mælkeproduktionens afhængighed af optagelsen af animalsk fedt** 15.5
15.3.1 Virkning af for lavt eller højt fedtindhold i foderrationen 15.6
15.3.2 Foderrationens sammensætning 15.6
15.3.3 Race 15.7
15.3.4 Laktationsnummer 15.7
15.3.5 Laktationsstadium/ydelseskapacitet 15.8
15.3.6 Produktionsfunktioner 15.8

15.4 **Fedtkvalitetens indflydelse på produktionen – kvantitativt og kvalitativt** 15.13
15.4.1 Mættet og umættet fedt 15.13
15.4.2 Fysisk form (olie, frø, bønner) 15.14
15.4.3 Beskyttet fedt 15.14
15.4.4 Hærdet fedt 15.15
15.4.5 Styring af smørfedtets jodtal 15.15

15.5 **Kvalitetskrav til teknisk foderfedt** 15.16

15.6 **Sammendrag og konklusion** 15.17

15.7 **Litteratur** 15.19

15.1 Indledning

I begyndelsen af laktationsperioden, hvor koen oftest er i energiunderskud, er det vigtigt, at foderets energikoncentration er høj. En forøgelse af energikoncentrationen kan opnås ved at erstatte en del af rationens træstof med stivelse og/eller sukker, hvilket dog i ekstreme tilfælde kan medføre en uhensigtsmæssigt sammensat ration med en uheldig vomgæring og nedsat produktion af mælkefedt til følge. Anvendelse af fedt, som er det mest energirige foder (ca. 3 FE pr. kg ts.), øger rationens energikoncentration og reducerer ovennævnte problemer.

Fysiologiske undersøgelser og produktionsforsøg med lakterende køer har vist, at mælkeproduktionen er afhængig af foderrationens indhold af fedt – såvel kvantitativt som kvalitativt. Til højtydende malkekøer kan mere end halvdelen af mælkefedtet være overført direkte fra foderfedtet (Palmquist & Mattos 1978), hvilket understreger dettes store betydning i foderrationen.

Ved sammensætning af optimale foderrationer er det væsentligt at have kendskab til produktionens afhængighed af optagelsen af fedt. Indledningsvis omtales fedtomsætningen generelt, hvorefter de væsentligste produktionsforsøg med tilskud af primært animalsk fedt behandles med det formål at angive produktionsfunktioner. Til slut omtales fedtkvalitetens indflydelse på produktionen såvel kvantitativt som kvalitativt.

15.2 Fedtomsætning

Malkekøernes fedtomsætning er vist skematisk i fig. 15.1. Den følgende beskrivelse af omsætningen er baseret på et omfattende litteraturstudium af Daugaard (Østergaard et al. 1981) og har til formål at forklare hovedårsagerne til resultaterne i de senere omtalte produktionsforsøg. Se også kap. 12.

15.2.1 Fedtomsætning i formaverne

Drøvtyggernes fedtomsætning er karakteristisk ved, at foderet i formaverne – som følge af den mikrobielle aktivitet – er udsat for en række omdannelses- og nedbrydningsprocesser.

Foderets fedtstoffer (triglycerider, galaktosyldiglycerider), hydrolyseres i formaverne ved hjælp af mikrobielle lipaser til glycerol, galaktose og frie fedtsyrer. Glycerol og galaktose forgæres til flygtige forbindelser, mens fedtsyrerne bindes til foderpartikler, udsættes for mikrobiel aktivitet og undergår herved – afhængigt af fedtsyrernes kemiske egenskaber – forskellige omdannelser: hydrogenering, isomerisering, oxidation og indbygning i mirkobielle lipider.

De umættede fedtsyrer hydrogeneres, hvorved der dannes mættede fedtsyrer eller umættede med et mindre antal dobbeltbindinger end oprindeligt. Under normale betingelser i vommen er mætningen næsten fuldstændig.

Ved isomeriseringen dannes bl.a. fedtsyrer af transtypen, således vil en betydelig del af de umættede fedtsyrer i plantefedt – der er af cis-typen – omdannes til transtypen.

Stigende fedttilførsel med foderet påvirker forgæringen i formaverne således, at der kan iagttages følgende:

- en faldende relativ koncentration af eddike- og smørsyre og en øget propionsyrekoncentration i vomvæsken, hvorved fedtvævet favoriseres fremfor mælkekirtlen i fordelingen af næringsstoffer
- en nedsat metanproduktion
- en mindre fuldstændig hydrogenering
- en faldende fordøjelighed af træstof og fedt.

Disse virkninger er mest udtalte ved tilførsel af polyumættede fedtsyrer, der antages at hæmme aktiviteten af specielt de træstofforgærende mikrober, men

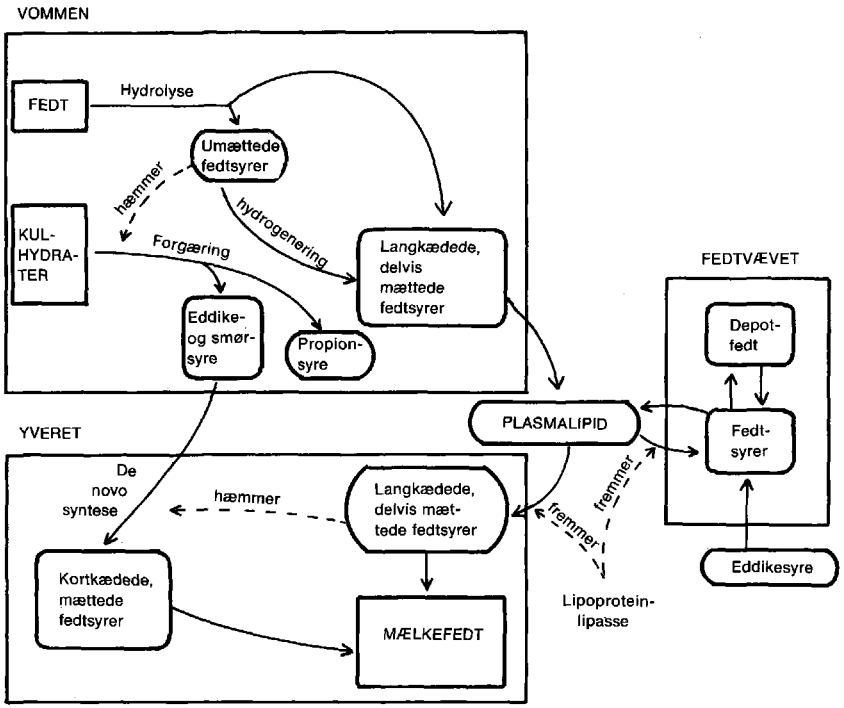


Fig. 15.1 Malkekoens fedtomsætning.

virkningen kan reduceres ved at beskytte (coate) dette fedt, så det ikke eller kun i ringe grad kan angribes af mikroorganismerne i formaverne. Polyumættede fedtsyrer findes især i hørfrø, solsikkefrø, sojabønner, bomuldsfrø og rapsfrø jvf. kap. 3.

15.2.2 Mælkefedtets dannelse på grundlag af foderfedt og kropsfedt

Foderets lipidfraktion undergår således væsentlige ændringer med hensyn til fedtsyresammensætning før fordøjelse og absorption i tyndtarmen. De langkædede fedtsyrer ($C > 12$) esterificeres i tarmepitelet til triglycerider, der herfra udskilles til lymfen som komplekse forbindelser af fedt og protein (chylomikroner). Overførslen fra lymfesystemet til blodet sker via den forreste hulvene, d.v.s. blodkredsløbet generelt. De kortkædede fedtsyrer ($C \leq 12$) transporteres med portårens blod til leveren.

Fedtstoffer, som føres rundt med blodet hovedsagelig som triglycerider i komplekse forbindelser med protein, benævnes lipoproteiner. Før vævene kan optage lipid herfra, skal triglyceridet spaltes ved hydrolyse. Dette forudsætter, at vævene rummer enzymsystemet lipoprotein lipase, hvilket er tilfældet for bl.a. yver-, fedt- og levervæv.

Hos køer, der mobiliserer fedt fra kroppen, hidrører de cirkulerende fedtstoffer dels fra eksogent fedt fra foderet og dels fra endogent fedt fra fedtvævet. Hos køer i deponeringsfasen har sidstnævnte et meget beskedent omfang.

Fedtsyrerne i mælkefedtet dannes ud fra to forskellige puljer: de langkædede, delvis umættede fedtsyrer overføres direkte fra blodets lipoproteiner, mens de kortkædede og næsten mættede fedtsyrer dannes ved de novo syntese i mælkekirtlen ud fra eddikesyre og β-hydroxysmørsyre. Det er således bl.a. den relative andel mellem disse 2 puljer, der er bestemmende for mælkefedtets mættethed (jodtal).

Dette betyder sammen med de omtalte hydrogeneringsprocesser i vommen, at der ikke er nogen entydig sammenhæng mellem foderfedtets og mælkefedtets indhold af umættede fedtsyrer (jodtal).

Normalt syntetiseres omkring halvdelen af mælkefedtet på grundlag af plasmalipider og resten ved de novo syntesen (Storry 1980). Palmquist & Mattos (1978) har fundet, at mobiliseret kropsfedt (endogene fedtsyrer) udgør 12% af plasmalipider optaget i mælkekirtlen, d.v.s. ca. 6% af den samlede mængde mælkefedt. Denne procentdel er sandsynligvis større hos køer i begyndelsen af laktationen, men også afhængig af genetiske anlæg, foderrationens sammensætning m.v.

Umættede fedtsyrer og transfedtsyrer kan hæmme aktiviteten af mælkekirtlens lipoprotein lipase, således at optagelsen af fedtsyrer fra blodet nedsættes. Resultatet bliver en nedsat mælkefedtsyntese i yveret og dermed en lavere fedtprocent.

Store mængder langkædede fedtsyrer kan på den anden side hæmme de novo syntesen i yveret og dermed reducere produktionen af kortkædede, mættede fedtsyrer med en nedgang i mælkefedtproduktionen og et højere jodtal til følge.

15.3 Mælkeproduktionens afhængighed af optagelsen af animalsk fedt

Der er gennemført mange produktionsforsøg til belysning af virkningen af at øge fedttildelingen til lakterende køer ved tilskud af animalsk fedt. Danfær (Østergaard et al. 1981) har kombineret og diskuteret resultaterne fra en række af disse forsøg (se referencer til fig. 15.2), der enkeltvis ikke repræsenterer så stort et datamateriale, men tilsammen repræsenterer et stort variationsområde i såvel foderets fedtindhold (14–87 g råfedt pr. kg tørstof) som ydelsesniveau (15–35 kg 4% mælk pr. ko daglig). Foderets fedtindhold er i denne forbindelse udtrykt ved råfedt bestemt ved æterekstraktion. De beregnede kurvers niveau og forløb er anført i fig. 15.2 og forklares primært af de forhold, der omtales i efterfølgende afsnit.

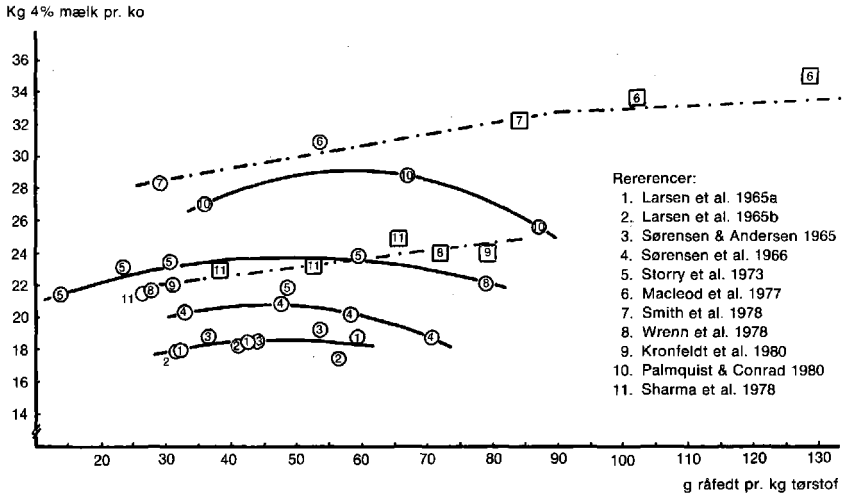


Fig. 15.2 Sammenhænge mellem stigende mængder ubeskyttet (○) eller beskyttet(□) animalsk fedt i foderet og mælkeydelsen (Østergaard et al. 1981).

15.3.1 Virkning af for lavt eller højt fedtindhold i foderrationen

Ved et meget lavt fedtindhold (under ca. 20 g pr. kg tørstof) vil der være mangel på substrat i form af plasmalipider, som er nødvendige for mælkefedtsyntesen. Et tilskud af foderfedt – til en sådan fedtfattig ration – medfører en større overførsel til mælkefedtet, uden at de novo syntesen i yveret hæmmes. Dette giver en højere udnyttelse af omsættelig energi til mælkeproduktion og dermed stimuleres ydelsen betydeligt.

Merudbyttet ved stigende fedttilskud – til en i forvejen fedtrig ration (40–50 g pr. kg ts.) – vil være aftagende, fordi fedtsyresyntesen i yveret ud fra eddikesyre og β-hydroxysmørsyre efterhånden hæmmes. Det fedtniveau i foderet, der giver maksimal mælkeydelse, er højere for højtydende (26–30 kg 4% mælk) end for lavtydende køer (20–24 kg 4% mælk) på samme laktationsstadium, således ca. henholdsvis 60 og 45 g råfedt pr. kg tørstof. Ydelsesnedgangen ved endnu højere fedtniveauer end disse skyldes lavere forgæring i vommen kombineret med en yderligere hæmning af fedtsyntesen. Beskyttet fedt virker ikke i samme grad hæmmende på forgæringen i vommen og dermed sænkende på mælkens fedtprocent og foderudnyttelsen.

På grundlag af de omtalte resultater konkluderer Danfær, at den daglige mælkeydelse kan beskrives ved krumlinede funktioner af fodertørstoffets råfedtindhold med forskellige maksima afhængigt af køernes laktationsstadium/ydelseskapacitet. Det anføres ligeledes, at der er baggrund for at konstruere fællesfunktioner for flere forsøg på trods af, at disse kan være noget forskellige – især med hensyn til foderrationens sammensætning, race, laktationsnummer og laktationsstadium. De tre sidstnævnte faktorer er bl.a. belyst af Østergaard et al. (1981) i et omfattende forsøg (470 laktationer) med tilskud af animalsk fedt til højtydende malkekøer de første 27 uger af laktationen.

15.3.2 Foderrationens sammensætning

De hidtil gennemførte forsøg med tilskud af animalsk fedt til lakterende køer giver ikke baggrund for at belyse effekten af foderrationens sammensætning.

Det anføres dog af Hagemeister & Kaufmann (1979), at hydrogeneringen af umættede fedtsyrer i vommen er lavere i kraftfoderrige end i grovfoderrige foderrationer. En øget findelingsgrad af foderrationen vil ligeledes reducere hydrogeneringens omfang (Knudsen 1970). Enkelte forsøg har vist, at fedttilsætningen kan nedsætte fordøjeligheden af træstof hos køer, men denne virkning er mindst udtalt for køer på højt foderniveau, da fordøjeligheden af træstof for disse i forvejen er lav (Palmquist & Jenkins 1980). De samme forfattere anfører, at et øget træstofindhold i en foderration kan fjerne fedtsyrerne fra mikroorganismernes overflade og dermed hindre en hæmning af den mikrobielle vækst i vommen.

I foderrationer med et højt fedtindhold reduceres fordøjeligheden af træstof,

hvilket delvis kan modvirkes ved tilsætning af Ca, måske fordi dette – i vommen – danner uopløselige sæber med fedtsyrer, der således ikke kan binde sig til mikroorganismerne (Palmquist & Jenkins 1980).

Med henblik på en generel anvendelse ved foderrationers sammensætning kan fedtniveauet udtrykkes ved korrigeret råfedt (= g råfedt i kraftfoder + g fedtsyrer i grovfoder) pr. kg tørstof, idet det er foderets indhold af fedtsyrer, der har næringsmæssig betydning. Råfedt i kraftfoder (animalsk fedt og planteolier) består næsten udelukkende af fedtsyrer, hvorimod råfedtfraktionen (etherextraheret) i grovfoder kun delvis og i varierende omfang udgøres af fedtsyrer (Palmquist & Jenkins 1980). Vedrørende fedtsyreindhold i fodermidler henvises til kap. 3.

15.3.3 Race

Det er på grundlag af tidligere danske fedtforsøg konkluderet, at køer af Jersey-racen har behov for en større fedttildeling udtrykt ved g ford. råfedt pr. kg 4% mælk end køer af RDM og SDM. Undersøgelsen af Østergaard et al. (1981) viser imidlertid, at køernes race ikke har betydning for, ved hvilken fedtkoncentration i foderet, der opnås maksimal ydelse. Dette betyder, at jerseykøer som følge af en lavere total foderoptagelse (kg tørstof) bliver tildelt en mindre total fedtmængde end køer af de tunge racer ved samme ydelse i kg 4% mælk, når behovet udtrykkes i g fedt pr. kg ts. Bickerstaffe et al. (1974) har ved detaljerede studier af næringsstofomsætningen hos lakterende køer fundet, at jerseykøer har 65% større optagelse af acetat i mælkekirtlen end køer af Friesian-racen. Denne iagttagelse viser sammen med det lavere jodtal i mælkefedtet hos jerseykøer (Petersen 1971), at disse i forhold til de tunge racer producerer en større andel af mælkefedtet ud fra acetat og dermed en mindre del direkte fra foderfedtet. Jerseykøer har således ikke et større behov for tilførsel af foderfedt (g pr. kg tørstof) end køer af RDM og SDM; en anden sag er, at jerseykøer på grund af det lavere jodtal i mælkefedtet – alt andet lige – skal tildeles en større fedtmængde og/eller fedt med højere jodtal til opnåelse af en given smørfedtkonsistens (Østergaard et al. 1981).

15.3.4 Laktationsnummer

Det kunne forventes, at merudbyttet ved at øge tørstoffets fedtindhold for køer i 1. laktation ville være mindre end tilsvarende for ældre køer p.g.a. de ældre køers højere ydelse. Årsagen til, at der ikke er fundet forskel i marginaludbyttet (kg 4% mælk) ved øget fedtindhold pr. kg fodertørstof i 1. og senere laktationer på trods af forskelle i ydelsesniveau, er muligvis, at 1. kalvs køer i mindre grad end udvoksede køer udnytter energi fra mobilisering af kropsvæv (hovedsagelig fedtsyrer) til mælkeproduktion. Et givet totalt dagligt fedttilskud

kan virke mere stimulerende til unge køer end til ældre køer med samme ydelse, jfr. Østergaard et al. (1981).

15.3.5 Laktationsstadium/ydelseskapacitet

Som tidligere anført, må det forventes, at merudbyttet i kg 4% mælk ved tilskud af animalsk fedt er afhængig af laktationsstadiet/ydelseskapaciteten. I tabel 15.1 er anført resultater fra forsøget af Østergaard et al. (1981), hvoraf det fremgår, at merudbyttet (behandlingseffekten) er større i de forsøg, der er gennemført i uge 1–12, end i de forsøg, som repræsenterer uge 11–27 efter kælvning ($P = 0,04$). Det fremgår imidlertid, at ydelsesniveauet også er væsentligt forskelligt.

Der er ikke gennemført forsøg, hvor det har været muligt at analysere effekten af laktationsstadium og ydelseskapacitet særskilt.

Tabel 15.1 Fedtniveauets (g korrigeret råfedt pr. kg tørstof) indflydelse på merudbyttet (kg 4% mælk) ved forskelligt laktationsstadium/ydelseskapacitet
(Østergaard et al. 1981)

Laktations-stadium uger efter kælvning	Ydelsesniveau, kg 4% mælk pr. ko daglig	Variation i fedtniveau, g korr. råfedt pr. kg tørstof	Merudbyttet, kg 4% mælk pr. g korr. råfedt pr. kg tørstof
1–12	29,0	23–57	0,0915
11–27	24,0	16–54	0,0556

15.3.6 Produktionsfunktioner

En økonomisk optimering af indsatsen af fedt forudsætter, at de kvantitative sammenhænge mellem foderets fedtindhold og køernes mælkeydelse ved forskellig laktationsstadium/ydelseskapacitet er sikkert fastlagt inden for så stort et variationsområde, at der er opnået et aftagende marginaludbytte i mælkeydelsen.

Disse forudsætninger opfyldes ikke under ét af nogen af de produktionsforsøg, som hidtil er gennemført. På grundlag af de væsentligste af de omtalte produktionsforsøg med animalsk fedt til malkekøer er der fastlagt produktionsfunktioner for køer med forskellig laktationsstatium/ydelseskapacitet (Østergaard et al. 1981). Produktionen er udtrykt ved kg 4% mælk som funktion af g korrigeret råfedt pr. kg tørstof (fig. 15.3). De forsøg, som afdækker et stort variationsområde i rationens fedtindhold, er gennemført med relativt få køer. Disse forsøg er derfor kombineret og opdelt efter ydelsesniveau (B, C og D) med det formål at fastlægge det fedtniveau, der medfører maksimal ydelse ved et givet laktationsstadium/ydelseskapacitet. De omfattende forsøg af Øster-

gaard et al. (1981) afdækker ikke, som det ses af fig. 15.3 så stort et variationsområde, at der er opnået et aftagende merudbytte, hvorfor sammenhængen mellem fedtniveau og mælkeydelse bedst beskrives ved rette linier. Det ses imidlertid, at de af Østergaard et al. beregnede regressionslinier svarer meget nær til hældningerne af tangenterne til de krumme kurver på tilsvarende ydelsesniveau. Derfor kan resultaterne kombineres med henblik på at opstille fællesfunktioner, som beskriver den krumlinede biologiske sammenhæng og samtidig er fastlagt med rimelig sikkerhed inden for det aktuelle variationsområde. De beregnede funktioner er anført i tabel 15.2. Der forudsættes fodring med en i alle henseender velafbalanceret foderration, der er baseret på et stort og alsidigt grovfoder. Funktionerne må anses at gælde for såvel det forenklede fodringsprincip som normfodring eller fodring med fuldfoder efter ædelyst (jvf. kap. 13). I de undersøgelser, som produktionsfunktionerne er baseret på, har der hovedsagelig været anvendt tilskudsfedt af god kvalitet og primært hidrørende fra animalsk fedt (oksetalg og svinefedt) eller vegetabilsk fedt med tilsvarende egenskaber. Jodtallet i det samlede tilskudsfedt i kraftfoderet bør ikke overstige 80–90.

Ved fodring til højere eller lavere ydelse end de for funktionerne forudsatte reguleres fedttildelingen proportionalt med ændringen i tildelte produktionsfoderenheder.

Fedttildelingens indflydelse på mælkeydelsen i forskelligt laktationsstadium er beregnet og anført i tabel 15.3. Det fremgår, at marginaludbyttet er størst i

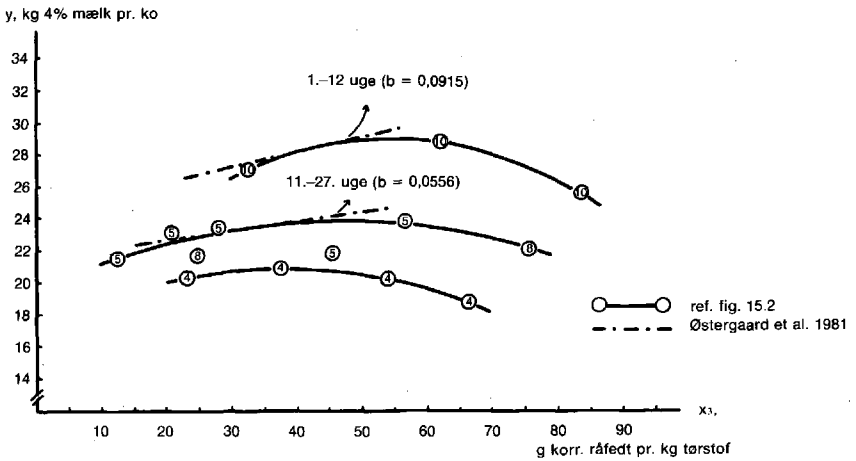


Fig. 15.3 Sammenhænge mellem foderets indhold af korrigeret råfedt (= g råfedt i kraftfoder + g fedtsyrer i grovfoder) og mælkeydelsen (Østergaard et al. 1981).

Tabel 15.2 Mælkeydelsens afhængighed af foderets fedtindhold i perioderne 1–12, 11–27 og 1–24 uger efter kælvning
(Østergaard et al. 1981)

Laktationsstadium (ydelsesniveau*)	Forv. foderopt. kg ts.	PFE	Produktionsfunktion y = kg mælk x = g korr. råf./kg ts.	Gyldigheds-interval
1–12 u.e.k. (29,0 kg 4% mælk)	17,0	11,0	$y = 20{,}1 + 0{,}327x \div 0{,}00301x^2$	$23 \leqq x \leqq 57$
11–27 u.e.k. (24,0 kg 4% mælk)	18,0	11,0	$y = 19{,}1 + 0{,}200x \div 0{,}00214x^2$	$16 \leqq x \leqq 54$
1–24 u.e.k. (26,5 kg 4% mælk)	17,5	11,0	$y = 19{,}6 + 0{,}264x \div 0{,}00258x^2$	$23 \leqq x \leqq 54$

*) Ydelsesniveauet svarer til ca. 7000 kg 4% mælk pr. laktation for ældre køer.

begyndelsen af laktationen og ved de fedtfattige rationer, hvilket også ses af fig. 15.4.

De forsøg, der hidtil er gennemført med fedttilskud til malkekøer, giver ikke grundlag for at udarbejde produktionsfunktioner for køer i senlaktation. Ud fra teoretiske overvejelser har Danfær (1982) for køer på forskelligt laktationsstadium og ydelsesniveau beregnet, hvor meget korrigeret råfedt foderrationen skal indeholde, for at dette ikke bliver den begrænsende faktor for ydelsesniveauet (maksimal ydelse). Det viser sig, at den mikrobielle fedtsyntese har et betydeligt omfang, og bidrager med 3–400 g fedtsyrer daglig, hvilket stort set er uændret gennem laktationen (jfr. også Kap. 11). Behovet for tilførsel af fedtsyrer reduceres stærkt i senlaktationen, idet ydelsen er lavere og aftagende.

Tabel 15.3 Fedttildelingens indflydelse på mælkeydelsen i forskelligt laktationsstadium, kg 4% mælk pr. ko daglig
(Østergaard et al. 1981)

Laktations-stadium	Korrigeret råfedt, g pr. kg tørstof i totalration 30	35	40	45	50	55	60
1–12 u.e.k.							
Gennemsnitlig	27,2	27,9	28,4	28,7	28,9	29,0	(28,9)
Marginal*)	0,15	0,12	0,09	0,06	0,03	0,00	(–0,03)
13–24 u.e.k.							
Gennemsnitlig	23,2	23,5	23,7	23,8	23,8	23,6	(23,4)
Marginal*)	0,07	0,05	0,03	0,01	–0,01	–0,04	(–0,06)

*) Det daglige merudbytte pr. gram ekstra fedt pr. kg tørstof, d.v.s. merudbyttet pr. 17–18 gram ekstra daglig tildeling i totalrationen ved netop de respektive fedtniveauer (30, 35 etc. g pr. kg tørstof).

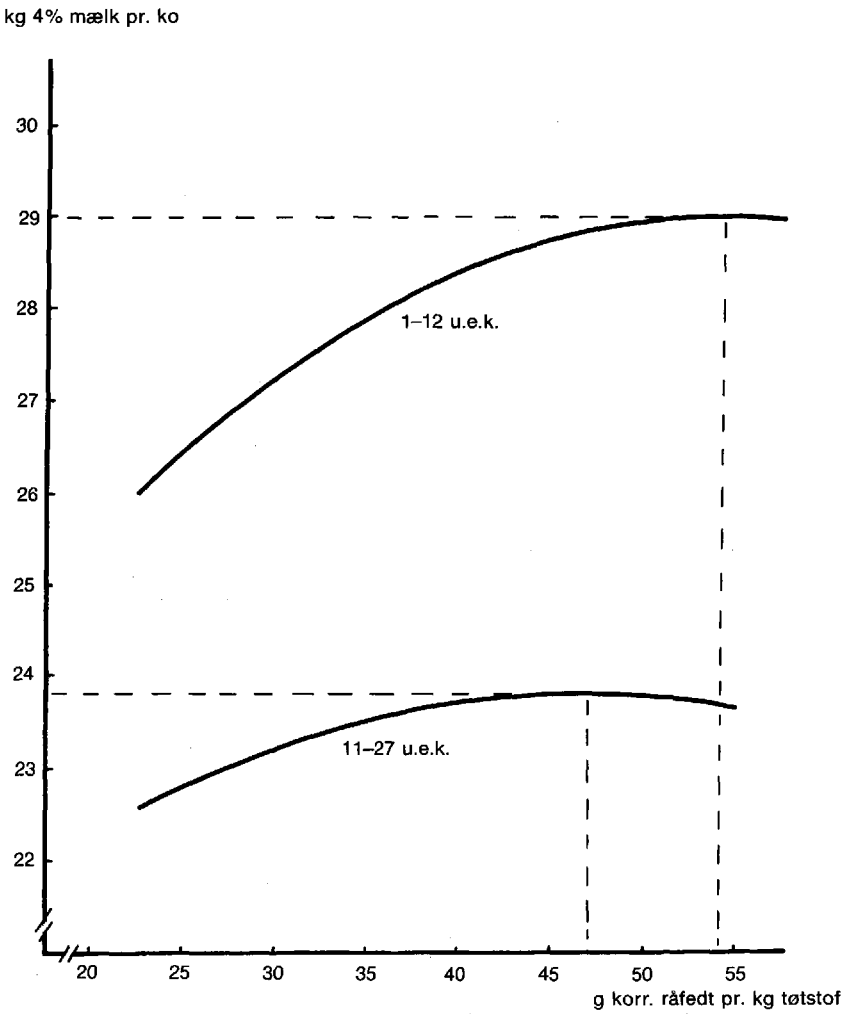


Fig. 15.4 Kvantitative sammenhænge mellem foderets indhold af korrigeret råfedt og den daglige mælkeydelse i perioderne 1–12 og 11–27 uger efter kælvning. (Østergaard et al. 1981).

Foderrationens fedtindhold – både totalt og pr. PFE – kan derfor reduceres stærkt i senlaktation uden at blive begrænsende for ydelsesniveauet.

Danfærs beregninger viser, at ved et produktionsniveau svarende til 11 PFE ca. 20 u.e.k. opnås maksimal ydelse ved 76 g korrigeret råfedt pr. PFE, hvilket er i god overensstemmelse med den tidligere omtalte produktionsfunktion for perioden 11–27 u.e.k. Med udgangspunkt i Danfærs beregninger kan det fedtniveau, der i senlaktation er nødvendig for ikke at blive den begrænsende faktor for ydelsesniveauet, udtrykkes ved følgende ligning, gældende i intervallet 11 til 4 PFE pr. ko daglig:

g korr. råfedt pr. PFE = $76 + 7\ (\text{PFE} \div 11) \approx 7 \cdot \text{PFE}$.

Det på grundlag af denne formel beregnede fedtniveau vil for et givet produktionsniveau betyde, at marginaludbyttet er 0. Det forudsættes, at marginaludbyttet i kg 4% mælk er ens i perioden 11–27 u.e.k. og i senlaktation, når der afviges fra det fedtniveau, som giver maksimal ydelse. Med denne forudsætning kan der konstrueres produktionsfunktioner, som på tilfredsstillende måde opfylder de krav, der stilles til optimeringen i praksis.

Omregning af produktionsfunktionen for perioden 11–27 u.e.k., således at fedttildelingen udtrykkes som g korr. råfedt pr. PFE (x_{PFE}) i stedet for pr. kg tørstof (x_{TS}), giver følgende produktionsfunktion, idet y = kg 4% mælk pr. ko daglig.

$$y = 19{,}1 + 0{,}200\ x_{TS} \div 0{,}00214\ x^2_{TS}$$
$$x_{TS} = 11{:}18 \cdot x_{PFE} = 0{,}6111\ x_{PFE}$$
$$y = 19{,}1 + 0{,}1222\ x_{PFE} \div 0{,}00080\ x^2_{PFE}$$

Funktionen har maximum ved

$$\frac{dy}{dx} = b_1 + 2b_2\ x_{PFE} = 0 \text{ for } x_{PFE} = 7 \text{ PFE}$$

og da b_2 må bevares uændret for at få samme marginaludbytte ved samme afvigelse i x_{PFE} fra maximum ved varierende antal PFE, betyder dette, at

$b_1 = \div 2b_2 \cdot 7$ PFE $= \div 2(\div 0{,}00080) \cdot 7$ PFE $= 0{,}0112$ PFE

herefter fås

$$\frac{dy}{dx} = 0{,}0112 \text{ PFE} \div 0{,}00160\ x_{PFE}$$

og produktionsfunktionen for fedttildelingens indflydelse på mælkeproduktionen i senlaktation kan således udtrykkes ved

$$y = k + 0{,}0112 \text{ PFE} \cdot x_{PFE} \div 0{,}00080\ x^2_{PFE}$$

15.4 Fedtkvalitetens indflydelse på produktionen – kvantitativt og kvalitativt

De omtalte produktionsfunktioner er som allerede nævnt primært baseret på øget tildeling af animalsk fedt. Mange forsøg har vist, at såvel fedtmængden som fedtkildens fedtsyresammensætning, mætningsgrad og fysiske form har en afgørende indflydelse på, hvor stor en mængde mælkefedt, der produceres, men også dets sammensætning. Idet mange aktuelle fedtkilders fedtsyresammensætning afviger væsentligt fra animalsk fedt, omtales som supplement hertil kort disses indflydelse på produktionen samt forslag til nødvendig justering ved anvendelse af de tidligere anførte produktionsfunktioner.

15.4.1 Mættet og umættet fedt

Optimering af fedtniveauet er baseret på rationens indhold af fedtsyrer. De enkelte fodermidlers fedtsyresammensætning og fedtets jodtal er belyst i kap. 3. Der er en betydelig variation i fedtsyresammensætningen og jodtallet mellem de forskellige fedtkilder. Jodtallet er specielt lavt i kokosolie (7) og højt i hørfrøolie (191), hvor sidstnævnte er karakteristisk ved et højt indhold af linolensyre. Animalsk fedt er karakteristisk ved et relativt lavt jodtal og højt indhold af den monoumættede fedtsyre, oliesyre. Fedt fra græs- og kløverafgrøder har et ekstremt højt indhold af linolensyre, der sammen med linolsyre udgør 70–80% af fedtsyrerne, og jodtallet er således også ca. 180.

Fiskeolier (marint fedt) har et meget højt indhold af langkædede, umættede fedtsyrer, ca. 50 pct. med mere end 20 C-atomer i kæden.

Som omtalt i afsnit 15.2 har stærkt umættet foderfedt en uheldig indflydelse på vomgæringen og mælkefedtsyntesen i yveret. Virkningen forstærkes med såvel tilskudsniveauet som graden af umættethed. Steele & Moore (1968) undersøgte effekten af et tilskud på 760 g fedtsyrer daglig af en blanding af $^2/_3$ palmitinsyre (C 16:0) og $^1/_3$ stearinsyre (C 18:0) med et tilsvarende tilskud af oliesyre (C 18:1). Køerne, der fik tildelt blandingen af palmitin- og stearinsyre, havde en signifikant højere ydelse end de, der fik tildelt samme mængde af den monoumættede oliesyre, således 562 henholdsvis 343 g smørfedt pr. ko daglig ($P < 0{,}01$).

Produktionsforsøg med tilskud af andre fedtkilder med forskellig mætningsgrad til malkekøer viser den samme tendens, se bl.a. Tanaka (1970) og Banks et al. (1976).

Der kan ikke på grundlag af foreliggende forsøgsresultater udarbejdes produktionsfunktioner for anvendelse af stærkt umættet fedt til malkekøer, men den generelle virkning – jvf. det tidligere omtalte – vil være, at dette fedt kan hæmme produktionen af mælkefedt. Det bør derfor tilstræbes at undgå for høje

jodtal i de fedtrige kraftfoderblandinger – d.v.s. under 80 for en blanding med 10–12 pct. fedt. Kan dette krav ikke opfyldes, kan det på grundlag af ovennævnte tilrådes at reducere fedttilskuddet i forhold til det økonomisk optimale – beregnet på grundlag af de omtalte produktionsfunktioner. Således kan der med den foreliggende viden foreslås en reduktion i tilskudsfedtet, som er omvendt proportional med dettes jodtal, svarende til, at jodtalsproduktet (= hg fedt × jodtal) er uændret, hvilket fremgår af følgende:

Tilskudsfedtets jodtal	80	90	100	110	120
Optimalt tilskud, relativ	100	89	80	73	67

Er det beregnede optimale fedttilskud f.eks. 500 g, men tilskudsfedtets jodtal 110 i stedet for 80 som forudsat i funktionen, bliver det optimale tilskud $500 \text{ g} \times \frac{80}{110} = 365 \text{ g}$.

Mælkefedtets indhold af umættede fedtsyrer stiger, når mængden af umættede fedtsyrer i foderrationen øges, idet disse som nævnt kun hydrogeneres delvist, og umættede fedtsyrer derfor i større mængder overføres til mælkefedtet. Jo større fedtmængder, der tildeles, jo stærkere bliver denne virkning på mælkefedtets jodtal, idet hydrogeneringskapaciteten i vommen i stigende grad overskrides.

15.4.2 Fysisk form (olie, frø, bønner)

Vegetabilsk fedt kan foreligge som ren olie eller olie bundet i frø, bønner eller kager. Steele et al. (1971) fandt i forsøg med malkekøer, at ved anvendelse af 8 pct. tilsætningsfedt i kraftfoderet henholdsvis som sojabønner og sojaolie, var ydelsen ca. 30 pct. lavere ved anvendelse af olie ($P < 0{,}05$). Moody (1978) fandt ved tilsætning af 4 pct. fedt fra henholdsvis bomuldsfrø og bomuldsfrøolie i kraftfoderet til malkekøer en negativ effekt af olie i forhold til frø. I begge undersøgelser anføres, at den negative effekt af ren olie eventuelt kan henføres til, at denne frigøres hurtigere i vommen og dermed virker mere hæmmende på den mirkobielle aktivitet i vommen, samtidig med at større mængder umættet fedt tilføres yveret og hæmmer mælkefedtsyntesen.

15.4.3 Beskyttet fedt

Ved at beskytte foderfedtet f.eks. ved coatning med et formalinbehandlet proteinlag opnås, at fedtet ikke eller kun i ringe grad angribes af mikroorganismerne i formaverne, hvorimod det beskyttende lag nedbrydes ved løbens lave pH. Herved er der mulighed for at reducere foderfedtets depressive

effekt på omsætningen i formaverne og samtidig regulere mælkefedtets sammensætning (Kristensen 1974, Tamminga et al. 1976, Storry et al. 1980). Sammenhængen mellem stigende mængder ubeskyttet og beskyttet animalsk fedt i foderet og mælkeydelsen fremgår af fig. 15.2, hvor referencer er anført. Det ses, at ved anvendelse af beskyttet fedt er ydelsen stigende op til over 80–90 g råfedt pr. kg tørstof svarende til en optagelse på ca. 1700 g fedt pr. ko daglig. Maksimal ydelse opnås således ved et meget højere fedtniveau end ved anvendelse af ubeskyttet fedt.

Coatningens indflydelse på sammenhængen mellem foderfedtets og mælkefedtets indhold af umættede fedtsyrer er undersøgt bl.a. ved anvendelse af beskyttet sojaolie. Sojaolie er karakteristisk ved et højt indhold af umættede fedtsyrer, således ca. 50% linolsyrer (C 18:2) og ca. 30% oliesyrer (C 18:1) og dermed et højt jodtal, 136. Beskyttelse af sojaolien mod hydrogenering i vommen medførte, at overførslen af linolsyre fra foderfedtet til mælkefedtet blev forøget fra ca. 5 pct. til ca. 20 pct. (Mattos & Palmquist 1974 og Goering et al. 1977).

Kristensen (1974) fandt, at fodring med stigende mængder beskyttet sojaolie medførte én stigning i mælkefedtets linolsyreindhold på 2 pct.-enheder for hver 10 g forøget optagelse af forsøgsfoderet (50% sojaolie). Mælkefedtets jodtal steg fra 28 til 51, når optagelsen af forsøgsfoderet øgedes fra 10 til 50 g pr. kg 4% mælk. Der blev samtidig konstateret en væsentlig forringelse af smørrets oxidative holdbarhed.

Coatningsmetoden, som hidtil har været anvendt, er forholdsvis kostbar og rummer desuden en række praktiske problemer med hensyn til tildeling af optimale fedtkombinationer (coated fedt versus ubeskyttet), valg af fedtkilde (mættet/umættet, hydrogeneret/ikke hydrogeneret, kædelængde), coatningsprocedure samt til tider ringe palatabilitet af den coatede fedtblanding (Østergaard et al. 1981).

15.4.4 Hærdet fedt

Industriel hydrogenering af stærkt umættet foderfedt anvendes med det formål at undgå den negative effekt af umættet fedt til malkekøer. I torskelevertran udgøres næsten halvdelen af fedtsyrerne af polyumættede, langkædede fedtsyrer (C20 og C22), det er således stærkt umættet. Der er gennemført en del forsøg med anvendelse af hydrogeneret torskelevertran til malkekøer (Brumby 1968, Sundstøl 1980). Hydrogeneringen reducerede delvis den negative effekt bl.a. ved at reducere propion-/eddikesyreforholdet i vomindholdet.

15.4.5 Styring af smørfedtets jodtal

Af hensyn til smørrets konsistens ønsker mejeribruget et jodtal i smørfedtet på 32–36.

Som tidligere omtalt påvirkes smørfedtets jodtal af såvel foderfedtets mængde som dettes fedtsyresammensætning, der bl.a. beskrives ved dets jodtal. Andersen & Just (1970) anfører, at det bedste mål for den virkning en fedtkilde har på mælkefedtets sammensætning opnås ved at beregne det relative jodtalsprodukt (RJTP). Dette opnås ved først at beregne fedtkildens jodtalsprodukt (JTP), der er lig råfedtindholdet i hg × fedtets jodtal. Herefter sættes dette i relation til den producerede mængde smørfedt, d.v.s.

$$\text{RJTP} = \frac{\text{JTP}}{\text{g smørfedt}}$$

Til beregning af smørfedtets forventede jodtal angiver Andersen & Just (1970) følgende formler, idet der – som tidligere omtalt – er forskel mellem racerne:

Race	Formel for beregning af smørfedtets jodtal
RDM og SDM	22 + RJTP × 20
Jersey	21 + RJTP × 15

Petersen (1971) fremfører, at de rationer, der ligger til grund for de anførte formler, var karakteriseret ved et udpræget fedtfattigt grundfoder (bl.a. roer). Der kan delvis kompenseres herfor ved også at tage hensyn til grovfoderets fedtbidrag udtrykt ved RGF, der er lig forholdet mellem g ford. råfedt i grovfoderet og smørfedtproduktionen. Petersen (1971) fandt således følgende sammenhæng mellem jodtal i smørfedt og RJTP i kraftfoder + RGF.

Race	Regressionsligninger
RDM og SDM	23,91 + (RJTP i kraftfoder + RGF) × 9,84. (r = 0,60)
Jersey	20,94 + (RJTP i kraftfoder + RGF) × 11,94. (r = 0,78)

På grundlag af disse regressionsligninger er det – for forskellige grundfoderrationer – muligt med rimelig sikkerhed at beregne det nødvendige jodtal i kraftfoderfedtet for at opnå et ønsket jodtal i smørfedtet.

15.5 Kvalitetskrav til teknisk foderfedt

Da animalsk fedt af god kvalitet er blevet en mangelvare, bliver kvaliteten af det fedt, der tilsættes kraftfoderblandinger (teknisk foderfedt) af afgørende betydning. En forbedret styring af foderfedtets kvalitet opnås ved bl.a. at følge

de af DAKOFO (Danske Korn- og Foderstof-im- og eksportørers Fællesorganisation) opstillede kvalitetskrav til teknisk foderfedt. Disse krav er fra slutningen af 1980 følgende:

Indhold af:

– vand	max.	1%
– smuds	max.	1%
– uforsæbelig rest	max.	3,5%
– vand + smuds + uforsæbelig rest	max.	5%
– di-tri-polymere fedtsyrer m.m.	max.	3%
– fedtsyrer med 20 eller flere C-atomer	max.	4%
Jodtal i fedtet	max.	75

Der er grund til at være opmærksom på, at prisen på suppleringsfedt kan blive særdeles høj i tilskudsfoder med et højt fedtindhold, bl.a. som følge af de tekniske problemer foderstofindustrien påføres ved fremstilling heraf. Herved kan det økonomiske merudbytte af at anvende store fedtmængder i tilskudsfoderet forringes (jvf. kap. 17 og 18 for optimeringsprocedurer og økonomisk optimale foderrationer under forskellige forudsætninger).

15.6 Sammendrag og konklusion

Fedt er kendetegnet ved et særdeles højt indhold af energi pr. kg tørstof (ca. 3 FE) og er derfor velegnet til at øge foderrationens energikoncentration – specielt når rationen ellers ville blive stivelsesrig.

Fedt karakteriseres ved dets indhold af fedtsyrer samt disses kædelængde og mættethed (jodtal). Drøvtyggernes fedtomsætning er karakteristisk ved, at der i formaverne sker en væsentlig ændring i foderfedtets karakter, bl.a. ved hydrogenering. Generelt syntetiseres ca. halvdelen af mælkefedtet på grundlag af foderfedt og mobiliseret kropsfedt, der overføres direkte fra blodets lipoproteiner (langkædede, delvis umættede fedtsyrer), mens resten dannes ved de novo syntese i mælkekirtlen (kortkædede og næsten mættede fedtsyrer). Den relative andel mellem de to grupper er afgørende for mælkefedtets jodtal.

Tilskud af foderfedt til en fedtfattig ration (20–30 g pr. kg tørstof) medfører en direkte overførsel til mælkefedtet, hvorved ydelsen stimuleres betydeligt. Ydelsesstigningen ved øget fedttilskud er aftagende og ved et meget højt fedtniveau (50–60 g pr. kg tørstof) kan der forekomme en ydelsesnedgang som følge af en nedsat kulhydratforgæring i vommen kombineret med en hæmning af såvel optagelsen af lipoproteiner som de novo fedtsyntesen i yveret. Den

negative virkning er mest udtalt, når foderfedtet har et højt indhold af langkædede og umættede fedtsyrer.

Den optimale fedttildeling er ved en given ydelseskapacitet uafhængig af race og laktationsnummer.

Følgende funktioner angiver sammenhængen mellem ydelsen (y, kg 4% mælk) og foderrationens indhold af korrigeret råfedt (g fedtsyrer i grovfoder + g kraftfoderfedt) pr. kg tørstof (x) eller pr. PFE (x_{PFE}):

Laktations-periode, u.e.k.	Funktion	Gyldigheds-interval
1–12	$y = 20{,}1 + 0{,}327x - 0{,}00301x^2$	$23 \leq x \leq 57$
11–27	$y = 19{,}1 + 0{,}200x - 0{,}00214x^2$	$16 \leq x \leq 54$
Senlakt.	$y = k + 0{,}011PFE \cdot x_{PFE} - 0{,}00080x^2{}_{PFE}$	$2 \leq PFE \leq 11$
		$35 \leq x_{PFE} \leq 90$

Der opnås maksimal ydelse ved 54 og 47 g fedt pr. kg tørstof i perioderne 1–12 henholdsvis 11–27 uger efter kælvning.

I senlaktation, hvor der er forudsat fodret efter forventet ydelse, er foderrationens fedtindhold angivet som g korr. råfedt pr. PFE (x_{PFE}). Maksimal ydelse opnås ved et fedtniveau svarende til 7 · PFE.

Det forudsættes, at tilskudsfedtet er af god kvalitet og primært udgøres af animalsk fedt (oksetalg og svinefedt) eller vegetabilsk fedt med tilsvarende egenskaber. Jodtallet i det samlede tilskudsfedt i kraftfoderet bør ikke overstige 80–90.

Funktionerne gælder for såvel det forenklede fodringsprincip som normfodring eller fodring med fuldfoder efter ædelyst. Der forudsættes fodring med en i alle henseender velafbalanceret foderration, der er baseret på et stort og alsidigt grovfoder.

Ved anvendelse af fedtkilder med et højt indhold af polyumættede fedtsyrer (og dermed et højt jodtal) tilrådes det at reducere fedttilskuddet i forhold til det økonomisk optimale – beregnet på grundlag af de anførte produktionsfunktioner. Den negative effekt, polyumættede fedtsyrer har på mælkefedtsyntesen, kan delvis afhjælpes ved at coate foderfedtet, så det kun i ringe grad angribes af mikroorganismerne i formaverne.

Mælkefedtets fedtsyresammensætning kan delvis styres gennem valg af fedtkilde (fedtsyresammensætning/behandling) og tilskudsniveau.

15.7 Litteratur

Andersen, P. E. & Just, A. 1970. Tabeller over fodermidlernes sammensætning m.m. Landhusholdningsselskabets forlag København. 56 pp.

Banks, W., Clapperton, J. L., Ferrie, M. E. & Wilson, A. G. 1976. Effect of feeding fat to dairy cows receiving a fat-deficient basal diet. J. Dairy Sci. *43,* 213–227.

Bickerstaffe, R., Annison, E. F. & Linzuell, J. L. 1974. The metabolism of glucose, acetate, lipids and amino acids in lactating dairy cows. J. Agric. Sci., Camb. *82,* 71–85.

Brumby, P. E., Tuckley, B., Hall, A. J., Storry, J. E., Sutton, J. D. & Johnson, V. W. 1968. Effect of cod liver oil on milk fat secretion. Rep. Nutr. Inst. Res. Dairy, 1968. *89.*

Danfær, A. 1982. Personlig meddelelse.

DAKOFO (Danske korn- og foderstof-im- og eksportørers fællesorganisation) 1981. Personlig meddelelse. Børsen, København.

Goering, H. K., Wrenn, T. R., Edmondson, L. F., Weyant, J. R., Wood, D. L. & Bitman, J. 1977. Feeding polyunsaturated vegetable oils to lactating cows. J. Dairy Sci. *60,* 739–747.

Hagemeister, H. & Kaufmann, W. 1979. Verwendungsmöglichkeiten von Fett in der Ernährung von Milchkühen. In: H. Meyer & K. H. Menke, Übersichten zur Tierernährung. DGL-Verlags-GmbH, Frankfurt. *7*:1, 1–30.

Knudsen, J. 1970. Lipid- og fedtsyreindhold i græsmarksafgrøder og foderfedtets omsætning i drøvtyggernes formaver. Den kgl. Veterinær- og Landbohøjskole, København, 79 pp.

Kristensen, V. F. 1974. Undersøgelser over mulighederne for at øge mælkefedtets indhold af flerumættede C18-syrer. Licentiatafh. v. Husdyrbrugsinstituttet, Den kongelige Veterinær- og Landbohøjskole, København, 72 pp.

Kronfeld, D. S., Donoghue, S., Naylor, J. M., Johnson, K. & Bradley, C. A. 1980. Metabolic effects of feeding protected tallow to dairy cows. J. Dairy Sci. *63,* 545–552.

Larsen, J. B., Klausen, S., Frederiksen, J. H., Agergaard, E. & Svensgaard, C. 1965a. Fedtbehov til mælkeproduktion. 1. Forskelligt fedtindhold i kraftfoderet. K. 509. Årbog. Forsøgslab., Kbh. 343–347.

Larsen, J. B., Klausen, S., Frederiksen, J. H. & Svensgaard, C. 1965b. Fedtbehov til mælkeproduktion. 1. Forskelligt fedtindhold i kraftfoderet. K. 510. Årbog. Forsøgslab., Kbh. 347–352.

Macleod, G. K., Yu, Y. & Schaeffer, L. R. 1977. Feeding value of protected animal tallow for high yielding dairy cows. J. Dairy Sci. *60,* 726–738.

Mattos, W. & Palmquist, D. L. 1974. Increased polyunsaturated fatty acid yields in milk of cows fed protected fat. J. Dairy Sci. *57,* 1050–1054.

Moody, E. G. 1978. Cottonseed and oil in dairy rations at two roughage levels. Feedstuffs *50*, 20–21.

Palmquist, D. L. & Conrad, H. R. 1980. High fat rations for dairy cows. Tallow and hydrolyzed blended fat at two intakes. J. Dairy Sci. *63*, 391–395.

Palmquist, D. L. & Jenkins, T. C. 1980. Fat in lactation rations: Review, J. Dairy Sci. *63*, 1–14.

Palmquist, D. L. & Mattos, W. 1978. Turnover of lipoproteins and transfer to milk fat of dietary (1-Carbon-14) linoleic acid in lactating cows. J. Dairy Sci. *61*, 561–565.

Petersen, A. 1971. Fodringens indflydelse på smørfedtets jodtal samt økonomiske relationer ved fodring efter højere jodtal. Beretn. 389. Forsøgslab. 117–132.

Sharma, H. R., Ingalls, J. R. & McKirdy, J. A. 1978. Replacing barley with protected tallow in ration of lactating Holstein cows. J. Dairy Sci. *61*, 574–583.

Smith, N. E., Dunkley, W. L. & Franke, A. A. 1978. Effects of feeding protected tallow to dairy cows in early lactation. J. Dairy Sci. *61*, 747–756.

Steele, W. & Moore, J. H. 1968. The effects of mono-unsaturated fatty acids in the diet on milk-fat secretion in the cow. J. Dairy Res. *35*, 353–360.

Steele, W., Noble, R. C. & Moore, J. H. 1971. The effects of 2 methods of incorporating soybean oil into the diet on milk yield and composition in the cow. J. Dairy Res. *38*, 43–48.

Storry, J. E. 1980. Influence of nutritional factors on the yield and content of milk fat: Non-protected fat in the diet. Bulletin: Factors affecting the yields and contents of milk constituents of commercial importance. FIL Document 125. Brussels. 88–95.

Storry, J. E., Brumby, P. E., Tuckley, B., Welch, V. A., Stead, D. & Fulford, R. J. 1980. Effect of feeding protected lipid to dairy cows in early lactation on the composition of blood lipoproteins and secretion of fatty acids in milk. J. Agric. Sci., Camb. (under trykning).

Storry, J. E., Hall, A. J. & Johnson, V. W. 1973. The effects of increasing amounts of dietary tallow on milk-fat secretion in the cow. J. Dairy Res. *40*, 293–299.

