



Forelesninger over husdyrnæring

ved

Knut Breirem

- V. De dyriske livsytringer og produksjoner, deres fysiologi og næringsbehov

Original av ---
med tilføyelsen 1971.

V. De dyriske livsytringer og produksjoner, deres fysiologi og næringsbehov.

1.	Prinsipper for angivelse av næringsbehovet	s. 1
	Næringsbehovets karakter	1
	Kvantitativ angivelse av næringsbehovet	1
	Marginer	3
	Den faktorielle metode for angivelse av næringsbehovet	5
2.	Vedlikehold og næringsbehovet til vedlikehold	7
	A. Vedlikeholdsbehov og produksjonsfôr	7
	B. Energibehovet til vedlikehold	7
	Definisjon	7
	a. Metode for bestemmelse av energibehovet til vedlikehold	8
	Sultomsetningen	8
	Indirekte bestemmelse av sultomsetningen	10
	Direkte bestemmelse av energibehovet til rent vedlikehold	10
	Beregning av energibehovet til vedlikehold ved regresjonsanalyse	12
	b. Vedlikeholdsbehovet ved ulik størrelse	14
	c. Utnyttelsen av den omsettelige energi til vedlikehold hos drøvtyggere ved ulike fôr- rasjoner	18
	d. Ulike enheter for angivelse av energi- behovet til vedlikehold	19
	e. Energibehovet hos ulike dyrearter	21
	f. Eksempler på beregning av vedlikeholdsbehovet etter potensfunksjoner	23
	g. Variasjon i energibehovet til vedlikehold, bortsett fra virkningen av ulike fôr- rasjoner	23
	Betydningen av variasjoner i vedlikeholds- behovet	23
	Variasjon i energibehovet hos mennesker	25
	Arsaker til variasjoner i energibehovet til vedlikehold bortsett fra virkningen av ulike fôr- rasjoner	26
	Aktivitet	26
	Klima	26
	Periode- og sesongvariasjon	28
	Alder	28
	Fetningsgrad	29
	Ernæringsnivå	30
	Endokrin aktivitet	30

C.	Proteinbehovet til vedlikehold	33
a.	Den endogene nitrogenutskillelse i urinen	33
b.	Sammenhengen mellom den basale energiomsetning og den endogene nitrogenutskillelse	34
c.	Proteinbehovet til vedlikehold beregnet faktorielt	35
	Amerikansk metode	35
	ARC-metoden for drøvtyggere	36
d.	Proteinbehovet til vedlikehold bestemt i nitrogenbalanseforsøk og fôringsforsøk	38
e.	Proteinbehovet angitt ved proteinkvotienten (Møllgaard)	39
D.	Behovet for vitaminer og mineralstoffer til vedlikehold	42
3.	Fetning og næringsbehovet til fetning	43
A.	Fetning og dens betydning	43
B.	Tilvekstens sammensetning og energinnhold under fetning	44
	Tilvekstens sammensetning	44
	Tilvekstens energinnhold	46
	Tilvekstens proteininnhold	47
C.	Energibehovet ved fetning	48
	NK_F og NEF som måleenhet for energibehovet ved fetning	48
	Utnyttelsen av den omsettelige energi ved fetning	48
	Utnyttelsen av den omsettelige energi til fetning ved simultan fetning og laktasjon	50
	Energiavleiringen under fetning	51
	Eksempler på beregning av det samlede energibehov ved fetning av drøvtyggere	52
	Kommentar til beregningene	53
	Produksjonsfôr pr. kg tilvekst	55
D.	Proteinbehovet ved fetning	56
	Eksempel på faktoriell beregning av proteinbehovet ved fetning etter ARC-metoden	58
	Protein-kvotienten k_f ved fetning	59

4. Vekst og næringsbehovet til vekst	s. 61
A. Vekstens fysiologi	61
Definisjoner av vekst	61
Indre faktorer	63
Hormonal regulering av veksten	64
Endringer i bygning under veksten	65
Vekst ved varierende ernæringsnivå	67
Generelt om underernæring	67
Resultater fra forsøk med kjøttedyr	68
Resultater fra forsøk med oppdrett av melkekyr	69
Andre dyrearter	70
Konklusjoner	70
Veksthastighet og levetid	71
Foraldring	73
B. Kvantitativ måling av vekst	75
Vekstkurver, tilvekstkurver og relativ tilvekst	75
Matematisk formulering av veksten	77
Eksempel på beregning av relativ tilvekst	79
Brodys vekstteori	79
Befolkningstilvekst	83
Andre formuleringer av vekstens forløp	85
Modifiserende forhold	85
C. Tilvekstens sammensetning og energinnhold under vekst	86
Drøvtyggere	86
Svin	88
D. Næringsbehovet ved vekst	90
a. Energibehovet	90
Prinsipper	90
Utnyttelsen av energien til vekst	91
Energibehovet til slaktesvin	95
Energibehovet under vekst hos drøvtyggere	97
b. Proteinbehovet til vekst	99
Prinsipper	99
Behovet for fordøyelig protein hos slaktesvin	100
Proteinbehovet hos ungfø beregnet etter den faktorielle metode	103

Proteinbehovet hos ungfø bestemt i fôringsforsøk og nitrogen-balanseforsøk	s. 104
Proteinkvotienten under vekst	106
C. Behovet for vitaminer og mineralstoffer til vekst	107
5. Laktasjon og næringsbehovet ved laktasjonen	109
A. Melkens sammensetning	109
a. Melkens innholdsstoffer	109
Innledning	109
Melkefettets sammensetning	110
Protein	112
Mineralstoffer	114
Vitaminer	115
Andre stoffer i melken	116
b. Det kvantitative innhold av hovedbestand- delene i melk	116
Råmelk	118
Sammenhengen mellom innholdet av fett og andre stoffer i melken	118
Melkens kaloriinnhold	119
4 % målemelk	121
Innholdet av kalorier og protein i 4 % målemelk	123
B. Laktasjonens fysiologi	124
Melkekjertelen	124
Hormonal regulering av melkekjertelens utvikling	125
Hormonal regulering av melkesekresjonen	126
Hormonal regulering av melkens utskillelse	127
Stimulering av laktasjonen ved hormonpreparater	129
Sekresjonen	131
Laktasjonens forløp	132
Eksempler på laktasjonskurver	133
Drektighets- og laktasjons-cyklus og kropps- reservenenes betydning for laktasjonen	135
C. Laktasjonens biokjemi	139
Innledning	139
Syntesen av melkefett	140

Syntesen av laktose	s. 144
Syntesen av protein	144
D. Metoder for undersøkelser over laktasjonen i relasjon til ernæringen	145
Balanseforsøk	145
Praktiske fôringsforsøk	145
Kontinuerlige gruppeforsøk av dansk type	145
Langtidsforsøk	146
Praktiske prøvefôringer	148
Ombytningsforsøk	148
? D. Ernæringen og laktasjonen	150
Ernæringens betydning	150
Underernæring med energi og stoffer	152
Sult	153
Underernæring med energi	154
Underernæring med protein	156
Underernæring med vitaminer og mineralstoffer	158
Varig virkning på laktasjonen av underernæring	158
E. Næringsbehovet ved laktasjonen	160
a. Energibehovet	160
NK _F -behovet etter Møllgaard og medarbeidere	160
NK _F -behovet etter Kellner	161
Utnyttelsen av den omsettelige energi i Møllgaards og Kellners forsøk	162
Andre tidligere undersøkelser over utnyttelsen av den omsettelige energi til laktasjon	163
Utnyttelsen av den omsettelige energi til laktasjon i forsøk ved Beltsville	164
Utnyttelsen av den omsettelige energi til laktasjon i forsøk i Wageningen	166
van Es og Flatts analyse av energibalansefor- søkene med melkekyr	167
Sammendrag	172
Forutsigelse av melkeproduksjonen ved bruk av ulike energienheter og normer for energibehovet	175
Energiutnyttelsen ved produksjon av de ulike stoffer i melken	178
Utnyttelsen av energien til laktasjon ved stigende fôrmenninger	180
Virkingen på laktasjonen av andre faktorer i ernæringen enn energi	181

b.	Proteinbehovet	s. 184
	Utnyttelsen av protein til melkeproduksjonen	
	Møllgaards proteinkvotient (Produksjonskvotient)	185
	Eksempel på faktoriell beregning av proteinbehovet til melkekyr etter ARC-metoden	187
	Frens metode for beregning av proteinbehovet til melkekyr	188
	Sammenligning av normer for proteinbehovet hos melkekyr	190
c.	Behovet for vitaminer og mineralstoffer til laktasjonen	192
	Alminnelige synspunkter	192
	Behovet for natrium og klor	193
	Behovet for kalsium og fosfor	195
	Kalsium- og fosforbalansen hos melkekyr	195
	Faktoriell beregning av kalsium- og fosforbehovet etter ARC	197
	Nederlandske normer for kalsium- og fosforbehovet	197
	Andre normer for kalsium- og fosforbehovet hos melkekyr	198
	Konsentrasjonen av mineralstoffer i fôret til melkekyr	200
d.	Fett i ernæringen av lakterende dyr	201

Litteratur

V. De dyriske livsyttringer og produksjoner, deres fysiologi og næringsbehov.

1. Prinsipper for angivelse av næringsbehovet.

Næringsbehovets karakter.

Begrepene næringsbehov og næringsverdi er drøftet inngående i hovedavsnitt IV. Det er fremholdt at dyrene trenger tilførsel både av energi og av næringsstoffer som organismen ikke kan syntetisere selv. Som før nevnt blir disse stoffer i nyere tid gjerne betegnet som essensielle. Det dreier seg om protein (aminosyrer, nitrogen), vitaminer, mineralstoffer, vann og essensielle fettsyrer. Karbohydrater og fett har i en viss utstrekning essensiell karakter, men tjener i hovedsaken som energikilder. Protein skaffer også energi. Energi i seg selv regnes ikke som et næringsstoff. Det er heller en egenskap ved næringsstoffene (Crampton & Lloyd, 1, s. 9).

Forutsatt behovet for essensielle næringsstoffer er dekket, kan man som fremholdt av Møllgaard (2, s. 312, 3, s. 23) regne at næringsbehovet er et behov for energi (se Prinsipper, hovedavsnitt IV). Energiens betydning er understreket enda sterkere av Blaxter (4) som fremholder at mangel på energi nedsetter produktiviteten mer enn mangel av spesielle næringsstoffer. Videre fremholder Blaxter at det er grunn til å regne energibehovet hos dyrene som det primære behov, og at behovet for næringsstoffer er knyttet til energibehovet (3, s. 24). Han peker imidlertid på at som følge av evolusjonen, er de høgere dyrearter blitt mer avhengig av tilførsel av de kompliserte næringsstoffer innen gruppen vitaminer, altså forbindelser som er av stor betydning for energiomsetningen som nevnt tidligere (den intermediære stoff- og energiomsetning og Vitaminer).

Crampton (5, s. 124) har gitt uttrykk for en lignende oppfatning som Blaxter, nemlig at det er en fundamental kjensgjerning at i praktisk fôring med normale fôrrasjoner er grunnbehovet et behov for energi. Dette behov er grunnlag for behovet av de fleste, kanskje alle næringsstoffer.

Kvantitativ angivelse av næringsbehovet.

Når det er tale om næringsbehovet, har dette som før

nevnt (se Prinsipper hovedavsnitt IV) en kvalitativ og en kvantitativ side. Den kvalitative side går ut på å avgjøre hva det er som dyrene trenger, mens den kvantitative side gjelder hvor store mengder som trengs. Fremgang innen videnskapen er ofte karakterisert ved sikrere kvantitative angivelser, en utvikling fra det upresise mot det nøyaktige.

Ved kvantitativ angivelse av næringsbehovet er det ønskelig å ha presist formulerte begreper. Møllgaard skilte mellom minimumsbehov og optimumsbehov (2, s. 355). Minimumsbehovet er ifølge Møllgaard det behov man kommer til ved å bygge på kortvarige stoffskifteforsøk. I slike forsøk har dyrene liten aktivitet, og omgivelsene er som regel ideelle m.h.t. temperatur og fuktighetsinnhold i luften. Man kan videre i slike forsøk ikke få opplysninger om langtidsvirkning på sunnhetstilstand, levedyktighet, produksjon og kroppsreserver.

Optimumsbehovet, de minste mengder som det ifølge Møllgaard er hensiktsmessig å regne med i praksis, vil derfor ligge over minimumsbehovet. Det er optimumsbehovet som det blir tatt sikte på å angi i fôrnormer eller fôringsnormer. Ordet norm (lat. norma) er vanlig brukt i det kontinentale Europa, mens man i engelsk taler om "feeding standard".

Når det er tale om næringsbehovet, kan det også ha sin betydning å fastsette de maksimale mengder man kan gå opp til. Det har således vært interesse for dette i menneskeernæringen etter at det er vist at overernæring er vanlig i de vestlige industriland. For å unngå overernæring og degenerative skader hos mennesker, har det vært fremholdt at fett-tilførselen bør begrenses (se det intermedieære fettstoffskifte, s. 78 og s. 94).

I fig. 1 er det gitt en skjematisk fremstilling av næringstilførselen i relasjon til det resultat man venter.

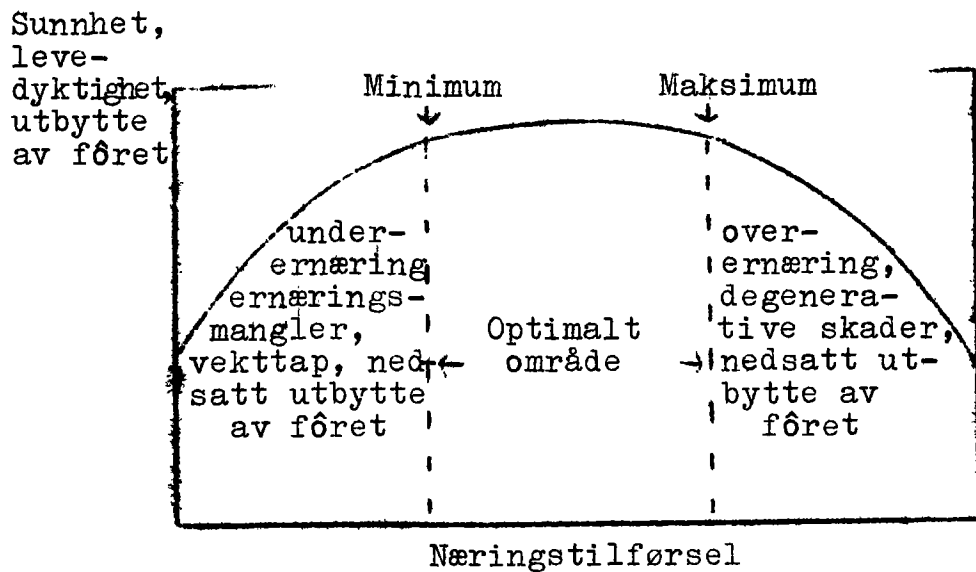


Fig. 1. Næringsbehovet bedømt etter utslag av stigende næringstilførsel.

Når det gjelder energi, er det optimale område trangt. For protein og mineralstoffer er området noe videre. Når det gjelder de fleste vitaminer, er området forholdsvis vidt. Dette beror på at man som minimumsbehov av vitaminer gjerne regner den mengde som akkurat holder mangelsymptomer borte. Det optimale behov for vitaminer kan være inntil flere ganger høyere enn minimumsbehovet.

Marginer.

Det er en del uklarhet når det gjelder definisjoner av næringsbehovet. Man taler undertiden om et fysiologisk behov. Dette er tilnærmet likt med minimumsbehovet ifølge Møllgaard. Ved en sikkerhetsmargin, et tillegg til det fysiologiske behov, skulle man komme fram til det praktiske eller økonomiske behov eller "recommended dietary allowances" som man har kalt det i USA når det gjelder menneskeernæring (6). Sikkerhetsmarginene tar sikte på

1. Dekning av den individuelle variasjon
2. Dekning av behovet ved vanlig forekommende påkjenning (stress)

3. Full utnyttelse av kapasiteten for vekst og annen produksjon

Sikkerhetsmarginene varierer for ulike næringsstoffer.

Bruk av begrepet sikkerhetsmargin kan føre til unøyaktighet. Når det mangler videnskapelig grunnlag for å avgjøre hvor stor marginen skal være, bygger man nemlig ofte på en skjønnsmessig bedømmelse. Normene blir da avhengig av oppfatningen hos dem som har foretatt bedømmelsen (5, s. 185). "Praktisk skjønn" leder ofte til at det blir tatt rikelig i, da dette blir antatt å være gunstig. Det er betegnende at det blir talt om "uvidenhetsmarginer" (margins of ignorance, 1, s. 462).

I USA har National Research Council (NRC) siden 1953 ikke regnet med bruk av marginer ved angivelse av normer for husdyr (1, s. 463, 7, s. 339). Man tar sikte på å angi næringsbehovet (nutrient requirements), ikke "tilrådede næringsmengder" (Recommended nutrient allowances) slik som i menneskeernæringen (6). Behovet blir definert som "mengder som blir ansett tilstrekkelig for normal vekst, helse og produksjon, basert på gjennomsnittsbehovet hos grupper av dyr som oppnår disse resultater" (7, s. 339). Dette er i full overensstemmelse med de prinsipper som ligger til grunn for optimumsbehovet ifølge Møllgaard (se foran). I Storbritannia bygger Agricultural Research Council (ARC) på lignende prinsipper. Behovet defineres som "den mengde av et næringsstoff som må tilføres i næringen for å dekke behovet hos et normalt friskt dyr som får et fullstendig tilstrekkelig fôr i omgivelser som muliggjør god helsetilstand". Det regnes ikke med sikkerhetsmargin unntatt for magnesium (8, s. 1).

Det er ofte stoffskifteforsøk som ligger til grunn for normer over næringsbehovet. Dette gjelder ikke minst ved bruk av den faktorielle metode (se senere). Normer som er utledet med støtte i stoffskifteforsøk bør imidlertid verifiseres ved langvarige praktiske fôringsforsøk. Slike forsøk er nødvendige for å bedømme normenes brukbarhet under langtids fôring under praktiske forhold. Hvis man i slike forsøk bruker to-tre ulike mengder av energi eller næringsstoffer, får man videre et godt grunnlag for å avgjøre

hvorledes teoretisk utredete normer stiller seg økonomisk. Man tar da hensyn til både produktutbyttet av fôret og kvaliteten av produktene. Dette gir et betydelig sikrere grunnlag for å modifisere normer for det fysiologiske næringsbehov enn bruk av marginer som bygger på en skjønnsmessig vurdering (se foran). Størst fare for uøkonomisk fôring ved bruk av skjønnsmessig avsatte marginer, er det for de kvantitativt viktigste faktorer, nemlig energi og protein. Ved fôring av verpehøner er det under bestemte prisforhold (USA 1959) beregnet at utgiftene til de viktigste næringsfaktorer er 60 % for energi, 33 % for protein, 4 % for mineralstoffer og 3 % vitaminer (9, s. 64). Bruk av rikelige marginer vil derfor neppe medføre uheldige økonomiske konsekvenser når det gjelder mineralstoffer og vitaminer. I fôrindustrien er dette ofte årsak til overdosering som i beste fall er nytteløs, nemlig når det gjelder de fleste vitaminer, men som kan være uheldig når det gjelder flere mineralstoffer. Det er imidlertid klart at når det gjelder mineralstoffer og vitaminer, bør man ha sikkerhet for at normene er tilstrekkelige, dvs. at de angir optimumsbehovet slik som det ble definert av Møllgaard.

Den faktorielle metode for angivelse av næringsbehovet.

Den mest fremskredne metode for kvantitativ angivelse av næringsbehovet er den sk. faktormetode eller faktorielle metode. Mer eller mindre ubevisst har lignende metoder vært brukt av kvantitativt skolerte ernæringsforskere i lang tid. Den systematiske utformning av den faktorielle metode kan imidlertid tilskrives Mitchell som taler om "factorization" av næringsbehovet (10, 2, s. 283). Behovet deles opp i faktorer som hver har relasjon til individuelle funksjoner som vedlikehold, muskelaktivitet, vekst, avleiring, reproduksjon og laktasjon. Det samlede behov beregnes ved addering av de enkelte faktorer. Dette gir mulighet for feil hvis det foreligger samspill mellom faktorene. Da samspill generelt kan ventes å virke i retning av å senke behovet, mener Mitchell imidlertid at det ikke er noen betenkeligheter ved addering, da man iallfall ikke vil finne for låge verdier for behovet ved bruk av metoden (10, 2, s. 284).

Det er ellers karakteristisk for den faktorielle metode at man beregner netto-behovet på basis av forbruk eller utlegg i form av uunngåelige tap i forbindelse med vedlikeholdet, samt avleiring i kroppen og sekresjon i melk. Når man ved addering har beregnet det samlede nettobehov, vil man ved å dividere dette med utnyttelsen finne den mengde som skal tilføres i fôret (8, s. 14). At man regner med utnyttelsen, vil si at man tar hensyn til tapene i fordøyelsen og stoffskiftet. Disse tap utgjør forskjellen mellom nettobehovet og den mengde som må tilføres i fôret og skal altså adderes til nettobehovet. (10, 2, s. 283).

Sikkerheten av de verdier for næringsbehovet som man kommer til ved den faktorielle metode, er avhengig av påliteligheten av det materiale man bygger på. Dette betyr at det ved fortsatt forskning er mulig å forbedre metoden. De verdier man kommer til for næringsbehovet kan for øvrig verifiseres ved praktiske forsøk (se foran).

I Storbritannia har ARC etter initiativ av Mitchells elev Blaxter, gjort systematisk bruk av den faktorielle metode ved fastsettelse av næringsbehovet hos drøvtyggere. Publikasjonen fra ARC (8) er den best tilgjengelige redegjørelse for de kvantitative prinsipper som metoden bygger på.

Den faktorielle metode er blitt brukt for å finne behovet for protein og makro-mineralstoffer. En beslektet metode kan brukes når det gjelder energi. For mikro-mineralstoffer og vitaminer kan den faktorielle metode ikke brukes.

Det vil senere bli nevnt eksempler på bruk av den faktorielle metode. Metoden er for øvrig nevnt under magnesium (se mineralstoffskiftet). I dette kurs blir det ellers bare tatt sikte på å drøfte prinsipper for angivelse av næringsbehovet.

Det henvises til den spesielle praktiske fôringslære når det gjelder mere inngående drøftelser av fôrnormer med henblikk på fôring i praksis av de enkelte husdyr.

2. Vedlikehold og næringsbehovet til vedlikehold.

A. Vedlikeholdsbehov og produksjonsfôr.

Husdyrene blir holdt for å produsere dyriske produkter. En stor del av fôret til våre husdyr blir imidlertid brukt bare til å opprettholde prosesser som er nødvendige for at livet skal bestå. Denne del blir kalt vedlikeholdsbehovet. Som nevnt i avsnittene om energibehovet og proteinbehovet i hovedavsnitt IV, kan man under sult få et mål for minimumsbehovet av energi og protein, idet kroppen da må bryte ned av kroppens vev for å dekke behovet til vedlikehold. Det er produksjonsfôret, den mengde fôr som blir gitt i tillegg til vedlikeholdsfôret, som bestemmer produksjonen. For å kunne undersøke utnyttelsen av fôret til produksjon er det imidlertid nødvendig å ha kjennskap til forbruket til vedlikehold (4, s. 79).

Det er i praksis sjelden tale om rent vedlikehold, altså å bruke et fôr som ikke gir noen produksjon.

Hos dyr som produserer, kan man ikke skille eksakt mellom det fôr som går til vedlikehold og det fôr som går til produksjon. Det blir derfor talt om et beregnet vedlikehold (11, s. 159). I denne forbindelse er det fremholdt at dyrene har ett stoffskifte, og at det bare er beregningsmessig at man kan skille mellom vedlikehold og produksjon (12). Det er et viktig spørsmål om det ved produksjon blir brukt like mye til vedlikehold som ved rent vedlikehold (se senere). På den annen side er det nærmest bare et definisjonsspørsmål om eventuelle økede utlegg til vedlikehold hos produserende dyr skal regnes med i vedlikeholdsfôret eller tas med i produksjonsfôret. Det er i alle tilfelle nødvendig å se "vedlikeholdsfôret" og "produksjonsfôret" i sammenheng og ikke betrakte dem som skarpt adskilte deler av det samlede fôr.

B. Energibehovet til vedlikehold.

Definisjon.

Energibehovet til vedlikehold er den mengde energi som holder dyret i energi-likevekt, som altså sparer kroppen for nedbrytning av kroppens vev (7, s. 359, 13, s. 441).

a. Metoder for bestemmelse av energibehovet til vedlikehold.

Sultomsetningen.

Som nevnt i avsnittet om energibehovet i hovedavsnitt IV, får man et mål for den minste mengde energi som trengs til vedlikehold ved å bestemme varmeproduksjonen under sult. Forutsetningene for å finne energiminimum til vedlikehold i et sulteforsøk er som før nevnt (hovedavsnitt IV):

1. At dyret har sultet så lenge at det er i virkelig sultetilstand således at det ikke inngår noe termisk energi i den varmeproduksjon som blir målt.
2. At dyret er i fullstendig ro, uten aktivitet.
3. At temperaturen i omgivelsene er i den termonøytrale sone (over den kritiske temperatur og under den temperatur hvor den fysiske varmeregulering svikter).

Energiomsetningen under sult, bestemt under disse betingelser, er blitt kalt grunnstoffskiftet, basalstoffskiftet og det indre arbeide. Andre betegnelser er sultomsetningen (fasting metabolism) og vedlikeholdsstoffskiftet (se forbedning nedenfor).

Sultomsetningen kan lett bestemmes i kortvarige sulteforsøk (3-6 dager) hos enkeltmagede dyr, f.eks. svin som tåler sulten godt.

Når det gjelder drøvtyggere, har erfarne forskere som Møllgaard, Armsby og Forbes uttrykt tvil om det er mulig å få pålitelige uttrykk for energibehovet til vedlikehold ved hjelp av sulteforsøk (2, s. 357, 4, s. 288). De peker på at fordøyelseskanalen tømmes langsomt hos drøvtyggere, og at drøvtyggere dårlig tåler langvarig sult. I nyere tid har imidlertid Blaxter og medarbeidere, samt andre forskere, vist at vedlikeholdsstoffskiftet kan bestemmes ved sulteforsøk på 3-6 dager også hos drøvtyggere under forutsetning av at dyrene blir trent til opphold i respirasjonskamret, og at de får små fôrrasjoner før sulteforsøket begynner (4, s. 79-88, s. 94-100).

Det kan merkes at hvis sultomsetningen blir bestemt i forsøk på 24 timer, vil dyrene ikke være i fullstendig ro. De vil vise en del aktivitet, bl.a. ved å stå og ved å reise og legge seg. Man finner da ikke det rene grunnstoffskiftet,

men en energiomsetning som ligger nærmere vedlikeholdsbehovet under praktiske forhold hvor dyrene alltid viser en del aktivitet (se senere).

Ellers er det grunn til å merke seg, at ved å bygge på sultomsetningen, får man vedlikeholdsbehovet uttrykt i nettoenergi til vedlikehold. Hvis man gir et fôr som holder dyret i energilikevekt, sparer man nemlig kroppen for den mengde energi som den må skaffe seg ved nedbrytning av stoffer fra kroppen.

Nettoenergi er teoretisk det korrekte mål for energibehovet. Hvis man i praksis skal angi vedlikeholdsbehovet i nettoenergi til vedlikehold, må man imidlertid også kjenne nettoenergien til vedlikehold av fôrmidler eller fôrresjoner, ifølge grunnregelen om at næringsbehov og næringsverdi må måles i samme enhet. Armsby (14, s. 271) arbeidet i sin tid med å bestemme fôrmidlenes nettoenergi til vedlikehold hos storfe. I nyere tid har forskere fra California (15) også bestemt nettoenergien til vedlikehold hos storfe for en del fôrmidler. For europeiske forhold er det foreliggende materiale imidlertid ikke tilstrekkelig som grunnlag for beregning av fôrresjoner.

Mengden av omsettelig energi som skal tilføres i en fôrresjon for å dekke energibehovet til vedlikehold, kan beregnes ved å dividere nettoenergibehovet (sulteomsetning + normal aktivitet) med k_m = utnyttelseskoeffisienten for den omsettelige energi til vedlikehold. Hvis man for et storfe på 500 kg regner med et nettoenergibehov (sulteomsetning) på 8000 kcal til vedlikehold (4, s. 79) og $k_m = 70$, kommer man til at behovet for omsettelig energi er

$$\frac{8000}{70} \times 100 = \underline{11400 \text{ kcal pr. dag}}$$

Differensen 11400-8000 = 3400 kcal er da den termiske energi, altså tapet av varme ved utnyttelsen av den omsettelige energi til vedlikehold, og som altså må legges til nettobehovet, ifølge prinsippene for den faktorielle metode for angivelse av næringsbehovet (se foran).

Resultater fra sulteforsøk med storfe og sauer er diskutert av Blaxter (4, s. 94-99, 8, s. 215-220).

Indirekte bestemmelse av sulteomsetningen.

Armsby utførte differensforsøk med to ulike mengder av en fôrrasjon under ernæringslikevekt hos storfe. Dette ga grunnlag for å beregne sulteomsetningen = nettoenergibehovet til vedlikehold. Eks.:

Tabell 1. Tallmateriale for indirekte beregning av vedlikeholdsbehovet. Forsøk med storfe. Armsby (14, s. 281).

	kg tørrstoff i høy kg	Omsett.- energi kcal	Varme- produksjon kcal	Energi- balanse
Periode 4	4,63	9544	9812	- 268
Periode 3	2,80	5768	8064	-2296
Differenser	1,83	3776	1748	2028
pr. kg tørrstoff		2063	955	1108

$$k_m = \frac{1108}{2063} \cdot 100 = 54 \%$$

Ved å forutsette lineær sammenheng mellom fôrmengde og termisk energi, kan beregnes en sulteomsetning på

$$8064 - (955 \times 2,8) = 5390 \text{ kcal}$$

Med støtte i en rekke slike forsøk kom Armsby til at nettoenergibehovet til vedlikehold (= den beregnede sulteomsetning) kunne settes til 6000 kcal ved 454 kg (1000 lb), tilsvarende 6400 kcal ved 500 kg, beregnet etter 2/3 potens. Til sammenligning kan nevnes den direkte bestemte sulteomsetning ifølge Blaxters analyse av foreliggende sulteforsøk med storfe (8, s. 218):

<u>Storfe</u>	<u>kcal/kg^{0,73}</u>	<u>kcal ved 500 kg</u>
4 år og eldre	85-80	7900-7500

Den indirekte bestemte sulteomsetning etter Armsby ligger altså noe lågere enn den direkte bestemte sulteomsetning. Armsbys verdier for fôrmidlenes nettoenergi til vedlikehold er imidlertid tilsvarende låge, og angitt i omsettelig energi vil man derfor komme til tilnærmet samme vedlikeholdsbehov etter Armsby som ved å bygge på den direkte bestemte sulteomsetning:

$$\frac{6400 \times 100}{55} = 11600 \text{ kcal}$$

Eksemplet bekrefter betydningen av å måle næringsbehov og næringsverdi i samme enhet.

De nettoenergiverdier for vedlikehold som angis av California-forskerne (15) synes å tilsvare nettoenergibehovet ifølge den direkte bestemte sulteomsetning.

Direkte bestemmelse av energibehovet til rent vedlikehold.

Ifølge definisjonen av energibehovet til vedlikehold,

skulle det være mulig å bestemme dette direkte uten å gå omveien om sulteomsetningen. Dette skjer ved å gi dyrene et tilnærmet vedlikeholdsfôr.

Som karakteristikk på vedlikehold, kan man bruke konstant kroppsvekt. Det gir imidlertid et betydelig sikrere grunnlag å bygge på energibalansen. Den opptatte energimengde må korrigeres til energilikevekt. Dette kan lett gjøres når man kjenner energibalansen. Hvis den opptatte energimengde er uttrykt i omsettelig energi, kan energibalansen omregnes til omsettelig energi ved å dividere med utnyttelseskoeffisienten, k_m (vedlikehold) ved negative energibalanser (under ernæringslikevekt) og k_f (fetning) ved positive balanser (over ernæringslikevekt). Ved slike korreksjoner kan man regne med følgende verdier for utnyttelseskoeffisientene:

	<u>Svin</u>	<u>Drøvtyggere (blandet fôr)</u>
k_m	80	66
k_f	70	55

Den verdi som er angitt for k_m hos drøvtyggere bygger på at fôret ifølge Møllgaard har ca. 20 % større nettoenergi til vedlikehold enn til fetning (3, s. 119). Dette er tilnærmet riktig ved blandet fôr. Ifølge nyere undersøkelser er det imidlertid ikke noe konstant forhold mellom utnyttelsen til vedlikehold og utnyttelsen til fetning. Ved stigende energikonsentrasjon av fôrrasjonene vil k_m vanlig ligge mellom 70 og 75 (se tab. 8) og k_f mellom 45 og 58 (se tab. 26). Grundige undersøkelser fra Nederland har imidlertid vist at ved små energibalanser gir det ubetydelige feil å bruke de utnyttelseskoeffisienter som er nevnt i sammenstillingen ovenfor (16, 17, 18) ved beregning av energibehovet til vedlikehold.

Prinsippet for korreksjonene går ellers fram av følgende konstruerte eksempel:

	Under ernærings- likevekt	Over ernærings- likevekt
kcal omsettelig energi i fôr	10 500	12 500
Energibalanse	- 660	+ 550
Korreksjon	+ $\frac{660}{66} \times 100 = 1000$	- $\frac{550}{55} \times 100 = 1000$
kcal omsettelig energi nødvendig for å gi energilikevekt	<u>11 500</u>	<u>11 500</u>

Ved undersøkelser etter denne metode (16, 17, 18, 19, 20) er man hos storfe kommet til et behov på 11 000 - 12 000 kcal omsettelig energi til rent vedlikehold ved 500 kg. Det er god overensstemmelse med det behov man kommer til ved å bygge på sulteomsetningen (se ovenfor).

Man kan bruke en lignende metode som beskrevet her til å finne energibehovet til vedlikehold uttrykt i NK_F . Det er imidlertid enklere, med basis i behovet for omsettelig energi, å beregne den ekvivalente mengde NK_F ved hjelp av utnyttelseskoeffisienten ved fetning, k_f . Hvis k_f er 55 (blandet fôr), vil 11 500 kcal omsettelig energi være ekvivalent med

$$\frac{11\,500 \times 55}{100} = 6300 \text{ } NK_F$$

Beregning av energibehovet til vedlikehold ved regresjonsanalyse.

Hos dyr i produksjon kan man som nevnt før ikke skille mellom den del av fôret som går til vedlikehold og den del som går til produksjon. I nyere tid har man imidlertid ved regresjonsanalyse foretatt en beregningsmessig adskillelse. Dette gir holdepunkter for å bedømme om dyr i produksjon bruker samme mengde energi til vedlikehold som ved rent vedlikehold.

Et av de første tilløp til regresjonsberegninger av denne art ble foretatt av Berge i hans dr.avhandling (21). Han var interessert i hvorledes oppfôringstiden påvirket forbruket av beregnet produksjonsfôr pr. kg tilvekst hos slaktesvin.

Regresjonsberegninger over vedlikeholdsbehovet og produksjonsfôret er utført både i fôringsforsøk, bl.a. forsøk med lam (22) og i stoffskifteforsøk, bl.a. med melkekyr (23, 24).

Det er ikke her mulig å gå i detaljer når det gjelder resultater fra slike undersøkelser. For illustrasjon er det i fig. 2 gjengitt resultatene fra en undersøkelse med høgtmelkende kyr ved Beltsville (23). Det er i dette tilfelle regnet med enkel lineær regresjon.

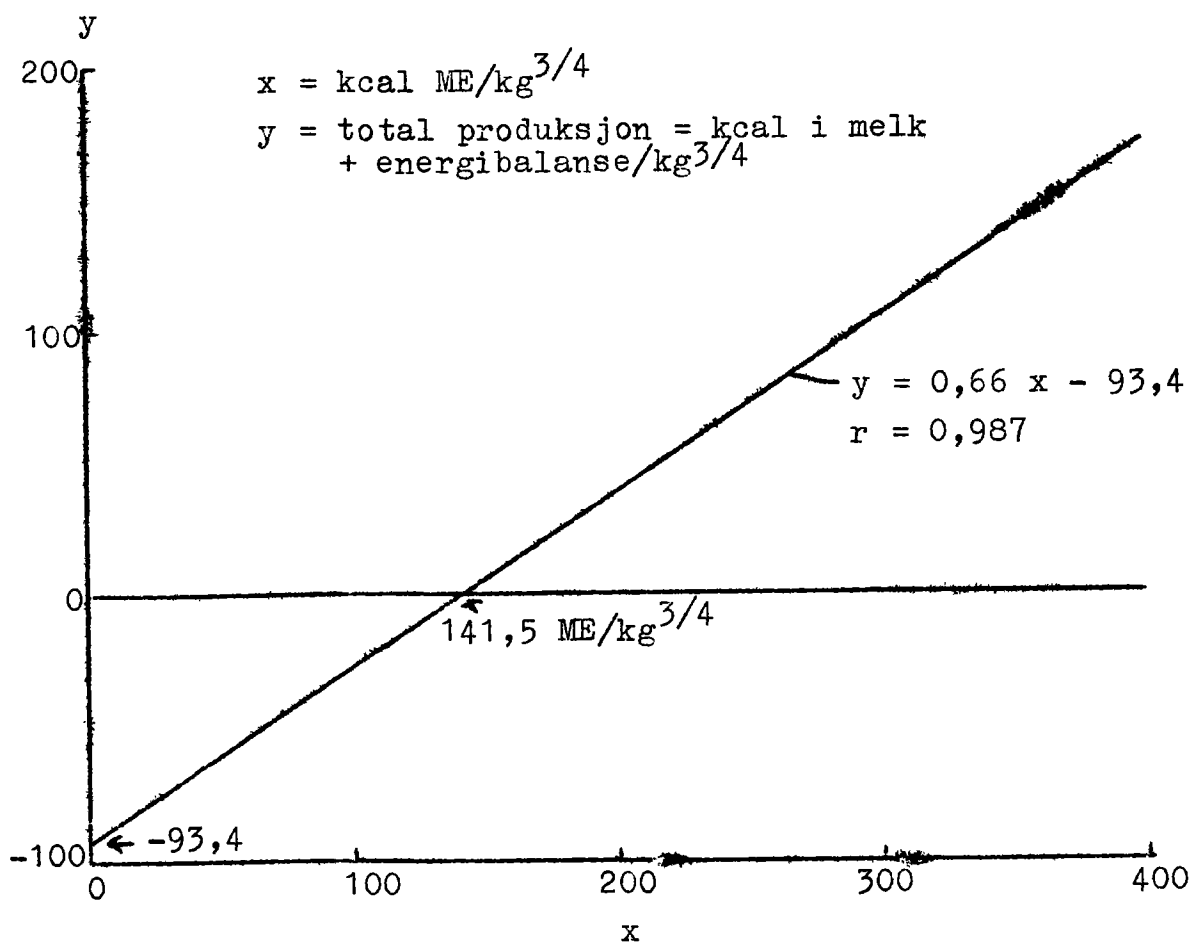


Fig. 2. Regresjonen mellom opptak av omsettelig energi (ME) og produksjon hos melkekyr (Flatt et al., 1967) 96 forsøk.

Det går fram av fig. 2 at det er energilikevekt ved et opptak av 141,5 kcal ME/kg^{3/4}, tilsvarende 14 960 kcal omsettelig energi ved 500 kg. Den beregnede sulteomsetning (varmeproduksjon) uten fôr er 93,4 kcal/kg^{3/4}, tilsvarende 9870 kcal ved 500 kg.

Disse undersøkelser tyder således på at høgtmelkende kyr har større vedlikeholdsbehov enn ved rent vedlikehold. Spørsmålet er imidlertid ikke avklart da man i inngående undersøkelser i Nederland (24) kom til at vedlikeholdsbehovet ifølge regresjonsberegning lå mellom 10 100 og 11 700 kcal omsettelig energi ved 500 kg, altså av samme størrelsesorden som ved rent vedlikehold.

Møllgaard var i sin tid inne på at utnyttelsen av energien i melkeproduksjonen er forholdsvis konstant, mens vedlikeholdsbehovet varierer mye. Ved å beregne hvor mye av fôrets energi som blir brukt til produksjon, skulle resten være vedlikeholdsbehovet. Det er et ^{lignende} prinsipp som regresjonsberegningene bygger på.