Sundstøl, E. 1974. Hydrogenated marine fat as feed supplement. 3. Digestibility of rations containing hydrogenated marine fat in sheep. Norg. Landbr. Høgsk. Inst. for husdyrnæring og fodringslære. Meld. nr. 161. 31 pp.

Sørensen, M. & Andersen, P. E. 1965. Fedtbehov til mælkeproduktion. 1. Forskelligt fedtindhold i kraftfoderet. K. 648. Årbog. Forsøgslab., Kbh. 352–356.

Sørensen, M., Lykkeaa, J. & Kofoed-Dam, H. 1966. Fedtbehov til mælkeproduktion. 1. Forskelligt fedtindhold i kraftfoderet. K. 658 og K. 659. Årbog. Forsøgslab., Kbh. 264–272.

Tamminga, S., Steg-Beers, A., Van Hoven, W. & Badings, H. T. 1976. Production of milk with a high content of polyunsaturated fatty acids. 1. Experiments in relation to the efficiency of production. Neth. Milk Dairy J. *30*, 106–117.

Tanaka, K. 1970. The effect of the type of dietary fat on milk fat secretion in the cows. Jap. J. Zootech. Sci. *41*, 254–261.

Wrenn, T. R., Bitman, J., Waterman, R. A., Weyant, J. R., Wood, D. L., Strozinski, L. L. & Hooven, Jr., N. W. 1978. Feeding protected and unprotected tallow to lactating cows. J. Dairy Sci. *61*, 49–58.

Østergaard, V., Danfær, A., Daugaard, J., Hindhede, J. & Thysen, I. 1981. Foderfedtets indflydelse på malkekøernes produktion. Ber. nr. 508 fra Statens Husdyrbrugsforsøg, 140 pp.

16. Foderbudgettering og fastsættelse af faktor- og produktpriser

Uffe Henneberg og Iver Thysen

Side

16.1 **Indledning** 16.1

16.2 **Fremgangsmåde ved foderbudgettering og -planlægning** 16.2

16.3 **Fastsættelse af faktorpriser på kort sigt** 16.5
16.3.1 Hjemmeavlet grovfoder 16.5
16.3.2 Marginalfoderenhed 16.6
16.3.3 Næringsfaktorer (FE, protein og fedt) 16.7

16.4 **Produktpriser** 16.13
16.4.1 Mælk 16.13
16.4.2 Tilvækst 16.13

16.5 **Fodermidlernes pris på langt sigt** 16.14
16.5.1 Intern produktionspris på hjemmeavlet grovfoder 16.14
16.5.2 Hjemmeavlede grovfoderafgrøders indbyrdes økonomiske konkurrenceevne 16.16

16.6 **Sammendrag og konklusion** 16.16

16.7 **Litteratur** 16.17

16.1 Indledning

I bestræbelserne på at opnå det bedst mulige økonomiske resultat i mælkeproduktionen er det afgørende, at foderrationens størrelse og sammensætning også fastlægges på grundlag af de faktor- og produktpriser, som gælder i den enkelte bedrift.

Denne foderplanlægning gælder dels det korte sigt, hvilket der fokuseres på i denne publikation og dels det lange sigt, som kun omtales kort. På kort sigt drejer det sig om den sæsonmæssige planlægning, f.eks. vinterfodringen på grundlag af de til rådighed værende fodermidler. For det lange løb må mængden

af hjemmeavlet grovfoder, som skal indgå i foderrationen, fastlægges. Denne planlægning foretages ud fra dyrkningsforhold, herunder nettoudbytter og indpasning i sædskiftet samt den heraf afledte interne produktionspris.

Fastlæggelsen af faktor- og produktpriser dels for det korte og dels for det lange sigt omtales i det følgende.

16.2 Fremgangsmåde ved foderbudgettering og -planlægning

Forud for planlægning af fodertildelingen må der foretages en opgørelse over:

- Mængden af de enkelte foderemner.
- Foderværdi og -kvalitet.
- Planlægningsperiode.
- Antal køer i forskellige laktationsafsnit.

For at fastlægge mængden af FE må der foretages en opmåling, dvs. mængden (m^3) af såvel let- som tungtfordøjeligt foder opgøres. Indholdet af FE pr. m^3 afhænger – især for ensilage – af tørstofindholdet og foderværdien (se f.eks. Håndbog for driftsplanlægning 1983 og Pedersen & Østergaard 1981).

Den periode, hvor den til rådighed værende mængde ønskes anvendt, vil i nogen udstrækning være fastlagt på forhånd, dog vil perioden inden for visse grænser kunne tilpasses den aktuelle beholdning.

Opdeling af laktationen afhænger af fodringsprincippet, som er nærmere omtalt i kap. 13 og 18. Ved *normfodring* opdeles laktationen efter aktuel ydelse. Ved *strategifodring med kraftfoder* er opdelingen defineret ifølge den aktuelle strategi; specielt ved *det forenklede fodringsprincip* (FFP) deles laktationen i 2 hovedafsnit: 1–24 uger efter kælvning, hvor rationens indhold af energi, protein og fedt optimeres, og 25 uger – goldning, hvor energi tildeles efter forventet ydelse og ønsket tilvækst, og hvor der derfor foretages en underopdeling i ydelsesklasser. Ved *fodring med fuldfoder efter ædelyst* deles laktationen i et antal perioder, hvor der anvendes forskellige blandinger (kap. 7, 13 og 18). De i det følgende viste eksempler vedrører det forenklede fodringsprincip, men fremgangsmåden kan også anvendes ved de øvrige fodringsprincipper.

De til rådighed værende fodermidler prioriteres til køer i forskellige laktationsafsnit i henhold til de karakteristiske forskelle i bl.a. foderoptagelses- og produktionsevne (se afsnit 3.1). Derefter kan foderet til rådighed pr. ko daglig beregnes.

Behovet for indkøb af foder opgøres ved at foretage en afstemning af foderrationens indhold af energi, protein og fedt samt af den samlede fylde. Ved det

forenklede fodringsprincip og fodring med fuldfoder kan denne afstemning kun være foreløbig, idet den endelige ration findes ved optimering (jævnfør kap. 17). I tabel 16.1 er vist standardrationer til foreløbig afbalancering gældende for 1–24 uger efter kælvning ved forskellige forudsætninger vedrørende ad libitum-foderets fordøjelighed og besætningens ydelseskapacitet. Standardrationens indhold af energi, protein og fedt er nær det optimale under normale prisforhold. Ved høj/lav ydelseskapacitet i besætningen korrigeres energiniveauet med ±1 FE (kap. 13 og 18). Dette modsvarer ikke ændringen i den daglige ydelse i den første del af laktationen, og der må derfor påregnes større/mindre mobilisering, hvilket der er taget hensyn til ved korrektionen af proteinniveauet (kap. 14). Ved korrektionen af fedtniveauet er der taget hensyn til, at marginalvirkningen af fedt afhænger af ydelsesniveauet (kap. 15). Korrektionen for ad libitum-foderets fordøjelighed er fastlagt ifølge den indflydelse græsensilages fordøjelighed har på marginalvirkningen af energi (kap. 13), og protein- og fedtniveauet korrigeres sådan, at der er omtrentligt uændret indhold pr. PFE. Denne korrektion er baseret på forsøg med A-blanding som eneste tilskud til græsensilage ad libitum. Ved mere alsidige foderrationer kan det antages at græsensilagens fordøjelighed har mindre indflydelse på marginalvirkningen af energi, og korrektionen kan da skønsmæssigt sættes til 50% af det i tabel 16.1 viste.

Tabel 16.1 Standardrationer til foreløbig afbalancering. Tunge racer[1])
FE/g ford. råprotein/g korr. råfedt pr. ko daglig 1–24 u.e.k.[2])

Ad libitum-foderets		Besætningens ydelseskapacitet, kg 4% mælk pr. årsko (pr. dag 1–24 u.e.k.)		
FK	Kg ts./FE	5.500 (2)	6.500 (24)	7.500 (28)
Lav	1,6	14/1550/550	15/1850/650	16/2150/750
Middel	1,4	15/1700/600	16/2000/700	17/2300/800
Høj	1,2	16/1850/650	17/2150/750	18/2450/850
Foderoptagelse, fylde:		5,8	6,0	6,2

[1]) Jersey: –1 FE, –140 g ford. råprotein og fylde –1.
[2]) Baseret på kap. 7, 13, 14, 15 og 18.

Ved afstemningen af rationen er det hensigtsmæssigt at dele fodermidlerne i 3 typer efter, hvordan de planlægges tildelt.

A: ad libitum-foder (tildeles efter ædelyst).
R: restriktivt grundfoder (tildeles i samme mængde til køer inden for gruppe).
T: tilskudsfoder (tildeles individuelt).

Afstemningen foretages derefter ved først at fastlægge det restriktive grundfoder, hvorefter tilskudsfoderet fastlægges sådan, at såvel den samlede energi (FE) og fylde (FF) svarer til det ønskede. Det vil sige, at

$$FE_A + FE_R + FE_T = FE_{ialt}$$

og $FE_A \times FF_A + FE_R \times FF_R + FE_T \times FF_T = k$

hvor k er konstanten for den samlede fylde (jævnfør kap. 7) og FF er fylde pr. FE.

Af disse ligninger findes

$$FE_T = \frac{FE_{ialt} - \frac{k - FE_R \times FF_R}{FF_A}}{1 - \frac{FF_T}{FF_A}}$$

$$FE_A = FE_{ialt} - FE_R - FE_T$$

Til slut findes tilskudsfoderets indhold af protein og fedt ved at beregne indholdet af protein og fedt i ad libitum-foder og restriktivt grundfoder, og dividere FE tilskudsfoder op i det manglende for at nå standardindholdet.

Tabel 16.2 Typefoderrationer. FE pr. ko af tunge racer 1–24 uger efter kælvning

		Stort roefoder R, e(h)	Alsidig ration r, E(h)	Stort græsmarks-foder (r), E(H)	Bi-produkt-foder
Kraftfoderblanding		6	4	5	5
Korn, klid og lign.			3	3	2
Roer, roeaff., melasse		6	4	2	4
Ensil. hø (ad lib.)		3	5	6	4½
Halm (ad lib.)		1			½
Ialt		16	16	16	16
Relevant indhold i kraftfoder-blanding, g pr. FE:	ford. råprotein:	175–275	125–225	125–225	175–275
	råfedt:	60–100	60–100	60–100	60–100

Når ad libitum-foderet er givet fremkommer tilskudsfoderets mængde og type således som en konsekvens af det restriktive grundfoder. Valget heraf beror på såvel økonomiske (jævnfør kap. 17) som biologiske overvejelser, hvori bl.a. indgår rationens struktur, som kan vurderes ved tyggetiden (jævnfør kap. 3) og anvendelsen af biprodukter (jævnfør kap. 18). I tabel 16.2 er vist nogle typiske biologisk velafbalancerede foderrationer, som er karakteriserede ved art og mængde af grovfoder (Østergaard & Neimann-Sørensen 1976).

16.3 Fastsættelse af faktorpriser på kort sigt

16.3.1 Hjemmeavlet foder

Foderplanlægning på kort sigt indbefatter fastlæggelse af den økonomisk mest fordelagtige fordeling af det hjemmeavlede grovfoder mellem driftsgrene og på opfodringsperioder. Ved betragtning af malkekøerne i en given planlægningsperiode – for hvilken den endelige foderplan lægges ved optimering, hvori det hjemmeavlede foder konkurrerer med indkøbt foder – kan den mest fordelagtige anvendelse af det hjemmeavlede foder opnås ved, at dette foder under optimeringen tillægges en pris, som svarer til dets *alternative værdi i bedste anden anvendelse,* dvs. den højeste værdi ved anvendelse til en anden driftsgren, i en efterfølgende planlægningsperiode eller ved salg.

I en hensigtsmæssigt foderration til malkekøer skal der dog indgå et minimum af et strukturrigt grovfoder – fortrinsvist tildelt ad libitum – på 4 FE pr. ko daglig for de tunge racer og 3,5 FE pr. ko for Jersey i første halvdel af laktationen (jævnfør kap. 18). Ved mangel på hjemmeavlet grovfoder, herunder også roer, prioriteres de til rådighed værende mængder derfor i følgende rækkefølge (Hindhede 1980):

1. Malkekøer 1–24 uger efter kælvning og kælvekvier 1–4 uger før kælvning.
2. Malkekøer fra 24 uger efter kælvning til goldning.
3. Opdræt (incl. småkalve).
4. Goldkøer.

Hensynet til en biologisk afbalanceret ration kan medføre, at der må indføres minimums- eller maksimumskrav for anvendelsen af et eller flere fodermidler ved optimeringen.

Ansættelsen af værdien ved anvendelse til en anden driftsgren beror på, hvilke fodermidler i planen for denne driftsgren det betragtede hjemmeavlede fodermiddel i givet fald kan erstatte eller erstattes af. F.eks. kan roer i foderplanerne for slagtekalve og opdræt erstatte melasse eller byg i det omfang disse fodermidler anvendes, og den alternative værdi er da lig købsprisen for det erstattede fodermiddel. Roer kan også delvis erstatte en kraftfoderblanding, idet roerne da suppleres med et fodermiddel med et højere proteinindhold, og

den alternative værdi er da lig prisen på den erstattede blanding minus omkostning til supplering med protein. F.eks. kan 1 FE A-blanding erstattes af 0,4 FE roer + 0,6 FE C-blanding, og værdien af 0,4 FE roer bliver derved lig prisen på 1 FE A-blanding – prisen på 0,6 FE C-blanding.

Græsensilage kan i foderplanen til opdræt erstatte/erstattes af – i enkleste fald – A-blanding, eller et andet m.h.t. energi-, protein- og strukturindhold ligeværdigt foder, f.eks. bestående af 40% NH_3-halm + 30% melasse + 30% sojaskrå. Hvis ensilage i en mangelsituation er prioriteret højest til køer først i laktationen, kan de samme betragtninger anlægges for alternativ anvendelse til køer sidst i laktationen.

Når den alternative anvendelse består i overgemning af foderet til en efterfølgende planlægningsperiode, må der tages hensyn til eventuelt forøget svind og kvalitetsforringelse (Hermansen 1980) samt rentetab. Den alternative værdi ansættes til prisen på erstattede fodermidler, eller, når overgemningen forudsættes at medføre et reduceret grovfoderareal, den interne produktionspris (afsnit 16.5) ved næste sæsons høst. I begge tilfælde korrigeres for svind og rentetab.

Fastlæggelsen af den alternative værdi beror således på et skøn over, hvordan det betragtede fodermiddel kan erstatte/erstattes af andre fodermidler til andre driftsgrene eller i andre planlægningsperioder. Det er herved vigtigt, at der også anlægges et skøn over grænsen for de mængder, der kan finde en alternativ anvendelse inden for bedriften. Ved et stort overskud kan denne grænse overskrides, og den alternative anvendelse af de overskydende mængder er derefter salg.

16.3.2 Marginalfoderenhed

Når der fodres ad libitum med græsensilage eller lignende, styres det totale energiniveau over tilskudsfoderet. Ved fodring med fuldfoder efter ædelyst styres foderoptagelsen over rationens samlede energikoncentration. Ifølge kap. 7 kan foderoptagelsen beskrives ved funktionen

$$\sum_{i=1}^{n} FE_i \times FF_i = k,$$

hvor n er antallet af fodermidler
FE_i er antal FE af det i'te fodermiddel
FF_i er fylden af det i'te fodermiddel, og
k er en konstant.

Funktionen udtrykker, at rationens samlede fylde er konstant ved fodring efter ædelyst. For at øge energiniveauet må der gives flere FE af et fodermiddel

med en lav fyldefaktor (tilskudsfoderet) og færre FE af et fodermiddel med en høj fyldefaktor (ad libitum-foderet). Når tilskudsfoderet øges med 1 FE, vil formindskelsen af ad libitum-foderet være lig med forholdet mellem fyldefaktorerne for at den samlede fylde forbliver konstant. Dvs. at marginaloptagelsen af ad libitum-foderet er:

$$-\frac{FF_T}{FF_A} \text{ FE ad libitum-foder pr. FE tilskudsfoder,}$$

hvoraf følger at marginalvirkningen på den samlede energioptagelse (tilskud + ad libitum) er

$$1-\frac{FF_T}{FF_A} \text{ FE ialt pr. FE tilskudsfoder.}$$

Når priserne på ad libitum-foderet (alternativ værdi) og tilskudsfoderet betegnes henholdsvis P_A og P_T, bliver prisen for 1 FE ekstra (marginal-FE):

$$\frac{P_T-\frac{FF_T}{FF_A}P_A}{1-\frac{FF_T}{FF_A}} \text{ kr. pr. marginal-FE}$$

I tabel 16.3 er vist eksempler på marginalfoderenheds-prisen ved forskellig fylde og alternativ værdi af ad libitum-foderet.

Tabel 16.3 Marginalfoderenhedspris ved forskellig fylde og alternativ værdi af ad libitum-foder. Kr. pr. FE[1])

	Ad libitum-foder			
	Fylde: 0,55 pr. FE		Fylde: 0,69 pr. FE	
Alternativ værdi, kr./FE	1,00	2,00	1,00	2,00
Marg. opt. af ad lib.-foder	–0,36		–0,29	
Marginal-FE, kr./FE	2,25	1,69	2,13	1,72

[1]) Forudsætninger: Tilskudsfoder: 1,80 kr. pr. FE og fylde 0,20 pr. FE.

16.3.3 Næringsfaktorer (FE, protein og fedt)

Ved planlægning og optimering af foderrationer benyttes rationens samlede indhold af næringsfaktorer (f.eks. energi, protein og fedt) til at relatere foderindsats og produktion, og i de økonomiske overvejelser er det derfor nødven-

digt at kunne fastlægge en pris på næringsfaktorerne. Foderrationen består af fodermidler med forskelligt indhold af næringsfaktorer, og ændringer i rationens samlede indhold af næringsfaktorer kan kun tilvejebringes ved passende ombytninger mellem fodermidlerne. Priserne på næringsfaktorerne beregnes ud fra de omkostninger, der er forbundet med disse ombytninger, men på forskellig måde, afhængig af den sammenhæng, hvori de benyttes.

Prisen på suppleringsprotein: Definition og beregningsmetoder er givet af Østergaard (1969). En foderration, der er afbalanceret med hensyn til FE, skal suppleres med protein ved ombytning af et proteinfattigt fodermiddel med et proteinrigt fodermiddel. Lad der eksempelvis være tale om byg med 75 g ford. råprotein pr. FE og typefoderblanding 275/40 med 275 g ford. råprotein pr. FE, og lad priserne være henholdsvis 1,60 kr. og 1,80 kr. pr. FE. Ombytning af 1 FE byg med 1 FE 275/40 giver da 200 g ford. råprotein og koster 0,20 kr., og prisen pr. kg suppleringsprotein er derfor 1,00 kr.

Prisen på suppleringsprotein kan anvendes til at finde den billigste proteinkilde, idet denne vil være det fodermiddel, som har den laveste pris på suppleringsprotein, og til optimering af indsatsen af protein i visse situationer (jvf. kap. 17).

Prisen på suppleringsfedt: Eksempel på beregning er givet af Hindhede (1978). Rationen i det ovennævnte eksempel skal yderligere suppleres med fedt ved, at byg og 275/40 ombyttes med eksempelvis typefoderblanding 175/100 à 1,84 kr. pr. FE og indeholdende 100 g fedt pr. FE. Meromkostningen ved at bruge 1 FE 175/100 i stedet for 1 FE 275/40 til supplering af såvel protein som fedt er 0,04 kr. og giver 60 g fedt ekstra, men samtidig 100 g protein mindre. Tabet i protein dækkes ind ved yderligere ombytning af 0,5 FE byg med 0,5 FE 275/40, hvilket koster 0,10 kr. og giver 10 g fedt (idet byg indeholder 20 g fedt pr. FE, og 275/40 indeholder 40 g fedt pr. FE). Fedtsuppleringen koster således 0,14 kr. og giver 70 g fedt, og prisen på suppleringsfedt er derfor 2,00 kr. pr. kg.

Følgende enheder er nu prisansat:

FE: 1 FE + 75 g ford. råprotein + 20 g råfedt	à 1,60 pr. FE
Suppleringsprotein: 1 kg ford. råprotein + 100 g råfedt	à 1,00 pr. kg
Suppleringsfedt: 1 kg råfedt	à 2,00 pr. kg

Prisen på suppleringsprotein inkluderer værdien af 100 g råfedt, fordi prisen er sat lig med omkostningen ved at erstatte 5 FE byg med 5 FE 175/40, hvilket giver 1 kg ford. råprotein og 100 g råfedt ekstra. Denne pris er korrekt, når fedt ikke indgår i betragtningerne (svarende til at prisen på fedt sættes til 0). Hvis såvel protein som fedt indgår i betragtningerne (f.eks. ved optimering af disse faktorer ved normfodring med energi), må prisen på suppleringsprotein korri-

geres for værdien af fedt. I det ovenstående eksempel er den korrigerede pris 1,00 – 0,1 × 2,00 = 0,80 kr. pr. kg suppleringsprotein.

Priserne kan findes mere direkte, ved at udnytte, at værdi × indhold af suppleringsprotein og -fedt i hvert af de to suppleringsfodermidler må være lig med merprisen i forhold til energikilden, dvs.

Proteinsuppl. 1	×	Proteinpris	+	Fedtsuppl. 1	×	Fedtpris	=	Merpris 1
(PS_1)		(P_{prot})		(FS_1)		(P_{fedt})		(M_1)
Proteinsuppl. 2	×	Proteinpris	+	Fedtsuppl. 2	×	Fedtpris	=	Merpris 2
(PS_2)		(P_{prot})		(FS_2)		(P_{fedt})		(M_2)

Priserne kan derfor beregnes ved løsning af 2 ligninger, hvilket giver

$$P_{prot} = D\,(FS_2 \times M_1 - FS_1 \times M_2)$$

$$P_{fedt} = D\,(PS_1 \times M_2 - PS_2 \times M_1)$$

idet $D = \dfrac{1000}{PS_1 \times FS_2 - PS_2 \times FS_1}$,

når protein og fedt regnes i g og priserne i kr. pr. FE og kr. pr. kg.

I det ovenstående eksempel fås

$$D = \frac{1000}{200 \times 80 - 100 \times 20} = \frac{1}{14}$$

$$P_{prot} = \frac{1}{14}\,(80 \times 0.20 - 20 \times 0{,}24) = 0{,}8$$

$$P_{fedt} = \frac{1}{14}\,(200 \times 0{,}24 - 100 \times 0{,}20) = 2$$

Hvis der i de konkurrerende fodermidler er væsentligt forskelligt indhold af andre vigtige næringsstoffer, f.eks. mineralstoffer, bør der korrigeres herfor (Østergaard 1969). I tilfældet med mineralstoffer gøres dette lettest ved at reducere prisen pr. FE med værdien af indholdet af mineralstoffer fastlagt på grundlag af prisen på mineralstofblandinger.

Udvælgelse af de billigste fodermidler til supplering med protein og fedt: Når der alene skal suppleres med protein, er den billigste proteinkilde det fodermid-

del, der har den laveste pris pr. kg suppleringsprotein. På samme måde kan der suppleres med fedt alene. Når der skal suppleres med såvel protein som fedt, søges det par af fodermidler, som kan levere det ønskede supplement af protein og fedt billigst muligt, men da der ud af n fodermidler kan dannes ½ n(n–1) par (f.eks. 45 par af 10 fodermidler), vil det være for tidsrøvende at gennemføre beregningerne for hvert muligt par. I stedet kan der benyttes en »søge-lære« metode, hvor suppleringspriserne først beregnes for det par, som umiddelbart virker mest fordelagtigt. Derefter beregnes, hvor meget alle andre aktuelle fodermidler ville koste, hvis de var lavet på grundlag af disse priser. Hvis et fodermiddel kan købes billigere end det teoretisk koster at lave det, så er dette fodermiddel mere fordelagtigt at anvende, og erstatter derfor et af fodermidlerne i det første par. Derefter gentages proceduren.

Tabel 16.4 Eksempel på udvælgelse af 2 fodermidler til billigst supplering med protein og fedt

Fodermiddel	Kr. pr. FE	Difference til byg, pr. FE: g ford. råprotein	Difference til byg, pr. FE: g råfedt	Difference til byg, pr. FE: kr.	Omkostning ved basispar kr.	Forskel kr.	Omkostning ved basispar kr.	Forskel kr.
Byg	1,60	–	–	–	–	–	–	–
Sojaskrå	1,82	255	–13	0,22	0,18	0,04	0,21	0,01
125/ 60	1,76	50	40	0,16	0,12	0,04	0,09	0,07
175/ 40	1,78	100	20	0,18	0,12	0,06	0,11	0,07
175/ 60	1,83	100	40	0,23	0,16	0,07	0,13	0,10
175/ 80	1,81	100	60	0,21	0,20	0,01	0,16	0,05
175/100	1,84	100	80	0,24	0,24	0	0,18	0,06
225/ 60	1,83	150	40	0,23	0,20	0,03	0,18	0,05
225/ 80	1,80	150	60	0,20	0,24	–0,04	0,20	0
250/100	1,88	175	80	0,28	0,30	–0,02	0,24	0,04
275/ 40	1,80	200	20	0,20	0,20	0	0,20	0
Basispar					175/100 275/40		225/80 275/40	
Kr. pr. kg suppleringsprotein					0,80		0,89	
Kr. pr. kg suppleringsfedt					2,00		1,11	

I tabel 16.4 er vist et eksempel på denne fremgangsmåde. I første runde kan kun 2 fodermidler købes billigere end den teoretiske pris baseret på suppleringspriserne ved 275/40 og 175/100, og heraf vælges 225/80, som udviser den største fordel. 225/80 må i denne sammenhæng betragtes som en fedtkilde, og derfor glider den oprindelige fedtkilde, 175/100, ud. Den nye pris på supple-

ringsprotein er lidt højere, mens den nye pris på suppleringsfedt er meget lavere. Ingen af de øvrige fodermidler kan nu købes billigere end den teoretiske pris ved det nye basis-par, som derfor er det mest fordelagtige at anvende.

Af tabellens sidste kolonne kan aflæses, hvor meget et fodermiddel skal falde i pris, for at det bliver konkurrencedygtigt. Det kan have betydning, f.eks. i forbindelse med kvantumsrabatter, som er afhængige af, hvor store partier der tages hjem, hvorved det kan være en økonomisk fordel kun at anvende ét suppleringsfodermiddel. Hvis de beregnede priser på suppleringsprotein og -fedt anvendes til at optimere indsatsen af de to næringsfaktorer, bør det derfor undersøges, om det fundne optimale niveau kan opnås billigere med én kraftfoderblanding, idet der også tages hensyn til et eventuelt større arbejdsforbrug m.v. ved flere kraftfodermidler. Der må dog også tages i betragtning, at et givet niveau af protein og fedt ikke altid kan opnås præcist med kun en kraftfoderblanding. Dette problem er diskuteret yderligere i kap. 17.

Der er i det foregående ikke taget hensyn til, om det ønskede supplement af protein og fedt kan opnås med de valgte suppleringsfodermidler. I figur 16.1 er

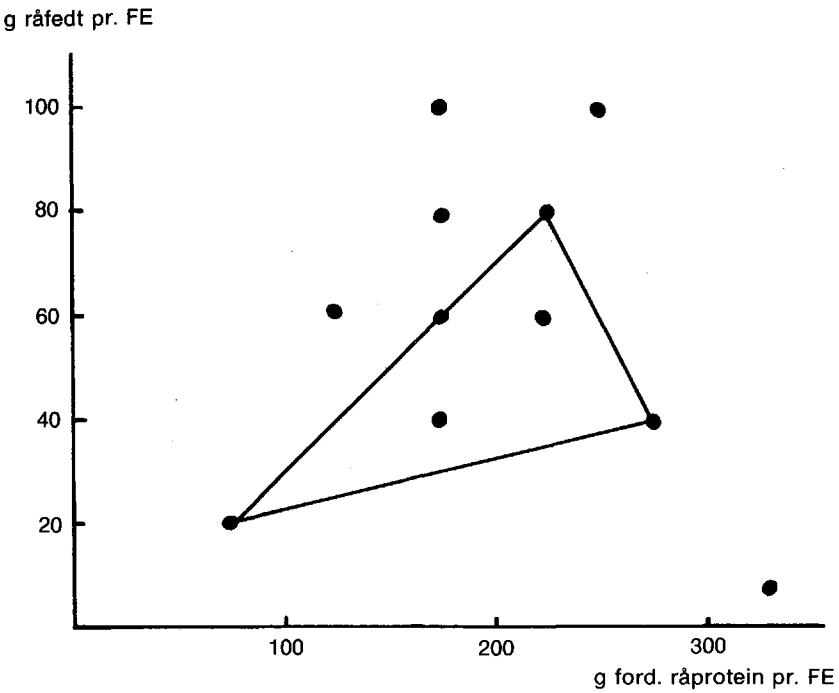


Fig. 16.1 Variationsområde for g ford. råprotein og g råfedt pr. FE ved blanding af 3 tilskudsfodermidler.

fodermidlerne i tabel 16.4 placeret i forhold til deres indhold af protein og fedt pr. FE. Fodermidlerne i den billigste løsning er forbundet med linier, og alle kombinationer af protein og fedt pr. FE, som ligger på eller inden for linierne kan dannes ved denne løsning. Når det ønskede supplement er kendt på forhånd, kan en del af suppleringsfodermidlerne udelukkes straks. Når der foretages optimering af protein og fedt på grundlag af suppleringspriserne, kan det forekomme, at den optimale indsats af protein og fedt ikke kan opnås med de fodermidler, som danner grundlag for priserne. Dette problem omtales nærmere i kap. 17.

I nogle tilfælde kan der fremkomme en negativ pris på en af næringsfaktorerne, f.eks. ved byg, 125/60 og 225/80, hvor der ved priserne i tabel 16.4 fås –0,53 kr. pr. kg suppleringsprotein og 4,67 kr. pr. kg suppleringsfedt. I denne situation er protein ikke en knap faktor, og den billigste supplering vil altid fås ved at erstatte byg med 225/80 til det ønskede fedtniveau, selv om proteinniveauet eventuelt bliver højere end nødvendigt. Negative priser kan – som i det viste eksempel – skyldes, at såvel protein – som fedtindhold er højest i et og samme fodermiddel, hvorved fordelingen af omkostningerne på protein og fedt bliver usikker. Det endelige resultat af den ovenfor beskrevne fremgangsmåde til udvælgelse af den billigste supplering påvirkes dog ikke af, at der indledes med en negativ pris på protein eller fedt.

Priser på energi, protein og fedt: I det foranstående er beskrevet prisfastlæggelsen på protein og fedt, når energiniveau og energikilde er givet. Egentligt kan den billigste energikilde ikke findes uden, at der tages hensyn til eventuelle forskelle i de mulige energikilders indhold af protein og fedt, men da de aktuelle energikilder (roer, melasse, byg, m.v.) er relativt protein- og fedtfattige, er dette hensyn i praksis uden stor betydning, med mindre der er tale om meget høje protein- eller fedtpriser. Når energi, protein og fedt optimeres samtidigt, er det dog nødvendigt, at alle faktorpriser beregnes som omkostningen ved at øge den betragtede faktor med én enhed, mens de øvrige holdes konstante. Ved ad libitum fodring må priserne desuden beregnes under forudsætning af, at rationens samlede fylde holdes konstant. (Ved de foranstående beregninger af prisen på suppleringsprotein og -fedt har alle suppleringsfodermidler næsten samme fyldefaktor som byg, og foderoptagelsen er derfor ikke påvirket). Endelig kan også andre begrænsninger, f.eks. den tidligere omtalte regel om maksimal anvendelse af roeprodukter, influere på prisfastlæggelsen.

Beregningen af faktorpriserne under disse forhold kan udføres ved videreførelse af de principper, som blev anvendt til beregning af priserne på suppleringsprotein og -fedt. Beregningsarbejdet er imidlertid så omfattende og kompliceret, at det ikke er relevant uden anvendelse af EDB i form af f.eks. lineær programmering, som omtales nærmere i kap. 17.

16.4 Produktpriser

De med fodringen varierende produkter (udbyttet) er 1) mælk, 2) tilvækst, 3) gødning samt 4) sygdom og reproduktion. En optimering kan forsvarligt baseres på alene prisen på mælk og tilvækst, fordi værdien af næringsstoffer i gødningen kan antages at modsvares af udbringningsomkostninger, og fordi sygdom og reproduktion ikke er fundet at variere signifikant med foderniveauet inden for det aktuelle foderniveau, 13–18 FE pr. ko daglig 1–24 u.e.k. (jvf. kap. 13).

16.4.1 Mælkepris

Da mælkens sammensætning ikke er fundet at ændres væsentligt inden for aktuelle foderniveauer, kan den marginale pris let fastlægges. Ved en typisk planlægningsperiode på 3–6 mdr. anvendes som pris blot mejeriets forventede afregning (incl. evt. overskud) for den betragtede periode. Forventes der en markant prisændring (f.eks. 10–20%) i en periode, der ligger 3–6 mdr. fremme, inddrages denne forventede pris med halv vægt også, selv om der kun optimeres for en 3 mdr.'s periode, f.eks. maj–august. Nævnte situation kan foreligge, når mejeriet anvender prisdifferentiering over året. Mælkeprisen, der beregnes på grundlag af såvel mælkefedt som den fedtfrie andel, angives hensigtsmæssigt pr. kg 4% mælk – uanset fedtindholdet.

16.4.2 Tilvækstpris

For 5-året 1977–1982 fandtes prisen for slagtekvæg i et vejet gennemsnit af køer (1. kl.) til 5,10 × mælkeprisen. Dette prisforhold gælder dog kun for den del af køerne, som går til slagtning. For den del af køerne, som forbliver i besætningen, forudsættes, at de skal bringes i et passende huld inden næste kælvning. Værdien af tilvækst i optimeringsperioden (den første del af laktationen) kan derfor sættes lig med omkostningen til tilvækst på det tidspunkt i laktationen, hvor denne omkostning er lavest. Det vil sige i sidste halvdel af laktationen. Omkostningen til tilvækst kan da sættes til 4–5 FE gange marginalprisen for FE, som i det ovennævnte 5-år var ca. 0,8 × mælkeprisen. Omkostningen til tilvækst bliver derved 3,2 til 4,0 × mælkeprisen. Yderligere er værdien af ekstra tilvækst som følge af et højere foderniveau også en større ydelse i sidste halvdel af laktationen, såfremt maksimumydelse ikke er nået. Den beregnede nettoværdi heraf afhænger af dels de forventede priser på foder og mælk samt renten (knap ½ års tidsforskydning), og dels hvor stor den marginale ydelse er på det foderniveau, der bliver en følge af en optimering ved en højere pris på tilvækst. Virkningen af dette komplicerede samspil imellem de nævnte forhold viser – under typiske prisforhold – at værdien af ekstra tilvækst

for køer, der bliver i besætningen (overvejende unge køer med stort behov for tilvækst, jvf. kap. 13), kan ansættes ca. 1,0 × mælkeprisen højere. Uanset omfanget af udskiftning i besætningen kan værdien af 1 kg tilvækst i laktationens første halvdel derfor ansættes til *5 × prisen pr. kg 4% mælk.*

16.5 Fodermidlernes pris på langt sigt

Med henblik på at opnå størst mulig afkastning i den enkelte bedrift er det nødvendigt at kunne fastlægge såvel den økonomisk mest fordelagtige kombination af hjemmeavlet grovfoder som dette grovfoders konkurrenceevne over for indkøbte fodermidler. Derfor er det nødvendigt at kunne beregne såvel prisen som den fodringsmæssige værdi. Denne beregning behandles meget kort i det følgende, da emnet uddybes i andre publikationer.

16.5.1 Intern produktionspris på hjemmeavlet grovfoder

Omkostningerne ved i den enkelte bedrift at producere grovfoder fås ved beregning af *den interne produktionspris*. Den interne produktionspris for den enkelte afgrøde omfatter dels de *variable* dyrkningsomkostninger (udsæd, gødning m.m.) og dels den værdi, som de *faste* produktionsfaktorer (jord, bygninger, inventar og arbejdskraft), der beslaglægges af den betragtede afgrøde, har i den bedste anden anvendelse i den betragtede bedrift (Østergaard 1971).

Da det er vanskeligt at fastlægge de enkelte faste produktionsfaktorers værdi, kan disses alternative værdi under ét sættes lig med det dækningsbidrag, der kunne være opnået, hvis der på det beslaglagte areal dyrkedes en handelsafgrøde, f.eks. korn, i stedet for grovfoder.

Væsentlige ændringer i afgrødevalget, som f.eks. inddragelse af en ny grovfoderafgrøde, vil hyppigt medføre ændringer i de faste produktionsfaktorer, f.eks. maskinparken. De enkelte grovfoderafgrøders forskellige krav til maskiner (i forhold til de nuværende på den aktuelle bedrift) kan der tages hensyn til i den økonomiske vurdering ved at belaste de betragtede afgrøder med maskinstationsomkostninger til det arbejde, der kræver anvendelse af specialmaskiner (f.eks. majshøstning, roesåning og roeoptagning).

I tabel 16.5 er efter Christensen (1983) vist den interne produktionspris pr. foderenhed i sædskiftegræs, roer, byghelsæd + efterafgrøde og majs til ensilering. Maskinstation er inddraget til den del af arbejdet, der kræver anvendelse af specialmaskiner. De interne produktionspriser nederst i tabellen kan derfor sammenlignes umiddelbart inden for hvert niveau af ofret dækningsbidrag og ved varierende udbytte af de enkelte afgrøder.

Tabel 16.5 Interne produktionspriser, 1982 prisniveau
(Christensen 1983)

Ford. råprotein, gram/FE	Roer + topensilage 65			Græsensilage 3–4 slæt 165			Helsædsensilage + efterafgrøde 90			Majsensilage 70		
	øre pr. netto FE											
Nettoudbytte FE pr. ha	Variable dyrkningsomkostninger + mistet dækningsbidrag ved bygdyrkning[1])											
	a	b	c	a	b	c	a	b	c	a	b	c
4000	–	–	–	184	219	254	166	201	236	177	212	247
5000	–	–	–	147	175	203	133	161	189	142	170	198
6000	139	167	191	123	146	169	111	134	157	118	141	165
7000	120	144	164	105	125	145	95	115	135	101	121	141
8000	105	126	143	92	110	127	–	100	118	88	106	123
9000	93	112	127	82	97	113	–	–	105	79	94	110
10000	84	101	115	–	–	–	–	–	–	–	–	–
11000	76	92	104	–	–	–	–	–	–	–	–	–
12000	70	84	96	–	–	–	–	–	–	–	–	–
	Meromkostninger til maskiner og arbejde i forhold til bygdyrkning											
	30			28			15			17		
	Omkostninger til lagre, plansilo											
	8			25			25			25		
	Produktionsomkostninger i alt[2])											
4000	–	–	–	237	272	307	206	241	276	219	252	289
5000	–	–	–	200	228	256	173	201	229	184	212	240
6000	177	205	229	176	199	222	151	174	197	160	183	207
7000	158	182	202	158	178	198	135	155	175	143	163	183
8000	143	164	181	145	163	180	–	140	158	130	148	165
9000	131	150	165	135	150	166	–	–	145	121	136	152
10000	122	139	153	–	–	–	–	–	–	–	–	–
11000	114	130	142	–	–	–	–	–	–	–	–	–
12000	108	122	134	–	–	–	–	–	–	–	–	–

[1]) Ved værdi af areal til bygdyrkning:
a. 35 hkg kerne pr. ha, 3300 kr. i dækningsbidrag.
b. 45 hkg kerne pr. ha, 4700 kr. i dækningsbidrag.
c. 55 hkg kerne pr. ha, 6100 kr. i dækningsbidrag.

[2]) Der er ikke indregnet forskelle i proteinindhold.

16.5.2 Hjemmeavlede grovfoderafgrøders indbyrdes økonomiske konkurrenceevne

Roer, helsæd og majs indeholder mindre protein pr. FE end græs. Hvor der alene efterspørges proteinfattigt grovfoder, kan det ekstra protein i græs dog ikke tillægges nogen værdi. Det fremgår af tabel 16.5, at når det ofrede dækningsbidrag er lille (hyppigst dårlig korn- og roejord), er roer ved et udbytte på 10.000 FE pr. ha billigere end alle de øvrige afgrøder med lavt og middel udbytte. Ved lavt udbytte i roer – der hyppigt følges med lavt og middel udbytte i helsæd og majs – er græs med højt udbytte samt helsæd og majs med middel udbytte billigere end roer. Når det ofrede dækningsbidrag er stort (hyppig god korn- og roejord), styrkes roemarkens konkurrenceevne, og den er ved højt udbytte billigere end alle andre afgrøder.

Efterspørges derimod proteinrigt grovfoder, må de interne priser inden sammenligning korrigeres med prisen på det suppleringsprotein, der skal anvendes for at opnå samme proteinniveau, f.eks. 165 g pr. FE.

Af tabel 16.5 ses, at ved lille ofret dækningsbidrag og efterspørgsel efter proteinrigt grovfoder, vil græs i de fleste tilfælde være billigere end de øvrige grovfoderafgrøder. Ved stort ofret dækningsbidrag svækkes derimod græssets konkurrenceevne. Det ses således, at selv med høj pris på suppleringsprotein er roer konkurrencedygtige over for græs, hvis roeudbyttet er mindst dobbelt så stort som græsudbyttet. Helsæden er ligeledes ved højt udbytte og middel udbytte i efterafgrøde konkurrencedygtig over for græs.

De enkelte grovfoderafgrøders indbyrdes økonomiske konkurrenceevne er således meget afhængig af det for bedriften eller den enkelte mark gældende udbytteniveau og det ofrede dækningsbidrag. Derfor er det afgørende, at tilpasningen af den enkelte bedrifts grovfoderareal sker på grundlag af de i bedriften gældende forudsætninger (Hermansen 1979 og Hermansen 1980).

I de fleste bedrifter, hvor der efterspørges såvel proteinfattigt som proteinrigt hjemmeavlet grovfoder, vil det være økonomisk fordelagtigt med begge slags afgrøder (f.eks. roer og græs). Herved opnås også øget stabilitet i det totale udbytte af hjemmeavlet grovfoder fra år til år på grund af afgrødernes forskellige reaktion på vækstvilkårene.

16.6 Sammendrag og konklusion

1. Foderplanlægningen på kort sigt indledes med at opstille et foderbudget på grundlag af beholdningen af hjemmeavlet foder og mulighederne for indkøb af supplerende og billigt foder (f.eks. biprodukter). Antallet af køer i forskellige laktationsafsnit opgøres og planlægningsperioden fastlægges sådan, at der i perioden kan gennemføres en ensartet fodring. Ved mangel på

velegnet grovfoder prioriteres de til rådighed værende mængder højest til malkekøer i første del af laktationen og dernæst til malkekøer sidst i laktationen, opdræt og goldkøer. Behovet for indkøb af foder opgøres ud fra en foreløbig afstemning af energi, protein, fedt og fylde i rationen til et standardindhold, som er nær det optimale ved givne forudsætninger vedrørende race, besætningens ydelseskapacitet og ad libitum-foderets fordøjelighed (tabel 16.1). Der er vist eksempler på foderrationer ved typisk forskellige grovfoderforsyninger (tabel 16.2).

2. Prisen på hjemmeavlet grovfoder fastsættes som den *alternative værdi,* dvs. værdien i bedste anden anvendelse (opdræt, oplagring, salg).
3. Beregning af prisen på en *marginalfoderenhed,* dvs. den foderenhed som netto optages, når der ved regulering af energiniveauet med tilskudsfoder sker ændring i optagelsen af ad libitum-foderet, er vist ved formel. Marginalfoderenhedsprisen afhænger af tilskuds- og ad libitum-foderets fylde og pris (tabel 16.3).
4. Priserne på næringsfaktorer (energi, protein og fedt) defineres som omkostningen ved at ændre én faktor med 1 enhed, mens de øvrige faktorer holdes konstante og eventuelle bibetingelser opfyldes. Beregningerne må baseres på omkostningerne ved de fornødne ombytninger mellem fodermidler.
5. Produktpriserne omfatter mælk og kød og disse indgår typisk i optimeringen for 3–6 måneders perioder. Over en 5-årig periode er det fundet, at prisforholdet mellem kød (slagtekøer) og mælk er 5:1. En skelnen mellem værdien af tilvæksten for henholdsvis køer, som forbliver i besætningen og køer, som skal slagtes, er dog ikke nødvendigt under de normalt forekommende forhold.
6. Fodermidlernes pris på det lange sigt fastlægges ud fra den interne produktionspris. Den interne produktionspris for den enkelte afgrøde omfatter dels de variable dyrkningsomkostninger og dels den værdi, som de faste produktionsfaktorer har i bedste anden anvendelse (tabel 16.5).

16.7 Litteratur

Christensen, J. 1983. Økonomivurdering af grovfoderforsyning og arealanvendelse. Stencil. København, 8 pp.

Hermansen, J. E. 1979. Grovfoderproduktionen. Helårsforsøg med kvæg XIX. 485. beretn., Statens Husdyrbrugsforsøg, København, 92–100.

Hermansen, J. E. 1980. Grovfoderproduktion, herunder ensilering eller høbjærgning. Helårsforsøg med kvæg XX. 502. beretn., Statens Husdyrbrugsforsøg, København, 20–40.

Hindhede, J. 1978. Malkekvægets produktion og økonomi. Helårsforsøg med kvæg XVIII. 474. beretn., Statens Husdyrbrugsforsøg, København, 48–103.

Hindhede, J. 1980. Malkekvægets produktion og økonomi. Helårsforsøg med kvæg XX. 502. beretn., Statens Husdyrbrugsforsøg, København, 41–91.

Håndbog for driftsplanlægning 1982–83. Red. Landboorganisationernes Fællesudvalg. Det faglige Landscenter, Viby. Landbrugets Informationskontor, 152 pp.

Pedersen, H. O. & Østergaard, V. 1981. Lufttætte siloers kapacitet af græs- og byghelsædsensilage. 378. medd., Statens Husdyrbrugsforsøg, København.

Østergaard, V. 1969. Tabeller over priser på suppleringsprotein i kraftfoder. 10. medd. (gl. serie), Statens Husdyrbrugsforsøg, København, 43 pp.

Østergaard, V. 1971. Helårsforsøg med kvæg XI. 389. beretn., Statens Husdyrbrugsforsøg, København, 13–26.

Østergaard, V. 1979. Strategies for concentrate feeding to attain optimum feeding level in high yielding dairy cows. 482. beretn., Statens Husdyrbrugsforsøg, København, 143 pp.

Østergaard, V. & Neimann-Sørensen, A. 1976. Optimal fodringsintensitet i mælkeproduktionen III. Foderplaneksempler med forenklet fodringsprincip i forskellige produktionssystemer. 138. medd., Statens Husdyrbrugsforsøg, København.

17. Alternative fremgangsmåder ved optimering af foderrationer

Iver Thysen

Side

17.1 **Indledning** 17.1

17.2 **Produktionsmodel** 17.2
17.2.1 Foderoptagelsesfunktioner 17.3
17.2.2 Produktionsfunktioner 17.4

17.3 **Optimeringsmetoder** 17.7
17.3.1 Marginalbetragtninger 17.8
17.3.2 Lineær programmering 17.12
17.3.3 Kvadratisk optimering 17.14

17.4 **Optimering af foderrationer i praksis** 17.17
17.4.1 Optimering af indsatsen af A-blanding 17.17
17.4.2 Optimering af indsats og type af tilskudsfoder 17.20
17.4.3 Optimering af protein og fedt ved normfodring med energi 17.24

17.5 **Sammendrag og konklusion** 17.26

17.6 **Litteratur** 17.27

17.1 Indledning

Den optimale foderration skal her defineres som den ration, der giver det største økonomiske udbytte af mælkeproduktionen, når dette beregnes som forskellen mellem indtægten ved salg af mælk og kød (tilvækst) og omkostningerne ved produktion og køb af foder. Den optimale ration kan bestemmes ved hjælp af den biologiske sammenhæng mellem indholdet af næringsstoffer i det foder koen optager, og den produktion, koen kan præstere på grundlag heraf, når denne sammenhæng er formuleret matematisk i en produktionsmodel.

Optimering af foderrationer til malkekøer indeholder 2 delopgaver: 1) tilpasning af rationens indhold af næringsstoffer til priserne på fodermidler og pro-

dukter (mælk og tilvækst) og 2) udvælgelse af de fodermidler som giver de laveste omkostninger til en given ration. Idet foderomkostningerne først kendes når 2) er løst og det optimale indhold af næringsstoffer i rationen først kendes når 1) er løst ses, at de 2 delopgaver ikke kan betragtes uafhængigt af hinanden.

Udviklingen af EDB-baserede procedurer for optimering af foderrationer er reviewet af Black & Hlubik (1980). Udviklingen har især været baseret på anvendelse af lineær programmering. I de fleste tilfælde har procedurerne dog kun omfattet delopgave 2), minimering af foderomkostningerne, idet de har været anvendt sammen med norm-fodring, hvor rationens indhold af næringsstoffer beregnes ud fra den forventede produktion. Johansson (1980) har anvist en metode til økonomisk optimering af normen for energi i forhold til mælkeydelse, men tager forbehold overfor datagrundlaget for beregningerne. Jensen (1961) og Østergaard (1979) har vist at resultaterne af forsøg med forskellige energinormer er stærkt afhængige af bl.a. laktationsstadium, ydelsesniveau og reguleringshyppighed, og Østergaard (1979) konkluderer, at optimering af foderrationer til malkekøer må baseres på fodring uafhængigt af den aktuelle ydelse (strategifodring).

Dean et al. (1969) har udviklet en metode baseret på lineær programmering, hvor der udover minimering af foderomkostningerne også foretages en optimering af indsatsen af energi ved et fodringsprincip i lighed med strategifodring. Udvidelsen af denne metode til at omfatte flere næringsstoffer kræver imidlertid, at der ikke er vekselvirkning mellem disse næringsstoffer (Black & Hlubik 1980).

I Danmark er der publiceret formler baseret på marginalbetragtning for optimering af protein (Andersen et al. 1973, Krohn & Andersen 1978, Danfær et al. 1980), A-blanding (Østergaard 1979) og foderfedt (Østergaard et al. 1981). Hindhede (1978) har vist en metode til successiv optimering af energi, protein og fedt, som også omfattede udvælgelse af de billigste fodermidler til supplering af foderrationen med energi, protein og fedt.

I dette kapitel opbygges en produktionsmodel på grundlag af de kvantitative data givet i kap. 7, 13, 14 og 15. Det teoretiske grundlag for optimering af foderrationer gennemgås, og der vises alternative metoder til optimering i praksis.

17.2 Produktionsmodel

En produktionsmodel er en matematisk formulering af, hvordan produktionens størrelse og sammensætning afhænger af produktionsfaktorerne. Produktionsmodellens udformning afhænger af formålet. Til forskningsmæssig

anvendelse vil den blive søgt udformet, sådan at alle faktorer af nogen betydning bliver inddraget, og sådan at den matematiske formulering afspejler de virkelige processer bedst muligt. Til optimering af produktionen i praksis søges antallet af faktorer derimod indskrænket til de mest betydende og den matematiske formulering forenklet og så vidt muligt tilpasset optimeringsmetoderne. Det er da vigtigt at specificere det område, hvori modellen har gyldighed.

Til optimering af foderrationer inddrages her funktioner for foderoptagelsen afhængig af foderets fylde og produktionsfunktioner for mælkeydelse og tilvækst afhængig af indsatsen af energi, protein og fedt. Modellen omfatter forskellige laktationsafsnit og kan tilpasses forskellige kostørrelser, racer og ydelsesniveau i besætningen.

17.2.1 Foderoptagelsesfunktioner

Ved ad libitum fodring med et eller flere fodermidler skal der ved modellen kunne beregnes den forventede foderoptagelse og ved restriktiv udfodring af alle fodermidler skal det sikres, at rationen ikke overstiger det, koen kan optage.

I kap. 7 blev beskrevet en foderoptagelsesfunktion som er baseret på en maksimal fylde som udtryk for hvor meget en ko kan æde og en fyldefaktor, som udtryk for det enkelte fodermiddels egenskaber vedrørende foderoptagelse:

$$\sum_{i=1}^{n} FE_i \times FF_i = K$$

hvor FE_i = foderenheder af det i'te fodermiddel
FF_i = fyldefaktor for det i'te fodermiddel pr. FE
og K = en konstant for den maksimale fylde af den samlede ration, som kan ædes.

Denne funktion udtrykker en sammenhæng mellem mængderne af de enkelte fodermidler, som skal være opfyldt, for at disse mængder kan optages. Afhængig af hvilket formål, funktionen anvendes til, kan den omdannes, f.eks. sådan at den udtrykker optagelsen af ét fodermiddel, der tildeles ad libitum, som funktion af et andet fodermiddel, typisk tilskudsfoder, medens mængderne af de øvrige fodermidler er givne. I de følgende afsnit vises eksempler på brug af funktionen til specifikke formål.

Foderoptagelsesfunktionen er velegnet til EDB-baserede optimeringsprocedurer, som for eksempel lineær programmering.

Konstanten K afhænger af koens størrelse, laktationsstadium og -nummer (jævnfør kap. 7).

17.2.2 Produktionsfunktioner

En produktionsfunktion kan generelt skrives

$$y = f(x_1, x_2, \ldots . x_n)$$

som udtrykker, hvordan produktet y afhænger af produktionsfaktorerne $x_1 - x_n$ ved den matematiske funktion f.

Ved optimering af foderrationen inddrages produkterne mælkeydelse og tilvækst, idet det forudsættes, at rationen er holdt indenfor et område, hvor andre betydende »produkter« som f.eks. sundhed og frugtbarhed ikke påvirkes.

Som faktorer i produktionsfunktionerne for mælkeydelse og tilvækst er på baggrund af de seneste års undersøgelser valgt rationens indhold af energi, protein og fedt (jvf. kap. 13–15). Disse *næringsfaktorer* ved rationen er igen funktioner af mængden og den kemiske sammensætning af de fodermidler, som indgår i rationen. Det forudsættes derved, at virkningen af næringsfaktorerne er uafhængig af hvilke fodermidler der anvendes, hvilket kun vil være tilfældet inden for visse grænser (jævnfør kap. 18).

I kap. 13, 14 og 15 er givet funktioner for mælkeydelsens afhængighed af energi, protein og fedt enkeltvis samt af samspillet mellem energi og protein. Disse funktioner kan anvendes i den givne form til optimering af næringsfaktorerne enkeltvis, for eksempel til optimering af indsatsen af en konstant mængde A-blanding i den første del af laktationen, eller til optimering af protein og fedt ved normfodring med energi. For at kunne foretage en samtidig optimering af energi, protein og fedt er det imidlertid nødvendigt at arbejde de givne funktioner sammen til én fællesfunktion.

Det er valgt at udtrykke de fælles produktionsfunktioner som anden grads polynomier af rationens totale indhold af FE, fordøjeligt råprotein og korrigeret råfedt. Dette valg er truffet for at forenkle optimeringsproceduren, idet der ved differentiering af et anden grads polynomium fås lineær funktioner for marginaludbyttet ved ekstra indsats af næringsfaktorerne (jævnfør 17.3). Funktionerne for protein (Krohn & Andersen 1978) og fedt (Østergaard et al. 1981) er baseret på henholdsvis fordøjeligt råprotein pr. produktionsfoderenhed og korrigeret råfedt pr. kg tørstof, men det kan vises at disse funktioner kan omregnes til at gælde de totale mængder, således at der opnås tilnærmelsesvis samme resultater når der ikke er ekstremt unormale prisforhold.

Den matematiske fremgangsmåde ved udledningen af produktionsfunktionerne er vist af Thysen (1983). Her skal blot nævnes, at der er taget hensyn til at energifunktionerne (kap. 13) er fastlagt i forsøg, hvor indsatsen af energi er varieret ved at variere indsatsen af A-blanding. Det vil sige, at indsatsen af protein og fedt er varieret samtidig med indsatsen af energi. I fællesfunktionerne er det nødvendigt at kunne isolere virkningen af energi, hvilket er gjort ved at

virkningen af det protein og den fedt, som var indeholdt i A-blandingen i energiforsøgene, er trukket fra den samlede virkning af A-blandingen. I disse beregninger er inddraget vekselvirkning mellem protein og fedt. Det viste sig imidlertid, at der ikke var tilstrækkelig overensstemmelse mellem de 2 energiforsøg (Østergaard 1979 og Kristensen 1983) og energiprotein-vekselvirkningen fastlagt af Krohn og Andersen (1978) til at udlede én fælles produktionsfunktion. Denne forskel kan eventuelt henføres til, at der – udover A-blanding – i forsøget af Østergaard (1979) indgik et grundfoder med bl.a. roer sammen med græsensilage ad libitum, mens der i forsøget af Kristensen (1983) kun indgik græsensilage ad libitum. Der er derfor udledt to produktionsfunktioner, som kan antages at gælde under forhold svarende til forsøgsbetingelserne.

Funktionerne for tilvækst er udledt fra formlerne givet i kap. 13, idet disse er omregnet til et anden grads polynomium (Thysen 1983).

I tabel 17.1 er vist produktionsfunktionernes matematiske formulering og parameterværdier for perioderne 1–12 og 1–24 uger efter kælvning. I figur 17.1

Tabel 17.1 Produktionsfunktioner for mælk og tilvækst afhængig af energi, protein og fedt

Matematisk udformning

$$y_1, y_2 = b_0 + b_1x_1 + b_{11}x_1^2 + b_2x_2 + b_{22}x_2^2 + b_3x_3 + b_{33}x_3^2 + b_{12}x_1x_2 + b_{13}x_1x_3 + b_{23}x_2x_3$$

$14 \leq x_1 \leq 17$
$1400 \leq x_2 \leq 2600$
$400 \leq x_3 \leq 1000$

hvor y_1 = kg 4% mælk og y_2 = kg tilvækst
x_1 = FE, x_2 = kg ford. råprotein og x_3 = kg korr. råfedt

Parameterværdier

Race: RDM/SDM Kovægt: 550 kg
Ad libitum-foderets fordøjelighed: ca. 72%
Besætningens ydelseskapacitet: ca. 6.500 kg 4% mælk pr. årsko

Rationstype:	Roer/græsensilage				Græsensilage			
Uger efter kælvning:	1–12		1–24		1–12		1–24	
	y_1	y_2	y_1	y_2	y_1	y_2	y_1	y_2
b_0	–23,66	1,303	–27,94	1,731	– 6,26	–0,437	– 9,24	–0,139
b_1	4,33	–0,112	4,34	–0,113	1,58	0,163	1,69	0,152
b_{11}	– 0,199	0,0140	– 0,165	0,0106	– 0,0958	0,00370	– 0,0686	$9{,}78\times10^{-5}$
b_2	11,2	–1,12	11,8	–1,18	11,2	–1,12	11,8	–1,18
b_{22}	– 3,77	0,377	– 3,69	0,369	– 3,77	0,377	– 3,69	0,369
b_3	9,09	–0,809	6,85	–0,685	8,09	–0,809	6,85	–0,685
b_{33}	–10,9	1,09	– 9,14	0,914	–10,9	1,09	– 9,14	0,914
b_{12}	0,420	–0,0420	0,254	–0,0254	0,420	–0,0420	0,254	–0,0254
b_{13}	0,746	–0,0746	0,571	–0,0571	0,746	–0,0746	0,571	–0,0571
b_{23}	0	0	0	0	0	0	0	0

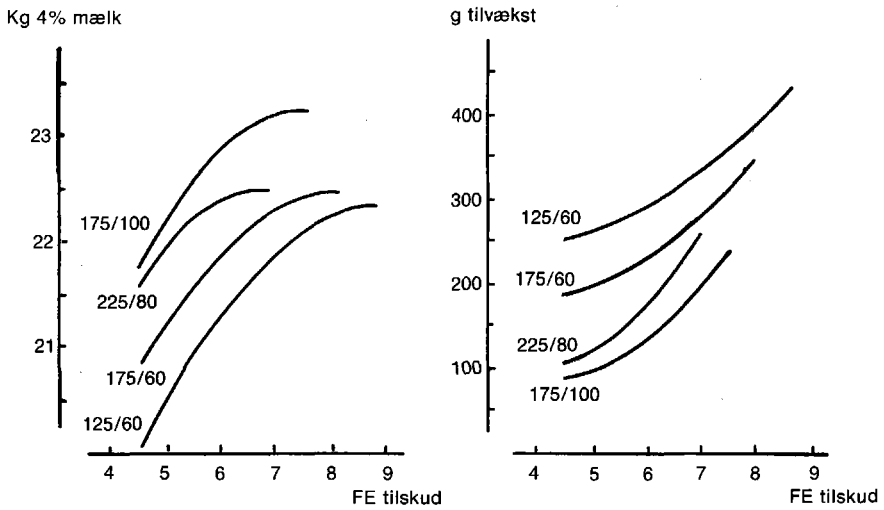


Fig. 17.1 Mælkeydelse og tilvækst pr. ko daglig ved stigende indsats af tilskudsfoder af forskellig type (g ford. råprotein pr. FE/g råfedt pr. FE). Roer/græsensilage (3,5 FE/ad libitum) i 1–24 uger efter kælvning (jævnfør tabel 17.1).

er vist eksempler på den forventede mælkeydelse og tilvækst ifølge funktionen ved stigende indsats af forskellige typer tilskudsfoder.

Korrektion for race, ydelseskapacitet og ad libitum-foderets fordøjelighed: Produktionsfunktionen er fastlagt for tunge racer (gns. vægt 550 kg), besætninger af middel ydelseskapacitet (6.500 kg 4% mælk pr. årsko) og græsensilage af middel foderværdi (72% fordøjelighed). Ved andre forudsætninger antages det, at sammenhængen mellem foderindsats og produktion kan repræsenteres ved en parallelforskydning af den oprindelige produktionsfunktion. I tabel 16.1 (kap. 16) er der vist standardrationer til foreløbig afbalancering af rationens indhold af energi, protein, fedt og fylde under forskellige forudsætninger, idet der på grundlag af resultater omtalt i tidligere kapitler er antaget, at der ved disse rationer er ens marginaludbytter. Forskellen mellem standardrationerne angiver derfor størrelse og retning af parallelforskydningerne. Hvis korrektionen i forhold til den oprindelige funktion er c_1 FE, c_2 kg ford. råprotein og c_3 kg korr. råfedt, og forskellen i produktionsniveau er c_y, kan parametrene til den korrigerede funktion beregnes på følgende måde, idet symbolerne til venstre for lighedstegnet betegner de korrigerede parameterværdier og symbolerne til højre for lighedstegnet de oprindelige parameterværdier (tabel 17.1):

$$b_0 = b_0 + c_y - b_1c_1 + b_{11}\,c_1^2 - b_2c_2 + b_{22}\,c_2^2 - b_3\,c_3 + b_{33}\,c_3^2 + b_{12}\,c_1\,c_2 + b_{13}\,c_1\,c_3 + b_{23}\,c_2\,c_3$$

$$b_1 = b_1 - 2b_{11}\,c_1 - b_{12}\,c_2 - b_{13}\,c_3$$

$$b_{11} = b_{11}$$

$$b_2 = b_2 - 2b_{22}\,c_2 - b_{12}\,c_1 - b_{23}\,c_3$$

$$b_{22} = b_{22}$$

$$b_3 = b_3 - 2b_{33}\,c_3 - b_{13}\,c_1 - b_{23}\,c_2$$

$$b_{12} = b_{12}$$

$$b_{13} = b_{13}$$

$$b_{23} = b_{23}$$

Gyldighedsområde: Funktionerne for foderoptagelse og produktion er fastlagt i forsøg, hvor kun én faktor – bortset fra ét forsøg med to faktorer – er varieret, og hvori der er anvendt nogle bestemte fodermidler. Ud fra disse forsøg er der konstrueret funktioner, hvorved produktionen kan forudsiges ved alle mulige kombinationer af de 3 faktorer, rationens indhold af energi, protein og fedt, uanset hvilke fodermidler der anvendes for at opnå den givne kombination.

Denne udvidelse af gyldighedsområdet er nødvendig, for at produktionsmodellen kan få generel anvendelse, men det er dog også nødvendigt at begrænse gyldighedsområdet, sådan at det er realistisk at tro på, at produktionsmodellen kan give tilstrækkeligt nøjagtige forudsigelser af produktionen i praksis. Gyldighedsområderne for faktorerne i de to sæt funktioner for henholdsvis stort græsmarksfoder og den alsidige ration er vist i tabel 17.1.

Det er desuden nødvendigt at lægge begrænsninger på andre egenskaber ved rationen, for eksempel indholdet af stivelse, sukker, fordøjelige cellevægsstoffer og struktur (jævnfør kap. 18, afsnit 5).

17.3 Optimeringsmetoder

Ved optimeringen skal beregnes den foderration, som giver det største økonomiske udbytte af mælkeproduktionen. Grundlaget for optimeringen er

- funktioner for køers optagelse af foder og produktion af mælk og kød afhængig af rationens indhold af næringsfaktorer
- de til rådighed værende fodermidlers indhold af næringsfaktorer
- fodermiddel- og produktpriser.

Et givet indhold af næringsfaktorer i rationen opnås ved at sammensætte rationen af fodermidler med forskelligt indhold af næringsfaktorer i passende indbyrdes forhold. Da der normalt er et stort udvalg af fodermidler, kan dette

gøres på mange måder, og det er derfor en af opgaverne i optimeringen at finde den billigste sammensætning.

Produktionsfunktionerne for mælk og tilvækst viser et aftagende merudbytte ved en stigende indsats af næringsfaktorerne. Den optimale indsats findes, hvor omkostningen ved at indsætte en ekstra enhed af en næringsfaktor er lig med det herved opnåede økonomiske merudbytte, idet en indsats ud over dette punkt vil give stadig mindre merudbytte og dermed faldende totalt overskud. Det er derfor også en opgave i optimeringen at finde det punkt, hvor indsatsen af næringsfaktorer er optimal.

Ved løsningen af den første opgave må rationens indhold af næringsfaktorer være kendt og ved løsningen af den anden opgave må det være kendt, hvilke fodermidler der indgår i foderrationen, idet disse er bestemmende for omkostningen ved at ændre på indsatsen af næringsfaktorerne. Det følger heraf, at den ideelle optimeringsmetode må indeholde løsning af begge opgaver samtidig.

Der er udviklet metoder til optimering af foderrationer ved anvendelse af principper fra den neoklassiske produktionsteori, der er baseret på marginalbetragtningen, såvel som den lineære produktionsmodel, der er baseret på lineære sammenhænge. Med hensyn til den generelle teori henvises til f.eks. Nielsen & Stryg (1975), medens anvendelsen til optimering af foderrationer diskuteres i det følgende.

17.3.1 Optimering ved marginalbetragtning

Ved en produktionsfunktion med et aftagende merudbytte ved stigende faktorindsats er faktorindsatsen optimal, når marginalindtægten (merudbytte × produktpris) er lig med marginalomkostningen (merindsats × faktorpris). Det vil sige ved den indsats hvor det koster lige så meget at øge indsatsen som det opnåede merudbytte er værd.

Matematisk kan dette udtrykkes ved

$$\frac{dy}{dx} \cdot P_y = P_x$$

hvor $\frac{dy}{dx}$ er marginalfunktionen, som findes ved differentiering af produktionsfunktionen, og Py og Px er henholdsvis produkt- og faktorpris.

Hvis produktionsfunktionen er et anden grads polynomium

$$y = b_0 + b_1 x + b_{11} x^2$$

er marginalfunktionen

$$\frac{dy}{dx} = b_1 + 2\, b_{11}\, x,$$

hvilket er formlen for en ret linie. Det vil sige, at

$$(b_1 + 2b_{11}x)\, Py = Px$$

og den optimale indsats bliver derfor

$$x = -\frac{b_1}{2b_{11}} + \frac{1}{2b_{11}} \times \frac{Px}{Py}.$$

Når der skal tages hensyn til to produkter (for eksempel mælk og tilvækst) bliver optimumbetingelsen:

$$\frac{dy_1\, P_{y1} + dy_2\, P_{y2}}{dx} = P_x$$

Ved at sætte

$$y = y_1 + \frac{P_{y2}}{P_{y1}}\, y_2$$

fås et kombineret produkt, hvis optimumsbetingelse er

$$\frac{dy}{dx}\, P_{y1} = Px.$$

Når funktionerne for y_1 og y_2 begge er anden grads polynomier, er også funktionen for det kombinerede produkt et andet grads polynomium, idet de enkelte parametre kan beregnes ved sammenvejning med prisforholdet på samme måde som produkterne.

Formlerne viser, at der ved anden gradsfunktioner fås meget enkle beregninger af den optimale indsats. Metoden er derfor hyppigt anvendt, for eksempel af Andersen et al. (1973) og Østergaard (1979). I figur 17.2 er optimeringsmetoden vist grafisk.

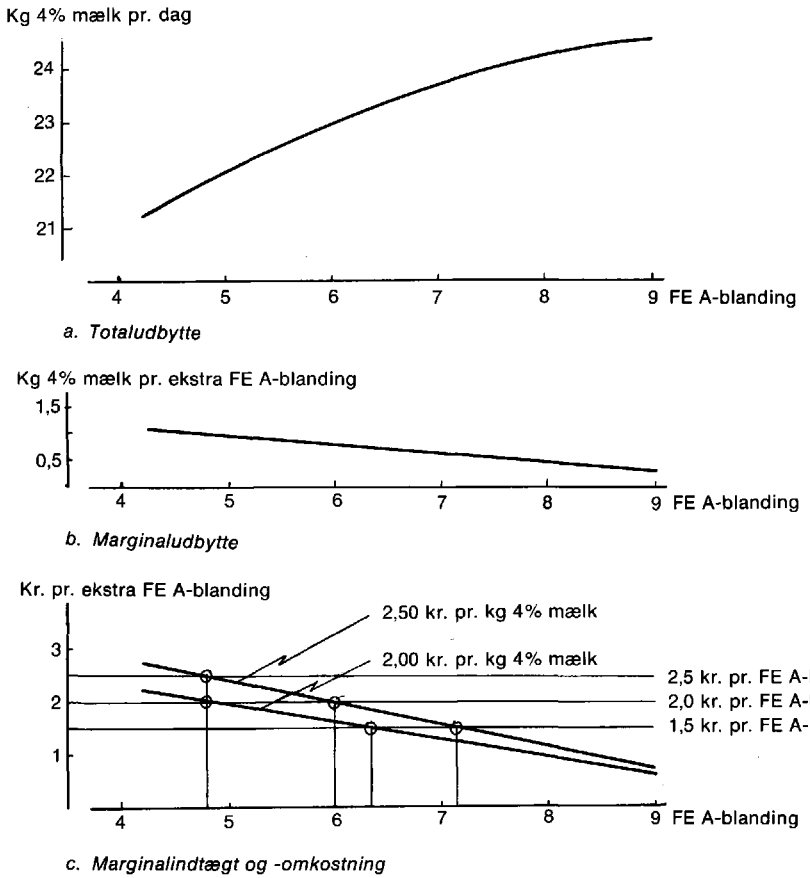


Fig. 17.2 Optimering af indsatsen af FE A-blanding ved marginalbetragtning. Mælkeydelse og tilvækst kombineret ved prisforholdet 5:1. Roer/ensilage i perioden 1–24 uger efter kælvning (jævnfør tabel 17.5).

Marginalbetragtning kan også anvendes, når der indgår flere faktorer i produktionsfunktionen, for eksempel anden grads polynomier med 3 faktorer samt vekselvirkningen imellem disse:

$$y = b_0 + b_1x_1 + b_{11}x_1^2 + b_2x_2 + b_{22}x_2^2 + b_3x_3 + b_{33}x_3^2 + b_{12}x_1x_2 + b_{13}x_1x_3 + b_{23}x_2x_3$$

Heraf afledes 3 partielle marginalfunktioner, som beskriver ændringerne i produktet ved ændring af en af de 3 faktorer:

$$\frac{dy}{dx_1} = b_1 + 2\,b_{11}x_1 + b_{12}x_2 + b_{13}x_3$$

$$\frac{dy}{dx_2} = b_2 + 2\,b_{22}x_2 + b_{12}x_1 + b_{23}x_3$$

$$\frac{dy}{dx_3} = b_3 + 2\,b_{33}x_3 + b_{13}x_1 + b_{23}x_2$$

For at indsatserne af alle faktorer samtidig er optimale, skal der være ligevægt mellem marginalindtægt og marginalomkostning for alle 3 faktorer. Dette giver 3 ligninger med 3 ubekendte, hvis løsning giver de optimale mængder:

$$(b_1 + 2\,b_{11}x_1 + b_{12}x_2 + b_{13}x_3)\,P_y = P_{x1}$$

$$(b_2 + 2\,b_{22}x_2 + b_{12}x_1 + b_{23}x_3)\,P_y = P_{x2}$$

$$(b_3 + 2\,b_{33}x_3 + b_{13}x_1 + b_{23}x_2)\,P_y = P_{x3}$$

For et givet sæt parameterværdier (b) kan løsningen udtrykkes i ligninger som kun indeholder priserne samt et sæt konstanter (c):

$$x_1 = c_1 + c_{1i}\frac{P_{x1}}{P_y} + c_{2i}\frac{P_{x2}}{P_y} + c_{3i}\frac{P_{x3}}{P_y}$$

hvor i = 1, 2 og 3 for optimal indsats af henholdsvis FE, protein og fedt. I tabel 17.2 er konstanterne for produktionsfunktionerne i tabel 17.1 ved prisforholdet tilvækst : mælk = 5:1 opført.

Det fremgår af ligningerne, at hvis der ikke er vekselvirkning mellem faktorerne, d.v.s. at $b_{12} = b_{13} = b_{23} = 0$, så kan ligningerne løses hver for sig, hvorved faktorerne kan optimeres uafhængigt af hinanden. Produktionsfunktionen siges da at være *separabel* i uafhængige delfunktioner.

Faktorpriserne er næringsfaktorernes marginalpriser, det vil sige omkostningen ved at øge indsatsen af en faktor med en enhed, mens indsatsen af de øvrige faktorer holdes konstante og eventuelle bibetingelser (f.eks. vedr. foderoptagelse) opfyldes (jævnfør kap. 16). Beregningen af marginalpriser er imidlertid forbundet med et stort regnearbejde og problemer med at udvælge passende fodermidler, og det kan derfor konkluderes, at optimering af foderra-

Tabel 17.2 Ligninger for optimal indsats af energi, protein og fedt afhængig af faktor- og produktpriser. Prisforhold tilvækst : mælk = 5 : 1

Generel ligning

$$\text{Optimal } x_i = c_i + c_{1i}\frac{Px_1}{Py} + c_{2i}\frac{Px_2}{Py} + c_{3i}\frac{Px_2}{Py}$$

Konstanter

	1–12 uger efter kælvning				1–24 uger efter kælvning			
	c_1	c_{11}	c_{21}	c_{31}	c_1	c_{11}	c_{21}	c_{31}
Roer/græsensilage								
FE (x_1)	18,08	–4,285	–0,239	–0,147	19,39	–4,750	–0,163	–0,148
kg ford. råprotein (x_2)	2,492	–0,239	–0,279	–0,008	2,266	–0,163	–0,277	–0,005
kg korr. råfedt (x_3)	0,990	–0,147	–0,008	–0,097	0,981	–0,148	–0,005	–0,114
Græsensilage								
FE (x_1)	21,85	–7,683	–0,428	–0,263	24,17	–8,762	–0,302	–0,274
kg ford. råprotein (x_2)	– 2,702	–0,428	–0,289	–0,015	2,431	–0,302	–0,281	–0,009
kg korr. råfedt (x_3)	– 1,119	–0,263	–0,015	–0,101	1,130	–0,274	–0,009	–0,118

tioner for indsatsen af flere faktorer samtidigt og med hensyntagen til foderoptagelse er så kompliceret, at det vanskeligt lader sig gennemføre med mindre proceduren er programmeret på en computer. Anvendelse af marginalbetragtninger ved den praktiske foderplanlægning indskrænkes derfor til de tilfælde, hvor der kun er inddraget een faktor sammen med foderoptagelsen. Et eksempel herpå er givet i afsnit 17.4.1.

17.3.2 Lineær programmering

Anvendelsen af lineær programmering til optimering af foderrationer er indgående diskuteret af Black & Hlubik (1980). Lineær programmering har fundet udbredt anvendelse til de såkaldte »least cost« problemer, hvor formålet er at minimere omkostningerne til en foderration med et givet indhold af næringsstoffer og givne egenskaber iøvrigt. Et eksempel herpå er vist i tabel 17.3, hvor der er stillet krav om minimumsindhold af energi, protein og fedt, opfyldelse af foderoptagelsesfunktionen, minimumskrav til rationens strukturindhold udtrykt ved tyggetid (jævnfør kap. 3) samt maksimumsbegrænsning på anvendelsen af roeprodukter (Østergaard et al. 1977). Ved den optimale løsning

Tabel 17.3 Minimering af foderomkostninger ved lineær programmering

	Ensilage	Roer	Melasse	Byg	Sojaskrå	Type 175-60	Type 225-80	Type 250-100			Ration ved optimal løsning	Skyggepriser (øre pr. enhed)
FE	1	1	1	1	1	1	1	1	≥	16	16	97,4
Protein (g)	150	35	37	75	330	175	225	250	≥	2000	2371	0
Fedt (g)	25	0	0	20	7	60	80	100	≥	700	700	0,8
Fylde	0,72	0,27	0,19	0,19	0.16	0,20	0,19	0,18	=	5,95	5,95	–46,5
Tyggetid (min.)	113	20	0	10	4	4	4	4	≥	480	683	0
Roeprod.	0	1	1,5	0	0	0	0	0	≤	6	5,3	0
Pris (øre pr. FE)	150	110	125	160	185	183	180	184	= Min!			
Optimal løsning (FE)	4,9	5,3						5,8				

anvendes 3 fodermidler til afbalancering af 6 faktorer (energi, protein, fedt, fylde, tyggetid og roeprodukter), idet det viste sig at protein, tyggetid og roeprodukter ikke er begrænsende med hensyn til at minimere omkostningerne i dette eksempel.

Lineær programmering kan anvendes til optimering af produktionsmodeller som kan udtrykkes ved lineære ligninger. EDB-baserede løsningsmetoder er meget effektive, og der kan derfor opstilles og løses meget komplicerede modeller, hvor der kan vælges mellem mange fodermidler. For eksempel har Johansson (1980) opstillet en LP-model, som omfatter køer på forskellige foderniveauer samt opdræt og fedekvæg i forskellige alderstrin samtidigt. Til løsning af optimeringsproblemet anvendes den såkaldte Simplex-algoritme, som findes i forskellige modifikationer (Nielsen & Stryg 1975). Beregningsarbejdet er allerede ved et problem af den i tabel 17.3 viste størrelse så omfattende, at der kræves anvendelse af computer, for at metoden kan blive relevant i praksis.

Det problem, som behandles her, er imidlertid at maksimere det økonomiske udbytte af mælkeproduktionen. Dean et al. (1969) og Bath & Bennett (1980) har vist en LP-model, hvor dette problem løses ved, at en kurvelineær produktionsfunktion bliver erstattet af lineære delstykker. Fremgangsmåden er beskrevet af Black & Hlubik (1980), som også viser, hvordan funktioner med flere faktorer kan indgå i en LP-model. Thysen (1976) har formuleret en LP-model, hvor der efter denne metode optimeres for energi og protein. Metoden forudsætter imidlertid, at produktionsfunktionen er separabel (Black & Hlubik 1980), og desuden må faktorerne udtrykkes ved de totale mængder i rationen.

Der kan for eksempel ikke benyttes en model, hvor ydelsen er en funktion af g ford. råprotein pr. PFE. Da den produktionsfunktion, som ønskes anvendt til den første del af laktationen, indeholder vekselvirkninger mellem faktorerne, er metoden udviklet af Dean et al. (1969) ikke anvendelig til optimering af indsatsen af næringsfaktorer på det foreliggende grundlag.

17.3.3 Kvadratisk optimering

Ved løsning af lineære programmeringsmodeller af den type, som er skitseret i tabel 17.3, fås sammen med den optimale løsning de såkaldte skyggepriser på faktorerne i modellen. Skyggepriserne er defineret som meromkostningen ved at hæve minimumskravet (eller sænke maksimumskravet) med én enhed, mens de øvrige krav holdes konstante. Skyggepriserne på næringsfaktorerne er således definitionsmæssigt identiske med de marginalpriser, som blev omtalt i kap. 16. Der kan derfor formuleres en optimeringsprocedure, hvor udvælgelsen af de billigste fodermidler foretages ved hjælp af lineær programmering, og den optimale indsats beregnes ved marginalbetragtning, idet skyggepriserne anvendes som faktorpriser. Der opstår dog problemer, når en af næringsfaktorer-

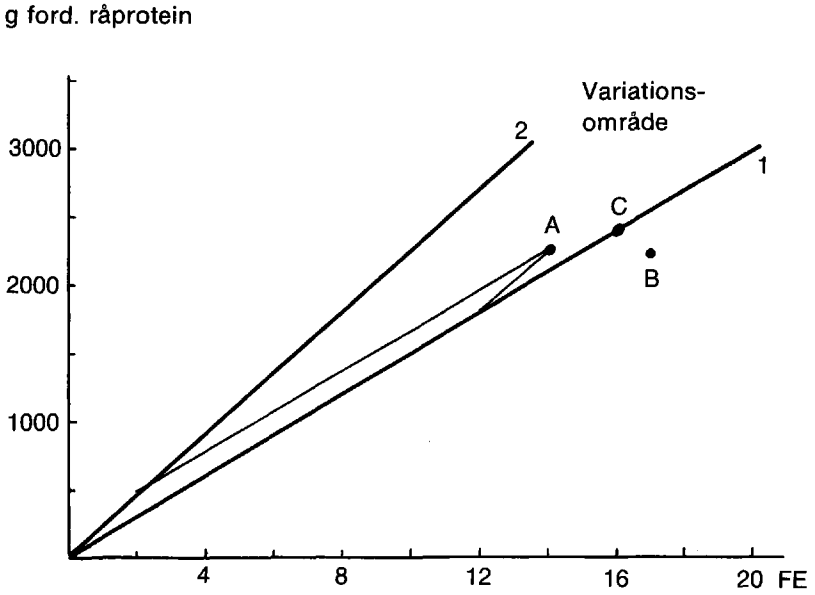


Fig. 17.3 Variationsområde for FE og ford. råprotein ved blanding med to fodermidler med 1) 150 og 2) 225 g ford. råprotein pr. FE. A) mulig optimalindsats, B) umulig optimalindsats og C) optimalindsats ved anvendelse af fodermiddel 1) alene.

ne ikke er begrænsende m.h.t. at minimere omkostningerne, hvorved skyggeprisen bliver 0 (eksempelvis protein i tabel 17.3).

Ved marginalbetragtning af flere faktorer samtidigt er det implicit forudsat, at faktorerne kan varieres uafhængigt af hinanden. Ved optimering af foderrationer opnås variationen i faktorerne ved at blande fodermidler i passende indbyrdes forhold. Uafhængig variation kan kun opnås, når antallet af fodermidler er lig med antallet af faktorer, og da kun i et givet område, idet mængden af et fodermiddel ikke kan være negativ (figur 17.3). Når den optimale faktorindsats beregnes ved ligningssystemet i afsnit 17.3.1, er der imidlertid intet, der sikrer, at løsningen kan opnås med ikke-negative mængder af de anvendte fodermidler. I figur 17.3 er dette tilfælde vist ved punktet B; ved betragtning af figuren indses, at den optimale løsning så består i, at kun fodermiddel 1 benyttes. Faktorerne kan da ikke varieres uafhængigt af hinanden; den optimale mængde af fodermiddel 1 kan findes ved, at forholdet mellem faktorerne i fodermiddel 1 indføres i produktionsfunktionen, således at denne derefter kun har en uafhængig variabel, hvorefter den optimale løsning kan beregnes.

Når indsatsen af næringsfaktorer skal optimeres ved opfyldelse af bibetingelser, må der tilføjes et fodermiddel for hver bibetingelse. I figur 17.4 er vist et simpelt eksempel, hvor indsatsen af FE skal optimeres under betingelse af en given fylde af rationen. Østergaard (1979) har i princippet løst dette problem ved at opfatte det ene fodermiddel (A-blanding) som uafhængigt og det andet

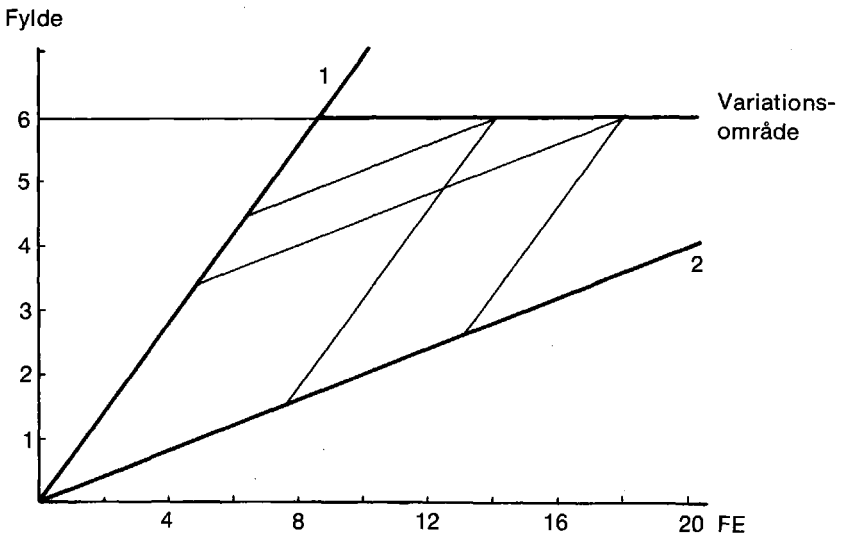


Fig. 17.4 Variationsområde for FE under betingelse af konstant fylde ved blanding med to fodermidler med fylde pr. FE: 1) 0,7 og 2) 0,2.

(ensilage) som afhængigt, hvorefter optimeringen foretages ved hjælp af en funktion, som beskriver produktionen ved variation af mængden af det uafhængige fodermiddel under forudsætning af, at det afhængige fodermiddel gives ad libitum. Ved en generel anvendelse af dette princip benyttes en produktionsfunktion baseret på fri variation af næringsfaktorerne, idet denne i hvert enkelt tilfælde tilpasses bibetingelserne med de anvendte fodermidler efter en ren arbitrær opdeling i afhængige og uafhængige.

Thysen (1983) har udviklet en procedure, hvor de foran omtalte principper benyttes til at beregne den optimale ration. Ved denne procedure optimeres indsatsen af næringsstoffer samtidig med opfyldelse af bibetingelser og ved udvælgelse af de bedst egnede af de til rådighed værende fodermidler. Proceduren er en modifikation af lineær programmering og kræver ligesom denne, at produktionsmodellen kan udtrykkes ved lineære ligninger bortset fra produktionsfunktionen, som er kvadratisk. Der er derfor tale om *kvadratisk optimering* (se f.eks. Collatz & Wetterling 1975).

I tabel 17.4 er der vist et eksempel, hvor indsatsen af FE, protein og fedt pr. dag i 1–24 uger efter kælvning er optimeret ved kvadratisk optimering; produktionsfunktionen for roefoder er anvendt (jævnfør tabel 17.1), og fodermidler og bibetingelser er som i tabel 17.2.

Tabel 17.4 Optimering af foderration ved kvadratisk optimering

	Ensilage	Roer	Melasse	Byg	Sojaskrå	Type 175-60	Type 225-80	Type 250-100		Ration ved optimal løsning[1])
Fe	1	1	1	1	1	1	1	1	= opt.	16,1
Protein (g)	150	35	37	75	330	175	225	250	= opt.	2262
Fedt (g)	25	0	0	20	7	60	80	100	= opt.	655
Fylde	0,72	0,27	0,19	0,19	0,16	0,20	0,19	0,18	= 5,95	5,95
Tyggetid (min.)	113	20	0	20	4	4	4	4	≧ 480	677
Roeprod.	0	1	1,5	0	0	0	0	0	≦ 6	6
Pris (øre pr. FE)	150	110	125	160	185	183	180	184		
Optimal løsning (FE)	4,7	6,00						5,4		

[1]) Staldperiode: 1–24 uger efter kælvning.
Produktionsfunktion for roeration (jævnfør tabel 17.1).
Mælk: 2,50 kr. pr. kg 4% mælk; tilvækst: 12,50 kr. pr. kg.

17.4 Optimering af foderrationer i praksis

Det er i forrige afsnit blevet påvist, at optimering ved marginalbetragtning vanskeligt kan anvendes uden EDB, når tre næringsfaktorer skal optimeres samtidigt. I det følgende gennemgås to metoder til optimering af rationen i den første del af laktationen, som kan anvendes i den praktiske foderplanlægning. I den første optimeres kun for én faktor, indsatsen af A-blanding, ved marginalbetragtning, mens der ved den anden optimeres for energi, protein og fedt ved at sammenligne det totale økonomiske udbytte ved forskellig indsats og type af kraftfoderblandinger. Desuden omtales optimering i den sidste del af laktationen, hvor der ifølge norm tildeles energi efter forventet ydelse og ønsket tilvækst. I appendix D er vist eksempler på metodernes anvendelse.

Optimering af fuldfoderration kan foretages efter samme princip, som er vist for det forenklede fodringsprincip (FFP).

17.4.1 Optimering af indsatsen af A-blanding

Der er i kap. 13 omtalt to danske forsøg (Østergaard 1979, Kristensen 1983), hvor der er givet stigende mængde A-blanding som tilskud til græsensilage ad libitum, i det første forsøg dog også et fast grundfoder. Disse forsøg giver grundlag for at anvende en marginalbetragtning til at bestemme den optimale indsats af A-blanding. Proceduren hertil er vist af Østergaard (1979).

Den optimale indsats af A-blanding findes, hvor marginalindtægten (marginaludbyttet af mælk og tilvækst gange de respektive priser) er lig med marginalomkostningen (marginalprisen pr. FE A-blanding, som er lig med prisen pr. FE A-blanding minus værdien af den ensilage, hvormed foderoptagelsen formindskes pr. ekstra FE A-blanding). Optimumsbetingelsen kan skrives

$$\frac{dy}{dFE_T} P_{y1} = P_T + \frac{dFE_A}{dFE_T} P_A$$

hvor y = kg 4% pr. ko daglig (kombineret mælk og tilvækst).

Marginaloptagelsen af ad libitum-foder ved ændring af tilskudsfoderet kan udledes af foderoptagelsesfunktionen, som ved 2 fodermidler kan skrives

$$FE_A \times FF_A + FE_T \times FF_T = K$$

hvoraf den afhængige variabel FE_A kan fås som en funktion af den styrende variabel FE_T

$$FE_A = \frac{K}{FF_A} - \frac{FF_T}{FF_A} FE_T$$

Marginaloptagelsen findes ved differentiering:

$$\frac{dFE_A}{dFE_T} = - \frac{FF_T}{FF_A}$$

Det vil sige at marginaloptagelsen af ad libitum-foderet er lig det negative forhold mellem fylden af tilskudsfoderet og fylden af ad libitum-foderet.

Idet produktionsfunktionen for y er et anden grads polynomium af FE_T med parametrene b_0, b_1 og b_{11} fås

$$(b_1 + 2\, b_{11}\, FE_T)\, P_{y1} = P_T - \frac{FF_T}{FF_A}\, P_A$$

hvoraf den optimale indsats af tilskudsfoder kan udledes:

$$\text{Opt. } FE_T = - \frac{b_1}{2b_{11}} + \frac{1}{2b_{11}} \cdot \frac{P_T - \frac{FF_T}{FF_A} P_A}{P_{y1}}$$

Produktionsfunktionerne for mælk fastlagt i de to nævnte forsøg er vist i kap. 13. Funktionerne for tilvækst er dannet ved at omregne formlen for den teoretiske tilvækst (jævnfør kap. 13) til et anden grads polynomium. Parametrene til funktionerne for mælk (omregnet til at have FE A-blanding som uafhængig variabel) og tilvækst er vist i tabel 17.5.

I tabel 17.6 er de viste formler anvendt til at beregne de talstørrelser, som indgår i optimeringsformlen afhængig af laktationsperiode og prisforholdet mellem kg tilvækst og kg 4% mælk. Tabel 17.7 viser, hvordan den optimale indsats af FE A-blanding varierer, afhængigt af priserne på mælk, A-blanding og ensilage.

Tabel 17.5 Parameterværdier til funktioner for mælk (kg 4% mælk) og tilvækst (kg) afhængig af FE A-blanding. Funktionstype: $y = b_0 + b_1 x_1 + b_{11} x_1^2$

		Græsensilage			Roer/græsensilage		
		b_0	b_1	b_{11}	b_0	b_1	b_{11}
Ydelse	1–12 u.e.k.	14,9	1,68	–0,0718	14,54	2,34	–0,141
Ydelse	1–24 u.e.k.	13,9	1,68	–0,0718	13,50	2,19	–0,127
Tilvækst	1–12 u.e.k.	–0,432	–0,00136	0,00330	0,083	–0,0733	0,00932
Tilvækst	1–24 u.e.k.	–0,239	–0,00581	0,00330	0,306	–0,0752	0,00849

Tabel 17.6 Konstanter til optimeringsfunktionen

$$\text{Opt. } FE_T = -\frac{b_1}{2b_{11}} + \frac{1}{2b_{11}} \cdot \frac{P_T - \frac{FF_T}{FF_A} P_A}{P_{y1}}$$

Periode, uger efter kælvning	Prisforhold kg tilvækst kg 4% mælk	Græsensilage $-\frac{b_1}{2b_{11}}$	Græsensilage $\frac{1}{2b_{11}}$	Roer/græsensilage $-\frac{b_1}{2b_{11}}$	Roer/græsensilage $\frac{1}{2b_{11}}$
1–12	4	14,3	–8,5	9,9	–4,8
	5	15,1	–9,0	10,5	–5,3
1–24	4	14,1	–8,5	10,2	–5,4
	5	14,9	–9,0	10,7	–5,9

De anførte formler gælder for tunge racer (gns. vægt 550 kg) og ved middel ydelseskapacitet i besætningen (6.500 kg 4% mælk), og kun ved fodring med fodermidler, som svarer til græsensilage indeholdende ca. 0,7 FE pr. kg tørstof og ca. 150 g ford. råprotein og ca. 25 g korr. råfedt pr. FE, samt tilskudsfoder, som indeholder ca. 1.1 FE pr. kg tørstof og ca. 175 g ford. råprotein og ca. 60 g råfedt pr. FE.

Til Jersey reduceres optagelsen af ad libitum foderet svarende til det lavere vedligeholdsbehov, og tilskuddet er derfor uændret. Ved højere/lavere ydelseskapacitet i besætningen (7.500/5.500 kg 4% mælk pr. årsko) øges/mindskes

Tabel 17.7 Optimal tildeling af A-blanding og optagelse af ad libitum foder ved forskellige foderpriser. FE pr. ko daglig i 1–24 uger efter kælvning[1])

Foderration, kr. pr. FE		Græsensilage		Roer[2])/græsensilage	
Ad lib.	A-blanding	Tilskud	Ad lib.	Tilskud	Ad lib.
1,00	2,00	8,7	6,0	6,6	5,3
	2,50	6,9	6,5	5,5	5,6
1,50	2,00	9,2	5,9	7,0	5,2
	2,50	7,4	6,4	5,8	5,6
2,00	2,00	9,7	5,7	7,3	5,1
	2,50	7,9	6,2	6,1	5,5
2,50	2,00	10,2	5,6	7,6	5,0
	2,50	8,4	6,1	6,5	5,4

[1]) Mælkepris: 2,50 kr. pr. kg 4% mælk. Tilvækst: 12,50 kr. pr. kg. Fylde pr. FE: Tilskud 0,2, ad lib. 0,71 og roer 0,27

[2]) 3,5 FE

tilskudsfoderet med 1 FE A-blanding (Østergaard 1979). Ved ad libitum-foder med højere foderværdi (0,8 FE pr. kg tørstof) reduceres det optimale niveau med 1 FE, idet den større ad libitum-foderoptagelse bevirker, at det totale energiniveau derved bliver 1 FE højere end ved middel foderværdi. Tilsvarende øges tilskudsfoderet med 1 FE ved lavere foderværdi (0,6 FE pr. kg tørstof) i ad libitum-foderet (jævnfør kap. 13). Ved foderrationer med middel og lille ensilagefoder korrigeres dog kun med den halve mængde (jævnfør kap. 16, afsnit 2).

De ovenstående formler er alle udledt ved marginalbetragtninger og har derfor ikke inkluderet rationens indhold af restriktivt tildelt grundfoder. Formlerne for den alsidige ration gælder dog kun, når der findes sådanne fodermidler i rationen og af nogenlunde samme karakter som i forsøget (Østergaard 1979). Det vil sige ca. 3,5 FE roer eller lignende. Hvis det restriktivt tildelte grundfoder udgør færre eller flere FE, da henholdsvis tillægges og fratrækkes det afvigende antal FE den optimale mængde A-blanding beregnet ved formlen.

17.4.2 Optimering af indsats og type af tilskudsfoder

En nøjagtig optimering af indsatsen af energi, protein og fedt samtidigt kræver, som beskrevet tidligere, omfattende beregninger, som kun kan gennemføres ved hjælp af EDB. Til brug ved foderplanlægning i praksis er der dog udviklet en metode, hvor det ved en forenkling af problemet bliver muligt at finde en optimal ration ved relativt få og enkle beregninger.

Forenklingen består i, at kun ét fodermiddel betragtes som uafhængig variabelt; dette fodermiddel benævnes i det følgende som *tilskudsfoderet*. Endvidere må rationen indeholde ét fodermiddel, som gives efter ædelyst og derfor er afhængig variabelt, *ad libitum foderet*. Hvis flere end et fodermiddel skal gives efter ædelyst, fastlægges ad libitum foderet som en blanding af disse ved et givet blandingsforhold. De øvrige fodermidler forudsættes at blive tildelt i forud fastlagte mængder og benævnes *restriktivt grundfoder*. I denne gruppe findes blandt andet relativt letfordøjelige grovfodermidler og biprodukter.

Foderplanlægningen ved fodringsprincipper (FFK og fuldfoder) baseret på ad libitum fodring indledes med at fastlægge det restriktive grundfoder, hvorefter foderrationen afbalanceres til et givet standardindhold af energi, protein og fedt, med en fylde som svarer til energiniveauet, og iøvrigt fysiologisk afbalanceret. Fremgangsmåden er beskrevet i kap. 16. Forskellige muligheder med hensyn til det restriktive grundfoder kan vurderes ved at beregne foderomkostningerne ved standardrationen svarende til forskellige valg af restriktivt grundfoder.

De alternative tilskudsfodermidlers konkurrenceevne fastlægges ved at sammenligne fodermidler af samme type på grundlag af prisen pr. FE. Inden for

type vælges den billigste. Eventuelt kan der være fordel ved at blande 2 eller flere fodermidler. Det billigste fodermiddel af den type, som skal anvendes for at opnå det givne standardindhold, benyttes nu som udgangspunkt for de efterfølgende beregninger.

En ændring af tilskudsfoderets mængde og/eller type medfører dels en ændring i foderomkostningerne og dels en ændring af rationens indhold af energi, protein og fedt, hvilket igen medfører en ændring af produktionen og dermed en ændring af indtægten. Den optimale ration kan derfor findes ved at søge efter den ændring, som giver den største forbedring i det økonomiske udbytte.

En ændring af tilskudsfoderets type påvirker primært rationens indhold af protein og fedt. En ændring af mængden af tilskudsfoderet påvirker derimod også optagelsen af ad libitum-foderet. Marginaloptagelsen af ad libitum-foderet pr. FE ændring i tilskudsfoderet blev i afsnit 17.4.1 udledt fra foderoptagelsesfunktionen:

$$\frac{d\,FE_A}{d\,FE_T} = -\frac{FF_T}{FF_A}$$

For en given ændring i tilskudsfoderet beregnes den derved fremkomne ændring i optagelsen af ad libitum-foder og den samlede ændring i rationens indhold af energi, protein og fedt. Ved hjælp af produktionsfunktionen beregnes, hvor meget produktionen (ydelse og tilvækst kombineret ved prisforholdet) derved ændres, og ved hjælp af priserne på ydelse og tilvækst og på de anvendte fodermidler beregnes ændringen i det økonomiske udbytte. I tabel 17.8 er beregningerne vist udførligt.

Tabel 17.8 Beregning af det økonomiske udbytte af en ændring af tilskudsfoderets mængde og type

Standardration: 6 FE type 175/60 à 1,83 kr. pr. FE, fylde: 0,20 pr. FE
Alternativ: 5 FE type 225/80 à 1,80 kr. pr. FE, fylde: 0,20 pr. FE
Ad libitum foder: Græsensilage 165/25 à 1,50 kr. pr. FE, fylde: 0,70 pr. FE

		FE	g ford. råprotein	g korr. råfedt	Økonomisk udbytte, kr.
Tilskudsfoder,	standard	–6	–1050	–360	–10,98
Tilskudsfoder,	alternativ	5	1125	400	9,00
Ad lib.-foder,	ændring	0,3	50	8	0,45
Ration,	ændring	–0,7	125	48	–1,53
Produktion,	ændring	–0,5 kg 4% mælk à 2,40 kr.		=	–1,20
Udbytte,	ændring				0,33

Beregningerne er enkle, men dog ret omfattende, især med hensyn til beregningen af produktionen, idet produktionsfunktionen indeholder 10 led. Det er derfor nødvendigt at anvende nogle egnede hjælpemidler. En mulighed er at benytte en programmerbar lommeregner, hvis hukommelsesregister kan indeholde produktionsfunktionens koefficienter og en del af beregningsproceduren, og eventuelt også oplysninger om tilskudsfodermidler. En anden mulighed er at anvende hjælpetabeller, som indeholder den tungeste del af beregningerne.

I tabel 17.9, der er en sådan hjælpetabel, er vist hvor meget produktionen ændres, når rationens indhold af energi, protein og fedt ændres fra standardindholdet, som er sat til 16 FE, 2000 g ford. råprotein og 700 g korr. råfedt (jævnfør

Tabel 17.9 Ændring i produktion ved ændring i ration fra standardration.[1]) Roer /græsensilage, 1–24 uger efter kælvning. Kombineret kg 4% mælk ved prisforhold tilvækst: mælk = 5:1

FE	g korr. råfedt	g ford. råprotein						
		–600	–400	–200	0	200	400	600
	–300	–3.30	–2.87	–2.59	–2.46	–2.47	–2.63	–2.94
	–200	–2.97	–2.54	–2.26	–2.13	–2.14	–2.30	–2.61
	–100	–2.73	–2.30	–2.02	–1.89	–1.90	–2.06	–2.37
–2,0	0	–2.58	–2.15	–1.87	–1.74	–1.75	–1.92	–2.22
	100	–2.53	–2.10	–1.82	–1.68	–1.70	–1.86	–2.17
	200	–2.56	–2.13	–1.85	–1.72	–1.73	–1.89	–2.20
	300	–2.69	–2.26	–1.98	–1.84	–1.86	–2.02	–2.33
	–300	–2.86	–2.42	–2.13	–1.98	–1.98	–2.13	–2.43
	–200	–2.52	–2.08	–1.78	–1.64	–1.64	–1.79	–2.08
	–100	–2.26	–1.82	–1.53	–1.38	–1.38	–1.53	–1.83
–1,5	0	–2.10	–1.66	–1.37	–1.22	–1.22	–1.37	–1.67
	100	–2.03	–1.59	–1.30	–1.15	–1.15	–1.30	–1.60
	200	–2.05	–1.61	–1.32	–1.17	–1.17	–1.32	–1.62
	300	–2.16	–1.72	–1.43	–1.28	–1.28	–1.43	–1.73
	–300	–2.48	–2.03	–1.72	–1.56	–1.55	–1.69	–1.97
	–200	–2.12	–1.67	–1.36	–1.20	–1.19	–1.33	–1.61
	–100	–1.85	–1.40	–1.09	–0.93	–0.92	–1.06	–1.34
–1,0	0	–1.68	–1.22	–0.92	–0.76	–0.75	–0.88	–1.17
	100	–1.59	–1.14	–0.83	–0.67	–0.66	–0.80	–1.08
	200	–1.60	–1.14	–0.84	–0.68	–0.67	–0.80	–1.09
	300	–1.70	–1.24	–0.93	–0.78	–0.76	–0.90	–1.19
	–300	–2.16	–1.69	–1.37	–1.20	–1.17	–1.30	–1.57
	–200	–1.78	–1.31	–1.00	–0.82	–0.80	–0.92	–1.20
	–100	–1.50	–1.03	–0.71	–0.54	–0.52	–0.64	–0.91
–0,5	0	–1.31	–0.84	–0.52	–0.35	–0.33	–0.45	–0.72
	100	–1.21	–0.74	–0.42	–0.25	–0.23	–0.35	–0.62
	200	–1.20	–0.73	–0.41	–0.24	–0.22	–0.34	–0.61
	300	–1.28	–0.82	–0.50	–0.33	–0.30	–0.43	–0.70

FE	g korr. råfedt	g ford. råprotein						
		-600	-400	-200	0	200	400	600
	-300	-1.89	-1.41	-1.07	-0.89	-0.85	-0.96	-1.22
	-200	-1.50	-1.02	-0.69	-0.50	-0.47	-0.58	-0.83
	-100	-1.20	-0.72	-0.39	-0.21	-0.17	-0.28	-0.54
0	0	-1.00	-0.52	-0.18	**0.00**	0.04	-0.07	-0.33
	100	-0.88	-0.40	-0.07	0.11	0.15	0.04	-0.22
	200	-0.86	-0.38	-0.05	0.14	0.17	0.06	-0.20
	300	-0.93	-0.45	-0.12	0.07	0.10	-0.01	-0.27
	-300	-1.67	-1.18	-0.83	-0.64	-0.59	-0.69	-0.93
	-200	-1.27	-0.78	-0.43	-0.24	-0.19	-0.28	-0.53
	-100	-0.96	-0.47	-0.12	0.08	0.12	0.03	-0.22
0,5	0	-0.74	-0.25	0.10	0.29	0.34	0.25	-0.00
	100	-0.61	-0.12	0.23	0.42	0.47	0.37	0.13
	200	-0.57	-0.08	0.26	0.46	0.51	0.41	0.16
	300	-0.63	-0.14	0.21	0.40	0.45	0.36	0.11
	-300	-1.51	-1.01	-0.65	-0.44	-0.38	-0.47	-0.70
	-200	-1.10	-0.59	-0.23	-0.03	0.04	-0.05	-0.28
	-100	-0.77	-0.27	0.09	0.30	0.36	0.28	0.04
1,0	0	-0.54	-0.03	0.32	0.53	0.60	0.51	0.28
	100	-0.40	0.11	0.47	0.68	0.74	0.65	0.42
	200	-0.34	0.16	0.52	0.73	0.79	0.70	0.47
	300	-0.38	0.12	0.48	0.69	0.75	0.66	0.43

[1]) Tabel 16.1 i kap. 16.

kap. 16). Denne tabel kan benyttes sammen med tabel 17.8, hvor ændringen i rationens indhold af energi, protein og fedt beregnes, hvorefter ændringen i produktionen kan aflæses i tabel 17.9. Tabellen er meget generel, idet den kun skal udregnes for forskellige prisforhold mellem tilvækst og mælk (appendiks C). Ved andre forhold – vedrørende race, besætningens ydelseskapacitet og ad libitum foderets fordøjelighed – end forudsat ved fastlæggelsen af produktionsfunktionerne antages en parallelforskydning af udbyttekurverne, hvorfor tabel 17.9 og tabellerne i appendiks C fortsat gælder, når blot udgangspunktet tages i den ration, der er aktuel ud af de standardrationer der er vist i tabel 16.1 (kap. 16).

Der findes et stort antal mulige ændringer til den først beregnede ration med standardindholdet af energi, protein og fedt, og det vil være meget tidskrævende at regne alle igennem. Produktionsfunktionens kontinuitet bevirker dog at hvis en ændring af rationens indhold i en given retning medfører en mindre produktion, så vil fortsatte ændringer i samme retning vedblivende give falden-

de produktion. Hvis ændringen giver en stigende produktion, så vil en ændring i den modsatte retning give en faldende produktion. Disse forhold er også gældende for det økonomiske udbytte, såfremt der også er kontiniutet i priserne på tilskudsfodermidlerne, det vil sige, såfremt der er proportionalitet mellem tilskudsfodermidlernes indhold af protein og fedt og deres pris.