Ved Oskar Kellner institutt i Rostock har Nehring, Schiemann og Hoffmann (25, 26, 27) ved partiell regresjonsanalyse av fôrrasjoner i et stort antall forsøk beregnet nettoenergien av næringsstoffene til fetning så vel som vedlikeholdsbehovet, uttrykt i nettoenergi til fetning (NEF) for vedkommende dyreart. Det er ikke her mulig å komme inn på enkeltheter, men hovedresultatene av beregningene kan nevnes når det gjelder vedlikeholdsbehovet (tab. 2).

Tabell 2. Vedlikeholdsbehovet uttrykt i NEF. Rostock (25, 26, 27).

	<u>NEF/kg^{3/4}</u>	<u>Ved vekt, kg</u>	<u>NEF (kcal) pr. dag</u>
Storfe	59,2	500	6260
Sauer	38,5	50	724
Svin	66,1	100	2090

B. Vedlikeholdsbehovet ved ulik størrelse.

Det er nevnt i avsnittet om energibehovet i hovedavsnitt IV at energibehovet til vedlikehold (E_m) stiger med en potens av kroppsvekten (V):

$$E_m = a V^p \quad (\text{eller } E_m = k V^n)$$

Når det gjelder utvoksne dyr av ulike arter, kom Kleiber (29, s. 212) til at eksponenten p kan settes til $3/4$ (0,75). Brody (29, s. 373) kom til en lignende verdi, nemlig 0,73. Denne er brukt av ARC (8). Brody selv tilrådet å bruke $V^{0,7}$ (29, s. 373, s. 384, s. 447) for utvoksne dyr.

Under vekst innen en dyreart fremholdt Brody at det passet med $V^{0,6}$ (29, s. 412, s. 418, s. 447). For sulteomsetningen hos voksende svin i vektintervallet 16-196 kg kom Breirem (30) til en eksponent på 0,569. Variasjonskoeffisienten i forhold til den utjevnete sulteomsetning etter denne potens og etter 0,75 potens er vist nedenfor:

$$E_m = 154,74 V^{0,569} \qquad E_m = 70,14 V^{0,75}$$

Variasjons-
koeffisient

6,82

17,17

Hos svin kan tilrådes å regne med 0,56 potens (31, 41, s. 67)

Hvis man finner at det er ønskelig konsekvent å bruke $V^{3/4}$, kan dette gjennomføres ved å endre verdien av a i ligningen $E_m = a V^{3/4}$. For Breirems forsøk med svin er beregnet følgende verdier av a for $V^{3/4}$ (tabell 3).

Tabell 3. Energibehovet til vedlikehold hos svin ved ulike alder og størrelse angitt for $V^{3/4}$ (Breirem, 30).

Antall forsøk	Vekt, kg	Alder mnd.	a	Avvikelse fra 70,14
1	15,8	2½	93,9	+ 34 %
1	30,9	4	80,7	+ 15 "
4	65,9(47,1-93,9)	8(6-11)	74,9(70,9-77,9)	+ 7 "
5	181,9(173,9-196,3)	17(15-19)	59,5(55,5-66,6)	- 15 "

Når det gjelder drøvtyggere (storfe, sauer og geiter), er det nå mest vanlig å bruke $3/4$ potens (0,75). Det er et åpent spørsmål om man kan regne med denne potens også under vekst. Van Es (32) kom til at $3/4$ potens passer godt også hos kalver når vedlikeholdsbehovet angis i omsettelig energi, men han mener dette kan forklares ved den høge utnyttelse av den omsettelige energi ved melkefôring av kalver. For unge i vektintervallet 70-560 kg er funnet at det beregnede vedlikeholdsbehov stiger med 0,715 potens (33, s. 193).

Sulteomsetningen hos drøvtyggere angitt pr. kg $V^{0,73}$ faller imidlertid ved stigende alder (se tabell 4).

Tabell 4. Energibehovet til vedlikehold hos storfe og sauer ved ulik alder angitt for $V^{0,73}$. (ARC, 8, s. 218-220.)

Storfe		Sauer	
<u>Alder</u>	<u>kcal/kg^{0,73}</u>	<u>Alder</u>	<u>kcal/kg^{0,73}</u>
3 mnd.	135	6 mnd.	65
12 "	110	12 "	63
24 "	95	24 "	59
48 "	85	48 "	55
over 48 "	80	over 48 "	52

Som nevnt ovenfor kan man når det er tale om dyr under vekst, enten bruke en lågere potens, altså en lågere verdi av p (8, s. 215) eller man kan bruke samme eksponent som hos utvoksne dyr og en høgere verdi av a, altså høgere energi-behov pr. kg V^p . Når det gjelder drøvtyggere, synes det nå å være en tilbøyelighet til å foretrekke det siste alterna-tiv.

I en undersøkelse med eneggete tvillinger over veksten hos storfe (34) ble det funnet at vedlikeholdsbehovet steg med vekten i $2/3$ potens (0,666).

Kg V^p blir vanlig betegnet som stoffskiftevekt (metabolic body size) og konstanten a angir vedlikeholdsbehovet i kcal pr. $\frac{\text{kg}}{\text{stoffskiftevekt}}$ (kcal/kg V^p). I tabell 5 nedenfor er etter Kleiber angitt stoffskiftevekten ($\frac{\text{kg}}{V^{3/4}}$) for dyr av ulik størrelse når det regnes med $3/4$ potens.

Tabell 5. Stoffskiftevekt $\frac{\text{kg}}{V^{3/4}}$ ved ulike vekter. (Kleiber 28, s. 384-385).

<u>Vekt, kg</u>	<u>kg $V^{3/4}$</u>	<u>Vekt, kg</u>	<u>kg $V^{3/4}$</u>
1	1,00	300	72,1
10	5,62	350	80,9
20	9,46	400	89,4
30	12,8	450	97,7
40	15,9	500	105,7
50	18,8	550	113,6
75	25,5	600	121,2
100	31,6	650	128,7
150	42,8	700	136,1
200	53,2	750	143,3
250	62,8	800	150,4

Energibehovet kan beregnes ved å multiplisere stoffskiftevekten ifølge tabell 5 med a (kcal/kg $V^{3/4}$).

Eks.: Når $a = 108,8$ kcal/kg $V^{2/4}$ (omsettelig energi) vil et storfe på 500 kg ha et energibehov til vedlikehold på $108,8 \times 105,7 = 11\ 500$ kcal omsettelig energi pr. dag.

Ved bruk av ulike potenser er det viktig å bruke den verdi av a som svarer til vedkommende potens. Går man ut fra et vedlikeholdsbehov på 11 500 kcal omsettelig energi hos storfe ved 500 kg får man følgende funksjoner ved potensene 0,6, 0,7 og 0,75:

$$\begin{aligned} E_m &= 276,3 V^{0,6} \\ E_m &= 148,4 V^{0,7} \\ E_m &= 108,8 V^{0,75} \end{aligned}$$

Vedlikeholdsbehovet, uttrykt i kcal omsettelig energi, ved ulike vekter hos storfe beregnet etter disse funksjoner er angitt i tabell 6.

Tabell 6. Energibehovet til vedlikehold for storfe av ulik størrelse beregnet etter ulike potens-funksjoner.

<u>Vekt kg (V)</u>	<u>$V^{0,6}$</u>	<u>$V^{0,7}$</u>	<u>$V^{0,75}$</u>
300	8 466	8 043	7 843
500	11 500	11 500	11 500
700	14 075	14 555	14 807

Innenfor begrensede vektintervaller vil ulike potenser gi liten forskjell i energibehovet, forutsatt at man for hver potens bruker tilsvarende verdi av a .

Selv ved så nærstående potenser som 0,73 og 0,75 er det stor forskjell i a .

Man kan regne om a ved å bruke forholdet $V^{0,75}/V^{0,73}$ og forholdet $V^{0,73}/V^{0,75}$ som vist i tab. 7.

Tabell 7. Forholdstall for omregning fra $V^{0,75}$ til $V^{0,73}$ og omvendt

x) Handbuch d. Tierernähr. II, s. 16 (VAN ES, 1972^x)

Vekt kg (V)	$V^{0,73}$	$V^{0,75}$	$V^{0,75}/V^{0,73}$	$V^{0,73}/V^{0,75}$
25	10,5	11,2	1,067	0,937
50	17,4	18,8	1,082	0,924
100	28,8	31,6	1,096	0,912
200	47,8	53,2	1,112	0,900
300	64,3	72,1	1,121	0,892
400	79,3	89,4	1,127	0,887
500	93,4	105,7	1,132	0,883
600	106,7	121,2	1,136	0,880

Forutsetninger:

$$E_m = a_1 V^{0,73}$$

$$E_m = a_2 V^{0,75}$$

$$a_2 = a_1 V^{0,73}/V^{0,75} \quad a_1 = a_2 V^{0,75}/V^{0,73}$$

Eks.:

$$\text{Ved 500 kg } a_2 = a_1 \times 0,883$$

$$a_1 = a_2 \times 1,132$$

$$\text{Finne } a_2 \text{ når } a_1 = 80 \quad a_2 \times 0,883 = \underline{70,6} \text{ (70,64)}$$

$$\text{" } a_1 \text{ når } a_2 = 70,64 \quad a_1 \times 70,64 \times 1,132 = \underline{80}$$

Når man skal sammenligne vedlikeholdsbehovet innen en dyreart hos ulike dyr, pleier man gjerne som sammenligningsgrunnlag å bruke en s.k. "standardvekt" (14, s. 260), 500 kg hos storfe, 50 kg hos sauer og 100 kg hos svin. Ved omregningen til disse vekter blir brukt potens-funksjoner.

c. Utnyttelsen av den omsettelige energi til vedlikehold hos drøvtyggere ved ulike fôrrasjoner.

Kellner regnet i 1900 med at vedlikeholdsbehovet hos storfe kunne angis i omsettelig energi (35). Det ble da stilltiende forutsatt at den omsettelige energi blir utnyttet likt i ulike fôrmidler og fôrrasjoner. Litt senere, i 1905, gikk Kellner (13, s. 445-446) imidlertid over til å angi vedlikeholdsbehovet i nettoenergi til fetning (stivelsesenheter). Dette ble gjennomført også av Møllgaard (2, 3), og det er fremdeles vanlig i europeisk fôringslære (11, s. 160). Møllgaard var oppmerksom på at utnyttelsen av energien er høyere ved vedlikehold enn ved fetning, men han regnet med et konstant forhold mellom utnyttelsen ved de to livsytringer. Under denne forutsetning skulle energibehovet til vedlikehold kunne angis i en konstant NK_F -ekvivalent. Som allerede nevnt (s. 11) har nyere forskning vist at denne forutsetning ikke er holdbar.

En del undersøkelser syntes å bekrefte Kellners opprinnelige antagelse om lik utnyttelse av den omsettelige energi i ulike fôrmidler og fôrrasjoner (36, 37, 38). Blaxter (4) regnet en tid med en utnyttelse av den omsettelige energi til vedlikehold hos drøvtyggere på 74 % for alle fôrrasjoner. Senere fant han og hans medarbeidere imidlertid et fall i utnyttelsen av den omsettelige energi til vedlikehold ved fallende energikonsentrasjon (8, s. 198). Det samme ble funnet av Breirem og medarbeidere ved en analyse av vedlikeholdsforsøk med storfe fra Pennsylvania (19, 20) og av Brouwer, Van Es og Nijkamp i meget inngående forsøk i Nederland over vedlikeholdsbehovet hos storfe (16, 17, 18). Spørsmålet er drøftet av en EAAP-komit  i en melding om næringsbehovet hos melkekyr (39). Det

ble regnet med fire fôrrasjoner med varierende forhold mellom høy og kraftfôr. Fôrrasjonene ble karakterisert ved % ME (omsettelig energi i % av bruttoenergi), % DE (fordøyelig energi i % av bruttoenergi) og % CF (% råtrevler i tørrstoff) (se tilføyelse til energibehovet 1967). Resultatene går fram av tabell 8 som angir behovet for omsettelig energi hos storfe ved 500 kg.

Tabell 8. Behovet for omsettelig energi til vedlikehold ved ulike fôrrasjoner (139). Revidert 1971.

Rasjon		1	2	3	4	Surfôr
Tørrstoff- basis	% høy	100	75	50	30	
	% kraftfôr	0	25	50	70	
Karakteristikk av fôrrasjoner	% ME	52	57	62	66	55
	% DE	61	67	72	77	65
	% CF	34,8	27,4	20,1	14,2	29,9
kcal ME (omsettelig energi) ved 500 kg						
1. A.R.C.						
k _m = 54,6+0,30 % ME (8, s. 198)		70,2	71,5	73,2	74,4	71,1
kcal ME		11180	10980	10720	10550	11040
2. Breirem og medarbeidere						
E _m = (101,35+0,358 % CF) v ^{0,75}		12030	11750	11470	11250	11840
E _m = (135,224-0,4934 % ME) v ^{0,75}		11580	11320	11060	10850	11420
3. Van Es						
-55 kcal pr. % DE		12000 ¹⁾	11670	11400	11120	11780
-72 kcal pr. % DE		12000 ¹⁾	11640	11280	10990	11780
lakterende kyr ²⁾		12830	12520	12210	11970	12650

1) Satt til 12000 kcal ved 500 kg

2) 12420 kcal ME ved 59 % ME, 0,5 % endring av behovet for ME pr. % ME avvikelse fra 59 % ME

Ved fôring med den mest konsentrerte fôrrasjon (nr. 4) er behovet for omsettelig energi til vedlikehold 6-8 % lågere enn ved fôring med bare høy (rasjon nr. 1).

d. Ulike enheter for angivelse av energibehovet til vedlikehold.

Hos enkeltmagede dyrearter, svin og fjørfe, som blir føret med vanlige fòrrasjoner, kan energibehovet angis i kcal fordøyelig energi (DE) og kcal omsettelig energi (ME) (40, s. 4, 41, s. 24-25). Energebrevet kan også angis i NEF (Rostock) og NK_F , det siste under forutsetning av at NK_F er beregnet på grunnlag av fordøyeligheten hos vedkommende dyreart.

Hos drøvtyggere kan energibehovet angis i ulike enheter, kcal fordøyelig energi, kcal omsettelig energi, NEF_r (r = Rind = storfe), NK_F og ulike enheter avledet av NK_F . I motsetning til hos enkeltmagede dyr kan man hos drøvtyggere imidlertid ikke regne med at energibehovet uttrykt i en enhet er konstant, da det vil variere med fòrrasjonene (se ovenfor).

Når det gjelder energibehovet til vedlikehold hos storfe, ble dette spørsmål drøftet av den ovennevnte EAAP-komitè. Det ble regnet med behovet for omsettelig energi til vedlikehold ifølge Van Es (nederste linje i tabell 8 og hva dette behov svarer til i andre aktuelle enheter ved de ulike fòrrasjoner som er angitt i tabell 8. Resultatene er vist i tabell 9.

Tabell 9. Vedlikeholdsbehovet hos storfe ved 500 kg uttrykt i ulike enheter ved ulike fòrrasjoner (se tabell 8).

Rasjon nr.	1	2	3	4	Forskjell i % fra 1-4	Surfòr
kcal ME	12000	11640	11280	10990	-8	11780
kg tørrstoff ¹⁾	5,30	4,64	4,09	3,73		4,73
DE, kcal	14100	13640	13170	12830	-9	13950
NEF_r "	6630	6400	6180	6010		6910
NEF_r korr. ²⁾	6170	6210	6180	6010	-3	6700
NK_F	4880	5430	5810	6040	+24	5820
FE a 1650 NK_F	2,96	3,29	3,52	3,66	+24	3,53

1) Beregnet etter tab. 2 og 3 i tilføyelse til energibehovet, 1971.

2) Korrigeret for % DE, se tilføyelse til energibehovet, rev. 1971, s. 51.

Det er minst variasjon i energibehovet til vedlikehold for fôrrasjoner av ulik energikonsentrasjon når energibehovet angis i NEF_r korr. Variasjonen er derimot stor når det regnes med NK_F . Dette kommer av at grovfôr (høy) blir sterkt undervurdert til vedlikehold ved å bruke NK_F som mål for energi. Det samme gjelder enheter som er avleder av NK_F , slik som fôr-enheten (FE) og stivelsesenheden (SE). Bare for et begrenset område av blandete fôrrasjoner, med f.eks. 25-50 % av tørrstoffet i kraftfôr, er det forsvarlig å angi vedlikeholdsbehovet i en konstant mengde NK_F og FE. I denne forbindelse kan pekes på at prinsippet i Møllgaard's system for fôrmiddel-vurdering er at energibehovet ved ulike livsytringer skal angis i ekvivalente mengder NK_F . Det er ifølge dette prinsipp ikke noe i veien for at NK_F -behovet til vedlikehold varierer med fôrrasjonene. Ved fôring av dyr i produksjon vil det for øvrig som regel være begrenset hvor mye grovfôr som kan brukes. Som nevnt ovenfor er det innenfor et begrenset område av fôrrasjoner, ikke noe å innvende mot å regne NK_F -behovet til vedlikehold som tilnærmet konstant.

Det går fram av tabell 9 at ved fôring med surfôr er energibehovet til vedlikehold, angitt i NK_F og FE, tilnærmet likt med energibehovet målt i de samme enheter når det blir fôret med 50 % høy og 50 % kraftfôr (rasjon 3). I motsetning til høy synes således surfôr ikke å bli noe særlig undervurdert ved å regne med NK_F og FE. Forklaringen kan være at beregningen av NK_F i surfôr (se tilføyelse til energibehovet, rev, 1971) er blitt modifisert med støtte i fôringsforsøk med surfôr til melkekyr (Presthegge).

I kurset spesiell praktisk fôringslære vil under fôring av melkekyr vedlikeholdsbehovet på ulike fôrrasjoner bli drøftet nærmere.

e. Energibehovet hos ulike dyrearter.

Det henvises til den praktiske fôringslære når det gjelder de verdier for energibehovet til vedlikehold som en skal regne med i praksis. Bare noen prinsipielle synspunkter skal drøftes her, foruten at det vil bli gitt eksempler på vedlikeholdsbehovet hos en del av våre husdyr.

Kleiber (28, s. 212) oppgir at behovet for nettoenergi til vedlikehold (sultomsetningen) hos alle pattedyr er

$$70 v^{3/4}$$

En del avvikelser fra denne regel er det selvsagt. Hvis de av ARC angitte verdier (tabell 4) for sultomsetningen hos storfe og sauer over 2 år omregnes til $v^{0,75}$ (ved multiplikasjon med henholdsvis 0,885 for storfe på 500 kg og 0,925 for sau på 50 kg (se tabell 7), finner man:

$$\text{Storfe } 71-84 v^{0,75}$$

$$\text{Sauer } 48-55 v^{0,75}$$

Sauer har altså et forholdsvis lågt vedlikeholdsbehov, ca. 30 % under behovet hos storfe og ca. 25 % under behovet som skulle gjelde hos alle pattedyr (70), mens storfe ligger ca. 10 % over.

For vedlikeholdsbehovet angitt i NEF (tabell 2 s. 14) er forskjellen mellom storfe og sauer omtrent den samme som etter ARC's verdier for sultomsetningen.

Den verdi som er angitt for sultomsetningen hos svin uavhengig av alder ($a = 70,14$, se tabell 3, s. 15) stemmer godt med Kleibers verdi. For svin på $1\frac{1}{2}$ år ligger sultomsetningen ca. 15 % lågere ($a = \text{ca. } 60$).

I tabell 10 er det sammenstillet en oversikt over energibehovet til vedlikehold hos en del av våre husdyr, delvis med støtte i diskusjonen ovenfor.

Tabell 10. Vedlikeholdsbehovet hos en del husdyr.

<u>Storfe (r=Rind)</u>	<u>Funksjon</u>	<u>Behov ved 500 kg</u>	<u>Forutsetninger</u>	
kcal sultomsetning	$E_m = 77 v^{3/4}$	8140	Over 2 år	
kcal omsettelig energi	$E_m = 108,8 v^{3/4}$	11500	Blandet fôr	
NK _F (Møllgaard)	$E_m = 55,5 v^{3/4}$	5860	Begrenset område av blandet fôr	
NEF _r	$E_m = 59,2 v^{3/4}$	6260	Gyldig over et vidt område ved korreksjon for % DE	
<u>Sauer</u>		<u>Behov ved 50 kg</u>		
kcal sultomsetning	$E_m = 52 v^{3/4}$	980	} se ovenfor	
kcal omsettelig energi	$E_m = 74 v^{3/4}$	1390		
NK _F ($k_f = 55$)	$E_m = 40,7 v^{3/4}$	770		
NEF (sau)	$E_m = 38,5 v^{3/4}$	724		
+ 20% for aktivitet m.m.				
<u>Svin (s=Schwein)</u>		<u>Behov ved 100 kg</u>	<u>Funksjon</u>	<u>Behov ved 100 kg</u>
kcal sultomsetning	$E_m = 158,5 v^{0,56}$	2090		
kcal omsettelig energi	$E_m = 196,3 v^{0,56}$	2590	$E_m = 235,6 v^{0,56}$	3110
NK _F (ford.het hos svin)	$E_m = 109,6 v^{0,56}$	1450	$E_m = 131,5 v^{0,56}$	1730
NEF _s	$E_m = 66,1 v^{3/4}$	2090		

f. Eksempler på beregning av vedlikeholdsbehovet etter potensfunksjoner.

Når det blir regnet med $V^{3/4}$ ($V^{0,75}$), kan energibehovet til vedlikehold for dyr av ulik størrelse beregnes etter stoffskiftevekten oppgitt i tabell 5 (s. 16) (se eksempel s. 17). Ved regning med potensfunksjoner overføres de i logaritmisk form

$$E_m = a V^p$$

$$\text{Log } E_m = \text{Log } a + p \text{ Log } V$$

Eks.: Behovet for omsettelig energi pr. dag hos storfe på 600 kg skal beregnes etter funksjonen $E_m = 108,8 V^{0,75}$

$$\text{Log } 188,8 = 2,03663$$

$$0,75 \text{ Log } 600 = 0,75 \times 2,77815 = \underline{2,08361}$$

$$\text{Log } E_m = 4,12024$$

$$E_m \text{ (antilog)} = \underline{\underline{13190}}$$

Hvis man kjenner vedlikeholdsbehovet ved en bestemt vekt og er interessert i å finne tilsvarende verdi av a i funksjonen $E_m = a V^p$, kan den logaritmiske ligning ovenfor omformes på følgende måte:

$$\text{Log } a = \text{Log } E_m - p \text{ Log } V$$

Eks.: Det regnes med et vedlikeholdsbehov på 5418 NK_F ved 450 kg (Møllgaard, 2, s. 32). Verdien av a i funksjonen $E_m = a V^{0,75}$ blir da:

$$\text{Log } 5418 = 3,73384$$

$$- 0,75 \text{ Log } 450 = \underline{1,98991}$$

$$\text{Log } a = 1,74393$$

$$a \text{ (antilog)} = \underline{\underline{55,5}}$$

g. Variasjon i energibehovet til vedlikehold, bortsett fra virkningen av ulike fôrrasjoner.

Betydningen av variasjoner i vedlikeholdsbehovet.

Det er hos storfe på samme fôring funnet en variasjonskoeffisient (standardavvikelse i %) på 10-11 for vedlikeholdsbehovet angitt i kcal/kg V^p eller i kcal ved en standardvekt (8, s. 218, 16, s. 234, 20). For sultomsetningen hos svin (angitt for $V^{0,569}$) var variasjonskoeffisienten 6,8

(se s. 15). Variasjonen i vedlikeholdsbehovet mellom dyr er altså forholdsvis stor. To ganger variasjonskoeffisienten vil hos storfe gi $\pm 20\%$. Vedlikeholdsbehovet skulle altså for 95 % av dyrematerialet ligge i området 80-120 % av gjennomsnittsbehovet. Ifølge Ritzman & Benedict (37, s. 128-129) kan man hos melkekyr ha enda større variasjon i vedlikeholdsstoffskiftet.

Fremstående ernæringsforskere som Møllgaard (2, s. 469), Armsby (14, s. 442) og Brouwer (16, s. 104) har pekt på at variasjoner i vedlikeholdsbehovet kan forklare den ulikhet i fôrutnyttelse mellom dyr som man har ment å ha konstatert i praksis.

Hvorledes beregningen av vedlikeholdsbehovet kan påvirke utnyttelsen av det beregnede produksjonsfôr til fetning går fram av tabell 11 sammenstillet etter en analyse av Breirem og medarbeidere (19) av et stort antall stoffskifteforsøk ved fetning av storfe. Tabellen omfatter forsøk med fôrrasjoner med under 22 % råtrevler i tørrstoffet.

Tabell 11. k_f (utnyttelse av omsettelig energi til fetning) når det blir regnet med gjennomsnittlig vedlikeholdsbehov (1) og individuelt vedlikeholdsbehov (2) i ulike grupper av forsøk.

	Antall % forsøk i	råtrevler tørrstoff gj.sn.	Energi- balanse gj.sn.	k_f		kcal omsett.- energi til vedlikehold ved 500 kg ¹)	
				(1)	(2)	(1)	(2) gj.sn. grupper
Kellner	48	19,2	6020	51,1 ±0,98		11100	
Fingerling	19	17,6	3893	35,3 ±1,24	50,3 ±0,85	11100	13610
Møllgaard	19	19,0	3586	74,8 ±3,15	54,3 ±1,47	11100	9770
Armsby, Forbes	21	18,7	4908	63,9 ±2,47	55,8 ±1,07	11100	10670

1) Regnet med 0,6 potens

Ved å bruke gjennomsnittsverdien for vedlikeholdsbehovet / (11100) i gruppene i Fingerlings forsøk og Møllgaards forsøk, er det

funnet meningsløse verdier for k_f . Dette kan føres tilbake til at Fingerlings dyr i gj.sn. har 23 % større vedlikeholdsbehov enn gjennomsnittsbehovet (11100), mens Møllgaards dyr i gj.sn. har 12 % lågere behov. Dette viser seg ved beregningsmessig låg, henholdsvis høg verdi for k_f . Når det blir regnet med det individuelle vedlikeholdsbehov, er det derimot god overensstemmelse mellom k_f i de ulike grupper av forsøk.

Variasjon i energibehovet hos mennesker.

Hos mennesker synes den individuelle variasjon i energibehovet å være betydelig større enn hos husdyr. Spørsmålet er undersøkt og diskutert i Storbritannia (42, 43, 44). I en undersøkelse over 63 menn fra engelsk middelklasse ble det funnet et gjennomsnittlig energiopptak på 3070 kcal pr. dag med variasjonsområde 1770-4960 og variasjonskoeffisient 23 (43, 44). Enkelte personer synes således å trenge dobbelt så mange kalorier som andre.

En undersøkelse over "large eaters" og "small eaters" blant studenter viste gj.sn. stor ulikhet i energiopptak (tabell 12).

Tabell 12. Ulikhet i energiopptak hos mennesker. Rose & Williams (44).

	n	Vekt, kg	kcal opptatt
"Large eaters"	7	75,7(65,0-97,5)	4265(3000-7400)
"Small eaters"	7	81,3(69,5-97,0)	2380(1600-2940)

Ved undersøkelser over grunnstoffskiftet, aktivitet m.m. lyktes det ikke å finne noen forklaring på ulikheten mellom de to grupper. Det ble imidlertid påvist at "large eaters" hadde raskere gang, og det ble antydnet at dette kunne være en indeks på rastløshet og energikrevende aktivitet f.eks. rask start av bevegelser.

Det er pekt på at i perioder med rikelig tilgang på mat vil et stort energibehov ikke by på særlige problemer. Slike personer kan imidlertid bli vanskelig stillet ved knapphet på mat (rasjonering) og ved høge matpriser (43).

Under de to verdenskriger 1914-18 og 1939-45, syntes den knappe ernæring å være en alvorlig påkjennning for befolkningen i Europa som var tilvennet en rikelig ernæring gjennom lang tid (45).

Det kan være grunn til å reflektere over hvorvidt det i utviklingslandene kan ha foregått et naturlig utvalg på individer med lavt energibehov. I denne forbindelse kan det nevnes at ved oppdrettsforsøk av storfe er det vist at små tørre dyr av rasen Jersey klarer seg godt på knapp ernæring, mens knapp ernæring gir en varig nedsettelse av størrelsen hos den store rasktvoksende rasen Korthorn (45, 46).

Årsaker til variasjoner i energibehovet til vedlikehold
bortsett fra virkningen av ulike fôrrasjoner.

Aktivitet.

Aktivitet blir regnet som en viktig årsak til variasjon i energibehovet. Ifølge Mitchell (10, 1, s. 107) må energiutlegget til aktivitet legges til basal-stoffskiftet for å finne nettoenergiebehovet til vedlikehold, den mengde nettoenergi som holder utvoksne dyr i energilikevekt.

Som før nevnt (s.) vil sultomsetningen bestemt i døgnforsøk overstige det rene basal-stoffskifte, idet dyrene i løpet av et døgn både vil stå og reise og legge seg.

Det er varierende oppgaver over energiforbruket i stående stilling sammenlignet med liggende stilling. Merforbruk Merforbruk hos drøvtyggere i stående stilling:

Indirekte	ARC (8, s. 221)	2 kcal/kg = ca. 12 %
kalorimetri	Mitchell (10, 1, s. 106)	= " 20 %
Direkte	Brockway et al. (47)	= " 50 %
kalorimetri		

Årsakene til uoverensstemmelsen mellom indirekte og direkte kalorimetri er ikke oppklart.

Det kan regnes med at vedlikeholdsbehovet bestemt i døgnforsøk omfatter en vesentlig del av den aktivitet som dyrene normalt viser under innefôring (4, s. 105-106).

Når det gjelder energiutlegg til bevegelser for dyr på beite, er det også varierende oppgaver (4, s. 106-112, 7, s. 365). Ifølge de mest pålitelige vil økningen i energibehovet på beite normalt neppe overstige ca. 10 % sammenlignet med innefôring. Høgere forbruk enn dette på beite kan ha sammenheng med klimaforholdene, låge temperaturer, regn og vind (se senere).

Det er nevnt ovenfor at man hos mennesker regner med at rastløs aktivitet kan øke energibehovet. Også hos husdyr er det vist at uro og nervøsitet kan medføre større aktivitet og derved øke energibehovet til vedlikehold. Ved bestemmelse av vedlikeholdsbehovet i respirasjonsforsøk er det viktig å trene dyrene til opphold i respirasjonskammeret. Ved Hannah forsøksinstitutt ble funnet at uten trening hadde sauer ca. 20 % større sultomsetning enn når de var trent i

4 uker (4, s. 85). Det låge vedlikeholdsbehov i Møllgaards forsøk med kyr (se tabell 11, s. 24) kan sannsynligvis delvis forklares ved omsorgsfull trening av forsøksdyrene.

I forsøk med et svin som var meget urolig de første par timer i respirasjonskammeret ble det funnet 20 % større sultomsetning enn i et senere forsøk da dyret hadde normal aktivitet (30). Hos et annet dyr som hadde hoste, lå sultomsetningen 14 % over det normale nivå.

I respirasjonsforsøk med hester fant Zuntz og Hagemann ca. 10 % større energiomsætning når dyrene var urolige p.g.a. at det var kommet fluer inn i respirasjonskammeret (14, s. 261).

Dyr som går sammen i bingje vil være mer urolige og aktive og følgelig ha større energibehov til vedlikehold enn dyr som går alene. Med henblikk på forholdene i praksis med større aktivitet, vekslinger i temperaturen m.m. er det hos svin regnet med et tillegg på 20 % til vedlikeholdsbehovet bestemt i stoffskifteforsøk (30, 31, se tab. 10). Når det gjelder storfe synes det å være lite behov for å regne med tillegg i vedlikeholdsbehovet for aktivitet, når det dreier seg om rolige dyr. Ved å forutsette samme forbruk av fôr for produksjon av melk hos kyr i båsfjøs og i bingefjøs, fant Hvidsten et al. (48, s. 40) at forbruket av vedlikeholdsfôr i bingefjøs var bare 0,3 f.e. (= 8 %) høyere pr. dag inn i båsfjøs. I bingefjøset var det låge temperaturer, ned til -24°C i løpegården, men ubetydelig vind (se senere).

Klima.

I avsnittet om energibehovet i hovedavsnitt IV er drøftet reguleringen av kroppstemperaturen. Dyr på knapp fôring eller som er dårlig isolerte mot kulde (f.eks. nyklippede sauer) vil ved låge temperaturer i omgivelsene øke energiomsætningen og vil da følgelig trenge mer energi til vedlikehold. Vind og regr vil nedsette isolasjonen mot kulde og vil øke varmetapet og dermed energibehovet til vedlikehold (4, s. 151, s. 162). Hos sauer kan det derfor i praksis bli tale om å regne vedlikeholdsbehovet noe større enn angitt med støtte i stoffskifteforsøk (se tabell 10, s. 22).

En FAO-komit  (49, s. 25) angir kaloribehovet hos mennes-

ker ved en referenstetperatur på 10°C i gj.sn. for året. Det regnes med 5 % fall i kaloribehovet for hver 10°C over referenstetperaturen og 3 % stigning i kaloribehovet for hver 10°C under referenstetperaturen. Det er da forutsatt at det er lettere å beskytte seg mot låge temperaturer enn høge temperaturer. Det pekes på nedsatt aktivitet ved høge temperaturer som årsak til fall i kaloribehovet.

Periode- og sesongvariasjon.

Forskere i Nederland har funnet en stigning i energibehovet til vedlikehold hos storfe når det utføres stoffskifteforsøk over lengere perioder f.eks. om våren etter forsøk gjennom en hel vinter. Det kan dreie seg om en økning på 10-20 %. Årsakene til periodevariasjonen er ikke kjent, men det synes som at den kan unngås hvis dyrene får komme ut i løpegården. Det er også antydnet at mangel på vitaminer og mineralstoffer kan gjøre seg gjeldende (18, 24).

Ritzmann og Benedict har i forsøk med melkekyr funnet stor variasjon i vedlikeholdsstoffskiftet hos samme dyr på ulik tid (37, s. 128). Videre var det en tendens til at vedlikeholdsstoffskiftet var høgere i mai-juli enn ellers i året (37, s. 136).

Blaxter (4, s. 86) har pekt på at variasjonen i disse forsøk er overdrevet stor og at man hos andre dyr har en bemerkelsesverdig konstant sultomsetning.

Alder.

Det er nevnt før (s. 15-6) at energibehovet til vedlikehold pr. kg $V^{0,75}$ er større hos dyr i vekst enn hos utvoksne dyr. Man kan ta hensyn til dette enten ved å regne en høgere verdi for a i funksjonen $E_m = a V^{0,75}$ eller ved å regne med en lågere potens. Det siste er tilrådet hos svin (se s. 15).

At alderen har innvirkning på basal-stoffskiftet uavhengig av størrelsen går fram av eldre undersøkelser (Magnus Levy) med mennesker.

Tabell 13. Basal-stoffskiftet hos mennesker ved ulik alder
(50, s. 160).

	Alder	Vekt, kg	Lengde, cm	Relativt O ₂ -forbruk	
				pr. kg	pr. m ²
Gutt	15	43,7	152	110	110
Mann	24	43,2	148	100	100
Gammel mann	71	47,8	164	75	78

Stoffskiftet er altså mer intensivt i ung alder. Når man regner med vedlikeholdsbehovet (basal-stoffskifte + aktivitet), spiller det også en rolle at muskel-aktiviteten som regel avtar ved stigende alder.

Den før nevnte FAO-komit  (49, s. 23) regner hos menn at energibehovet ved 45 år er 6 % og ved 65 år 21 % lågere enn ved 25 år, mens energibehovet ved 16-19 år er 13 % høgere enn ved 25 år (49, s. 41).

Energiomsetningen i relasjon til alderen er diskutert av Kleiber (28, s. 217-230)

Fetningsgrad.

Hvorledes fetningsgraden påvirker energibehovet til vedlikehold er et omdiskutert spørsmål. Fettvev har vært regnet   være passivt, og det har vært fremholdt at ved samme vekt har fete individer et lågere vedlikeholdsbehov enn magre muskuløse individer (49, s. 20, 50, s. 157). Når dette spørsmål skal diskuteres, må det skilles mellom ernæringsmessig betinget fethet og endokrint betinget fethet. Ved den første er det hos mennesker samme basalstoffskifte i forhold til vekten som normalt (4, s. 100, 10, 1, s. 67).

Hos storfe er det påvist at når kroppsvekten øker under fetning, er stigningen i vedlikeholdsbehovet direkte proporsjonal med økningen i kroppsvekt, og også storen enn man skulle vente etter potensregelen. Pr. kg vektøkning ble det funnet én stigning på 21 kcal omsettelig energi eller 12 NK_F (51, 52). Beregnet etter $E_m = 108,8 V^{3/4}$ skulle én vektøkning fra 600 til 700 kg gi økning av energibehovet til vedlikehold på 1600 (14800-13200) kcal omsettelig energi, også 16 kcal pr. kg kroppsvekt. Etter dette skulle vedlikeholdsbehovet hos storfe være storen hos dyr som er fete enn hos dyr i middels hold ved samme vekt. Stoffskifteforsøk av K hn og Kellner (35, 13, s. 476) og Armsby (14, s. 292, 33, s. 182, 53) synes å bekrefte dette, slik som det går fram av tabell 14.

Tabell 14. Vedlikeholdsbehov hos storfe ved ulik fetningsgrad.

	<u>kcal omsettelig energi ved 500 kg</u>	
	<u>K�hn og Kellner</u>	<u>Armsby</u>
Tynne og i alm. hold	11280	10040
Fete	13980	12110
	+24 %	+21 %

Det høge vedlikeholdsbehov hos Fingerlings okser (se tabell 11, s. 24) kan bero på at de var fete. Da Fingerling brukte sine forsøksdyr gjennom flere år, kan imidlertid den i Nederland påviste periodevariasjon (se s. 28) også ha gjort seg gjeldende.

Hos andre husdyr enn storfe er virkningen av fetningsgrad lite undersøkt. Hos gjess og mus fant Benedict og Lee (54) at fetning øket vedlikeholdsbehovet mer enn det som tilsvarende potensregelen, altså en bekreftelse av resultatene hos storfe.

Ernæringsnivå.

Det er vist at lengere tids sult eller underernæring nedsetter energiomsetningen mer enn det som svarer til nedgangen i vekt (4, s. 84, 33, s. 183). Dette er uttrykk for at mennesker og dyr tilpasser seg en knapp ernæring ved å nedsette vedlikeholdsbehovet. Som et ledd i denne tilpasning avtar aktiviteten. Ved tilstrekkelig ernæring er aktiviteten større. Hos hester fant Fingerling (personlig opplysning) at de ved å øke aktiviteten kunne innstille seg i energilikevekt på 30 % større fôr enn det virkelig trengtes til vedlikehold.

Endokrin aktivitet.

Den indre sekresjon virker inn på energiomsetningen. Skjoldbruskkjertelen regnes å være særlig aktiv. Det er således fremholdt at ved låge temperaturer i omgivelsene stimuleres skjoldbruskkjertelen til større aktivitet, og energiomsetningen stiger (Brody, Kleiber, 28, s. 234).

Patologiske forstyrrelser i skjoldbruskkjertelen kan ha sterk innvirkning på energiomsetningen (50, s. 162). Ved nedsatt skjoldbruskkjertelfunksjon (myxødem, kretinisme) er grunnstoffskiftet meget lågt, mens det er meget høgt ved øket skjoldbruskkjertelfunksjon (Basedow). Dette forklarer at eldre mennesker med Basedow blir meget magre.

Ved tilskudd i fôret av jodkasein (med hormonet thyroxin) er det vist at grunnstoffskiftet stiger proporsjonalt med doseringen (se fig. 3). Dette vil medføre at mer av fôrets energi blir brukt til vedlikehold, og mindre blir derved disponibelt for produksjon.

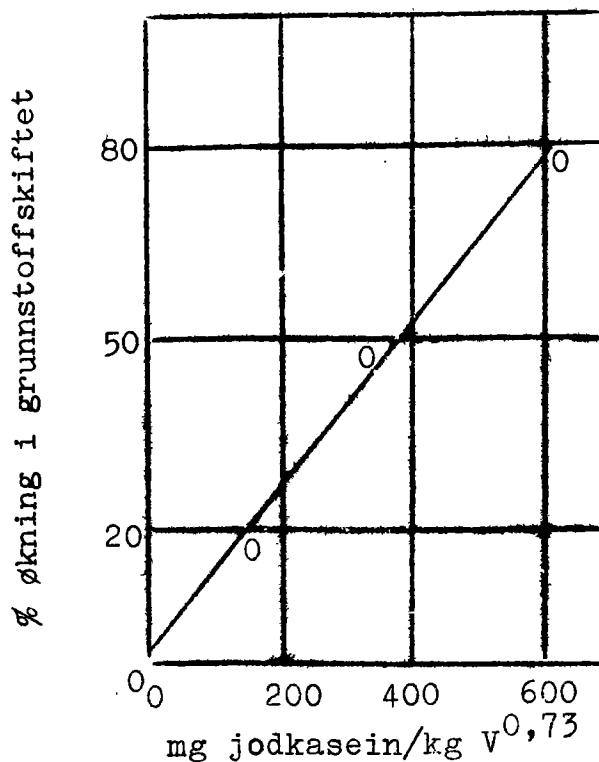


Fig. 3. Økning i grunnstoffskiftet ved tilskudd av jodkasein til sauer (Blaxter, 55).

Det kan her nevnes at Frens (39) har antydnet at kyr med høg melkeproduksjon har høg endokrin aktivitet, særlig i skjoldbruskkjertelen, og at de derfor trenger mer til vedlikehold enn ikke lakterende dyr.

Jespersen gjennomførte et forsøk med tilskudd av skjoldbruskkjertler i fôret til slaktegriser. Resultatene er vist i tabell 15.

Tabell 15. Forsøk med tilskudd av skjoldbruskkjertler til slaktesvin. Jespersen (56).

	Normal	+ 2 skjoldbruskkjertler/dag	
		Inntil 50 kg	Inntil slakting (90 kg)
f.e. pr. dag	2,12	2,04	2,00
g tilvekst pr. dag	655	436	303
f.e. pr. kg tilvekst	3,24	4,68	6,60
cm ryggspekk	3,9	3,0	2,5

Tilskuddet medførte langsom vekst, forøket fôrforbruk og en bemerkelsesverdig endring i typen.

Det ble av Møllgaard i sin tid antydnet at den store fettavleiring hos svin kan ha sammenheng med nedsatt skjoldbrusk-kjertelfunksjon. Svin synes imidlertid å ha samme basalstoffskifte som andre dyrearter (se tabell 3, s. 15).

Thiouracil nedsetter skjoldbruskkjertelens aktivitet og dermed også grunnstoffskiftet. Det har vært interesse for å fremme fetningen ved å bruke dette preparat, men det har ikke innfridd forventningene.

Også hypofysen og binyrebarken kan virke inn på energiomsetningen og dermed på energibehovet til vedlikehold. Det samme gjelder kjønnskjertlene. Ved kastrasjon er både hos handyr og hundyr funnet 10-20 % nedsettelse av grunnstoffskiftet (50, s. 164, 37, s. 147).

Den før nevnte FAO-komit  (49, s. 25) oppgir følgende energibehov hos menn og kvinner:

$$\begin{array}{ll} \text{Menn} & E = 152 V^{0,73} \\ \text{Kvinner} & E = 123,3 V^{0,73} \end{array}$$

Den viktigste årsak til denne forskjell er imidlertid at det er regnet med større aktivitet hos menn. Hvorvidt det er kjønnsforskjell i vedlikeholdsstoffskiftet angitt pr. kg stoffskiftevekt, er omdiskutert. En slik forskjell er blitt betegnet som urimelig hos mennesker (Crampton & Lloyd, 1, s. 120). Det foreligger imidlertid undersøkelser som viser at både hos mennesker og husdyr har hannen høgere vedlikeholdsstoffskifte pr. kg stoffskiftevekt enn hunnen (Ritzman & Benedict, 37, s. 147). Forskjellen er størst hos husdyr hvor hunnen har periodisk brunst. Selv om spørsmålet er lite undersøkt, må man hos våre husdyr regne med at ukastrede handyr har større vedlikeholdsbehov enn kastrater og hundyr.

C. Proteinbehovet til vedlikehold.

a. Den endogene nitrogenutskillelse i urinen.

Analogt med at man bestemmer varmeproduksjonen under sult for å få et uttrykk for den minste mengde energi som trengs til vedlikehold, kan man få et mål for den minste mengde protein som trengs til vedlikehold ved å bestemme den endogene nitrogenutskillelse, dvs. nitrogenutskillelsen i urinen når det blir føret med et nitrogenfritt fôr som skaffer nok energi. Hos fete dyr kan man ved total sult få verdier for urin-nitrogen som ligger i nærheten av den endogene nitrogenutskillelse. Som regel vil det imidlertid under total sult bli brutt ned noe protein for å skaffe energi, og nitrogenutskillelsen under total sult vil derfor ligge noe høyere enn det som svarer til det rent stofflige proteinbehov. For å sikre seg at energibehovet er dekket, gir man derfor et nitrogenfritt fôr. Da det er vanskelig å få dyr til å ta nitrogenfritt fôr gjennom lengere tid, blir det som en alternativ metode undertiden gjennomført forsøk med ulike mengder protein. Ved å bestemme regresjonen mellom opptatt protein og nitrogenutskillelsen i urinen, kan man ved å ekstrapolere til null protein finne den beregnede endogene nitrogenutskillelse.

Den endogene nitrogenutskillelse gir et mål for den nettomengde protein som trengs til vedlikehold. Proteinbehovet er av stofflig karakter. Det er betinget av behovet for protein til erstatningssyntese og til dannelselse av proteinholdige stoffskifteregulatorer. Som nevnt under det intermediære proteinstoffskifte (s. 97-98), har man en dynamisk likevekt for kroppsprotein. Det foregår en stadig nedbrytning som blir holdt i sjakk ved en oppbygning av samme omfang. Utvoksne, ikke drektige dyr er derfor i nitrogenlikevekt.

Når det i erstatningssyntesen blir bygget opp protein, vil den tilsvarende nedbrutte mengde protein dekke en del av energibehovet. Armsby (14, s. 185) sammenlignet dette på en treffende måte med reparasjonen av et trehus. Gammelt tremateriale, som blir erstattet med nytt, kan sammen med overflødige nye materialer brukes som brensel for å varme opp huset.

b. Sammenhengen mellom den basale energiomsetning og den endogene nitrogenutskillelse.

Det ble tidligere regnet med at proteinbehovet til vedlikehold sto i direkte forhold til vekten, og man regnet derfor gjerne proteinbehovet pr. 100 kg kroppsvekt.

I 1920-årene foreslo Møllgaard (2) å angi proteinbehovet til vedlikehold som en del av energibehovet. Han fremholdt at proteinbehovet er avhengig av organismens aktivitet, og at minimumsbehovet for protein følgelig "tilnærmevis er proportionalt med Minimumsenergiomsætningen til Vedlikeholdelse".

Møllgaards forslag var ikke eksperimentelt begrunnet og kan nærmest regnes som uttrykk for genial intuisjon. Det ble imidlertid snart vist at Møllgaards oppfatning var riktig, først av Terroine og Sorg Matter, Frankrike, senere av Brody og medarbeidere, USA, samt syd-afrikaneren Smuts i Mitchells laboratorium, Illinois USA (7, s. 357). Det ble dels sammenlignet utvoksne dyr av dyrearter av meget ulik størrelse og dels dyr under vekst. De ulike undersøkelser ga godt overensstemmende resultater. I tabell 16 er gjengitt resultater fra Smuts' undersøkelse.

Tabell 16. Den endogene nitrogenutskillelse i urinen hos dyr av ulik størrelse angitt i forhold til vekten og i forhold til energiomsetningen. Smuts (57).

Dyreart	Vekt, kg	<u>endogent urin-nitrogen</u>	
		mg N pr. kg kroppsvekt	mg N pr. kcal energiomsætning under sult
Mus	0,024	614	1,94
Rotter	0,170-0,318	213	1,99
Marsvin	0,414	178	1,91
Kaniner	0,2072	121	2,13
Svin	62,3-71,7	40,4	2,1

Den endogene nitrogenutskillelse angitt i forhold til energiomsetningen er altså tilnærmet konstant, omkring mg N pr. kcal. Setter man at basal-stoffskiftet hos ulike

dyrearter, i kcal, pr. dag er

$$70 v^{0,75} \text{ (se foran s. 21)}$$

skulle den endogene nitrogenutskillelse, N i mg/^{pr. dag} følgelig være

$$140 v^{0,75} \text{ (1, s. 432)}$$

c. Proteinbehovet til vedlikehold beregnet faktorielt.

Regner man at det endogene urin-nitrogen representerer nettobehovet for protein til vedlikehold, kan den mengde protein som skal tilføres i fôret, beregnes ved å addere til tapene under fordøyelsen og utnyttelsen. Dette gir et eksempel på en teoretisk utledning av næringsbehovet ved den s.k. faktorielle metode (se foran s. 5). Den vil her bli belyst ved et par eksempler.

Amerikansk metode.

Basert på materiale av Brody og andre har Crampton & Lloyd (1, s. 432-435) beskrevet en generell metode til utledning av proteinbehovet til vedlikehold:

1. $140 v^{0,75}$ (i mg) blir brukt som uttrykk for Nettobehovet
2. Det blir videre regnet med at stoffskifte-nitrogen i gjødselen (Metabolic Fecal/^{nitrogen} = MFN) utgjør en bestemt del av det endogene urin-nitrogen, nemlig
 - 40 % hos kjøttetere og altetere
 - 60 " " planteetere som ikke er drøvtyggere (hester)
 - 80 " " drøvtyggerenår det forutsettes 100 % som biologisk verdi for det fordøyelige protein.
3. Det regnes imidlertid med at den biologiske verdi av protein ikke kan settes høyere enn 50 % i praksis, dvs. at det må tilføres 2 ganger (100/50) den mengde nitrogen som svarer til det endogene urin-nitrogen og stoffskifte-nitrogen i gjødselen.
4. Nitrogen omregnes til protein ved multiplikasjon med 6,25, og mg omregnes til g ved divisjon med 1000. Vedlikeholdsbehovet i g virkelig fordøyelig protein pr. dag blir da:

$$\text{altetere (svin)} = \frac{1,4 \times 2 \times 140 v^{0,75} \times 6,25}{1000} = 2,45 v^{0,75}$$

Drøvtyggere: $\frac{1,8 \times 2 \times 140 \text{ v}^{0,75}}{1000} \times 6,25 = 3,15 \text{ v}^{0,75}$

I tabell 17 er beregnet behovet for virkelig fordøyelig protein etter den amerikanske metode ved å bygge på stoffskiftevektene (tabell 5).

Tabell 17. Behovet for virkelig fordøyelig protein pr. dag etter den amerikanske metode.

	Vekt, kg		g virkelig fordøyelig protein pr. dag
Svin	20	2,45 x 9,46 =	23
	50	2,45 x 18,8 =	46
	100	2,45 x 31,6 =	77
Sau	50	3,15 x 18,8 =	59
	500	3,15 x 105,7 =	330

ARC-metoden for drøvtyggere.

ARC (8, s. 153-192) har gjennomgått kritisk materiale som gjør det mulig å bedømme de ulike faktorer for netto-behov og tap av protein hos drøvtyggere.

I tabell 18 er angitt de faktorer som interesserer når det er tale om vedlikehold.

Tabell 18. Faktorer for faktoriell beregning av proteinbe-
hovet til vedlikehold hos drøvtyggere. ARC (8).

Endogent urin-nitrogen (EUN, 8, s. 156).

		<u>g pr. dag pr. kg^{0,73}</u>
Storfe	50 kg	0,2 (0,185)
	over 200 "	0,12 (0,108)
Sau	5 "	0,17 (0,165)
	30 "	0,09 (0,084)

Tap av nitrogen i hår og hudavfall hos storfe (8, s. 157).
0,02 g pr. dag pr. kg^{0,73}, 1,9 g ved 500 kg.

Avleiring av nitrogen i ull hos sauer (8, s. 157).
0,6-1,5 g pr. dag ved 1,8-4,8 kg uvasket ull pr år.

Stoffskifte-nitrogen i gjødsel (MFN, 8, s. 158).

5 g pr. kg tørrstoff både hos storfe og sauer
2,5 " " " " hos kalver i melkeperioden

Biologisk verdi (BV, 8, s. 171)

70 % hos storfe (80 hos kalver i melkeperioden)
65 " " sauer

Anm.:

1. Tallene i parentes for endogent urin-nitrogen er tilnærmende tall for $V^{0,75}$. Det kan merkes at faktorene 0,084-0,108 ligger lågere enn 0,14 g (140 mg) som svarer til 2 mg N pr. kcal (se foran s. 34-35).
2. Det har tidligere vært regnet med biologisk verdi 75 hos storfe og 60 hos sauer (se det intermediære protein stoffskifte, s. 132).

Eks. 1.

Storfe 500 kg. Vedlikeholdsfôr med 5 kg tørrstoff.

endogent urin-N $0,108 \times 105,7 = 11,4$ g pr. dag

N i hår og hudavfall $\underline{1,9}$ " " "

13,3 g pr. dag

$13,3 \text{ N} \times 6,25 = 83,1$ g protein

$83,1 \times 100/70 = \underline{119}$ " nyttbart (available) protein

For å finne den nødvendige mengde av virkelig fordøyelig protein, må man til mengden av nyttbart protein (available protein) addere utlegget av protein ved fordøyelsen (stoffskifte-nitrogen i gjødselen = MFN). Omvendt må man fra den virkelig fordøyelige mengde protein trekke fra proteinutlegget ved fordøyelsen for å finne mengden av nyttbart protein. Beregnet pr. kg tørrstoff er proteinutlegget ved fordøyelsen

$$5 \times 6,25 \times 100/70 = 44,6 \text{ g protein}$$

I fôrtabellene er imidlertid proteinverdien av fôrmidlene som regel ikke angitt som virkelig, men som apparent fordøyelig protein. Dette betyr at utlegget av MFN er trukket fra, men uten at det er tatt hensyn til den biologiske verdi, dvs. tap ved syntesen av det protein som tilsvarer stoffskifte-nitrogen (58, s. 229). Det må derfor innføres følgende korreksjon når man skal angi proteinbehovet i apparent fordøyelig protein:

$$\text{MFN} \times 6,25 \times \frac{100}{70} - \text{MFN} \times 6,25$$

Pr. kg tørrstoff vil dette bli

$$5 \times 6,25 \times 100/70 - 5 \times 6,25 = 44,6 - 31,2 = 13,4$$

Det kan videre merkes at proteinutlegget til fordøyelsen er bestemt av tørrstoffmengden, og ikke av proteinmengden i

fôret (5, s. 156).

Proteinbehovet til vedlikehold hos storfe ved 500 kg ved en fôrrasjon med 5 kg tørrstoff blir etter dette:

	<u>g pr. dag</u>	
	<u>Virkelig fordøyelig protein</u>	<u>Apparent fordøyelig protein</u>
Nyttbart protein	119	119
Proteinutlegg ved fordøyelsen	<u>223</u> (5x44,6)	<u>67</u> (5x13,4)
Behov pr. dag	<u>342</u>	<u>186</u>

Eks. 2.

Sau 50 kg. Vedlikeholdsfôr med 0,75 kg tørrstoff

Endogent urin-N $0,084 \times 18,8 = 1,6$ g pr. dag

N avleiret i ull

1,0 " " "
2,6 g N pr. dag

$2,6 \times 6,25 = 16,3$ g protein

$16,3 \times 100/65 = \underline{25}$ g nyttbart protein

Proteinutlegg ved fordøyelsen pr. kg tørrstoff =

$5 \times 6,25 \times 100/65 = 48,1$ g protein

MFN $\times 6,25 \times \frac{100}{65} - \text{MFN} \times 6,25 = 16,8$

Proteinbehovet til vedlikehold ved 50 kg med en fôrrasjon ved 0,75 kg tørrstoff blir da:

	<u>g pr. dag</u>	
	<u>Virkelig fordøyelig protein</u>	<u>Apparent fordøyelig protein</u>
Nyttbart protein	25	25
Proteinutlegg ved fordøyelsen	<u>36</u> (0,75x48,1)	<u>13</u> (0,75x16,8)
	<u>61</u>	<u>38</u>

I en nyere britisk lærebok (58, s. 227-229) er det gitt en god beskrivelse av den faktorielle metode for beregning av proteinbehovet til vedlikehold.

De faktorer for nitrogenrap som er nevnt ovenfor, blir også brukt når man skal beregne proteinbehovet i det samlede fôr ved produksjon (se senere).

d. Proteinbehovet til vedlikehold bestemt i nitrogenbalanseforsøk og fôringsforsøk.

I nitrogen-balanseforsøk kan man bestemme den minste mengde fordøyelig protein som holder utvoksne, ikke drektige dyr i nitrogenlikevekt (nitrogen-likevektens lågste grenseverdi ifølge Møllgaard). Den mengde fordøyelig protein som trengs for å holde et dyr i nitrogenlikevekt vil hos enkeltmagede dyr være avhengig av proteinkvaliteten (biologisk

verdi). Det må ved bedømmelse av resultatene fra nitrogen-balanseforsøk videre tas hensyn til proteinstatus, dvs. at dyrene har den mengde reserveprotein (depotprotein) som kreves for god sunnhetstilstand (7, s. 369-370, se også proteinbehovet, hovedavsnitt IV). Når det dreier seg om fôring gjennom lang tid, må det av hensyn til sunnhetstilstanden gis noe mer protein enn det som er nødvendig for å holde dyrene i nitrogen-likevekt i et kortvarig balanseforsøk (2, s. 368, 7, s. 370).

Ved sammenstilling av en rekke eldre nitrogen-balanseforsøk kom Armsby (14, s. 327) til at man hos storfe kunne regne med følgende proteinbehov til vedlikehold:

	<u>pr. 100 kg</u>	<u>ved 500 kg</u>
Apparent fordøyelig råprotein	60	300
" " renprotein	50	250

Hos andre dyrearter fant han tilnærmet samme behov angitt pr. 100 kg. Disse tall for behovet av apparent fordøyelig protein kan fremdeles regnes å være godt underbygget. De ligger noe over det faktorielt utledete proteinbehov til vedlikehold (se foran).

Møllgaard (2, s. 370, 3, s. 129) angir hos melkekyr 25-30 g fordøyelig renprotein pr. 100 kg som minimumsbehov, men han setter optimumsbehovet så høgt som 55 g fordøyelig renprotein pr. 100 kg.

Som før nevnt (s. 7) blir fôringsforsøk som regel utført med dyr i produksjon da forsøk med vedlikeholdsfôr blir regnet å ha liten interesse. Når man i forsøk med dyr i produksjon vil fordele proteinmengden på vedlikehold og produksjon, må man bygge på resultater fra stoffskifteforsøk. Praktiske fôringsforsøk kan derved også tjene som grunnlag for verifikasjon av normer som er utledet med støtte i stoffskifteforsøk. Det var ved å bygge på resultater fra langvarige praktiske fôringsforsøk med melkekyr at Møllgaard (2, s. 368) kom til at det av hensyn til sunnhetstilstanden må gis mer protein enn det trengs for å oppnå nitrogen-likevekt i kortvarige balanseforsøk.

e. Proteinbehovet angitt ved proteinkvotienten (Møllgaard)

Som nevnt (s. 34) foreslo Møllgaard tidlig å angi proteinbehovet som en del av energibehovet, nemlig som en kvo-

tient = $\frac{\text{kalorier i protein}}{\text{kalorier i alt}}$. Dette uttrykk er blitt kalt $k = \text{protein-kvotienten}$ (tidligere kalt produksjonskvotienten). Metoden er analog med angivelse av proteinbehovet som næringsstoff-forholdet (11, s. 161) som har vært brukt allerede i forrige århundre (13, s. 457).

Møllgaard (2, s. 370, 3, s. 130) foreslo å sette proteinkvotienten til 0,1 hos storfe når det ble regnet med renprotein og NK_F . Dette vil si at 10 % av behovet for nettoenergi til vedlikehold skulle skaffes i protein. Det samme ble noe senere foreslått også av Brody (59, s. 13). Det er også i overensstemmelse med et tysk forslag om å regne 100 g fordøyelig protein ($224 NK_F$) pr. stivelsesenheter ($2360 NK_F$) som uttrykk for proteinbehovet til vedlikehold hos alle dyrearter (11, s. 161).

Eks. 1. Storfe.

Regner man hos storfe ved 500 kg et energibehov på 6000 NK_F (blandet fôr) vil dette ved $k = 0,1$ svare til $\frac{6000 \times 0,1}{2,24} =$

268 g fordøyelig protein som man gjerne kan regne som råprotein. Det er god overensstemmelse med de verdier for proteinbehovet som Armsby kom til.

Regner man med energibehovet uttrykt i omsettelig energi, vil man komme til et proteinbehov av samme størrelsesorden. I et blandet fôr vil 6000 NK_F svare til ca. 11 000 kcal omsettelig energi (se foran)

$$\frac{11000 \times 0,1}{4,4} = 250 \text{ g fordøyelig råprotein}$$

eller

$$\frac{11000 \times 0,1}{3,43} = 321 \text{ g fordøyelig råprotein}$$

Anm.

4,4 = alminnelig godtatt faktor for omsettelig energi pr. g ford. protein

3,43 = bestemt i Rostock for storfe

Eks. 2. Svin.

Ved analyse av et stort antall forsøk, bl.a. av Terroine, med svin i vektintervallet 8 til 230 kg, kom Lund (60) til at endogent urin-nitrogen kunne angis ved en lineær ligning $y = 101 + 3,1 x$ hvor $y =$ centigram endogent urin-N og $x =$ vekten i kg. Lund beregnet proteinbehovet til vedlikehold ved å regne med 2 ganger den endogene nitrogenutskillelse. Vedlikeholdsbehovet uttrykt i g fordøyelig protein og de tilsvarende verdier av proteinkvotienten = k ifølge Lund er gjengitt i tabell 19.

Tabell 19. Behovet for protein til vedlikehold hos svin ifølge Lund (60).

Vekt, kg	g endogent urin-N	g fordøyelig protein til vedlikehold e. Lund 1)	k	
			oms. energi 2)	NK _F
20	1,63	20(19)	0,084(0,093)	0,077
60	2,87	36(33)	0,081(0,091)	0,075
100	4,10	52(46)	0,089(0,098)	0,080

- 1) Tallene i parentes er fremkommet ved å regne med biologisk verdi = 70 og 2 g stoffskifte-N i gjødsel pr. kg tørrstoff i gjødsel (61, s. 8)
- 2) Det er regnet både med 4,4 og 4,88 (bestemt i Rostock hos svin) kcal omsettelig energi pr. g fordøyelig protein. Tallene i parentes er funnet ved faktoren 4,88. For å finne k er det regnet med energibehovet til vedlikehold ifølge de før nevnte funksjoner (tabell 10, s. 22).

Konklusjon: Behovet for protein til vedlikehold kan angis generelt hos alle dvrearter ved proteinkvotienten (k) = 0,08-0,1. Det vil si at 8-10 % av den energi som trengs til vedlikehold skal tilføres i protein. Proteinkvotienten er utvilsomt den enkleste metode for å angi proteinbehovet til vedlikehold, og metoden gir verdier for proteinbehovet som må ansees godt underbygget bedømt etter andre metoder.

Protein-kvotienten tilsvarer at man i praksis angir proteinbehovet i g fordøyelig protein pr. fôrenhet. De angitte verdier for proteinkvotienten svarer til 60-75 g fordøyelig g pr. fôrenhet når det regnes med 1650 NK_F pr. fôrenhet.

Eks.:

$$\frac{1650 \times 0,08}{2,24} = 59$$

$$\frac{1650 \times 0,1}{2,24} = 74$$

Proteinbehovet til vedlikehold ved fôring i praksis vil ellers bli diskutert nærmere i den spesielle praktiske fôringslære. Bortsett fra fôring av melkekyr er det i den praktiske fôringslære for øvrig mest alminnelig å angi proteinbehovet samlet for vedlikehold og produksjon. Ved fôring av enkeltmagede dyr er det viktig, foruten mengden av total protein eller fordøyelig protein, å ta hensyn også til proteinkvaliteten. Dette kan best skje ved å regne med de begrensende aminosyrer i ulike aktuelle fôrrasjoner (se det intermediære proteinstoffskifte og den spesielle praktiske fôringslære for svin).

D. Behovet for vitaminer og mineralstoffer til vedlikehold.

Dyrene har behov for vitaminer også ved rent vedlikehold. Behovet for vitaminer blir imidlertid i alminnelighet angitt for vedlikehold og produksjon sammen (se vitaminer, hovedavsnitt IV og den praktiske fôringslære), og det har derfor ikke noen hensikt å diskutere vitaminbehovet særskilt for vedlikehold. Det samme gjelder med hensyn til behovet for mikromineralstoffer.

Når det gjelder makro-mineralstoffer, har det hos melkekyr vært vanlig å angi behovet for kalsium og fosfor særskilt for vedlikehold og produksjon (se den praktiske fôringslære). Ved bruk av den faktorielle metode for angivelse av behovet for mineralstoffer blir det som en egen faktor, tilsvarende nettobehovet til vedlikehold, regnet med de endogene uunngåelige tap fra kroppen (10, s. 235-270). Med støtte i det tilgjengelige materiale, har ARC (8, 41) utledet verdier for disse tap. De er sammenstilt i tabell 20.

Tabell 20. Verdier for det endogene tap (urin + gjødsel) av mineralstoffer. ARC (8, 41).

	Storfe	Sauer	Svin
Ca	16 mg/kg lev.v.	40 mg/kg lev.v.	2,3 g/100 kg lev.v.
P 50 kg lev.v.	0,6 g/dag	43,5 "	2,0 "
200 " "	3,4 "		
500 " "	14,0 "		
Mg	3 mg/kg lev.v.	2,3 "	0,4 mg/kg lev.v.
K	4,5-8 g/100 kg lev.v.		
Na	1,7 "		1,14 " "
Cl	2,6 "		

Det kan merkes at det er en karakteristisk ulikhet mellom organiske stoffer og mineralstoffer i stoffskiftet. De organiske stoffer blir nedbrutt når de fyller sin oppgave som energikilde i stoffskiftet og kan derfor utnyttes bare en gang. Mineralstoffene kan derimot utnyttes om igjen så lenge de ikke blir utskilt fra organismen. Det er derfor logisk ved vedlikehold å beregne behovet på grunnlag av den utskillelse som er uunngåelig.

3. Fetning og næringsbehovet til fetning.

A. Fetning og dens betydning.

Fetning som produksjon er karakterisert ved fettavleiring i kroppens fettvev. I hovedavsnitt III, den intermediære stoff- og energiomsetning (I, S. og E.), er behandlet en del forhold som er av interesse når det gjelder fettavleiringen. Det er nevnt at det avleires fett når det opptas et overskudd av næring utover det som trengs til å dekke energibehovet til vedlikehold (I. S. og E. s. 53). Fettet i kroppen deles i en konstant del og en variabel del. Den siste del er avhengig av ernæringen og fins i kroppens fettdepoter (I. S. og E. s. 69). Det er fettavleiringen i disse som er den egentlige fetning. Dyr i vanlig hold kan ha 20-25 % fett i skrotten (empty weight uten innhold i fordøyelseskanalen), mens fete dyr kommer opp i 30-40 % (I. S. og E, s. 70). Selv hos helt unge dyr avleires det mye fett, 30-50 % av kaloriene, stigende til 80-85 % i den senere del av vekstperioden (I. S. og E. s. 70-71, se også senere).

Fetningen spiller således en vesentlig rolle i kjøttproduksjonen, selv om utviklingen har gått i retning av slakting i ung alder for å begrense fettavleiringen og allikevel oppnå mørt kjøtt. Vanlig slaktealder ved spesialproduksjon av kjøtt er:

Mellomkalv	4-5 mnd.
Slakteokser	1-2 år
Lam	6-8 mnd.
Griser	5-6 "
Kyllinger	8-10 uker

Selv om moderne kjøttproduksjon er karakterisert ved at det ønskes mye kjøtt og lite fett, må det tas hensyn til at fetningen foruten å være en viktig komponent i selve kjøttproduksjonen, som nevnt ovenfor, også har betydning for kjøttets kvalitet. Dette gjelder særlig hos storfe. Ved intramuskulær fettavleiring får man s.k. "marmorering" (marbling), og kjøttet blir da mer mørt og velsmakende. Armsby (14, s. 357-389) antar at økningen i kjøttets innhold av ekstraktstoffer i form av oppløselig protein under fetningen også spiller en rolle for smakeligheten. For å møte markedets krav til kvalitet, må ungokser ofte ha en fetningsperiode før slakting, hvis det er brukt begrenset fôring under

oppårettet, f.eks. mye beite. Under fetningsperioden teller da kvalitetsbedringen like mye eller mer enn tilveksten (14, s. 358).

Ved de krav om slakt av moderat fetningsgrad som er vanlig nå, spiller fetning av utvoksne dyr ikke lenger noen rolle. Det kan imidlertid merkes at fett-depotene spiller en vesentlig rolle som energireserve hos utvoksne lakterende dyr. At fett-depotene har som oppgave å tjene som reservenæring er nevnt før (I. S. og E. 53, s. 72). Når dyr i høg melkeproduksjon ikke er istand til å oppta nok energi, mobiliseres det energi fra fettdepotene. Det ser endog ut til at energi fra fettdepotene kan bli foretrukket for direkte tilført energi. Fettdepotene blir gjenoppbygget foran ny laktasjon. Spørsmålet vil bli behandlet nærmere under laktasjonen, og det vil bli nevnt eksempler på at det er betydelige mengder fett som kan mobiliseres og gjenoppbygges hos høgtmelkende kyr. Lakterende dyr av andre dyrearter forholder seg imidlertid på samme måte som storfe. Hundyrenes kjønnsbundne store fettdepoter (I. S. og E. s. 70) synes å ha en viss sammenheng med de krav som fostrene og laktasjonen stiller. Ved underfôring av melkekyr med henblikk på å fremkalle reduksjon av fettdepotene før slakting, fant Homb og medarbeidere (62) at de ulike fettdepoter ble angrepet i følgende rekkefølge:

1. Nyre- og innvollsfett
2. Intramuskulært fett
3. Subkutant fett

Spørsmålet om hvor^{ledes} det intermuskulære fettvev kommer inn i bildet kunne ikke avgjøres i disse forsøk. Andre forskere har antydnet en noe annen rekkefølge (62, s. 25).

B. Tilvekstens sammensetning og energiinnhold under fetning.

Tilvekstens sammensetning.

Tilvekst defineres som vektøkning i en periode, og blir målt i kg eller g. Som regel blir tilveksten angitt pr. dag.

Regnes tilveksten som produktet under fetningen, må man foruten tilvekstens størrelse, også kjenne dens sammensetning hvis man vil bruke tilveksten som grunnlag for å fastsette produksjonsfôret ved fetning. Ifølge nettoenergi prinsippet

og prinsippene for den faktorielle metode, er nettobehøvet ved fetning bestemt av avleiringen av stoffer og energi.

Tilvekstens sammensetning kan undersøkes ved sammenlignende slakteforsøk eller ved balanseforsøk (N- og C-balansen).

I sammenlignende slakteforsøk slakter man en gruppe kontrolldyr ved periodens begynnelse og en gruppe forsøksdyr ved periodens slutt. Ved å analysere deler av slaktene eller hele slaktene kan man på grunnlag av differensene i kjemisk innhold mellom forsøksdyr og kontrolldyr, samt forsøksdyrenes tilvekst, beregne tilvekstens sammensetning.

At man i nitrogen- og karbonbalanseforsøk kan bestemme avleiringen av protein og fett, er behandlet under ernæringsbalansen i hovedavsnitt IV.

Det er ikke her mulig å gå i detaljer når det gjelder resultater fra det store materiale av undersøkelser over tilvekstens sammensetning under fetning. Eldre undersøkelser er sammenstilt av Armsby (14, s. 351) og Armsby & Moulton (33, s. 165). Når det gjelder drøvtyggere, har ARC (8, s. 224) foretatt en revurdering av så vel eldre som nyere materiale.

Tilvekstens sammensetning blir i slakteforsøk gjerne angitt for empty weight, altså uten innholdet i fordøyelseskanalen. Avhengig av fôring og alder kan innholdet i fordøyelseskanalen beløpe seg til 10-20 % av levende vekten hos drøvtyggere (8, s. 223). Det må tas hensyn til dette når man er interessert i sammensetningen av tilveksten i levende vekt som det blir regnet med i praksis.

Tilvekstens sammensetning kan variere sterkt med alder og ernæringsnivå (se tab. 22). Hvis man regner med fetning fra en alder av $1\frac{1}{2}$ år hos storfe og fra $1\frac{1}{2}$ - $3\frac{1}{4}$ år hos sauer og svin, kan følgende avrundete tall gi inntrykk av tilvekstens sammensetning (empty weight basis):

Vann	20-40 %
Fett	40-70 "
Protein	5-20 "
Aske	2-3 "

Selv om fett dominerer, avleires det således også protein under fetning. Dette går også fram av balanseforøkene.

En sammenstilling som Armsby har foretatt av Kellners

forsøk med utvoksne okser er gjengitt i tabell 21.

Tabell 21. Sammensetningen av organisk stoff i tilveksten i Kellners forsøk med utvoksne okser. Armsby (14, s. 353).

	% av organisk stoff avleiret	% av kalorier
Protein	26,2- 8,1	18- 5
Fett	73,8-91,9	82-95

Disse verdier er i god overensstemmelse med ARC (8, s. 227) som angir, at hos storfe og sauer fra 1½ års alderen blir 85-95 % av kaloriene avleiret i fett. Svin kan allerede fra 5-6 mnd. alderen være oppe i en avleiring på 85 % fett-kalorier.

Hvorledes ernæringsnivået påvirker tilvekstens sammensetning er vist i tabell 22 som imidlertid gjelder hele vekstperioden, regnet fra fødselen.

Tabell 22. Tilvekstens sammensetning regnet fra fødsel til 4 år hos storfe (kastrater) ved ulikt ernæringsnivå. Empty weight basis. Missouri (33, s. 171).

	Vann %	Fett %	Protein %	Aske %	Rest %	kcal pr. kg tilvekst
Full fôring	38,0	45,8	11,9	3,2	1,1	5020
Middels fôring	49,9	26,7	17,7	5,0	0,7	3530
Knapp fôring	56,2	18,6	19,6	5,0	0,6	2880

Regnet fra 1½ år til 4 år, under den egentlige fetning, var tilveksten vesentlig fattigere på vann og rikere på fett, men fremdeles med stor ulikhet mellom ernæringsnivå (33, s. 172, 4, s. 169).

Tilvekstens energiinnhold.

Etter sammenstillinger foretatt av Armsby har det vært vanlig å regne med 7000 kcal pr. kg tilvekst ved fetning, med variasjon 5500-9000 (14, s. 362, 2, s. 381). Disse verdier er for høge som uttrykk for kaloriinnholdet i tilvekst i levende vekt, medregnet innholdet i fordøyelseskanalen. De eldre verdier gjelder videre utvoksne dyr, mens det nå er mer aktuelt med fetning i de senere deler av vekstperioden (se foran).

I tabell 23 er etter ARC gjengitt en del verdier for tilvekstens energiinnhold hos drøvtyggere, bestemt i forsøk.

Tabell 23. Tilvekstens energiinnhold hos drøvtyggere.
ARC (8, s. 227).

	kcal/kg tilvekst i levende vekt
Utvoksne sauer	431)
" "	5120
Ungfe 18 mnd.	3960
" " "	3500
Storfe over 2 år	4390
Kellners utvoksne okser, ulik fôring	4550-6160

I California ble det ved slakteforsøk funnet 4990 kcal pr. kg vekttap hos kyr i første laktasjonsperiode (63). Homb og medarbeidere (62) fant ved slakteforsøk et beregnet energiinnhold på 4950 kcal pr. kg vekttap hos fete melkekyr ved sammenligning av en normalfôret og en underfôret gruppe.

I tabell 24 er antydnet sannsynlige verdier for energiinnholdet pr. kg tilvekst under fetning.

Tabell 24. Sannsynlige verdier for energiinnholdet pr. kg tilvekst under fetning.

	kcal pr. kg tilvekst i levende vekt	
	<u>middel</u>	
Storfe (> 1½ år), sauer (> 3/4 år)	4000-6000	5000
Svin (> ½ år)	5000-7000	6000

Det må tas hensyn til at variasjonen i tilvekstens energiinnhold kan være meget stor, og det kan derfor være betenkelig å gjøre bruk av slike gjennomsnittsverdier som er angitt i tabell 24. Hvorledes energiinnholdet i tilveksten (empty weight) påvirkes av energimengden i fôret er vist i tabell 22 (siste rubrikk).

Tilvekstens proteininnhold.

ARC (8, s. 160-162) angir på basis av slakteforsøk et nitrogeninnhold i tilveksten under vekst på

2,4 %	hos storfe	opptil 600 kg,	siden fall
2,5 %	" sauer	"	40 "
2,4 %	" "	over	40 "

2,4 % nitrogen svarer til 15 % protein.

Ved 15 % protein i tilveksten og 5000 kcal pr. kg tilvekst, vil 17 % av energien være bundet til protein og 83 % til fett. Dette er i god overensstemmelse med de tidligere angitte verdier. Hos utvoksne dyr f.eks. melkekyr, vil proteininnholdet ligge noe lågere. Bare 5-10 % av kaloriene vil da være bundet til protein.

C. Energibehovet ved fetning.

NK_F og NEF som målenhet for energibehovet ved fetning.

Hos storfe (og sauer) gir avleiringen av kalorier under fetning et direkte mål for det antall NK_F eller NEF_r som skal tilføres som produksjonsfôr i tillegg til vedlikeholdsbehovet når dette er angitt i samme enheter.

Når det gjelder svin vil avleirede kalorier under fetning svare til NEF_s. Hvis man som uttrykk for fôrets energi-verdi vil bruke NK_F, beregnet etter fordøyeligheten hos svin, må man regne energiavleiringen om til den ekvivalente mengde NK_F. Det blir regnet med 770 NK_F pr. 1000 avleirede kalorier under fetning hos svin (31). Energiavleiringen må altså multipliseres med $\frac{770}{1000}$.

Utnyttelsen av den omsettelige energi ved fetning.

Hos drøvtyggere har man siden Kellners tid regnet med at utnyttelsen av den omsettelige energi er lågere for grovfôr enn for kraftfôr. Dette er vist i tabell 25 på basis av tallverdier fra tabell 2 i tilføyelse til energibehovet 1967.

Tabell 25. Utnyttelseskoeffisienten = k_f i høy og byggrøpp ved fetning av storfe.

	<u>kcal omsettelig energi pr. kg tørrstoff</u>	<u>NK_F pr. kg tørrstoff</u>	<u>k_f</u>
Høy	2198	925	42,1
Byggrøpp	3072	1893(1732)	61,6(56,4)

Utnyttelseskoeffisienten ved fetning = $k_f = \frac{\text{nettoenergi}}{\text{omsettelig energi}} \times 100$. NK_F er i tabell 25 brukt som uttrykk for nettoenergien ved fetning. Tallene i parentes gjelder NEF_r.

Som allerede nevnt, har utviklingen innen fôrmedelvurderingen gått i retning av å legge større vekt på fôrrasjoner

enn på de enkelte fôrmidler. Basert på 145 stoffskifteforsøk, publisert inntil 1940, kom Breirem og medarbeidere til følgende rettlinjede regresjonsligning for utnyttelsen av den omsettelige energi ved fetning av storfe:

$$k_f = 65,9 - 0,70 x \quad (1)$$

hvor x = % råtrevler i tørrstoff (% CF).

Med støtte i et stort antall forsøk med storfe og sauer ved Hannah institutt har Blaxter (8, s. 202, 64) angitt to rettlinjede regresjonsligninger:

$$k_f = Q_m 0,81 + 3 \quad (2)$$

$$k_f = Q_m 0,85 \quad (3)$$

Q_m = % ME = omsettelig energi i % av bruttoenergi.

I tabell 26 er etter den før nevnte EAAP-komite (39), angitt k_f beregnet etter disse ligninger for de fire før nevnte "type-fôrresjoner" (rev. tabell 8, s. 19, se også tabell 3.. Tilføyelse til energibehovet, rev. 1970). Etter disse verdier for k_f og innholdet av omsettelig energi (ME) pr. kg tørrstoff i disse fôrresjoner er beregnet nettoenergien pr. kg tørrstoff. Til sammenligning er angitt Kellner-NK_F, samt NEF_r korrigert for % DE.

Tabell 26. Beregnet nettoenergi til fetning av storfe for fôrresjoner med varierende forhold mellom høy og kraftfôr.