Det kan i nogle tilfælde ikke lade sig gøre at afbalancere nøjagtigt til standardrationens indhold af energi, protein og fedt. Udgangspunktet for sammenligningerne af forskellige valgmuligheder med hensyn til tilskudsfoder tages i disse tilfælde ikke i nulpunktet i tabel 17.9 men i det af tabellens 343 næringsfaktorniveauer, der er aktuelt. På samme måde må der tages hensyn til eventuelle forskelle i produktionen, når der ved sammenligning af forskellige valgmuligheder vedrørende det restriktive grundfoder ikke kan afbalanceres til samme indhold af energi, protein og fedt i rationen.

17.4.3 Optimering af protein og fedt ved normfodring med energi

Ved normfodring tildeles foder i forhold til den forventede ydelse og ønskede tilvækst ifølge normer for energibehov (jævnfør kap. 13). Økonomisk optimering af indsatsen af energi er da udelukket, mens der stadig kan optimeres for indsatsen af protein og fedt. I denne optimering inddrages kun virkningen på mælkeydelsen, idet der anvendes norm for behovet for protein til vedligehold og tilvækst (jævnfør kap. 14). Protein og fedt angives i det følgende pr. produktionsfoderenhed (PFE), der defineres som energinormen til 2,5 kg 4% mælk.

I kap. 14 blev der givet følgende funktion for ydelsens afhængighed af protein ved normfodring med energi:

$$y = k + 16{,}5x_2 - 0{,}05x_2^2 \quad \text{for } 110 \leq x_2 \leq 170$$

hvor y = g 4% mælk pr. PFE

x_2 = g ford. råprotein pr. PFE

Heraf findes marginalfunktion og formlen for den optimale indsats:

$$\frac{dy}{dx_2} = 16{,}5 - 0{,}1x_2$$

$$\text{Opt. } x_2 = 165 - 10\,\frac{Px_2}{Py}$$

hvor P_{x2} = kr. pr. kg suppleringsprotein

P_y = kr. pr. kg 4% mælk

I kap. 15 blev der angivet følgende sammenhæng mellem mælkeydelse og fedttildeling:

$$y = k + 1{,}02\ PFE\ x_3 - 0{,}0727\ x_3^2 \qquad \text{for } 2 \leq PFE \leq 11 \text{ og } 35 \leq x_3 \leq 90$$

hvor y = g 4% mælk pr. PFE

x_3 = g korr. råfedt pr. PFE

Marginalfunktion og formel for optimal tildeling bliver:

$$\frac{dy}{dx_3} = 1{,}02\ PFE - 0{,}145\ x_3$$

$$\text{Opt. } x_3 = 7{,}0\ PFE - 6{,}9\ \frac{P_{x3}}{Py}$$

hvor P_{x3} = kr. pr. kg suppleringsfedt

P_y = kr. pr. kg 4% mælk

Priserne på suppleringsprotein og suppleringsfedt bestemmes som beskrevet i kap. 16. Beregningen af faktorpriserne forudsætter imidlertid, at afstemningen af rationen til det optimale protein- og fedtniveau foretages ved anvendelse af 3 fodermidler. Dette kan i nogle tilfælde kræve anvendelse af andre og flere fodermidler sidst i laktationen end der blev anvendt i den første del af laktationen, og betimeligheden heraf bør bero på den økonomiske fordel, der kan opnås. Der er derfor behov for 1) at kunne beregne de økonomiske konsekvenser af at afvige fra det optimale niveau bestemt ved marginalbetragtning og afbalancering med 3 fodermidler, og 2) at kunne beregne den optimale ration, når der ikke er 3 fodermidler til rådighed.

Til brug ved disse beregninger er der i tabel 17.10 og 17.11 givet nedgangen i mælkeydelsen ved at afvige fra det niveau af henholdsvis protein og fedt, som giver maksimal mælkeydelse. Ved hjælp heraf kan det findes hvor stor forskel i mælkeydelsen, der kan forventes ved rationer med forskelligt indhold af protein og fedt udtrykt pr. PFE, og videre hvilke økonomiske konsekvenser der kan forventes.

Optimering af protein og fedt sidst i laktationen, efter den optimale ration i den første del af laktationen er beregnet ved en af procedurerne i afsnit 17.4.1 eller 17.4.2, gennemføres lettest ved at beregne indholdet af protein og fedt i rationer tilpasset forskellige ydelsesniveauer ved at reducere det allerede

valgte tilskudsfoder, hvorefter det ved hjælp af tabel 17.10 og 17.11 kan fås et skøn over hvilken fortjeneste der kan opnås ved yderligere optimering af protein og fedt.

Tabel 17.10 Nedgang i mælkeydelse ved proteintildeling forskelligt fra niveauet ved maksimal mælkeydelse ved normfodring. Kg 4% mælk pr. ko daglig

Ydelsesniveau kg 4% mælk	Produktionsfoderenheder	g ford. råprotein pr. PFE								
		115	125	135	145	155	165	175	185	195
25,0	10	1,25	0,80	0,45	0,20	0,05	0	0,05	0,20	0,45
22,5	9	1,13	0,72	0,41	0,18	0,05	0	0,05	0,18	0,41
20,0	8	1,00	0,64	0,36	0,16	0,04	0	0,04	0,16	0,36
17,5	7	0,88	0,56	0,32	0,14	0,04	0	0,04	0,14	0,32
15,0	6	0,75	0,48	0,27	0,12	0,03	0	0,03	0,12	0,27
12,5	5	0,63	0,40	0,23	0,10	0,03	0	0,03	0,10	0,23
10,0	4	0,50	0,32	0,18	0,08	0,02	0	0,02	0,08	0,18

Tabel 17.11 Nedgang i mælkeydelse ved fedttildeling forskelligt fra niveauet ved maksimal mælkeydelse ved normfodring. Kg 4% mælk pr. ko daglig

Maksimal mælkeydelse ved: 7 × PFE g korr. råfedt pr. PFE

Ydelsesniveau, kg 4% mælk	Produktionsfoder enheder	Afvigelse, g korr. råfedt pr. PFE								
		–40	–30	–20	–10	0	+10	+20	+30	+40
25,0	10	1,15	0,65	0,29	0,07	0	0,07	0,29	0,65	1,15
22,5	9	1,04	0,58	0,26	0,06	0	0,06	0,26	0,58	1,04
20,0	8	0,92	0,52	0,23	0,06	0	0,06	0,23	0,52	0,92
17,5	7	0,81	0,45	0,20	0,05	0	0,05	0,20	0,48	0,81
15,0	6	0,69	0,39	0,17	0,04	0	0,04	0,17	0,39	0,69
12,5	5	–	0,33	0,14	0,04	0	0,04	0,14	0,33	0,58
10,0	4	–	–	0,12	0,03	0	0,03	0,12	0,26	0,46

17.5 Sammendrag og konklusion

Der er i flere lande udviklet EDB-systemer til optimering af foderrationer til malkekøer. I disse systemer anvendes næsten udelukkende minimering af foderomkostninger ved normfodring; dog findes der systemer hvor indsatsen af energi optimeres efter en udbyttefunktion med et aftagende merudbytte af mælk. I danske forsøg er der fastlagt produktionsfunktioner for mælkeydelsens afhængighed af energi, protein og fedt (kap. 13, 14 og 15), som ved anvendelse

af marginalbetragtning har ført til separate formler for den optimale tildeling af de enkelte næringsfaktorer.

På grundlag af de nævnte forsøg er der udviklet produktionsfunktioner, som omfatter såvel energi som protein og fedt. Da forsøgene ikke var planlagt til dette formål, er der betydelige problem forbundet med denne sammenfatning. De angivne funktioner kan dog betragtes som det bedste, der kan opnås på det nuværende grundlag, og de vil løbende blive reviderede, når der foreligger nye forskningsresultater.

De klassiske metoder til optimering, marginalbetragtninger og lineær programmering, er diskuteret med hensyn til deres anvendelighed til optimering af foderrationer. Det er konkluderet, at ingen af metoderne kan anvendes umiddelbart til maksimering af det økonomiske udbytte under samtidig hensyntagen til energi, protein og fedt. Marginalbetragtning af flere faktorer samtidigt forudsætter, at faktorerne kan varieres uafhængigt af hinanden, og da variationen i næringsfaktorerne opnås ved at blande fodermidler i forskellige indbyrdes forhold, er denne forudsætning kun opfyldt i et givet område. Maksimering af det økonomiske udbytte kan ikke gøres ved LP-modeller, hvori de krumlinede funktioner er tilnærmet ved lineære delstykker, når der er vekselvirkning mellem faktorerne i produktionsfunktionen. Ved en kombination af marginalbetragtning og lineær programmering til løsning af det kvadratiske optimeringsproblem, kan indsatsen af energi, protein og fedt optimeres samtidig med opfyldelse af bibetingelser og udvælgelse af de økonomisk mest fordelagtige blandt de til rådighed stående fodermidler. Regnearbejdet ved denne procedure forudsætter dog en EDB-løsning.

Optimering af foderrationen »på gården« foreslås derfor foretaget ved sammenligning af det økonomiske udbytte ved alternative muligheder. I de »håndmetoder«, som er gennemgået i afsnit 17.4, er der imidlertid ikke indbygget en automatik, som med sikkerhed fører frem til det rigtige resultat, og der er en vis risiko for at den absolut optimale ration ikke findes. Metoderne har dog den væsentlige fordel frem for andre metoder, som giver den optimale løsning direkte, at den absolutte størrelse af den forventede økonomiske gevinst ved ét alternativ frem for et andet altid er kendt, hvilket gør det muligt at inddrage andre mindre generelt definérbare forhold end faktorerne i produktionsfunktionen i beslutningsprocessen.

17.6 Litteratur

Andersen, P. E., Larsen, J. B., Sørensen, M. & Østergaard, V. 1973. Optimal proteinforsyning til malkekvæg. 11. medd. (gammel serie) Statens Husdyrbrugsforsøg, København.

Bath, D. L. & Bennett, L. F. 1980. Development of a Dairy Feeding Model for maximizing income above feed costs with access by remote computer terminals. J. Dairy Sci. 63, 1379–1389.

Black, J. R. & Hlubik, J. 1980. Basics of computerized linear programs for ration formulation. J. Dairy Sci. 63, 1366–1378.

Collatz, L. & Wetterling, W. 1975. Optimization problems. Springer-Verlag, New York, 356 pp.

Danfær, A., Thysen, I. & Østergaard, V. 1980. Proteinniveauets indflydelse på malkekøernes produktion. 492. beretn. Statens Husdyrbrugsforsøg, København, 165 pp.

Dean, G. W., Bath, L. D. & Olayide, S. 1969. Computer program for maximizing income above feed cost from dairy cattle. J. Dairy Sci. 52, 1008.

Hindhede, J. 1978. Malkekvægets produktion og økonomi. Helårsforsøg med kvæg XVIII. 474. beretn. Statens Husdyrbrugsforsøg, København, 48–103.

Jensen, E. V. 1961. Mælkeproduktionens afhængighed af fodermængde og protein. Afd. for Landbrugsøkonomi, Den kgl. Veterinær- og Landbohøjskole, København, 63 pp.

Johansson, V. 1980. Foderplaneringsssystem för animalieproduktion. Inst. f. ekonomi och statistik, Sveriges Lantbruksuniversitet, Uppsala, 155 pp.

Kristensen, V. F. 1983. Personlig meddelelse.

Krohn, C. C. & Andersen, P. E. 1978. Forskellig energi- og proteinmængde til malkekøer i tidlig laktation. 475. beretn. Statens Husdyrbrugsforsøg, København, 72 pp.

Nielsen, A. H. & Stryg, P. E. 1975. Landbrugets operationsøkonomi. DSR Forlag, København, 233 pp.

Thysen, I. 1976. Anvendelse af lineær programmering til optimering af foderindsatsen til malkekøer. Rapp. til Statens jordbrugs- og veterinærvidenskabelige Forskningsråd. København, 24 pp.

Thysen, I. 1983. Kvadratisk programmering til optimering af foderindsatsen til malkekøer. Licentiat afhandling, Den kgl. Veterinær- og Landbohøjskole, København (under udarbejdelse).

Østergaard, V. 1979. Strategies for concentrate feeding to attain optimum feeding level in high yielding dairy cows. 482. beretn. Statens Husdyrbrugsforsøg, København, 143 pp.

Østergaard, V., Henneberg, U., Hermansen, J. E. & Hindhede, J. 1977. Helårsforsøg med kvæg XVII. 459. beretn. Statens Husdyrbrugsforsøg, København, 62–67.

Østergaard, V., Danfær, A., Daugaard, J., Hindhede, J. & Thysen, I. 1981. Foderfedtets indflydelse på malkekøernes produktion. 508. beretn. Statens Husdyrbrugsforsøg, København, 140 pp.

18. Optimale foderrationer til malkekoen under forskellige forudsætninger

Vagn Østergaard

Side

18.1 **Indledning** 18.2

18.2 **Valg af fodringsprincip** 18.2

18.3 **Fastlæggelse af produktionsforudsætninger i stald- og afgræsningsperioden** 18.9
18.3.1 Besætning 18.9
18.3.2 Stald og arbejdskraft 18.13
18.3.3 Priser på fodermidler, mælk og tilvækst 18.14
18.3.4 Ad libitum foder 18.14
18.3.5 Restriktivt tildelt grundfoder og tilskudsfoder 18.15
18.3.6 Planlægningsperiode 18.16
18.3.7 Regulering af foderniveauet for den enkelte ko i henhold til laktationsstadium og huld 18.17

18.4 **Optimale rationer på forskelligt laktationsstadium** 18.19
18.4.1 Første halvdel af laktationen 18.19
18.4.2 Anden halvdel af laktationen, nedtrapning af foder 18.24
18.4.3 Fodring i goldperioden 18.27

18.5 **Optimale rationer ved fodring med biprodukter i stort omfang** ... 18.28
18.5.1 Biprodukters karakteristika og biologiske grænser for nogle næringsstoffer 18.28
18.5.2 Foderrationer baseret på biprodukter 18.30

18.6 **Fodring ved afgræsning** 18.33
18.6.1 Foderniveau 18.34
18.6.2 Afgræsnings-/slætsystem 18.37
18.6.3 Typefoderplaner 18.37
18.6.4 Regulering af tilskudsfoderet 18.39

18.7 **Kontrol på foderoptagelse, produktion og fodereffektivitet** 18.41
18.7.1 Kontrol på foderoptagelse 18.41
18.7.2 Fodereffektivitet 18.42

18.8 **Sammendrag og konklusion** 18.44

18.9 **Litteratur** 18.45

18.1 Indledning

Den økonomiske betydning af at kunne fastlægge den optimale foderration til den enkelte ko eller grupper af køer kan være væsentlig, eksempelvis 1.000 kr. pr. årsko ved prisniveau 1983 (jvf. kap. 1). Den enkelte mælkeproducent må ved optimering af foderrationen – både m.h.t. foderniveau og sammensætning – inddrage egne forudsætninger vedrørende de variable, der er anført i figur 18.1.

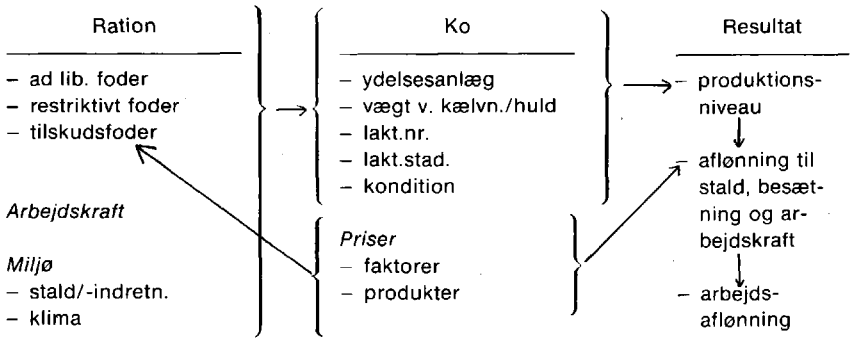


Fig. 18.1 Variable i foderrationens optimering.

Disse variable, der er forskellige fra bedrift til bedrift, har – med koen i centrum (jvf. kap. 2) – en større eller mindre indflydelse på koens foderomsætning og produktion, som beskrevet i kapitlerne 3 til 15. I dette kapitel er det målet at anføre under hvilke forudsætninger hvert af de 3 foreliggende hovedfodringsprincipper er hensigtsmæssig og at give nogle eksempler på rationer, der er optimale under forskellige forudsætninger også m.h.t. priserne (jvf. kap. 16). Denne optimering foretages ved hjælp af de optimeringsprocedurer, der er udviklet og omtalt i kapital 17.

18.2 Valg af fodringsprincip

I kapital 13 diskuteres ud fra et biologisk synspunkt 3 hovedfodringsprincipper, der er karakteristisk forskellige m.h.t. den organisatoriske måde at tildele rationen på. Disse defineres ved (jvf. appendiks A):

1. *Normfodring:* Fodring i henhold til daglig mælkeydelse og legemsvægt, hvilket involverer restriktiv, individuel og separat fodring af alle fodermidler.

2. *Strategifodring med kraftfoder:* Et forud planlagt niveau og forløb for tildeling af kraftfoder gennem laktationen kombineret med grovfodertildeling efter ædelyst. Det betyder restriktiv og individuel tildeling af kraftfoder og ad libitum tildeling af grovfoder, individuelt eller i gruppe.
3. *Fodring med fuldfoder efter ædelyst:* Gruppefodring med kraftfoder og grovfoder i een blanding, sammensat under hensyntagen til en tilsigtet optagelse ved ad libitum fodring.

Figurerne 18.2–18.4 illustrerer de karakteristiske forskelle i princippet i den praktiske anvendelse af 1) normfodring, 2) strategifodring med kraftfoder, her specielt det forenklede fodringsprincip (FFP), der er defineret ved konstant daglig tildeling af kraftfoder i indtil ca. 24 u.e.k. og 3) fodring med fuldfoder ad libitum.

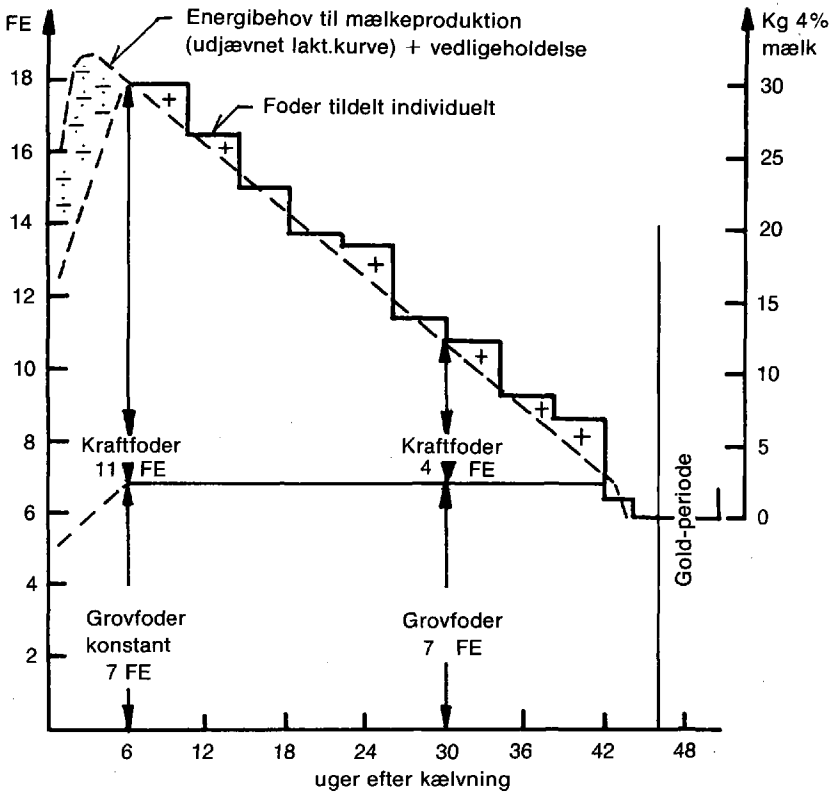


Fig. 18.2 Principskitse for normfodring på basis af ydelse hver 4. uge (•).

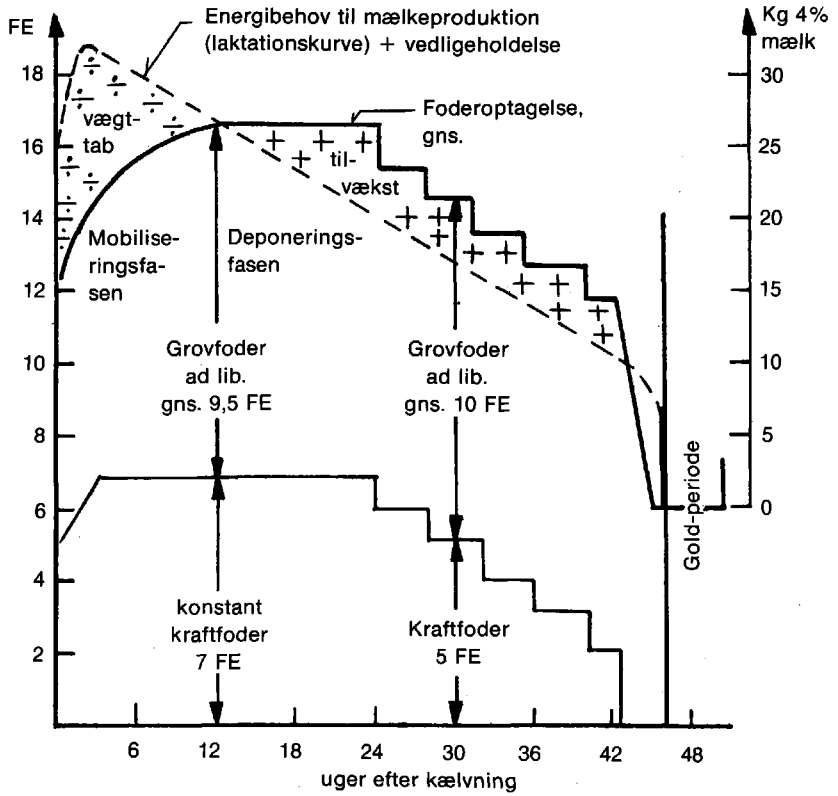


Fig. 18.3 Princippet i fodring med det forenklede fodringsprincip.

Den afgørende forskel mellem fodringsprincipperne ligger i om de aktuelle fodermidler a) fodres restriktivt eller ad libitum, b) fodres individuelt eller i gruppe og c) fodres separat eller som fuldfoder i homogen blanding. Valget af det mest fordelagtige fodringsprincip i den enkelte besætning beror derfor på de aktuelle tekniske og økonomiske forudsætninger m.h.t.:

- Staldtype og afgræsning.
- Staldindretning.
- Udfodringssystem.
- Arbejdskraft (mængde, håndelag, niveau for overvågelse og ledelse).
- Foder- og mælkepris.

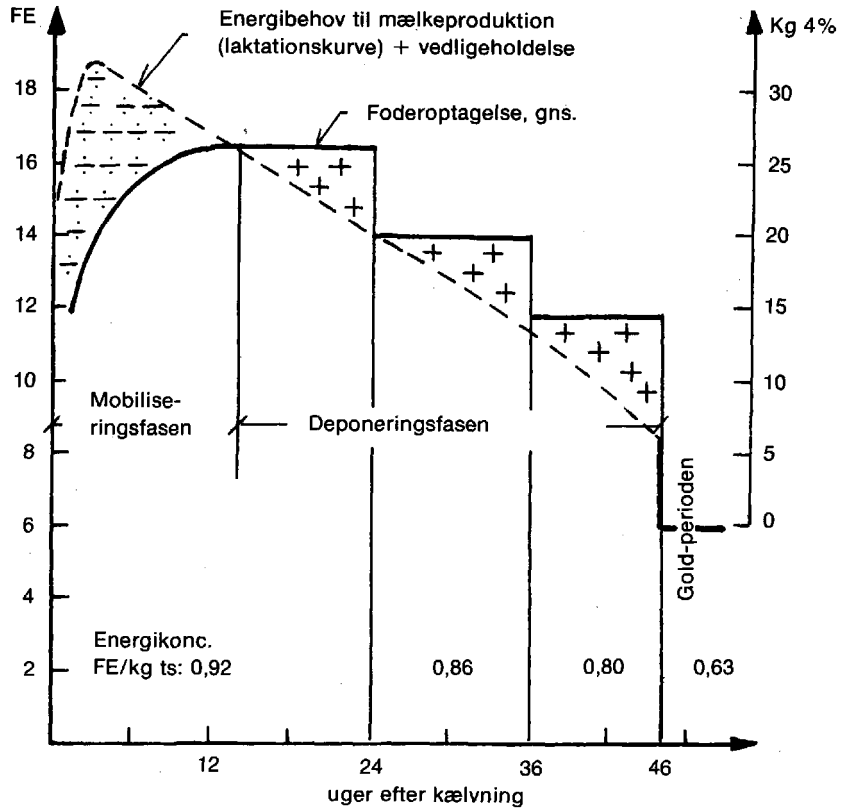


Fig. 18.4 Princippet i fodring med fuldfoder efter ædelyst i 4 grupper af malkekøer.

Anvendes der afgræsning med løsgående køer er den individuelle fodring med grovfoder ikke mulig og normfodring derfor ikke aktuel. Udfra undersøgelser ved Holmes (1980) og Burstedt (1983) kan således sluttes, at køer med græsoptagelse under gennemsnittet bl.a. vil give mindre mælk, og tildeling af blot kraftfoder efter ydelse vil derfor føre til mindre kraftfoder og endnu lavere foderniveau og dermed en forstærket nedgang i ydelse. Tilsvarende må antages også at gælde køer i løsdriftsstalde med ad libitum fodring med f.eks. ensilage.

Staldindretning, herunder anvendelse af effektive krybbeskillevægge/-adskillelser, er afgørende for om individuel fodring kan praktiseres. Den restriktive fodring med kendt mængde af hvert fodermiddel stiller krav til udfodringssystemets mulighed for udvejning eller udmåling af en ønsket fodermængde.

Det bør iagttages, at også arbejdskraftens mulighed for præcis udfodring i henhold til fodringsprincippets krav er af betydning. Således vil et blandeanlæg, der kan sikre en homogen blanding af de ønskede fodermidler og -mængder, formindske risikoen for fejlagtig fodring af den enkelte ko. Tilsvarende kan fodringen gøres lettere og mere sikker ved det forenklede fodringsprincip, fordi den samme mængde kraftfoder fodres til enten en væsentlig del af besætningens køer eller til alle køer i en bestemt gruppe. Ved fodring med kraftfoder i malkestald efter sidstnævnte princip gives den enkelte ko også en bedre mulighed for at æde den optimale daglige kraftfodermængde, fordi denne i begyndelsen af laktationen bliver mindre end, når der ved samme totale tildeling anvendes aftagende tildeling i første halvdel af laktationen. Begge principper forebygger også fejlagtig fodring af den enkelte ko ved, at foderniveauet ikke ændres ved tilfældige variationer i f.eks. ydelse, og ved at hele eller en væsentlig del af foderrationen tildeles ad libitum.

Tabel 18.1 Optimalt fodringsprincip ved forskellige sæt af forudsætninger (+ = ja; ÷ = nej).

Staldtype	Individuel fodring: Krft.	Individuel fodring: Grf.	Grov-/grundfoder ad lib.[1])	Optimalt fodringsprincip	Supplerende bemærkninger
Binde- og fangbåsestalde	+	+	÷	Normfodring	Særlige krav til udfodringen
	+	+	+	Strategifodring m. krft. (FFP)	»Norm« ved ekstremt ugunstige prisforhold
	+	÷	+	Strategifodring m. krft. (FFP)	
	(÷	÷	+	Fuldfoder	Stort antal køer)
Løsdrifts- og fodersengestalde	+	÷	+	Strategifodring	
	÷	÷	+	Fuldfoder med gruppeinddeling el. Strategifodring m. gruppeinddeling	Stort antal køer
Afgræsning	+	÷	+	Strategifodring	
	÷	÷	+	Strategifodring m. gruppeinddeling	

[1]) Minimumskrav: 0,63 FE pr. kg tørstof samt 140 g ford. råprotein og 40 minutters tyggetid pr. FE.

NB: Hvis grovfoder/grundfoder ikke kan fodres individuelt, må det fodres ad libitum for at forebygge en ukontrollabel og stor variation i optagelsen heraf (Krohn & Konggaard 1976).

Tabel 18.1 giver en oversigt over hvorledes de tekniske forudsætninger påvirker valget af fodringsprincip.

De økonomiske forudsætninger, d.v.s. foder- og mælkepris spiller også en rolle, idet normfodring i forsøget »Optimal fodringsintensitet« (Østergaard 1979), blev fundet til at være økonomisk mere fordelagtig end de bedste afkastende kraftfoderstrategier (Ho og H+1, –½), når een af følgende ændringer – i forhold til normalpriser – indtræder:

a) Mindst + 40% på lavprocentig kraftfoder (A-bl.). D.v.s. prisen på 1 kg er ca. 25% højere end prisen på eet kg 4% mælk.
b) Mindst + 180% på græsensilage. D.v.s. prisen pr. FE er ca. dobbelt så høj som prisen pr. kg 4% mælk.
c) Mindst ÷ 24% i mælkeprisen. D.v.s. prisen bliver ca. 7% mindre end prisen pr. FE i A-bl.

Tabel 18.2 viser – for normale mælke- og foderpriser – det økonomiske resultat og nogle tekniske hovedresultater for forskellige kraftfoderstrategier, der er beskrevet i kap. 13. Det ses tillige, at de bedst afkastende strategier, inden for et givet totalkraftfoderniveau 1–36 u.e.k., er Lo, Mo og Ho. Disse kraftfoderstrategier med konstant daglig kraftfodertildeling og grovfoder efter ædelyst samt regulering af foderniveauet i sidste del af laktationen under hensyntagen til forventet ydelse og huld har givet navn til det foran nævnte forenklede fodringsprincip (FFP).

Fodring med fuldfoder efter ædelyst er et princip, som ved samtidig anvendelse af hensigtsmæssige hjælpemidler, herunder automatisk vejning af de

Tabel 18.2 Tekniske og økonomiske resultater ved fodring med forskellige kraftfoderstrategier og normfodring. SDM, 298 laktationer, 43% 1. kalvs
(Østergaard 1979).

Vor-øgs-behand-ling	A-bl., kg pr. ko uge 1–36:	1134		1512				1890		Vari-erer
		1134	1132	1510	1500	1510	1495	1877	1888	
	Kraftfoder-strategi	Lo	L-½	Mo	M-½	M+2,-1	M-1	Ho	H+1,-½	Norm
Ydelse:										
kg 4% mælk/årsko		5657	5734	6062	5906	5899	5830	6388	6406	5772
Foder:										
FE ialt/årsko		4399	4525	4775	4696	4746	4705	5015	5020	4450
heraf:	A-blanding	1289	1370	1759	1706	1655	1684	2044	2065	1600
	Græsensilage	1550	1595	1456	1430	1531	1461	1411	1395	1290
Mandtimer/årsko		37	38	37	38	38	38	37	38	40
Arbejdsaflønning, kr./mt., relativ		104	99	111	100	96	92	122	120	100

enkelte fodermidler, kan være arbejdsbesparende i store besætninger. Ydermere kan der – om aktuelt – gås til højeste energikoncentration, da det samtidigt er muligt at sikre balance mellem næringsfaktorerne og en hensigtsmæssig struktur ved kombination af et tilstrækkeligt stort antal fodermidler.

På baggrund af den teknologiske udvikling er der i det seneste årti lavet forsøg til at klarlægge, hvorledes fuldfoderblandinger bedst fremstilles (Krohn 1980, Owen 1982) og hvorledes disse klarer sig over for separat fodring med de tilsvarende fodermidler. Vedrørende det sidstnævnte spørgsmål er der ved ensilagefodring suppleret med roer og/eller byg samt proteinblanding ikke fundet produktionsmæssige forskelle (Krohn & Andersen 1979). Ved fodring med ernæringsmæssigt meget ensidige fodermidler vil det biologisk set være fordelagtigt at udfodre en fuldfoderblanding eller alle fodermidler hurtigt efter hinanden. Fodring med fuldfoder vil i sådanne tilfælde være et fysiologisk ideelt fodringsprincip og bør anvendes, når de arbejds- og investeringsmæssige forhold gør det økonomisk fordelagtigt.

En økonomisk sammenligning over til bl.a. normfodring er vanskelig, men Cassel et al. (1981) har forsøgt og fandt 4–13% lavere »income over feed costs« end ved individuel fodring med kraftfoder efter ydelse. Forskellen skyldtes bl.a., at »normfodringen« resulterede i 1,3 kg kraftfodertørstof mere pr. ko daglig end ved fodring med fuldfoder ad libitum.

I »Optimal fodringsintensitet« indgik der en kraftfoderstrategi, H+1, –½, som i nogen grad ligner fodring med fuldfoder efter ædelyst. Dette skyldes, at

Tabel 18.3 Fodringsprincippets indflydelse på aflønningen til stald og arbejde ved forskellige kraftfoder- og grovfoderpriser. Kr. pr. årsko.

Øre pr. FE		Strategifodring med kraftf., konst. niveau, 1–36 u.e.k.		Normfodring 0,40 FE/ kg 4% m.	Fodring m. »fuldfoder«[1]) H+1,+½
A-bl.	Ensil.	Mo	Ho		
	140	5.459	5.767	5.284	5.792
200	180	4.876	5.202	4.768	5.234
	220	4.294	4.638	4.252	4.676
	140	4.755	4.949	4.644	4.966
240	180	4.173	4.385	4.128	4.408
	220	3.590	3.820	3.612	3.850

Øvrige prisforudsætninger: Mælk 250 øre pr. kg 4%. Roer o.l. 1560 FE à 150 øre pr. FE. Tilvækstværdien ca. 600 kr. pr. årsko svarer til værdien af svindet til mejeriet. Forrentning af ko, avlsomkostninger, dyrlæge m.m.: 1.800 kr. pr. årsko.

[1]) Der er ikke korrigeret for eventuel ændring i de samlede arbejds- og inventaromkostninger ved investering i blandingsanlæg til f.eks. 500–1.500 kr. pr. ko afhængig af type og besætningsstørrelse.
De samlede årlige omkostninger (afskrivn., vedl. og drift) bliver ofte omkring 1/3 af investeringen.

strategien sammen med græsensilage ad libitum medførte – i gennemsnit af ca. 30 køers individuelle foderoptagelse – et næsten konstant forhold mellem ensilage og A-bl. + roefoder på ca. 40 : 60. Derfor er denne strategi i tabel 18.3 medtaget som repræsentant for »fuldfoder« ved økonomisk sammenligning af de 3 hovedprincipper under de samme forsøgsbetingelser (Østergaard 1979). Herved kan der for forskellige prissæt illustreres, hvorledes aflønning til stald (incl. inventar og udfodringssystem) og arbejde kan påvirkes.

Introduktionen af FFP i praksis fandt sted i 1975 på 20 etablerede helårsforsøgsbrug (9 bindestalde og 11 løsdriftsstalde), hvor fodring efter aktuel ydelse hidtil var blevet praktiseret. Ved samme mandskab til pasning blev der herved i forhold til foregående år registreret en ydelsesfremgang på eet år på 24 kg smørfedt pr. årsko med uændret fodereffektivitet m.m. (Østergaard et al. 1976). (Den normale årlige fremgang var ca. 2 kg smørfedt ved fodring efter ydelse). Nettoværdien heraf er ca. 1.000 kr. i 1983-priser. Årsagen til den markante fremgang til 253 kg smørfedt må primært tillægges en forbedret foderstyring – såvel i binde- som løsdriftsbesætninger – ved hjælp af konstant kraftfodertildeling og ensilage ad libitum.

18.3 Fastlæggelse af produktionsforudsætninger i stald- og afgræsningsperioden

I dette afsnit beskrives kort de forudsætninger, der må kendes for planlægning af den optimale foderration, idet forbindelsen også knyttes til forskningsresultaterne i de foregående kapitler. Ved anvendelse af fodringsprincipper baseret på ad libitum fodring må følgende punkter iagttages i den enkelte besætning (ved normfodring fokuseres ikke specielt på besætningens ydelseskapacitet og ad libitum foderet, men derimod på den enkelte ko):

- besætning (race, ydelseskapacitet, laktationsnr., kovægt og huld)
- stald og arbejdskraft
- priser på fodermidler, mælk og tilvækst
- ad libitum foder
- tilskudsfoder og andet restriktivt tildelt foder
- planlægningsperiode
- regulering af foderniveau for den enkelte ko ved laktationsstadium og huld.

18.3.1 Besætning

Den enkelte besætning er karakteriseret ved bl.a. race og antal køer samt de enkelte køers ydelsesanlæg, laktationsnummer, legemsvægt og huld. Når der til køer i normal til godt huld ved kælvning tildeles et ad libitum foder af mindst

middelhøj foderværdi (FK af organisk stof min. 67) og -kvalitet – eventuelt suppleret med et restriktivt tildelt foder (roer o.l.) – kan det optimale tilskudsfoder uanset race og de øvrige nævnte karakteristika fastlægges ved de samme produktionsfunktioner for 1–24 uger efter kælvning. Dette skyldes, at den enkelte ko kan regulere optagelsen af ad libitum foderet (kap. 7) på en sådan måde, at marginaludbytterne for øget tilskud af energi, protein og fedt kan antages ens inden for samme type ad libitum foder/grundfoder (kap. 13–15). En forudsætning for dette er dog, at besætningen ved hensigtsmæssigt avlsarbejde er normalt sammensat m.h.t. ydelsesanlæg (kofædres R-tal i gns. ca. 100–115) og derfor ved en besætningsydelse på ca. 6500 kg 4% mælk har laktationskurver (med normal spredning) svarende til de i figur 18.5 viste. Disse kurver illustrerer forholdene for RDM og SDM, medens tilsvarende, men fladere kurver, kan antages for Jersey (Østergaard et al. 1978).

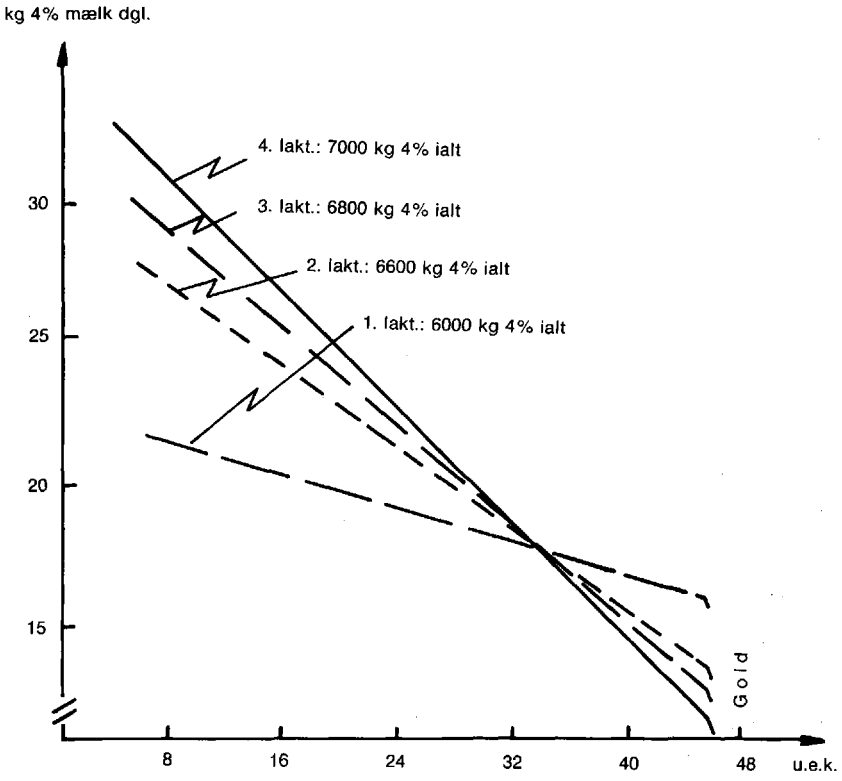


Fig. 18.5 Laktationskurver for 1., 2., 3. og 4. laktation. (Data: Helårsforsøg med kvæg).

Ved planlægning af det optimale gennemsnitlige foderniveau ved anvendelse af såvel det forenklede fodringsprincip som fodring med fuldfoder fastlægges besætningens ydelseskapacitet på basis af køernes ydelsesanlæg og kvaliteten af pasningen, og ved mangelfulde oplysninger herom på grundlag af besætningens ydelse over de seneste 12 mdr. suppleret med forventningen om en eventuel ændring heraf. Det bør iagttages, at ydelseskapaciteten skal gælde ved ad libitum foder af middelhøj foderværdi og skal korrigeres ved afvigelse herfra (jfr. kap. 13).

Såfremt besætningens ydelseskapacitet forventes at afvige + eller ÷ 1000 kg 4% mælk pr. årsko/laktation fra 6500 kg 4% mælk (omtrentlige niveau for produktionsfunktionernes fastlæggelse), er det ikke rimeligt ukritisk at benytte de i kapital 13–15 anførte produktionsfunktioner. Derfor justeres det ved standardfunktionen fastlagte optimale foderniveau i første halvdel af laktationen (1–24 uger efter kælvning) med + henholdsvis ÷ 1 FE tilskudsfoder (175/80 el.lign.) pr. ko daglig (kap. 13). Denne regulering sikrer på laktationsbasis besætningens energidækning ved højere ydelse, idet der samtidigt er taget hensyn til, at køernes forøgede kapacitet betinger uændret grovfoderoptagelse (kap. 7). Ved en lavere ydelse forebygges overfodring ved at reducere kraftfodertildelingen eller fuldfoderets EK. Nævnte justeringer i forhold til standardfunktionen kan anvendes for begge nævnte fodringsprincipper (FFP og fuldfoder).

Inden for besætning vil køer med en fra gennemsnittet afvigende ydelseskapacitet have en ændret foderoptagelse i samme retning (jvf. kap. 7), således at eksempelvis + 5 kg 4% mælk i tidligste del af laktationen vil forøge den daglige optagelse af ad libitum foder af høj kvalitet og foderværdi (FK over ca. 75) med knap 1 FE i gennemsnit af de første 36 uger efter kælvning eller ialt ca. 200 FE. Dette betyder, at der ved hjælp af et kvalitetsgrovfoder over denne periode kan opnås omtrentlig dækning af merydelsen ialt ca. 500 kg 4% mælk (Østergaard 1979). I nævnte situation, og når ydelsesafvigelsen ligger inden for gennemsnittet ± 5 kg 4% mælk, er der således ikke nogen begrundelse for på forhånd at tildele forskellig mængde kraftfoder til de enkelte køer ud fra en forventning om afvigende ydelseskapacitet. Som vist af Hindhede (1981) skal der – for før kælvning at kunne forudsige en given ydelsesafvigelse på 1, 3 eller 5 kg 4% mælk for perioden 1–24 uger efter kælvning – ydermere foreligge store afvigelser fra gennemsnittet m.h.t. kælvningsvægt og fars R-tal samt 305 dages ydelse i foregående laktation, når det drejer sig om 2. eller senere laktation (tabel 18.4). Tabel 18.4 viser tillige, at der til sådanne forudsigelser er knyttet en væsentlig usikkerhed udtrykt ved relativt lave R^2-værdier, undtagen for forudsigelser på basis af mindst de første 2–3 ydelseskontrolleringer efter kælvning. D.v.s. med mindre der foretages en daglig registrering af ydelsen kan en rimelig sikker forudsigelse først foreligge ca. 12 uger efter kælvning (u.e.k.). I løsdriftsbesætninger, hvor malkerækkefølgen varierer og dermed kontroldøgnets længde, er

Tabel 18.4 Forudsigelse af ydelsen de første 24 uger af laktationen på grundlag af informationer om afstamning og koens egenpræstation[1])
(Hindhede 1981).

Lakt. nr.	Model Information	Afvigelse i inf. for forventet afv. i $\bar{X}_{1-24}$ på : kg 4% mælk ±1	±3	±5	R^2 pct.
Før kælvning					
1.	Kælvningsvægt	± 60	–	–	10
	Fars R-tal	± 25	–	–	
2.–	Fars R-tal	± 50	–	–	25
	305 dg. yd. foregå. lakt.	± 550	±1100	±1650	
2.–	Kælvningsvægt	± 140	–	–	30
	305 dg. yd. foregå. lakt.	± 590	±1180	±1770	
Efter kælvning					
1.	1. ydelseskontrol	± 2,0	± 6,0	± 10,0	50
1.	1. og 2. ydelseskontrol, gns.	± 1,5	± 4,5	± 7,5	65
1.	1., 2. og 3. ydelseskontrol, gns.	± 1,4	± 4,2	± 7,0	70
2.–	305 dg. yd. foregå. lakt.	± 800	±2400	±4000	60
	1. ydelseskontrol	± 2,4	± 7,2	± 12,0	
2.–	305 dg. yd. foregå. lakt.	±1100	±3300	±5500	70
	1. og 2. ydelseskontrol	± 1,7	± 5,1	± 8,5	
2.–	305 dg. yd. foregå. lakt.	±1200	±3600	±6000	75
	1., 2. og 3. ydelseskontrol, gns.	± 1,6	± 4,8	± 8,0	

[1]) Den enkelte informations betydning udtrykkes ved dennes nødvendige afvigelse i forhold til køer i samme besætning og laktationsnummer, for at der kan forventes en given afvigelse i dagsydelsen de første 24 uger af laktationen ($\bar{X}_{1-24}$).

usikkerheden størst, og mindst 4 kontrolleringer skal foreligge for at forudsige ydelseskapaciteten rimeligt sikkert.

Spredningen i dagsydelsen 1–24 u.e.k. inden for besætningen kan variere fra besætning til besætning. På Helårsforsøgsbrugene er den fundet til ca. 2,5 kg 4% mælk for 1. kalvs køer og ca. 3,0 kg for øvrige køer (Hindhede 1978). D.v.s. at kun ca. 5% af alle køer i besætningen har en ydelse 1–24 u.e.k., der ligger uden for intervallet: gennemsnit ± 5 kg 4% mælk. Følgelig er der kun i de tilfælde hvor FK af organisk stof er lavere end 67 i ad libitum foderet et særligt behov for individuel regulering i det tilskudsfoder, der er fundet optimal på

besætningsniveau (uddybes i afsnit 18.3.5). Dette begrænsede reguleringsbehov skyldes den positive korrelation, der er imellem foderoptagelse og laktationsnummer samt vægt inden for dette, når der er et ensartede og godt huld ved kælvning (jvf. kap. 7 og afsnit 18.3.7).

Malkekoens høje ydelse tidligt i 2. og senere laktationer er dels en følge af mobiliseringen af kropsfedt (jvf. kap. 2) og dels foderoptagelsen, der er stigende med alderen (jvf. kap. 7). Dette forhold er illustreret i figur 18.6, hvor de lodret skraverede områder skematisk beskriver mobiliseringsomfanget ved bedste skøn, medens kurven viser et karakteristisk forløb af legemsvægten over laktationerne (Kristensen & Østergaard 1982).

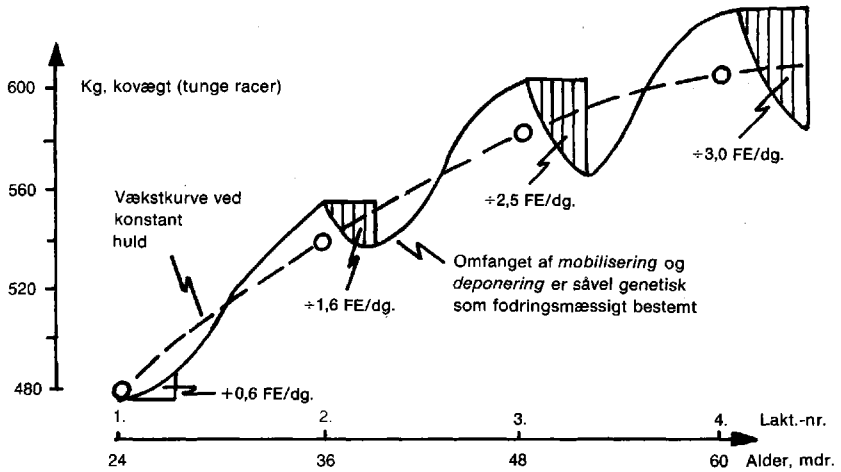


Fig. 18.6 Vækst- og vægtkurve for malkeko fra 1. til 4. kælvning.

18.3.2 Stald og arbejdskraft

Stalden forudsættes – uanset type – indrettet således, at koen optager det tildelte foder (jvf. kap. 9). Tillige forudsættes, at restriktivt tildelt foder (roer og tilskudsfoder) kan optages uden forstyrrelse af nabokøer, d.v.s. at der må være installeret effektive krybbeskillevægge eller automater.

Det ekstra varmetab/arbejde, der er forbundet med opstaldning i løsdriftsstald eller afgræsning varierer med temperatur, afstande, græsningstid, m.m., men svarer ofte til omkring 10% af vedligeholdelsesbehovet (Østergaard 1973

og Konggaard 1977). I det følgende antages foderoptagelsen af ad libitum foderet (høj FK) under disse forhold at stige tilsvarende (jvf. kap. 9), hvorfor det optimale tilskud ikke påvirkes.

Arbejdskraften, d.v.s. fodermesteren, må, for at de opstillede produktionsfunktioner og -data iøvrigt gælder, sikre køernes renmalkning, overvågelse for sygdomme og brunst, samt at de planlagte fodermidler bliver tildelt rettidigt og i den rette rækkefølge.

18.3.3 Priser på fodermidler, mælk og tilvækst

De respektive faktorers og produkters priser har en afgørende indflydelse på det optimale niveau af energi, protein og fedt, hvorfor fastlæggelsen af disse i den enkelte bedrift er en forudsætning for optimering af indsatsen af foder. Principperne er anført i kap. 16.

18.3.4 Ad libitum foder

Ved fodring med fuldfoder er ad libitum foderet hele rationen, og fysiologisk hensigtsmæssig sammensætning m.h.t. energikoncentration fremgår af fig. 18.4, og protein-/fedtindhold ses af tabel 14.5 og tabel 15.3, medens øvrige egenskaber, sukker, stivelse og tyggetid, er omtalt i afsnit 18.5.1. Følgende vedrører anvendelse af FFP, hvor der bør tildeles minimum 4 FE ad libitum foder dagligt.

Opgørelse af ad libitum foderets mængde er omtalt i kap. 16 og fastlægning af dets egenskaber sker ved hjælp af analysemetoder omtalt i kap. 3. Sundhedsmæssige aspekter er omtalt i kap. 5. For at kunne anvende de(n) i kapitel 17 anvendte optimeringsprocedure(r) ved fodring efter FFP må ad libitum foderet opfylde følgende (i parentes er anført et fysiologisk hensigtsmæssigt område):

- FK af organisk stof: min. 67 (70–80).
- EK: min. 0,63 FE pr. kg tørstof (0,7–0,8).
- Råprotein i tørstof: min. 13% (15–18).
- Foderets fylde: max. 0,87 FF pr. FE (0,7–0,5); (græs: min. ca. 0,4).
- Tyggetid: ca. 70–140 min. pr. FE (80–100); (græs: min. ca. 50).

Fodermidler, der ikke opfylder ovennævnte egenskaber kan ved samtidig udfodring (blanding) sammensættes til et anvendeligt ad libitum foder efter eksemplerne vist i tabel 18.5. Tabel B.1 i appendiks B giver en karakteristik af nogle udvalgte fodermidler ved typetal for de i denne sammenhæng mest betydende egenskaber.

Ved fodring med fuldfoder efter ædelyst vil der ved blanding af flere og vidt forskellige fodermidler ikke opstå problemer med at sammensætte en given blanding (jvf. fig. 18.4). Den optimale sammensætning diskuteres i afsnit 18.4, medens krav til den tekniske fremstilling er diskuteret af Krohn (1980).

Tabel 18.5 Grundfoderkombinationer til erstatning for græsmarksfoder som ad libitum foder. Pct. på tørstofbasis(ca.).

Er-statte nde fodermidler:	Græsmarksfoder: Kg ts./FE FE/kg ts.	1,60 0,63	1,40 0,71	1,20 0,83
Roetopens. + ludet halm[1]		50+50	90+10	100+0
Roetopens. + byghalm		80+20	95+5	100+0
Helsædens.[2] + NH_3-halm		55+45	85+15	100+0
Helsædens.[2] + roetopens.		–	20+80	80+20
Mask + byghalm		50+50	60+40	80+20
Hvedeklid + NH_3-halm		40+60	50+50	80+20
Roer[3] + kons. græs (EK: 0,60)		10+90	35+65	75+25

[1]) Incl. 150 g ford. råprotein pr. FE (f.eks. fra sojaskrå).
[2]) Incl. 75 g ford. råprotein pr. FE ved 30 g foderurea eller ved skrå- el. oliekageblanding.
[3]) Incl. 125 g ford. råprotein pr. FE ved 50 g foderurea eller ved skrå- el. oliekageblanding.

18.3.5 Restriktivt tildelt grundfoder og tilskudsfoder

Ved »restriktivt tildelt grundfoder« skal her forstås roer og lignende, der på en hensigtsmæssig måde kan sikre balance i proteintildeling m.m. på alle foderniveauer. Således vil ca. 3 FE roer + 1½ FE ad libitum foder dække behovet til vedligeholdelse af køer af de tunge racer. Herved kan ad libitum foderet med fordel indeholde ca. 160 g ford. råprotein og ca. 25 g korr. råfedt pr. FE beregnet til mælkeproduktion, og der fås ved hjælp af tilskudsfoderet, der er mere energi-, protein- og fedtrigt pr. kg tørstof en hensigtsmæssig reguleringsmulighed i daglig tildeling af energi, protein og fedt afstemt efter prisrelationer m.m. Typefoderblandingers E-, P-, F-indhold er omtalt i kap. 16.

Da det optimale foderniveau – udover prisforudsætningerne – afhænger af såvel besætningens ydelseskapacitet som ad libitum foderets foderværdi (jvf. kap. 13 og 16) bliver tilskudsfoderniveauet også forskelligt (jvf. afsnit 18.4.1 og appendix C), ved forskellig besætningsydelse og foderværdi af ad libitum foderet.

I de situationer, hvor det optimale foderniveau ved et tungt fordøjeligt ad libitum foder (EK 0,6) medfører et stort tilskudsfoder (9–11 FE daglig incl. evt. melasse) og dermed optagelse af et mindre ad libitum foder, kan forebyggelse af dels uheldig vomgæring og dels en for lille forskel i foderniveau mellem 1. kalvs og ældre køer foretages ved en differentieret tildeling af tilskudsfoderet. Denne kan – for 1. kalvs køer og ældre køer – hensigtsmæssigt være henholdsvis godt 10% mindre og knap 10% større end det gennemsnitlige optimale niveau.