Rasjon		1	2	3	4
Tørrstoff-basis	Høy %	100	75	50	30
	Kraftfôr %	0	25	50	70
Karakteristikker	% CF	34,8	27,4	20,1	14,2
	% ME	52	57	62	66
	% DE	61	67	72	77
1) $k_f = 65,9 - 0,70$ % CF		41,5	46,7	51,8	56,0
2) $k_f =$ % ME 0,81+3		45,1	49,2	53,2	56,5
3) $k_f =$ % ME 0,85		44,2	48,5	52,7	56,1
kcal nettoenergi pr. kg tørrstoff	beregnet 1)	940	1170	1430	1650
	etter 2)	1020	1230	1470	1670
	ligningen 3)	1000	1220	1450	1650
	Kellner-NK _F	920	1170	1420	1620
	NEF _r korr.	1160	1340	1510	1610

De tre ligninger (1)-(3) gir tilnærmet samme resultater. Nettoenergien beregnet etter disse ligninger stemmer videre godt med NK_F beregnet etter Kellner. Ved fetning av storfe synes Kellners system for beregning av nettoenergien (NK_F) av enkelte fôrmidler således å ha gyldighet ved additiv beregning av nettoenergien av fôrrasjoner med varierende forhold mellom grovfôr og kraftfôr. NEF_r synes derimot selv ved bruk av korreksjonen for % DE, å overvurdere nettoenergien til fetning av fôrrasjoner med mye grovfôr. Det er imidlertid mulig at dette kan rettes på ved justering av korreksjonsfaktorene for % DE (se tilføyelse til energibehovet 1967). For konsentrerte fôrrasjoner med mye kraftfôr er det god overensstemmelse mellom NEF_r og de andre metoder.

Tabell 26 viser en sterk stigning i utnyttelsen for rasjoner med stigende energikonsentrasjon som følge av stigende mengder kraftfôr. Dette blir gjerne forklart ved at forholdet propionsyre:eddiksyre øker i vommen ved en slik endring i fôringen (se I. S & E, s. 64-65). Det er ellers grunn til å merke seg at k_f =utnyttelsen av den omsettelige energi til fetning, er vesentlig lågere enn k_m , altså utnyttelsen til vedlikehold (se s. 11 og tabell 8, s. 19).

Ved fetning av store svin 1 1/4 - 1 1/2 år gamle, fôret med vanlige kraftfôrrasjoner, ble det i Møllgaards laboratorium (31) funnet en utnyttelse av den omsettelige energi $k_f = 71,5$ (tabell 35).

Etter de fordøyelige næringsstoffer bestemt for tilleggsfôrrasjonene i disse forsøk og Rostockligningene for beregning av omsettelig energi og nettoenergi ved fetning av svin (se tilføyelse til energibehovet 1967) er beregnet en utnyttelse = $k_f = 70$ (69,7), altså praktisk talt det samme (se tabell 36).

Utnyttelsen av den omsettelige energi til fetning ved simultan fetning og laktasjon.

Man har regnet at de låge verdier for utnyttelsen av den omsettelige energi ved fetning av drøvtyggere skulle ha gyldighet også hos melkekyr. Den låge energiutnyttelse har således vært brukt som et argument for s.k. normalfôring. Denne tar sikte på å holde melkekyr i tilnærmet energilikevekt gjennom hele laktasjonsperioden. Dette har nemlig vært antatt å gi høgere utnyttelse av energien enn store vekslinger i fettdepotene.

Denne oppfatning er nå vist ikke å være riktig. I 1964

kurne Armstrong og Blaxter (65) vise at ved infusjon (inn-drypping) av en blanding av flyktige fettsyrer i vommen hos geiter var utnyttelsen av den omsettelige energi 50 % ved ren fetning og 69 % ved laktasjon. Ved samtidig (simultan) fetning og laktasjon ble det funnet omtrent samme utnyttelse (96 %) til fettavleiring og melkedannelse. Dette ble forklart ved at en stor del av eddiksyren ble brukt ved laktasjonen, slik at det ble mer propionsyre og smørsyre til disposisjon for fetningen.

At man kan regne med høg utnyttelse av den omsettelige energi ved fetning av melkekyr, når fetningen foregår simultant med laktasjonen, er blitt bekreftet av Flatt og medarbeidere (23), van Es (24) og av Ekern og Vik-Mo ved regresjonsberegninger over Møllgaards og Kellners forsøk med melkekyr (39). Flatt og medarbeidere er ved regresjonsberegninger som foreløpig resultat kommet til en verdi for k_f på 71 når k_l (utnyttelseskoeffisienten ved laktasjon) var 67.

Disse bemerkelsesverdige resultater har stor betydning når det gjelder ernæringen av høgtmelkende kyr (se senere). Resultatene er i tråd med oppfatningen om at fettdepotene er av stor betydning som energireserve hos hundyr.

Energiavleiringen under fetning.

Det er enklest å angi energibehovet til fetning med utgangspunkt i den daglige energiavleiring. Hvor høgt man skal sette denne, vil avhenge av den fetningsgrad man ønsker, men de tall som er angitt i tabell 27 kan tjene som en rettesnor.

Tabell 27. Energiavleiring pr. dag under fetning.

	Alder	Vekt, kg	kg tilvekst pr. dag	Avleiring kcal pr. dag
Slakteokser	1-2 år	300-500	0,8-1,2 kg	4000-6000
Lam	5-10 mnd.	30-50	120-180 g	600-1000
Svin	5-8 "	90-150	600-800 "	4000

Det har vært antydnet (4, s. 79) at det under fetning er sjelden at det avleires mer energi enn det som svarer til sultomsetningen. I Kellners forsøk med okser (kastreerte) på 600-800 kg finner man eksempler på energiavleiring på opptil 8000-9700 kcal pr. dag (19). Det ligger nær den beregnede sultomsetning (8500-10500 kcal pr. dag). Den beregnede sult-

omsetning hos dyr på 300-500 kg er 5000-7500 kcal pr. dag. Den energiavleiring som er angitt hos svin i tabell 27 er større enn det som tilsvarer sultomsetningen (2200-3000 kcal pr. dag). Det er hos svin regnet med de funksjoner for energiavleiringen som vil bli omtalt senere under vekst.

Eksempler på beregning av det samlede energibehov ved fetning av drøvtyggere.

Det regnes med en okse (♂ ikke kastrert) på 400 kg. Energiavleiringen (produksjonen) settes til 5000 kcal pr. dag. Videre regnes det med nr. 2, 3 og 4 av de før nevnte typefórrasjoner (se tabell 8 og 26).

Tabell 28. Karakteristikk av fórrasjoner.

Rasjon nr.	Tørrstoffbasis		Pr. kg tørrstoff			k_m	k_f
	Høy	Kraftfór	NK_F	NEF_r	kcal ME	tabell 8	tabell 26
2	75	25	1170	1340	2510	71,5	48,5
3	50	50	1420	1510	2760	73,2	52,7
4	30	70	1620	1610	2950	74,4	56,1

Tabell 29. Beregnet energibehov etter ulike systemer for fórmiddelvurdering ved ulike fórrasjoner (se tabell 28)

1. NK_F

Rasjon nr.	2	3	4
Vedlikehold ($E_m = 55,5V^{3/4}$) kcal	4960	4960	4960
10 % tillegg for ♂ (s.32) "	500	500	500
Produksjon, kcal	<u>5000</u>	<u>5000</u>	<u>5000</u>
Sum NK_F	10460	10460	10460
kg tørrstoff	$\frac{10460}{1170} = 8,9$	$\frac{10460}{1420} = 7,4$	$\frac{10460}{1620} = 6,5$
2. NEF_r			
Vedlikehold ($E_m = 59,2V^{3/4}$) kcal	5290	5290	5290
10 % tillegg for ♂ "	530	530	530
Produksjon, kcal	<u>5000</u>	<u>5000</u>	<u>5000</u>
Sum NEF_r	10820	10820	10820
kg tørrstoff	$\frac{10820}{1340} = 8,1$	$\frac{10820}{1510} = 7,2$	$\frac{10820}{1610} = 6,7$

Forts.

Rasjon nr.	2	3	4
<u>3. Blaxters system</u>			
Vedlikehold ($E_m = 77V^{3/4}$) kcal	6880	6880	6880
10 % tillegg for ♂ "	<u>690</u>	<u>690</u>	<u>690</u>
Sum nettobehov kcal	7570	7570	7570
k_m	71,5	73,2	74,4
ME, kcal	$(\frac{7570 \times 100}{71,5}) = 10590$	10340	10170
Produksjon, kcal	5000	5000	5000
k_f	48,5	52,7	56,1
ME, kcal	$(\frac{5000 \times 100}{48,5}) = 10310$	9490	8910
Sum ME, kcal	20900	19830	19080
kg tørrstoff	$\frac{20900}{2510} = 8,3$	$\frac{19830}{2760} = 7,2$	$\frac{19080}{2950} = 6,5$

I tabell 30 er gitt et sammendrag av resultatene i tabell 29 uttrykt i kg tørrstoff i alt og kg tørrstoff i høy og kraftfôr.

Tabell 30. Førmengder beregnet etter ulike systemer for førmiddelvurdering (se tabell 29).

	NK_F	NEF_r	Blaxters system
<u>Rasjon 2</u>			
Tørrstoff ialt, kg	8,9	8,1	8,3
" i høy, "	6,7	6,1	6,2
" i kraftfôr, kg	2,2	2,0	2,1
<u>Rasjon 3</u>			
Tørrstoff ialt, kg	7,4	7,2	7,2
" i høy, "	3,7	3,6	3,6
" i kraftfôr, kg	3,7	3,6	3,6
<u>Rasjon 4</u>			
Tørrstoff ialt, kg	6,5	6,7	6,5
" i høy, "	1,9	2,0	1,9
" i kraftfôr, kg	4,6	4,7	4,6

Merk at vedlikeholdsfôret utgjør ca. $\frac{1}{2}$ av hele førrasjonen (se tabell 29).

Kommentarer til beregningene.

De tre ulike systemer for førmiddelvurdering har gitt

tilnærmet samme fôrmengder selv om området av fôrrasjoner er så vidt som fra 25 til 70 % kraftfôr på tørrstoffbasis. Det er nevnt før at NK_F undervurderer grovfôr (og overvurderer kraftfôr) til vedlikehold (tabell 9, s. 20) og at NEF_F overvurderer grovfôr ved fetning (tab. 26). Disse potensielle feilkilder gjør seg imidlertid lite gjeldende innenfor det område av fôrrasjoner som det er aktuelt å bruke i praksis. Området vil i realiteten bli mindre enn vist i tabell 29 og 30, da fôrrasjon nr. 2 neppe kan opptas i så store mengder at den kan gi en avleiring på 5000 kcal. Det ville ha vært mer realistisk å sette energiavleiringen til

4000 kcal for fôrrasjon nr. 2
5000 " " " " 3
6000 " " " " 4

Som nevnt tidligere (s. 21) kan det ved et vidt område av fôrrasjoner komme på tale å angi vedlikeholdsbehovet i den mengde NK_F som er ekvivalent med behovet for omsettelig energi til vedlikehold (tabell 31).

Tabell 31. Vedlikeholdsbehovet uttrykt i NK_F ekvivalent med behovet for omsettelig energi til vedlikehold (se tab. 29).

Fôrrasjon nr.	kcal ME (se tab. 29)	k_f	ekvivalent mengde NK_F 1)	konstant mengde NK_F
2	10660	47,1	5020	5460
3	10460	51,4	5380	5460
4	10270	54,9	5640	5460

1) Eks. $10660 \times \frac{47,1}{100} = 5020$

I tabell 32 er angitt de fôrmengder man kommer til ved å regne med en energiavleiring pr. dag på 4000, 5000 og 6000 kcal henholdsvis for fôrrasjonene nr. 2, nr. 3 og nr. 4. Vedlikeholdsbehovet uttrykt i NK_F er regnet både konstant og ekvivalent med behovet for omsettelig energi (tabell 31). Beregningene er ellers utført som vist i tabell 29.

Tabell 32. Fôrmengder beregnet etter ulike systemer ved
ulik energiavleiring på de ulike fôrrasjoner
(se tekst).

	NK _F	NK _F mod. (se tekst)	NEF _r	Blaxters system
<u>Rasjon 2</u> (4000 kcal energiavleiring) kg tørrstoff i alt	8,1	7,7	7,3	7,9
<u>Rasjon 3</u> (5000 kcal energiavleiring) kg tørrstoff i alt	7,4	7,3	7,2	7,6
<u>Rasjon 4</u> (6000 kcal energiavleiring) kg tørrstoff i alt	7,1	7,2	7,4	7,5

At man innenfor et begrenset område av fôrrasjoner vil komme til tilnærmet samme resultater ved ulike systemer for fôrmiddelvurdering, er fremholdt av Wöhlbier (66), van Es (67) og Breirem (68).

Produksjonsfôr pr. kg tilvekst.

I den praktiske fôringslære har det undertiden interesse å kjenne forbruket av produksjonsfôr pr. kg tilvekst. Dette er beregnet i tabell 33 etter innholdet av kalorier pr. kg tilvekst (tabell 24) og de tidligere oppgitte verdier for energibehov og energiutnyttelse.

Tabell 33. Behovet for produksjonsfôr pr. kg tilvekst.

Behov pr. kg tilvekst						
	kcal pr. kg tilv. (tab.24)	NK _F eller NEF _r	FE (å 1650 NK _F)	kcal ME		
				k _f 48,5	k _f 52,7	k _f 56,1
1. Drøvtyggere	4000	4000	2,4	8200	7600	7100
	5000	5000	3,0	10300	9500	8900
	6000	6000	3,6	12400	11400	10700
		NEF _s	NK _F ekv. (x ^F 0,77) (se s.48)	FE (å 1650 NK _F)		kcal ME k _f = 70 (se s.50)
2. <u>Svin</u>	5000	5000	3850	2,3		7100
	6000	6000	4620	2,8		8600
	7000	7000	5390	3,3		10000

Ved sumultan fetning og laktasjon hos melkekyr har man som før nevnt høg energiutnyttelse ved fetning. Blir det regnet med 5000 kcal pr. kg tilvekst og en utnyttelse på 70, vil det trenge 7100 kcal ME pr. kg tilvekst. Ved en k_f -verdi på 51,4 (blandet fôrrasjon med 50 % høytørrestoff, se foran) svarer dette til 3650 NK_F eller 2,2 FE pr. tilvekst.

Etter amerikanske undersøkelser (7, s. 361) er det et høgere energiekvivalent pr. kg vektøkning enn pr. kg vekttap hos melkekyr slik som følgende tall viser:

pr. kg vektøkning 3,53 kg TDN (4,1 FE)
" " vekttap 2,73 " " (3,2 ")

Ved omregningen til FE er det regnet med en blandet fôrrasjon med 50 % høytørrestoff.

D. Proteinbehovet ved fetning.

Eldre undersøkelser over behovet for protein ved fetning av utvoksne dyr.

Kellner (13, s. 457) og Armsby (14, s. 363) har på en fortjenestefull måte diskutert proteinbehovet ved fetning av utvoksne dyr. I kortvarige balanseforsøk kan det avleires fett selv om det blir gitt et fôr som er fritt for protein (tabell 34).

Tabell 34. Fettavleiring på et proteinfritt fôr. Hunder (Voit, 13, s. 136).

	Avleiret protein g	Avleiret protein g
Sult	-10,1	-60,5
200 g fett (spekk)	- 10,1	+128,2

Kellner regner med at det ved fetning av utvoksne dyr kan oppnås fettavleiring når proteinbehovet til vedlikehold er dekket. Av hensyn til fordøyelsen av fôret bør fôret imidlertid inneholde et minimum av protein (13, s. 457). Dette angir Kellner ved næringsstoffforholdet 1:9, dvs. 1 del fordøyelig protein pr. 9 deler fordøyelige N-frie stoffer (medregnet fett x 2,2). Som en øverste grense for proteinmengden anga han næringsstoff-forholdet 1:4 (13, s. 458). Ved større proteinmengde vil stoffskiftet stimuleres (mer

termisk energi), og fettavleiringen vil falle. Det har også betydning at energitapet i urinen øker ved større proteinmengder. - Næringsstoffforholdet 1:9 og 1:4 vil angitt som k (proteinkvotienten (s. 40) tilnærmet svare til 0,09, henholdsvis 0,19.

En sammensstilling av Kellners forsøk (19) viser tilnærmet samme utnyttelse av den omsettelige energi innenfor et vidt område for proteinmengden i fôrrasjoner, og at store proteinmengder setter ned utnyttelsen (tabell 33), altså i overensstemmelse med Kellners oppfatning.

Tabell 35. k_f = utnyttelsen av den omsettelige energi ved ulike proteinmengder ved fetning av storfe.
Kellners forsøk (19).

% ford. råprotein i ford. org. stoff	k (tilnærmet)	Antall forsøk	k_f
under 9	under 0,09	5	50,4
9-12		15	48,3
12-15		35	52,0
15-18		11	52,1
18-21		3	50,6
over 21	over 0,2	2	36,4

I undersøkelser i Møllgaards laboratorium over fetning av svin i alderen 1 1/4 - 1 1/2 år ble også vist en tendens til fall i energiutnyttelsen ved store proteinmengder (tabell 36).

Tabell 36. k_f = utnyttelsen av den omsettelige energi ved ulike proteinmengder ved fetning av svin
(Breirem, 30).

Proteinmengde	k	k_f bestemt	Beregnet etter Rostock-ligningene for svin 1)
Liten	0,11	73,6	72,2
Stor	0,25	69,3	67,2
Middel		71,5	69,7

1) Se tilføyelse til energibehovet 1967

Armsby (14, s. 365) peker på at man i forrige århundre overdrev betydningen av protein ved fetning. Wolff regnet således med følgende proteinbehov ved fetning:

	<u>g fordøyelig protein</u> <u>pr. 100 kg lev.v.</u>
Storfe og sauer	250-350
Svin	270-500

Ved gjennomgåelse av det foreliggende materiale, kom Armsby (14, s. 369) til at 75-150 g fordøyelig protein pr. 100 kg er tilstrekkelig, dvs. 50 + 100 % mer enn nødvendig til vedlikehold. I likhet med Kellner fremholder Armsby at selv om man kan få fetning når proteinbehovet til vedlikehold er dekket, bør man ta hensyn til betydningen av protein for fordøyelsen av fôret.

Eksempel på faktoriell beregning av proteinbehovet ved fetning etter ARC-metoden.

I avsnittet om tilvekstens sammensetning er nevnt at det under fetning blir avleiret protein selv hos utvoksne dyr. Det er pekt på at dette kan ha sammenheng med dannelsen av fettceller (I. S. og E., s. 71). Ved fetning av dyr i den senere del av veksttiden vil proteinavleiringen være større, slik som det går fram av de tidligere angitte oppgaver ifølge ARC hvor det regnes med 2,4-2,5 % nitrogen i tilveksten (s. 47).

Ved å bygge på nitrogenavleiringen under veksten og de i tabell 18 angitte faktorer for proteintap, er det mulig å beregne proteinbehovet faktorielt slik som vist i eksemplet nedenfor (Sammenlign eksempel s. 37-38).

Okse 400 kg ($89,4 \text{ kg } V^{3/4}$, tabell 5).

1 kg tilvekst pr. dag

Fôrrasjon med 7,4 kg tørrstoff (tabell 30).

Biologisk verdi 70 (tabell 18).

EUN (Endogent urin-N, tabell 18)	$0,185 \times 89,4$	16,5 g N
Hår og hudavfall (8, s. 157)		1,6 " "
Tilvekst, 1000 g med 2,4 % N (s. 47)		<u>24,0 " "</u>
	Sum	42,1 g N

$$42,1 \times 6,25 = 263 \text{ g protein}$$

$$263,1 \text{ g} \times \frac{100}{70} = 376 \text{ " nyttbart protein}$$

	<u>Behov for</u>	
	<u>virkelig fordøyelig protein</u>	<u>apparent fordøyelig protein</u>
Nyttbart protein, g	376	376
For stoffskifte-nitrogen i gjødsla (MFN) (se eksempel s. 37)	<u>330(44,6x7,4)</u>	<u>99(13,4x7,4)</u>
	<u>706 g</u>	<u>475 g</u>

Anm.: Det er i dette eksempel ikke tatt hensyn til at handyr (ikke kasterte) muligens har noe større proteinavleiring enn kastrater og hundyr (se senere).

Protein-kvotienten (k_f) ved fetning.

Det er nevnt ovenfor (s. 57) at man ved fetning av utvoksne dyr oppnår en gunstig utnyttelse av energien ved $k = 0,09$. Proteinbehovet ved fetning av utvoksne dyr angitt ved proteinkvotienten k , er altså tilnærmet likt med proteinbehovet til vedlikehold, nemlig $k = 0,08-0,1$.

Ved fetning av dyr i de senere deler av vekstperioden, må proteinkvotienten være noe større.

Hvis man ifølge ARC regner 150 g protein pr. kg tilvekst og en biologisk verdi på 70 samt korrigerer apparent fordøyelig protein med 13,4 g pr. kg tørrstoff (s. 37), kan man beregne følgende tilnærmede verdier for k i produksjonsfôret til fetning:

1 kg tilvekst med 6000 kcal = 6000 NK_F	$k = 0,10$
" " " " 5000 " = 5000 "	" = 0,12
" " " " 4000 " = 4000 "	" = 0,14

Eks.: Okse 400 kg

Vedlikehold	5460 NK_F	(tab. 29) $k = 0,1$	546 protein NK_F
Produksjon	<u>5000 "</u>	" = 0,12	<u>600 " "</u>
Sum	10460 NK_F		1146 protein NK_F

$$k \text{ i samlet fôr} = \frac{1146}{10460} = 0,11$$

1146 protein-NK = $\frac{1146}{2,24} = 512$ g apparent fordøyelig protein, altså et behov av samme størrelsesorden som funnet ved den faktorielle metode.

Konklusjon: Proteinbehovet i produksjonsfôret ved fetning kan settes til $k = 0,10-0,14$, i det samlede fôr til $k = 0,10-0,12$

Dette svarer til 75-90 g fordøyelig protein pr. f.e. sam-

let fôr. Dette synes å være i god overensstemmelse med praktiske normer. Det henvises ellers til den praktiske fôringslære når det gjelder normene.

4. Vekst og næringsbehovet til vekst.

A. Vekstens fysiologi.

"Evnen til å vokse er det mest bemerkelsesverdige naturfenomen"
Rubner (7, s. 374).

"Livets struktursyntese er det mest usandsynlige mirakel på denne jordklode" Møllgaard (69, s. 30).

Definisjoner av vekst.

De to uttalelser ovenfor viser at fysiologer har vært opptatt av livsytringen vekst. På grunn av at veksten er komplisert, er det imidlertid ikke lett å definere vekst på en tilfredsstillende måte.

Isaachsen (70, s. 1) fremholdt at "Vekst er en prosess, hvorunder dyret blir større, tilsist voksent. Dyret forandrer under hele veksten form og proporsjoner, det utvikler seg. Utvikling er . . . knyttet til vekst".

Armsby (14, s. 371) og Møllgaard (2, s. 382) angir at "veksten i korthet kan karakteriseres som en økning i organismens strukturelementer, frembragt ved celledeling, og resulterende i en økning i størrelse og vekt".

En av de mest dekkende definisjoner av vekst er gitt av Mitchell (10, 1, s. 343):

"Vekst hos dyr er et resultat av de koordinerte biologiske og kjemiske prosesser som innledes ved befruktningen av egget og som avsluttes ved oppnåelsen av den størrelse bygning og fysiologiske kapasitet som er karakteristisk for arten og for individets arvelige bakgrunn."

Veksten begynner med befruktningen av egget. Dette veier bare 0,004 mg. Et utvokset storfe på 400 kg vil altså være 100 000 000 000 ganger større (70, s. 1). Et annet imponerende eksempel på vekst er at det av innholdet i et hønseegg i løpet av 21 dager kan utvikle seg en levedyktig kylling (29, s. 484-488).

Når man taler om vekst i sin alminnelighet, blir det regnet at den omfatter både utvikling og egentlig vekst (10, s. 321, 29, s. 486, 70, s. 1, 71, s. 662). Utvikling betegner differensieringen i ulike vev eller celler med ulike funksjoner (hjerneceller, muskelceller, leverceller m.m.).

Den egentlige vekst betegner dannelsen av nye celler av samme slag. Den egentlige vekst skjer ved:

1. Celledeling. Økningen i celledetallet er kalt hyperplasi.
2. Økningen av cellenes størrelse. Dette er betegnet som hypertrofi.

Ifølge Mitchell (10, 1, s. 321), vil veksten foregå hovedsakelig ved celledeling før fødselen (den prenatal periode) og ved økning av cellenes størrelse etter fødselen. Som en støtte for denne oppfatning, nevner han en undersøkelse av McMeekan som viser at det i muskler/^{hos svin}ikke var noen sikker økning i antallet fibre pr. muskelbunt i en periode på 24 uker fra fødselen, mens fibrenes diameter og tverrsnitt var øket med 8, henholdsvis 70 ganger.

Også Wöhlbier (71, s. 663) fremhever at det finner sted en økning av cellenes størrelse under veksten.

Det blir skilt mellom tre typer av celler (7, s. 375):

1. Permanente celler, slik som i nervene, hvor delingen er sluttet tidlig i den prenatal periode, og hvor antallet siden er konstant.
2. Stabile celler i muskler, hjerte og nyrer. Antallet av disse er konstant etter avsluttet vekstperiode.
3. Labile celler i/^{lever,}hud og slimhinner. Disse fortsetter å dele seg gjennom hele livet, men delingen er etter avsluttet vekst begrenset til erstatning av utslitte celler.

Alle disse tre typer av celler kan øke i størrelse under veksten (hypertrofi). Man har også eksempler på hypertrofi av celler etter avsluttet vekst, f.eks. muskelfibre ved trening og nyreceller ved øket arbeide for nyrene (proteinrikt fôr). Som eksempler på at celledeling kan foregå også etter avsluttet vekst, kan nevnes heling av sår og sammenvekking av beinbrudd.

Dannelsen og veksten av celler, nye strukturelementer, og utviklingen av strukturelle vev, ben, muskler og organer, kan sies å være det karakteristiske for veksten. Ut fra dette synspunkt er protein, mineralstoffer og vann de viktigste stoffer i cellene når det er tale om vekst. Armsby (14, s. 375) regnet derfor vekst som ekvivalent med avleiring av protein og mineralstoffer. Også Møllgaard (2, s. 386) og Maynard & Loosli (7, s. 375) fremholder at det er avleiringen av protein, mineralstoffer og vann som karakteriserer den egentlige vekst. I praksis foregår det imidlertid også en

vesentlig fettavleiring under veksten. En del av fettavleiringen, den s.k. konstante del (I. S. og E. s. 69, se også fetning, dette hovedavsnitt, s. 43), også kalt cellefett eller organfett (71, s. 681) er nødvendig for normal vekst. Vekst omfatter altså både proteinavleiring og fettavleiring. Som fetning er tidligere regnet avleiring av fett i fettdepotene ved rikelig ernæring (s. 43). Det er også revnt at i de senere deler av vekstperioden dominerer fettavleiringen energetisk (s. 46). Når det er tale om kjøttproduksjon med voksende dyr, kan det av denne grunn forsvares å tale om en vekstperiode og en fetningsperiode, en terminologi som i sin tid ble brukt av Isaachsen. Man kan imidlertid ikke trekke noe klart skille mellom vekst og fetning (72, s. 396).

Indre faktorer.

Det har vært fremholdt at veksten er avhengig av indre og ytre faktorer (70, s. 2). De ytre faktorer, ernæringen og ulike faktorer i omgivelsene, avgjør om dyrene kan oppnå den størrelse som er bestemt av de indre faktorer. Næringsbehovet til vekst vil bli behandlet i et senere avsnitt (D).

De indre faktorer er de primære, altså de som avgjør rammen for veksten. Hovedfaktoren er de arvelige anlegg hos vedkommende dyreart og individ, slik som det går fram av Mitchells definisjon av vekst. Som nevnt tidligere (I. S. og E. s. 99) er det DNA (desoksy-ribosenukleinsyre) som er bærer av arveanleggene. DNA og RNA (ribosenukleinsyre) er av avgjørende betydning for proteinsyntesen (I. S. og E. s. 100) som kjemisk sett karakteriserer veksten (se ovenfor). For å unngå gjentakelser, henvises det for øvrig til undervisningen i biokjemi og genetikk.

Gjennom den biokjemiske genetikk er det gitt forklaring på viktige sider av veksten, både når det gjelder utvikling og egentlig vekst. Det forhold at veksten til å begynne med er rask for senere å avta (se senere), er blitt regnet som en av vekstens gåter. At veksten etterhvert avtar, kan imidlertid sies å være en følge av massevirkningsloven som er en almengyldig lov, endog i økonomien hvor ~~men~~ ^{Brody,} taler om loven om det avtagende utbytte (29, s. 564). Når det gjelder en kjemisk prosess, er reaksjonshastigheten stor til å begynne med, for senere å avta og bli null når den kjemiske likevekttilstand er oppnådd. Denne kan således til en viss grad sammen-

lignes med den utvoksne tilstand etter en vekstperiode. Den avtagende veksthastighet i de senere deler av vekstperioden kan etter dette regnes å være et resultat av begrensende faktorer (se senere).

Hormonal regulering av veksten.

Blant de indre faktorer som virker på veksten er den indre sekresjon viktig. Basert på en inngående diskusjon fremholder riktignok Mitchell (10, 1, s. 331) at det ikke er noen enkelt stoffskifteprosess som er helt avhengig av et hormon, selv om hormoner generelt er kjent for å stimulere eller hindre omsetninger. Man vet imidlertid at forstyrrelser i den indre sekresjon kan føre til alvorlige vekstforstyrrelser (7, s. 380).

Veksthormonet (somatotropin) fra hypofyse-forlappen er således en viktig faktor for normal vekst. Ved overfunksjon kan det oppstå kjempevekst (akromegali, gigantisme) p.g.a. overdreven utvikling av skjelettet. Da andre organer ikke utvikles tilsvarende, vil slike individer bli svake, og hos mennesker er levetiden kort. Ved underfunksjon av hypofyseforlappen er veksten nedsatt, og det utvikler seg små og infantile individer. Det regnes med at veksthormonet fremmer proteinsyntesen (10, 1, s. 333).

Thyroxin fra skjoldbruskkjertelen (Thyroidea) er kjent for å stimulere stoffskiftet som nevnt under vedlikehold (s. 30). Ved underfunksjon av skjoldbruskkjertelen nedsettes veksten, men ikke jevnt for alle deler av kroppen, og videre kan den mentale utvikling hemmes. Blant mennesker kan man få vanskapede dverger (kretinisme) som man før hadde eksempler på i en del fjellområder i Europa hvor det er jodmangel, og hvor det tidligere ikke ble sørget for tilførsel av jod. Det er fremstilt syntetisk thyroxin og thyroxinholdig protein (thyroprotein, jodkasein), samt preparater (thiouracil) som nedsetter skjoldbruskkjertelens aktivitet (s.k. thyreostatisk virkning). Forsøk på å bruke disse to grupper av preparater til å stimulere vekst, henholdsvis fetning, har ikke innfridd forventningene (sammenlign s. 30-32).

Binyrebark-hormoner har også innvirkning på veksten. Det kjennes en rekke av disse hormoner, hvorav noen har sti-

mulerende og andre hemmende virkning på veksten. Normal vekst er avhengig av et balansert samspill mellom disse to grupper (10, 1, s. 335).

Kjønns hormonene har i første rekke betydning for utviklingen av de sekundære kjønns karakterer. Det angis reipt generelt at de hanlige kjønns hormoner, androgener, fremmer veksten, også proteinavleiringen, mens de hunlige kjønns hormoner, østrogener, hemmer veksten (10, 1, s. 336). Til dette kan merkes at det i omfattende forsøk er vist at syntetisk fremstilte østrogener stimulerer veksten og proteinavleiringen. Syntetiske østrogener, oftest dietylstilbestrol, har fått stor betydning i kjøttproduksjonen med sauer og storfe i USA, men er ikke tillatt brukt i Europa.

Det er pekt på at det er betenkelig å skille mellom de enkelte hormoner når det gjelder virkning på veksten. Normal vekst er nemlig resultat av et samspill mellom de ulike hormoner (10, 1, s. 337). I denne forbindelse kan nevnes hypofyseforlappens virkning på andre kjertler med indre sekresjon.

Endringer i bygning under veksten.

Hammond regner økningen i størrelse som vekst og endringen i bygning som utvikling (73, s. 431). Isaachsen har gitt uttrykk for samme oppfatning. ⁽⁷⁰⁾ Pålsson (73) har gitt en fullstendig oversikt over de forhold som virker inn på bygningen.

I figur 4 er vist utviklingen i kroppsmål og vekt under veksten hos storfe ifølge norske undersøkelser (70). Ved fødselen har kalven allerede oppnådd ca. 60 % av høgden i utvoksen alder, mot ca. 40 % av brystomfang, lengde og brystdybde, ca. 30 % av kryssbredden og bare 7 % av vekten. Kalvene blir altså født langbente og høge. Under veksten er det dybde- og breddemål, samt vekten som øker mest. Hos andre husdyrarter finner man stort sett samme utvikling (73). Barn blir derimot født kortbente, med stort hode, og de har under veksten en stor økning i benlengden (73, s. 43).

Bygningen kan ha relasjon til ernæringen. Dette kan

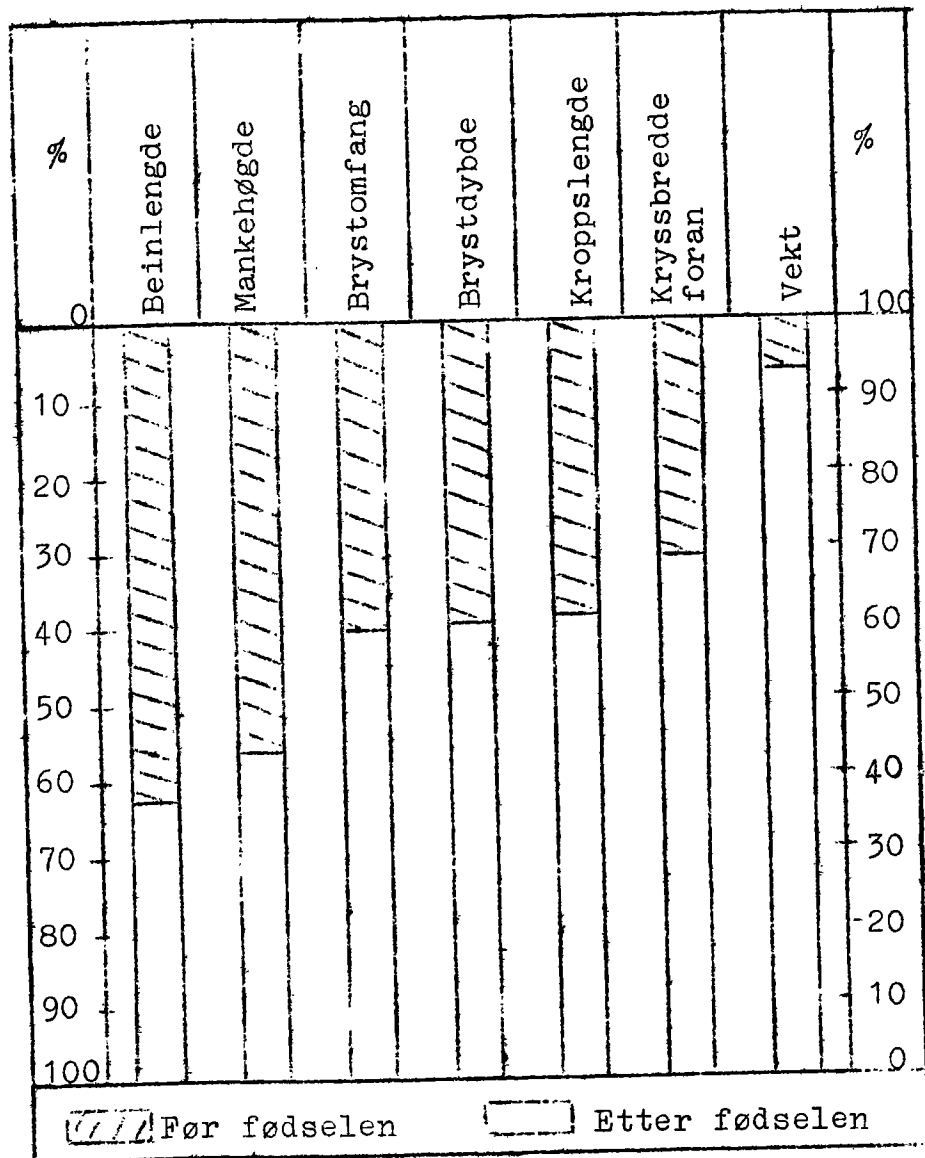


Fig. 4. Utviklingen av kroppsmål og vekt hos storfe (Isaachsen, 70, s. 13).

forklares ved Hammonds teori om differensiell eller heterogen vekst (73, 46). Det er forskjell mellom ulike organer og vev når det gjelder veksthastighet. Rekkefølgen i utviklingen er etter Hammond:

1. Hjernen og centralnervesystemet
2. Bein
3. Muskler
4. Fett

Fordelingen av de tilførte næringsstoffer er avhengig av denne rekkefølgen, og ved underernæring kan dette påvirke bygningen (se fig. 5).

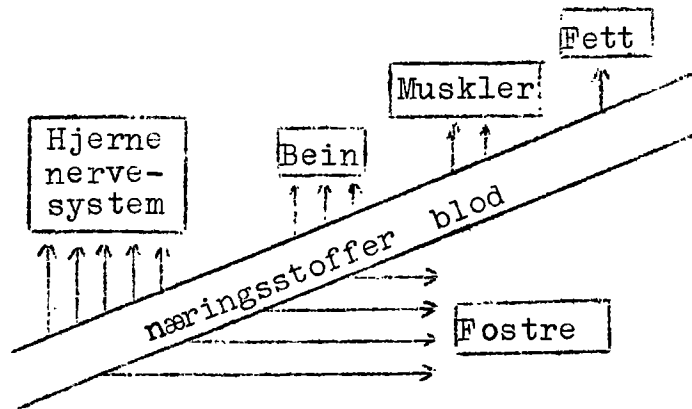


Fig. 5. Prioriteten ved fordelingen av næringsstoffene
(Hammond, e. Pålsson, 73, s. 476).

Forklaring.

Prioriteter er vist ved piler. Hvis næringstilførselen reduseres (1 pil blir tatt bort) stopper fettavleiringen, mens hjerne, bein og muskler fortsetter å vokse i redusert utstrekning. Bli næringsstilførselen redusert ytterligere (2 piler blir tatt bort), stopper veksten av musklene. Ved mobilisering av fett (pil i omvendt retning) kan hjerne og bein fremdeles vokse noe. Dette kan ventes å gi høgbenete dyr med dårlig dybde- og breddeutvikling.

Vekst ved varierende ernæringsnivå.

Det var tidligere en vanlig oppfatning at jevn ernæring under veksten er absolutt nødvendig, og at vekslinger i ernæringsnivået kan gi varige uheldige virkninger. Kellner (13, s. 503) fremholdt således at "dyr hvis utvikling i ung alder er blitt hemmet på en eller annen måte, vil senere selv ved den mest omsorgsfulle pleie og beste ernæring som regel ikke oppnå deres fullstendige kroppsutvikling".

I 1907 ble det ved Missouri, etter initiativ av Waters, innledet undersøkelser over veksten hos storfe ved varierende ernæringsnivå. Senere er dette spørsmål undersøkt ved en rekke forskningsinstitutter både med storfe og andre dyrearter. Det er ikke her mulig å gå i detaljer, og det må derfor henvises til litteraturen, bl.a. oversikter med referenser (7, s. 381-382, s. 385-386, 46, 72, s. 401-411, 73, s. 475-511). Nedenfor er det gitt en kort oversikt over spørsmålet.

Generelt om underernæring. Det blir regnet at hvirveldyrene (vertebrata) er de mest resistente mot underernæring. Det

er imidlertid vekslinger med dyreart, individ, alder og kjønn. Fettdepotene er viktige. Ved underernæring blir de angrepet først, mens nervesystem og skjelett er mest resistente (se fig. 5).