Inden for et givet laktationsnummer vil det i samme situation yderligere være aktuelt – hvis praktisk muligt – at regulere tilskudsfoderet til de køer, der forventes at afvige markant fra gruppens gennemsnitlige ydelse 1–24 u.e.k.

(tabel 18.4). Ved forventet ± 3–5 kg 4% daglig, da ± 2–3 FE tilskudsfoder, såfremt det tungtfordøjelige ad libitum foder på tørstofbasis ikke forventes at udgøre mindre end 30% af hele rationen for de eventuelt aktuelle køer.

18.3.6 Planlægningsperiode

Ved anvendelse af såvel normfodring som FFP eller fuldfoder efter ædelyst må den økonomiske optimering af foderrationen i den enkelte besætning foretages hver gang, der sker en væsentlig ændring i priserne og/eller mængden til rådighed dagligt af de hidtil anvendte fodermidler, især ad libitum foderet. D.v.s., at en ny optimering kan blive aktuel også i løbet af stald- eller afgræsningsperioden.

Proportionale ændringer i foder- og produktpriser giver ikke anledning til ny optimering, medens en sådan bør foretages, når priserne på de indbyrdes konkurrerende fodermidler – ad libitum foderet og tilskudsfoderet – samtidigt ændres over 20% i samme retning i forhold til mælkepris og værdi af tilvækst. Ligeledes optimeres der påny, såfremt tilskudsfoderet ændres med over 10% og ad libitum foderet med over 50% i forhold til de øvrige priser (alsidig ration). Fodres der ensidigt med græsmarksfoder, bør der justeres, når sidstnævnte foderpriser ændres mere end det halve af de anførte procenter.

Indtræder der, f.eks. før høst særligt ugunstige prisforhold af kortere varighed, bør foderniveauet højest reduceres ca. 1 FE. Tilsvarende bør ekstremt gunstige prisforhold af kortere varighed højest medføre en forøgelse på 1 FE.

Tabel 18.6 Beskrivelse og vurdering af malkekoens huld

Huldkarakter 1: Mager. Huldkarakteren 1 gives til køer, som er afmagrede, ribbenene træder meget tydeligt frem. Rygsøjlens torntappe meget tydeligt, og foran hoftehjørnerne ses rygsøjlens tværtappe tydeligt. Hoftehjørnerne er meget fremtrædende; alle fedtdepoter er forsvundet omkring halerodpartiet, og hele partiet er indfaldent.

Huldkarakter 2: Tynd. Huldkarakteren 2 gives, når køernes ribben ses tydeligt, og rygsøjlens torntappe kan ses. Koen har fået et markeret præg.

Huldkarakter 3: Normal. Karakteren 3 gives til køer ved et passende arbejdshuld. Alle konturer er afrundede, ribben og torntappe kan kun anes under huden; der findes kun en svag hulning foran hoftehjørnerne, og halerodpartiet er afrundet.

Huldkarakter 4: Godt huld. Karakteren 4 gives til køer med begyndende fedtdannelse, ribben og torntappe ses ikke. Kryds og ryg er udfyldt, og der er tydelige fedtansamlinger i halerodpartiet.

Huldkarakter 5: Fed. Køer med store fedtansamlinger i halerodpartiet og i lysken tildeles karakteren 5. I ekstreme tilfælde kan fedtpuderne ved haleroden hænge bagud.

For den enkelte ko baseres planlægningsperioden på laktationsstadium og uddybes i det følgende afsnit.

18.3.7 Regulering af foderniveauet for den enkelte ko i henhold til laktationsstadium og huld

Ved normfodring foretages der en løbende regulering af foderniveauet. I en genetisk normal sammensat besætning er der, som vist i afsnit 18.3.1, procentisk kun få køer, der i laktationens første 24 uger afviger så stærkt i ydelse, at der er behov for individuel tilpasning af tilskudsfoderet, når der fodres ved det forenklede fodringsprincip. Ved fodring med fuldfoder vil der ligeledes være få køer, der skal flyttes til en ny gruppe med lavere foderniveau.

Efter ca. 12 uger efter kælvning, vil den enkelte ko's huld (tabel 18.6) kunne give et væsentlig bidrag til afklaring af om foderniveauet har været og er passende. Foderoptagelsen hos den enkelte ko vil – ved ad libitum fodring – ikke være kendt med mindre, der foretages arbejdskrævende individuel foderregistrering.

Den enkelte ko's huldkarakter kan anvendes til vurdering af, om der er behov for individuel justering af foderniveauet. Sammenhængen mellem huldkarakter og nødvendig tilvækstfoder (excl. foster) er beregnet og anført i tabel 18.7 for forskelligt laktationsnummer og -stadium.

Tabel 18.7 Sammenhæng mellem huldkarakter og nødvendig tilvækstfoder excl. foster. FE pr. ko daglig*).

Laktations-nr. og -stadium		Huldkarakter ved periodens begyndelse (normalvægt v. per.'s slutn.)				
		Mager 1	Tynd 2	Normal 3	Godt huld[4] 4	Fed 5
1.[1]	u.e.k.					
	12 til 44	2,2	1,8	1,3	0,9 (560)	–
	24 til 44	2,8	2,1	1,4	0,7 (560)	0
2.[2]	12 til 44	2,0	1,5	0,9	0,3 (610)	slagt
	24 til 44	2,9	2,0	1,1	0,2 (610)	–0,9
Øvr.[3]	12 til 44	2,1	1,5	0,8	0,1 (640)	slagt
	24 til 44	3,3	2,2	1,1	0 (640)	–1,1

[1]) 1 point ≈ 20 kg (excl. vækst: 20 kg 12–24 u.e.k.; 20 kg 24–44 u.e.k.)
[2]) 1 point ≈ 25 kg (excl. vækst: 10 kg 12–24 u.e.k.; 5 kg 24–44 u.e.k.)
[3]) 1 point ≈ 30 kg (excl. vækst: 5 kg 12–24 u.e.k.; 0 kg 24–44 u.e.k.)
[4]) Ønskelig forud for goldning.
*) Grundlag for beregninger: Land & Leaver 1981, Threacher et al. 1981 og Kristensen & Østergaard 1982.
Forudsætninger: 5,0 FE pr. kg tilvækst incl. hensyn til nedsat foderudnyttelse ved øget foderniveau.

Reduktion af foderniveauet til enkelte køer foretages ikke for udsætterkøer p.g.a. tilvækstværdien og for de øvrige køer, der også kan blive udsætterkøer, tidligst når drægtighed er konstateret. Dette sidste kan være af væsentlig økonomisk betydning, fordi drægtighed opnås lettest ved kraftig fodring og dermed forbedret huld (jvf. figur 18.7), og fordi forringede drægtighedsforhold og deraf forlænget kælvningsinterval kan betyde tab på op til 10–20 kr. pr. dag intervallet forlænges (James & Esslemont 1979). Tabet, der for visse måneder for 1. kælvning kan ændres til gevinst, afhænger af:

- Mælkeprisen i årets respektive måneder.
- Foderpriserne og kraftfoderandelen.
- Ydelsesniveau og laktationsforløb for 1. til 4. laktation med forskellig kælvningsmåned (fodringsprincip bestemt).
- Goldperiodens længde.

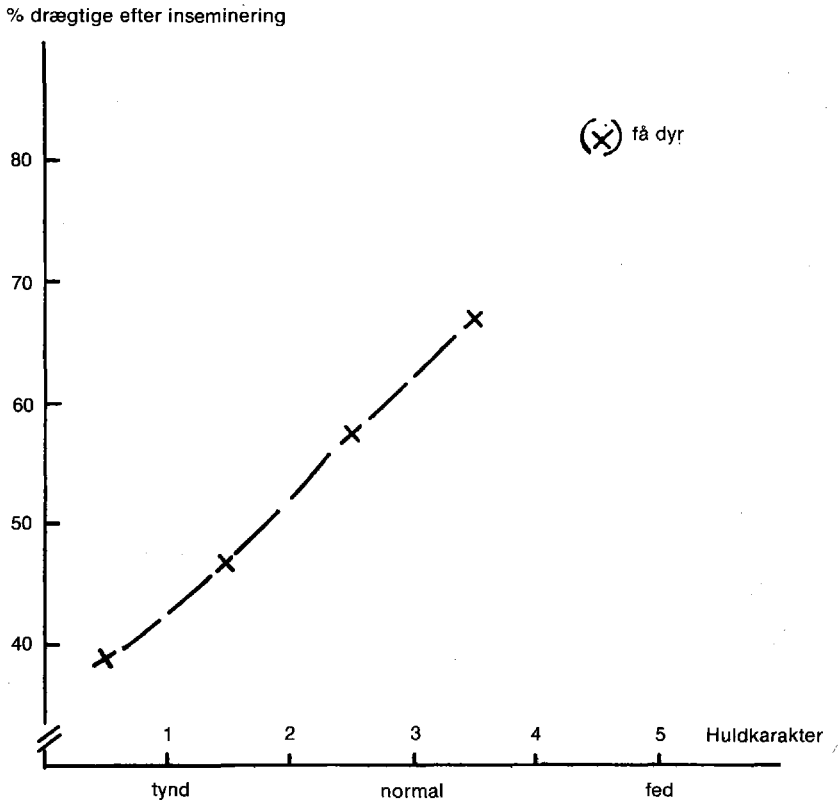


Fig. 18.7 Sammenhæng mellem huldkarakter ved inseminering og procent drægtige (datakilde: Esslemont 1979).

18.4 Optimale rationer på forskelligt laktationsstadium

Malkekoens hormonale reguleringssystem (kap. 2 og 12) medfører, at der mobiliseres energi m.m. i den tidligste del af laktationen, og at der senere i laktationen sker en genopbygning af vævene, d.v.s. deponering (kap. 2 og 13). Dette medfører, at det optimale fodringsprincip og den optimale ration er forskellig i første og anden halvdel af laktationen. Fodringen i disse karakteristisk forskellige perioder samt i goldperioden behandles i det følgende, idet der primært fokuseres på fodring med FFP eller fuldfoder, og sekundært på normfodringen, der også behandles i kap. 13, 14, 15 og 17.

18.4.1 Første halvdel af laktationen

Fodring ved FFP:

I tabel 18.8 er for en alsidig ration (incl. roefoder) anført de foreløbigt afbalancerede rationer for 3 forskellige situationer (bedrifter) m.h.t. ad libitum foderets foderværdi. (Yderligere forskel kunne ligge i ad libitum foderets/græsensilagens tørstofindhold, gæringskvalitet og fysiske struktur samt sundhed, jvf. kap. 3, 5 og 8). Den foreløbige afbalancering er foretaget på foderets fylde (FF), dets tyggetid (TT), indhold af fordøjeligt råprotein og korrigeret råfedt pr. FE (jvf. kap. 16 og 17). Det bemærkes, at foderniveauet er forskelligt ved den foreløbige afbalancering, således 15,5, 16,0 og 16,5 FE i gennemsnit af alle køer (40% 1. kalvs) i laktationens første 24 uger (jvf. tabel 16.1 og afsnit 18.3.5).

Den optimale ration ved 6 forskellige prissæt og øvrige forudsætninger fremgår af nederste del af tabel 18.8. Tilskuddet er anført ved konstant niveau af aktuel typefoderblanding, medens den gennemsnitlige optagelse af ad libitum foderet er anført, også i FE. Den samlede optimale ration fremkommer ved, at der hertil også lægges det heraf uafhængige restriktivt og ens tildelte roefoder (3,5 FE pr. ko daglig i de anførte eksempler).

Tilsvarende viser tabel 18.9 optimale rationer på bedrifter, hvor stort roefoder er økonomisk mere fordelagtig, og tabel 18.10 viser optimale rationer i bedrifter, hvor roer, roeaffald og melasse ikke er økonomisk fordelagtigt at anvende som restriktivt grundfoder, hvorfor græsensilage (evt. hø) er det eneste fodermiddel udover typefoderblanding. Betydningen af proteinets nedbrydningsgrad i vommen er et kompliceret spørgsmål, der focuseres stærkt på pt.. Derfor er der her alene angivet nogle grænser (jvf. tabel 18.8's fodnote).

Optagelsen af ad libitum foderet er også påvirket af dets egenskaber (jvf. kap. 8). Virkningen af at afvige fra ca. 30% tørstof kan være betydelig, men indregnes let i optagelsesfunktionen. Derimod er virkningen af afvigende gæringskvalitet og fysisk struktur vanskeligere og mere kostbart at fastlægge forud for opfodringsperioden og foderplanlægningen, hvorfor dette spørgsmål løses lettest og billigst ved at kontrollere den faktiske gennemsnitlige optagelse af de(t)

Tabel 18.8 Optimale daglige rationer ved fodring med roer og lignende, ad libitum foder med forskellig foderværdi og kraftfoder under forskellige foderpriser. Staldperioden 1–24 u.e.k. ved FFP. (Kovægt: 550 kg. Ydelseskapacitet: 6500 kg 4% mælk).

		Konserv. græsmarksfoders foderværdi m.m.[1])								
Kg tørstof (ts.) pr. FE		1,6			1,4			1,2		
FE pr. kg ts.		0,63			0,72			0,83		
Træstof, % af ts.		33			30			25		
Råprot., % af ts.		13			15			18		
FK org. stof		67			73			82		
Foderets fylde,										
FF pr. FE		0,87			0,71			0,53		
Tyggetid, min./FE (TT)		144			113			82		
Ford. råprot. g/FE		140			150			165		
Korr. råfedt, g/FE		25			25			25		
Rationens fodermidler:		FE	FF	TT	FE	FF	TT	FE	FF	TT
R: Roer (roeaff., melasse)		3,5	0,9	70	3,5	0,9	70	3,5	0,9	70
A: Ad lib. græsensilage		4,0	3,5	576	5,0	3,6	565	7,5	4,0	615
T: Tilskudsfoder 175/60		8,0	1,6	32	7,5	1,5	30	5,5	1,1	22
Foreløbig afbalancering		15,5	6,0	678	16,0	6,0	665	16,5	6,0	707
Foreløbig ford. råprot., g		2083	–	–	2185	–	–	2323	–	–
Foreløbig korr. råfedt, g		580	–	–	575	–	–	518	–	–
Opt. tilskud FE[2]) [5]) Ad lib.[3])	175/60[4])	Tilskud, type	Ad lib.		Tilskud, type	Ad lib.		Tilskud, type	Ad lib.	
1,50	2,00	7,5 166/92	4,1		6,8 163/101	5,3		4,1 150/120	8,1	
	2,50	5,9 194/108	4,5		4,9 201/120	5,8		4,0 156/120	8,1	
2,00	2,00	7,9 161/88	4,0		7,3 157/96	5,1		5,3 139/120	7,6	
	2,50	6,3 187/103	4,4		5,5 187/118	5,6		4,0 156/120	8,1	
2,50	2,00	8,3 156/86	4,0		7,9 151/91	5,0		6,2 130/110	7,3	
	2,50	6,7 179/99	4,3		6,0 176/110	5,5		4,0 156/120	8,1	

[1]) God gæringskvalitet.
[2]) Mælkepris: 2,50 kr./kg 4% mælk. Tilvækst: 12,50 kr./kg. Foderpriserne er anført i kr./FE.
[3]) Alternativ værdi.
[4]) Suppleringsprotein: 1,00 kr./kg. Suppleringsfedt: 1,00 kr./kg. Byg: 1,86 hhv. 2,36 kr./FE.
[5]) Á. min. 125 g og max. 275 g ford. råprotein; max. 120 g råfedt. Min. 4 FE tilskudsfoder.

Tabel 18.9 Optimale daglige rationer ved stort roefoder, ad libitum foder med forskellig foderværdi og kraftfoder under forskellige foderpriser. Staldperioden 1–24 u.e.k. ved FFP. (Ko-vægt : 550 kg, Ydelseskapacitet : 6500 kg 4% mælk)[1]).

	Konserv. græsmarksfoderværdi								
Kg tørstof pr. FE	1,6			1,4			1,2		
Rationens fodermidler:	FE	FF	TT	FE	FF	TT	FE	FF	TT
R: Roer (roeaff., melasse)	6,0	1,5	100	6,0	1,5	100	6,0	1,5	100
A: Ad lib. græsensilage	3,0	2,6	432	3,0	2,1	339	3,0	1,7	246
Ad lib. NH_3-halm	0,5	0,7	100	0,8	1,1	160	1,1	1,5	220
T: Tilskudsfoder 225/100	6,0	1,2	24	6,2	1,3	26	6,4	1,3	26
Foreløbig afbalancering	15,5	6,0	656	16,0	6,0	625	16,5	6,0	592
Foreløbig ford. råprot., g	2043	–	–	2147	–	–	2267	–	–
Foreløbig korr. råfedt, g	682	–	–	706	–	–	731	–	–

Opt. tilskud, FE		Tilskud, type	NH_3-halm[2])	Tilskud, type	NH_3-halm[2])	Tilskud, type	NH_3-halm[2])
NH_3halm[2])	225/100						
1,00	2,09	5,5 228/120	0,6	5,4 231/120	0,9	5,6 223/120	1,3
1,00	2,59	4,0 275/120	0,8	4,1 275/120	1,1	4,3 275/120	1,4

[1]) Prisforudsætninger m.m.: Jvf. tabel 18.8 forneden.

[2]) NH_3-halmen udfodres sammen med græsensilage (roetopensilage). Ved tungt ford. græsensilage udfodres f.eks. melasse samtidigt så at kriterierne for ad libitum foderet opfyldes (jvf. tabel 18.5).

NB: Eksempler på optimering af foderrationer er givet i app. D.

aktuelle fodermidler (jvf. 18.7) og herefter foretage den aktuelle justering i tilskudsfoderet.

Straks efter kælvning optrappes det optimale tilskudsfoder hurtigst muligt under hensyntagen til:

- koens foderoptagelsesevne (lav, men stærkt stigende over de første uger med mobilisering)
- mængden af tilskudsfoderet
- tilskudsfoderets sammensætning.

Tabel 18.11 giver en oversigt over en mulig strategi for optrapning under forskellige forudsætninger.

Tabel 18.10 Optimale daglige rationer ved fodring med græsensilage med forskellig foderværdi og kraftfoder under forskellige foderpriser. Staldperioden 1–24 u.e.k. ved FFP. (Kovægt: 550 kg. Ydelseskapacitet: 6500 kg 4% mælk)

	Konserv. græsmarksfoders foderværdi m.m.[1])								
Kg tørstof (ts.) pr. FE	1,6			1,4			1,2		
FE pr. kg ts.	0,63			0,71			0,83		
Træstof, % af ts.	33			30			25		
Råprot., % af ts.	13			15			18		
FK, org. stof	67			73			82		
Foderets fylde,									
FF pr. FE	0,87			0,71			0,53		
Tyggetid, min./FE (TT)	144			113			82		
Ford. råprot., g/FE	140			150			165		
Korr. råfedt, g/FE	25			25			25		
Rationens fodermidler:	FE	FF	TT	FE	FF	TT	FE	FF	TT
A: Ad lib. græsensilage	4,5	3,9	648	5,5	3,9	622	8,0	4,2	656
T: Tilskudsfoder 175/60	10,5	2,1	42	10,5	2,1	42	9,0	1,8	36
Foreløbig afbalancering	15,0	6,0	690	16,0	6,0	684	17,0	6,0	692
Foreløbig ford. råprot., g	2468	–	–	2663	–	–	2895	–	–
Foreløbig korr. råfedt, g	743	–	–	768	–	–	740	–	–

Opt. tilskud ved: Ad lib.	175/60	Tilskud, type	Ad lib.	Tilskud, type	Ad lib.	Tilskud, type	Ad lib.
1,00	2,00	10,1 125/65	4,6	10,0 125/68	5,6	8,3 125/80	8,2
	2,50	8,3 137/73	5,0	7,8 133/79	6,2	5,7 125/102	9,2
1,50	2,00	10,5 125/64	4,5	10,5 125/66	5,5	9,3 125/74	7,8
	2,50	8,6 134/71	4,9	8,3 129/75	6,1	6,7 125/92	8,8
2,00	2,00	10,9 125/62	4,4	11,1 125/64	5,3	10,2 125/70	7,5
	2,50	9,0 131/69	4,8	8,9 125/73	6,0	7,7 125/84	8,4

[1]) God gæringskvalitet. Prisforudsætninger m.m.: Jvf. tabel 18.8 forneden.

Tabel 18.11 Optrapningsperioden for tilskudsfoderet, uger efter kælvning

Tilskudsfoder Mængde kg/dag	Stivelses-indhold	Laktationsnummer	
		Første	Senere
Under 6	lavt	2	1
	højt	3	2
6–9	lavt	3	2
	højt	4	3
Over 9	lavt	4	3
	højt	6	4

Tabel 18.12 viser en mulig differentieret tildeling af tilskuddet af protein og fedt i første halvdel af laktationen. Tabellen er beregnet på grundlag af funktioner fra danske protein- og fedtforsøg (Krohn & Andersen 1978, Danfær et al. 1980 og Østergaard et al. 1981). Det kan udledes, at differentieringen har størst positiv virkning på ældre køer med stor mobiliseringsevne.

Tab i fortjeneste ved at afvige fra den optimale tildeling kan forventes at være følgende, idet dette alene afhænger af mælkepris på grund af, at marginaludbyttet aftager efter en ret linie. *Tab, øre pr. foderdag:*

	Ford. råprotein		Korr. råfedt	
	±100 g	±200 g	±50 g	±100 g
Mælkepris, 300 øre/kg 4%	11	44	7	28

Tabel 18.12 Differentieret tildeling af det optimale protein- og fedtniveau for 1–24 u.e.k. Ændring i tilskudsfoderets indhold, ca. g pr. ko daglig. (Merudbytte, kg 4%)[1]

Lakt. nr.	Ford. råprotein		Korr. råfedt	
	1–12 u.e.k.	13–24 u.e.k.	1–12 u.e.k.	13–24 u.e.k.
1.	0	0	0	0
2.	+100 (0,1)	÷100 (0,1)	+ 50 (0,1)	÷ 50 (0)
Sen.	+200 (0,2)	÷200 (0,1)	+100[2] (0,2)	÷100 (0)

[1]) Praktisering af differentieret tildeling er ikke økonomisk fordelagtig, såfremt tilskudsfoderet – i krybben – fordyres blot få procent.

[2]) Ikke de første ca. 5 u.e.k.

Fodring med fuldfoder ad libitum:

De i tabel 18.8–18.10 anførte optimale rationer ved anvendelse af FFP vil også være optimale ved udfodring som fuldfoder for laktationsstadiet 1–24 u.e.k..

Normfodring:

I de tilfælde, hvor der ikke kan fodres ad libitum med et egnet grovfoder eller grundfoder, bør der (jvf. tabel 18.1) fodres efter aktuel ydelse (jvf. kap. 13). Eksempel på foderplan afstemt for de respektive ydelsesniveauer er vist i tabel 18.13, hvori også normaltildeling af mineralstoffer og vitaminer er anført (kap. 4). Protein- og fedtniveau pr. PFE afpasses efter foderniveau (kap. 14 og 15) og efter prisen på protein, fedt og mælk (kap. 16 og 17).

18.4.2 Anden halvdel af laktationen, herunder nedtrapning af foderniveauet

Ved fodring efter FFP eller ved fodring med fuldfoder bør foderniveauet oftest sænkes fra omkring 24 uger efter kælvning, idet der for den enkelte ko tages hensyn til:

- Forventet ydelse vurderet udfra den løbende ydelseskontrol.
- Drægtighed, d.v.s. afstand fra næste kælvning. Ikke-drægtige køer bør normalt fortsætte længere på konstant niveau.

Tabel 18.13 Eksempel på foderplan ved normfodring (0,4 FE pr. kg 4% mælk). Foder til vedligeholdelse (i bindestald) og 15,0 kg 4% mælk

Fodermiddel	kg	FE	g ford. råprot.	g korr. råfedt	g Ca	g P	g Mg
Roer	23	4,0	160	0	9	8	4
Roetopensilage	22	3,0	480	75	51	10	20
Græshø	1,5	0,8	120	20	8	4	2
Halm	1	0,3	8	8	4	1	1
Ialt grovfoder	48	8,1	768	103	72	23	27
÷ vedligeholdsfoder (kovægt: 600 kg)		4,5	420	–	33	30	11
Til mælkeproduktion		3,6	348	103	39	÷7	16
Afbalancering med:							
150 g mineralblanding					6	20	11
C-bl. (263/100)	2,0	2,4	630	240	14	24	9
Til 15,0 kg 4% mælk		6,0	978	343	59	37	36
Pr. kg 4% mælk		0,4	65	23	3,9	2,5	2,4
do. normalnorm		0,4	65	Var.	2,5	·2,25	0,6

forts.

Tabel 18.13 fortsat:

Detailfoderplan

4% mælk kg	Roer FE	Roetop-ensil. FE	Hø/halm FE	C-bl. FE	C-bl. (kg)	A-bland. FE	A-bland. (kg)	Ialt FE	Ialt g ford. råprot.	Ca P
Ca. 14 dg.										
før kælvn.	3,2	1,0	1,1	1,2	(1,0)	1,0	(1,0)	7,5	896	1,1
Gold	3,2	1,0	1,1	0,6	(0,5)			5,9	574	1,3
7,6–10,0	3,6	2,0	1,1	1,8	(1,5)			8,5	1065	1,4
10,1–12,5	3,6	3,0	1,1	1,8	(1,5)			9,5	1225	
12,6–15,0	4,0	3,0	1,1	2,4	(2,0)			10,5	1398	1,5
15,1–17,5	4,0	3,5	1,0	3,0	(2,5)			11,5	1636	
17,6–20,0	4,4	3,5	1,0	3,6	(3,0)			12,5	1809	
20,1–22,5	4,8	3,5	1,0	4,2	(3,5)			13,5	1983	
22,6–25,0	4,8	3,5	1,0	4,2	(3,5)	1,0	(1,0)	14,5	2148	
25,1–27,5	4,8	3,5	1,0	4,2	(3,5)	2,0	(2,0)	15,5	2313	
27,6–30,0	4,8	3,5	1,0	4,2	(3,5)	3,0	(3,0)	16,5	2478	
30,1–32,5	4,8	3,5	1,0	4,2	(3,5)	4,0	(4,0)	17,5	2643	1,1

I de sidste 2–3 uger inden kælvning øges kraftfodermængden, mens ensilagefoderet reduceres for at forebygge kælvningsfeber (der tilstræbes lavt Ca-indhold i foderet).
I de første 5–6 uger efter kælvning sættes koen om muligt 1–2 foderklasser højere, end dens ydelse betinger.
1. kalvskøernes grundfoder afstemmes efter grovfoderoptagelsen, og der gives ca. 1,0 kg A-blanding ekstra for tilvækst.
C-blanding, garanti pr. kg: 1,20 FE, 300 g ford. råprotein, 120 g råfedt. Beregnet indhold pr. kg: 7,1 g Ca, 11,8 g P, 4,5 g Mg.
A-blanding, dele (pct.): 50 (32,3) C-12 bl., 25 (16,1) kokoskager, 60 (38,7) havde, 20 (12,9) hvedeklid. Beretnet indhold pr. kg: 0,99 FE, 165 g ford. råprot., 70 g råfedt, 3,1 g Ca, 7,3 g P, 2,9 g Mg.
Mineralstofblanding: Indhold pr. 100 g: 4 g Ca, 13 g P, 7 g Mg.
D-vitaminbehov: Ca. 40.000 i.e. pr. ko ugentlig: 100 g Tranox Stærk (400 i.e. pr. g), dog det dobbelte fra kælvning til drægtighed er konstateret.
A-vitaminbehovet er dækket gennem roetopensilagen.
Vandbehov (incl. fodermidlernes indhold): ca. 4–5 kg pr. kg fodertørstof, afhængig af klima og laktation. Fri adgang til vand bør sikres døgnet rundt.

– Huld og nødvendig tilvækst forinden goldning; herunder skelnes mellem unge og ældre køer.

Jvf. afsnit 18.3.7, herunder tabel 18.6 og 18.7.

Nedtrapning af foderniveauet øver en væsentlig indflydelse på ydelsesnedgangen over laktationen. Dette er illustreret i fig. 18.8 for fodring efter dels FFP (L_0 og H_0), dels ved normfodring (jvf. iøvrigt kap. 13). Ved fodring af 1. kalvs køer med fuldfoder ad libitum fandt Krohn & Andersen (1981) og Krohn et al. (1983), at såvel rationens energikoncentration som et skift påvirker laktationen.

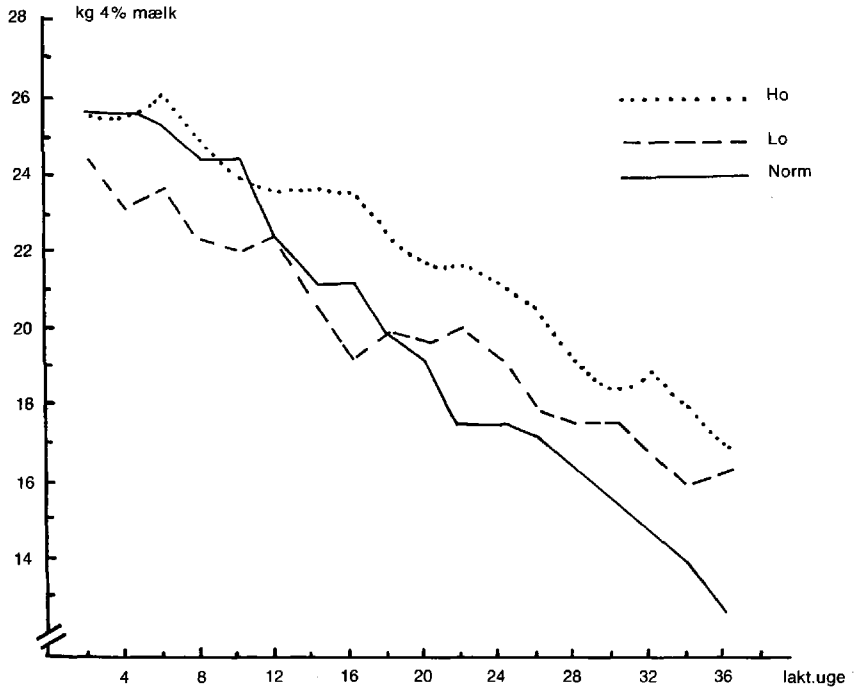


Fig. 18.8 Laktationskurver ved normfodring samt lavt (Lo) og højt (Ho) konstant kraftfoderniveau (Østergaard 1978).

Fig. 18.9 viser således, at laktationskurvens hældning var ÷0,8 (kg 4% mælk pr. 4 uger) ved laveste energiniveau (10,6 FE), men ÷0,5 ved midterste niveau. Ved højeste energiniveau (16,6 FE) var laktationskurven derimod næsten vandret efter at have været stigende over de første ca. 10 uger af laktationen. Efter 24 u.e.k. fodredes alle 3 forsøgshold med samme ration (lav energikoncentration), og efter ca. 10 uger var ydelsen ens (ca. 15 kg 4% mælk), selv om den var ca. 22, 19 og 16 kg 4% mælk ved 24 u.e.k. for henholdsvis hold HH, H og L. Der er således ingen vedvarende forskel i residual virkning, når foderet bliver ens. Engelske undersøgelser over forskellig energitildeling i staldperioden viser samme ydelse i afgræsningsperioden, når foderet bliver ens og rigeligt (Le Du et al. 1979, Laird et al. 1981 og Taylor & Leaver 1982). Dette understreger, at i midt- og senlaktation prioriteres vævopbygningen højere end mælkesyntesen, hvilket også kan udledes af Krohn et al. (1983). Nedtrapning af kraftfoder bør derfor ske med højest 0,5 FE pr. uge. Ved fodring med fuldfoder bør energikoncentrationen reduceres med eksempelvis højest 0,08 FE pr. kg

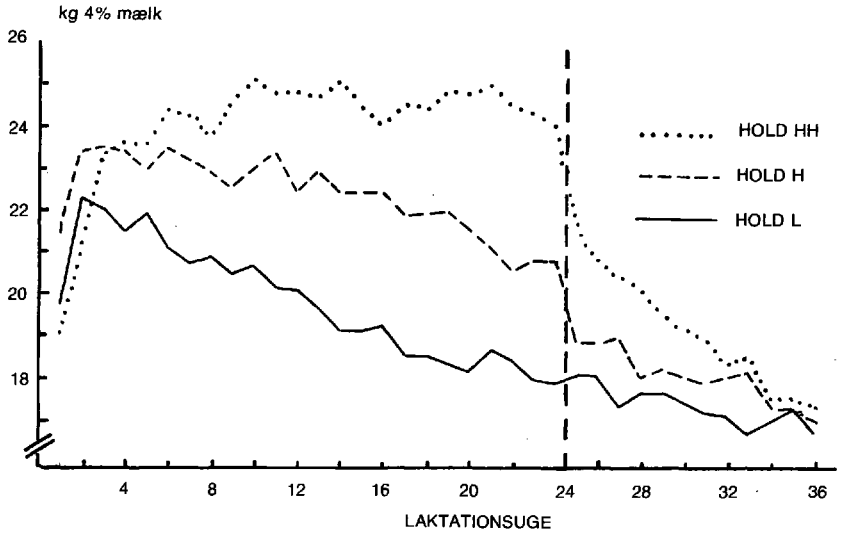


Fig. 18.9 Laktationskurver for 1. kalvs køer fodret med fuldfoder ad libitum med forskellig energikoncentration (Krohn & Andersen 1981).

tørstof (ialt FE aftager herved med ca. 2 FE), men antallet af grupper af køer bliver her en begrænsende faktor (fig. 18.4).

Fig. 18.9 viser umiddelbart et højere marginaludbytte for øget EK senere end tidligt i laktationen.

Nedtrapning ved normfodring er vist i tabel 18.13, og nedtrapning ved FFP er vist ved Hindhede et al (1983).

Det optimale proteintilskud til proteinfattigt grundfoder kan i anden halvdel af laktationen omfatte en større andel foderurea end i første (Andersen et al. 1973 og kap. 14).

18.4.3 Fodring i goldperioden

Som det er fremgået af afsnit 18.3.7, må det tilstræbes, at den enkelte ko har opnået et godt huld (karakter 4) forud for goldningen, der bør være afsluttet 6 uger før forventet kælvning. I goldperiodens 6 uger skal fodringen derfor alene dække de respektive behov til vedligeholdelse, fosterproduktion og opbygning af yvervæv. Foderrationen kan derfor – uanset fodringsprincip – omfatte den mængde energi, protein, mineralstoffer og vitaminer, der er vist i tabel 18.13's detailfoderplan.

18.5 Optimale rationer ved fodring med biprodukter i stort omfang

I bedrifter, hvor der anvendes betydelige mængder af biprodukter, fordi disse er billigere end roer og græsmarksfoder, må rationens samlede egenskaber ofres særlig opmærksomhed m.h.t. bl.a. sukker, stivelse, træstof eller fordøj. cellevægsstoffer samt fysisk struktur (tyggetid).

18.5.1 Biprodukters karakteristika og biologiske grænser for nogle næringsstoffer

Ovennævnte skyldes biprodukternes forskellige og ofte ensidige karakter m.h.t. nævnte egenskaber (tabel 18.14).

Ved hjælp af de senere års forsøg, herunder endnu upublicerede (Krohn 1983), har Hermansen (1982b) belyst nogle betydende kulhydratkilders indflydelse på mælkeydelsen (tabel 18.15). På dette grundlag og andre forsøg, herunder energi-proteinforsøg ved hjælp af bl.a. varierende bygtildeling (Krohn & Andersen 1978), kan følgende foreløbige, biologiske grænser angives som fordelagtige, såfremt særlige prisforhold ikke gør sig gældende:

Tabel 18.14 Indholdet af sukker, stivelse, træstof og struktur (tyggetid) i nogle fodermidler (Hermansen 1982a og Nørgaard 1981).

	% af tørstof			Tyggetid, minutter pr. kg ts.
	sukker	stivelse	træstof	
Vallepermeat	83	–	–	0
Rørmelasse	65	–	–	0
Roemelasse	62	–	–	0
Roer	61	–	6	18
Roeaff., ensileret	3	3	26	25
Roetopensilage	8 (0-10)	2	10	30
Mask	2	5	14	16
Hvedeklid	5	36	9	25
Byg, formalet	5	57	5	5
Kartoffelpulp	2	42	18	18
Majsensilage	1	20 (10-30)	25	60
Byghelsædsensilage	1	15 (10-25)	25	60
Græsensilage	1	3	25	60
Byghalm, NH_3-beh., snit.	–	–	45	100
Byghalm, lang	–	–	45	140

Tabel 18.15 Kulhydratkildens indflydelse på foderrationens indhold af sukker, stivelse og struktur samt virkningen på mælkeydelsen

(Eksempler efter Hermansen 1982b).

	Pr. ko daglig										
	Forsøgs-fodermidler kg tørstof		Ens. + hø + halm kg tørstof	Ialt kg tørstof	Ialt FE	% af tørstof			Tyggetid min. pr. kg ts.	Kg 4% mælk % af (a)	Formodet årsag til ændring i ydelsen
						Sukker	Stivelse	(Σ)			
1.	Roer	Rør-melasse									Struktur
(a)	4,9	0,6	7,5	19,1	16,9	21	7	(28)	33	100	(sml. også
(b)	2,7	3,1	7,2	18,8	16,8	21	7	(28)	31	98	faldende
(c)	0,5	5,5	7,2	19,0	16,7	21	7	(28)	28	94	fedtpct.)
2.	Roer	Byg									Y-ænd. svarer
(a)	5,3	0	7,7	15,5	14,1	22	1	(23)	37	100	til mer-energi.
(b)	2,7	3,0	7,8	16,0	15,2	12	11	(23)	35	101	Var.området f.
(c)	0	5,8	8,0	16,3	16,2	1	20	(21)	34	106	su., sti. OK
3.	Roer	Kartoffel-pulp									Red. af
(a)	5,5	0	5,3	17,5	17,0	26	6	(32)	31	100	sukker-
(b)	1,3	4,2	5,3	17,5	17,0	11	16	(27)	31	104	indhold
4.	Roe-melasse	Kartoffel-pulp									Højt stivel-
(a)	4,9	0	5,5	16,7	15,4	19	9	(28)	35	100	sesindhold
(b)	0	5,3	5,0	16,7	15,2	1	23	(24)	37	91	(fedspct.)
5.	Roer	Majs-ensilage									
(a)	0	9,5	0	13,4	12,7	1	17	(18)	44	100	FE
(b)	3	7,7	0	14,7	14,1	12	12	(24)	36	111	Sukker
(c)	6	5,6	0	15,6	15,8	23	8	(31)	30	100	Struktur

1. Hermansen 1981
2. Krohn & Andersen 1979
3. og 4. Ikke publiceret
5. Krohn & Andersen 1980

- Sukker: Maks. 30% af ialt ts. ved roefodring og maks. 20% af ialt ts. ved melassefodring.
- Stivelse: Maks. 20% af ialt ts. ved fodring med valset byg og havre. Lavere værdi ved bl.a. stærk findeling af stivelseskilden.
- Kombination: Sukker % + 1,5 × stivelse % = maks. 30%.
- Tyggetid: Min. 40 minutter pr. FE (afsnit 3.6).

Det har vist sig, at flere rationstyper – især baseret på roer, roetopensilage, mask og helsædsensilage – ikke kan opfylde 40 minutters tyggetid pr. FE, men der er dog ikke konstateret symptomer på manglende fysisk struktur (lav fedtprocent, lav fodereffektivitet, løbedrejning m.m.) ifølge Hindhede et al. (1983).

Højt indhold (% af ts.) af fordøjelige cellevægsstoffer (FC = fordøj. organisk stof ÷ ford. råprotein ÷ ford. råfedt ÷ stivelse ÷ sukker) er fordelagtig for foderoptagelse og -omsætning (kap. 4 og 7), og Kristensen (1982) angiver som ønskeligt niveau min. 30–33%.

Fortsatte undersøgelser kan skabe større klarhed over, hvorledes foderoptagelse og produktion påvirkes af de anførte biologiske forhold. Men det kan konkluderes, at anvendelsen af stivelsesrige, sukkerrige og/eller strukturfattige fodermidler må foretages under hensyntagen til det øvrige foders indhold af næringsstoffer og struktur. Generelt må det antages, at jo højere indhold af sukker og stivelse, desto mere struktur er nødvendigt i rationen som helhed. Analyse for stivelse og sukker er relativ kostbar, hvorfor stivelsesindholdet i kraftfodermidler (frø og dele heraf) for praktisk anvendelse kan fastlægges ved følgende formel (jvf. iøvrigt tabel 3.10):

% stivelse = % NFE – 3 (% træstof).

18.5.2 Foderrationer baseret på biprodukter

Halmens betydning i den højtydende ko's foderration er især som strukturfoder, men med kemisk behandling af halmen (Kristensen et al. 1978) er der åbnet mulighed for, at halmen kan dække en øget andel af rationens energiindhold. Dette ses af tabel 18.16 og 18.17, hvor sidstnævnte – udarbejdet af Hermansen (1982c) – tillige giver mulighed for at foretage et langsigtet valg m.h.t. foderration under forskellige prisforudsætninger på traditionelt ad libitum foder (græsensilage). (Uddybning af dette ligger uden for denne publikation).

Eksempler på foderrationer baseret på nogle af biprodukterne anført i tabel 18.14 er anført i tabel 18.18, idet roer og byg i vidt omfang kan erstattes af: melasse, valle, roeaffald, kartoffelpulp og klid alene eller i kombination (pektinaffald og cellulosepulp kan kun indgå med ca. 1–2 FE pr. ko daglig i første halvdel af laktationen). Manglende græsmarksfoder (græs, ensilage og/eller hø) kan erstattes af roetopensilage, mask, klid og/eller behandlet halm (protein- og fedtsuppleret).

Tabel 18.16 Halmniveauets indflydelse på foderrationens indhold af sukker, stivelse og struktur samt virkningen på mælkeproduktionen – halm eneste strukturfoder
(Hermansen 1982b).

	Halmbehandl.	ad lib. foder art.	ad lib. foder kg ts.	Halm kg ts.	Ialt kg ts.	Ialt FE	% af ts. Sukker	% af ts. Stivelse	Tyggetid min./kg ts.	Kg 4% mælk % af (a)	Evt. årsag til y-ændr.
1.											Struktur,
(a)	snitning	halmbl.	12,8	3,6	17,4	15,5	23	4	30	100	samspil,
(b)	NH_3+snit	halmbl.	13,1	5,4	17,7	15,7	18	4	39	107	sukker
2.											Energi,
(a)	snitning	halm	5,7	5,7	16,4	15,1	15	12	37	100	struktur,
(b)	snit.+NaOH	halm	7,4	7,4	18,1	17,9	14	11	43	108	ad lib. foder

1. Hermansen 1983
2. Kristensen & Andersen 1980

Tabel 18.17 Foderrationens indflydelse på foderforbrug og arealkrav samt produktion og aflønning til stald og arbejde pr. årsko. Tunge racer i bindestalde. 40% 1. kalvs køer (Hermansen 1982c).

Foderration (hele året)	Alsidig ration (let ford. ens.) 1.	Halmrationer: NH₃ behandlet halm, Snittet og blandet + roer 2.	Halmrationer: NH₃ behandlet halm, Snittet og blandet ÷ roer 3.	Halmrationer: NH₃ behandlet halm, Langt, separat 4.	Halmrationer: Snittet alm. halm i blanding 5.	Alsidig ration (tungt ford. ens.) 6.
Daglig fodertildeling:						
FE/ko de første 24 uger efter kælvning						
Højpct. kraftfoder	5	5+1*	5,5+1*	6,5	5+1,5*	6
Korn, klid o.lign.	1	1	0	1,5	1,3	2,5
Ensilage, hø	5*	1	0,5*	1,0	1,0*	3,5*
Roer + melasse o.l.	5	4+1,5*	4,5*	5,0	6,0*	4
Halm	0	2,5*	3,5*	2,0	1,2*	0
Ialt	16,0	16,0	15,0	16,0	16,0	16,0
* Tildeles efter ædelyst i blanding.						
Ydelse, relativt	100	90	84	87	84	95
Pr. årsko:						
Blande- og snitteomkostn., kr.	0	580	580	0	580	0
Ydelse, kg 4% mælk	6200	5600	5200	5400	5200	5900
Tilvækst, kg	30	40	50	40	50	40
Aflønning til stald og arbejde, kr.[1])	5328	3528	2888	3660	2768	4668
– do – ved alternative prisforhold						
a: dyrt græs (200 øre/FE)	3903	3378	2776	3510	2656	3618
b: a + 30 øre/FE indkøbt	3303	2478	1710	2565	1711	2838
c: b + 30 øre/kg 4% mælk	5163	4158	3270	4185	3271	4608

[1]) Forudsætninger: Priser, øre/FE: Højpct. kraftfoder 175, korn og fl. melasse o.l. 140, roer 110, ensilage og hø 125, halm 80, 4% mælk 210 øre/kg. Tilvækstværdi 578 kr. v. 40 kg og 10 kr. pr. kg afvigende tilvækst. Strøelse, dyrlæge og avlsomkostn. samt forrentning af ko 1250 kr. Foderværdi af NH_3-beh. halm: 1,9 kg tørstof/FE.

Tabel 18.18 Eksempler på rationer baseret på biprodukter og disses højeste værdi 1–24 u.e.k.

Foder-middel	Rations-type	FE pr. ko daglig 1–24 uger efter kælvning							
		Tradi-tionel	Roer, Mel.	Mel.	Aff. mel.	Roer, Pulp	Pulp	Pulp, hel-sæd	Als. bip.
Roer		5	2,5	–	–	2,5	–	2,0	–
Valle/melasse		–	2,5	5,0	2,5	–	–	–	2,5
Roeaffald		–	–	–	2,5	–	–	–	2,5
Kartoffelpulp		–	–	–	–	2,5	5,0	3,0	–
Græsens./ roetopens.		5	5	5	5	5	5,0	–	3
Helsædsens.		–	–	–	–	–	–	5,0	–
Mask		–	–	–	–	–	–	–	1
Halm, NH^3-beh.		–	–	–	–	–	–	–	1
Tilskudsfoder		6	6	6	6	6	6	6	6
Ændring i ydelse, %			÷2	÷6	0	0	÷5	÷9	0
Ændring i ydelse, kg 4% dgl.			÷0,5	÷1,4	0	0	÷1,2	÷2,1	0
Biprod.'s højeste værdi i.f.t. roer/affald, øre/FE*)			÷35	÷49	0	0	÷41	÷121	

*) Forudsat 250 øre/kg 4% mælk og 190 øre pr. FE.

For valg af den optimale ration i den kortsigtede foderplanlægning viser tabel 18.18 også den højeste pris, der under hensyntagen til de nævnte biprodukters indflydelse på mælkeydelsen, kan betales i forhold til roer/roeaffald.

Den optimale tildeling af energi, protein og fedt ved fodring med alsidigt sammensatte biproduktrationer kan antages at være tilsvarende de alsidige rationer (jvf. tabel 18.8), forudsat samme prisrelationer og tilsvarende fordøjelighed m.m. af ad libitum foderet. (Rationer baseret på ubehandlet halm som eneste strukturfoder må dog være 0,5–1,0 FE mindre).

18.6 Fodring ved afgræsning

Malkekoens optimale fodring ved afgræsning er påvirket af de samme faktorer som ved staldfodring, men enkelte udviser normalt langt større variationer over tiden. Det gælder:

- ad libitum foderets d.v.s. græssets mængde og egenskaber (fordøjelighed, protein- og sukkerindhold samt smag og struktur)

– miljøet, d.v.s. det vejrlig, som koen græsser under (jvf. kap. 9).

Dertil kommer at den daglige optagelse af græs ikke umiddelbart lader sig måle i praksis, hverken for den enkelte ko eller alle køer under eet.

Da optimering ved staldfodring i sommerhalvåret–uansetfoderemner (grøssensilage, roetopensilage etc.) – foregår efter de forannævnte retningslinier, skal der i dette afsnit alene focuseres på afgræsningssituationen. Ydermere forudsættes, at græs er det økonomisk mest fordelagtige foder og derfor udgør hovedfoderet. De mere langsigtede overvejelser om valg af fodringssystem f.eks. staldfodring med konserveret græs og/eller frisk græs contra afgræsning vil blive uddybet i kommende publikationer. I det følgende omtales summarisk, da uddybende undersøgelser pågår ved afdelingen:

1. Foderniveau.
2. Afgræsningssystem.
3. Typefoderplaner.
4. Sæsonmæssig og løbende regulering af tilskudsfoderet.

18.6.1 Foderniveau

Græsoptagelsen påvirkes som nævnt indledningsvis af de samme faktorer, som øver indflydelse på f.eks. ensilageoptagelsen ved staldfodring (jvf. kap. 7), men på grund af muligheden for at selektere ved afgræsning bliver græstilbuddet af særlig betydning. Græstilbud defineres som kg græstørstof til rådighed daglig for den enkelte ko, d.v.s. den mængde der kan afhøstes i 5 cm højde over jorden.

Med det foreliggende græsareal pr. ko vil der – selv med effektiv vanding – være en forskellig daglig græsproduktion over græsperiodens typiske 165 dage (maj–oktober). Dette er vist skematisk i figur 18.10 ved daglig nettoudbytte pr. ha. Nettoudbyttet, d.v.s. koens græsoptagelse, er afhængig af græstilbuddet og afgræsningssystemet.

Arten og mængden af tilskudsfoder øver stor indflydelse på græsoptagelsen, som derved vil afhænge af såvel tilskudsfoderets fylde (app. B, tabel B.1) som af græstilbuddet. Figur 18.11 illustrerer græsoptagelsen som funktion af græstilbuddet ved tildeling af 1–7 kg kraftfoder pr. ko daglig. Det ses, at græsoptagelsen stiger ved stigende græstilbud, men stigningen er afhængig af kraftfoderniveauet. Ved at øge græstilbuddet fra 15–25 kg organisk stof (OS) stiger græsoptagelsen 4 kg OS ved det lave kraftfoderniveau mod 2 kg OS ved det høje kraftfoderniveau.

Figur 18.11 viser således, at den marginale foderoptagelse ved tildeling af 1 FE kraftfoder mere er aftagende ved stigende græstilbud; men også kraftfoderniveauet har betydning. Hijink et al. (1981) viste, at den marginale foderoptagelse var aftagende ved stigende kraftfoderniveau, når frisk græs blev tildelt ad libitum på stald. Ifølge svenske undersøgelser formindskes græsoptagelsen

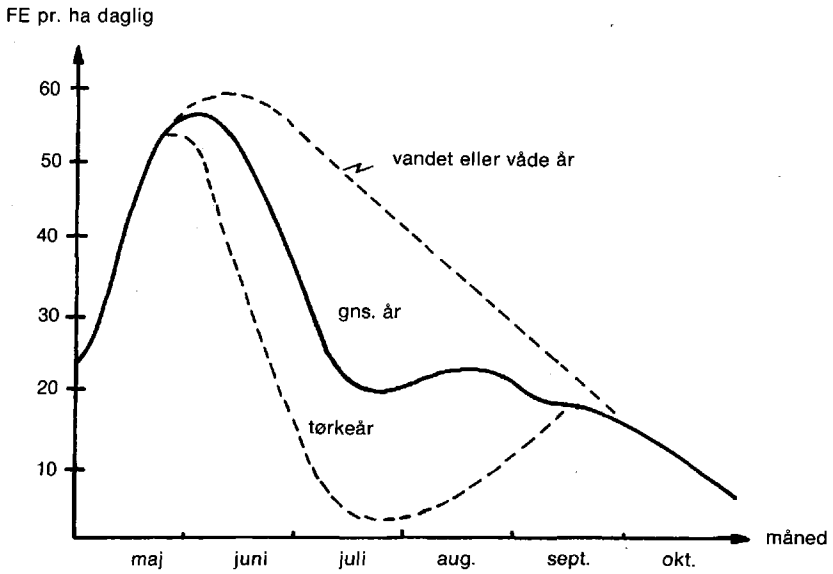


Fig. 18.10 Græsudbyttets fordeling igennem sæsonen, skematisk for sandjord.

med 0,4–0,6 kg organisk stof pr. ekstra kg organisk stof i kraftfoder, når tilbudet er ca. 20 kg græstørstof, og der tildeles 0–6 kg kraftfoder pr. ko daglig (Burstedt 1983).

Udover græstilbuddet og tilskudsfoderniveauet er græsoptagelsen også afhængig af følgende faktorer, der især vedrører græssets beskaffenhed: art- og sortssammensætning, fordøjelighed af organisk stof, kemisk sammensætning, lugt, smag, vejrforhold og årstid. De enkelte faktoeres indflydelse er udførligt beskrevet af Meijs (1981).

Mælkeydelsens forøgelse ved stigende mængde af tilskudsfoder afhænger især af græstilbud og -kvalitet, men laktationsstadium (ydelseskapacitet) og sæson (forsommer contra efterår) kan også øve indflydelse. Merudbyttet findes oftest at være 0,3–0,4 kg 4% mælk pr. kg ekstra kraftfoder (Leaver et al. 1968 og Journet & Demarquilly 1979), men der findes et aftagende merudbytte for stigende tildeling. Kristensen (1983) fandt således ved stort græstilbud i mindst et halvt døgn, at mælkeydelsen ikke blev signifikant påvirket af, at kraftfoderniveauet for køerne 2–24 u.e.k. øgedes fra 5,5 til 8,5 FE dagligt. Der indgik i alt 160 køer, der havde kælvet i perioden december–maj. Den daglige mælkeydelse var i gennemsnit i perioden 18/5 til 1/10 20,5 kg 4% mælk og græsoptagelsen var 60–70% af det tilbudte.

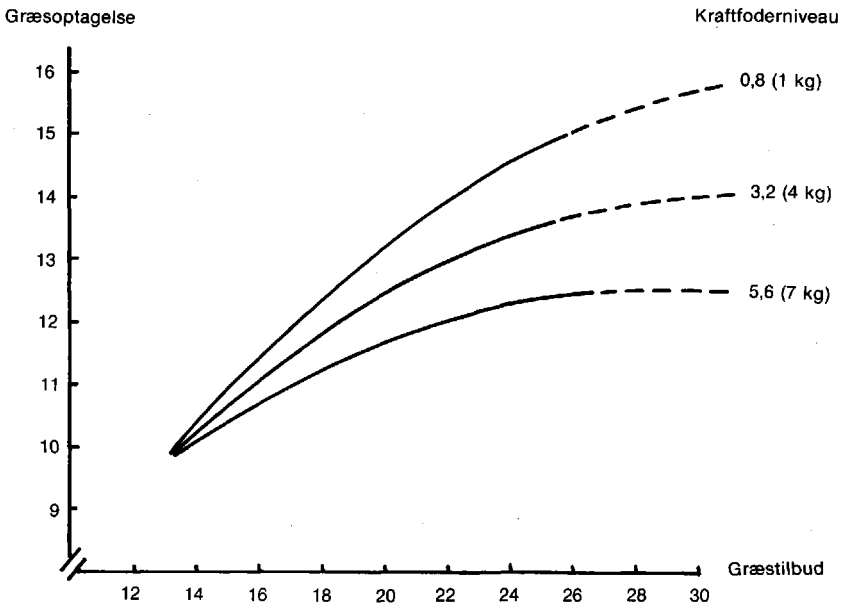


Fig. 18.11 Græsoptagelsen som funktion af græstilbuddet og kraftfoderniveauet, udtrykt i kg organisk stof pr. ko daglig (Meijs & Hoekstra 1983).

Det optimale foderniveau fastlægges – som ved vinterfodring – v.h.a. 1) mælkepris, 2) FE's pris og 3) ydelseskapacitet. Den marginale FE's pris bliver relativ høj, dels fordi et stort græsfoder har som økonomisk forudsætning, at græs er relativt billigt i forhold til andet foder, herunder især tilskudsfoderet (kraftfoderet), og dels fordi den marginale forøgelse af ialt – FE er lav (0,4–0,5 FE pr. ekstra FE i kraftfoder).

Eksempler på optimalt dagligt foderniveau (1–24 u.e.k., tunge racer):

a) Rigeligt og billigt græs*: ca. 15,0 FE (Græs: 11,0 og tilskud: 4,0)
(* Alternativ værdi 60–70% af A-bl.-pris, der er 80–90% af mælkepris).

b) Begrænset mængde græs*: ca. 16,0 FE (Græs: 8,0 og tilskud: 8,0)
(* Alternative værdi 80–90% af A-bl.-pris, der er 80–90% af mælkepris).

Hvis ydelseskapaciteten afviger fra ca. 6500 kg 4% mælk pr. laktation, reguleres med ± 1 FE tilskudsfoder pr. ± 1000 kg i afvigelse.

Ved afgræsning er midlet til at opnå en høj foderoptagelse især styringen af græstilbuddet. Ekstra tilskudsfoder skal anvendes i den løbende regulering af planen (se afsnit 18.6.4), så køernes foderniveau bliver det ønskede udfra det mulige græstilbud.

18.6.2 Afgræsnings-/slætsystem

Stor græsoptagelse forudsætter, at der løbende tilbydes 30–50% mere græs af ung afgrøde (0,9–1,0 FE/kg tørstof) end den ønskede optagelse. Dette kan kun opnås, hvis der er et stort græsareal til rådighed, og/eller hvis der vandes effektivt, samt at vejret iøvrigt ikke er ekstremt i forhold til en normal sommer.

Regulering af græstilbud og græssets foderværdi sker ved at anvende et afgræsningssystem baseret på mange folde, så køerne kun opholder sig 2–4 dage i samme fold. Tildelingen kan ske ved a) stribegræsning (halvdøgnsration) eller b) skifteholde (en hel fold i 2–4 dage). Ved stribegræsning kan der – alt andet lige – opnås en lidt højere græsoptagelsesprocent end ved skiftefolde. Græsmængden i de enkelte folde vurderes løbende, og anvendelsen planlægges 4–5 uger frem i tiden.

I forsommeren, d.v.s. indtil medio juni, er græssernes væksthastighed meget høj (fig. 18.10). Det er derfor særlig vanskeligt at planlægge anvendelsen i denne periode. De folde, der anvendes først (primo maj), skal afgræsses ganske let eller høstes med høj stub for ikke at beskadige planternes vækstevne. Herved opnås en hurtig genvækst, så folden kan afgræsses igen 1–2 uger senere; hvilket igen giver mulighed for at lade et stort antal folde stå til konservering ved begyndende skridning. Når græsafgrøden er i slutningen af strækningsfasen (ultimo maj), begynder foderværdien at falde hurtigt, og afgrøden bør derfor ikke afgræsses; men enten opfodres frisk på stald (yderligere en uge) eller konserveres.

I høj- og sensommerperioden efter skridningstidspunktet og efter, at dannelsen af sideskud er forløbet godt (græsmarken bliver tæt), er væksthastigheden mere moderat, men aftagende (fig. 18.10). Samtidig bliver foderværdien mere konstant. Den optimale hviletid efter en afgræsning er ca. 4 uger til næste afgræsning, 4–5 uger til frisk opfodring og 5–6 uger ved ensilering. Efter et slæt bør hviletiden være ca. 1 uge længere end efter en afgræsning.

Udskudt udbinding: Dels for at øge græsmarkens udbytte og dels for at lette planlægningen og styringen i maj–juni kan græsmarkerne høstes til konservering omkring 1. juni. Dette vil give et højere udbytte (ca. 1500 FE/ha), men kræver samtidig, at der er betydelig større mængder konserveret foder til rådighed. Endvidere sænkes andelen af frisk græs i rationen med ca. ¼ på årsbasis. Den økonomiske virkning afhænger især af den alternative værdi af staldfoderet (ensilage m.m.) og græsset, der i givet fald kan konserveres. For den langsigtede planlægning se Østergaard et al. (1977).

18.6.3 Typefoderplaner

På grundlag af fodringssystemet, foderbeholdningerne, forventningerne til græsproduktionen herunder fordelingen igennem sæsonen (fig. 18.10) opstilles en foderplan (jvf. kap. 16). Tabel 18.19 viser eksempler for laktationsstadiet

Tabel 18.19 Eksempler på foderrationer ved afgræsning. Tunge racer (kovægt 550 kg). FE pr. ko dagligt, alle køer 1–24 u.e.k.

Græstilbud		Rigeligt				Begrænset			
(kg tørstof/ko)		(19–21)		(14–15)		(10–11)		(7–8)	
A: Afgræsning forventet, gns.		11		9		7		5	
R: Roer, -affald, melasse		0		1		2		3	
R: Halm/hø/ens.		–		–		–		1	
T: Tilskud[1])		4–5		5–6		7–8		7–8	
Ialt fra kælvning til ca. 24 u.e.k., ca.		15–16		15–16		16–17		16–17	
Forv. yd. sen. i laktationen:	Alle: ialt[2]) FE	Tilskud 1. kalvs	Ældre køer	Tilskud 1. kalvs	Ældre køer	Tilskud 1. kalvs	Ældre køer	Tilskud 1. kalvs	Ældre køer
20,1–22,5	15,5	4	3	6	5	7	6	7	6
17,6–20,0	14,5	3	2	5	4	6	5	6	5
15,1–17,5	13,5	2	1	4	3	5	4	5	4
12,6–15,0	12,5	1	0	3	2	4	3	4	3
10,1–12,5	11,5	0	0	2	1	3	2	3	2
Mineralbl. (II),[3]) g		200	225	200	225	200	225	200	225

[1]) Kombination af korn og C-blanding, evt. typeblanding 125/60, 125/100, 175/60, 175/80 el. 175/100 afhængig af priserne.

[2]) De anførte foderniveauer dækker også normalt behov til vedligeholdelse (+ 10%), vækst samt deponering og fosterproduktion i midt- og senlaktation for 1. kalvs hhv. ældre køer ved de anførte ydelsesniveauer. Efter ca. 24 u.e.k. reguleres det anførte tilskudsfoder med +1 og ÷1 FE for køer, der er hhv. magre og i godt huld (karakter 4). I sidste halvdel af laktationen antages optagelsen af grundfoder (A+R) for alle køer i gns. at være 0–1 FE højere end i første halvdel, og ca. 0,5 FE mindre for 1. kalvs og ca. 0,5 FE større for de øvrige køer i forhold til gns.
Jersey-køer tildeles samme mængde tilskudsfoder da det mindre behov for vedligeholdelsesfoder m.m. modsvares af mindre optagelse af grundfoderet.

[3]) *Vitamintilskud:* Såvel A- som D-vitaminbehovet vil være dækket af disse rationer baseret på afgræsning.
Fodringsrækkefølge: Foderemnerne udfodres hurtigt efter hinanden i følgende orden med ca. 50% ved hver fodring – afhængig af græstilbud i dag – hhv. nattimerne:
Mogen: Tilskud (roer o.l.) og mineralstoffer.
Eftermiddag: Tilskud (roer o.l.) og mineralstoffer.

1–24 u.e.k. samt den efterfølgende nedtrapning af tilskudsfoderet. De 3 første planer vil typisk gælde for perioderne 1) forsommer, 2) juni–september og 3) efteråret under forudsætning af, at der er rigelige mængder græs til rådighed. Disse planer vil medføre en græsoptagelse på ialt ca. 1500 FE pr. ko i 165 græsdage (maj–okt.).

Græstilbudet er afgørende for foderoptagelsen, og vurdering af dets størrelse er af største betydning. Hjælpemidler til vurdering er høstning ved 5 cm stub af småparceller eller måling ved græs-o-meter (Michell 1982). Indirekte kan græstilbudet vurderes ved 1) det græs køerne har levnet og/eller 2) variationer/fald i den daglige mælkemængde i forhold til normalen for staldperioden. Regulering af tilskudsfoderet må foretages, såfremt græstilbudet ved arealjustering ikke kan holdes på det ønskede niveau.

18.6.4 Regulering af tilskudsfoderet

Aftrapning igennem laktationen: Når køerne er mere end 24 u.e.k., bør foderniveauet justeres i henhold til ydelsen, huld og afstand til kælvning. Dette sker på samme måde som ved vinterfodringen, d.v.s. der forudsættes uændret grovfoderoptagelse ved alle køer, og der tildeles tilskudsfoder, så den ønskede foderoptagelse opnås (tabel 18.19).

Sæsonmæssig regulering: Da vejrforholdene, græssets sammensætning og vækshastighed ændres væsentligt igennem sæsonen, er det hensigtsmæssigt at planlægge en sæsonbestemt ændring af tilskudsfoderniveauet, så køerne hele tiden sikres en tilstrækkelig næringsforsyning.

Græssets indhold af letopløselige kulhydrater (sukker) aftager igennem sæsonen, og indholdet af træstof er højest midt på sommeren. Dette gør, at græssets foderværdi er faldende igennem sæsonen – også selv om det høstes på samme udviklingstrin. For at kompensere for dette, reguleres tilskudsfoderet eksempelvis to gange: medio juni og medio september. Endvidere tildeles roelignende foder efter ca. 1. juli, som det er illustreret i figur 18.12.

Græssets vækshastighed aftager igennem sæsonen, hvorfor andet foder kan blive nødvendigt. Den faldende produktion modvirkes dog af, at græsarealet ofte kan udvides i sensommeren, hvor efterafgrøde fra korn- eller helsædsmarker kan indgå. Italiensk rajgræs har en høj foderværdi, og da der er tale om førstegangs-afgræssede marker, er det velegnet til afgræsning eller frisk opfodring.

Såfremt der er rigelige mængder græs, og der iøvrigt er gode vejrforhold, kan tidspunktet for indsættelsen af større mængder andet foder udskydes til slutningen af september. Herefter bør mindst halvdelen af det friske græs erstattes af ensilage og roelignende foder (fig. 18.12). Det kan endvidere blive nødvendigt at udskifte en del A-blanding med C-blanding for at justere protein- og fedtniveauet.

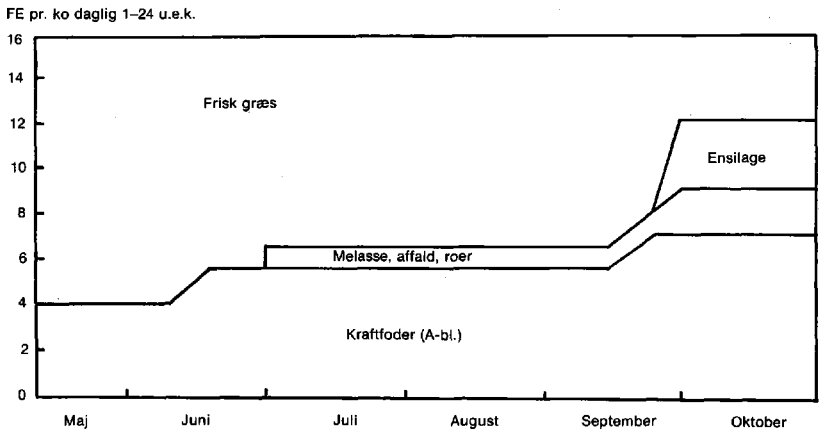


Fig. 18.12 Sammensætningen af foderrationen igennem sæsonen forudsat rigelige mængder græs tildelt ved afgræsning.

Løbende regulering: Såfremt der opstår mangel på græs af høj foderværdi, eller hvis foderoptagelsen hæmmes som følge af lange regnperioder, er det nødvendigt at tildele erstatningsfoder for at opretholde en høj mælkeproduktion. Omvendt vil det være økonomisk fordelagtigt at sænke niveauet, hvis der er rigelige mængder græs.

Tidspunktet for indsættelsen af erstatningsfoder må bero på en vurdering af græstilbudet udfra afgræsningssystemet, nedbørsforhold og tidspunktet på vækstsæsonen. En sikker reaktion på en mangelfuld foderforsyning er en nedgang i mælkeydelsen, som dog først optræder, efter at græsforsyningen har været for lille. Det er derfor vigtigt, at græsforsyningen planlægges 4–5 uger frem i tiden, så der kan sættes ind i tide og dermed gøre foderskiftet så glidende som muligt.

Som erstatningsfoder for græs er A-blanding og melasse egnet i mindre mængder og i korte perioder. Såfremt det er af længere varighed, bør det erstattes med andet grovfoder, f.eks. hø eller ensilage (græs, helsæd og roetop). I tilfælde af mangel på nævnte grovfoder kan roeaffald/-piller, klid og halm indgå.

For metoder til regulering af græsproduktionen og styring af fodringen henvises til kap. II og III i 459. beretning fra SH (Østergaard et al. 1977).

18.7 Kontrol på foderoptagelse, produktion og fodereffektivitet

Den planlagte foderrations realisering bør løbende kontrolleres ved at registrere den faktisk optagne mængde og kvalitet (foderværdi m.m.). Ligeledes er det af betydning – for et længere tidsrum – at beregne fodereffektiviteten, hvilket også inddrager måling af livsytringerne: vedligeholdelse, mælke- og fosterproduktion samt tilvækst

18.7.1 Kontrol på foderoptagelse

Kontrollen på, om den planlagte fodring er realiseret, gennemføres f.eks. hver 4. uge i forbindelse med ydelseskontrol, dog hyppigere ved variation i foderkvalitet, ved at veje/måle eet døgns forbrug af alle fodermidler til den enkelte ko, en grupper af køer og/eller hele besætningen. De registrerede mængder (kg foder, FE, protein m.m.), der ved stikprøven repræsenterer den faktiske tildeling, sammenholdes med de planlagte mængder til de respektive kategorier af besætningen eller hele besætningen. Fremgangsmåden ved foderregistreringen, der afhænger af flere forhold, bl.a. staldtypen og udfodringsteknikken, skal ikke uddybes her (vejledning er udarbejdet af bl.a. Landskontoret for kvæg, Viby J.).

Iagttages der relativ store afvigelser fra planen foretages der straks en justering, med mindre afvigelsen må antages at skyldes tilfældigheder. Der må justeres og træffes særlige kontrolforanstaltninger, såfremt afvigelserne for de enkelte fodermidler ikke kan holdes inden for følgende vejledende grænser:

Fodermiddelkategori:	Enkelt døgn	Gens. af 2 reg.
Restriktivt tildelt (kraftfoderbl. m.m.)	±10%	± 5%
Ad libitum tildelt (græsmarksfoder m.m.)	±15%	±10%

Ved overskridelse af anførte grænser bør også nærmere undersøges/vurderes, om døgnregistreringen er repræsentativ, og om de anvendte foderværdier er realistiske. Det skal bemærkes, at ovennævnte kontrol på fodertildelingen bliver uden værdi, såfremt der er brist i vejningen/målingen af de udfodrede fodermidler og/eller disses foderværdiansættelse, samt hvis fodringen fra dag til dag er meget ustabil.

Mindre afvigelser i den totale tildeling af energi (inden for ± 0,8 FE), protein- og fedttildeling (inden for henholdsvis ± 200 g og ± 100 g pr. ko daglig) inden for et enkelt døgn giver ikke anledning til justering (jvf. tabel 17.9 og afsnit 18.4.1).

18.7.2 Fodereffektivitet

I forbindelse med ydelseskontrol og foderregistrering kan der laves en beregning af:

$$\text{Fodereffektiviteten (\%)} = \frac{\text{Beregnet foderkrav, FE}}{\text{Foderforbrug, FE}} \times 100, \text{ og}$$

$$\text{Proteineffektivitet (\%)} = \frac{\text{Beregnet proteinkrav, g}}{\text{Proteintildeling, g}} \times 100.$$

Beregning af disse effektivitetsmål forudsætter kendskab til såvel det samlede foderforbrug som alle livsytringer.

Det optagne foder udnyttes til følgende livsytringer, idet det beregnede normkrav i FE og protein er angivet i parentes:

- Mælkeproduktion (kg 4% mælk à 0,40 FE og 65 g ford. råprotein)
- Vedligeholdelse ($\frac{\text{legemsvægt, kg}}{200}$ + 1,5 FE (plus 10% i løsdriftsstalde) og pr. kg legemsvægt 0,7 g ford. råprotein)
- Tilvækst (kg tilvækst à 4,0 FE à 80 g ford. råprotein)
- Fosterproduktion (FE pr. foster RDM og SDM: 130 FE og Jersey: 90 FE à 150 g ford. råprotein).

Fodereffektiviteten kan i praksis kun beregnes præcist for en længere periode (eksempelvis 2, 3 eller 6 mdr.), idet tilvæksten – som én af de fire livsytringer – kun kan fastlægges for en relativ lang periode og ikke over én eller blot nogle få dage. Dette gælder – omend i mindre grad – også proteineffektiviteten.

En løbende kontrol af fodereffektiviteten, d.v.s. over et enkelt døgn, må derfor foretages ved fastlægning af foderforbruget (FE) samt de øvrige 3 livsytringer: Ydelse samt foder til vedligeholdelse og fosterproduktion. Fradrages foderforbruget det for de 3 nævnte livsytringer beregnede foderkrav, fås en rest til tilvækst + »uudnyttet« foder.

»Uudnyttet foder« vil være den rest, som er tilbage, når foderkrav til ovennævnte fire livsytringer er fratrukket den registrerede optagne fodermængde. Den »uudnyttede« del såvel som foder- og proteineffektiviteten kan variere over året og fra besætning til besætning og kan forklares af bl.a. følgende:

a. Foderniveau (FE daglig).
b. Foderrationens kvalitet og hensigtsmæssige afbalancering med hensyn til protein, mineraler, vitaminer og struktur.
c. De enkelte fodermidlers fordeling over døgnet.
d. Sundhedstilstand (yverbetændelse, bentøj etc.).

e. Kvaliteten af pasningen, herunder stabilitet i fodertildeling.
f. Registreringssikkerhed.

Yderligere uddybning ligger uden for denne publikation, men til støtte for vurdering af en beregnet fodereffektivitet og »uudnyttet« rest anføres i tabel 18.20 sammenhængen mellem foderniveau i bindestald-besætning og forskellig gennemsnitlig kovægt (40% 1. kalvs køer).

Tabel 18.20 Fodereffektivitet (pct.) og »uudnyttet rest« (FE) ved forskelligt foderniveau til malkekøer af forskellig gennemsnitsvægt (40% 1. kalvs køer)
(Model baseret på Danfær 1983)

Gns. kovægt, kg	FE pr. ko daglig				
	9	11	13	15	17
400	102 (÷0,2)	96 (0,4)	90 (1,3)	85 (2,3)	(79) (3,6)
500	105 (÷0,5)	100 (0)	95 (0,7)	90 (1,5)	85 (2,6)
600	(108) (÷0,7)	103 (÷0,3)	99 (0,2)	94 (0.9)	90 (1,7)

Beregningerne, der er baseret på sammenhæng mellem dagligt foderniveau og foderudnyttelse fastlagt på forsøgsdata for SDM-køer ved Danfær (1983), forudsætter, at foderudnyttelsen falder med 10%, når foderniveauet øges med 1 × vedligeholdsbehovet (V) udover 2,75 × V. Foderudnyttelsen stiger tilsvarende, når foderniveauet ligger under 2,75 × V. Danfær fandt lidt lavere fodereffektivitet hos unge køer end hos ældre.

Ved fodring med særlig proteinrig ration, f.eks. afgræsning af ung græs/kløver, kan proteintildelingen til især køer i sidste del af laktationen overstige livsytringernes proteinkrav – i henhold til normerne – med f.eks. 1000 g fordøjeligt råprotein pr. ko daglig. Dette betyder yderligere en reduktion i foderudnyttelsen, fordi der i følge Tyrrel et al. (1970) og Danfær et al. (1980) medgår ca. 0,8 FE pr. kg overskudsprotein, der skal omsættes og udskilles. Proteineffektiviteten vil falde stærkere end fodereffektiviteten, og for forskellige foderrationstyper vil denne ligge fra få til ca. 10 enheder under fodereffektiviteten, mindst for roerige rationer og mest for græsrige rationer (Østergaard 1975).

18.8 Sammendrag og konklusion

Fastlægning og anvendelse af den optimale foderration til malkekoen er af stor betydning for det økonomiske resultat i den enkelte besætning. Foderrationen må optimeres under hensyn til faktor- og produktpriserne samt variablerne: fodermidlerne, stalden, arbejdskraften, koen (ydelsesanlæg, vægt, laktationsnummer m.m.) mælkeydelsen og tilvæksten. Disse variable bestemmer også det mest fordelagtige fodringsprincip. Om disse variable og de optimale foderrationer under forskellige forudsætninger kan konkluderes:

1. De forudsætninger, der gør hvert af de 3 følgende hovedfodringsprincipper til det økonomisk mest fordelagtige kan kort sammenfattes i:
   - *Normfodring:* Bindestaldbesætninger, der mangler egnet grovfoder til ad libitum fodring, og i hvilke alle fodermidler kan fodres restriktivt og individuelt.
   - *Strategifodring med kraftfoder (FFP):* I alle besætninger – uanset staldtype – hvor grovfoder (græsensilage el. lign. foder, evt. grundfoder) kan fodres ad libitum og tilskudsfoder (kraftfoder) kan udfodres individuelt eller i grupper. Dette princip bruges også ved afgræsning. Ekstremt høje priser på ad libitum foderet eller kraftfoderet eller ekstrem lav mælkepris i forhold til kraftfoderprisen gør dette princip mindre fordelagtig end en mulig normfodring.
   - *Fodring med fuldfoder efter ædelyst:* I store besætninger – uanset staldtype, men med gruppedeling – hvor ad libitum fodring med alle fodermidler i homogen blanding er mulig, og hvor blandingsomkostningerne kan dækkes af sparet arbejde, lavere staldomkostninger og/eller højere ydelse. Ydelsesstigning kan påregnes ved udpræget fodring med ernæringsmæssigt ensidige fodermidler.
2. Planlægning af den optimale foderration i den enkelte besætning nødvendiggør, at dennes forudsætninger vedrørende ovennævnte variable fastlægges nøje. Ved anvendelse af fodringsprincipper baseret på ad libitum fodring iagttages specielt:
   - Ydelseskapacitet fastlagt ved ydelsesanlæg og pasningskvalitet eller opnået årsydelse (ved ad libitum foder af middelhøj foderværdi ved FFP).
   - Ad libitum foderets energi- og proteinkoncentration samt struktur (EK: 0,7 – 0,8 FE pr. kg tørstof, råprotein: 15 – 18% af tørstof og FF: 0,5 – 0,7 pr. FE er hensigtsmæssige værdier. De optimale er prisbestemte).
3. Den enkelte ko's huld, der bedømmes efter skalaen 1–5 (mager til fed), bør også inddrages ved fastlæggelse af foderniveauet efter mobiliseringsperioden (tabel 18.6–18.7).
4. Den optimale daglige tildeling af FE, fordøjeligt råprotein og korrigeret råfedt er for første halvdel af laktationen hos køer af de tunge racer fundet at ligge inden for følgende grænser, når priserne på ad libitum foder og til-

skudsfoder varierer inden for de i praksis forekommende priser, og der samtidigt betragtes 3 typiske foderrationer:

	Alsidig	Roer	Græsensilage
FE	13,9–17,0	13,6–15,9	13,3–17,7
Protein	1912–2134	1768–2094	1831–2509
Fedt	683– 872	542– 765	726– 902

Disse niveauer må under samme prisforudsætninger også antages at være de optimale ved fodring med fuldfoder efter ædelyst.

5. Differentieret tildeling af protein og fedt i første halvdel af laktationen, d.v.s. forskellig tildeling af tilskudsfodermidler i perioderne 1–12 og 13–24 uger efter kælvning, kan for ældre køer med stor mobiliseringsevne være økonomisk fordelagtig, såfremt tilskudsfoderet og udfodringen ikke fordyres (tabel 18.12).
6. Ved udpræget fodring med biprodukter, der oftest har en ensidig sammensætning, må udfodringen ofres særlig opmærksomhed for at sikre, at såvel et ad libitum foder som hele rationen opnår de karakteristika, der er en forudsætning for en ikke stærkt afvigende omsætning, og at de fastlagte produktionsfunktioner har gyldighed. Væsentlig fodring med halm og andre biprodukter, kan på trods af formindsket ydelse i forhold til normalrationen (græs- og roefoder) være økonomisk fordelagtig (tabel 18.17 og 18.18).
7. Fodring ved afgræsning og dermed tilstræbt ad libitum fodring med græs medfører optimering af rationen på samme måde som ved fodring efter FFP på stald. Eksempler på optimale rationer under forskellige forudsætninger m.h.t. græstilbud og priser er givet i afsnit 18.6.1 og tabel 18.19.
8. Den planlagte foderrations realisering bør løbende kontrolleres ved at registrere den faktisk optagne mængde af hvert fodermiddel og ved at sammenligne til planen. De opstillede mål for ydelse og tilvækst bør også checkes løbende ved sammenligning til den faktisk opnåede produktion. Herudover kontrolleres fodereffektiviteten med henblik på en indkredsning af eventuelle brist i produktionen.

18.9 Litteratur

Andersen, P. E., Larsen, J. B., Sørensen, M. & Østergaard, V. 1973. Optimal proteinforsyning til kvæg. 11. medd. (ældre serie), Landøk. Forsøgslab., Kbh. 34 pp.

Burstedt, E. 1983. The effect of summer feeding systems on the performance of spring-calving dairy cows. Swedish University of Agric. Sci. Dep. Anim. Husbandry. Rapport 106. Uppsala.

Cassel, E. K., Mervill, W. G., Milligan, R. A. & Guest, R. W. 1981. Evaluation of systems for feeding supplemental concentrates to cows in groups. Proceedings. Cornell nutrition. conference for feed manufactures. 112–117.

Danfær, A., Thysen, I. & Østergaard, V. 1980. Proteinniveauets indflydelse på malkekøernes produktion. I. Mælkeydelse, tilvækst og sundhed. 492. beretn., Statens Husdyrbrugsforsøg, Kbh. 165 pp.

Danfær, A. 1983. Energiværdien af malkekoens foder falder med stigende foderoptagelse. Ugeskrift for jordbrug. 515–519.

Esslemont, R. J. 1979. Management with special reference to fertility. In Feeding strategy for the high yielding dairy cow. (ed. W. H. Broster & H. Swan). 258–294.

Hermansen, J. E. 1981. Roer contra rørmelasse til malkekøer. 368. medd., Statens Husdyrbrugsforsøg, Kbh. 4 pp.

Hermansen, J. E. 1982a. Foderproduktion, foderværdi, og -kvalitet af nogle betydende fodermidler til kvæg. Helårsforsøg med kvæg XXII (ed. V. Østergaard & J. Hindhede). 532. beretn., Statens Husdyrbrugsforsøg, Kbh. 24–39.

Hermansen, J. E. 1982b. Biprodukters indplacering i foderrationen. Kursusbilag, Tune Landboskole. 2 pp.

Hermansen, J. E. 1982c. Foderforsyning med biprodukter. Årsmødebilag, Helårsforsøg med kvæg. 2 pp.

Hermansen, J. E. 1983. NH_3-behandlet contra ubehandlet halm i blandinger til malkekøer. 451. medd., Statens Husdyrbrugsforsøg, Kbh. 4 pp.

Hijink, W. F., Le Du, Y.L.P., Meijs, J.A.C. & Meijer, A.B. 1981. Supplementation of the grazing cow. Paper for the IV European Grazing Workshop Theix, France 14–18 sept.

Hindhede, J. 1978. Malkekvægets produktion og økonomi. Helårsforsøg med kvæg XVIII. 474. beretn., Statens Husdyrbrugsforsøg, Kbh. 48–103.

Hindhede, J. 1981. Forudsigelse af ydelseskapaciteten med henblik på en forbedret foderstyring. Årsmødebilag, Helårsforsøg med kvæg.

Hindhede. J., Hermanden, J. E., Kristensen, E. S., Sørensen, J. T. & Østergaard, V. 1983. Helårsforsøg med kvæg XXIII. Statens Husdyrbrugsforsøg, Kbh. Under trykning.

Holmes, W. 1980. Grass, its production and utilization. The British Grassland society by Blackwell scientific publications. London. 296 pp.

James, A. D. & Esslemont, R. J. 1979. The economics of calving intervals. Anim. Prod. *29*, 157–162.

Journet, M. & Demarquilly, C. 1979. Grazing. In Feeding strategy for the high yielding dairy cow. (ed. W. H. Broster & H. Swan). 295–321.

Konggaard, S. P. 1977. Forsøg med forskellige staldtyper til malkekøer. II. Fodereffektivitet og reproduktionsforhold. 182. medd., Statens Husdyrbrugsforsøg, Kbh. 4 pp.

Kristensen, A. R. & Østergaard, V. 1982. Optimalt udskiftningstidspunkt for malkekoen fastlagt ved en stokastisk model. 533. beretn., Statens Husdyrbrugsforsøg, Kbh. 146 pp.

Kristensen, E. S. 1983. Tilskudsfoder til køer på græs. Helårsforsøg med kvæg XXIII. (ed. J. Hindhede et al.). Under trykning. Statens Husdyrbrugsforsøg, Kbh.

Kristensen, V. F. 1982. Biologiske grænser for foderrationer. Personlig meddelelse.

Kristensen, V. F., Andersen, P. E., Stigsen, P., Thomsen, K. V., Andersen, H. R., Sørensen, M., Ali, C. S., Mason, V. C., Rexen, F., Israelsen, M. & Wolstrup, J. 1978. Natriumhydroxyd-behandlet halm som foder til kvæg og får. 464. beretn., Statens Husdyrbrugsforsøg, Kbh. 218 pp.

Kristensen, V. F. & Andersen, P. E. 1980. Ubehandlet og natronludbehandlet, snittet byghalm til malkekøer. 334. medd., Statens Husdyrbrugsforsøg, Kbh. 4 pp.

Krohn, C. C. 1980. Krav til fremstilling af sammenblandede foderrationer til kvæg. 344. medd., Statens Husdyrbrugsforsøg, Kbh. 4 pp.

Krohn, C. C. 1983. Kulhydratkildens betydning. Personlig meddelelse.

Krohn, C. C. & Andersen, P. E. 1978. Forskellig energi- og proteinmængde til malkekøer i tidlig laktation. 475. beretn., Statens Husdyrbrugsforsøg, Kbh. 72 pp.

Krohn, C. C. & Andersen, P. E. 1979. Foderrationer med roer eller byg til malkekøer tildelt separat eller som fuldfoder. 480. beretn., Statens Husdyrbrugsforsøg, Kbh. 28 pp.

Krohn, C. C. & Andersen, P. E. 1980. Majsensilage i kombination med forskellige mængder roer til malkekøer. 313. medd., Statens Husdyrbrugsforsøg, Kbh. 4 pp.

Krohn, C. C. & Andersen, P. E. 1981. Fuldfoder med forskellig energikoncentration til første kalvs køer før og efter kælvning. 401. medd., Statens Husdyrbrugsforsøg, Kbh. 4 pp.

Krohn, C. C., Hvelplund, T. & Andersen, P. E. 1983. The effect of performance of different energy concentration in complete rations for first lactation cows before and after calving. Livestock Prod. Sci. *10*. 223–237.

Krohn, C. C. & Konggaard, S. P. 1976. Undersøgelse over foderoptagelse og social adfærd hos gruppefodrede køer i løsdrift. II. Faktorer, der påvirker den individuelle optagelse af græsensilage ved ad libitum tildeling. 441. beretn., Statens Husdyrbrugsforsøg, Kbh. 26 pp.

Laird, R., Leaver, J. D., Moisey, F. R. & Castle, M. E. 1981. The effects of concentrate supplements on the performance of dairy cows offered grass silage ad libitum. Anim. Prod. *33*, 199–209.

Land, C. & Leaver, J. D. 1981. The effect of body condition at calving on the production of friesian cows and heifers. Papers for the 76th meeting of the British Society of Animal Production. Abstr. 367.

Le Du, Y. L. P., Combellas, J., Hodsson, J. & Baker, R. D. 1979. Herbage intake and milk production by grazing dairy cows. 2. The effect of level of winter feeding and daily herbage allowance. Grass and Forage Sci. *34*, 249–260.

Leaver, J. D., Campling, R. C. & Holmes, W. 1968. Use of supplementary feeds for grazing dairy cows. Dairy Sci. Abstr. *30*, 355–361.

Meijs, J. A. C. 1981. Herbage intake by grazing dairy cows. Versl. Landk. Onderz. 909. 269 pp.

Meijs, J. A. C. & Hoekstra, J. A. 1983. Concentrate supplementation of grazing dairy cows. 1. Effect of concentrate intake and herbage allowance on herbage intake. Stencil. 20 pp.

Michell, P. 1982. Value of a rising-plate meter for estimating herbage mass of grazed perennial ryegrass – white clover swards. Grass and Forage Sci., *37*, 81–87.

Nørgaard, P. 1981. Foderstrukturens indflydelse på lakterende køers tyggeaktivitet og vommotorik. Licentiatafh. Husdyrbrugsinstitutet, Den kgl. Veterinær- og Landbohøjskole. 161 pp.

Owen, J. B. 1982. Complete diet feeding. XX EAAP Meetings. Leningrad. 11 pp.

Taylor, W. & Leaver, J. D. 1982. A comparison of three methods of concentrate allocation to cows and heifers offered grass silage ad libitum. Br. Soc. Anim. Prod. winter meeting 1982. Paper no. 3. 2 pp.

Treacher, R. J., Reid, I. & Roberts, C. J. 1981. The effect of body condition at calving on the development of fatty liver and metabolic disease. Papers for the 76th meeting of the British Society of Animal Production. Abst. 30.

Tyrrell, H. F., Moe, P. W. & Flatt, W. P. 1970. Influence of excess protein intake on energy metabolism of the dairy cow. Proc. 5th Symp. Energy metabolism of Farm Animals. EAAP Publ. no. 13. (ed. A. Schürch & C. Wenk), Zürich, 69–72.

Østergaard, V. 1973. Malkekøers græsoptagelse ved afgræsning. Ny beregningsmetode. Ugeskrift for agronomer og hortonomer. *19*, 308–313.

Østergaard, V. 1975. Kvægproduktionens teknisk-økonomiske planlægning, styring og kontrol. Kompendium II. Den kgl. Veterinær- og Landbohøjskole, Kbh. Stenciltryk. 36 pp.

Østergaard, V., Henneberg, U., Hermansen, J. E. & Hindhede, J. 1976. Produktionsstyring med anvendelse af forenklet fodringsprincip. Tekniske og økonomiske resultater i forskellige mælkeproduktionssystemer 1975–76, Helårsforsøg med kvæg XVI. 442. beretn., Statens Husdyrbrugsforsøg, Kbh. 120 pp.

Østergaard, V., Henneberg, U., Hermansen, J. E. & Hindhede, J. 1977. Produktionsstyringens indflydelse på de tekniske og økonomiske resultater i grovfoder- og mælkeproduktionssystemer 1976–77, Helårsforsøg med kvæg XVII. 459. beretn., Statens Husdyrbrugsforsøg, Kbh. 141 pp.

Østergaard, V., Henneberg, U., Hermansen, J. E. & Hindhede, J. 1978. Helårsforsøg med kvæg XVIII. Produktionsstyringens indflydelse og de tekniske og økonomiske resultater i grovfoder- og mælkeproduktionssystemer 1977–78. 474. beretn., Statens Husdyrbrugsforsøg, Kbh. 167 pp.

Østergaard, V. 1978. Mælkeproducentens redskaber til styring af produktionen over året. Anvendelse og virkninger. 246. medd., Statens Husdyrbrugsforsøg, Kbh. 4 pp.

Østergaard, V. 1979.Strategies for concentrate feeding to attain optimum feeding level in high yielding dairy cows. An interdisciplinary study based on a Danish long-term experiment 1972–76 on input-output relationships in milk production. 482. beretn., Statens Husdyrbrugsforsøg, Kbh. 138 pp.

Østergaard, V., Danfær, A., Daugaard, J., Hindhede, J. & Thysen, I. 1981. Foderfedtets indflydelse på malkekøernes produktion. 508. beretn., Statens Husdyrbrugsforsøg, Kbh. 140 pp.

19. English summary and conclusions

Chapter 1. Introduction

1. The modern dairy farmer lives in a society which is more dynamic than ever before. From research and development he is constantly offered new technologies and methods of production, and prices of inputs and outputs are continuously changing due to price competitions or political interference. It is therefore important to develop tools or means by which the dairy producer can optimize *his* production under *his* conditions so that he obtains maximum profit.
2. Many factors are determinants for the economic outcome of the production e.g. buildings, quality of labour, yield capacity of the cows etc., but in the short term the feed is the most deciding factor. The »production feed« is the real variable cost since the basic feed (i.e. for maintenance, pregnancy, body gain), the buildings, the cow and the labour are practically fixed in an established herd and only vary little with the production level of the cow. With present prices and production level these costs account for 65% of the total production costs and the variable costs thus account for 35%. Table 1.1 illustrates the economic consequences of varying the feed input in a dairy herd from 1950 to 3100 production feed units (PFU) per cow. The difference in gross margin per cow is 3200 Danish Crowns. At higher feed prices and lower milk prices the optimal feeding level will be lower, as it can be deduced from fig. 1.1.
3. The optimization procedures described in the following chapters have as basis the short term view in which the buildings, the herd and the labour are fixed costs. The grown roughages are another determinant, which can be considered as fixed. This means that the long term planning and control of the production involving e.g. choice of roughage crops, changes in herd size, labour force, etc. are not considered here.
4. In this situation the central problem is to find the way in which the home grown feeds at hand are best combined and fed together with purchased concentrate feeds to form an economic optimal ration in respect of energy, protein, fat, fill and structure of the ration, minerals and vitamins. In doing this the actual prices of feeds, milk and body gain *at the farm* are taken into account by means of production functions determining the input/output relationships cf. fig. 1.3.
5. The purpose then of the present publication has been an attempt to analyse and synthezise the institutes' own and other experimental data in establishing tools which the dairy farmer can use for the optimization of the feeding of his cows. Special regard has been paid to the high yielding dairy cow of today and tomorrow.

Chapter 2. The characteristics of the dairy cow

The purpose of this chapter is to give a general description of the dairy cow, its origin and development through natural and artificial selection. Emphasis is placed on the anatomical and physiological characteristics which are of speciel importance to understand the function of the dairy cow, and its special role in animal production.

With a view to future breeding, the growing problems related to the high negative energy balance in early lactation are pointed out. They call for increased attention to an uncomplicated production history in selection of bull mothers, for more weight placed on appetite and feed conversion in performance testing of young bulls, and for a selective advantage of cows having flat lactation curves.

In respect of feeding the increased yield capacity of the future cow will require that high roughage quality is aimed at by all means. New feeding principles such as strategy feeding of concentrates and complete feeding should be developed further. Measures in the area of feed technology is another area where new developments, e.g. protected proteins and fats, will be necessary, if the genetic potential of the future dairy cow shall be realized.

Chapter 3. The characteristics of the feeds

1. The chemical analysis of feedstuffs has for more than 100 years been based on the Weende-analysis, but revision of the classical methods and addition of new ones are recommended. In ruminants the content of digestible crude protein is highly dependent on the toal protein content of the feedstuff, and the apparent digestibility can be calculated from the total protein content. In the future the protein value of feedstuffs for ruminants will be expressed also by the degradability in the rumen. Concerning the content of crude fat, it is recommended that the original method is substituted by a method (Stoldt), where the total content of fatty acids is extracted. The NFE and fiber analysis can no longer be considered as sufficient for a description of the carbohydrate fraction of the feeds. The starch and sugar content is of importance in many situations. The same is true for the Van Soest analysis by which the cell wall and cell content constituents are separated.
2. Determination of the in vitro digestibility has become an important parameter for the description of feeds for ruminants. Results are presented which show a close correlation between the in vivo and the in vitro digestibility after correction of the latter for fat content of the feed. The cellulase solubility is an alternative method, but it is not suitable for feeds or feed mixtures with a low content of cell wall substances. Lack of standardized preparations of cellulase/hemicellulase is another obstacle for widespread use of this method. New Danish results are reported which show a marked

decline in the in vivo digestibility with increasing feeding level. The decline is most expressed for the cell wall substances, but is also dependent on the composition of the total ration.

3. Table 3.10 of the chapter presents the chemical composition (dry matter, ash, Stoldt fat, starch + sugar (LHK), fiber, NFE, NDF, ADF and lignin) for a range of feedstuffs, common in rations for dairy cows.
4. The digestive processes in the rumen are highly dependent on the physical properties of the feed. Lack of physical structure leads to e.g. low fat content of the milk, low feeding efficiency, decreased fiber digestibility, acidoses, bloat and torsion of abomasum. Experiments have shown that there is a close correlation between the chewing-time and the motility of the reticulo-rumen (no. of contractions/min.). The standard chewing-time for a number of feeds is presented, and it is estimated that a ration with a standard chewing-time of 50 min. per Scandinavian feed unit will satisfy the cows' need for physical structure.

Chapter 4. The energy value of feeds, minerals and vitamins

1. The present system for energy evaluation of feeds for ruminants is the Scandinavian Feed Unit, which is a net energy system and introduced around year 1900. Since then much work has been done to improve basis for improving the energy evaluation and bring it in concordance with the basic principles of the energy metabolism. New net energy systems have been worked out e.g. in DDR (1971), in the Netherlands (1978) and USA (1969). In Denmark the Scandinavian Feed Unit has been maintained, first of all due to the great number of production experiments which have been carried out to assess the feed unit content of a long range of feeds. Presently, a new method for the calculation of feed units is being worked out, which will bring the Scandinavian Feed Unit system in better agreement to the newer systems and make it more operational.
2. Examples of the computational procedure for assessing the feed unit content are given. The determination of the contents of digestible energy by means of the in vitro method is also shown by an example.
3. The importance of sufficient supply to the dairy cow of minerals and vitamins is emphasized, and the present norms used in Denmark are presented.

Chapter 5. The quality of feeds with regard to the health of the cow and milk quality

1. According to the Danish legislation it is the seller's responsibility that the feeds fulfil the given declarations for energy and nutrients. Likewise, that the contents of undesirable substances are within the prescribed limits, and that the feed otherwise is healthy. It is pointed out that the use of wholesome and nutritive feeds in a good and hygienic environment will reduce disease frequencies and secure high milk quality.

2. In case of commercial feeds there are especially three groups of harmful substances which require special attention: 1. pesticide residues, especially chlorinated insecticides, 2. afla- and ochratoxine, and 3. botanical impurities and feeds with a natural content of harmful substances. It is shown that Danish control measures have been efficient in reducing markedly the occurrence of intolerable contents of aflatoxine in concentrate mixtures, and eliminating the occurrence of chlorinated pesticides in butterfat. According to present knowledge ochratoxine is not transferred from the feeds to the milk.
3. In respect of homegrown feeds problems arise mainly in connection with the use of mouldy and tainted fodder giving rise to mycosis and mycotoksicosis, and such fodder should not be given to dairy cows. Although the subjects of medication and the use of feed additives are not treated as such in the chapter, the dairy farmer must always be aware of the danger of residues in the milk from these sources.
4. Taste and smell of the milk is influenced by the feedstuffs used, partly through substances which may be carried over through the body to the milk, partly through their influence on the cow's milieu. Special attention should be paid to the contamination of the milk with spore forming bacteria as this may spoil cheese production.

Chapter 6. The regulation of feed intake

1. The regulation of feed intake is primarily taking place in hypothalamus, which coordinates the signals from the blood and the nervous system. There is a long term regulation and a short term regulation.
2. The long term regulation through which the organism aims at maintaining its general condition, is not sufficiently effective to prevent that dairy cows become inexpediently fat in late lactation, if fed energy-rich rations. Opposite in early lactation where the ability for feed intake is limited – partly or wholly due to short term regulation factors – and forces the cow to mobilize from the body reserves.
3. The short term regulation is active all through the pregnancy-lactation cycle and connected to the individual feeding periods. Most important is the physical regulation, as determined by 1. the volume of the reticulo-rumen and 2. the digestibility rate. The rumen volume is related to the weight and the fatness of the cow, and is reduced during pregnancy and the first weeks after calving. The digestibility rate is to some extent associated with the digestibility of the feed, but also influenced by the composition of the carbohydrate fraction and the microbial activity. The rate of passage of the feed can be increased by grinding of the feed; particles with a specific gravity of 1.1 have the highest rate of passage, while particles with higher or lower gravity have lower rates.

4. Postprandial, high concentrations of volatile fatty acids in the blood or in the rumen have a negative effect on feed intake. Except, possibly for estrogen, causing decreased feed intake around heat, hormones do not seem to have a major regulatory effect on intake. In table 6.2 a survey is given of the effect on feed intake of individual nutrients. As pointed most of these effects can be attributed to modifications of the fermentative processes in the rumen.
5. The flavour, smell and other appetizing properties of the feed can be important interacting factors. Cows will e.g. eat less, when the feed has high acidity, is contaminated with feces or contains high amounts of urea. Molasses is known to improve flavour and intake. In a »cafeteria« system large differences in uptake between feeds and from cow to cow can be observed.
6. It is concluded that the feed intake of dairy cows under ad libitum feeding must be controlled mainly through the physical regulation, but minor modifications can occur due to other factors such as flavour, ambient temperature, and fermentation profile. The dairy cow is not able – at any time of the pregnancy-lactation cycle – to adjust its feed intake to its immediate or more long-termed needs.

Chapter 7. The regulation of feed intake through the composition of the ration and the feeding principle

This chapter covers such feeding situations, where the main part of the roughages (separate or in mixture with concentrate feeds) or complete rations are fed ad libitum.

1. The digestibility of the feed/ration or its content of undigestible organic matter (ballast) is not sufficiently correlated to the rate of digestibility and passage to give basis for a reliable estimate of the feed intake. The same holds true for the content of cell-wall substances or fiber. A better correlation has been found between feed intake and energy concentration (EC), expressed as FU/kg dry matter:

$$Y = 25\ EC - 5.5, \text{ where } Y = \text{kg dry matter/cow/day.}$$

This equation covers the period from 10 weeks p.p. in average for groups of cows with a weight of 550 kg and 35% in first lactation. It is a simple way to describe the requirement for concentration of energy to attain a given intake, but it is insufficient to allow for differences in physical structure and rate of digestion.

2. A new system for calculation of expected feed intake is described. Each feedstuff is attributed a factor of fill (FF) allowing in one figure for its bulkiness, rate of digestion and passage.
Expected feed intake is then calculated as follows:

$$\sum_{i=1}^{n} DM_i \times FF_i = C \qquad (1)$$

where DM_i = kg dry matter per cow per day

FF_i = filling factor per kg dry matter in feed

C = constant, indicating the relative feed intake capacity of the cow

The following constants (C) have been assessed for use in the function (1) for feed intake:

	Week 1–12 pp	Remaining part of lactation + dry period
Heavy breeds		
1. calvers (500 kg)	4.74	5.43
Older cows (575 kg)	6.33	6.73
35% 1. calvers, 65% older cows	5.77	6.28
Jersey		
1. calvers	4.03	4.62
Older cows	5.38	5.72
35% 1. calvers, 65% older cows	4.91	5.34

The background for determining the FF-factors is described. For roughages they may be calculated from the following equations:

Grass crops and silages:	0.013 × fiber content (%) +0.12
Whole grain silages:	0.015 × fiber content (%) +0.11
Maize silages:	0.015 × fiber content (%) +0.17

Fixed factors are attributed to most other feed stuffs. Examples are given in table 7.1.

3. From the data analysed the regression between intake of the ration (EC = 0.9) and milk yield was found to be 0.15 kg dry matter per kg FCM in average. In week 1–12 pp it was only half, while in week 25–36 pp it was double, viz 0.3. In early lactation the yield capacity of the cows is not known, and all cows should be fed alike. Later adjustments should not exceed 2 FU at a time.

The function for feed intake presupposes that the cows have admittance to feed through all hours, if this is not the case the intake can be considerably less. Since many factors influence feed intake, and cannot be included in a single formula, the necessity of continuous matching of expected and realized intake and observations on yield and condition of the cows is stressed.

Chapter 8. Feed intake of grass crops in relation to conservation and physical properties

1. Many investigations have tried to show that the fermentative properties, expressed by pH and content of lactic, acetic and butyric acid, ammonia-N, are influencing the silage intake. The general conclusion, however, seems to be that these quality measures are only poor predictors, the reason being that they more express the end products of a process than the actual course of the process. Both the use of formic acid as additive and wilting have a favourable effect on the fermentation.
2. The use of formic acid (2–3 litre per ton green matter) as additive can be expected to enhance the silage intake by 10–20%, when the dry matter percentage is 20–25. At higher dry matter percentages the effect will be less. Addition of formic acid is of special importance for crops rich in protein and low in dry matter.
3. When the dry matter content of the silage is increased through wilting, the cows will eat more, and the following function has been experimentally established:

$$Y = C + 0.373X \div 0.00384X^2,\ 15<X<40,\ R^2 = 0.97,$$

where Y = kg dry matter per cow (600 kg) daily
X = % dry matter in silage
C = constant, dependent on composition of the total ration.

4. Cutting length of the silage influences the fill of the silage. Intake has been found to increase by 10–20% when the cutting length is reduced from 10 cm to 1.5 cm and silage is the only feed. The effect is most pronounced at low dry matter percentages. If the silage only makes up 50% of the dry matter of the whole ration the effect will be respectively 10% and 5% increase in intake for non-wilted and wilted silages.
5. Artificial drying of grass crops followed by briquetting or grinding and pelleting reduces particle size and has a positive effect on intake as compared to finely-cut silage. This effect becomes the more apparent the lower is the digestibility. The intake of grass crops can be increased by app. 12% through drying and pelleting as compared to finely-cut silage with high dry matter content. For crops of low quality this increase may well be up to 25%.

Chapter 9. The influence of environmental factors on the feed intake

App. 85% of Danish cows are in tie-stalls, while the remaining part is loose-housed in one form or another.

1. The feeding table/manger is often so inappropriate constructed that the feed intake may be negatively affected. When feeds are given in restricted amounts a minimal feeding space of 67–70 cm per cow is required under loose housing. If complete rations are used, and the cows have access to eat at least 20 hours per day, the feeding space can be reduced to 20–25 cm per cow.
2. In the range of –5° to +25°C only small differences in feed intake and milk production have been recorded, although there are differences from breed to breed. Low temperatures stimulate and high temperatures depress feed intake, and eating almost stops at temperatures above 40°C. Variations in relative humidity have no effect on feed intake within the temperature range from 8° to 24°C, high humidities at higher temperatures will enhance the negative effect of the ambient temperature on feed intake. Increased air velocity around the animals reduces the effect of high temperatures and stimulates the effect of low temperatures. According to newer investigations, increased light – e.g. 16 hours per day – has been shown to stimulate milk production possibly through higher feed intake.
3. Cows in groups under loose housing develop a social hierarchy, and newcommers, especially first calvers, will have low rank. Under the conditions of free competition, therefore, it has been shown that first calvers, which are grouped separately, have higher feed intake and yield than their comparatives grouped together with elder cows. Regrouping of cows may also cause a decline in yield; this, however, seems primarily to be caused by the abrupt changes in feeding level following the group shift, and only to a minor extent to be the effect of changes in the social hierarchy.
4. Increased stocking rates under loose housing result in hygienic problems, especially in cubicle stalls, because some of the cows will rest outside the cubicles. In addition, cows with low rank can be stresses, as they will be chased away from the resting area or feeding table.

Chapter 10. Qualitative aspects of the digestibility in ruminants

1. The rumen is located cranially to the acid-secreting part of the stomach and the intestines. Its large populations of microorganisms attack the feed by anaerobic fermentation which enables the ruminants in utilizing feedstuffs not utilizable to monogastrics.
2. All natural carbohydrates can be fermented by the microbes in the rumen. Sugars and starches are fermented almost completely in the rumen, whereas the structural carbohydrates of the cell wall are fermented to a less extent. The fermentation end products are mainly acetic acid, pronionic acid and

butyric acid, most of which are absorbed from the rumen. The ratio between these acids depends on the relative amounts of the different carbohydrates in the feed.

3. In the rumen feed protein is degraded and microbial protein is synthesized. As a result of this, net loss or net gain of amino acids can occur dependent on the amount and degradability of the feed protein and the extent of microbial syntheses.
4. The feed lipids are hydrolyzed in the rumen into free fatty acids and glycerol, the latter being fermented to volatile fatty acids. The long-chain fatty acids are not fermented, but the unsaturated ones are subjects to extensive hydrogenation and isomerization.
5. The digestive processes in the small intestine take place under the influence of the ruminant's own enzymes. The small intestine is the only part of the digestive tract from where amino acids are absorbed. The amino acids originate partly from undegraded feed protein and partly from microbial protein. The long-chain fatty acids are also absorbed from this segment. The absorption of carbohydrates from the small intestine is normally very limited because of the ruminal fermentation.
6. The digestive processes in the hind gut are microbial fermentations like those in the rumen. Only the least digestible components of the feed reach this part of the digestive tract and therefore the absorption is limited.