Ifølge Jackson (46) vil cellene ved sult eller underernæring gjennomgå to stadier. Det første er karakterisert ved atrofi som leder til en mer embryonal tilstand. Før eller senere vil det annet stadium utvikle seg. Det er karakterisert ved degenerasjon, og en del celler vil da oppløses og forsvinne. I atrofi-stadiet er fullstendig regenerasjon mulig, i det degenerative stadium derimot bare en partiell regenerasjon. I dette stadium vil altså sult eller underernæring medføre varige uheldige virkninger.

Når det er tale om underernæring, må det skilles mellom essensielle næringsstoffer og energi. Hvis minimumsbehovet for de essensielle næringsstoffer ikke er dekket, vil det oppstå mangelforstyrrelser foruten at veksten blir nedsatt (se s. 3). Det er derfor lite aktuelt under vekst å gi så små mengder essensielle næringsstoffer at minimumsbehovet ikke blir dekket. Når det er tale om vekslinger i ernæringsnivået, er det derfor i hovedsaken energi som interesserer, altså den kvantitativt viktigste faktor i ernæringen.

Hvorvidt underernæring, med essensielle næringsstoffer eller energi vil føre til varige uheldige følger, avhenger særlig av tre forhold:

1. Dyrets alder. Jo yngre dyret, er jo mer utsatt er det for varige uheldige virkninger.
2. Graden av underernæring. Det er innlysende at det er større fare for varig uheldig virkning ved sterk reduksjon av ernæringsnivået.
3. Varigheten av underernæringen. Jo lengere perioden for underernæring er, jo større er faren for varig uheldig virkning.

Resultater fra forsøk med kjøtt dyr. Forsøkene i Missouri over ulike energimengder i fôret under oppdrettet, regnet fra 2-7 måneders alderen, viste stor forskjell i tilvekst og tilvekstens fettinnhold (46, 33, se også tab. 22 s. 46). Skjelettveksten målt ved mankehøgden, ble derimot ikke påvirket. Ved svak fôring ble vekstperioden vesentlig forlenget, men flere dyr oppnådde til slutt normale vekt selv ved knapp ernæring i flere år.

Ved Beltsville ble det utført forsøk med eneggede tvillinger (46, 74, 75). Et dyr i hvert par ble underfôret, mens det andre ble brukt til kontroll. En del dyr fikk vedlikeholdsfôr i 6 måneder, regnet fra 6 mnd. alderen, mens andre fikk vedlikeholdsfôr eller 3/4 vedlikeholdsfôr i 3 eller 4 mnd. regnet fra 3, henholdsvis 4 mnd. alder. Behovet for essensielle næringsstoffer ble dekket, og underernæringen gjaldt således energi. Etter perioden på underernæring ble det gitt rikelig ernæring (2 ganger vedlikeholdsbehov). - Den radikale begrensning av energimengden i en periode på 3-6 mnd. i det første leveår hadde ikke annen virkning enn å forlenge vekstperioden med 2-3 mnd. Etter den forlengede vekstperiode hadde forsøksdyrene tilnærmet samme vekter, bygning og kjøttkvalitet som kontrolldyrene. Tiltross for at forlengelsen av oppfôringstiden øket det beregnede vedlikeholdsbehov var forbruket av samlet fôr pr. kg tilvekst bare 2-3 % større hos forsøksdyrene enn hos kontrolldyrene. Når forsøksdyrene etter perioden på underernæring fikk rikelig ernæring, hadde de raskere vekst enn kontrolldyrene. Dette blir betegnet som kompensasjonsvekst og er vanlig etter perioder med nedsatt vekst. Det kan forklares ved hypertrofi av allerede dannede celler når tilgangen på næring blir bedre.

Resultater fra forsøk med oppdrett av melkekyr. Det foreligger en rekke omfattende forsøk over ulikt ernæringsnivå ved oppdrett av melkekyr bl.a. i Danmark (Steensberg, Eskedal m.fl.), Sverige (Hansson og medarbeidere), New Zealand, USA (Eckles, Missouri, Reid, Loosli m.fl., Cornell, Swanson, Tennessee) og Storbritannia (Chrichton m.fl.). Etter oppdrett på ulikt ernæringsnivå, fikk dyrene etter første kalving lik fôring, og de ble fulgt i flere laktasjonsperioder, ofte helt til utrangering. Det er ikke mulig her å gi enkeltheter, men basert på en oversikt (46), er det i tabell 37 gitt en skjematisk fremstilling av resultatene.

Tabell 37. Skjematisk oversikt over resultater fra undersøkelser over ulikt ernæringsnivå (energi) ved oppdrett av melkekyr (46).

	Ernæring		
	Knapp - 20-30 %	Optimal	Rikelig (e. appetitt) + 20-30 %
1. Vekst	Nedsatt	Normal	Rask
2. Kjønnsmodning	Sen	Normal	Tidlig
3. Melkeytelse	Normal	Normal	Normal-nedsatt
4. Fruktbarhet	Normal	Normal	Nedsatt
5. Levetid	Normal-lang	Normal	Nedsatt

Bortsett fra forlengelse av veksttiden, sen kjønnsmodning, høyere alder ved første kalving og tendens til nedsatt ytelse i første laktasjonsperiode, hadde det svake oppdrett ingen uheldig virkning. Det sterke oppdrett ga tidlig kjønnsmodne dyr, men uheldig virkning ellers. I forsøk hvor det ble brukt likt beite, hadde de dyr som fikk knapp ernæring om vinteren størst tilvekst på beite (kompensasjons-

vekst). En interessant iakttagelse i flere forsøk var at dyr av rasen Jersey klarte seg meget godt på knapp ernæring under oppdrettet, mens dyr av den tidlig modne rase Korthorn ble satt varig tilbake (se også s. 25). En god ernæring de siste uker før kalving syntes å være gunstig hos dyr som har fått knapp ernæring under oppdrettet.

Andre dyrearter. Sauer har svært ofte tvillingfødsler. Dette stiller store krav til ernæringen av søyene i den senere del av drektighetstiden. Et lågt ernæringsnivå for søyene i denne tid nedsetter den prenatole vekst hos lammene, og de er da ikke istand til å ta dette igjen etter fødselen m.h.t. levedyktighet, tilvekst og bygning (46, s. 281, 72, s. 407, 73, s. 481).

Hos svin har velkjente forsøk ved Cambridge (McMeekan) vist at ekstrem underfôring av smågriser gir nedsatt tilvekst og negativ virkning på slaktekvalitet. Moderat ernæring synes å stille seg best, da rask vekst før avvenning har gitt tilbakeslag i oppfôringstiden til slaktning og påvirket slaktekvaliteten negativt. Et høgt ernæringsnivå for ungpurker har satt ned kullstørrelsen (46, s. 281).

Undersøkelser med laboratoriedyr peker også i retning av at en moderat ernæring er å foretrekke sammenlignet med utpreget lågt eller utpreget høgt ernæringsnivå. Meget knapp ernæring i ung alder kan sette størrelsen varig tilbake, selv om det blir gjennomført rikelig ernæring senere. Da tilførsel av veksthormonet kan rette på følgerne av underernæringen, blir det antydnet at denne kan ha ført til nedsatt hypofysefunksjon (76). Ved underernæring med protein er det indisier på nedsatt mental utvikling, mer utpreget hos hannen enn hos hunnen. Ikke minst for utviklingslandene har dette spørsmål interesse (76).

Konklusjoner. Når det stofflige behov er dekket, vil en moderat underernæring med energi i en begrenset periode under veksten kunne gjennomføres uten varig uheldig virkning, bortsett fra forlengelse av veksttiden. Nedsatt vekst i perioder med underernæring vil ofte kompenseres ved rask vekst ved rikelig ernæring etter perioden på underernæring. Varige uheldige virkninger kan oppstå ved stofflige mangler eller ved ekstrem og langvarig underernæring med energi i ung alder.

En rikelig ernæring under veksten gir rask vekst og tidlig kjønnsmodning, men kan ikke tilrådes for livdyr p.g.a. uheldige følger for yteevne, fruktbarhet og sunnhetstilstand.

Alle forhold tatt i betraktning synes det å være riktig å gjennomføre en ernæring som muliggjør en noenlunde kontinuerlig jevn vekst. Dette bør være utgangspunktet ved angivelse av normer for næringsbehovet både hos livdyr og slaktedyr. Til livdyr synes en optimal, moderat ernæring å

være tilrådelig. Når det gjelder slaktedyr, vil det ved god fôrtilgang oftest være ønskelig med kort oppfôringstid til slakting, og normer for næringsbehovet må angis med dette for øye, samtidig som det tas hensyn til slaktekvaliteten.

Bare ved svikt i fôrtilgangen p.g.a. dårlige fôrår eller høge priser på innkjøpt fôr, kan det tilrådes en moderat begrensning av energimengden i en begrenset periode. Dette er mest aktuelt når det gjelder vinterfôring av storfe under forutsetning av gode beiter. Det innsparte fôr vil da ved knapp fôrtilgang kunne brukes til å tilgodese melkeproduksjonen som stiller større krav til jevn ernæring enn veksten. En begrensning av fôringen vil forlænge oppfôringstiden. Hos slaktedyr vil dette føre til høyere slaktealder.

En nærmere diskusjon av disse spørsmål hører inn under den praktiske fôringslære.

Veksthastighet og levetid.

Det er vanskelig å si bestemt når veksten er helt avsluttet, men stort sett kan man regne at vekstperioden utgjør 1/4-1/5 av levetiden. Det samsvarer med en gammel regel om at levetiden er fem ganger veksttiden (77). Dyrearter med rask vekst har følgelig kort levetid. Det er et viktig spørsmål om det samme gjelder innen en dyreart. Hvis dette er tilfelle, vil rask vekst fremkalt ved rikelig ernæring, ikke kunne forenes med lang levetid.

I 1930-årene vakte det stor oppsikt at en undersøkelse med rotter fra Cornell (78) viste at en begrensning av kaloritilførselen fra avvenning gir en vesentlig forlengelse av levetiden slik som det går fram av tabell 38.

Tabell 38. Levetid hos hanrotter ved ulik ernæring etter avvenning (McCay et al., 78).

	Levetid gj.sn.	Tilsvarende hos mennesker (77)
Rikelig ernæring	483 dager	ca. 50 år
Begrenset ernæring	820-894 "	80-90 "

I forrige avsnitt er det med støtte i en oversikt (46), gjort rede for en rekke undersøkelser over varierende ernæringsnivå under veksten. En rikelig ernæring, dvs. overernæring med energi, synes hos alle undersøkte dyrearter uten unntagelse, å virke til å forkorte levetiden (eng. longevity). Ved oppfôring av slaktedyr som har kort levetid spiller dette ikke noen rolle. Lang levetid eller holdbarhet er derimot av betydning når livstidsytelsen kommer inn i bildet, slik som hos melkekyr og arbeidshester. I denne forbindelse kan nevnes at i de danske forsøk med rødt dansk melkefe (79, 46) var det 4,3 kalvinger pr. ku i gruppe A ved normal ernæring under veksten, ^{og} bare 3,4 i gruppe C ved 25-30 % større næringsmengde. Ønskes det en høy livstidsytelse hos melkekyr, synes det derfor tilrådelig å gjennomføre en moderat dvs. normal ernæring under oppdrettet.

Spørsmålet om virkningen på levetidens lengde av ernæringen under veksten, er av vesentlig større betydning hos mennesker enn hos husdyr. Det er nevnt tidligere (I. S. & E., s. 72-73) at overernæring synes å medføre øket dødsrisiko, og det er videre indisier på at en fettbegrenset diett er tilrådelig når det gjelder å forebygge degenerative lidelser som hjerte- og karsykdommer (I. S. & E., s. 94 og dette avsnitt s. 3). Dette skulle særlig gjelde middelaldrende mennesker. Tar man hensyn til de før nevnte erfaringer fra dyreforsøk, kan man imidlertid ikke utelukke muligheten av ^{at} moderat ernæring vil være gunstig allerede fra barndommen.

Rikelig tilgang på mat og bedre kjennskap til ernæring har ført til at barn nå blir høyere og tyngre enn deres foreldre (7, s. 383). At barn har mindre av tungt kroppsarbeide enn tidligere, kan også ha medvirket til økning i størrelsen. Det er mulig at den åndelige utvikling kanskje ikke har forløpet parallelt med den raske kroppslige og seksuelle utvikling. Dette blir av enkelte antatt å ha betydning ved forklaringen av den tilsynelatende økning i frekvensen av s.k. ungdomsproblemer.

Når det her er pekt på at moderat eller normal ernæring er gunstig under veksten, vil dette si at man skal unngå overernæring. Knapp ernæring kan derimot ikke tilrådes selv

om den kan gi mulighet for forlengelse av levetiden (se ovenfor). Hos husdyr kan en knapp ernæring ikke forenes med kravene om en intensiv produksjon, og hos mennesker vil knapp ernæring i barndommen og ungdommen gi mindre vitalitet og nedsette konkurranseevnen. Som fremholdt av Brody (29, s. 706), kan man risikere at "kuren blir verre enn sykdommen".

Foraldring (Elding).

"The moment we begin to live,
Then we begin to die,
Into the world we weeping come,
Our whole life tells us why."
(En amerikansk poet, e. McCay,
80).

Foraldring eller elding kan neppe regnes å være gode norske ord. De svarer imidlertid til det tyske Veralterung og det engelske aging. Med henblikk på den siste periode av livet blir det talt om senescence (lat. av senecio = olding). Foraldring har interesse vesentlig når det gjelder mennesker, og det blir nå tillagt stor vekt på grunn av stigende antall gamle. Gerontologi er læren om de eldres problemer, biologiske, psykologiske, økonomiske og sosiale, mens geriatri er læren om alderdommens sykdommer.

Det er diskutert når foraldringen begynner. Hos drepte flygere og soldater er det allerede i 20-30 års alderen funnet innleiring av fett i arteriene, begynnelsen til atherosklerose, en viktig degenerativ lidelse. Kanskje har man den første begynnelse allerede i barneårene, altså før veksten er avsluttet. Noen mener at foraldringen begynner allerede ved fødselen (29, s. 672). Vanlig regner man imidlertid at foraldringen begynner først etter avsluttet vekst, og at den vil gjøre seg gjeldende fra 30-årsalderen eller litt før (81). Undersøkelser av soldatmateriale under annen verdenskrig syntes å tyde på at maksimum av legemlig og åndelig spennkraft er ved en alder av 23 år. Det samsvarer med at toppprestasjoner i idrett oftest blir oppnådd i 20-25 års alderen og at man i denne alder står på toppen når det gjelder reaksjonsevne. På områder hvor skolering og erfaring er viktig, vil toppytelser imidlertid først oppnås vesentlig senere (29, s. 672).

Foraldringen fører med seg nedsatt muskelkraft og nedsatt evne til å tåle kroppslige anstrengelser. Høgden reduseres og i den egentlige oldingperiode er bøyet holdning og ustø gang vanlig (83). Nedsatt reaksjonsevne, nedsatt elastisitet når det gjelder tilpasning til nye problemer og svekket hukommelse er åndelige trekk ved foraldringen. Konstrasjonsevnen kan på den annen side ofte tilta med årene når "Sturm und Drang"-tendenser ikke lengere gjør seg så sterkt gjeldende. Det foreligger stor individuell variasjon når det gjelder den egentlige senilitet eller alderdomssvekkelse. Trekk som har sammenheng med åndelig senilitet

kan hos enkelte forekomme så tidlig som i 40-årene, hos andre derimot ikke før i 80-årene (83).

Av målbare endringer fra 30 år til 90 år er nevnt:

1. Høgden reduseres med 3,6 cm (1,2 cm pr. 20 år) (10, 1, s. 414).
2. Antall smaksløker pr. tungepapill avtar fra 245 til 88 (81, s. 56).
3. Vekt av hjernen avtar med 11 % (81, s. 56, 83).
4. Hastighet av nerveimpulser avtar 15 % (82).
5. Blodstrømmene gjennom nyrene avtar 65 % (82).
6. Maksimal frivillig ventilasjonskapasitet (lungene) avtar 60 % (82).
7. Svekkelse av knoklene ved avgivelse av kalsium (alders-osteoporose) samtidig som det kan akkumuleres kalsium i de bløte vev (10, 1, s. 416 og s. 434, 81).

Som årsak til foraldringen er pekt på svekkelse av celler som ikke kan fornyes ved deling. I nyere tid har man pekt på at dette fører til en endring i cellestoffskiftet, og at det er et tap av mitokondrier (82). Man har videre fra Rubners tid trukket kolloidkjemiske betraktninger inn i bildet. Ved ung alder er vanninnholdet i organismen vesentlig større enn senere. Ved diskusjon av dette bør man angi vanninnholdet i fett- helst også askefritt stoff som gir et mål for organer og kroppsvæsker. Vanninnholdet angitt på denne måte, avtar ved foraldring, et uttrykk for nedsatt svellingsgrad av protein, altså en dehydratasjon, av Rubner kalt fysiologisk uttørking (71, s. 671-674). Moulton (33, s. 50-56) har sammenstillet en rekke undersøkelser som viser rask nedgang i vanninnholdet i det embryonal stadium og den første periode etter fødselen fram til en alder (ca. 150 dager hos storfe) som han kaller "kjemisk modning". Siden er nedgangen langsom. Det er altså innlysende at under den raskeste vekst har proteinet i cellenes protoplasma høgt vanninnhold og høg svellingsgrad. Tilbakegangen i energiomsetning ved stigende alder (s. 23) kan ha sammenheng med endringen i den kolloide tilstand.

Som en logisk konsekvens av kolloidteorien for foraldring er nevnt energiteorien som også stammer fra Rubner (29, s. 679). Ifølge denne teori kan det, regnet fra modenhet (utvoksen alder), omsettes en bestemt energimengde, hos dyr omkring 200 000 kcal pr. kg kroppsvekt, hos mennesker som har lang vekstperiode, derimot omkring 800 000 kcal.

Om det er mulig å motvirke følgene av foraldring er omdiskutert.

Det er nevnt i det foregående at en noe begrenset ernæring, et moderat ernæringsnivå, er gunstig sunnhetsmessig. Måtehold må også tilrådes når det gjelder gifter (alkohol, tobakk, m.m.) I tilfelle energiteorien kan ansees som riktig, skulle en høgt oppdrevet energiomsetning p.g.a. overernæring, endokrin overaktivitet og overdrevet muskelaktivitet være uheldig. At kvinner har lengere levetid enn menn, kan kanskje forklares ved lågere energiomsetning (29, s. 679). Tidligere tiders hårdt muskelarbeide synes å ha ført

til kortere levetid (29, s. 683), og iallfall til skjelett-
lidelser og stivhet. På den annen side synes muskelaktivitet
å være et meget viktig ledd i forebyggelse av en del av det
besvær som følger med alderen (84), selv om graden av muskel-
aktivitet må modereres ved stigende alder. Inaktivitet kan
være årsak til en rekke lidelser som ryggsmarter, degenera-
tive karlidelser m.m. (85, s. 36). Tendenser til fethet hos
barn henger ofte sammen med liten aktivitet (85, s. 37).
Som en årsak til at aktivitet kan forebygge hjertelidelser,
nevnes utviklingen av kollateral sirkulasjon, dvs. at blodet
sirkuleres gjennom nærliggende mindre kar når hovedkarene
er stoppet igjen (86, s. 107). Dette har særlig stor be-
tydning når det gjelder kransarteriene i hjertet hvor til-
stopning ofte er årsak til hjerteinfarkt hos menn (I. S. &
E, s. 93). Som passende mosjon er antydnet 1 times gang pr.
dag kombinert med 15 min. mer intensiv kroppsbevegelse tre
ganger pr. uke (86, s. 108). Det er også utformet ulike
program for øvelser (84).

Økende passivitet med årene, en trang til å "ha det
godt", fører ofte til overvekt, kroppslig svekkelse og frem-
skyndelse av foraldringen. Dette er tilfelle også åndelig.
"Disuse of the learning ability" hindrer den selvfornyelse
som er nødvendig for å unngå stagnasjon eller tilbakegang.
"Det ligger nær å tenke seg at hjernefunksjonen ikke vil
stimuleres om den ikke stadig brukes" (Løken, 83). "Intelli-
gens må øves og brukes" (Jensen, 87). Det er for øvrig
funnet sammenheng mellom god helse og intelligens. Folk i
ansvarsfulle stillinger med god helse kan beholde intelli-
gensen til høy alder (87).

Nåtidsmenneskene er utsatt for stress. Det kan skyldes
store krav fra omgivelsene, f.eks. krevende lærere, sjefer,
eller familie, og sosial konkurranse. I forholdet til om-
givelsene kan det tales om en "dynamisk likevekt" (Pyke, 81)
likesom i stoffskiftet. Det er uklart hva stress betyr for
foraldringen, men det kan hos ambisiøse, sensible personer
sannsynligvis spille en rolle. På den annen side er det
vanskelig å skille stress fra utfordringer (eng. challenge(s))
som ofte er en forutsetning for selvfornyelse og utvikling.
Evne til å omgå sine medmennesker reduserer stress, men
viser undertiden sammenheng med liten konsentrasjonsevne.

B. Kvantitativ måling av vekst.

Vekstkurver, tilvekstkurver og relativ tilvekst.

Basert på veining og måling av dyrene, kan man få kvan-
titativt uttrykk for veksten. Man kan også bygge på innhol-
det av stoffer og energi i kroppen. Som nevnt før (s. 62)
blir det således regnet at avleiringen av protein i kroppen
gir et godt mål for den egentlige vekst.

Det er hensiktsmessig å illustrere veksten ved kurver
hvor man bruker alderen som abscisser, mens man som ordinator
bruker enten vekten eller et kroppsmål, eventuelt innholdet
av stoffer eller energi i kroppen.

Det kan skilles mellom tre typer av kurver:

1. Vekstkurver som viser dyrets vekt (ev. kroppsmål eller innhold i kroppen) ved ulik alder.
2. Tilvekstkurver som viser økning i vekt (ev. kroppsmål eller innhold i kroppen) pr. tidsenhet, oftest pr. dag.
3. Kurver for relativ tilvekst som viser tilveksten i relasjon til dyrets størrelse på ulike tidspunkter under veksten. Den relative tilvekst er det beste mål for veksthastighet (vekstintensitet).

Etter Pålsson er de tre typer av kurver vist i fig. 7-9, med støtte i undersøkelser over veksten hos lam.

Lev.vekt, kg

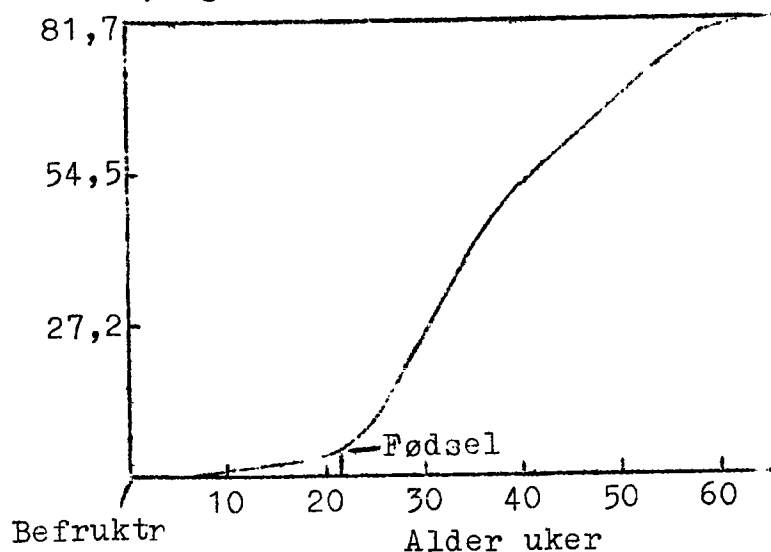


Fig. 7. Vekstkurve hos lam (Pålsson, , s. 432).

g pr. dag

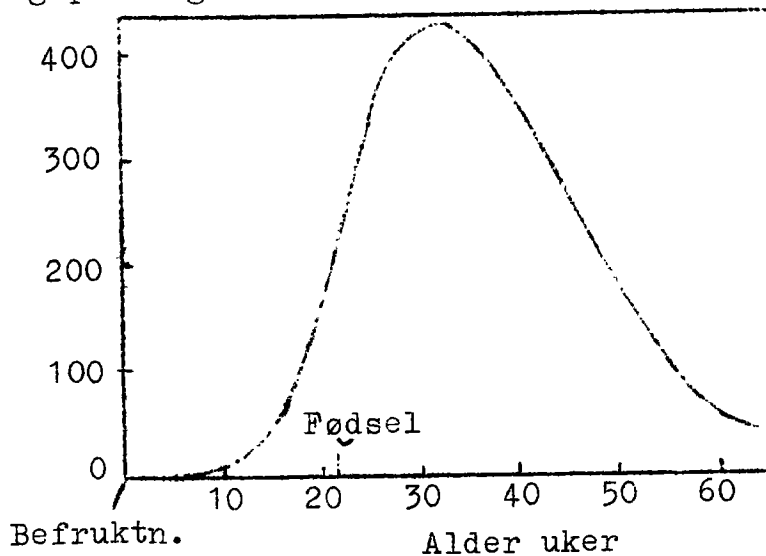


Fig. 8. Tilvekstkurve hos lam (Pålsson, , s. 432).

Tilvekst i % av
foregående vekt

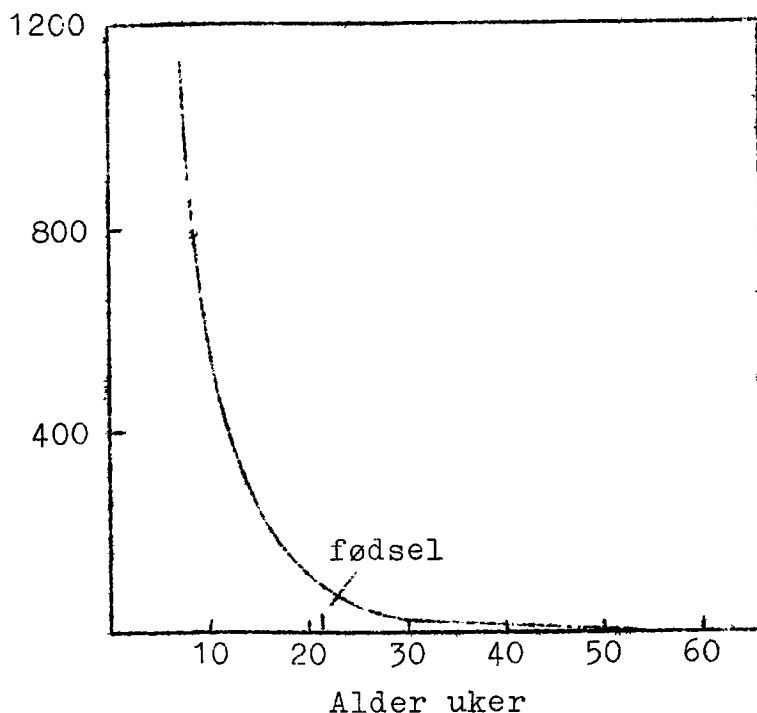


Fig. 9. Relativ vekst, angitt som tilvekst i % av foregående vekt (Pålsson, 73, s. 432).

Når veksten angis fra befruktningen, slik som i fig. 7, er vekstkurven S-formet, av s.k. sigmoid form. Blir det regnet fra fødselen, bortfaller den første langsomme stigning, men vekstkurven er også da karakterisert ved en sterk stigning i begynnelsen og sterkt fall mot slutten av vekstperioden (fig. 8).

Kurven for den relative tilvekst (fig. 9) vil falle vesentlig langsommere hvis man tar utgangspunkt ved fødselen istedenfor befruktningen.

Matematisk formulering av veksten.

Berge (21, s. 722) har i sin dr.avhandling drøftet en del problemer ved matematisk formulering av vekst, bl.a. at det er stor variasjon i alderen ved en bestemt vekt, og at tilveksten ofte viser bedre sammenheng med kroppsvekten enn med alderen (21, s. 722).

Ved beregning av den relative tilvekst (R) er undertiden brukt Minots formel (21, s. 722, 29, s. 504)

$$R = \frac{V_2 - V_1}{V_1} \quad (1)$$

hvor V_1 er begynnelsesvekt og V_2 er sluttvekt i perioden. Denne formel ligger til grunn for den relative tilvekst slik som den er illustrert i fig. 9.

Minots formel kan forbedres ved å regne gjennomsnittet av begynnelsesvekt og sluttvekt som divisor istedenfor begynnelsesvekten. Formelen blir da:

$$R = \frac{V_2 - V_1}{\frac{1}{2}(V_2 + V_1)} \quad (2)$$

Det er innvendt også mot denne formel at den har begrenset gyldighet, f.eks. at den gjelder bare under forutsetning av tilnærmet lineær vekst (21, s. 722-723, 29. s. 506, 88). Av denne grunn har man etter Fisher og Brody (se senere) gått over til å angi den relative tilvekst logaritmisk (21, s. 723):

$$R = \frac{\text{nat log } V_2 - \text{nat log } V_1}{t} \quad (3)$$

hvor t er tiden, egentlig $t_2 - t_1$.

Den relative tilvekst blir undertiden angitt i %, altså som 100 R.

I tabell 38 er angitt den relative tilvekst beregnet logaritmisk etter ligning (3), hos smågriser etter Berge og hos unge etter Steensberg.

Tabell 38. Relativ tilvekst hos smågriser og unge.

	Smågriser (Berge, 21, s. 734) R (pr. uke)		Unge normal fôring (Steensberg, 89, s. 62) 100 R (pr. dag)
1. uke	0,592	1. måned	1,06
2. "	0,470	3. "	0,66
3. "	0,291	6. "	0,40
7. "	0,207	12. "	0,23
10. "	0,136	18. "	0,15
22. "	0,080		

Hos begge dyrearter faller veksthastigheten, målt ved R, ved stigende alder. Kurven for R danner en hyperbel, men da tilveksten i disse undersøkelser er regnet fra fødselen, er fallet i den relative tilvekst på langt nær så stor som vist i fig. 9.

Zorn & Krellinger (88) kom til at den forbedrede Minot-metode (ligning 2) og den logaritmiske metode (ligning 3) gir tilnærmet samme resultater ved undersøkelser over vekst hos storfe når det ble regnet med 2-4 ukers perioder. Ved det regneutstyr som man nå har til rådighet, spiller det imidlertid liten rolle om man bruker den noe mer kompliserte logaritmiske metode.

Eksempel på beregning av relativ tilvekst.

Etter Steensbergs undersøkelser (89, s. 61) hadde kalver følgende vekter:

<u>Måned</u>	<u>kg</u>	<u>Tilvekst</u>	
		<u>kg</u>	<u>g pr. dag</u>
1½	63,9	} 19,1	628
2½	83,0		

Det regnes med 30,4 dager pr. måned.

$$R \text{ etter ligning (1)} = \frac{19,1}{63,9} = 0,299$$

$$\text{Angitt i \% pr. dag } \frac{0,299}{30,4} \times 100 = \underline{0,984}$$

$$R \text{ etter ligning (2)} = \frac{19,1}{63,9+83,0} = \frac{19,1}{73,5} = 0,260$$

$$\text{Angitt i \% pr. dag } \frac{0,260}{30,4} \times 100 = \underline{0,855}$$

R etter ligning (3)

<u>Vekt, kg(V)</u>	<u>Log (V)</u>	<u>ln 10</u>	<u>nat log(V)=ln(V)</u>
83,0 =	1,91908	x 2,30258	= 4,4188
63,9 =	1,80550	x 2,30258	= <u>4,1573</u>
			0,2615

$$\text{Angitt i \% pr. dag } \frac{0,2615}{30,4} \times 100 = \underline{0,860}$$

Ligning (2) og (3) stemmer således godt overens som nevnt ovenfor, mens ligning (1) viser høyere beregnet veksthastighet.

Brody's vekstteori.

Etter Brody følger all vekst en sigmoid kurve. Denne kan deles i to faser, en med tiltagende stigning, den sely-accelerende vekstfase, og en med avtagende stigning, den sely-begrensende vekstfase (29, s. 497). Hos de fleste dyr går den første fase over i den annen fase når omkring 30 % av

sluttvekten er nådd, ved ca. 6 mnd. hos storfe og ca. 2 mnd. hos sauer (29, s. 501).

Tilveksten i øyeblikket (29, s. 507) kan uttrykkes ved

$$\frac{dV}{dt} \quad (4)$$

hvor V = vekt og t = tid.

Dette tilsvare avlesningen av farten i øyeblikket på et speedometer i en bil (10, 1, s. 347).

Den relative vekst i øyeblikket (29, s. 507, 10, 1, s. 347) er

$$\frac{dV/dt}{V} = k \quad (5)$$

100 k er den relative tilvekst i prosent.

Ved omforming kommer man til følgende ligninger:

$$\frac{dV}{dt} = kV \quad (6)$$

$$\text{nat log } V = \text{nat log } A + kt \quad (7)$$

$$V = Ae^{kt} \quad (8)$$

e er grunntallet for de naturlige logaritmer og A er en konstant som kan defineres som $\text{nat log } V$ når $t = 0$. Denne konstant har ikke noen biologisk betydning (29, s. 508). k er som nevnt ovenfor (se ligning 5), den relative veksthastighet i øyeblikket. k angis ofte i prosent (100 k). Ved beregningen av k brukes følgende ligning:

$$k = \frac{\text{nat log } V_2 - \text{nat log } V_1}{t_2 - t_1} \quad (9)$$

Denne ligning er identisk med ligning (3), og k vil følgelig tilsvare R , når R er beregnet logaritmisk.

Under den selybegrensende vekstfase blir det regnet med følgende ligninger:

$$\frac{dV}{dt} = -k(A-V) \quad (10)$$

Her er A sluttvekten. Ved omforming får man følgende ligninger:

$$-k = \frac{dV/dt}{A-V} \quad (11)$$

$$\frac{dV}{A-V} = -k^t \quad (12)$$

$$\text{nat log } (A-V) = -k^t + \text{nat log } B \quad (13)$$

$$A-V = Be^{-kt} \quad (14)$$

$$V = A - Be^{-kt} \quad (15)$$

I ligningene (12)-(15) er B en konstant uten biologisk betydning (29, s. 531, 10, 1, s. 348).

Hvorvidt disse formler ligger innenfor kursets ramme kan diskuteres. Det vesentlige er imidlertid ikke formlene, men den teori for veksten som formlene beskriver. Så vel ligningene (6) og (8), som (10) og (15) gir uttrykk for den almen gyldige massevirkningslov (29, s. 528). Både i den stigende og avtagende vekstfase er det begrensende faktorer. I den stigende vekstfase er veksthastigheten ifølge ligning (6) proporsjonal med $V =$ vekten, dvs. den vekst som allerede er avsluttet. V er altså den begrensende faktor i denne periode. I den avtagende vekstfase er veksthastigheten ifølge ligning (10) proporsjonal med $A-V$, dvs. den vekst som ennå står igjen for å nå sluttvekten = A. Denne representerer da den (eller de) begrensende vekstfaktor (r)

I den tiltagende og avtagende vekstfase har k ulik numerisk verdi og i den avtagende fase har k motsatt fortegn. Minustegnet antyder avtagende veksthastighet. I denne fase angir $100k$ nedgangen i veksthastighet i prosent (29, s. 529-530).

I begge vekstfaser tenderer k til å være konstant som Brody uttrykker det (29, s. 525). Han nevner imidlertid eksempler på at veksten er diskontinuerlig (29, s. 502), således at man innenfor den tiltagende vekstfase kan ha perioder med ulik veksthastighet målt ved k . Det er da karakteristisk at det er en plutselig (abrupt) og ikke kontinuerlig overgang mellom periodene (29, s. 519).

Eksempler.

Ved beregningen etter Brodys formler brukes logaritmer som allerede antydnet. Det blir ikke funnet grunn til å ta med beregningseksempler her. Brody tilrår selv grafiske løsninger ved bruk av arithlog-papir, med aritmetisk inndeling

på x-aksen (alder) og logaritmisk inndeling på y-aksen (vekten). Man får da en rett linje hvis stigning angir verdien av k . Det henvises ellers til Brodys bok (29, s. 517 og s. 530) og en klar fremstilling av Brodys vekstteori av Mitchell (10, 1, s. 345).

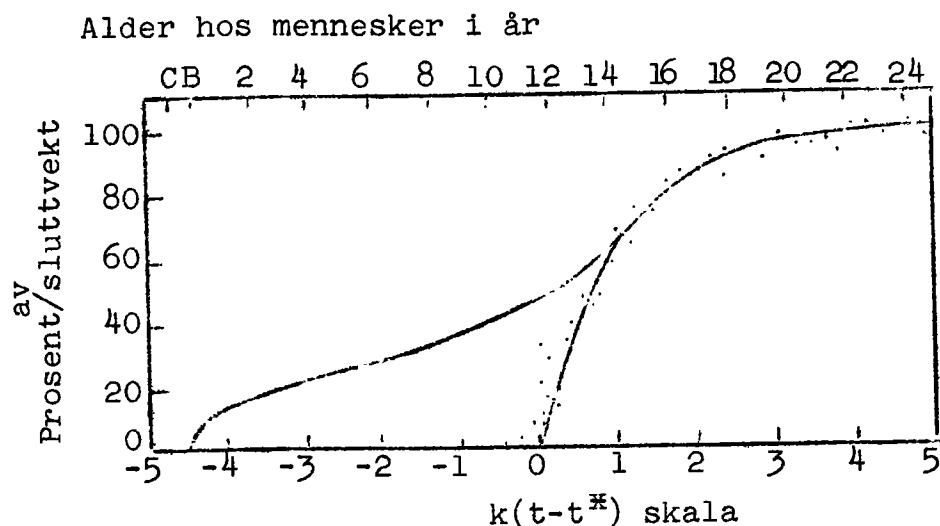


Fig. 10. Ekvivalent vekst i vekt hos 8 dyrearter og mennesker (Brody, 29, s. 492).

I fig. 10 er vist en ofte gjengitt fremstilling av Brody av veksten hos 8 dyrearter, bl.a. storfe, sauer og svin, i sammenligning med mennesker. Det er brukt en skala som tillater sammenligning av dyrearter med ulik veksthastighet.

Redusert til samme skala har alle dyrearter samme vekstkurve, en tofasert sigmoid kurve. Mennesket skiller seg derimot sterkt ut ved å ha en bisigmoid kurve (10, 1, s. 348-349). Dette kan føres tilbake til menneskets lange barnomsperiode etter avvenningen. Denne periode på ti år, fra 3. til 13. år, er på den ene side karakterisert ved hjelpeløshet, på den annen side ved store muligheter for åndelig utvikling (29, s. 496).

I tabell 39 er det etter Brody gjengitt en del tallverdier som karakteriserer veksten hos husdyr.

Tabell 39. Genetiske vekstkonstanter hos husdyr (Brody, 29, s. 567).

	Sluttvekt kg	100 k (-k) (% nedgang i vekst- hastighet pr. mnd.)	Alder i mnd. fra be- fruktning ved		
			50 % slutt- vekt	75 % slutt- vekt	98 % slutt- vekt
Kjøttfe ♂	1100	3,47	31	51	124
Hollenderfe ♀	550	4,6	23	39	93
Svin ♀	200	6,2	15	26	67
Suffolk sauer ♀	80	18,5	8,7	12,5	26
Plymouth Rock høns ♀	3,4	19,5	6,0	9,5	22,5

Som et eksempel på hvorledes veksten kan hemmes av begrensende faktorer, nevner Brody (29, s. 547-548) Hammonds kjente krysningsforsøk med Shirehest (800-1000 kg) og Shetlandspony (200 kg). Ved fødselen var føll etter Shire hoppe og Shetland hingst tre ganger større enn føll etter Shetland hoppe og Shire hingst. I siste tilfelle var den prenatal vekst nedsatt p.g.a. den begrensning mordyret satte. Sluttvekten var noenlunde den samme i begge tilfelle ved kompensasjonsvekst etter fødselen hos føllene etter Shetland hoppe.

Befolkningstilvekst.

Etter Brody vil all vekst følge en sigmoid kurve etter de prinsipper som er nevnt ovenfor. Dette gjelder således også vekst av populasjoner (29, s. 496). Spørsmålet er behandlet av Thamdrup som fremholder "Den sigmoide kurve gir et grafisk uttrykk for at den naturkraft som bor i organismens veldige formeringsevne, oppveies av like sterke krefter som tvinger utviklingen av bestanden til å stoppe på et nivå der antallet svarer til en balansetilstand mellom de motsatte krefter" (90, s. 42). Dette har interesse når det gjelder et av tidens alvorligste spørsmål, befolkningstilveksten.

Malthus fremholdt i 1798 at befolkningstilveksten skjer etter en geometrisk rekke 1, 2, 4, 8 osv., så fremt ikke hemmende forhold i omgivelsene gjør seg gjeldende. Han mente at matproduksjonen økes bare etter en aritmetisk rekke 1, 2, 3, 4 osv., og at sult derfor ville bli den begrensende faktor.

For tiden øker verdens befolkning meget raskt, tilsynelatende etter en eksponensiell kurve, tilsvarende Malthus geometriske rekke. Thamdrup peker imidlertid på at den nåværende raske befolkningstilvekst kan oppfattes som den sterkt stigende fase på den sigmoide kurve, altså etter at den langsomme begynnelsesfase er passert. Når begrensende faktorer begynner å gjøre seg gjeldende, må man vente befolkningstilveksten vil komme til å avta tilsvarende den avtagende fase på den sigmoide kurve. Dette er illustrert i fig. 11 etter Thamdrup. Den prikkede linje viser det forløp man kan vente for befolkningstilveksten ifølge prinsippet om at veksten følger en sigmoid kurve.

Mill. mennesker

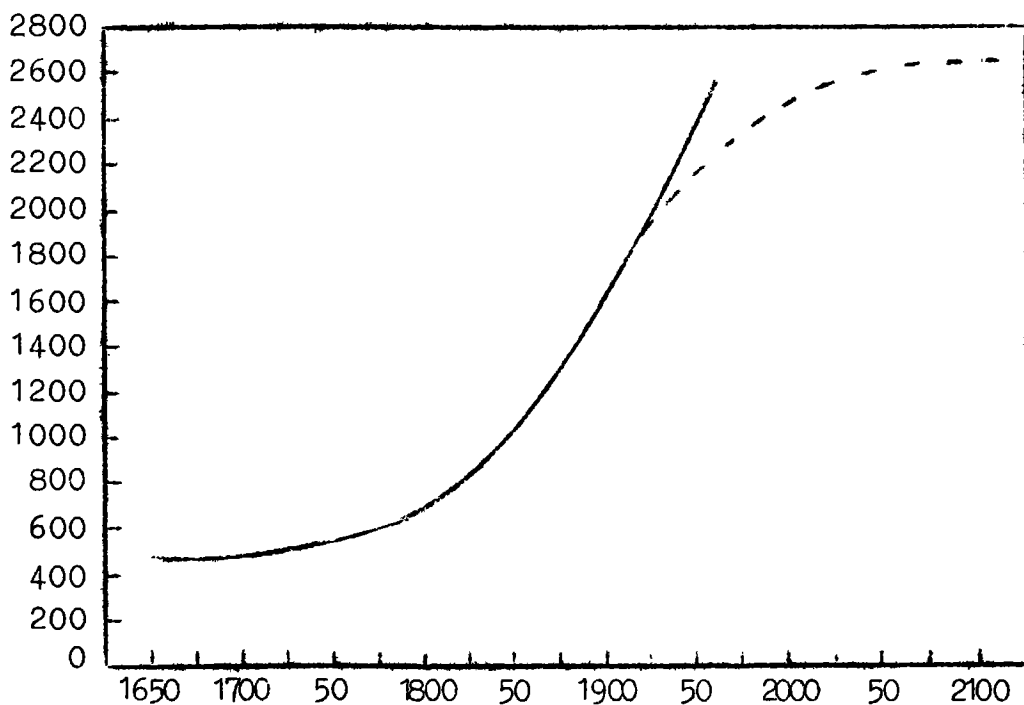


Fig. 11. Veksten i Verdens befolkning siden 1650 (Thamdrup, 90, s. 73).

Som Malthus antydte, vil det bli vanskelighetene med å skaffe mat som vil begrense befolkningstilveksten i fremtiden. Hittil har det ved teknologiske fremskritt i matproduksjonen vært mulig å sette de begrensende faktorer ut av spillet, men sannsynligvis vil man allerede i 2000-2050 være kommet opp i 5-10 milliarder mennesker som er det største antall som kan regnes som forsvarlig, bedømt etter Verdens res-

surser for matproduksjon. Fødselskontroll eller familieplanleggelse vil derfor bli meget viktig i fremtiden, særlig i utviklingslandene hvor befolkningstilveksten nå er størst (45).

Brody nevner en rekke eksempler på at veksten av populasjoner følger en sigmoid kurve, og at begrensende faktorer i omgivelsene gjør seg gjeldende. Pearls Drosophila-forsøk viste således at egglegningen pr. hun avtok i trange omgivelser (29, s. 553). Brody peker videre på at mellom 1660 og 1880, da omgivelsene ikke satte noen grense, var befolkningstilveksten i USA 3 (2,96) % pr. år. Dette svarer til en fordobling på 23,5 år, mens Malthus regnet med 25 år (29, s. 551). Etter 1880 har befolkningstilveksten i USA avtatt. Brody fremholdt, at det også er i overensstemmelse med betydningen av begrensende faktorer at befolkningstilveksten i Europa er mindre enn i USA. Han var imidlertid ikke heldig med sine prognoser på dette grunnlag, idet han forutsa en befolkning på 160 mill. i USA i år 2000 (29, s. 545, s. 962), men allerede i 1967 ble 200 mill. passert. I denne forbindelse må det imidlertid nevnes, at de gode konjunkturer i de vestlige industriland etter 1939-45 har virket til å sette begrensende faktorer ut av spillet.

Andre formuleringer av vekstens forløp.

Det er ikke mulig i dette kurs å komme inn på de ulike teorier for veksten som har vært diskutert, av Møllgaard (91, 92, 93), Pearl-Reed, Robertson og andre (29, s. 554-562 og s. 565, 88). Det må derfor henvises til litteraturen.

Modifiserende forhold.

Som påpekt av Brody (29, s. 548-549) kan man hos enkelte individer finne avvikelser fra generelle teorier som er utformet ved å bygge på gjennomsnitt for et stort antall individer. Resultater oppnådd for enkelte individer kan på den annen side være tilfeldige.

Mitchell (10, 1, s. 348) fremholder at ernæringen og omfanget av fetning kan virke inn på tidspunktet for overgangen fra den tiltagende til den avtagende vekstfase. Dette forbehold er berettiget etter de før nevnte undersøkelser over

varierende ernæringsnivå under vekst.

C. Tilvekstens sammensetning og energiinnhold under vekst.

Hvis man analagt med fettingen (s. 44) regner tilveksten som produktet under veksten, kan tilvekstens størrelse og sammensetning gi grunnlag for å fastsette produksjonsfôret ved vekst. Man bruker under vekst de samme metoder for å undersøke tilvekstens sammensetning som nevnt under fetting (s. 45).

Som allerede nevnt (s. 74) er tilveksten vannrik tidlig i vekstperioden. Ifølge slakteundersøkelser (33, s. 75 og s. 50, 71, s. 667) er vanninnholdet i kroppen 75-80 % ved fødselen (empty weight basis). Den første tid etter fødselen er det en rask økning i fettinnholdet, muligens p.g.a. den betydning som fett har for varmeisolasjonen av de nyfødte dyr (71, s. 667 og s. 682). Ut gjennom veksttiden faller vanninnholdet, mens fettinnholdet og kaloriinnholdet tiltar til man får den sammensetning som gjelder ved fetting i de senere deler av vekstperioden (s. 45).

Drøvtyggere.

Basert på amerikanske slakteundersøkelser, angir ARC (8, s. 224) følgende energiinnhold i tilveksten hos storfe under vekst:

50-100 kg	1600-2100 kcal/kg
100-200 "	1900-3000 "

Avrundet kan man regne at energiinnholdet stiger fra ca. 2000 kcal pr. kg tilvekst hos unge kalver til ca. 4000 kcal pr. kg tilvekst hos ungfe på 1½ år. Ved fetting er det tidligere angitt 4000-6000 kcal pr. kg tilvekst (tab. 23 og 24, s. 47). Hos hollenderkviger på 200 til 400 kg angir Mitchell (10, 1, s. 370) knapt 3000 kcal pr. kg tilvekst (empty weight).

Man kan/i ^{hos barn} tiden fra fødsel til 5 måneders alderen regne 2000-2500 kcal pr. kg tilvekst (94). Energiinnholdet stiger til 5000 kcal pr. kg tilvekst ved fetting i den senere del av vekstperioden (se tabell 24, s. 47 og 8, s. 225). I tabell 40 er etter Mitchell angitt sammensetning av tilveksten og dens energiinnhold, basert på en undersøkelse ved

Illinois. Energiinnholdet er 3000-4000 kcal pr. kg tilvekst, men det dreier seg øyensynlig om langsom vekst med liten fettavleiring.

Tabell 40. Sammensetningen av tilveksten hos lam (Mitchell, 10, 1, s. 359).

Alder mnd.	Vekt, kg		% vann		% protein		% fett		% aske	kcal pr. kg tilvekst	
	♀	♂	♀	♂	♀	♂	♀	♂	♀ og ♂		
ca. 6	9	9	57,9	67,7	15,3	15,1	24,8	20,2	2,2	3300	2600
" 7	17	19	55,4	63,2	15,7	15,1	26,8	21,4	2,4	3500	2800
" 9	26	28	51,9	58,1	15,9	15,1	29,2	24,0	2,7	3700	3000
" 11	34	37	48,0	52,4	16,3	15,2	32,4	26,9	3,1	3900	3300
" 14	43	47	43,0	45,0	16,6	15,1	36,7	31,1	3,7	4200	3800

Værlam har større tilvekst, med lågere fett og energiinnhold enn søyelam.

Ifølge ARC (8, s. 161-162) kan man under hele veksten regne med det nitrogeninnhold som tidligere er angitt ved fetning (s. 47) nemlig 2,4 % N hos storfe og 2,5 % N hos lam under 40 kg. Det svarer til 15, henholdsvis 15,6 % protein i tilveksten, altså god overensstemmelse med tallene i tabell 40 for lam. Regner man med et energiinnhold på 2000 kcal pr. kg tilvekst tidlig i vekstperioden og 4000 kcal pr. kg tilvekst senere, vil 15 % / ^{protein} svare til at ca. 43 % henholdsvis ca. 21 % av kaloriene er bundet til protein og resten til fett (sammenlign med fetning s. 48). Selv om proteininnholdet i tilveksten er det samme gjennom vekstperioden, vil altså en fallende del av kaloriene være bundet til protein etter hvert som fettavleiringen stiger.

I tabell 41 er det etter ARC angitt innholdet av kalsium og fosfor i tilveksten hos storfe.

Tabell 41. Innholdet av kalsium og fosfor pr. kg tilvekst hos storfe under vekst (ARC, 8, s. 16 og s. 40).

<u>Vekt, kg</u>	<u>g Ca/kg</u>	<u>g P/kg</u>
50-100	15,7	9,6
100-200	14,6	8,7
200-300	13,2	7,4
300-400	11,8	6,1
400-500	10,4	4,8

Hos lam regnes med 8,9 g kalsium og 5 g fosfor pr. kg tilvekst under vekst.

Svin.

Etter balanseforsøk i Møllgaards laboratorium av Lund (60) er i tabell 42 gjengitt oppgaver over tilvekstens sammensetning hos baconsvin fra 20 til 90 kg.

Tabell 42. Tilvekstens sammensetning hos slaktesvin (Lund 60, Møllgaard, 2, s. 385-386).

	Vekt, kg	% protein	% fett	% vann + aske	kcal pr. kg tilvekst
1. Proteinfattig fôr	20	15,2	37,0	47,8	4200
	40	15,0	43,3	41,7	5000
	60	16,0	46,2	37,8	5300
	90	17,1	49,5	33,6	5700
2. Proteinrikt fôr	20	22,5	12,5	65,0	2500
	40	24,1	17,6	58,3	3400
	60	22,4	26,8	50,8	4000
	90	16,6	39,3	44,1	4700

Proteinavleiringen er trykket, og tilveksten er fett- og energirik ved det proteinfattige fôr. Ved det proteinrike fôr er det på den annen side mulig at fett- og energiavleiringen var noe trykket på grunn av at fôrmengdene var knappe.

Ved Illinois ble det funnet 4500 kcal pr. kg tilvekst i perioden fra 30 til 100 kg (21, s. 661).

ARC (41, s. 10-18) har sammenstilt undersøkelser over sammensetningen av svineslakt og tilvekst hos svin. I tabell 43 er etter ARC gjengitt tilvekstens sammensetning ifølge en tysk undersøkelse.

Tabell 43. Sammensetningen av tilvekst i slakt hos svin (Hörnicke, 41, s. 17).

Lev.vekt kg	% av tilvekst (slakt)				kcal pr. kg tilvekst (slakt)
	Vann	protein	fett	aske	
20-40	62,0	16,6	17,9	3,4	2640
80-100	41,6	12,6	43,5	2,2	4810

Når det gjelder fett og kaloriinnhold er overensstemmelsen god med Lunds verdier ved proteinrikt fôr, men proteininnholdet i tilveksten er noe mindre. Det er mulig at proteininnholdet i tilveksten i Lunds forsøk med proteinrikt fôr er noe for høgt til å være representativt.

I tabell 44 er gjengitt tilvekstens sammensetning etter en tysk undersøkelse med slaktesvin.

Tabell 44. Sammensetningen av tilvekst i slakt hos svin.
(Oslage, 95, s. 25).

Lev.vekt	% av tilvekst (slakt)			kcal pr. kg tilvekst
	Vann	Protein	Fett	
25-40	55,1	17,3	24,9	3350
60-90	39,9	13,0	45,3	5050
60-90 20 % begrensning av fôr	50,0	16,8	30,0	3800

Tabell 44 viser at sammensetningen blir påvirket sterkt av ernæringsnivået.

ARC (41, s. 171) angir at avleiringen av kalsium og fosfor hos svin er:

Vekststadium	<u>g pr. kg kroppsvekt</u>	
	kalsium	fosfor
8 uker (ca. 15 kg)	13,3	7,4
23-91 kg	8,8	4,9

I tabell 45 er etter Oslage angitt fordelingen av nitrogen (protein) og fett i et svineslakt.

Tabell 45. Fordelingen av nitrogen og fett i et svineslakt
103.4 kg (110 kg lev.vekt), e. Oslage.

	% av slakt	% av N i kroppen	% av fett i kroppen
Muskulatur	39,9	51,6	91,6
Fett (spekk)	34,7	10,0	
Hud	4,3	10,4	
Bein	6,4	9,7	2,7
Indre organer	6,5	6,1	4,4
Avfall	4,6	4,0	1,6
Blod	3,7	5,8	0,04
Hår (bust)	0,4	2,3	0,03

Ifølge tabell 45 inneholder kjøttet (muskler) bare halvparten av proteinmengden i hele dyrekroppen.

Ved Cornell (96) er undersøkt sammenhengen mellom kroppsvekt (empty weight) og innholdet av protein og fett. Videre er undersøkt sammenhengen mellom sammensetningen av avfallet og sammen/ setningen av slaktene. I tabell 46 er sammenstilt noen resultater fra denne undersøkelse som viser hvorledes ernæringsnivå og kjønn virker inn på sammensetningen av slaktene.

Tabell 46. Sammensetningen av svineslakt (empty weight).
Babatunde et al. (96).

	% protein	% fett	% av fettsyrer	
			stearinsyre	linolsyre
Full fôring	13,5	36,4	14,1	10,2
Begrenset fôring	14,9	33,4	12,4	12,1
Galter	13,8	34,6	13,5	10,8
Purker	14,2	32,4	13,1	11,5

D. Næringsbehovet ved vekst.

a. Energibehovet.

Prinsipper.

Analogt med fetning (s. 51) kan energibehovet til vekst enklest angis ved utgangspunkt i den daglige energiavleiring. Hvor høgt man skal sette denne, avhenger av den fetningsgrad man ønsker. Det vil igjen avhenge av hvorvidt det dreier seg om oppdrett av livdyr eller slaktedyr. De siste skal som regel fôres fram til slakting i løpet av kort tid, og dette forutsetter stor energiavleiring selv om det ønskes slakt med moderat fetningsgrad (s. 43).

Energiavleiringen gir et mål for nettobehovet til vekst (sammenlign s. 45 og s. 86). For å finne den mengde energi som skal tilføres i fôret, må man også kjenne utnyttelsen av den tilførte energi. Hvis man bruker NK_p eller NEF som måleenhet for energi, kan energibehovet til vekst angis i NK_p eller NEF ekvivalent med 1000 kcal energiavleiring. Bruker man kcal omsettelig energi som måleenhet, må man

kjenne utnyttelseskoeffisienten for den omsettelige energi til vekst. Utnyttelseskoeffisienten er undertiden blitt kalt avleiringskoeffisienten = k_A , da den angir energiavleiringen i prosent av omsettelig energi i produksjonsfôret (31, s. 511).

For å finne dem samlede energimengde i fôret, må man addere vedlikeholdsbehovet til produksjonsfôret til vekst.

Utnyttelsen av energien til vekst.

Forskjell i energitap ved proteinavleiring og proteinnedbrytning.

Det har siden læng tid tilbake vært en vanlig oppfatning at i produksjoner med utstrakt proteinsyntese, slik som vekst og melkeproduksjon, skulle man ha høgere utnyttelse av energien enn ved fetning. Begrunnelsen for dette har bl.a. vært at protein som blir avleiret, gir mindre energitap i urinen enn protein som blir fullstendig nedbrutt (67). Hertil kommer at dannelsen av urinstoff er en energikrevende prosess (4, s. 271, I.S. & E., s. 141) som øker varmetapet (termisk energi). Ved overføring til produkter skulle protein derfor nyttes bedre, med mindre tap av termisk energi, enn ved fetning når den overveiende del av proteinets nitrogen blir utskilt i urinen.

At utnyttelsen av protein kan ventes å være høgere ved proteinsyntese enn ved fetning, var begrunnelsen for at Hils Hansson ved beregningen av fôrmidlenes energiverdi i melkeproduksjonen, i sin tid innførte en høgere energifaktor for protein (1,43) enn den som var angitt av Kellner (0,94) ved fetning (se kurset fôrmidler og fôrkonservering).

Biokjemisk energiutnyttelse ved proteinsyntese.

Det er gjort forsøk på å beregne den teoretiske biokjemiske energiutnyttelse ved proteinsyntese. Ifølge ARMSTRONG (Handbuch d. Tierernährung, I, s. 410) er den teoretiske utnyttelse:

$$\frac{\text{cal-verdi av protein}}{\text{cal-verdi av protein} + \text{cal-forbruk ved syntese av nødvendige ATP-bind.}} \times 100$$

ARMSTRONG regner med følgende antall ATP- bindinger pr. mol aminosyre (peptidbinding):

	ATP- bind.
a. Aktivering av en aminosyre til aminosyre-enzym-kompleks	2
b. Aminosyre-enzym-kompleks \longrightarrow aminosyre-s-RNA-kompleks med aktivering av s-RNA (t-RNA)	0
c. Kodning ved DNA av aminosyrer til m-RNA	6
d. Dannelse av peptidbindinger	0-2
e. Frigjørelse av protein fra ribosomer	<u>0-2</u>
Sum	8-12

Anm. s = soluble = t = transfer, m = messenger.

ARMSTRONG regner at 8-12 ATP-bindinger pr. mol svarer til 7,3-11,0 mol ATP angitt pr. 100 g kasein. Han kommer da til følgende verdier for energiutnyttelsen ved proteinsyntese:

$$\frac{566}{566 + 7,3 \times 17,7} \times 100 = \underline{81} \quad (81,4)$$

$$\frac{566}{566 + 11,0 \times 17,7} \times 100 = \underline{74} \quad (74,4)$$

Anm. 100 g kasein = 566 kcal
17,7 kcal pr. mol ATP ved oksydasjon av glukose ($\frac{673}{38} = 17,7$), se intermediære stoff og energiomsetning, s. 40.

I likhet med ARMSTRONG er også andre forfattere kommet til høg teoretisk energiutnyttelse ved proteinsyntese (se BREIREM & HOMB, Handbuch d. Tierernährung, II, s. 569). Det kan imidlertid merkes at den utnyttelse man finner ved slike beregninger, må oppfattes som maksimumsverdier, bl.a. fordi det er regnet med en biologisk verdi på 100.

Resultater fra tidlige dyreforsøk.

(14) ARMSBY og (29) BRODY antydte at det tidlig i vekstperioden er et energiutlegg som følge av "work of organization" eller

"work of growth". Dette skulle medføre låg energiutnyttelse under vekst. ARMSBY regnet imidlertid med at fra avvenning vil energiutnyttelsen være omtrent den samme som ved fetning hos utvoksne dyr (BREIREM & HOMB, l.c., s. 560).

Undersøkelser i 1930-årene med kaniner og rotter i Zürich (WIEGNER, VON GRÜNIGEN, SCHOCH) syntes å vise høgere energiutnyttelse ved proteinavleiring enn ved fettavleiring (BREIREM & HOMB, l.c., s. 561). Omtrent samtidige forsøk med svin i MØLLGAARD's laboratorium gikk derimot i motsatt retning slik som det går fram av tabell 47. I denne tabell er en rekke forsøk av BREIREM gruppert etter proteinavleiringen i % av den totale energiavleiring. Det er videre beregnet middeltall for utnyttelsen (k_A) og NK_F -ekvivalenten hos slaktesvin i perioden 20-90 kg. Til sammenligning er også tatt med en serie forsøk av LUND i samme laboratorium.

Tabell 47. Energiutnyttelse ved vekst hos slaktesvin
(BREIREM, LUND, 31)

	An- tall for- søk	Protein- konsen- trasjon ¹⁾	% energi avleiret i pro- tein	k_A ¹⁾ (% utnyt- telse av omsette- lig ener- gi i pro- duksjons- fôr)	NK_F pr. ²⁾ 1000 kcal energi- av- leiring
Store svin, 180-200 kg (tab. 36, s. 37)	2	låg	10,3	73,6	764
	2	høg	3,7	69,3	786
Slaktesvin, 20-90 kg	8	låg	16,6	69,4	787
	13	"	19,0	67,0	806
	7	høg	28,4	66,5	812
	5	"	41,3	63,0	833

Slaktesvin gj.sn. alle forsøk, BREIREM	42			66,2	816
	LUND			68,2	785
	Begge			67,3	800

1) låg 13 % protein i tørrstoff
høg 23-27 % " " "

2) Vedlikeholdsbehov i forsøk med slaktesvin satt til 196,3 kcal ME $V^{0,56}$, henholdsvis 109,6 NK_F $V^{0,56}$ (se tab. 10, s. 22). I forsøkene med store svin er k_A og NK_F -ekvivalenten bestemt i differensforsøk.

Det ble beregnet følgende korrelasjon mellom proteinkalorier pr. 1000 avleirede kalorier og k_A (31, s. 517):

	<u>Antall forsøk</u>	<u>r</u>
BREIREM	33 (av 42)	-0,546 [±] 0,122
LUND	57	-0,331 [±] 0,118

Ifølge disse forsøk må man regne med at proteinavleiring krever energiutlegg som mer enn kompenseres, at energitapet ved nitrogen-ekskresjon faller bort når protein blir avleiret istedenfor å bli nedbrutt (se foran). Man ser av tabell 47 at energiutnyttelsen er høyere hos de store svin som har brukt proteinet til fetning enn hos de unge svin som har hatt stor proteinavleiring.

Selv om det i disse forsøk ble påvist en tendens til lågere energiutnyttelse ved stigende energiavleiring i protein, ble det foreslått å regne konstant utnyttelse i perioden 20-90 kg, nemlig

$$\underline{k_A = 67}$$

og 800 NK_F pr. 1000 kcal energiavleiring,

altså den utnyttelse og den energiekvivalent som ble funnet i middel for BREIREM's og LUND's forsøk (tab. 47). Ved fetning av svin over ½ år er tidligere angitt en utnyttelses-koeffisient (k_F) = 70 (71,5) og 770 NK_F pr. 1000 avleirede kcal (s. 48-50).

Resultater fra nyere forsøk.

Fra 1964 har det vært stor interesse for å undersøke energiutnyttelsen ved proteinavleiring i sammenligning med fettavleiring. BREIREM & HOMB (l.c., s. 553-571) har gitt en oversikt over undersøkelser tilgjengelige inntil 1970. Det er i flere av disse undersøkelser gjort bruk av multiple regresjonsberegninger etter mønster av KIELANOWSKI og medarbeidere (Polen). I tabell 47 b er det gitt et sammendrag av resultater oppnådd ved denne metode.

Tabell 47 b. Partialutnyttelse av omsettelig energi ved protein- og fettavleiring.

BREIREM & HOMB, 1972

	% utnyttelse av omsettelig energi	
	protein- avleiring	fett- avleiring
1. <u>Smågriser</u>		
KIELANOWSKI	50-57	90-100
2. <u>Griser 20-100 kg</u>		
KIELANOWSKI & KOTARBINSKA	36	73
THORBEEK	47	77
OSLAGE et al.	52	70
CLOSE & MOUNT	47	69
3. <u>Lam</u>		
ØRSKOV & McDONALD	35	83
4. <u>Kyllinger</u>		
BØNSDORF PETERSEN	51	78
5. <u>Rotter</u>		
SCHIEMANN et al.	46	70
Middel (uten smågriser)	44	74

SHARMA (Ph.D. thesis, Guelph University, 1971) kom til 28 (28,5) % utnyttelse ved proteinavleiring og 72 (71,8) % utnyttelse ved fettavleiring med støtte i et stort materiale sammenlignende slakteforsøk med unge griser (12-30 kg).

De nyere undersøkelser har således bekreftet BREIREM's tidlige forsøk som hos voksende dyr tydet på lågere energiutnyttelse ved proteinavleiring enn ved fettavleiring.

Da fettavleiringen i % av den totale energiavleiring vanlig vil ligge mellom 60 og 85 % gjennom vekstperioden, tilsvarende 40-15 % protein, er det fremholdt at det fra praktisk synspunkt kan forsvares at det ikke blir skilt mellom protein- og fettavleiring når man angir energiutnyttelsen ved vekst (se BREIREM & HOMB, l.c., s. 570-571). Dette vil si at man kan regne med en utnyttelseskoefisient $k_f + p$ istedenfor å

skille mellom k_f og k_p , hvor f = fettavleiring og p = proteinavleiring.

Energiutnyttelsen ved proteinsyntese i ulike husdyrproduksjoner.

VAN ES (Hülsenberger Gespräche, 1971) har sammenlignet den biokjemiske energiutnyttelse ved proteinsyntese med den utnyttelse som kan beregnes på grunnlag av dyreforsøk ved ulike husdyrproduksjoner.

Han går ut fra at det trengs 9-12 ATP/ADP-overganger ved syntese av 1 mol mono-aminosyre-peptid som tilnærmet vil tilsvare 100 g protein (se foran). Som "stofflig" energiinnhold i 100 g protein regner han med 570 kcal. Som energiomkostninger = "tillegg ved syntese" regner han pr. 100 g protein:

Heksoser $17,7 \times 9-12 = 159-212$ kcal

eller

protein $21,0 \times 9-12 = 189-252$

Anm. 17,7 og 21,0 kcal energiforbruk pr. mol ATP (ADP \rightarrow ATP) ved oksydasjon av glukose henholdsvis protein.

Regnet pr. kcal (stofflig) i protein utgjør "tillegget ved syntese" 0,3-0,5 kcal. Teoretisk utnyttelse blir da

$$\frac{1,0}{1,3 - 1,5} = \underline{77-67 \%}$$

Med støtte i tilgjengelige dyreforsøk beregnet VAN ES følgende utnyttelse:

	Tillegg ved syntese kcal pr. kcal i protein	Utnyttelse %
Eggproduksjon	0,57 - 0,47	64-68
Melkeproduksjon (komplisert)	0,57 - 0,24	64-80
Kjøttproduksjon: Kalver	0,75 - 0,85	} 1,0 50
Kyllinger	0,95	
Svin	0,9 - 1,8	

VAN ES kom således til at ved egg- og melkeproduksjonen er energiutnyttelsen ved proteinsyntesen av noenlunde samme størrelsesorden som den teoretisk beregnede. Ved kjøttproduksjon (vekst) er derimot energiomkostningene større enn de biokjemisk beregnede. Også SCHIEMANN (BREIREM & HOMB, l.c., s. 570) har fremholdt at man i melkeproduksjonen kan regne med høyere energiutnyttelse ved proteinsyntese enn ved produksjon av kjøtt under vekst. Årsaken til denne ulikhet mellom husdyrproduksjonene er ikke kjent.

han kalte det. Fra avvenning regnet Armsby med muligheten av tilnærmet samme utnyttelse av energien som hos utvoksne dyr.

Energibehovet hos slaktesvin.

Basert på undersøkelser i Møllgaards laboratorium, er det angitt to alternative metoder for beregning av den daglige energiavleiring hos slaktesvin (31):

- 1) 45-50 kcal pr. kg kroppsvekt
- 2) 5955-22,5 V kcal pr. 100 kg kroppsvekt + 10 %

Det er ved begge metoder tilrådet et tillegg på 10 % med henblikk på å oppnå ønskelig fettningsgrad. Etter alternativ 1 skjer dette ved å regne med 50 istedenfor 45 kcal pr. kg kroppsvekt. I tabell 48 er angitt energiavleiringen etter disse to alternativer. Til sammenligning er tatt med energiavleiringen pr. kg kroppsvekt etter en undersøkelse av Oslage.

Tabell 48. Daglig energiavleiring hos slaktesvin.

Vekt	Energiavleiring kcal pr. kg kroppsvekt pr. dag			Energiavleiring kcal pr. dag	
	Altern. 1	Altern. 2	e. Oslage	Altern. 1	Altern. 2
20	50	60,6		1000	1210
40	50	55,6	58,1	2000	2220
60	50	50,7	58,7	3000	3040
80	50	45,7	54,9	4000	3660
100		40,8	43,1		4080
120		35,8	36,8		4300
140		30,9	28,1		4300
160		25,9	24,0		4140

Energiavleiringen ifølge alternativ 2 må ansees best begrunnet, bl.a. på grunn av gyldighet over et vidt område. For baconsvin i perioden 20-90 kg er det imidlertid oppnådd gode resultater ved å regne med alternativ 1, altså at energiavleiringen stiger proporsjonalt med kroppsvekten opp til ca. 80 kg.

Nedenfor er det gitt et eksempel på beregningen av energibehovet til vekst hos slaktesvin ved vekt 60 kg:

Energiavleiring 3000 kcal pr. dag

$$\text{NK}_F\text{-behov pr. dag} = \frac{3000 \times 800}{1000} = 2400 \text{ NK}_F$$

$$\text{Behov for omsettelig energi (ME) pr. dag} = \frac{3000 \times 100}{67} = 4480 \text{ kcal ME}$$

For å finne energimengden i det samlede fôr, må energibehovet til vedlikehold adderes til energibehovet til vekst.

I tabell 49 er angitt det samlede energibehov hos slaktesvin ved tre vekter (20, 50 og 80 kg), beregnet etter de prinsipper som ovenfor er beskrevet for beregning av vedlikeholdsbehovet (s. 22-23) og produksjonsfôret til vekst.

Tabell 49. Det samlede energibehov hos slaktesvin beregnet faktorielt.

Energi- behov ut- trykt i		Vekt i kg		
		20	50	80
NK _F	131,5 NK _F v ^{0,56} (tab. 10)	700 NK _F	1180 NK _F	1530 NK _F
	Energiavleiring	1000 kcal	2500 kcal	4000 kcal
	NK _F -behov vekst	800 NK _F	2000 NK _F	3200 NK _F
	Samlet energibehov	1500 NK _F	3180 NK _F	4730 NK _F
ME	235,6 kcal ME v ^{0,56} (tab. 10)	1260 kcal	2110 kcal	2740 kcal
	Energiavleiring	1000 kcal	2500 kcal	4000 kcal
	Behov for ME, vekst	1490 kcal	2730 kcal	5970 kcal
	Samlet energibehov	2750 kcal	4840 kcal	8710 kcal

Energibehovet er i tabell 49 angitt både i NK_F og kcal omsettelig energi (ME). Det er vist at man kommer til praktisk talt samme fôrresjoner enten man bruker NK_F eller kcal ME som mål for fôrets energiverdi hos svin, forutsatt at man ved beregningen av fôrmidlenes NK_F-verdi bygger på fordøyeligheten hos svin (68, se også kurset fôrmidler og fôrkonservering).

Det ville også være mulig å angi energibehovet hos slaktesvin i NEF_s. Dette er ikke gjort her, bl.a. fordi det blir ansett tvilsomt å regne med 3/4 potens ved beregning av energibehovet til vedlikehold hos unge svin (se tabell 2, s. 14 og tabell 10, s. 22 og s. 15). Det er videre et spørsmål om man under vekst hos svin kan regne avleirede kalorier lik med NEF_s. Etter de før nevnte undersøkelser i Møllgaards laboratorium, kunne det komme på tale å regne med 960-970

NEF_s pr. 1000 avleirede kcal under vekst. Det er imidlertid ikke mulig å ta stilling til dette uten nærmere undersøkelser. Når det gjelder normer for energibehovet til slakte-svin, henvises for øvrig til kurset i praktisk fôringslære.

Energibehovet under vekst hos drøvtyggere.

Etter tilveksten hos kviger på normal fôring i Steensbergs forsøk (s. 62) og et anslått energiinnhold pr. kg tilvekst, er den daglige energiavleiring hos kviger angitt i tabell 50.

Tabell 50. Daglig energiavleiring hos kviger.

Alder i mnd.	Vekt i kg	Tilvekst g pr. dag	kcal pr. kg tilv.	kcal avleiret pr. dag
3	92	608	2300	1400
6	149	595	2000	1550
12	251	585	3300	1930
18	336	503	4000	2000

I tabell 51 er angitt det samlede energibehov, uttrykt i NK_F, for kviger av den størrelse som er angitt i tabell 50.

Tabell 51. Det samlede energibehov hos voksende kviger, angitt i NK_F, beregnet faktorielt.

Alder i mnd.	Vekt i kg	kg v ^{3/4}	Vedlikeholdsbehov (E _m =55,5 v ^{3/4}) NK _F	Tillegg for alder NK _F	Produksjon, kcal= NK _F	Samlet energibehov NK _F	Tilsvarende FE
3	92	29,7	1650	740(45 %)	1400	3790	2,3
6	149	42,6	2360	710(30 %)	1550	4620	2,8
12	251	63,0	3500	700(20 %)	1930	6130	3,7
18	336	78,4	4350	440(10 %)	2000	6790	4,1

Det teoretisk utledete energibehov i tabell 51 viser god overensstemmelse med normer oppstillet med støtte i praktiske forsøk (se praktisk fôringslære).

I tabell 52 er energibehovet hos kviger av samme størrelse som i tabell 50 og 51, angitt i NEF_r (Rostock-systemet).

Tabell 52. Det samlede energibehov hos voksende kviger,
angitt i NEF_r beregnet faktorielt.

Vekt kg	Vedlikeholds- behov ($E_m = 59,2 V^{3/4}$) NEF _r	Tillegg for alder NEF _r	Produksjon kcal = NEF _r	Samlet NEF _r
92	1760	790(45 %)	1400	3950
149	2520	760(30 %)	1550	4830
251	3720	750(20 %)	1930	6410
336	4640	460(10 %)	2000	7100

I tabell 53 er vist beregningen av energibehovet etter BLAXTER's system (sammenlign tabell 29) for kviger av samme størrelse som i tabellene 50-52. Det er regnet med de før nevnte typefórrasjoner (tabell 28 og tabell 3, Tilføyelse til energibehovet, 1967, rev. 1971).

Tabell 53. Det samlede energibehov hos voksende kviger,
angitt i ME, beregnet etter BLAXTER's system,
rev. 1971

Vekt kg	Vedlikehold			Produksjon			Samlet behov ME kcal	Ra- sjon nr. 3)
	Nettobehov (med alder) kcal	k _m ¹⁾	ME kcal	kcal	k _f ²⁾	ME kcal		
92	122 $V^{3/4} = 3620$	74,4	4870	1400	56,1	2500	7370	4
149	109 $V^{3/4} = 4640$	73,2	6340	1550	52,7	2940	9280	3
251	100 $V^{3/4} = 6300$	71,5	8810	1930	48,5	3980	12790	2
336	92 $V^{3/4} = 7210$	70,2	10270	2000	44,2	4530	14800	1

1) se tabell 8 (s. ny 19)

2) se tabell 26 (s. ny 49)

3) se tabell 8 og 26

I tabell 54 er beregnet hvor stor tørrstoffmengde det må tilføres i de ulike typefórrasjoner til å dekke energibehovet, angitt i NK_F, NEF_r og kcal/ME beregnet etter BLAXTER. Det er regnet med de tall for fórrasjonenes energiverdi som er angitt i tabell 3, Tilføyelse til energibehovet, 1967, rev. 1971. Til sammenligning med de tilsvarende beregninger ved fetning, henvises til tabellene 28-30 (s. ny 52-53, rev. 1971).

Tabell 54. Nødvendige mengder tørrstoff i typefórrasjoner, ved deknningen av voksende kvigers energibehov beregnet etter ulike systemer (se tabellene 51-53).

rev. 1971

Vekt kg	Fórrasjon nr.	kg tørrstoff til dekning av behovet for		
		NK _F (tab. 51)	NEF _r (tab. 52)	kcal ME (tab. 53)
92	4	2,3	2,5	2,5
149	3	3,3	3,2	3,4
251	2	5,2	4,8	5,1
336	1	7,4	6,1	6,5

Merk at vedlikeholdsbehovet utgjør ca. 1/3 av hele fórrasjonen (se tabellene 51-53).

Det er god overensstemmelse mellom størrelsen av fórrasjoner beregnet etter de tre ulike systemer for energivurdering, bortsett fra fórrasjon nr. 1 med 100 % høy. Denne rasjon blir undervurdert ved å regne med NK_F og overvurdert ved å regne med NEF_r (sammenlign s. 20 og s. 49-50).

Når det gjelder normer for energibehovet til vekst hos drøvtyggere, henvises ellers til den praktiske fórringslære.

b. Proteinbehovet til vekst.

Prinsipper.

Behovet for fordøyelig protein til vekst kan beregnes når man kjenner proteinavleiringen og utnyttelseskoeffisienten (avleiringskoeffisienten). Denne angir proteinavleiringen i prosent av det fordøyelige protein i produksjonsfóret. Behovet for fordøyelig protein til vedlikehold må adderes til behovet for fordøyelig protein til vekst for å finne det samlede behov for fordøyelig protein.

Man kan også beregne det samlede behov for protein under vekst etter den faktorielle metode, ved å regne med alle tap av nitrogen, nitrogenavleiringen og den biologiske verdi. Det er tidligere gitt eksempler på dette ved vedlikehold (s. 35-38) og fetning (s. 58-59).

Det samlede proteinbehov under vekst kan også fastsettes med støtte i fórringsforsøk med ulike proteinmengder. Som kriterier bruker man da tilvekst, fórrforbruk (pr. kg tilvekst) og kvaliteten av slaktene når det dreier seg om slaktedyr.

Hos enkeltmagede dyr er det ved siden av proteinmengden viktig å legge vekt på proteinkvaliteten (sammenlign s. 41).

Dette kan gjennomføres ved å ta hensyn til aminosyresammensetningen (se I. S. & E., s. 101-128 og den spesielle praktiske fôringslære for svin). Under vekst hos svin og kyllinger er aminosyren lysin ofte den begrensende faktor (41, s. 127).

Behovet for fordøyelig protein hos slaktesvin.

I Møllgaards laboratorium ble proteinbehovet hos slaktesvin undersøkt av Lund (60). Det ble gjennomført forsøk med to ekstreme proteinmengder, en stor mengde (23-27 % protein i tørrstoff) for å fastsette den maksimale proteinavleiring, og en liten mengde (13 % protein i tørrstoff) for å fastsette den maksimale utnyttelse. I forsøkene ble brukt litt melk, for øvrig planteprotein. Energiutnyttelsen i disse forsøk ble undersøkt av Breirem og er omtalt tidligere (tabell 47, s. 93). Utnyttelseskoeffisienten (avleiringskoeffisienten = k_A) for protein ble funnet ved følgende ligning:

$$k_A = \frac{\text{Proteinavleiring (N-balanse x 6,25)}}{\text{Apparent ford. protein-ford. protein til vedlikehold}} \times 100$$

Proteinbehovet til vedlikehold ble beregnet av Lund etter den metode som er angitt tidligere (s. 40-41).

Med støtte i forsøkene med lite protein fant Lund at k_A for protein kunne settes til 65.

I tabell 55 er angitt Lunds verdier for proteinavleiring, beregnet behov for fordøyelig protein til vekst og det samlede behov for fordøyelig protein.