Chapter 11. Quantitative aspects of the digestibility in the dairy cow

1. Two typical rations, one based on fodder beets and one based on grass silage, are used to examine the quantitative metabolism in the digestive tract of a dairy cow. The daily feed intake from both rations is 18 kg dry matter (16 SFU). In the beet ration 37% of the dry matter is from fodder beets and in the silage ration 50% of the dry matter is from grass silage.
2. The metabolism and absorption of nutrients from the 2 rations are quantified in the different parts of the digestive tract, and the total daily absorption of volatile fatty acids, carbohydrates, amino acids, lipids and minerals is calculated.
3. The model calculations show only minor differences between the two rations with respect to the amounts of absorbed nutrients. This is due to the fact that – even if the 2 rations are composed of different types of feedstuffs – the chemical composition of the total rations is not much different.
4. The volatile fatty acids are by far the largest group of nutrients absorbed from the digestive tract and amount to 6.4 kg (beet ration) and 6.6 kg (silage ration) daily. The 2 rations show small differences in the contribution of the individual acids to the total absorption. The largest amount of butyrate is absorbed from the beet ration with the highest content of sugar, and the largest amount of propionate is absorbed from the silage ration with the

highest content of starch. The absorption of amino acids is 1.7 kg (beet ration) and 1.6 kg (silage ration) daily. The calculated amounts of absorbed lipids are 0.8 kg daily from both rations. Because of the extensive fermentation of carbohydrates to VFA the absorption of carbohydrates (glucose) is very small – about 0.2 kg daily from both rations.

5. In order to make the quantitative model applicable to other types of rations it is shown how the amounts of absorbed nutrients are affected by changes in the ration composition (Table 11.14). The figures in Table 11.14 are only valid for rations which otherwise can secure a) a normal rumen function and b) no shortage of nutrients essential to the microbial activity in the rumen.

Chapter 12. The intermediary metabolism of the absorbed nutrients

1. The intermediary metabolism and its regulation in the dairy cow are described and quantitative models for the metabolism of absorbed nutrients are presented.
2. The intermediary metabolism in the ruminants is adapted to the composition of the absorbed nutrients by the following means: a) a high priority to gluconeogenesis in the liver and b) use of acetate instead of glucose as the most important substrate for fat synthesis and for oxidation.
3. With respect to hormonal regulation of the nutrient metabolism the dairy cow is not the same animal before and after parturition. In late lactation and in the dry period the adipose and muscle tissue uptake and utilization of glucose, acetate, fatty acids and amino acids are stimulated under influence of high insulin and thyroxine plasma concentrations. The result is an increased synthesis and deposition of fat and protein in the body (figure 12.12). In early lactation the plasma concentrations of insulin and thyroxine decrease while the plasma concentration of growth hormone increases. This means that the flow of nutrients is changed in favour of the mammary gland, the catabolism exceeds the anabolism in the body tissues – fatty acids and amino acids are mobilized. An increased glucagon secretion stimulates the glucose production from the liver in support of the high mammary requirement for lactose synthesis (figure 12.13).
4. The quantitative models for the intermediary metabolism are based on 2 different rations, one composed of fodder beets and oil cakes and one composed of grass silage and grains as described in chapter 11. The models are shown in figures 12.3, 12.5, 12.7, 12.8 (beet ration) and 12.15–12.18 (silage ration).
5. The models demonstrate the predominant impact of the mammary gland on the nutrient metabolism in early lactation. At a daily milk yield of 30 kg 4% fat corrected milk, this organ takes up about 125 MJ or 60–65% of the total energy available to the intermediary metabolism.
6. The integrated energy metabolism from the 2 rations is shown in figures

12.14 and 12.19. The simulated energy losses from the feed are in good agreement with experimental results from the literature.

7. It is presumed that the silage ration compared to the beet ration gives rise to a higher insulin secretion because of a higher absorption of propionate (chapter 11). With this presumption the silage ration results in a larger nutrient uptake into and an increased synthesis of protein and fat in the body tissues.
8. The simulated, small differences between the 2 rations regarding energy utilization and productional performance can be summarized in the following conclusions:
   - less energy loss in faeces and in urine from the silage ration
   - more heat loss from the silage ration, partly due to a larger fermentation heat and partly due to a larger heat production in the host body
   - almost the same amount of net energy in the 2 rations, but an altered partitioning between milk production and body gain:
     30.0 kg 4% fat corrected milk and *–0.51 kg live weight gain*
     daily from the beet ration
     29.5 kg 4% fat corrected milk and *–0.36 kg live weight gain*
     daily from the silage ration.

Chapter 13. The influence of the energy intake on the production

1. The influence of the level of energy supply on milk production has been treated already in several early experiments, the principle being that the cows were fed according to yield, but with different amounts per kg FCM. The results showed diminishing returns in milk and marked effects on the weight of the cows. Present day norms for energy supply of the dairy cow are mainly based on these early experiments. The Danish norms are given in this chapter.
2. New feeding principles have been introduced in recent years, and today three main principles are applied in practice: a. feeding according to norm, b. strategy feeding of concentrates and roughages ad libitum, and c. feeding complete rations. Experiments with all three principles have been carried out in Denmark and other countries applying increasing energy levels, and they have shown a positive effect both on milk yield and liveweight gain, but with a decreasing marginal output of milk and increasing marginal gain. The feeding principle – especially the strategy for allocation of concentrates – has been shown to have a significant effect on the shape of the lactation curve.
3. Production functions are necessary in order to optimize the input of energy. In later years several experiments have been carried out to assess production functions and thereby describe in mathematical terms the relationship between input (energy) and output (milk, liveweight gain). To do this the

input, i.e. the energy supply, must be independent of output. Special problems are connected with a reliable assessment of the gain, which therefore in the experiments has been assessed as a residual. The experiments so far have mainly been performed on basis of strategy feeding of concentrates combined with feeding of silage according to appetite. Main results are presented in Table 13.6 and 13.7, while their application in practice is described in detail in chapter 17 and 18, including the limitations for the applicability of the production functions.

4. Important points of interest appearing from the experiments are:
   a. The marginal output of milk is not significantly dependent on stage of lactation. This implies that the reduction in energy supply in the course of the lactation must be made according to the condition of the cow, taking account of the need for gain in young cows.
   b. The marginal outputs are dependent on the digestibility and thereby the energy concentration of the roughages given ad libitum.
   c. Attention must be given to the yield potential of the herd as it is determined by the breeding and management in the herd, cf. section 13.4.3.
5. Within the energy levels of the experiments (13–18 FU per cow daily) no significant effects on health and reproduction of the cows have been observed, but ketosis may occur in high yielding cows, if they are not provided liberal amounts of easily metabolized carbohydrates in early lactation. A positive energy balance at the time of insemination is important, while high energy supply in the dry period can have negative effects on calving performance and subsequent fertility of the cows.

Chapter 14. The relationship between milk yield and the intake of protein and NPN

The protein supply of the dairy cow can be summarized in the following six points:

1. Biologically optimal protein supply, i.e. the amount and the kind af amino acids, which are passed to and absorbed in the small intestines. These amino acids stem partly from undegraded feed protein and partly from microbial protein synthesized in the reticulo-rumen.
2. As a consequence of this the protein value of the feed is a question of an appropriate amount of undegraded feed protein and its amino acid compostion, and of a sufficient supply of N and energy to the microorganisms, so that protein synthesis is optimal.
3. Milk production is a curvilinear function of the protein supply, as described in section 14.3.
4. The protein level giving maximum milk production is dependent on the intake of energy. At energetic equilibrium the milk production is maximal at 165 gms digestible crude protein per production FU (210 gms crude protein).

At negative and positive energy balance the protein supply must be increased respectively reduced, with 8–9 gms digestible crude protein for each production FU, with which the intake of energy deviates from the equilibrium (norm).

5. Low protein supply can cause a reduction in the digestibility of the ration and thereby also reduce feed intake. The extent of this action is also dependent on the feeding level.
6. At lower yields (below 18–20 kgm of milk) a certain part of the feed protein can be substituted by 100–150 gms urea corresponding to 260–390 gms crude protein, dependent on the composition of the total ration. The higher amounts can be given in rations rich in starch. Cows in the later deposition stage of lactation can eventually utilize urea, even at yields above 20 kgm of milk due to a high microbial protein synthesis relative to the milk yield.

Chapter 15. The influence of dietary fat on the milk production

Fat is characterized by a high energy content, app. 3 FU per kg dry matter, and addition of fat is therefore efficient in raising the energy level of feed rations, especially in cases where there is risk of a too high content of starch and/or sugar in the ration.

1. Fats are described by the content of fatty acids, their chain length and degree of saturation (iodine number). The dietary fats undergo major changes in the rumen, first of all through hydrolysation and hydrogenation. Many factors influence the fat metabolism and the synthesis of milk fat, but as a general statement it can be said that app. half of the milk fat is synthetized from dietary fat and mobilized body fat (long chained, partly unsaturated fatty acids), while the other half stems from the de novo synthesis in the udder (short chained, saturated fatty acids). The proportion of fatty acids of these two origins is a major determinant of the iodine number and saturation of the fat in the milk.
2. When a ration low in fat (20–30 gms per kg dry matter) is added fat, the milk yield is stimulated considerably. As more fat is added this effect diminishes, and very high amounts of fat in the ration (50–60 gms per kg dry matter) can depress yield. This is due to combined negative effects on rumen fermentation, and uptake of lipoproteins and de novo synthesis in the udder. The negative effect is most pronounced for long chained and unsaturated fatty acids.
3. At a given yield capacity the optimal supply of fat has been found to be independent of breed and lactation number. Production functions describing the relationship between the milk yield and the fat in the ration are given in section 15.3. The fat is defined as corrected crude fat = gms fatty acids in roughage + gms fat in concentrates. Maximal yield is obtained at 54 and 47 gms fat per kg dry matter in the periods 1–12 and 13–27 weeks of lactation. In

late lactation feeding according to yield is presupposed, and maximum yield is attained at a fat level of (7 × PFU) gms per PFU fed.

4. These findings refer to experiments carried out with well balanced, roughage-rich rations. The fat supplements must be of good quality, primarily animal fats (tallow, lard) or vegetable fats with similar properties. The iodine number should not exceed 80–90. If fats of higher contents of polyunsaturated fatty acids are used, it is recommended to reduce the fat supplement to below the amounts calculated from the production functions. The negative effect of the polyunsaturated fats can – at least partly – be prevented by coating.

   The fatty acid composition of the milk fat can to a high extent be controlled through the choice of source and level of fat in the ration.

Chapter 16. Feed budgetting, factor costs and product value

1. The feed planning (in the short term) involves that a feed budget is worked out on the basis of the availability of home-grown feeds and the possibilities to purchase concentrates and cheap feeds like by-products. Number of cows in the different stages of lactation is estimated and the planning period is fixed so that a stable feeding can be made during the whole period. With shortages of good roughages the order of priority will be: cows in early lactation, cows in late lactation, rearing stock and dry cows. The need for purchase of feeds is found through an initial balancing of energy, protein, fat and fill in accordance with levels close to optimum at the given conditions (breed, yield capacity, digestibility of the ad libitum-feed(s), see Table 16.1, and Table 16.2 for examples).
2. The prices of home-grown feeds are determined by its alternative value e.g. for young stock, sale or storage.
3. The calculation of the cost of »a marginal feed unit« is important, as described in section 16.3.2.
4. Prices of input factors, energy, protein and fat, are defined as the change in costs, when the factor in question is changed one unit and other factors held constant.
5. Product prices, comprising milk and meat, are typically taken to cover the optimization over periods of 3 to 6 months. The price ratio between meat (culled cows) and milk has been found to be 5:1 over the past 5 years. A distinction could be made between the value of gain in cows retained in the herd, and cows culled, but this is hardly necessary under normal circumstances.
6. The above explanations refer to the short term view. In the long term view, the feed prices are assessed from the »internal price of production« of the feed crop in question, i.e. farm price calculated by the opportunity cost concept (Table 16.5).

Chapter 17. Alternative procedures for optimization of feed rations

1. Most previous EDP-procedures for optimization of feed rations to dairy cows relate to norm feeding. In the previous chapters 13, 14 and 15 separate production functions for milk yield as dependent on the supply of energy, protein and fat are presented based on Danish experiments. From these functions formulas are deduced for optimal supply of energy and the two nutrients in question.
2. On basis of the same experimental data, an attempt has been made to develop production functions which simultaneously include energy, protein and fat. As the experiments were not planned for this purpose, this has given rise to problems. Nevertheless, the function presented in Table 17.1 is the best which can be obtained on the present experimental basis, and it will currently be revised, as new experimental data are at hand.
3. The classical methods of optimization, i.e. equating marginal product value and factor costs and the use of linear programming, are discussed in relation to their application in optimizing feed rations. It is concluded that none of the methods are immediately applicable, as this presupposes that the factors – in this case energy, protein and fat – varies independently of each other. This is not the case since it is not the nutrients, but feedstuffs which are mixed. Maximization of economic profit can not be done by LP-models in which the curvilinear functions are approximated through linear segments due to interaction between the factors in the productions functions. However, combining the marginal view and linear programming in a procedure based on *quadratic optimization* makes it possible to optimize the combined input of energy, protein and fat with a simultaneous fulfilment of additional conditions, and selection of the economically most favourable feedstuffs which are available.
4. It is therefore suggested that optimization of the feed rations »on farm« without computers is made by matching the economic profit of alternative possibilities, as described in section 17.4. This does not secure that the absolutely optimal ration is found, but on the other hand, the method will disclose the expected economic profit of one alternative above another one, and therefore makes it possible to pay regard to other factors not included in the production function.

Chapter 18. Optimal feed rations for dairy cows

Many variables have to be considered for the choice of the most appropriate feeding principle and for the subsequent optimization of the feed ration. These variables are: kind of feeds, type of stable, source of labour, the cow (yield capacity, weight, lactation number, etc.), herd yield, gain in body weight, and prices of input factors and products (fig. 18.1). Concerning these variables and the optimal feed rations under various conditions, the following has been concluded:

1. The prerequisites for the choice of either one of the 3 feeding principles as economically most favourable can be summarized as follows (Table 18.1 and fig. 18.2–18.4):
   Norm feeding: Tie stalls, in which all feeds can be fed restrictively and individually, and in which ad lib. feeding of roughages can not be practiced.
   Strategy feeding with concentrates: All herds – irrespective of type of housing – in which roughages can be fed ad libitum, and concentrates individually or in groups. This principle is also applied under grazing. The principle is less favourable than norm feeding at extremely low milk prices and/or high costs of the roughages given ad libitum.
   Complete feeding according to appetite: Large herds – irrespective of type of housing – where ad libitum feeding of all feedstuffs in one mixture is possible, and where the costs of mixing the feeds are compensated by savings in labour and/or increased yield. The latter is most likely to happen when using feed-stuffs extremely unbalanced in nutrient contents.
2. If ad libitum feeding principles are applied, it is important to make adjustments for the yield level of the herd (dependent on the genetic yield capacity of the cows and the skill of management), and for the quality of the forage given ad libitum, if this deviates markedly from recommended values (i.e. 0.7–0.8 FU and 150–180 gm crude protein per kg dry matter, and a filling factor of 0.5–0.7 per FU).
3. In later lactation when the stage of mobilization is passed, the feeding level of each cow should be adjusted according to its condition (Table 18.6–18.7).
4. Section 18.4 contains a general discussion of optimal feeding, and examples of optimal rations for 6 sets of prices and 3 types of rations are presented (Table 18.8–18.10).
5. Different supply of protein and fat in the periods 1.–12. and 13.–24. week of lactation can be economically favourable in elder cows (cf. Table 18.12), if the supplementary feed is not increased in price per unit.
6. Feeding large quantities of by-products needs special attention, as these are often extreems in respect of nutrient composition. Otherwise the composition of total ration may deviate from the range in which the production functions are valid. Although the use of high amounts of straw in the ration can have negative effect on the yield, it can be economically favourable (Table 18.17 and 18.18).
7. In section 18.6.1 and Table 18.20 optimal rations for cows under grazing are given.
8. The need for frequent checks of the accordance between the planned and the realized feeding is emphasized. Similarly, the production results should be watched against the planned targets for yield and body gain.

20. Appendices

APPENDIKS A

Liste over begreber og definitioner vedrørende foderstyring hos malkekøer
(mod.e. Frederiksen et al. 1979)

Begreb	Definition
1. Foderstyring	Ved hjælp af foderrationens sammensætning og fodringsprincip at opnå en tilsigtet foderoptagelse.
2. Foderration	Det totale foder, der tildeles pr. dyr daglig.
3. Foderoptagelse	Daglig optagelse af ét, flere eller alle fodermidler udtrykt i tørstof eller organisk stof.
4. Foder/fodermiddel	Ethvert organisk eller uorganisk stof som et dyr er i stand til at udnytte i sit stofskifte.
5. Foderværdi	Generelt udtryk som omfatter indhold af såvel energi som næringsstoffer.
6. Energikoncentration	Fodermidlets eller foderrationens indhold af foderenheder (FE) pr. kg tørstof.
7. Foderniveau	Daglig energioptagelse.
8. Marginal grovfoderoptagelse	Ændring i ad libitum grovfoderoptagelse pr. enhed ændring i kraftfodertildeling.
9. Marginal optagelse af fuldfoder	Ændring i ad libitum optagelse af fuldfoder pr. enhed ændring i en af de optagelsesregulerende faktorer, som beskriver fuldfoderet.
10. Fodringsfrekvens	Antal fodringer pr. dag.
11. Fodringsrækkefølge	Den kronologiske orden hvori fodermidlerne tildeles.
12. Fodringsteknik	Det tekniske udstyr der anvendes ved fodertildelingen.
13. Foderafbalancering	Sammensætning af rationen under hensyntagen til forud fastlagt niveau for energi, næringsstoffer, foderets fylde og struktur.
14. Norm	Energi og næringsstofbehov til given livsytring.

Begreb	Definition
15. Energiudnyttelse	Nettoenergi til vedligeholdelse og produktion i procent af optaget fordøjelig eller omsættelig energi.
16. Fodereffektivitet	Summen af livsytringernes norm for energi eller næringsstof udtrykt i pct. af fortæret energi eller næringsstof.
17. Fodringsintensitet	Den daglige energimængde en malkeko optager i forhold til vedligeholdelsesbehovet ved nulproduktion.
18. Fodringsprincip	Den organisatoriske (planlagte) måde at gennemføre fodringen på ved kombination af elementerne 18.1.a–18.3.b.
18.1.a Restriktiv fodring eller	Tildeling af et fodermiddel eller en foderration i mindre mængder end dyret kan optage.
18.1.b Ad libitum fodring	Tildeling af et fodermiddel eller en foderration i så store mængder, at dyret (dyrene) ikke kan æde op. Det vil i praksis sige, at foderet er tilgængeligt det meste af døgnet (minimum 20 timer).
18.2.a Individuel fodring eller	Fodertildeling til hvert enkelt dyr forudsætter effektive krybbeskillevægge.
18.2.b Gruppefodring	Fodertildeling til flere dyr under frie konkurrenceforhold.
18.3.a Separat tildelt foder eller	Tildeling af fodermidlerne eller dele af en ration fysisk uafhængig af hinanden.
18.3.b Fuldfoder	Een foderblanding som kan dække dyrets behov for energi, næringsstoffer og fysisk struktur (undtagen drikkevand).

Eksempler på kombination af disse elementer til 3 forskellige fodringsprincipper:

Eks. 1	
Normfodring	Fodring i henhold til daglig mælkeydelse og legemsvægt, hvilket involverer restriktiv, individuel og separat fodring af alle fodermidler.

Begreb	Definition
Eks. 2	
Strategifodring med kraftfoder	Et forud planlagt niveau og forløb for tildeling af kraftfoder gennem laktationen kombineret med grovfodertildeling efter ædelyst. Det betyder restriktiv og individuel tildeling af kraftfoder og ad libitum tildeling af grovfoder, individuelt eller i gruppe.
Eks. 3	
Fodring med fuldfoder efter ædelyst	Gruppefodring med kraftfoder og grovfoder i én blanding, sammensat under hensyntagen til en tilsigtet optagelse ved ad libitum fodring.

Kilde:
Frederiksen, J. H., Andersen, P. E., Konggaard, S. P., Kristensen, V. F., Krohn, C. C. & Østergaard, V. 1979. Suggestions of concepts and definitions concerning management of feeding dairy cattle. 30th Annual Meeting of European Association for Animal Production (EAAP), Harrogate, England, 4 pp.

APPENDIKS B

Tabel B.1 Typetal til karakteristik af nogle fodermidler
(Kap. 3 og 7 samt Andersen & Just 1979)

Fodermiddel	FE pr. kg tørstof	Pr. FE: ford. råprot. g	Pr. FE: korr. råfedt g	Pr. FE: Fylde FF	Pr. FE: Tyggetid min.[4]
Ad libitum fodermidler					
Frisk græs[1]	0,90	150	32	0,42	53
Frisk græs[1]	0,83	165	29	0,49	65
Frisk græs[1]	0,76	165	25	0,59	77
Græsensilage[2] (hø tilsvar.)	0,82	165	25	0,55	82
Græsensilage[2] (hø tilsvar.)	0,72	150	25	0,69	113
Græsensilage[2] (hø tilsvar.)	0,62	140	25	0,89	144
Helsædsensilage, byg	0,77	75	25	0,65	76
Helsædsensilage, majs	0,73	94	25	0,79	83
Roetopensilage	0,72	165	25	0,5[3]	42
Mask, frisk	0,98	263	93	0,31	16
Semi – ad lib. el. restriktive fodermidler					
Hvedeklid	0,92	141	40	0,24	25
Byghalm, lang	0,30	24	25	2,83	470
Byghalm, finsnittet	0,30	24	25	2,67	340
Byghalm, NH_3-beh., lang	0,48	100	14	1,46	270
Byghalm, NH_3-beh., finsnittet	0,48	100	14	1,35	200
Byghalm, NaOH-beh., finsnittet	0,55	–	12	1,09	180
Restriktive fodermidler					
Fodersukkerroer	0,91	37	–	0,27	20
Roeaffald, frisk, ensil., tørret	0,95	75	–	0,29	25
Roemelasse	0,92	107	–	0,16	–
Rørmelasse	0,81	37	–	0,19	–
Byg, valset	1,16	75	20	0,19	10
Typefoderbl., pell. (eks. 175/60)	1,10	175	60	0,20	4
Typefoderbl., pell. (eks. 250/100)	1,30	250	100	0,17	4

[1]) Rene eller omtrent rene græsser. Ved væsentligt kløverindhold reduceres FF/kg tørstof med 0,05 svarende til 0,06–0,07 pr. FE.

[2]) Ca. 30% tørstof, svagt finsnittet (F = 0,9), god gæringskvalitet og rene eller omtrent rene græsser. Ved væsentligt kløverindhold reduceres FF/kg tørstof med 0,05 svarende til 0,06–0,08 pr. FE.

[3]) V. F. Kristensen 1983. Personlig medd. og E. S. Kristensen & V. Østergaard 1983 (under trykning).

[4]) Efter Nørgaard, tabel 3.11 og 3.12.

APPENDIKS C

Tabeller over produktionen af mælk og tilvækst ved forskellig indsats af energi, protein og fedt

Dette appendiks indeholder tabeller over den forventede produktion af mælk og tilvækst ved forskellig indsats af energi, protein og fedt beregnet på grundlag af produktionsfunktionerne angivet i tabel 17.1. Tabellerne er udformet sådan, at de viser *den totale ændring* i produktionen i forhold til afvigelsen mellem den aktuelle rations og en standardrations indhold af FE, g ford. råprotein og g korr. råfedt. Standardrationen afhænger af besætningens race og ydelseskapacitet samt af ad libitum-foderets fordøjelighed som vist i tabel C.1., mens ændringen i produktionen ved en given afvigelse fra standardrationen er uafhængig af disse forhold. Der gives tabeller for produkterne kg 4% mælk og g tilvækst pr. ko daglig samt kombinationen heraf ved prisforholdet tilvækst: mælk = 5 : 1, for perioderne 1–12 og 1–24 uger efter kælvning og for funktionerne udledt fra forsøgsrationer med henholdsvis stort ensilagefoder og middelstort roe- og ensilagefoder.

Tabel C.1 Standardrationer til foreløbig afbalancering. Tunge racer.[1]) FE/g ford. råprotein/g korr. råfedt pr. ko daglig

Ad libitum-foderets[2])		Besætningens ydelseskapacitet, kg 4% mælk pr. årsko (pr. dag 1–24 u.e.k.)		
FK	Kg ts./FE	5.500 (20)	6.500 (24)	7.500 (28)
Lav	1,6	14/1550/550	15/1850/650	16/2150/750
Middel	1,4	15/1700/600	16/2000/700	17/2300/800
Høj	1,2	16/1850/650	17/2150/750	18/2450/850
Foderoptagelse, fylde:		5,8	6,0	6,2

[1]) Jersey: –1 FE, –140 g ford. råprotein og fylde –1.
[2]) Korrektion ved stort græsmarksfoder – ved middel eller lille græsmarksfoder kun halv korrektion.

Tabel C.2 Ændring i produktion ved ændring i ration fra standardration
Stort ensilage/hø/græs-foder
1–12 uger efter kælvning
kg 4% mælk pr. ko daglig

FE	g korr. råfedt	g ford. råprotein						
		–600	–400	–200	0	200	400	600
	–300	–4.66	–3.50	–2.65	–2.10	–1.85	–1.90	–2.26
	–200	–3.78	–2.63	–1.78	–1.23	–0.98	–1.03	–1.38
	–100	–3.13	–1.98	–1.12	–0.57	–0.32	–0.38	–0.73
–2	0	–2.69	–1.54	–0.69	–0.14	0.11	0.06	–0.29
	100	–2.48	–1.32	–0.47	0.08	0.33	0.28	–0.08
	200	–2.47	–1.32	–0.47	0.08	0.33	0.28	–0.07
	300	–2.69	–1.54	–0.69	–0.14	0.11	0.06	–0.29
	–300	–4.79	–3.59	–2.70	–2.11	–1.81	–1.82	–2.14
	–200	–3.88	–2.68	–1.79	–1.20	–0.90	–0.92	–1.23
	–100	–3.19	–1.99	–1.10	–0.50	–0.21	–0.22	–0.54
–1.5	0	–2.71	–1.52	–0.62	–0.03	0.26	0.25	–0.06
	100	–2.46	–1.26	–0.37	0.23	0.52	0.51	0.19
	200	–2.42	–1.22	–0.33	0.26	0.55	0.54	0.23
	300	–2.60	–1.40	–0.51	0.08	0.37	0.36	0.05
	–300	–4.97	–3.73	–2.79	–2.16	–1.83	–1.79	–2.06
	–200	–4.02	–2.78	–1.85	–1.21	–0.88	–0.85	–1.12
	–100	–3.29	–2.05	–1.12	–0.48	–0.15	–0.12	–0.39
–1	0	–2.78	–1.54	–0.61	0.03	0.36	0.39	0.12
	100	–2.49	–1.25	–0.31	0.32	0.65	0.69	0.42
	200	–2.41	–1.18	–0.24	0.40	0.73	0.76	0.49
	300	–2.56	–1.32	–0.38	0.25	0.59	0.62	0.35
	–300	–5.20	–3.92	–2.94	–2.26	–1.89	–1.81	–2.04
	–200	–4.21	–2.93	–1.95	–1.28	–0.90	–0.83	–1.06
	–100	–3.45	–2.17	–1.19	–0.51	–0.14	–0.06	–0.29
–0.5	0	–2.90	–1.62	–0.64	0.04	0.41	0.49	0.26
	100	–2.57	–1.29	–0.31	0.37	0.74	0.82	0.59
	200	–2.45	–1.17	–0.20	0.48	0.86	0.93	0.70
	300	–2.56	–1.28	–0.30	0.37	0.75	0.82	0.60
	–300	–5.47	–4.15	–3.13	–2.41	–1.99	–1.88	–2.06
	–200	–4.45	–3.13	–2.11	–1.39	–0.97	–0.86	–1.04
	–100	–3.65	–2.32	–1.30	–0.59	–0.17	–0.05	–0.24
0	0	–3.06	–1.74	–0.72	–	0.42	0.53	0.35
	100	–2.69	–1.37	–0.35	0.37	0.78	0.90	0.71
	200	–2.54	–1.22	–0.20	0.52	0.93	1.05	0.86
	300	–2.61	–1.29	–0.27	0.45	0.87	0.98	0.80
	–300	–5.80	–4.43	–3.37	–2.61	–2.15	–1.99	–2.14
	–200	–4.74	–3.37	–2.31	–1.55	–1.09	–0.93	–1.08
	–100	–3.90	–2.53	–1.47	–0.71	–0.25	–0.09	–0.24
0.5	0	–3.27	–1.91	–0.85	–0.09	0.37	0.53	0.39
	100	–2.87	–1.50	–0.44	0.32	0.78	0.94	0.79
	200	–2.68	–1.32	–0.25	0.51	0.97	1.12	0.98
	300	–2.71	–1.35	–0.29	0.48	0.93	1.09	0.95
	–300	–6.17	–4.76	–3.66	–2.85	–2.35	–2.15	–2.26
	–200	–5.07	–3.66	–2.56	–1.76	–1.26	–1.06	–1.16
	–100	–4.19	–2.79	–1.68	–0.88	–0.38	–0.18	–0.28
1	0	–3.53	–2.13	–1.02	–0.22	0.28	0.48	0.38
	100	–3.09	–1.68	–0.58	0.22	0.72	0.92	0.82
	200	–2.87	–1.46	–0.36	0.45	0.95	1.15	1.05
	300	–2.86	–1.45	–0.35	0.45	0.95	1.15	1.05

Tabel C.3 Ændring i produktion ved ændring i ration fra standardration
Stort ensilage/hø/græs-foder
1–12 uger efter kælvning
g tilvækst pr. ko daglig

FE	g korr. råfedt	g ford. råprotein						
		–600	–400	–200	0	200	400	600
	–300	177	62	–23	–78	–103	–98	–63
	–200	90	–25	–110	–166	–190	–185	–150
	–100	25	–91	–176	–231	–256	–251	–215
–2	0	–19	–134	–220	–275	–300	–294	–259
	100	–41	–156	–241	–296	–321	–316	–281
	200	–41	–156	–241	–297	–321	–316	–281
	300	–19	–134	–220	–275	–300	–294	–259
	–300	267	147	58	–1	–30	–29	2
	–200	176	57	–33	–92	–121	–120	–89
	–100	107	–13	–102	–161	–191	–189	–158
–1.5	0	60	–60	–149	–209	–238	–237	–206
	100	34	–86	–175	–234	–263	–262	–231
	200	30	–89	–179	–238	–267	–266	–235
	300	48	–71	–161	–220	–249	–248	–217
	–300	359	235	141	78	44	41	68
	–200	264	140	46	–17	–50	–53	–26
	–100	191	67	–26	–90	–123	–126	–99
–1	0	140	16	–78	–141	–174	–177	–150
	100	111	–13	–107	–170	–204	–207	–180
	200	103	–21	–114	–178	–211	–214	–187
	300	117	–6	–100	–164	–197	–200	–173
	–300	452	324	226	158	121	114	136
	–200	354	226	128	60	23	15	38
	–100	277	149	51	–17	–54	–61	–39
–0.5	0	222	94	–4	–71	–109	–116	–94
	100	189	61	–37	–104	–142	–149	–127
	200	178	50	–48	–116	–153	–161	–138
	300	188	60	–37	–105	–143	–150	–127
	–300	547	415	313	241	199	188	206
	–200	445	313	211	139	97	86	104
	–100	365	232	130	59	17	5	24
0	0	306	174	72	–	–42	–53	–35
	100	269	137	35	–37	–78	–90	–71
	200	254	122	20	–52	–93	–105	–86
	300	261	129	27	–45	–87	–98	–80
	–300	644	508	402	326	280	264	278
	–200	538	402	296	220	174	158	172
	–100	454	318	212	136	90	74	88
0.5	0	392	256	149	73	27	12	26
	100	352	215	109	33	–13	–29	–14
	200	333	196	90	14	–32	–48	–33
	300	336	200	93	17	–29	–44	–30
	–300	743	603	492	412	362	342	352
	–200	634	493	383	302	252	232	242
	–100	546	405	295	214	164	144	155
1	0	480	339	229	148	98	78	89
	100	436	295	184	104	54	34	44
	200	413	272	162	82	32	12	22
	300	412	272	161	81	31	11	21

Tabel C.4 Ændring i produktion ved ændring i ration fra standardration
Stort ensilage/hø/græs-foder
1–12 uger efter kælvning
Kombineret kg 4% mælk ved prisforholdet tilvækst : mælk = 5:1

FE	g korr. råfedt	g ford. råprotein						
		–600	–400	–200	0	200	400	600
	–300	–3.77	–3.19	–2.77	–2.49	–2.37	–2.39	–2.57
	–200	–3.33	–2.76	–2.33	–2.06	–1.93	–1.96	–2.13
	–100	–3.01	–2.43	–2.00	–1.73	–1.60	–1.63	–1.81
–2	0	–2.79	–2.21	–1.79	–1.51	–1.39	–1.41	–1.59
	100	–2.68	–2.10	–1.68	–1.40	–1.28	–1.30	–1.48
	200	–2.68	–2.10	–1.68	–1.40	–1.28	–1.30	–1.48
	300	–2.79	–2.21	–1.78	–1.51	–1.38	–1.41	–1.59
	–300	–3.45	–2.86	–2.41	–2.11	–1.97	–1.97	–2.13
	–200	–3.00	–2.40	–1.95	–1.66	–1.51	–1.52	–1.67
	–100	–2.65	–2.05	–1.61	–1.31	–1.17	–1.17	–1.33
–1.5	0	–2.42	–1.82	–1.37	–1.07	–0.93	–0.93	–1.09
	100	–2.29	–1.69	–1.24	–0.95	–0.80	–0.81	–0.96
	200	–2.27	–1.67	–1.22	–0.93	–0.78	–0.79	–0.94
	300	–2.36	–1.76	–1.31	–1.02	–0.87	–0.88	–1.03
	–300	–3.18	–2.56	–2.09	–1.77	–1.60	–1.59	–1.72
	–200	–2.70	–2.08	–1.61	–1.30	–1.13	–1.12	–1.25
	–100	–2.34	–1.72	–1.25	–0.93	–0.77	–0.75	–0.89
–1	0	–2.08	–1.46	–0.99	–0.68	–0.51	–0.50	–0.63
	100	–1.94	–1.32	–0.85	–0.53	–0.36	–0.35	–0.48
	200	–1.90	–1.28	–0.81	–0.49	–0.33	–0.31	–0.45
	300	–1.97	–1.35	–0.88	–0.56	–0.40	–0.38	–0.52
	–300	–2.94	–2.30	–1.81	–1.47	–1.28	–1.24	–1.36
	–200	–2.44	–1.80	–1.32	–0.98	–0.79	–0.75	–0.87
	–100	–2.06	–1.42	–0.93	–0.59	–0.41	–0.37	–0.48
–0.5	0	–1.79	–1.15	–0.66	–0.32	–0.13	–0.10	–0.21
	100	–1.62	–0.98	–0.49	–0.15	0.03	0.07	–0.04
	200	–1.57	–0.93	–0.44	–0.10	0.09	0.13	0.01
	300	–1.62	–0.98	–0.49	–0.15	0.04	0.07	–0.04
	–300	–2.74	–2.07	–1.56	–1.21	–1.00	–0.94	–1.03
	–200	–2.23	–1.56	–1.05	–0.69	–0.49	–0.43	–0.52
	–100	–1.82	–1.16	–0.65	–0.29	–0.08	–0.03	–0.12
0	0	–1.53	–0.87	–0.36	–	0.21	0.27	0.17
	100	–1.35	–0.69	–0.18	0.18	0.39	0.45	0.36
	200	–1.27	–0.61	–0.10	0.26	0.47	0.52	0.43
	300	–1.31	–0.65	–0.14	0.22	0.43	0.49	0.40
	–300	–2.57	–1.89	–1.36	–0.98	–0.75	–0.67	–0.74
	–200	–2.04	–1.36	–0.83	–0.45	–0.22	–0.14	–0.21
	–100	–1.62	–0.94	–0.41	–0.03	0.20	0.28	0.21
0.5	0	–1.31	–0.63	–0.10	0.28	0.51	0.59	0.52
	100	–1.11	–0.43	0.10	0.48	0.71	0.79	0.72
	200	–1.02	–0.33	0.20	0.58	0.81	0.89	0.81
	300	–1.03	–0.35	0.18	0.56	0.79	0.87	0.80
	–300	–2.45	–1.75	–1.20	–0.79	–0.54	–0.44	–0.50
	–200	–1.90	–1.20	–0.65	–0.25	0.00	0.10	0.05
	–100	–1.46	–0.76	–0.21	0.19	0.44	0.54	0.49
1	0	–1.13	–0.43	0.12	0.52	0.77	0.87	0.82
	100	–0.91	–0.21	0.34	0.74	0.99	1.09	1.04
	200	–0.80	–0.10	0.45	0.86	1.11	1.21	1.16
	300	–0.80	–0.09	0.46	0.86	1.11	1.21	1.16

Tabel C.5 Ændring i produktion ved ændring i ration fra standardration
Stort ensilage/hø/græs-foder
1–24 uger efter kælvning
Kg 4% mælk pr. ko daglig

FE	g korr. råfedt	g ford. råprotein						
		–600	–400	–200	0	200	400	600
	–300	–4.20	–3.35	–2.78	–2.52	–2.54	–2.87	–3.49
	–200	–3.54	–2.68	–2.12	–1.85	–1.88	–2.21	–2.83
	–100	–3.06	–2.20	–1.64	–1.38	–1.40	–1.73	–2.35
–2	0	–2.77	–1.91	–1.35	–1.08	–1.11	–1.43	–2.05
	100	–2.65	–1.79	–1.23	–0.97	–0.99	–1.32	–1.94
	200	–2.72	–1.86	–1.30	–1.04	–1.06	–1.39	–2.01
	300	–2.97	–2.12	–1.55	–1.29	–1.32	–1.64	–2.26
	–300	–4.04	–3.16	–2.57	–2.28	–2.28	–2.58	–3.18
	–200	–3.35	–2.47	–1.88	–1.59	–1.59	–1.89	–2.48
	–100	–2.85	–1.96	–1.38	–1.08	–1.09	–1.38	–1.98
–1.5	0	–2.52	–1.64	–1.05	–0.76	–0.76	–1.06	–1.65
	100	–2.38	–1.50	–0.91	–0.62	–0.62	–0.92	–1.51
	200	–2.42	–1.54	–0.95	–0.66	–0.66	–0.96	–1.55
	300	–2.64	–1.76	–1.17	–0.88	–0.88	–1.18	–1.78
	–300	–3.92	–3.01	–2.40	–2.08	–2.06	–2.33	–2.90
	–200	–3.20	–2.29	–1.68	–1.36	–1.34	–1.61	–2.18
	–100	–2.66	–1.75	–1.14	–0.82	–0.80	–1.07	–1.64
–1	0	–2.31	–1.40	–0.79	–0.47	–0.45	–0.72	–1.29
	100	–2.14	–1.23	–0.62	–0.30	–0.28	–0.55	–1.12
	200	–2.15	–1.24	–0.63	–0.31	–0.29	–0.56	–1.13
	300	–2.35	–1.44	–0.83	–0.51	–0.49	–0.76	–1.33
	–300	–3.83	–2.89	–2.26	–1.91	–1.86	–2.11	–2.65
	–200	–3.08	–2.15	–1.51	–1.16	–1.12	–1.36	–1.91
	–100	–2.51	–1.58	–0.94	–0.60	–0.55	–0.80	–1.34
–0.5	0	–2.13	–1.20	–0.56	–0.22	–0.17	–0.42	–0.96
	100	–1.93	–1.00	–0.36	–0.02	0.03	–0.22	–0.76
	200	–1.92	–0.98	–0.35	–0.00	0.04	–0.20	–0.75
	300	–2.08	–1.15	–0.51	–0.17	–0.12	–0.37	–0.91
	–300	–3.77	–2.81	–2.15	–1.78	–1.71	–1.93	–2.45
	–200	–2.99	–2.04	–1.37	–1.00	–0.93	–1.15	–1.67
	–00	–2.40	–1.44	–0.78	–0.41	–0.34	–0.56	–1.08
0	0	–1.99	–1.03	–0.37	–	0.07	–0.15	–0.67
	100	–1.76	–0.80	–0.14	0.23	0.30	0.08	–0.44
	200	–1.72	–0.76	–0.10	0.27	0.35	0.12	–0.39
	300	–1.86	–0.90	–0.23	0.13	0.21	–0.01	–0.53
	–300	–3.75	–2.76	–2.07	–1.68	–1.58	–1.78	–2.27
	–200	–2.94	–1.96	–1.27	–0.88	–0.78	–0.97	–1.47
	–100	–2.32	–1.34	–0.65	–0.25	–0.16	–0.35	–0.84
0.5	0	–1.88	–0.90	–0.21	0.18	0.28	0.09	–0.41
	100	–1.63	–0.64	0.05	0.44	0.54	0.34	–0.15
	200	–1.55	–0.57	0.12	0.51	0.61	0.42	–0.08
	300	–1.66	–0.68	0.01	0.40	0.50	0.31	–0.19
	–300	–3.76	–2.75	–2.04	–1.62	–1.49	–1.66	–2.13
	–200	–2.93	–1.92	–1.20	–0.78	–0.66	–0.83	–1.30
	–100	–2.28	–1.27	–0.55	–0.13	–0.01	–0.18	–0.65
1	0	–1.81	–0.80	–0.09	0.33	0.46	0.29	–0.18
	100	–1.52	–0.52	0.20	0.62	0.74	0.57	0.10
	200	–1.42	–0.41	0.30	0.72	0.84	0.67	0.21
	300	–1.50	–0.49	0.22	0.64	0.76	0.59	0.13

Tabel C.6 Ændring i produktion ved ændring i ration fra standardration
Stort ensilage/hø/græs-foder
1–24 uger efter kælvning
g tilvækst pr. ko daglig

FE	g korr. råfedt	g ford. råprotein						
		–600	–400	–200	0	200	400	600
	–300	132	46	–10	–37	–34	–1	60
	–200	66	–20	–76	–103	–100	–68	–6
	–100	18	–68	–124	–151	–148	–116	–54
–2	0	–12	–97	–154	–180	–178	–145	–83
	100	–23	–109	–165	–192	–189	–156	–95
	200	–16	–102	–158	–185	–182	–150	–88
	300	9	–77	–133	–160	–157	–124	–62
	–300	192	104	45	16	17	46	106
	–200	123	35	–24	–53	–52	–23	37
	–100	73	–16	–74	–104	–103	–73	–14
–1.5	0	40	–48	–107	–136	–136	–106	–47
	100	26	–62	–121	–150	–150	–120	–61
	200	30	–58	–117	–146	–146	–116	–57
	300	52	–36	–95	–124	–123	–94	–34
	–300	254	163	101	70	67	95	152
	–200	182	91	30	–2	–4	23	80
	–100	128	37	–24	–56	–58	–31	26
–1	0	93	2	–59	–91	–93	–66	–9
	100	76	–15	–76	–108	–110	–83	–26
	200	77	–14	–75	–107	–109	–82	–25
	300	96	6	–56	–87	–90	–62	–6
	–300	315	222	158	124	119	144	198
	–200	240	147	83	49	44	69	123
	–100	184	90	27	–8	–12	12	67
–0.5	0	146	52	–12	–46	–51	–26	28
	100	126	32	–31	–66	–71	–46	8
	200	124	31	–33	–67	–72	–47	7
	300	141	47	–16	–51	–55	–31	24
	–300	377	281	215	178	171	193	245
	–200	299	204	137	100	93	115	167
	–100	240	144	78	41	34	56	108
0	0	199	103	37	–	–7	15	67
	100	176	80	14	–23	–30	–8	44
	200	172	76	10	–27	–35	–12	39
	300	186	90	23	–13	–21	1	53
	–300	440	341	272	233	223	243	292
	–200	359	261	192	152	143	162	211
	–100	297	198	130	90	80	100	149
0.5	0	253	155	86	46	36	56	105
	100	227	129	60	21	11	30	80
	200	220	122	53	13	3	23	72
	300	231	133	64	24	14	34	83
	–300	503	402	330	288	276	293	340
	–200	419	318	247	205	192	210	256
	–100	354	253	182	140	127	145	191
1	0	307	206	135	93	81	98	144
	100	279	178	107	65	52	69	116
	200	269	168	96	54	42	59	106
	300	277	176	104	63	50	67	114

Tabel C.7 Ændring i produktion ved ændring i ration fra standardration
Stort ensilage/hø/græs-foder
1–24 uger efter kælvning
Kombineret kg 4% mælk ved prisforholdet tilvækst : mælk = 5:1

FE	g korr. råfedt	g ford. råprotein						
		–600	–400	–200	0	200	400	600
	–300	–3.54	–3.11	–2.83	–2.70	–2.71	–2.88	–3.19
	–200	–3.21	–2.78	–2.50	–2.37	–2.38	–2.54	–2.85
	–100	–2.97	–2.54	–2.26	–2.13	–2.14	–2.31	–2.61
–2	0	–2.82	–2.40	–2.11	–1.98	–2.00	–2.16	–2.47
	100	–2.77	–2.34	–2.06	–1.92	–1.94	–2.10	–2.41
	200	–2.80	–2.37	–2.09	–1.96	–1.97	–2.14	–2.44
	300	–2.93	–2.50	–2.22	–2.09	–2.10	–2.26	–2.57
	–300	–3.08	–2.64	–2.35	–2.20	–2.20	–2.35	–2.65
	–200	–2.74	–2.29	–2.00	–1.85	–1.86	–2.00	–2.30
	–100	–2.48	–2.04	–1.75	–1.60	–1.60	–1.75	–2.05
–1.5	0	–2.32	–1.88	–1.58	–1.44	–1.44	–1.59	–1.89
	100	–2.25	–1.81	–1.51	–1.37	–1.37	–1.52	–1.81
	200	–2.27	–1,83	–1,53	–1.39	–1.39	–1.54	–1.83
	300	–2.38	–1.94	–1.65	–1.50	–1.50	–1.65	–1.95
	–300	–2.65	–2.20	–1.89	–1.73	–1.72	–1.86	–2.14
	–200	–2.29	–1.84	1.53	–1.37	–1.36	–1.50	–1.78
	–100	–2.02	–1.57	–1.26	–1.10	–1.09	–1.23	–1.51
–1	0	–1.85	–1.39	–1.09	–0.93	–0.92	–1.05	–1.34
	100	–1.76	–1.31	–1.00	–0.84	–0.83	–0.97	–1.25
	200	–1.77	–1.31	–1.01	–0.85	–0.84	–0.97	–1.26
	300	–1.86	–1.41	–1.10	–0.95	–0.93	–1.07	–1.35
	–300	–2.25	–1.79	–1.47	–1.29	–1.27	–1.39	–1.67
	–200	–1.88	–1.41	–1.09	–0.92	–0.90	–1.02	–1.29
	–100	–1.60	–1.13	–0.81	–0.64	–0.61	–0.74	–1.01
–0.5	0	–1.40	–0.94	–0.62	–0.45	–0.42	–0.55	–0.82
	100	–1.31	–0.84	–0.52	–0.35	–0.32	–0.45	–0.72
	200	–1.30	–0.83	–0.51	–0.34	–0.32	–0.44	–0.71
	300	–1.38	–0.91	–0.59	–0.42	–0.40	–0.52	–0.79
	–300	–1.89	–1.41	–1.07	–0.89	–0.85	–0.96	–1.22
	–200	–1.50	–1.02	–0.69	–0.50	–0.47	–0.58	–0.83
	–100	–1.20	–0.72	–0.39	–0.21	–0.17	–0.28	–0.54
0	0	–1.00	–0.52	–0.18	–	0.04	–0.07	–0.33
	100	–0.88	–0.40	–0.07	0.11	0.15	0.04	–0.22
	200	–0.86	–0.38	–0.05	0.14	0.17	0.06	–0.20
	300	–0.93	–0.45	–0.12	0.07	0.10	–0.01	–0.27
	–300	–1.55	–1.06	–0.71	–0.52	–0.47	–0.57	–0.81
	–200	–1.15	–0.66	–0.31	–0.11	–0.07	–0.16	–0.41
	–100	–0.84	–0.35	–0.00	0.20	0.25	0.15	–0.10
0.5	0	–0.62	–0.13	0.22	0.42	0.46	0.37	0.12
	100	–0.49	0.00	0.35	0.54	0.59	0.49	0.25
	200	–0.45	0.04	0.38	0.58	0.63	0.53	0.29
	300	–0.51	–0.02	0.33	0.53	0.57	0.48	0.23
	–300	–1.25	–0.74	–0.39	–0.18	–0.11	–0.20	–0.43
	–200	–0.83	–0.33	0.03	0.24	0.30	0.22	–0.02
	–100	–0.51	–0.00	0.36	0.57	0.63	0.54	0.31
1	0	–0.27	0.23	0.59	0.80	0.86	0.78	0.54
	100	–0.13	0.37	0.73	0.94	1.00	0.92	0.68
	200	–0.08	0.43	0.78	0.99	1.05	0.97	0.74
	300	–0.12	0.39	0.74	0.95	1.01	0.93	0.70

Tabel C.8 Ændring i produktion ved ændring i ration fra standardration
Lille/middel ensilage/hø/græs-foder
1–12 uger efter kælvning
Kg 4% mælk pr. ko daglig

FE	g korr. råfedt	g ford. råprotein						
		–600	–400	–200	0	200	400	600
	–300	–3.96	–2.81	–1.96	–1.41	–1.16	–1.21	–1.56
	–200	–3.09	–1.94	–1.09	–0.54	–0.29	–0.34	–0.69
	–100	–2.44	–1.28	–0.43	0.12	0.37	0.32	–0.04
–2	0	–2.00	–0.85	0.00	0.56	0.80	0.75	0.40
	100	–1.78	–0.63	0.22	0.77	1.02	0.97	0.62
	200	–1.78	–0.63	0.22	0.77	1.02	0.97	0.62
	300	–2.00	–0.85	0.01	0.56	0.81	0.75	0.40
	–300	–4.19	–3.00	–2.10	–1.51	–1.22	–1.23	–1.54
	–200	–3.28	–2.09	–1.19	–0.60	–0.31	–0.32	–0.63
	–100	–2.59	–1.39	–0.50	0.09	0.38	0.37	0.06
–1.5	0	–2.12	–0.92	–0.03	0.57	0.86	0.85	0.53
	100	–1.86	–0.67	0.23	0.82	1.11	1.10	0.79
	200	–1.82	–0.63	0.27	0.86	1.15	1.14	0.83
	300	–2.00	–0.81	0.09	0.68	0.97	0.96	0.65
	–300	–4.52	–3.28	–2.35	–1.71	–1.38	–1.35	–1.62
	–200	–3.57	–2.33	–1.40	–0.76	–0.43	–0.40	–0.67
	–100	–2.84	–1.61	–0.67	–0.03	0.30	0.33	0.06
–1	0	–2.33	–1.09	–0.16	0.48	0.81	0.84	0.57
	100	–2.04	–0.80	0.13	0.77	1.10	1.13	0.86
	200	–1.96	–0.73	0.21	0.84	1.18	1.21	0.94
	300	–2.11	–0.87	0.07	0.70	1.03	1.07	0.80
	–300	–4.95	–3.67	–2.69	–2.01	–1.64	–1.56	–1.79
	–200	–3.96	–2.68	–1.70	–1.03	–0.65	–0.58	–0.81
	–100	–3.20	–1.92	–0.94	–0.26	0.12	0.19	–0.04
–0.5	0	–2.65	–1.37	–0.39	0.29	0.66	0.74	0.51
	100	–2.32	–1.04	–0.06	0.62	0.99	1.07	0.84
	200	–2.20	–0.92	0.05	0.73	1.11	1.18	0.95
	300	–2.31	–1.03	–0.05	0.63	1.00	1.07	0.85
	–300	–5.47	–4.15	–3.13	–2.41	–1.99	–1.88	–2.06
	–200	–4.45	–3.13	–2.11	–1.39	–0.97	–0.86	–1.04
	–100	–3.65	–2.32	–1.30	–0.59	–0.17	–0.05	–0.24
0	0	–3.06	–1.74	–0.72	–	0.42	0.53	0.35
	100	–2.69	–1.37	–0.35	0.37	0.78	0.90	0.71
	200	–2.54	–1.22	–0.20	0.52	0.93	1.05	0.86
	300	–2.61	–1.29	–0.27	0.45	0.87	0.98	0.80
	–300	–6.10	–4.73	–3.67	–2.91	–2.45	–2.29	–2.44
	–200	–5.04	–3.67	–2.61	–1.85	–1.39	–1.23	–1.38
	–100	–4.20	–2.83	–1.77	–1.01	–0.55	–0.39	–0.54
0.5	0	–3.57	–2.21	–1.15	–0.39	0.07	0.23	0.09
	100	–3.17	–1.81	–0.74	0.02	0.48	0.63	0.49
	200	–2.98	–1.62	–0.56	0.20	0.66	0.82	0.68
	300	–3.01	–1.65	–0.59	0.17	0.63	0.79	0.65
	–300	–6.82	–5.42	–4.31	–3.51	–3.01	–2.81	–2.91
	–200	–5.73	–4.32	–3.22	–2.41	–1.91	–1.71	–1.81
	–100	–4.85	–3.44	–2.34	–1.54	–1.03	–0.83	–0.94
1	0	–4.19	–2.78	–1.68	–0.87	–0.37	–0.17	–0.28
	100	–3.75	–2.34	–1.24	–0.43	0.07	0.27	0.17
	200	–3.52	–2.12	–1.01	–0.21	0.29	0.49	0.39
	300	–3.52	–2.11	–1.00	–0.20	0.30	0.50	0.40

Tabel C.9 Ændring i produktion ved ændring i ration fra standardration
Lille/middel ensilage/hø/græs-foder
1–12 uger efter kælvning
g tilvækst pr. ko daglig