Tabell 55. Behovet for fordøyelig protein pr. dag hos slaktesvin (Lund, 60).

Vekt, kg	Proteinavleiring g pr. dag	g ford. protein til vekst ved $k_A = 65$ 1)	g ford. protein til vedlikehold	Samlet behov for ford. protein, g
20	90,0	138	20	158
30	116,4	179	24	203
40	130,0	200	28	228
50	137,5	212	32	243
60	141,0	217	36	253
70	136,5	210	40	250
80	132,0	203	44	247
90	126,0	194	48	242
100b	120,0	185	52	237

1) Eks. Ved 40 kg avleires 130 g protein. Til vekst trengs da $130 \times 100 = 200$ g ford. protein

Den proteinavleiring som er funnet av Lund er høg og kan neppe regnes representativ (Sammenlign s. 88). Det ble brukt særdeles kjøttrike dyr i forsøkene. Ved svært høge proteinmengder kan det også bli funnet for høge N-balanser p.g.a. vanskelighetene med å få nitrogenutskillelsen nøyaktig bestemt (8, s. 160).

I senere forsøk med vanlige handelsdyr, fant Lund (103) hos svin på 50-60 kg en proteinavleiring på omkring 100 g pr. dag istedenfor 130-140 g. Oslage fant i slakteforsøk en proteinavleiring på 88 g pr. dag i vektintervallet 25-40 kg stigende til 109 g i vektintervallet 90-110 kg. I balanseforsøk var proteinavleiringen tilnærmet konstant, 104-117 kg pr. dag i vektintervallet 30 til 130 kg. I britiske nitrogenbalanseforsøk med svin i vektintervallet 27 til 40 kg ble det funnet 2,3-2,9 % nitrogen i tilveksten (41, s. 125), tilsvarende 14-18 % protein eller 90-110 g proteinavleiring pr. dag ved 600-700 g tilvekst. Homb og Lysø (61, 104) har i nitrogenbalanseforsøk funnet en proteinavleiring på opptil 100-120 g pr. dag hos slaktesvin på 30-60 kg, altså god overensstemmelse med Oslages forsøk (se tab. 52).

Hvorvidt man kan regne avleiringskoeffisienten for protein konstant gjennom oppfôringstiden til 100 kg er ikke avgjort. Etter undersøkelser i Göttingen av Lenkeit og medarbeidere (105) faller avleiringskoeffisienten for protein ved stigende alder. I tabell 56 er sammenstillet verdier for k_A for protein, beregnet etter forsøk av Lund (103) ved hans metode.

Tabell 56. Avleiringskoeffisienten for protein hos slaktesvin beregnet etter forsøk av Lund (103).

Vekt i kg gj.sn.	Antall forsøk	k_A (Lund)
20-40 29,0	24	63,8
40-60 46,9	18	54,8
60-84 71,0	15	45,9

Det fall i avleiringskoeffisienten som går fram av tabell 56 behøver imidlertid ikke å ha sammenheng med alderen. Man kan nemlig også få et fall hvis det tilføres mer protein enn dyrene har kapasitet for å avleire. Det er pekt på denne

mulighet i en amerikansk undersøkelse hvor det hos svin ble påvist et fall i biologisk verdi av protein fra 89,0 i vektintervallet 10-20 kg til 77,6 i vektintervallet 60-70 kg (106). Spørsmålet om avleiringskoeffisientens avhengighet av alderen bør derfor undersøkes nærmere. At det hos unge svin med kapasitet for stor proteinavleiring er berettiget å regne med avleiringskoeffisient 65, går fram av tabell 57 som bygger på en undersøkelse etter den latinske kvadratmetode av Homb og Lysø. Avleiringskoeffisienten er beregnet etter Lunds metode.

Tabell 57. Avleiringskoeffisienten hos slaktesvin beregnet etter forsøk av Homb og Lysø (105).

Gj.sn. vekt 40 kg (25-55 kg)

Periode	N i fôr g	Ford. N g	N-balanse g	g avleiret protein (N = 6,25)	k _A
1	27,6	20,1	+10,4	65,0	66,7
2	32,1	24,4	+12,7	79,0	63,8
3	36,5	28,4	+16,1	100,6	67,4
4	41,0	33,4	+17,9	111,9	62,0
				gj.sn.	65,0

I tabell 58 er behovet for fordøyelig protein hos slaktesvin beregnet ved å forutsette en proteinavleiring på 100-110 g pr. dag, samt at avleiringskoeffisienten faller slik som vist i tab. 56. Til sammenligning er tatt med proteinbehovet etter Lund (tabell 55).

Tabell 58. Behovet for fordøyelig protein pr. dag hos slaktesvin.

Vekt, kg	Protein- avleiring pr. dag	k _A	g ford. protein til vekst	g ford. protein til ved- likehold	Samlet behov for ford. protein, g	Behov e. Lund
30	100	65	154	24	178	203
50	110	55	200	32	232	243
80	110	45	245	44	289	247

De tall som er angitt i nest siste rubrikk i tabell 58 er i god overensstemmelse med normer utledet i praktiske for-

søk. Det henvises ellers til den spesielle praktiske fôringslære når det gjelder normer for proteinbehovet. ARC har gitt en fullstendig oversikt over proteinbehovet hos svin (41, s. 95-152).

Ved diskusjonen av proteinbehovet hos svin er her brukt Lunds metode. Den gir behovet i apparent fordøyelig protein. Hos svin hvor stoffskiftenitrogen i gjødselen utgjør bare 2 g pr. kg tørrstoff mot 5 g hos drøvtyggere, gir Lunds metode tilnærmet samme verdier for proteinbehovet som den faktorielle metode hvor man regner med biologisk verdi (se s. 41).

Proteinbehovet hos ungfe beregnet etter den faktorielle metode.

Det blir regnet med den størrelse og tilvekst hos kvi-ger som ble funnet av Steensberg ved normal fôring (se tabell 50, s. 97). Ifølge ARC blir det regnet med 2,4 % N i tilveksten (se s. 47). Videre blir det regnet med de før angitte stoffskiftevekter (tab. 51, s. 97) og fôrrasjoner (tab. 53 og 54, s. 98-99).

Eks.:

Kvige 6 mnd. Vekt 149 kg.

$\sqrt[3]{4} = 42,6$. Fôrrasjon: 50 % høy, 50 % kraftfôr på tørrstoffbasis, 3,3 kg tørrstoff

EUN (endogent urin-N, 8, s. 156)

$$0,14 \times 0,9 = 0,126, 0,126 \times 42,6 = 5,4 \text{ g N}$$

Hår og hudavfall (8, s. 157) = 0,8 " "

Tilvekst 595 g med 2,4 % N = 14,3 " "

20,5 g N

$20,5 \times 6,25 = 128,1 \text{ g protein}$

$128,1 \times \frac{100}{70} = 183,0 \text{ g nyttbart protein}$

	Behov for	
	<u>virkelig</u> <u>fordøyelig</u> <u>protein</u>	<u>apparent</u> <u>fordøyelig</u> <u>protein</u>
Nyttbart protein g	183	183
For stoffskiftenitrogen i gjødsla (MFN) se eks. s. 37	<u>147</u> (44,6x3,3)	<u>44</u> (13,4x3,3)
	<u>330 g</u>	<u>227 g</u>

I tabell 59 er sammenstillet det beregnede behov for protein hos kviger ved samme størrelse og tilvekst som angitt i tabell 50 (s. 97).

Tabell 59. Proteinbehovet hos kviger i vekst (se tabell 50), beregnet faktorielt etter ARC.

Alder i mnd.	Vekt i kg	Tilvekst g pr. dag	Behov pr. dag i g		
			Nyttbart protein	Virk. ford. protein	Apparent ford. protein
3	92	608	177	278	208
6	149	595	183	330	227
12	251	585	196	428	293
18	336	503	196	522	294

Til sammenligning med de verdier for behovet som er angitt i tabell 59, kan nevnes at ARC angir behovet for nyttbart protein ved vekt 150 kg til:

185 g ved 600 g tilvekst pr. dag
 270 " " 1000 " " " "

Blaxter & Mitchell (107) og Lofgren et al. (108) er ved bruk av den faktorielle metode kommet til høgere verdier for proteinbehovet hos unge enn beregnet i tabell 59, men det er ikke mulig å diskutere dette nærmere her.

Proteinbehovet hos unge, bestemt i fôringsforsøk og nitrogen-balanseforsøk.

En av de mest omfattende undersøkelser over proteinbehovet hos unge er utført av Steensberg (109, 110). Forsøkene ble utført med kviger og omfattet både vekstforsøk og nitrogen-balanseforsøk. Basert på forsøkene anga Steensberg normer for behovet av fordøyelig renprotein pr. dag. I tabell 60 er angitt tilsvarende tilnærmede normer for behovet av fordøyelig råprotein.

Tabell 60. Proteinbehovet hos unge e. Steensberg (109, 110).

Mnd.	g ford. råprotein pr. dag	
	Vekstforsøk (109)	N-balanseforsøk (110)
1-2	270	330
3-4	360	380
5-6	410	410
9-12	410	410
18-24	360	360

Som man vil se av tabellene 59 og 60, angir Steensbergs normer større proteinmengder enn det faktorielt beregnede proteinbehov etter ARC. I nitrogen-balanseforsøk fant Steensberg ved stor proteintilførsel følgende nitrogenavleiring:

	Avleiring pr. dag	
	<u>g N</u>	<u>g N x 6,25 (protein)</u>
3-6 mnd.	31,2	195
9-12 "	21,1	132

Avleiringen av nitrogen (protein) er vesentlig større enn beregnet etter ARC. Bli det regnet med 30 g N i tilveksten i overstående eksempel på beregning av proteinbehovet etter den faktorielle metode, vil behovet for nyttbart protein stige fra 183 til 323 g og behovet for apparent fordøyelig protein fra 227 til 367 g. Det blir da bra overensstemmelse med Steensbergs normer.

Som nevnt før (s. 101) har ARC (8, s. 160) pekt på at det er mulig at man ved nitrogenbalanseforsøk finner for høy proteinavleiring. Denne innvending kan imidlertid ikke gjøres gjeldende for den norm som er stilt opp av Steensberg på grunnlag av vekstforsøkene (se tab. 60).

Med støtte i nyere britiske undersøkelser (111) over kviger er det ved en daglig tilvekst på 680 g antydnet følgende norm for behovet for fordøyelig råprotein:

<u>Vekt, kg</u>	<u>g ford. råprotein pr. dag</u>
136	270
227	360
409	320

Under drektighet regnes med et tillegg på 140 g ford. råprotein pr. dag.

Disse normer er noe høyere enn etter den faktorielle beregning, men lågere enn Steensbergs normer. NRC (112) angir følgende normer for proteinbehovet hos ungfø:

<u>Vekt, kg</u>	<u>g ford. råprotein pr. dag</u>
100	280
250	400
400	420

Det er pekt på at proteinbehovet er avhengig av energimengden i fôrrasjonene, slik at tilveksten på en bestemt proteinmengde blir begrenset hvis energimengden er liten (109, 111).

Dette kan illustreres ved resultater fra et engelsk forsøk med kalver i de 3 første levemåneder. Både ved be-

grenset fôring og appetittfôring viste det seg at det ikke var noen fordeler ved å bruke kraftfôr med mer enn 16 % totalprotein (12-13 % fordøyelig råprotein). I 8.-12. uke var resultatene/bruk av kraftfôr med dette proteininnhold:

	<u>kg tilvekst pr. dag</u>	<u>g ford. råprotein pr. dag</u>
Begrenset fôring	0,66	250
Appetittfôring	0,97	330

Når det gjelder relasjonen mellom energitilførsel, proteintilførsel, proteinavleiring og tilvekst kan også vises til en undersøkelse fra Beltsville (114) som det ikke er mulig å drøfte nærmere her.

Steensbergs normer for proteinbehovet hos unge kan betegnes som noe rikelige. Det er mulig at det kan brukes noe mindre proteinmengder ved fôring med konsentrerte fôr-rasjoner med mye kraftfôr og ved fôring med melk og melke-erstatninger til unge kalver.

Ved oppdrett av unge er det imidlertid ofte aktuelt å bruke mye grovfôr. Ved en slik fôring kan protein lett bli den begrensende faktor, både p.g.a. knapp energitilførsel og p.g.a. stort utlegg av stoffskiftenitrogen i gjødsla (MFN). De proteinnormer som Steensberg har stillet opp med støtte i vekstforsøkene må derfor ansees godt be-grunnet.

Proteinkvotienten under vekst.

I motsetning til vedlikehold, fetning og laktasjon kan man ved vekst ikke regne med noen konstant verdi av proteinkvotienten (k). Dette er illustrert i tabell 61 ved å bruke slaktesvin som eksempel.

Tabell 61. Proteinkvotienten i fôret til slaktesvin.

Vekt, kg	Behov til vekst			Samlet behov			
	$\frac{NK_F}{(tab. 49)}$	g ford. protein (tab. 55)	k	$\frac{NK_F}{(tab. 49)}$	g ford. protein (tab. 55)	k	g ford. protein pr. f.e.
20	800	138	0,39	1500	158	0,24	174
50	2000	212	0,24	3180	243	0,17	125
80	3200	203	0,14	4730	247	0,12	86

Eks.: $\frac{138 \times 2,24}{800} = 0,39$

Som før nevnt (s. 41 og s. 59) svarer proteinkvotienten

til at man i praksis regner med g fordøyelig protein pr. FE (se siste rubrikk i tabell 61).

Fallet i proteinkvotient ved stigende alder beror på at proteinavleiringen utgjør en stadig mindre del av den samlede energiavleiring (se s. 87).

Det henvises ellers til den praktiske fôringslære når det gjelder angivelser av proteinbehovet i relasjon til energibehovet, i g fordøyelig protein pr. FE. Ut fra det synspunkt at behovet for essensielle næringsstoffer er bestemt av energibehovet (se s. 1) synes det å være rasjonelt å angi behovet for protein og andre næringsstoffer på denne måte. I en undersøkelse over sammenlignende ernæring kom Guilbert & Loosli (115, 5, s. 166) til, at når det ble regnet med fysiologisk ekvivalent alder (% av utvokset vekt), synes med visse forbehold behovet for protein, kalsium og fosfor å være likt hos forskjellige dyrearter, angitt i relasjon til energibehovet.

C. Behovet for vitaminer og mineralstoffer til vekst.

Behovet for vitaminer er diskutert i avsnittet om vitaminer, hovedavsnitt IV. At vitaminer er av betydning for veksten, viser seg ved at vitaminmangel kan føre til vekststans. Dette er et uspesifikt symptom da vekststans kan inntreffe ved mangel på flere ulike vitaminer. Det er viktig å merke seg at drøvtyggere får dekket behovet for B-vitaminer ved syntese i vommen. Av denne grunn behøver man normalt ikke å legge vekt på tilførselen av B-vitaminer i fôret til drøvtyggere.

Når det gjelder normer for behovet av vitaminer hos ulike husdyr, henvises til den spesielle praktiske fôringslære. Oppgaver over innholdet av vitaminer i fôrmidlene blir gitt i kurset om fôrmidler og fôrkonservering.

Behovet for mikro-mineralstoffer er behandlet i avsnittet om mineralstoffer i hovedavsnitt IV. Det samme gjelder behovet for makro-mineralstoffer. Normer for behovet av disse blir drøftet i den spesielle praktiske fôringslære. Behovet for makro-mineralstoffer kan regnes etter den faktorielle metode. Dette er behandlet inngående av ARC for drøvtyggere (8) og svin (41). Som eksempel kan her angis beregningen av behovet for kalsium hos en kvige på 12 mnd. med vekt 251 kg og 585 g tilvekst

pr. dag (se tabell 50, s. 97 og 59).

Avleiring av Ca (8, s. 16) $13,2 \times 0,585$ = 7,7 g Ca

Endogent tap av Ca (tab. 20 og 8, s. 26)
 $0,016 \times 251$ = 4,0 " "

Nettobehov 11,7 g Ca

Utnyttelse 50 % (8, s. 28)

Behov i fôret $\frac{11,7 \times 100}{50}$ = 23,4 g Ca

5. Laktasjon og næringsbehovet ved laktasjonen.

A. Melkens sammensetning.

a. Melkens innholdsstoffer.

Innledning.

Ved sekresjonen inneholder melken to flytende faser, fett og vann (116). Til fettfasen er knyttet fosfolipider, steroler og fettløselige vitaminer. I vannfasen finner man laktose, vannløselige vitaminer, mineralstoffer, samt proteinstoffer i kolloid tilstand. Dette vil si at melk er så vel en emulsjon, en oppløsning og en kolloid suspensjon. Disse tre fysiske former er nær knyttet til hverandre (116, 118, s. 397), og endring i en form kan derfor virke inn på en eller begge av de to andre former.

Man har brukt betegnelsen melkeplasma for den fettfri melk. Når også ostestoffet (kasein) er fjernet, er det blitt talt om melkeserum. Disse begreper vil tilnærmet tilsvare skummetmelk, henholdsvis myse (117).

Fettkuler.

Melkefettet fins i melken i små partikler, s.k. melkekuler eller fettkuler. Som gjennomsnittlig diameter for fettkulene er angitt (116, s. 220):

Jersey	3,5 μ
Hollender og Ayrshire	2,5 "
Geiter	2,0 "

Siden lang tid tilbake (119), bl.a. med støtte i den danske meierikjemiker Storchs undersøkelser (2, s. 397, 121), er det regnet med at fettkulene skulle være omgitt av en membran som ble antatt å bestå av protein. Det viste seg nemlig at det ikke var mulig å ryste ut melkefettet med eter alene, men at det krevdes en forbehandling med syre eller alkali som ble antatt å oppløse protein i membranen.

Hvorvidt fettkulene er omgitt av en egentlig membran har vært diskutert. Ut fra kolloidkjemiske synspunkter har man tenkt seg at kolloide proteinstoffer kan konsentreres på overflaten av fettkulene ved adsorbsjon. Disse proteinstoffer skulle da tjene som et beskyttelseskolloid (emulgator) og virke stabiliserende ved å nedsette grenseflate- spenningen mellom fettfasen og vannfasen (118, s. 399).

Det er imidlertid fremholdt av Palmer og hans skole (120,121) at det foruten en eventuell "adsorbsjonsmembran" også fins en "naturlig membran". Den siste blir angitt å bestå av protein (22-44 %), fosfolipider (13-26 %) og ikke fosforholdige lipider (56-78 %). I disse inngår så vel kolesterol, et triglyserid med høgt smeltepunkt, karoten og A-vitamin. Den hydrofile del av fosfolipidmolekylene er rettet ut mot vannfasen (116, s. 220). King (119) har gitt en fullstendig oversikt over fettkulmembranen. Denne viser likhet med andre biologiske membraner.

Under kjerning vil fosfolipidene løses fra fettkulene. Dette forklarer det høge innhold av fosfolipider i kjerne-melk (122).

Dannelsen av fløtelag på melken forklares ved at fettkulene slutter seg sammen. Ved homogenisering blir fettkulene mindre, og man unngår da fløtedannelsen (118, s. 397). Det er pekt på at homogenisering medfører flere fordeler for konsummelk, nemlig jevnere fordeling av fett og de fettløselige vitaminer, nedsatt fare for oksydajonsfeil, større smakelighet og raskere tømning av magen (123).

Melkefettets sammensetning.

I tabell 62 er gjengitt fettsyresammensetningen i fett fra kumelk, geitemelk og purkemelk basert på undersøkelser av fettkemikeren Hilditch.

Tabell 62. Fettsyresammensetningen i melkefett angitt i vekt % (Hilditch, e. 116, s. 222).

	<u>Kumelk</u>	<u>Geitemelk</u>	<u>Purkemelk</u>
<u>Mettede fettsyrer</u>			
Smørsyre C ₄	3	3	} 1
Kaprønsyre C ₆	1	2	
Kaprylsyre C ₈	1	3	
Kaprinsyre C ₁₀	3	10	
Laurinsyre C ₁₂	2	6	
Myristinsyre C ₁₄	10	12	2
Palmitinsyre C ₁₆	26	28	27
Stearinsyre C ₁₈	13	6	7
Arakinsyre C ₂₀	1	1	
<u>Monoensyrer</u>			
Myristolinsyre C ₁₄	1	1	
Palmitoinsyre C ₁₆	3	3	8
Oljesyre C ₁₈	32	21	37
<u>Diensyrer</u>			
Linolsyre C ₁₈	3	4	15
<u>Triensyrer</u>			
Linolensyre C ₁₈	1	spor	
<u>Andre fettsyrer</u>			
bl.a. 20-22 syrer med 4-6			
<u>dobbeltbindinger</u>	spor	spor	4
Reichert Meisls tall (129)	20-35	20-29	1,7
Jodtall (132)	25-45		

Det foreligger nyere omfattende undersøkelser over fettsyresammensetning i norsk kumelk og geitemelk (125, 126).

Fettsyresammensetningen kan variere noe bl.a. med fôringen. Ved fôring med rapsmel til melkekyr er det således påvist erukasyre i melkefett, en fettsyre som er typisk for korsblomstrede vekster, og ved fôring med tran og sildemel er funnet en økning i melkefettets innhold av høgt umettede C₂₀₋₂₂ syrer (127, 128). Størst veksling finner man i melkefettets innhold av oljesyre som øker, samtidig som innholdet av palmitinsyre og stearinsyre av-

tar (127); når det i fôret tilføres bløtt fett (umettet fett med høgt jodtall).

Som det går fram av tabell 62 er det stor ulikhet i fettsyresammensetningen i melk fra drøvtyggere og enkeltmagede dyr. Hos de første inneholder melkefettet mye av flyktige fettsyrer (C_4 - C_{10}). Det viser seg ved høge verdier av Reichert-Meissls tall (se tabell 62). Det høge innhold av flyktige fettsyrer i melken hos drøvtyggere har sammenheng med at det i melkekjertelen hos drøvtyggere syntetiseres fettsyrer med utgangspunkt i eddiksyre og β -hydroksysmørsyre (se senere og S.S. og E = den intermediære stoff- og energiomsetning s. 61).

For melkefett fra drøvtyggere er det videre karakteristisk at innholdet av polyensyrer (flerumettede fettsyrer) er lågt. Dette har sammenheng med at det i vommen foregår en hydrogenering ("herding") av polyensyrer tilført i fôret (se fordøyelsen). Dette medfører at polyensyreinnholdet er lite avhengig av fôringen. Ved fôring med ulike oljefrøprodukter kunne imidlertid Astrup (129) påvise ulikhet i polyensyreinnholdet i melkefett, og at dette hadde betydning for utviklingen av oksydasjonsfeil (høge poeng) slik som følgende tall viser:

	<u>Polyensyre</u> <u>%</u>	<u>Poeng for</u> <u>oksydasjonsfeil</u>	(Sum for 4) dommere
Soyabønner	4,4	320	
Linfrø	4,2	428	
Rapsfrø	3,1	215	

I melkefett er det små mengder av vaksinsyre, en C_{18} monoensyre som er isomer med oljesyre, men fast ved romtemperatur. Innholdet er størst hos dyr på beite. I undersøkelser i Nederland mente man å påvise at sommersmør fremmet veksten mer enn plantefett, og at dette berodde på melkefettets innhold av vaksinsyre. Det lyktes imidlertid ikke å bekrefte noen av delene (116, s. 226).

Det er påvist at melkefettet blir mer umettet (høgere jodtall) ved fôring som fremkaller sterkt fall i fettprosenten ved nedsettelse av forholdet mellom eddiksyre og andre fettsyrer i vommen (130, 133, s. 36).

Protein.

Kasein er det viktigste proteinstoff i melken. Det

er fosforholdig (fosfoproteid) typisk for melk. Kasein er heterogent og kan deles i ulike fraksjoner. De viktigste av disse er α -kasein, β -kasein og γ -kasein. Kasein kan felles med syre eller ved innvirkning av enzymet kymosin. Da dette har betydning ved ystning, blir kasein kalt ostestoff.

De viktigste av de andre proteinstoffer i melken er albumin og globulin. Disse proteinstoffer ble først påvist i melk av Sebelien, professor i kjemi ved Norges landbrukshøgskole inntil 1928, mens han i 1885 var Hammerstens medarbeider i Uppsala (117). Det er disse proteinstoffer som sammen med proteose-pepton inngår i myse (116, s. 205). Mens albumin i melk er forskjellig fra albumin i blod, er det stor likhet mellom globulin i melk og globulin i blod. Globulin-fraksjonen har betydning som bærer av immuniserende antistoffer (131). Dette forklarer råmelkens betydning når det gjelder å overføre passiv immunitet fra mor til avkom. I et forsøk ved Reading (Aschaffenburg) døde 5 av 6 kontrollkalver som ikke fikk råmelk, men ingen av 18 kalver som hadde fått vannfasen av råmelk til å begynne med (130, s. 377). Innholdet av globuliner i råmelk er meget stort sammenlignet med innholdet i vanlig melk.

Fordelingen av nitrogen i vanlig melk går fram av følgende avrundete tall (116, s. 236):

Kasein	78 %
Albumin	9 "
Globulin	4 "
Proteose-pepton	4 "
Ikke-protein-nitrogen	5 "

Ernæringsmessig er melkens protein av høy kvalitet med høgt innhold av lysin. Melkeprotein er derfor godt skikket til å supplere kornprodukter (116, s. 215 og I.S. og E., s. 126).

Laktose (Melkesukker).

Laktose er det typiske karbohydrat i melk. Det er et disakarid som består av glukose og galaktose. Laktose kan bestemmes direkte, og mengden blir da gjerne angitt som anhydrid (116, s. 200). Undertiden blir innholdet av laktose i melk regnet som differens.

Der høge utnyttelse av kalsium ved melkeernæring blir tilskrevet laktose som ved gjæring gir en lågere pH i tarmen. Mens moderate mengder laktose virker gunstig, kan store mengder (over 40 % i kosten) virke uheldig ved å fremkalle diaré (116, s. 202-203).

Mineralstoffer.

I tabell 63 er angitt innholdet av mineralstoffer i kumelk, etter en engelsk kilde (116).

Tabell 63. Innholdet av mineralstoffer i kumelk (e. Ling et al., 116, s. 216).

	<u>Makromineralstoffer</u>		<u>Mikromineralstoffer</u>
	<u>%</u>		<u>ppm</u>
Kalium	0,15	Jern	0,15-0,37
Natrium	0,05	Kopper	0,05-0,45
Kalsium	0,12	Kobolt	0,0002-0,0011
Magnesium	0,01	Jod	0,0007-0,082
Klor	0,11	Sink	0,0225-5,0
Fosfor	0,10	Mangan	0,037-0,37
		Strontium	0,0075-0,075

Melken har høgt innhold av mineralstoffene kalsium og fosfor, altså de mineralstoffer som er viktige ved kalcifikasjonen av skjelettet under veksten (se Mineralstoffskiftet). Hos husdyr med stor veksthastighet er innholdet av kalsium i melken større enn i kumelk, slik som følgende tall viser (116, s. 216):

	<u>% Ca</u>
Sauemelk	0,19
Purkemelk	0,27

Melk har lågt innhold av magnesium og jern og er derfor ikke fullstendig næring for dyr når melk blir brukt til dyr i vekst over lengre tid.

Som det går fram av tabell 63 er det variasjon i melkens innhold av mikromineralstoffer, selv om det blir regnet at innholdet av enkelte av disse står under fysiologisk kontroll (116, s. 219). Innholdet av jod i melken kan veksle sterkt med tilførselen i fôret.

Strontium viser en viss likhet med kalsium, bl.a. ved å bli avleiret i skjelettet. De problemer som reiser seg

ved at radioaktivt strontium fra kjernesprengninger gjennom fôret kan overføres til melken, blir ikke drøftet her.

Vitaminer.

Innholdet av de fettløselige vitaminer, A-vitamin, D-vitamin og E-vitamin, i melken vil veksle med fôringen. Dette vil bli behandlet i den praktiske fôringslære.

I tabell 64 er vist innholdet av karotenoider, A-vitamin og E-vitamin (tokoferol) hos hollender- og jerseyfe. Tallene stammer fra amerikanske undersøkelser og er gjennomsnitt for tre perioder av året.

Tabell 64. Innholdet av A-vitamin og E-vitamin i kumelk
Krukowsky et al. (131 og 116, s. 247).

	Karotenoider <u>ppm</u>	A-vitamin <u>ppm</u>	Tokoferol <u>ppm</u>
Hollender	4,9	5,8	22,2
Jersey	13,7	6,3	27,4

Den gule farge av Jerseymelk forklares ved det høge innhold av karoteinoider.

Innholdet av D-vitamin i melk er lågt (133, s. 192), og melk har derfor liten betydning som D-kilde i menneskeernæringen (116, s. 249). Nesten alt D-vitamin i melken fins som D₃, ifølge nyere tyske undersøkelser (134).

Innholdet av vannløselige vitaminer i melken påvirkes ikke av fôringen, men innholdet kan veksle med tidspunktet i laktasjonsperioden (116, s. 253).

I tabell 65 er etter Virtanen (135) gjengitt innholdet av vannløselige vitaminer i blandet finsk melk.

Tabell 65. Innholdet av vannløselige vitaminer i finsk melk. Virtanen (135).

Thiamin	mcg pr. 100 ml	43,4	± 2,6
Riboflavin	" " " "	293	±32
Nikotinsyre	" " " "	158	± 8,4
Pyridoxin	" " " "	53,0	± 6,3
Kalsiumpantoneat	" " " "	597	±62
Biotin	" " " "	3,13	± 0,84
Folinsyre	" " " "	3,18	± 0,19
B ₁₂	" " " "	0,523	± 0,048
Askorbinsyre	mg " " "	2,25	± 0,13

Ved syntetisk fôring av melkekyr (urea, cellulose, stivelse, sukker, planteoljer, fettløselige vitaminer og mineralstoffer) fant Virtanen tilnærmet samme innhold av vannløselige vitaminer i melken som ved vanlig fôring. Dette bekrefter at drøvtyggere er istand til å syntetisere disse vitaminer.

Etter andre kilder er innholdet av enkelte B-vitaminer noe lågere enn angitt i tabell 65 (7, s. 487, 116, s. 199). Fullstendige opplysninger om vitamininnholdet i melk er gitt i en tysk bok (Kirchgessner et al. 133).

Andre stoffer i melken.

Som nevnt før fins det fosfolipider og kolesterol sammen med melkefettet (116, s. 225). Fosfolipidene utgjør 1 % av melkefettet. I kumelk fins det 0,010-0,014 % kolesterol (100-140 mg pr. l melk = 250-350 mg pr. 100 g melkefett).

Foruten de før nevnte proteinstoffer i melken, finner man også enzymer (knyttet til fettkullemembranen, 116, s. 212). Man finner i melk også små mengder av nitrogenholdige stoffer som ikke er protein, nemlig aminosyrer, urea, kreatin m.m. (se foran og 116, s. 215).

Foruten laktose er det i melk også små mengder av andre karbohydrater (116, s. 203).

Det kan også nevnes at fremmedstoffer kan utskilles i melken, bl.a. antibiotika. Dette medfører problemer for meieriene bl.a. ved ysting og ved salg av konsummelk.

b. Det kvantitative innhold av hovedbestanddelene i melk.

I tabell 66 er sammenstilt en del analyser av melk fra ulike husdyr, for kumelk og geitemelk etter norske undersøkelser over meierimelk.

Tabell 66. Sammensetningen av melk.

	Norsk kumelk			Norsk geitemelk	Saue- melk	Purke- melk
	Støren & Døvle 1927-30 (136)	Mork 1937-40 (137)	Valen & Valen 1960 (126) (138)	Valen & Valen 1950 (126) (138)	(116)	(116)
Tørrstoff	12,21	12,62	12,73	11,81	18,4	20,1
Fett	3,72	3,80	3,82	3,48	7,5	8,5
Fettfritt tørrstoff					10,9	11,6
Protein	3,11	3,19	3,38	3,17	5,6	5,8
Melkesukker	4,64	4,87	4,81	4,33	4,4	4,8
Aske	0,72	0,72	0,72	0,83	0,87	0,94

Innenfor en dyreart kan det være betydelig variasjon i melkens sammensetning mellom raser og mellom individer. Dette viser at melkens sammensetning er genetisk betinget. Den mest variable bestanddel i melk er fett. Innenfor storfe utmerker en rase som Jersey seg ved høgt fettinnhold, ca. 5 %. Hos andre raser er det imidlertid ved avlsarbeide oppnådd en betydelig forhøyelse av melkens fettinnhold, hos hollenderfe i Nederland således fra 3,07 % i 1900 til 3,91 % i 1961 (139). Melkens fettinnhold endrer seg gjennom melkeperioden. Fettinnholdet er lågt når melkemengden er på det høyeste og stiger mot slutten av laktasjonsperioden når melkemengden faller (negativ korrelasjon med melkemengden, I. Johansson). Man har også dagsvariasjoner i melkens fettinnhold. ^{innholdet} Fett/ kan videre påvirkes av ytre forhold og av fôringa. Man kan få s.k. utypisk melk karakterisert ved et sterkt fall i melkens fettinnhold, f.eks. fra 3,5-4 % til 2-3 %, på ungt vårbeite, ved fôring med lite stråfôr og mye kraftfôr eller hvis hele fôrrasjonen er finmalt (116, s. 240). Ved en slik fôring avtar forholdet eddiksyre:propionsyre i vommen, og det antas at melkefettsyntesen da blir nedsatt som følge av mangel på eddiksyre (133, s. 13, se også senere). Det er vist at eddiksyre kan øke melkens fettinnhold (140).

Proteininnholdet er mer stabilt enn fettinnholdet, men viser en lignende tendens til endringer i laktasjonsperioden. Det er vist at innholdet av protein avtar ved nedsatt energimengde (mindre kraftfôr) i fôrrasjonen. Dette synes å ha sammenheng med at forholdet propionsyre: eddiksyre avtar ved slik fôring. Det er vist at propionsyre kan øke melkens proteininnhold (140, 133, s. 96). Den betydelige økning i melkens proteininnhold fra 1937-40 til 1950 (se tabell 66) kan utvilsomt forklares ved at fôringa er blitt bedre i løpet av dette tidsrom.

Mens melkens innhold av fett og protein stiger gjennom laktasjonsperioden, tenderer laktoseinnholdet til å gå ned. Det osmotiske trykk opprettholdes ved økning i kloridinnholdet. Dette inntreffer også når sykdom eller andre forstyrrelser fører til fall i melkeytelsen (7, s. 458-459).

Melkens sammensetning i relasjon til fôringa vil bli behandlet i den praktiske fôringlære. Det henvises ellers til litteraturen, bl.a. en tysk bok som gir en fullstendig oversikt over spørsmålet (Kirchgessner et al., 133).

Råmelk (Colostrum)

I tabell 67 er angitt sammensetningen av råmelk til sammenligning med vanlig melk.

Tabell 67. Sammensetningen av råmelk fra kyr (e. Ling et al., 116, s. 231).

		<u>Råmelk</u> <u>første dogn</u>	<u>Vanlig melk</u> <u>(Hollender)</u>
Fett	g/100 g	3,6	3,5
Fettfritt tørrstoff	" " "	19,5	8,6
Protein	" " "	14,2	3,25
Laktose	" " "	3,1	4,6
Aske	" " "	1,0	0,75
Karoten mcg/100 g		150	5
A-vitamin	" " "	140	6

Råmelken utmerker seg ved et stort innhold av protein, særlig globulin og albumin (141). Videre er det høgt innhold av aske, karoten og A-vitamin. Også for andre vitaminer er innholdet høyere (2-3 ganger) enn i vanlig melk. Råmelkens betydning for passiv immunisering av avkommet er nevnt foran (s. 113).

Sammenhengen mellom innholdet av fett og andre stoffer i melken.

Det er påvist sammenheng mellom innholdet av fett og andre stoffer i melken. Med kjennskap til fettinnholdet kan man derfor beregne innholdet av andre stoffer i melken.

Nedenfor er det angitt ligninger som er utledet for dansk meierimelk av Andersen og Langmack (142) og for norsk meierimelk av Mork (137). I disse ligninger er:

f = fettprosenten

p = proteinprosenten

r = rest (melkesukker + aske)

m = melkesukker

a = aske

Andersen og Landmark

$$t = 7,627 + 1,346 f \quad (1)$$

$$p = 1,597 + 0,446 f \quad (2)$$

$$r = 6,03 - 0,1 f \quad (3)$$

Mork

$$t = 7,70 + 1,29 f \quad (4)$$

$$p = 1,73 + 0,38 f \quad (5)$$

$$m = 5,33 - 0,11 f \quad (6)$$

$$a = 0,64 + 0,02 f \quad (7)$$

For blandet meierimelk gir disse ligninger gode resultater. De er derimot usikre for bruk i enkelte besetninger og for enkelte dyr. Særlig er dette tilfelle ved fôring som gir utypisk melk med nedsatt fettinnhold (se foran). I et materiale fra fôringsforsøk med geiter kunne Opstvedt (143) ikke påvise sikker korrelasjon mellom fettinnholdet og proteininnholdet.

For å få en god karakteristikk av melkens sammensetning, er det etter dette ønskelig å kjenne melkens innhold av protein, eventuelt fettfritt tørrstoff ved siden av fettinnholdet.

Melkens kaloriinnhold.

Innholdet av kalorier i melk kan bestemmes direkte ved kalorimetri eller det kan beregnes etter kjemisk sammensetning. Beregningen av kaloriinnholdet er diskutert av Breirem (144), som kom til at følgende faktorer kan tilrådes:

Melkefett	9,23	kcal	pr.	g
Melkesukker	3,70	"	"	"
Protein	5,85	"	"	"

Disse verdier er i god overensstemmelse med faktorer utledet ved regresjonsberegninger over kjemisk innhold og kaloriinnhold ifølge kalorimetri (145).

Det er påvist sterk korrelasjon mellom melkens fettinnhold og kaloriinnhold, $r=0,9814 \pm 0,0017$ (145). Det er derfor mulig med forholdsvis stor sikkerhet, å beregne melkens kaloriinnhold når man kjenner fettinnholdet. For denne beregning er det utledet rettlinjede ligninger. Som eksempel kan gjengis en ligning av Møllgaard (2,

s. 400) utledet for rødt dansk melkefe gjeldende ved et fettinnhold mellom 3 og 5 %

$$K = 280,6 + 115 f \quad (8)$$

K = kcal pr. l

f = fett %

En annen ligning er angitt av Gaines (146):

$$K = 112,3 (2,66 + f) \quad (9)$$

Ligning (10) kan gis samme form som ligning (8):

$$K = 298,7 + 112,3 f \quad (10)$$

En senere modifikasjon (147) er:

$$K = 304,8 + 114,1 f \quad (11)$$

Det er utledet også andre ligninger, bl.a. for ulike raser av melkefe (145).

I tabell 68 er angitt kaloriinnholdet i melk med 3 til 5 % fett beregnet etter Møllgaard og etter Gaines.

Tabell 68. Beregnet kaloriinnhold i melk med ulikt fettinnhold.

<u>% fett</u>	<u>kcal pr. kg</u>	
	<u>Møllgaard lign. (8)</u>	<u>Gaines lign. (10)</u>
3	626	636
4	741	749
5	856	861

Ifølge Bonnier og medarbeidere (148) er det ikke helt rettlinjert sammenheng mellom fettinnholdet og kaloriinnholdet i melk, og de tilråder å regne med kaloriinnholdet etter grafisk utjevning. Tyrrel & Reid (149) kommer derimot til at reduksjonen av feilen er svært liten ved å ta hensyn til den tilsynelatende krumlinjede sammenheng. De peker videre på at når melkens fettinnhold ligger mellom 3 og 4 % er det bemerkelsesverdig god overensstemmelse mellom den direkte bestemte energiverdi og energiverdien beregnet etter fettinnholdet. For melk med under 3 % fett, s.k. utypisk melk (se foran), vil man derimot komme til for lågt energiinnhold ved å beregne dette etter fettinnholdet. De tilråder derfor å ta hensyn til både fettinnholdet og innholdet av fettfritt tørr-

stoff ved å bruke følgende ligning (omregnet til kg):

$$K = 92,2 f + 49,2 ft - 56,4 \quad (12)$$

K = kcal pr. kg

f = % fett

ft = % fettfritt tørrstoff

Eksempel på beregning:

Det regnes med følgende innhold i melk (Valen & Valen, tabell 66):

3,82 % fett

8,91 " fettfritt tørrstoff

Beregnet etter Gaines (ligning 10)

$$298,7 + 112,3 \times 3,82 = \underline{728} \text{ kcal pr. kg}$$

Beregnet etter Tyrrel & Reid (ligning 12)

$$92,2 \times 3,82 + 49,2 \times 8,91 - 56,4 = \underline{744} \text{ kcal pr. kg}$$

4 % målemelk.