FE	g korr. råfedt	g ford. råprotein						
		–600	–400	–200	0	200	400	600
	–300	108	–7	–92	–148	–172	–167	–132
	–200	21	–94	–180	–235	–260	–254	–219
	–100	–44	–160	–245	–300	–325	–320	–284
–2	0	–88	–204	–289	–344	–369	–364	–328
	100	–110	–225	–311	–366	–391	–385	–350
	200	–110	–225	–311	–366	–391	–385	–350
	300	–88	–204	–289	–344	–369	–364	–328
	–300	207	88	–2	–61	–90	–89	–58
	–200	116	–3	–93	–152	–181	–180	–149
	–100	47	–72	–162	–221	–250	–249	–218
–1.5	0	–0	–120	–209	–268	–298	–296	–265
	100	–26	–145	–235	–294	–323	–322	–291
	200	–29	–149	–238	–298	–327	–326	–295
	300	–11	–131	–220	–280	–309	–308	–277
	–300	314	190	96	33	–1	–4	23
	–200	219	95	2	–62	–95	–98	–71
	–100	146	22	–71	–135	–168	–171	–144
–1	0	95	–29	–122	–186	–219	–222	–195
	100	66	–58	–152	–215	–249	–252	–225
	200	58	–66	–159	–223	–256	–259	–232
	300	72	–51	–145	–208	–242	–245	–218
	–300	427	299	201	133	96	89	111
	–200	329	201	103	35	–3	–10	13
	–100	252	124	26	–42	–79	–87	–64
–0.5	0	197	69	–29	–96	–134	–141	–119
	100	164	36	–62	–130	–167	–174	–152
	200	153	25	–73	–141	–178	–186	–163
	300	163	35	–62	–130	–168	–175	–152
	–300	547	415	313	241	199	188	206
	–200	445	313	211	139	97	86	104
	–100	365	232	130	59	17	5	24
0	0	306	174	72	–	–42	–53	–35
	100	269	137	35	–37	–78	–90	–71
	200	254	122	20	–52	–93	–105	–86
	300	261	129	27	–45	–87	–98	–80
	–300	674	538	432	356	310	294	308
	–200	569	432	326	250	204	188	203
	–100	484	348	242	166	120	104	118
0.5	0	422	286	180	103	58	42	56
	100	382	245	139	63	17	1	16
	200	363	227	120	44	–2	–17	–3
	300	366	230	123	47	1	–14	0
	–300	809	668	558	477	427	407	418
	–200	699	559	448	368	318	298	308
	–100	611	471	360	280	230	210	220
1	0	545	405	294	214	164	144	154
	100	501	360	250	170	120	100	110
	200	479	338	228	147	97	77	87
	300	478	337	227	147	97	77	87

Tabel C.10 Ændring i produktion ved ændring i ration fra standardration
Lille/middel ensilage/hø/græs-foder
1–12 uger efter kælvning
Kombineret kg 4% mælk ved prisforholdet tilvækst : mælk = 5:1

FE	g korr. råfedt	g ford. råprotein						
		–600	–400	–200	0	200	400	600
	–300	–3.42	–2.85	–2.42	–2.15	–2.02	–2.05	–2.22
	–200	–2.99	–2.41	–1.98	–1.71	–1.58	–1.61	–1.79
	–100	–2.66	–2.08	–1.66	–1.38	–1.26	–1.28	–1.46
–2	0	–2.44	–1.87	–1.44	–1.16	–1.04	–1.07	–1.24
	100	–2.33	–1.76	–1.33	–1.05	–0.93	–0.96	–1.13
	200	–2.33	–1.76	–1.33	–1.05	–0.93	–0.96	–1.13
	300	–2.44	–1.86	–1.44	–1.16	–1.04	–1.06	–1.24
	–300	–3.16	–2.56	–2.11	–1.81	–1.67	–1.67	–1.83
	–200	–2.70	–2.10	–1.66	–1.36	–1.21	–1.22	–1.37
	–100	–2.35	–1.76	–1.31	–1.01	–0.87	–0.87	–1.03
–1.5	0	–2.12	–1.52	–1.07	–0.78	–0.63	–0.64	–0.79
	100	–1.99	–1.39	–0.94	–0.65	–0.50	–0.51	–0.66
	200	–1.97	–1.37	–0.93	–0.63	–0.48	–0.49	–0.64
	300	–2.06	–1.46	–1.02	–0.72	–0.57	–0.58	–0.74
	–300	–2.95	–2.33	–1.86	–1.55	–1.38	–1.36	–1.50
	–200	–2.48	–1.86	–1.39	–1.07	–0.91	–0.89	–1.03
	–100	–2.11	–1.49	–1.03	–0.71	–0.54	–0.53	–0.66
–1	0	–1.86	–1.24	–0.77	–0.45	–0.29	–0.27	–0.41
	100	–1.71	–1.09	–0.62	–0.31	–0.14	–0.12	–0.26
	200	–1.67	–1.05	–0.59	–0.27	–0.10	–0.09	–0.22
	300	–1.74	–1.13	–0.66	–0.34	–0.17	–0.16	–0.29
	–300	–2.81	–2.17	–1.68	–1.34	–1.16	–1.12	–1.23
	–200	–2.32	–1.68	–1.19	–0.85	–0.66	–0.63	–0.74
	–100	–1.94	–1.30	–0.81	–0.47	–0.28	–0.24	–0.36
–0.5	0	–1.66	–1.02	–0.53	–0.19	–0.01	0.03	–0.08
	100	–1.50	–0.86	–0.37	–0.03	0.16	0.20	0.08
	200	–1.44	–0.80	–0.31	0.03	0.21	0.25	0.14
	300	–1.49	–0.85	–0.36	–0.03	0.16	0.20	0.08
	–300	–2.74	–2.07	–1.56	–1.21	–1.00	–0.94	–1.03
	–200	–2.23	–1.56	–1.05	–0.69	–0.49	–0.43	–0.52
	–100	–1.82	–1.16	–0.65	–0.29	–0.08	–0.03	–0.12
0	0	–1.53	–0.87	–0.36	–	0.21	0.27	0.17
	100	–1.35	–0.69	–0.18	0.18	0.39	0.45	0.36
	200	–1.27	–0.61	–0.10	0.26	0.47	0.52	0.43
	300	–1.31	–0.65	–0.14	0.22	0.43	0.49	0.40
	–300	–2.73	–2.04	–1.51	–1.13	–0.90	–0.82	–0.90
	–200	–2.20	–1.51	–0.98	–0.60	–0.37	–0.29	–0.37
	–100	–1.78	–1.09	–0.56	–0.18	0.05	0.13	0.05
0.5	0	–1.46	–0.78	–0.25	0.13	0.36	0.44	0.37
	100	–1.26	–0.58	–0.05	0.33	0.56	0.64	0.57
	200	–1.17	–0.49	0.05	0.43	0.66	0.73	0.66
	300	–1.18	–0.50	0.03	0.41	0.64	0.72	0.65
	–300	–2.78	–2.08	–1.52	–1.12	–0.87	–0.77	–0.82
	–200	–2.23	–1.53	–0.98	–0.57	–0.32	–0.22	–0.27
	–100	–1.79	–1.09	–0.54	–0.14	0.12	0.22	0.16
1	0	–1.46	–0.76	–0.21	0.20	0.45	0.55	0.49
	100	–1.24	–0.54	0.01	0.42	0.67	0.77	0.72
	200	–1.13	–0.43	0.13	0.53	0.78	0.88	0.83
	300	–1.13	–0.42	0.13	0.53	0.78	0.88	0.83

Tabel C.11 Ændring i produktion ved ændring i ration fra standardration
Lille/middel ensilage/hø/græs-foder
1–24 uger efter kælvning
Kg 4% mælk pr. ko daglig

FE	g korr. råfedt	g ford. råprotein						
		–600	–400	–200	0	200	400	600
	–300	–3.72	–2.86	–2.30	–2.03	–2.06	–2.38	–3.00
	–200	–3.06	–2.20	–1.64	–1.37	–1.40	–1.72	–2.34
	–100	–2.58	–1.72	–1.16	–0.89	–0.92	–1.24	–1.86
–2	0	–2.28	–1.42	–0.86	–0.60	–0.62	–0.95	–1.57
	100	–2.17	–1.31	–0.75	–0.48	–0.51	–0.83	–1.45
	200	–2.24	–1.38	–0.82	–0.55	–0.58	–0.90	–1.52
	300	–2.49	–1.63	–1.07	–0.80	–0.83	–1.16	–1.77
	–300	–3.61	–2.73	–2.14	–1.85	–1.85	–2.15	–2.74
	–200	–2.92	–2.03	–1.45	–1.16	–1.16	–1.46	–2.05
	–100	–2.41	–1.53	–0.94	–0.65	–0.65	–0.95	–1.54
–1.5	0	–2.09	–1.20	–0.62	–0.32	–0.33	–0.62	–1.22
	100	–1.94	–1.06	–0.47	–0.18	–0.18	–0.48	–1.08
	200	–1.98	–1.10	–0.51	–0.22	–0.22	–0.52	–1.12
	300	–2.21	–1.32	–0.74	–0.45	–0.45	–0.75	–1.34
	–300	–3.58	–2.67	–2.06	–1.74	–1.72	–1.99	–2.56
	–200	–2.86	–1.95	–1.34	–1.02	–1.00	–1.27	–1.84
	–100	–2.32	–1.42	–0.80	–0.49	–0.46	–0.74	–1.30
–1	0	–1.97	–1.06	–0.45	–0.13	–0.11	–0.38	–0.95
	100	–1.80	–0.89	–0.28	0.04	0.06	–0.21	–0.78
	200	–1.81	–0.90	–0.29	0.03	0.05	–0.22	–0.79
	300	–2.01	–1.10	–0.49	–0.17	–0.15	–0.42	–0.99
	–300	–3.63	–2.70	–2.06	–1.72	–1.67	–1.92	–2.46
	–200	–2.89	–1.95	–1.31	–0.97	–0.92	–1.17	–1.71
	–100	–2.32	–1.39	–0.75	–0.41	–0.36	–0.61	–1.15
–0.5	0	–1.94	–1.01	–0.37	–0.03	0.02	–0.22	–0.77
	100	–1.74	–0.81	–0.17	0.17	0.22	–0.03	–0.57
	200	–1.72	–0.79	–0.15	0.19	0.24	–0.01	–0.55
	300	–1.89	–0.96	–0.32	0.02	0.07	–0.18	–0.72
	–300	–3.77	–2.81	–2.15	–1.78	–1.71	–1.93	–2.45
	–200	–2.99	–2.04	–1.37	–1.00	–0.93	–1.15	–1.67
	–100	–2.40	–1.44	–0.78	–0.41	–0.34	–0.56	–1.08
0	0	–1.99	–1.03	–0.37	–	0.07	–0.15	–0.67
	100	–1.76	–0.80	–0.14	0.23	0.30	0.08	–0.44
	200	–1.72	–0.76	–0.10	0.27	0.35	0.12	–0.39
	300	–1.86	–0.90	–0.23	0.13	0.21	–0.01	–0.53
	–300	–3.99	–3.01	–2.32	–1.92	–1.82	–2.02	–2.51
	–200	–3.19	–2.20	–1.51	–1.12	–1.02	–1.22	–1.71
	–100	–2.56	–1.58	–0.89	–0.50	–0.40	–0.59	–1.09
0.5	0	–2.12	–1.14	–0.45	–0.06	0.04	–0.16	–0.65
	100	–1.87	–0.88	–0.20	0.20	0.30	0.10	–0.39
	200	–1.79	–0.81	–0.12	0.27	0.37	0.17	–0.32
	300	–1.90	–0.92	–0.23	0.16	0.26	0.06	–0.43
	–300	–4.29	–3.28	–2.57	–2.15	–2.02	–2.20	–2.66
	–200	–3.46	–2.45	–1.73	–1.32	–1.19	–1.36	–1.83
	–100	–2.81	–1.80	–1.08	–0.66	–0.54	–0.71	–1.18
1	0	–2.34	–1.33	–0.62	–0.20	–0.07	–0.24	–0.71
	100	–2.06	–1.05	–0.33	0.09	0.21	0.04	–0.43
	200	–1.95	–0.94	–0.23	0.19	0.31	0.14	–0.32
	300	–2.03	–1.03	–0.31	0.11	0.23	0.06	–0.41

Tabel C.12 Ændring i produktion ved ændring i ration fra standardration
Lille/middel ensilage/hø/græs-foder
1–24 uger efter kælvning
g tilvækst pr. ko daglig

FE	g korr. råfedt	g ford. råprotein						
		–600	–400	–200	0	200	400	600
	–300	84	–2	–58	–85	–82	–50	12
	–200	17	–68	–125	–151	–148	–116	–54
	–100	–31	–116	–172	–199	–196	–164	–102
–2	0	–60	–146	–202	–229	–226	–194	–132
	100	–71	–157	–213	–240	–237	–205	–143
	200	–65	–150	–206	–233	–230	–198	–136
	300	–39	–125	–181	–208	–205	–173	–111
	–300	149	61	2	–27	–27	3	62
	–200	80	–8	–67	–96	–96	–66	–7
	–100	29	–59	–118	–147	–147	–117	–58
–1.5	0	–3	–92	–150	–180	–179	–149	–90
	100	–17	–106	–164	–194	–193	–164	–104
	200	–13	–102	–160	–190	–189	–160	–100
	300	9	–79	–138	–167	–167	–137	–78
	–300	220	129	68	36	34	61	118
	–200	148	57	–4	–36	–38	–11	46
	–100	94	3	–58	–90	–92	–65	–8
–1	0	59	–32	–93	–125	–127	–100	–43
	100	42	–49	–110	–142	–144	–117	–60
	200	43	–48	–109	–141	–143	–116	–59
	300	63	–28	–90	–121	–124	–96	–39
	–300	296	202	139	104	99	124	178
	–200	221	128	64	30	25	49	104
	–100	164	71	7	–27	–32	–7	47
–0.5	0	126	33	–31	–65	–70	–45	9
	100	106	13	–51	–85	–90	–65	–11
	200	105	11	–52	–87	–91	–67	–12
	300	121	28	–36	–70	–75	–50	4
	–300	377	281	215	178	171	193	245
	–200	299	204	137	100	93	115	167
	–100	240	144	78	41	34	56	108
0	0	199	103	37	–	–7	15	67
	100	176	80	14	–23	–30	–8	44
	200	172	76	10	–27	–35	–12	39
	300	186	90	23	–13	–21	1	53
	–300	464	365	296	257	247	267	316
	–200	383	285	216	177	167	186	236
	–100	321	223	154	114	104	124	173
0.5	0	277	179	110	70	61	80	129
	100	252	153	84	45	35	55	104
	200	244	146	77	38	28	47	96
	300	255	157	88	48	39	58	107
	–300	556	455	383	341	329	346	393
	–200	472	371	300	258	246	263	309
	–100	407	306	235	193	181	198	244
1	0	361	260	188	146	134	151	198
	100	332	231	160	118	105	122	169
	200	322	221	149	108	95	112	159
	300	330	229	158	116	103	120	167

Tabel C.13 Ændring i produktion ved ændring i ration fra standardration
Lille/middel ensilage/hø/græs-foder
1–24 uger efter kælvning
Kombineret kg 4% mælk ved prisforholdet tilvækst : mælk = 5:1

FE	g korr. råfedt	g ford. råprotein						
		–600	–400	–200	0	200	400	600
	–300	–3.30	–2.87	–2.59	–2.46	–2.47	–2.63	–2.94
	–200	–2.97	–2.54	–2.26	–2.13	–2.14	–2.30	–2.61
	–100	–2.73	–2.30	–2.02	–1.89	–1.90	–2.06	–2.37
–2	0	–2.58	–2.15	–1.87	–1.74	–1.75	–1.92	–2.22
	100	–2.53	–2.10	–1.82	–1.68	–1.70	–1.86	–2.17
	200	–2.56	–2.13	–1.85	–1.72	–1.73	–1.89	–2.20
	300	–2.69	–2.26	–1.98	–1.84	–1.86	–2.02	–2.33
	–300	–2.86	–2.42	–2.13	–1.98	–1.98	–2.13	–2.43
	–200	–2.52	–2.08	–1.78	–1.64	–1.64	–1.79	–2.08
	–100	–2.26	–1.82	–1.53	–1.38	–1.38	–1.53	–1.83
–1.5	0	–2.10	–1.66	–1.37	–1.22	–1.22	–1.37	–1.67
	100	–2.03	–1.59	–1.30	–1.15	–1.15	–1.30	–1.60
	200	–2.05	–1.61	–1.32	–1.17	–1.17	–1.32	–1.62
	300	–2.16	–1.72	–1.43	–1.28	–1.28	–1.43	–1.73
	–300	–2.48	–2.03	–1.72	–1.56	–1.55	–1.69	–1.97
	–200	–2.12	–1.67	–1.36	–1.20	–1.19	–1.33	–1.61
	–100	–1.85	–1.40	–1.09	–0.93	–0.92	–1.06	–1.34
–1	0	–1.68	–1.22	–0.92	–0.76	–0.75	–0.88	–1.17
	100	–1.59	–1.14	–0.83	–0.67	–0.66	–0.80	–1.08
	200	–1.60	–1.14	–0.84	–0.68	–0.67	–0.80	–1.09
	300	–1.70	–1.24	–0.93	–0.78	–0.76	–0.90	–1.19
	–300	–2.16	–1.69	–1.37	–1.20	–1.17	–1.30	–1.57
	–200	–1.78	–1.31	–1.00	–0.82	–0.80	–0.92	–1.20
	–100	–1.50	–1.03	–0.71	–0.54	–0.52	–0.64	–0.91
–0.5	0	–1.31	–0.84	–0.52	–0.35	–0.33	–0.45	–0.72
	100	–1.21	–0.74	–0.42	–0.25	–0.23	–0.35	–0.62
	200	–1.20	–0.73	–0.41	–0.24	–0.22	–0.34	–0.61
	300	–1.28	–0.82	–0.50	–0.33	–0.30	–0.43	–0.70
	–300	–1.89	–1.41	–1.07	–0.89	–0.85	–0.96	–1.22
	–200	–1.50	–1.02	–0.69	–0.50	–0.47	–0.58	–0.83
	–100	–1.20	–0.72	–0.39	–0.21	–0.17	–0.28	–0.54
0	0	–1.00	–0.52	–0.18	–	0.04	–0.07	–0.33
	100	–0.88	–0.40	–0.07	0.11	0.15	0.04	–0.22
	200	–0.86	–0.38	–0.05	0.14	0.17	0.06	–0.20
	300	–0.93	–0.45	–0.12	0.07	0.10	–0.01	–0.27
	–300	–1.67	–1.18	–0.83	–0.64	–0.59	–0.69	–0.93
	–200	–1.27	–0.78	–0.43	–0.24	–0.19	–0.28	–0.53
	–100	–0.96	–0.47	–0.12	0.08	0.12	0.03	–0.22
0.5	0	–0.74	–0.25	0.10	0.29	0.34	0.25	–0.00
	100	–0.61	0.12	0.23	0.42	0.47	0.37	0.13
	200	–0.57	–0.08	0.26	0.46	0.51	0.41	0.16
	300	–0.63	–0.14	0.21	0.40	0.45	0.36	0.11
	–300	–1.51	–1.01	–0.65	–0.44	–0.38	–0.47	–0.70
	–200	–1.10	–0.59	–0.23	–0.03	0.04	–0.05	–0.28
	–100	–0.77	–0.27	0.09	0.30	0.36	0.28	0.04
1	0	–0.54	–0.03	0.32	0.53	0.60	0.51	0.28
	100	–0.40	0.11	0.47	0.68	0.74	0.65	0.42
	200	–0.34	0.16	0.52	0.73	0.79	0.70	0.47
	300	–0.38	0.12	0.48	0.69	0.75	0.66	0.43

APPENDIKS D.

Eksempler på optimering af foderrationer

Iver Thysen

D.1 Forudsætninger

De i kap. 17 beskrevne optimeringsmetoder anvendes i 3 eksempler med forskellige forudsætninger vedrørende grovfoderproduktion, foderpriser og besætning. Optimeringsperioden er 1–24 uger efter kælvning. I tabel D.1 er vist priser og eventuel maksimal mængde for de fodermidler, der forudsættes at være til rådighed; fodermidlernes karakteristika er angivet i tabel B.1 (app. B). Kraftfodermidler er i eksemplerne repræsenteret ved typefoderblandinger i det aktuelle spektrum; priserne er konstrueret ud fra bygprisen (kr. 1,60 pr. FE) ved at tillægge kr. 0,05 i blandingsomkostning samt faste værdier for supplerings-protein og -fedt i forhold til byg på henholdsvis kr. 1,00 og 1,00 pr. kg i eks. 1, kr. 1,00 og 3,00 pr. kg i eks. 2 og kr. 3,00 og 3,00 pr. kg i eks. 3. I eks. 3 er det dog antaget, at hjemmeavlet byg til kr. 1,50 pr. FE kan indgå i optimeringen. Dette spektrum af typefoderblandinger med en så entydig prisfastsættelse kan ikke nødvendigvis genfindes i praksis, hvor optimeringen må baseres på tilgængelige typefoderblandinger samt andre blandinger, som kan fremstilles af f.eks. korn, oliekager eller -skrå m.m.

I eksempel 1 er antaget en overskudsproduktion af græsensilage, således at den bedste anden anvendelse af den middelgode ensilage 2 er sat til kr. 0,80 pr. FE. Idet optimeringen vedrører den første del af laktationen, vil den bedste anden anvendelse af den letfordøjelige ensilage 1 være at bruge den i den sidste del af laktationen, hvor 1 FE ekstra ensilage 1 medfører en besparelse svarende til 0,8 FE ensilage 2 (forholdet mellem fyldefaktorerne) og 0,2 FE 175/60; den alternative værdi af ensilage 1 kan derfor ansættes til kr. 1,00 pr. FE.

I eksempel 2 er forudsat et middelstort roe- og ensilagefoder. Et eventuelt overskud af ensilage antages at kunne benyttes til opdrættet, og værdien svarer derfor til prisen på et erstatningsfoder, hvilket for eksempel kan bestå af 50% NH_3-behandlet halm og 50% typefoderblanding 175/60, som koster ca. kr. 1,40 pr. FE.

I eksempel 3 er antaget et lille ensilagefoder samt anvendelse af biprodukter fra fabrikssukkerroer. Græs- og roetopensilage kan i givet fald bruges til opdrættet. Der tænkes blandet et ad libitum-foder af roetopensilage og NH_3-behandlet halm, således at roetopensilagen anvendes fuldt ud. Under optimeringen vil

NH_3-behandlet halm derfor fungere som det fodermiddel, der bruges til at afbalancere rationen med hensyn til foderoptagelse. Omkostningen ved blanding antages indeholdt i prisen på NH_3-halm.

D.2 Optimering af indsatsen af A-blanding

Den optimale indsats af A-blanding (175 g ford. råprotein og 60 g råfedt pr. FE) findes ved formlerne i kap. 17, afsnit 4.1.

Eksempel 1:

Da melasse har en lav pris, dannes en A-blanding ved blanding af melasse og typefoderblandinger. Den billigste supplering af melasse med protein og fedt kan findes ved metoden i kap. 16, afsnit 3.3, men da prisen på protein og fedt i dette tilfælde er sat ens i alle typefoderblandinger, fås den billigste blanding ved den størst mulige andel af melasse, d.v.s. ved 25% melasse og 75% 225/80 til kr. 1,67 pr. FE.

$$\text{Opt. FE A-bl.} = 14{,}9 - 9{,}0\,\frac{1{,}67 - 1{,}00\,\frac{0{,}18}{0{,}55}}{2{,}50} = 10{,}1$$

Dette niveau reduceres med 1 FE som følge af den høje energikoncentration i ensilagen (jvf. kap. 17, afsnit 4.1).

Eksempel 2:

Der er 4 FE roer i rationen og derfor kun mulighed for at anvende 1,3 FE melasse, idet FE roer + 1,5 FE melasse ≤ 6. Der kan derfor kun bruges 5,2 FE A-blanding i form af 25% melasse og 75% 225/80. Marginalprisen på A-blanding bliver derfor prisen på 175/60.

$$\text{Opt. FE A-bl.} = 10{,}7 - 5{,}9\,\frac{1{,}87 - 1{,}40\,\frac{0{,}2}{0{,}69}}{2{,}50} = 7{,}2$$

hvilket forøges med 1 FE på grund af den højere ydelseskapacitet i besætningen (jvf. kap. 17, afsnit 3.3). Der indgår 1 FE roetopensilage i ad libitum-foderet.

Eksempel 3:

$$\text{Opt. FE A-bl.} = 10{,}7 - 5{,}9\,\frac{2{,}02 - 1{,}50\,\frac{0{,}2}{0{,}59}}{2{,}50} = 7{,}1$$

idet der som ad libitum-foder er forudsat en blanding med 90% roetopensilage og 10% NH_3-behandlet halm. Den billige byg udnyttes ved at danne en A-blanding af $^1/_3$ byg og $^2/_3$ 225/80, som er 5 øre billigere end 175/60.

De optimale rationer inklusive restriktivt grundfoder og forventet optagelse af ad libitum-foder er vist i tabel D.2.

D.3 Optimering af indsats og type af tilskudsfoder

Eksempel 1:
Foreløbig afbalancering:

Fodermiddel	FE	Fylde	g ford. råprotein	g korr. råfedt
Standardindhold	17	6	2150	750
Græsensilage 1	7,4	4,07	1221	185
125/60	9,6	1,92	1200	576
Ialt	17,0	5,99	2421	761

Der er 271 g ford. råprotein i overskud, hvilket betyder, at der ved opslag i tabellen over virkningen af ændringer i rationen på produktionen (her tabel C.7) må tages udgangspunkt i +271 g ford. råprotein.

Alternativer.

Tilskudsfoder		Ad lib.	Ration			Produkt	Økon.
Type	Δ FE	Δ FE	Δ FE	Δ prot.	Δ fedt	Δ kg 4% mælk	udb. Δ kr.
125/80	0	0,2	0,2	33	197	0,2	0,11
125/100	0	0,5	0,5	83	397	udenfor gyldighedsomr.	
125/80	0,5	0	0,5	63	232	0,5	–0,18
125/80	–1,1	0,6	–0,5	39	119	–0,3	0,39
125/80	–1,9	0,9	–1,0	89	63	–0,8	0,25
175/100 + melasse	–4,1 +3	0,8	–0,3	66	84	–0,3	1,79

Af tabel C.7 ses straks, at større proteinindsats medfører faldende produktion; denne ændring undersøges derfor ikke nærmere. Større fedtindsats giver et bedre udbytte ved 125/80, mens 125/100 får fedtniveauet til at ligge uden for gyldighedsområdet. Bemærk at der er taget hensyn til, at fyldefaktoren for tilskudsfoderet falder ved stigende fedtindhold. Reduktion af rationens energiniveau med 0,5 FE ialt giver et bedre udbytte. Da melasse er billigt i forhold til typefoderblandinger, vil det være en fordel at sætte mest muligt melasse ind; her er valgt 3 FE sammen med et skift til 175/100, hvilket giver det bedste økonomiske resultat af de undersøgte alternativer.

Eksempel 2:
Foreløbig afbalancering:

Fodermiddel	FE	Fylde	g ford. råprotein	g korr. råfedt
Standardindhold	17	6,2	2300	800
Græsensilage 2	4,9	3,38	735	123
Roetopensilage	1,0	0,50	165	25
Fodersukkerroer	4,0	1,08	148	0
Rørmelasse	1,3	0,25	48	0
225/100	5,8	0,99	1305	580
Ialt	17,0	6,20	2401	728

Roetopensilage og roer er medtaget i fuldt omfang; rørmelasse er medtaget i det omfang, reglen om FE roer + 1,5 FE melasse ≤ 6 kan overholdes, idet dette giver en billigere ration, end hvis der kun anvendes typefoderblanding.

Alternativer, idet marginaloptagelsen af ensilage er –0,17/0,69 = –0,25 FE pr. FE tilskudsfoder.

Tilskudsfoder		Ad lib.	Ration			Produkt	Økon. udb.
Type	Δ FE	Δ FE	Δ FE	Δ prot.	Δ fedt	Δ kg 4% mælk	Δ kr.
175/100	0	0	0	–290	0	–0,2	–0,21
225/80	0	0	0	0	–116	–0,4	–0,65
225/100	0,7	–0,2	0,5	128	65	0,4	–0,15
175/100	0,7	–0,2	0,5	–197	65	0,3	–0,33
225/100	–0,7	+0,2	–0,5	–128	–65	–0,5	–0,10
275/80	–0,7	+0,2	–0,5	127	–167	–0,9	–1,05

Ingen af de undersøgte alternativer giver et højere økonomisk udbytte, og der kan ikke findes andre ændringer i tilskudsfoderet, som går i retning af et større økonomisk udbytte.

Eksempel 3:
Foreløbig afbalancering:

Fodermiddel	FE	Fylde	g ford. råprotein	g korr. råfedt
Standardindhold	16	6	2000	700
Græsensilage 2	2,0	1,38	300	50
Roetopensilage	4,0	2,00	660	100
Byghalm, NH_3-beh.	0,4	0,54	40	6
Roeaffald, frisk	4,0	1,16	300	0
125/100	5,6	0,95	700	560
Ialt	16,0	6,03	2000	716

Den højere pris på melasse samt høj pris på suppleringsprotein og -fedt bevirker, at melasse ikke er konkurrencedygtig i dette eksempel.

Alternativer, idet marginalfoderoptagelsen af NH_3-behandlet halm er –0,17/1,35 = –0,13 FE pr. FE tilskudsfoder:

Tilskudsfoder		Ad lib.	Ration			Produkt	Økon.
						Δ kg	udb.
Type	Δ FE	Δ FE	Δ FE	Δ prot.	Δ fedt	4% mælk	Δ kr.
125/80	0	0	0	0	–112	–0,2	–0,16
125/100	–0,6	0,1	–0,5	–65	–59	–0,5	–0,13
125/100	0,6	–0,1	0,5	65	59	0,4	–0,12
125/100	–1	0	0	–50	–80	–0,2	0,04
+ byg	+1						
125/100	–2	0	0	–100	–160	–0,5	–0,17
+ byg	+2						

Der er en lille økonomisk fordel ved at bytte 1 FE 125/100 ud med 1 FE byg.

D.4 Kvadratisk optimering

De optimale rationer i de 3 eksempler er beregnet ved et EDB-program med anvendelse af kvadratisk optimering (jvf. kap. 17). Udover forudsætningerne i afsnit D.1 er der i eksempel 1 stillet krav om maksimalt 3 FE melasse og minimun 125 g ford. råprotein pr. FE i tilskudsfoderet, hvorved her er forstået alt foder udover græsensilage. Resultaterne er vist i tabel D.2.

D.5 Konklusion

I tabel D.2 er vist de optimale rationer fundet ved optimering af A-blanding (OA), optimering af type og mængde af tilskudsfoder (OT) samt kvadratisk optimering (KO). Ved OA kan kun indsatsen af PFE optimeres, hvilket forklarer, at der i disse eksempler er fundet dårligere økonomiske resultater end, når der samtidigt optimeres for protein og fedt som ved anvendelse af OT og KO.

En sammenligning mellem OT og KO viser, at udbytte minus foderomkostninger ved KO var kr. 0,01–0,36 bedre end ved OT. Forskellen skyldes, at der ved anvendelse af EDB kan regnes mere eksakt, og at alle alternativer undersøges.

Tabel D.1 Forudsætninger

Fodermiddel	Eks. 1 kr. pr. FE	Eks. 1 maks. FE/dag	Eks. 2 kr. pr. FE	Eks. 2 maks. FE/dag	Eks. 3 kr. pr. FE	Eks. 3 maks. FE/dag
Græsensilage 1 (0,82 FE/kg tørstof)	1,00[1])	10	–		–	
Græsensilage 2 (0,72 FE/kg tørstof)	0,80[1])	6	1,40[1])	5	1,60[1])	2
Roetopensilage	–		1,40[1])	1	1,60[1])	4
Byghalm, NH_3-beh., finsn.	–		–		0,90	
Fodersukkerroer	–		1,10[1])	4	–	
Roeaffald, frisk	–		–		1,10	4
Rørmelasse	1,10		1,10		1,40	
Byg, valset	1,60		1,60		1,50	
Typefoderbl. pell.:						
125/ 60	1,74		1,82		1,92	
125/ 80	1,76		1,88		1,98	
125/100	1,78		1,94		2,04	
175/ 60	1,79		1,87		2,07	
175/ 80	1,81		1,93		2,13	
175/100	1,83		1,99		2,19	
225/ 60	1,84		1,92		2,22	
225/ 80	1,86		1,98		2,28	
225/100	1,88		2,04		2,34	
275/ 60	1,89		1,97		2,37	
275/ 80	1,91		2,03		2,43	
Produktpriser						
Kr. pr. kg 4% mælk	2,50		2,50		2,50	
Kr. pr. kg tilvækst	12,50		12,50		12,50	
Besætning						
Race	RDM/SDM		RDM/SDM		RDM/SDM	
Ydelseskapacitet, kg 4% mælk pr. årsko	6.500		7.500		6.500	

[1]) Alternativ værdi i bedste anden anvendelse (jvf. tekst).

Tabel D.2 Optimale rationer ved optimering af A-blanding (OA), optimering af tilskudsfoder (OT) og kvadratisk optimering (KO), FE pr. ko daglig i 1–24 uger efter kælvning

	Eks. 1			Eks. 2			Eks. 3		
Fodermiddel	OA	OT	KO	OA	OT	KO	OA	OT	KO
Græsensilage 1	7,9	8,2	8,2	–	–	–	–	–	–
Græsensilage 2				4,0	4,9	5,0	2,0	2,0	–
Roetopensilage[1])	–	–	–	1,0	1,0	1,0	3,15	4,0	4,0
Byghalm, NH_3-beh.[1])	–	–	–	–	–	–	0,35	0,4	1,2
Fodersukkerroer	–	–	–	4,0	4,0	3,1	–	–	–
Roeaffald, frisk	–	–	–	–	–	–	4,0	4,0	4,0
Rørmelasse	2,3	3,0	3,0	1,3	1,3	1,9			
Byg, valset			0,1				2,4	1,0	2,2
Typefoderblanding:									
125/100								4,6	5,1
175/ 60				3,0					
175/100		5,5	5,4			2,8			
225/ 80	6,8			3,9			4,7		
225/100					5,8	3,4			
FE	17,0	16,7	16,7	17,2	17,0	17,2	16,6	16,0	16,5
g ford. råprotein	2919	2427	2417	2363	2401	2355	2397	1950	1882
g korr. råfedt	744	755	747	617	728	770	555	636	671
Foderomkostning, kr.	23,08	21,57	21,54	26,16	25,92	26,41	27,27	25,24	25,52
Produktion ialt, »kg 4% mælk«	27,26	27,67	27,68	27,95	28,15	28,35	24,21	24,10	24,35
Udbytte minus foderomkostn., kr. ..	45,07	47,61	47,66	43,72	44,46	44,47	33,26	35,01	35,37

[1]) Forudsættes blandet før udfodring.

21. Stikordsregister

A-vitamin 4.16
Acetat 6.9
Ad libitum foder 16.3, 17.6, 17.19, 18.14
Ad libitum fodring 13.11, 13.21, def. 20.2
Adfærdsmønstre 9.14
Adrenalin 6.9
Aerob 5.30
Afgiftningsprocesser 5.3
Afgræsning 18.33
Afgræsningssystem 18.37
Aflatoksin 5.10, 5.14, 5.22
Afsmag i mælk 5.25
Alder, koens 7.19
Aldersgrupper 7.20
Aldrin 5.9
Alternativ værdi 16.5
Aminosyrer 10.7, 10.16, 11.4, 11.9, 11.11, 11.12, 11.13, 11.18
Ammoniak 5.15, 5.17, 9.10, 10.7, 11.4, 11.7, 11.12, 14.1, 14.13
Anaerob 5.17, 5.28, 5.30
Antibiotika 5.19
Appetit 2.14
Appetitlighed 6.12
Arsen 5.7, 5.10, 5.25
ADF (Acid detergent fibre) 3.10
ATP 11.3, 11.6, 11.11

B-vitamin 4.19, 5.15
Ballast 7.11
Basisfoder 1.1
Bejdset korn 5.8
Belægningsgrad 9.19
Beskyttet fedt 15.14
Bindestald 9.2
Biprodukter 18.28
Biuret 5.19
Bly 5.25
Blåsyre (cyanbrinte) 5.4
Botaniske urenheder 5.8
Botulisme 5.17
Brunst 6.9, 18.18
Bruttoenergi 4.2, 12.38, 12.43
Brystplanke 9.3

Cadmium 5.7, 5.10, 5.25
Calcium 4.11
Celleindholdsstoffer 3.9, 3.29, 7.11
Cellevægskulhydrater 11.3, 11.8, 11.11, 11.17
Cellevægsstoffer 3.10, 3.22, 3.29, 7.11, 18.30
Cellulaseopløselighed 3.14
Cellulasepræparat 3.14
Cellulose 3.9
Celluloseforgæring 6.6
Chylomikroner 12.2
Coccidiostatika 5.19
Cortisol 12.21
Cyanbrinte 5.4
Cyklisk AMP 12.18

D-vitamin 4.17
Deaminering 12.5
Deponering 6.7, 13.2, 13.17
Deponeringsfase 2.9
Dieldrin 5.9, 5.23
Drøvtygning 6.6
Drikkevand 6.14
Drægtighed 6.4, 13.28
Drægtigheds/laktationscyklus 6.14
Dybstrøelsesstald 9.2
DDT 5.8, 5.9, 5.23

E-vitamin 4.18, 5.15
Eddikesyre i ensilage 8.2, 8.11
Energetisk værdi 3.20
Energibehov 13.2
Energikoncentration 7.12, 18.14
Energiligevægt 13.4, 13.7
Energinormer 13.3
Energiomsætning 4.2, 12.38, 12.43
Energiudnyttelse, def. 20.2
Ensilage 5.27, 5.29
Ensilage, fordøjelighed 16.3, 17.6, 17.19, 17.23
Ensilageoptagelse 8.2, 8.4, 8.10, 8.11
Erukasyre 5.25
Essentielle aminosyrer 3.4

Faktorpriser 16.5, 17.11
Fangbåsestald 9.2
Faste omkostninger 1.1
Fedt 5.21
Fedt, forgæring i formaverne 15.2
Fedt, optimalt niveau 15.5, 18.9
Fedt, produktionsfunktioner 15.8
Fedt, supplering 16.8, 16.9, 17.25
Fedtbestemmelser 3.4
Fedtkvalitet 15.13
Fedtlever 12.8
Fedtomsætning 15.2
Fedtsyntese 12.35, 12.43
Fedtsyre 10.10
Fedtsyrebestemmelse 3.4
Fedtsyreindhold 3.6
Fedtsyrer 11.5, 11.10
Fedtsyresyntese 12.9, 12.13, 12.33, 12.41
Fedtvæv 12.3, 12.8, 12.33, 12.41
Fermentationsgraden 3.23
Fermantationstiden 3.23
Findelingsgrad 6.7
Flydelag 3.38
Flygtige fedtsyrer 6.5, 10.3, 10.15, 10.17, 11.2, 11.4, 11.5, 11.7, 11.11, 11.13, 11.18
Foder/fodermiddel, def. 20.1
Foderafbalancering, def. 20.1
Foderbordsplads 9.4
Foderbordsudformning 9.4
Foderbudgettering 16.2
Fodereffektivitet 18.42, def. 20.2
Foderenhed (FE) 4.3
Foderets proteinværdi 14.1, 14.12
Foderfedt 6.10
Foderfedt, sammendrag 15.17
Fodermiddelvurdering 3.20
Fodermidler, karakteristik 20.4
Fodermidler, kemisk sammensætn. 3.30
Fodermidlers nettoenergiindhold 3.21
Foderniveau 3.21, def. 20.1
Foderniveau, nedtrapning 18.24
Foderniveau, regulering 18.17
Foderoptagelse 6.1, def. 20.1
Foderoptagelse, kontrol 18.41
Foderoptagelsesevne 2.14
Foderoptagelsesfunktion 7.15, 17.3
Foderoptagelseskurve 7.23, 13.14
Foderpartikler 6.7
Foderplanlægning 16.2, 16.14, 18.2, 18.19
Foderproteinets nedbrydningsgrad 14.2, 14.12
Foderprægning 2.15
Foderration, def. 20.1
Fodersengestald 9.2
Foderstruktur 2.7
Foderstyring 7.1, 18.19, def. 20.1
Foderteknologi 2.15
Foderværdi 4.5, def. 20.1
Fodring med fuldfoder 13.11, 13.13
Fodring med fuldfoder efter ædelyst, def. 20.3
Fodringsfrekvens 9.23, def. 20.1
Fodringsintensitet 18.7, def. 20.2
Fodringspotentiale, def. 20.1
Fodringsprincip 2.15, 7.28, 13.11, 13.16, 18.2, def. 20.2

Fodringsrækkefølge 9.24, def. 20.1
Fodringsteknik, def. 20.1
Fordøjelig energi 4.2, 12.38, 12.43
Fordøjelighed 3.13, 3.21, 6.5, 7.7
Fordøjelighed af ensilage 8.4
Fordøjelighedsforsøg 3.20, 3.29
Fordøjelighedskoefficienter 3.20, 4.7
Fordøjeligt renprotein 3.2
Fordøjeligt råprotein 3.3, 14.14
Fordøjelseshastighed 6.5, 7.4
Fordøjelseskanalens udvikling 2.3
Fordøjelseskanalens kapacitet 7.4
Forenklet fodringsprincip 16.2, 18.19
Forgiftning 5.4
Forgæringsvarme 12.38, 12.43
Forvejring af ensilage 8.4, 8.6, 8.10
Fosfor 4.11
Frie aminosyrer 14.1
Frie fedtsyrer 6.8
Frossent foder 5.32
Frugtbarhed 2.12, 13.26
Fuldfoder 9.22, 16.2, 18.3, 18.24
Fuldfoder, def. 20.2
Fylde 16.4, 16.6, 17.3, 17.15, 17.21, 18.14
Fyldefaktor (FF) 7.14
Fysisk regulering 6.3, 8.4, 8.6
Fysisk struktur 3.37
FK organisk stof 18.14

Gødning 5.29, 5.30
Gødningsmåtte 9.3
Giftige luftarter 5.32
Glukagon 12.20, 12.23
Glukokortikoider 6.9
Glukoneogenese 12.5, 12.22, 12.23, 12.30, 12.40
Glukose 6.9
Glukosinolater 5.4, 5.6, 5.25
Goldperioden, fodring 18.27
Gossypol 5.6
Grovfoder/kraftfoder forhold 2.11
Grovfoder, alternativ værdi 16.5
Grovfoder, intern produktionspris 16.14
Grovfoder, overgemning 16.6
Grovfoder, prioritering 16.5
Grovfoderproduktion 2.14
Grundfoder, restriktivt 18.15
Gruppefodring 9.23, def. 20.2
Gruppeinddeling 9.16
Gruppeskift 9.18
Græsbriketter 8.8
Græscobs 8.8
Græspiller 8.8
Græstilbud 18.34, 18.39
Gyldighedsområde 17.7
Gylle 5.30, 6.12
Gæringskvalitet i ensilage 8.2, 8.6, 8.8, 8.11

Halm 18.31
Handelsfodermidler 5.5
Helsædsensilage, urea 14.16
Hemicellulose 3.9
Herbicid 5.14
Histamin i ensilage 8.3
Hjemmeavlet foder 5.11
Hormonal regulering 2.10, 12.22, 12.26
Hormoner 6.8
Hovedelementer i optimering 1.5
Huld, koens 7.27
Huldkarakter 18.16
Hvileplads 9.3
Hydrogenering 10.10
Hypothalamus 6.2
HCB 5.9, 5.23

Ikke protein kvælstof (NPN) 10.7, 11.10
In vitro fordøjelighedsbestemmelse 4.8
In vitro forgæringsprincip 3.13, 3.24

In vivo fordøjelighedsbestemmelse 3.20, 3.24
Individuel fodring 9.23, def. 20.2
Insekticider 5.8, 5.14
Insulin 6.9, 12.19, 12.22
Intern produktionspris 16.14
Isomeri 10.10

Jern 4.14, 5.19
Jod 4.15, 5.19, 5.25
Jodtal 3.6
Jodtal, smørfedt 15.4, 15.15
Jodtal, tilskudsfedt 15.13
Jodtalsprodukt 15.16

K-vitamin 4.18
Kalium 4.13
Karotin 4.16
Kemoterapeutika 5.19
Ketonstofdannelse 12.32, 12.41
Ketonstoffer 12.8
Ketose 13.26
Klor 4.13
Kobber 4.13, 5.19
Kobolt 4.14, 5.19
Kontaminering 5.8
Korrigeret råfedt 15.7
Korsblomster 5.6, 5.25
Kraftfoderautomater 9.24
Kraftfoderniveau 13.11, 13.16, 13.19
Kritisk temperatur 6.13
Krybbekant 9.4
Kulhydratfraktion 3.9, 3.20
Kulhydratkilder 18.29
Kunsttørring 8.8, 8.12
Kvadratisk optimering 17.14
Kviksølv 5.7, 5.10

Løbedrejning 2.8
Laktationskurver 2.14, 13.17, 18.10, 18.26
Laktationsnummer 13.24
Laktationsstadium 7.23
Laktationsydelse 13.15
Laktose 12.13
Laktosesyntese 12.36, 12.43
Lave fedtprocenter 2.8
Lejeudformning 9.3
Letfordøjelige kulhydrater 3.22, 18.28
Lethydrolyserbart kulhydrat 3.9, 3.22
Lever 12.3, 12.4, 12.29, 12.39
Lignificeringsgrad 3.19
Lignin 3.10, 3.19
Lindan 5.9, 5.23
Lineær programmering 17.12
Lipolyse 12.8, 12.22, 12.33, 12.41, 12.47
Lipoprotein 12.3, 15.4
Lipoprotein syntese 12.32, 12.41
Lipostatisk teori 6.7
Lov om foderstoffer 5.5, 5.11
Lov om kemiske stoffer 5.14
Luftfugtighed 9.9
Lufthastighed 9.10
Lugt (stoffer) 5.25
Lyslængde 9.11
Lysmængde 9.12
Lægemidler 5.19, 5.25

Magnesium 4.11
Majsensilage, urea 14.16
Maks. proteinniveau 14.8
Malkekoens udvikling 2.1
Mangan 4.15, 5.19
Marginal foderoptagelse 16.7, 17.7, 17.21, def. 20.1
Marginalbetragtningen 17.8
Marginalfoderenhed 16.6
Marginaludbytte (se også merudb.) 13.18, 13.20
Massetæthed 7.9
Mastitis 13,27
Merudbytte, mælk (se også marg.) 13.15, 13.16, 13.21

Merudbytter, tabeller 20.5
Methan 10.3, 10.17, 11.3, 11.7, 11.11
Mikrobiel nedbrydning 3.17
Mikrobiel proteinsyntese 11.4, 11.6, 11.12, 11.17, 14.13
Mikromineraler 4.13
Mikroorganismer 6.5
Mineralstoffer 4.9
Mobilisering 6.7, 12.24, 12.27, 12.47, 13.2, 13.17, 18.13
Mobiliseringsfaser 2.9
Modeller, dynamiske 7.3
Modeller, produktion 17.2
Modeller, regressions- 7.2
Modeller, simulerings- 7.3
Mug (muggent foder) 5.14
Muskelvæv 12.4, 12.11, 12.34, 12.42
Mykose 5.16
Mykotoksikose 5.16
Mykotoksiner 5.10, 5.22
Myresyretilsætning 8.3, 8.4, 8.11
Mælkefedt 12.14
Mælkefedtsyntesen 15.4
Mælkekirtel 5.20, 12.4, 12.12, 12.35, 12.42
Mælkepris 16.13
Mælkeproduktionsværdi se foderværdi
Mælkeproetin 12.12
Mælkesekretionens prioritering 2.5
Mælkesyre i ensilage 8.2, 8.11
Målemælk 4% 13.6

Nakkebom 9.3
Natrium 4.13
Natriumbikarbonat 6.6
NaOH-halm 3.15
Nettoenergi 4.2, 12.38, 12.43
Nitrat 5.17, 5.29, 10.7
Nitrit 5.17
Norm, def. 20.1
Norm, fosterproduktion 13.9
Norm, mælkeproduktion 13.6, 13.7, 13.15
Norm, tilvækst 13.9, 13.23
Norm, vedligeholdelse 13.4
Normfodring 13.11, 16.2, 18.2, 18.24
Normfodring, def. 20.2
Nukleinsyrer 10.16, 11.10
Næringsværdi 4.2
NDF (Neutral detergent fibre) 3.10, 3.29
NFE og træstof 3.9
NH_3-N i ensilage 8.2, 8.11
NPN-normer 14.15

Ochratoksin 5.4, 5.10, 5.14, 5.22
Omsættelig energi 3.21, 4.2, 12.38, 12.43
Optimale rationer 18.19
Optimalt foderniveau 1.2, 18.19, 18.34
Optimering af foderrationer 17.1, 17.17
Optimering, eksempler 20.18
Optimering, normfodring 17.24
Optimering, tilskudsfoder 17.20
Optimering, A-blanding 17.17
Optimeringsvariable 1.6
Osmotisk tryk 6.11
Osteproduktion 5.28
Oxidation 12.32, 12.33, 12.34, 12.37, 12.41, 12.42, 12.43

Pølseforgiftning 5.17
Partikelstørrelse 3.41, 8.8, 8.12
Passagehastighed 6.3, 6.7, 7.4
Pektinbestemmelse 3.11
Penicillin 5.25
Peptider 14.1
Pesticider 5.4, 5.8, 5.13, 5.22
Placental laktogen 12.21
Plantegifte 5.6, 5.11
Produktionsfoder 1.1

Produktionsfoderenhed 13.7
Produktionsforudsætninger 18.9
Produktionsfunktioner 17.4
Produktionsfunktioner, mælk 13.18, 13.20, 13.21
Produktionsmodel 17.2
Progesteron 6.9
Prolaktin 12.12
Propionat 6.9
Propionsyre i ensilage 8.2
Prostaglandin 6.8
Protein 5.21
Protein til vedligeholdelse 12.37, 12.43
Protein turnover 12.5, 12.11, 12.31, 12.34, 12.41
Protein, supplering 16.8, 16.9, 17.24
Proteineffektivitet 18.42
Proteinets nedbrydningsgrad 3.4, 11.4, 11.18
Proteinforsyning 6.6, 14.1
Proteinniveau 3.22, 18.20
Proteinnormer 14.3, 14.7, 14.9
Proteinregenerationscyklus 2.9
Præferance 6.12
PCB 5.8, 5.9
pH 6.5, 10.5, 10.15
pH i ensilage 8.2

Rangorden 9.13, 9.17
Rapsfrøafrensning 5.8
Rationsformulering 2.15, 18.1
Reduktionsækvivalenter 12.10
Regulering, fysisk 7.4
Renprotein 3.2, 14.2, 14.12
Restfraktion 3.2, 3.9
Restriktiv fodring 3.21, 18.24, def. 20.2
Restriktivt grundfoder 16.3, 17.20, 18.15
Rådne roer 5.15
Råkulhydratfraktion 3.17
Råprotein 3.2, 3.9, 3.22, 18.14
Sand fordøjelighed 3.20
Selen 4.14, 5.19, 5.25
Sengebås 9.3
Sengestald 9.2
Separat tildelt foder, def. 20.2
Skimmelsvampe 5.14
Skyggepriser 17.14
Smørsyre i ensilage 8.2, 8.11
Smag 5.25, 6.12
Smitterisiko 5.30
Snitlængde 8.6, 8.10, 8.11
Social adfærd 9.13, 9.16
Somatomediner 12.24
Sommerfodring 18.38
Sporer 5.28
Spytproduktion 6.5
Spytsekretion 2.8, 3.39
Stødpude 6.6
Støj 9.11
Støv 9.11
Staldmiljø 5.26, 5.27
Staldtyper 9.2
Standard tyggetid 3.41
Standardration 16.3, 17.20, 20.5
Stivelse 6.6, 11.3, 11.8, 11.11, 11.13, 11.17
Stofskiftefedt 3.20
Stofskifteprotein 3.20
Stofskifteregulering 6.7
Stofskifteregulering, korttid 7.32
Stofskifteregulering, langtid 7.26
Strategifodring med kraftfoder 13.11, 13.13, 13.14, 16.2, 18.3, def. 20.3
Struktur 6.6
Strukturbehov 3.43, 18.14
Strukturgruppe 3.41
Strukturindhold 3.41
Strukturværdi 3.43
Sukker 11.3, 11.8, 11.11, 11.13, 11.17, 18.28
Sukkerindhold 3.22
Sundhed 13.26, def. 5.3
Suppleringsfedt 16.8, 16.9

Suppleringsprotein 16.8, 16.9
Svampeallergi 5.16
Svovlbrinte 9.10
Sygdom, def. 5.3

Tørludning 3.10
Tørstofprocent i ensilage 8.2, 8.4, 8.8, 8.10, 8.11
Teknisk fedt 3.8
Teknisk foderfedt 15.16
Temperatur 6.13, 9.5
Termoneutral zone 6.13
Tilskudsfoder 16.3, 17.20
Tilskudsfoder, regulering 18.15, 18.23, 18.39
Tilsyneladende fordøjelighed 3.20
Tilsætningsstoffer 5.19
Tilvækst (se også deponering) 13.22, 18.17
Tilvækst, residual 13.23
Tilvækstpris 16.13
Tolerancegrænser (grænseværdi) 5.7, 5.9, 5.10, 5.22, 5.24
Transaminering 12.5
Trommesyge 2.8
Tryptamin i ensilage 8.3
Tunge metaller 5.4, 5.8, 5.25
Tyggeaktivitet 2.6
Tyggetid 3.42, 18.14
Typefoderplaner, sommer 18.38
Typefoderrationer 16.4, 18.20, 18.22, 18.32
Typetal, fodermidler 20.4
Tyremødreselektion 2.14
Tyroxin 12.21, 12.25

Uønskede stoffer 5.5, 5.11
Ukrudtsbekæmpelse 5.14
Umættede fedtsyrer 5.25
Unedbrudt foderprotein 14.2, 14.12
Urea 6.12, 14.15
Urinstof 5.17
Urinstof-normer 14.15
Urinstofsyntese 12.7, 12.31, 12.40

Van Soest system 3.10, 3.17, 3.29
Variable omkostninger 1.1
Varmeproduktion 12.38, 12.43
Varmeregulering 6.13
Vedligeholdelsesbehov 18.8, 18.13
Vedligeholdelsesniveau 3.24
Vitamin B 5.15
Vitamin D 5.19
Vitamin E 5.15
Vitaminer 4.16
Vomfylde 6.3
Vomlammelse 2.8
Vommiljø 6.5
Vommotorik 2.6, 6.7
Vægt, koens fysiologiske 7.21
Vægt, koens legems- 7.19
Væksthormon 12.21, 12.24
Værdital 4.4

Weende analyse 3.2, 3.17

Ydelse, koens 7.22
Ydelseskapacitet 16.3, 17.6, 17.19, 17.23, 18.10
Ydelsespotentiale, -kapacitet 13.24, 13.25

Zink 4.15, 5.19

Østrogen 6.9, 12.21, 12.24