Møllgaard foreslo å måle melkemengden i M.E. = melkeenheter = 1000 kcal i melk. Dette er imidlertid lite brukt.

Gaines (146, 150) regnet også at melkemengden skulle angis i energienheter, men som måleenhet foreslo han en vektenhet FCM (Fat corrected milk). I de skandinaviske land har man etter Frederiksen brukt betegnelsen 4 % målemelk (4 % m.m.). For beregningen av 4 % målemelk (FCM) brukes følgende formler (Gaines):

$$FCM = M \times 0,4 + F \times 15 \quad (13)$$

Denne formel kan omformes:

$$FCM = M \times 0,4 + M \times f \times 0,15 \quad (14)$$

$$FCM = M (0,4 + f \times 0,15) \quad (15)$$

M = melkemengde

F = fettmengde

f = % fett

For finsk melk angir Pöijärvi og Listo følgende formel:

$$FCM = M \times 0,5 + F \times 12,5 \quad (16)$$

I tabell 69 er angitt kg 4 % målemelk (FCM) i melk med 3 til 5 % melk beregnet etter Gaines (ligning 13-14)

og etter Poijärvi og Listo (ligning 16). Til sammenligning er også angitt 4 % målemelk etter den grafiske utjevning av Bonnier og medarbeidere (146).

Tabell 69. 4 % målemelk (FCM) i melk med forskjellig fettinnhold.

% fett	kg 4 % målemelk pr. kg melk		
	e. Gaines	e. Poijärvi & Listo	e. Bonnier og medarbeidere
3	0,85	0,875	0,862
4	1,00	1,000	1,000
5	1,15	1,125	1,160

Som det går fram av tabell 69, har det liten reell betydning å fravike Gaines metode til beregning av 4 % målemelk. Gaines metode har fått universel utbredelse. Dette har sammenheng med at det ikke minst for praktikere, er meget anskuelig å angi ytelsen i forhold til en vekt-enhet melk med et bestemt fettinnhold. Man får nemlig tallstørrelser som man er vant til å regne med. Det må imidlertid fremheves, at det er energiinnholdet og ikke fettinnholdet som er den egentlige måleenhet.

For utypisk melk med lågt fettinnhold (se foran) kan det komme på tale å beregne tørrestoffkorrigert melk (SCM) etter Tyrrel & Reid (146) ved følgende formel:

$$SCM = 12,3 \times F + 6,56 \times FT - 0,0752 M \quad (16)$$

F = kg fett

FT = kg fettfritt tørrestoff

M = kg melk

For vanlig melk vil FCM og SCM falle nær sammen som følgende eksempel viser:

1 kg melk med 3,82 % fett og 8,91 % fettfritt tørrestoff svarer til

$$1 \times 0,4 + 15 \times 0,0382 = 0,973 \text{ kg FCM}$$

$$12,3 \times 0,0382 + 6,56 \times 0,0891 - 0,0752 \times 1,0 = 0,979 \text{ kg SCM}$$

I tabell 70 er beregnet FCM og SCM i tre prøver av utypisk melk fra Landbrukshøgskolen (A. Ekern) hvor det også ble utført kalorimetri.

Tabell 70. Innholdet av FCM og SCM beregnet for utypisk melk (Ekern).

	<u>Ku nr.</u> <u>1859</u>	<u>Ku nr.</u> <u>1847</u>	<u>Ku nr.</u> <u>1828</u>
<u>Observervert:</u>			
% fett	1,77	2,37	1,43
% fettfritt tørrstoff	9,93	8,69	11,33
kcal pr. kg	518	555	471
<u>Beregnet:</u>			
FCM pr. kg	0,666	0,756	0,615
SCM pr. kg	0,795	0,788	0,844
kcal pr. kg FCM	777	727	766
kcal pr. kg SCM	652	704	558

Etter disse eksempler som understøttes også av andre, ser det ikke ut som man gjør noen alvorlige feil ved å bruke FCM som mål for kaloriinnholdet også i utypisk melk. Kaloriinnholdet pr. kg beregnet FCM tenderer riktignok til å ligge litt høgt sammenlignet med det vanlig antatte innhold på 700-750 kcal (se neste avsnitt). Kaloriinnholdet pr. kg beregnet SCM ligger lågere og varierer mye. For en del prøver ville man overvurdere energiinnholdet vesentlig ved å regne 700-750 kcal pr. kg SCM.

Innholdet av kalorier og protein i 4 % målemelk.

At melkeytelsen blir målt i % målemelk, vil som antydnet ovenfor egentlig si, at man bruker kaloriinnholdet i 1 kg 4 % målemelk som enhet. Det har vært vanlig å regne at 1 kg 4 % målemelk tilsvarer 750 kcal (se tabell 68). Etter en del nyere undersøkelser (39) er det ved kaloriometri i melken imidlertid funnet et kaloriinnhold på 700-720 kcal pr. kg beregnet 4 % målemelk. Ved beregning av kaloriinnholdet i geitemelk etter den kjemiske sammensetning kom, ⁽¹⁴³⁾ Opstvedt til 700 (696) kcal pr. kg geitemelk med 4 % fett. Gaines formel (ligning 13-15) for beregning av målemelk passet imidlertid godt også hos geiter. Det synes således ikke å være noe i veien for å fortsette å regne med 4 % målemelk etter Gaines, selv om ^{kalori-}innholdet vil vise seg å være 700-720 istedenfor 750 kcal pr. kg. Spørsmålet er imidlertid ikke avklart ennå.

At man angir melkeytelsen i kalorier eller 4 % målemelk medfører store fordeler når man skal angi energibehovet i melkeproduksjonen. Energibehovet (nettobehovet)

er nemlig bestemt av den mengde kalorier som blir utskilt i melken. Dette er analogt med, at man ved fetning og vekst regner at nettobehovet er bestemt av energiavleiringen (sammenlign s. 44-45, s. 86 og s. 90). Ved melkeproduksjonen er det imidlertid lettere enn ved fetning og vekst å skaffe pålitelige uttrykk for energiproduksjonen.

At man måler melkeytelsen i kalorier eller 4 % målemelk, medfører også fordeler når man skal angi proteinbehovet. For vanlig melk kan man nemlig regne et tilnærmet konstant forhold mellom kalorier og protein. I Møllgaards stoffskifteforsøk med melkekyr var således ca. 25 % av energien i melken bundet til protein når fettinnholdet lå mellom 3,13 og 4,84 (151, s. 79).

Det blir vanlig regnet, at 1 kg 4 % målemelk inneholder 34 g protein. Dette synes å stemme godt for norsk melk. Beregnet etter Valens analyser av meierimelk (138) kom Ekern (152) til følgende proteininnhold pr. kg 4 % målemelk:

<u>Fett-%</u>	<u>g protein pr. kg 4 % m.m.</u>
3,0	36,4
4,0	34,3
5,0	32,8

For melk fra ulike raser av melkefe ble det i USA funnet lignende verdier (145).

B. Laktasjonens fysiologi.

Melkekjertelen.

Mens avleiringen av kroppsmateriale under produksjonene fetning og vekst omfatter hele organismen, er laktasjonen knyttet til et enkelt organ, nemlig melkekjertelen (Mamma). Bygningen av melkekjertelen hos ulike dyrearter og melkekjertelens funksjon forutsettes kjent fra undervisningen i anatomi og fysiologi. Det henvises for øvrig til litteraturen (153, 154, 155, 156, 157, 158). Morfologisk sett regner man at melkekjertelen er sterkt modifiserte fettkjertler, dvs. at melkekjertelen skulle høre til hudkjertlene. Fysiologisk sett er sammenhengen mellom kjønnsvirksomheten og melkekjertelens funksjon av størst interesse. Melkekjertelen er hos pattedyrene (mammalia) beregnet på ernæringen av det nyfødte

avkom og står således i reproduksjonens tjeneste. Hos storfe og geiter er imidlertid kapasiteten for produksjon av melk, ved avl utviklet til langt å overstige avkommets behov.

Melkekjertelen fins hos begge kjønn, men utvikles normalt bare hos hunddyrene. Utviklingen forløper parallelt med utviklingen av de hunlige kjønnsorganer (se senere).

Hormonal regulering av melkekjertelens utvikling.

Ved fødselen er melkekjertel og spener utviklet, men med ubetydelig kjertelvev. Etter fødselen vokser melkekjertelen parallelt med andre organer. Den egentlige utvikling av kjertelvevet i melkekjertelen begynner imidlertid først ved kjønnsmodningen. Utviklingen er betinget av hormoner, dels fra ovarier og dels fra hypofysen (154, 157, 158, 159, 160).

I ovariene blir det fra kjønnsmodningen dannet østrogener i de Graafske follikler (eggblærene). Østrogener er en samlebetegnelse for de hunlige kjønshormoner som fremkaller brunst. Man regner at østrogener fremmer utviklingen av melkegangene, tilsvarende grenene på et tre. Denne utvikling fortsetter etterhvert som det ved hver ny brunstperiode blir tilført østrogener.

Når follikelen brister, blir det på dens plass dannet et gult legeme (Corpus luteum) som er en kjertel som utskiller hormonet progesteron (progestin). Hvis det ikke inntreffer drektighet, forsvinner det gule legeme raskt, mens det ved drektighet blir beholdt gjennom drektighetstiden. Progesteron vil da fremme den videre vekst av melkekjertelen med dannelsen av de finere melkeganger og alveoler. Man har sammenlignet dette med dannelsen av blad på et tre, hvor grenene tilsvarer melkegangene, eller med drueklaser hvor hver enkelt drue svarer til en alveol (158, s. 237).

Det er funnet at ovariehormonene har liten virkning hvis hypofysen blir fjernet. Dette tyder på at et samspill mellom hypofyse- og ovariehormoner er nødvendig for normal utvikling av melkekjertelen.

Det blir regnet med at hormonene fra ovariene vil virke inn på utskillelsen av hormoner fra hypofysen. To av hypofysehormonene, veksthormonet (somatotropin) og prolaktin

vil så virke fremmende på melkekjertelens vekst (159, s. 144, 160). Det kan ellers merkes at utskillelsen av hormoner fra hypofysen iallfall i en viss utstrekning, synes å bli regulert av hormoner fra hypothalamus, s.k. nervehormoner. Over hypothalamus er det således mulig at nerveimpulser kan gjøre seg gjeldende gjennom det endokrine system (160, 161, s. 198). Det kan merkes at hypofysen påvirker utviklingen av ovariene ved de sk. gonadotrope faktorer (Det follikelstimulerende hormon = FSH, det luteiniserende hormon = LH og det luteotrope hormon). Dette synes også å skje ved påvirkning av nervehormoner fra hypothalamus.

Hos kviger vil utviklingen av melkeganger og alveoler være avsluttet i første halvpart til to tredjedeler av drektighetstiden (158). Melkeganger og alveoler erstatter fett, og melkekjertelens størrelse øker derfor lite i denne periode. Når melkekjertelen øker i størrelse i den siste tid før fødselen, beror dette på at melkesekresjonen kommer i gang. Alveoler og melkeganger fylles med sekret (kolostrum = råmelk, se foran), og dette øker melkekjertelens størrelse (Turner, 158, s. 237).

Hormonal regulering av melkesekresjonen.

Det regnes med at det før nevnte hormon fra hypofyseforlappen, prolaktin (lactogen) er en betingelse både for å innlede og for å holde melkesekresjonen i gang. Stimulering av spenene virker, visstnok ved nerveimpulser over hypothalamus, til å fremme utskillelsen av prolaktin (158, s. 245).

For å opprettholde normal melkesekresjon trengs det foruten prolaktin også et annet hormon fra hypofyseforlappen nemlig ACTH (det adrenalcorticotrope hormon). Dette hormon stimulerer utskillelsen av hormoner fra binyrebarken, de s.k. corticoider. Disse er således nødvendige for melkesekresjonen (161, s. 171 og s. 177).

Av andre hormoner fra hypofyseforlappen som er av betydning for melkesekresjonen kan nevnes veksthormonet og den thyrotrope faktor som fremmer utskillelsen av thyroxin fra skjoldbruskkjertelen (Gl. Thyroidea). Selv om Thyroidea ikke er noen nødvendig betingelse for melkesekresjonen, har

thyroxin en sterkt økende virkning på melkesekresjonen særlig i begynnelsen av laktasjonen. Dette kan bero på den velkjente stimulerende virkning av thyroxin på stoffskiftet (161, s. 189).

Når det gjelder den hormonale regulering av melkekjertelens utvikling og sekresjon, er det etter denne oversikt treffende når hypofysen er betegnet som "dirigerten i det endokrine orkester" (10, 1, s. 576). Med henblikk på selve sekresjonen, er det nevnt at man ikke må regne bare med prolaktin, men med ^{et} "lactogent kompleks av hypofyseforlapphormoner" (161, s. 191). Ved å virke inn på stoffskiftet vil også andre hormoner enn de som er nevnt ovenfor, indirekte kunne ha innvirkning på melkesekresjonen (se Cowie 161, s. 168).

Det har vært diskutert hvorledes melkesekresjonen blir innledet etter fødselen. Som allerede nevnt begynner sekresjonen allerede i den siste del av ^{direktighets} /perioden. At sekresjonen tilsynelatende øker så sterkt etter fødselen, kan da ifølge E.W. Petersen enklest forklares ved at sekresjonen fremmes når reaksjonsproduktet blir skaffet bort ved melking etter fødselen. Dette vil si at stimulerende faktorer (nedlating, se senere) skulle være avgjørende (162, s. 355).

Det er også pekt på at økning av østrogenutskillelsen de siste tre uker av direktighetstiden har betydning, både for å fremkalle fødselen og for å stimulere utskillelsen av prolaktin fra hypofysen (Turner, 158, s. 245). Videre er fremholdt at fosterhinnene (placenta) utskiller hormoner som hemmer melkesekresjonen, og at denne hemmende virkning faller bort når fosterhinnene avstøtes (160).

Hormonal regulering av melkens utskillelse (nedlating).

Utskillelsen av melken blir fremmet av et hormon, oxytocin som blir utskilt i hypofyse-baklappen (neuro-hypofysen) ved påvirkning over hypothalamus (163). Det kan derfor tales om et s.k. nervehormon (se foran). Utskillelsen fremkalles ved en nervøs refleks (162) som utløses f.eks. ved stimulering av juret med en varm, våt klut. Utløsningen av refleksens kan imidlertid undertiden skje også på annen måte

f.eks. ved støy av melkemaskiner eller spenn eller ved at dyrene blir vennet til å få fôr før melkingen.

Oxytocin fremmer nedlatingen av melken ved en kontraksjon av musklene omkring alveolene, hvorved melken blir presset ned i melkeganger og melkecisterner. Dette er blitt sammenlignet med at man får væsken til å renne ut av en øyenpipette ved å trykke på gummiblæren.

Det tar bare 3/4 min. fra stimulansen til virkningen av oxytocin på nedlatingen (162). Virkningen av oxytocin er begrenset til en kort periode, 5-10 min. Det er derfor viktig å innarbeide en melkingsteknikk som gjør det mulig å fullføre melkingen i løpet av denne begrensede tid. Etter E.W. Petersen blir det talt om hurtigmelking eller kontrollert melking. Dette vil bli behandlet nærmere i den praktiske fôringslære. Det er vist at stimulering av juret 15-20 min. før melking virker både til å nedsette melkemengden og til å øke tidsforbruket ved melkingen (162, 164). Uten virkning av oxytocin får man^{bare} utskilt melken i melkecisternen og de grovere melkeganger. I de finere melkeganger og alveolene oppstår det et trykk som nedsetter melkesekresjonen. Dette forklarer at melkemengden blir mindre. Ved ufullstendig nedlating p.g.a. manglende oxytocinvirkning, blir det store variasjoner i melkemengden mellom melkinger og mellom dager. Det kan være så mye som 3-4 kg melk igjen i juret hos kyr som ikke later ned melken. Juret vil da føles hårdt.

Ufullstendig nedlating som fører til forlenget melking, kan være genetisk betinget. Nedlatingen kan imidlertid også hemmes hvis dyrene blir skremte eller opphissede. Dyrene vil da "holde melken", men dette betyr egentlig at dyrene ikke "gir ned" (later ned). At dyrene holder melken, er i likhet med nedlatingen, en ufrivillig virkning, frembragt ved hormonet adrenalin fra binyremargen. Dette hormon frembringer en kontraksjon av blodkarene hvorved virkningen av oxytocin blir nedsatt (157, s. 228). Mishandling av dyrene, sterk støy eller fremmede mennesker kan være årsak til utskillelse av adrenalin og dermed til at melken blir holdt.

Undersøkelsene over den hormonale regulering av nedlatingen bekrefter de praktiske erfaringer som går ut på at

godt utført melking og godt stell av dyrene er viktig i melkeproduksjonen.

Stimulering av laktasjonen ved hormonpreparater.

De resultater som er oppnådd ved forskningen over den hormonale regulering av laktasjonen har reist spørsmålet om det kan komme på tale å bruke hormonpreparater for å stimulere laktasjonen. I 1940-årene ble dette spørsmål omfattet med stor interesse. Det henvises til oversikter (7, s. 453-454, 165, 166, 167, 168)

Østrogener. Ved injeksjon eller ved subkutan implantasjon av tabletter med østrogener eller østrogener i kombinasjon med progesteron, har man fremkalt utvikling av melkekjertelen og melkesekresjon hos ikke drektige kviger, kyr og geiter. Dette kunne ha interesse hos dyr som det ikke er mulig å få drektige (165, s. 321). Det er imidlertid funnet stor individuell variasjon i ytelsen. Behandlingen kan også medføre ulemper som nymfomani, slappe bekkenbånd og bekkenbrudd (7, s. 454). Metoden har ikke fått noen betydning i praksis, selv om østrogener er fremstillet syntetisk.

Veksthormon (somatotropin). Ved injeksjoner av veksthormon er påvist økning i melkesekresjonen (165, s. 349). I praksis har ikke dette fått noen betydning da veksthormonet ikke er fremstilt syntetisk.

Thyroproteiner, thyroxin. Størst interesse har det vært for bruk av preparater som tilfører skjoldbruskkjertelhormonet thyroxin og som kan gis i fôret. Det ble i 1939 påvist at man ved jodering av protein kan fremstille preparater med thyroxin-virkning. Thyroxin blir dannet av aminosyren tyrosin. Disse preparater ble kalt thyroproteiner. Mest kjent er jodkasein. Innholdet av thyroxin er variabelt, og må kontrolleres. Det er også fremstilt syntetisk l-thyroxin for tilskudd i fôret. Vanlig dosering til melkekyr har vært 10-20 g jodkasein eller opptil 80 mg l-thyroxin pr. dag.

Virkningen av tilskudd av jodkasein eller thyroxin er størst i den avtagende fase av laktasjonen. Både melkemengde og fettprosent stiger, og fettmengden vil derfor øke mer enn melkemengden. Det er stor individuell variasjon i utslagene. I forsøk som har strukket seg over noen uker (3-8) er det

funnet en økning i melkemengden på 10-25 % og i fettprosenten på 0,2-0,4 enheter (165, s. 354), men det er også funnet større utslag. Angitt i prosent er økningen størst hos lågtmelkende kyr (168). Virkningen av tilskuddet avtar, og etter 8-10 uker kan ytelsen være lågere enn hos kontrollkyr som ikke får tilskudd.

Ekstra fôrtilskudd kan motvirke dette fall i ytelse. Det regnes imidlertid med at den avtagende virkning er homeostatisk betinget, fremkalt ved at dyrene nedsetter sin egen thyroxin-produksjon. Selv om tilskudd av jodkasein eller thyroxin kan øke ytelsen med 20-25 % i en begrenset del av laktasjonen, er virkningen på ytelsen for hele laktasjonsperioden anslått til å være bare 2-3 % (Blaxter, 167, s. 230).

Som nevnt under vedlikehold (s. 30) vil thyroxin stimulere stoffskiftet og dermed øke energibehovet til vedlikehold. Dette forklarer at man ved tilskudd av thyroxin hos melkekyr finner vekttap. Dette kan forebygges ved ekstra fôrtilskudd, men fôromkostningene blir da større. I danske stoffskifteforsøk med melkekyr (169, se også 167, s. 240) ble det ved tilskudd av jodkasein funnet ca. 30 % økning i varmereproduksjonen. Melkeproduksjonen, angitt i kalorier, øket med 35 %, men tilskuddet medførte at energibalansen ble negativ (ca. - 6000 kcal^{pr. døgn}), mot positiv (ca. + 5000 kcal) uten tilskudd. Når det ble forutsatt samme vedlikeholdsbehov med og uten tilskudd, ble det beregnet at økningen i melkeytelse hadde kostet tre ganger så stort produksjonsfôr som normalt.

Disse resultater forklarer at det nå er liten interesse for å gi tilskudd av jodkasein eller thyroxin til melkekyr. Disse preparater har ikke vært tillatt brukt i Europa. Det har vært antydnet at tilskudd i en begrenset periode på 6-8 uker kunne ha interesse i melkeknappe perioder på ettervinteren (11) eller til kyr som bruker fôret til fettavleiring istedenfor laktasjon. Man har ikke påvist overføring av thyroxin i melken. Det regnes med at fri adgang til thyroxinpreparater ville være betenkelig, da de kunne brukes til å fremkalle kunstig høge tall i ytelseskontrollen i besetninger der høg ytelse blir tillagt stor vekt.

Sekresjonen.

Sekresjonen foregår i epitelcellene som kler alveolene innvendig. Det skilles mellom en hvilefase, en sekresjonsfase og en ekskresjons- eller utskillelsesfase. Cellene endrer form fra kubiske sammentrykte under hvilefasen til langstrakte cylindriske under sekresjonsfasen.

I sekresjonsfasen opptar cellene næringsstoffer fra blodet. De dannede stoffer, bl.a. melkefettkuler samles i den del av cellene som vender mot alveolene. Under utskillelsesfasen blir sekretet avstøtt ved brudd av celleveggen. Denne går så sammen igjen, og cellen går inn i en ny sekresjonsfase (158, s. 237). Celleveggen må oppfattes nærmest som fortettet protoplasma.

Epitelcellene er rike på kjerner, og en del av disse blir nedbrutte under sekresjonen, et uttrykk for celledød (156, s. 90). Det regnes med en viss destruksjon av alveolene i løpet av en laktasjonsperiode, og det trengs derfor en regenerasjon før den nye laktasjonsperiode. Av denne grunn er det nødvendig med en tørrperiode (se senere). En ny drektighet er videre nødvendig for å stimulere gjenveksten av alveolene med deres epitelceller (158, s. 240). Degenerasjonen av alveolene har vært sammenlignet med løvfall fra et tre, analogt med at man har sammenlignet utviklingen av alveolene med bladdannelsen.

De histologiske forhold ved sekresjonen blir ellers regnet å ligge utenfor rammen av dette kurs, og det henvises derfor til litteraturen (153, 154, 156, 158).

Man mente tidligere at en stor del av melkesekresjonen foregår under selve melkingen (162, s. 356). Dette beror imidlertid på at sekresjon og nedlating ble forvekslet. Det blir nå regnet at sekresjonen foregår i tiden mellom melkingene. Under selve melkingen synes det ikke å foregå noen sekresjon, og denne avtar i tiden fram til ny melking etter hvert som det blir oppsamlet sekret i alveolene (Shaw & Petersen, (162). Det blir talt om et s.k. melketrykk som nedsetter sekresjonen, tilsvarende nedgangen i hastigheten av kjemiske prosesser når reaksjonsproduktene ikke blir skaffet bort. Når trykket av melken kommer opp i 30-40 mm H

stopper melkesekresjonen helt, og det foregår da en resorbsjon av melk. Man gjør bruk av dette ved tvangsavlating, dvs. når en avlater melkekyr ved å stoppe melkingen plutselig.

At man får større melkeproduksjon ved øket antall melkinger pr. dag, forklares ved at nedsettelse av melketrykket øker melkesekresjonen. Man får størst utslag når det blir gått over fra en til to melkinger, men hos høgtmelkende kyr gir det også utslag å øke antall melkinger til 3-4. Ved å melke den ene halvdel av juret tre ganger daglig, ble det påvist en økning av melkeproduksjonen på 16 % sammenlignet med den annen halvdel som ble melket to ganger (162, s. 357). Spørsmålet vil bli drøftet nærmere i den praktiske fôringslære.

Laktasjonens forløp.

Tidsrommet mellom to fødsler blir hos storfe kalt kalvingsintervallet. Tiden fra fødsel til avsluttet laktasjon kalles laktasjonsperiode eller melkeperiode. Den gjenværende del av tiden fram til ny fødsel blir kalt tørrperioden (gjeldtiden, dansk goldperiode). Hos storfe regnes det at tørrperioden bør være 6-8 uker for å gi den nødvendige regenerasjon av juret før den nye laktasjon. Ved et normalt kalvingsintervall på 12 mnd., vil en laktasjonsperiode således bli ca. 300 dager (300-310).

Man får et godt bilde av laktasjonens forløp ved laktasjonskurver eller melkekurven, hvor de daglige melkemengder blir avsatt som ordinater med tiden etter fødsel som abcisser. Slike melkekurver viser en stigning i de daglige melkemengder de første uker inntil det blir nådd en topp hvoretter melkekurven faller. Det er en betydelig variasjon i forløpet av melkekurvene. Man taler om toppede melkekurver når man har en høy toppytelse og når dagsytelsen senere faller raskt. Ved s.k. flate melkekurver er toppytelsen/i ^{moderat} forhold til årsmelkemengden, men dagsytelsen senere holder seg godt oppe. Man betegner det som utholdenhet (eng. persistency) når melkeytelsen blir holdt godt oppe gjennom laktasjonsperioden. Unge kyr har lågere toppytelser enn eldre kyr, men er til gjengjeld mer utholdende. Som mål for utholdenheten har man brukt ytelsen i % av ytelsen i foregående måned, etter at

toppytelsen er passert (7, s. 455). Fallet i ytelse målt på denne måte, tenderer til å være konstant til ca. 5 mnd. (22 uker) etter ny drektighet, men det er selvsagt variasjon mellom individer og laktasjoner.

I amerikanske undersøkelser (170, s. 615) har man funnet en nedgang i melkemengden på 6-7 % pr. måned fra 2. til 7. måned i laktasjonsperioden med individuelle variasjoner fra 4 % til 9 % eller mere. I rødt trønderfe fant Minsaas (17) et fall på 6-7 % pr. mnd. eller ca. 1,5 % pr. uke i 2. til 7. måned av laktasjonsperioden.

Som nevnt ovenfor er forløpet av melkekurven avhengig av når den nye drektighet begynner. Tuff & Berge (172) fant at melkekurven er uavhengig av den nye drektighet i de første 6 mnd. (180 d.) av laktasjonsperioden.

Evnen til å holde melkeytelsen godt oppe i en laktasjonsperiode, kan som nevnt ovenfor betegnes som utholdenhet. For å unngå forvekslinger, bør man betegne det som holdbarhet når ytelsen holdes godt oppe i år etter år. Holdbarhet, bl.a. beroende på regelmessige kalvingsintervall, er en betingelse for høge livstidsytelser.

Laktasjonskurvens form har vært tillagt en del betydning. Når det blir gjennomført en fôring etter ytelse, vil det ved toppede melkekurver nemlig kreves mer kraftfôr enn ved flate melkekurver. Det er imidlertid ikke sikkert at dette moment skal tillegges så stor vekt lengre, etter at det er vist at høgtmelkende kyr har en enorm evne til å mobilisere energi fra fettdepotene til bruk i laktasjonen og til å gjeroppbygge fettdepotene med små energiutlegg (se s. 44, s. 50-51 og senere). Utholdenhet er imidlertid en viktig betingelse for å oppnå høge laktasjonsytelser, og den er videre et uttrykk for god sunnhetstilstand og for en godt utviklet evne til å oppta fôr, ikke minst grovfôr.

Eksempler på laktasjonskurver.

I fig. 12-14 er det vist noen eksempler på melkekurver. Den daglige ytelse er angitt i kg melk i fig. 12 og i kg 4 % målemelk i fig. 13-14 (se s. 134).

Fig. 12 bygger på materiale fra Isaachsen og Ulveslis fôrstyrkeforsøk med melkekyr i 1930-årene og viser en toppet,

<u>Ku nr.</u>	<u>Kalvings- intervall</u>	<u>Laktasjonsytelse</u>
814	414 d.	4167 kg melk
949	330 "	4240 " "
849	368 "	4122 " "

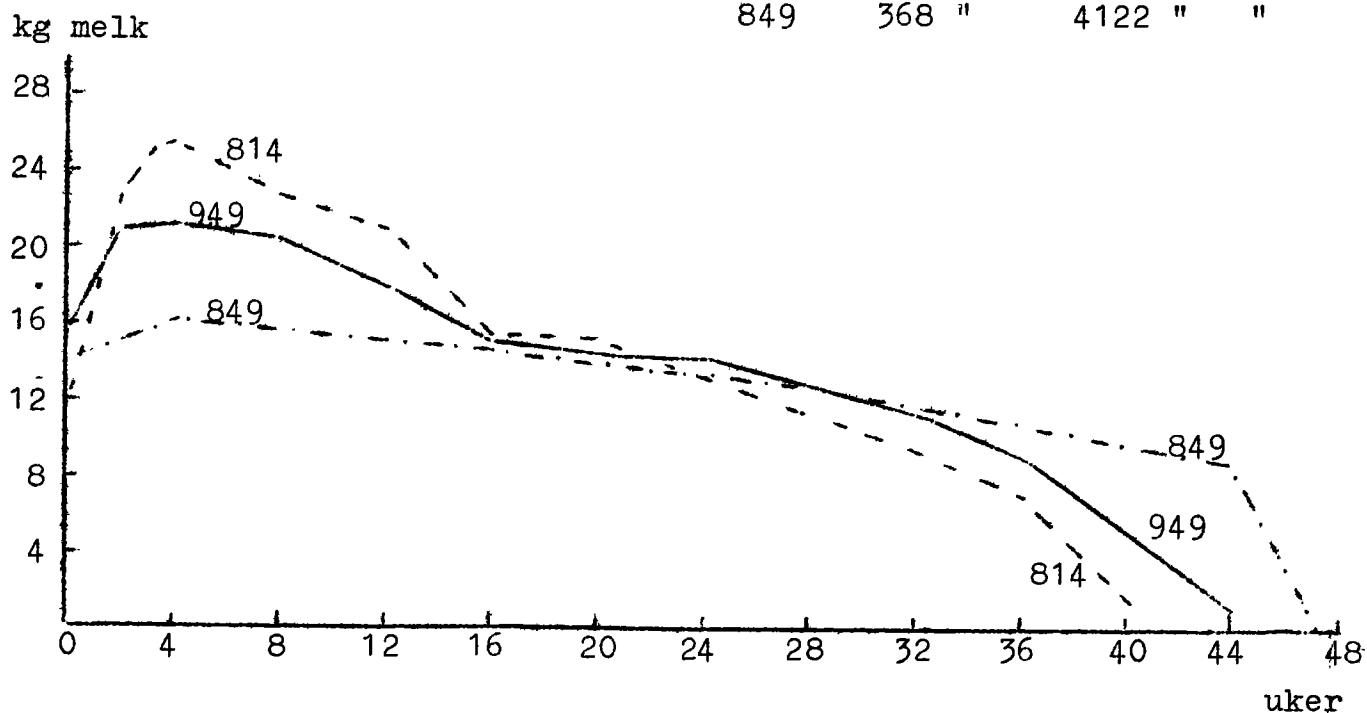


Fig. 12. Ulike former av laktasjonskurver ved laktasjonsytelser på ca. 4000 kg 4 % m.m. (se tekst).

kg 4 % m.m.

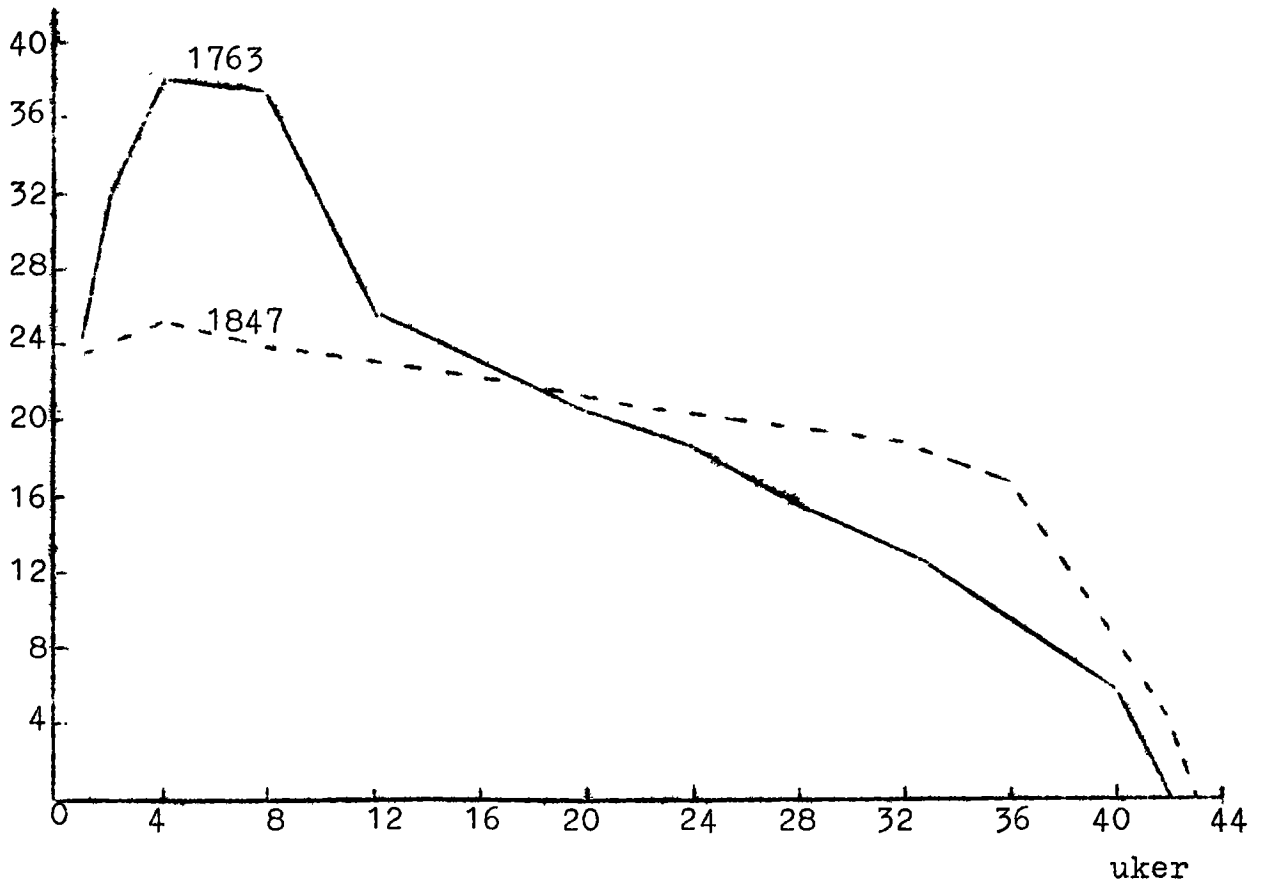


Fig. 13. Ulike former av laktasjonskurver ved laktasjonsytelser på ca. 6000 kg (se tekst).

1965/66

Ku nr.	Laktasjonsintervall	kg melk	% fett	kg melkefett	kg 4 % m.m.
1763	363	6154	3,91	240,6	6071
1847	351	5891	4,21	248,2	6077

Fôring i 4.-13. uke

Ku nr. 1763:	Surfôr	34,0 kg	-	5,8 FE
	Kålrot	25,0 "	-	2,5 "
	<u>Kraftfôr</u>	<u>9,0 "</u>	<u>-</u>	<u>9,0 "</u>
				17,3 FE

Ku nr. 1847:	Surfôr	41,2 kg	-	7,0 FE
	Kålrot	25,0 "	-	2,5 "
	<u>Kraftfôr</u>	<u>4,5 "</u>	<u>-</u>	<u>4,5 "</u>
				14,0 FE

<u>Ku nr.</u>	<u>år</u>	<u>Kalvings-</u> <u>intervall</u>	<u>kg</u> <u>melk</u>	<u>%</u> <u>fett</u>	<u>kg melke-</u> <u>fett</u>	<u>kg 4 %</u> <u>m.m.</u>
1860	1966-67	400 d.	7669	4,44	340,2	8175

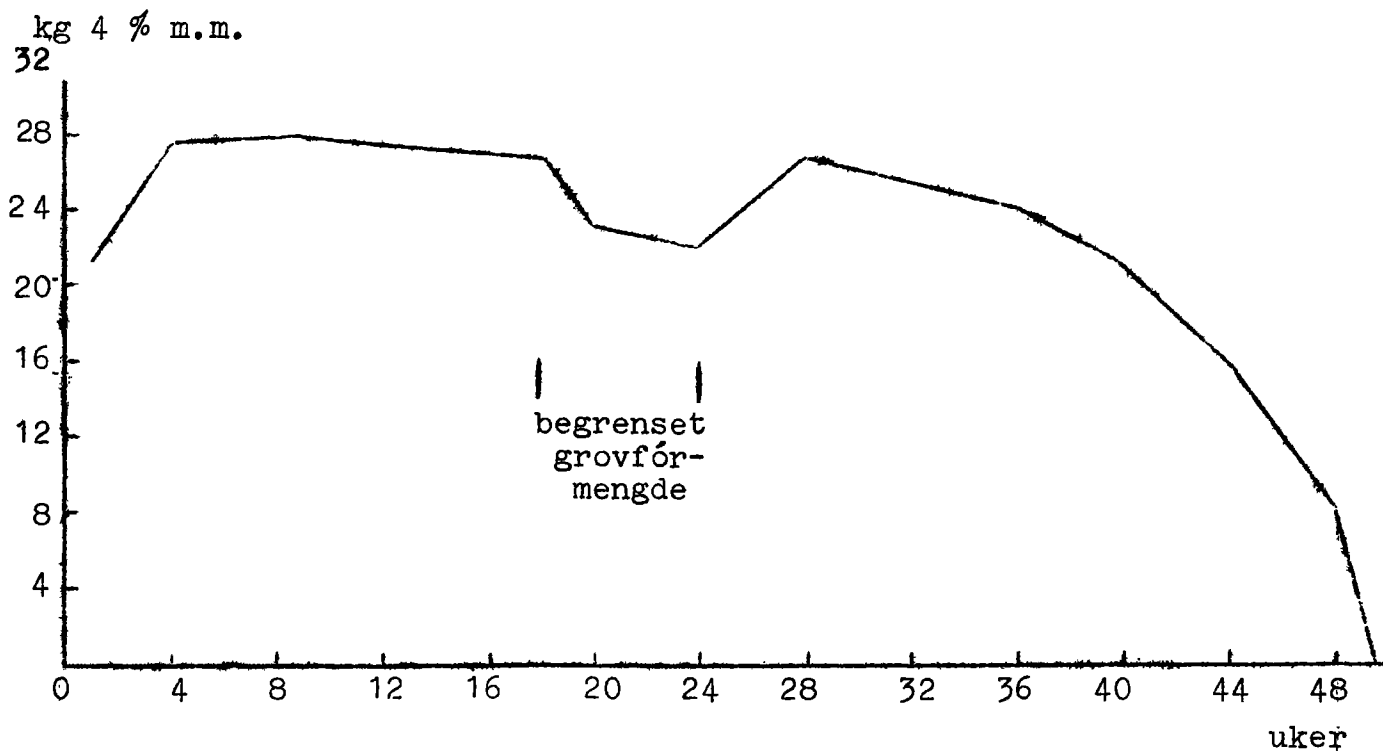


Fig. 14. Eksempel på flat laktasjonskurve ved laktasjonsytelse ca. 8000 kg 4 % m.m. (se tekst).

en middels og en utpreget flat melkekurve ved laktasjonsytelser på ca. 4000 kg melk.

Fig. 13 og 14 bygger på materiale fra Ekerens fôrstyrkeforsøk med melkekyr i 1964-68. Fig. 12 viser en utpreget toppet melkekurve i sammenligning med en utpreget flat melkekurve ved laktasjonsytelser på ca. 6000 kg 4 % målemelk. Ku nr. 1847 med den flate melkekurve hadde stor evne til å oppta grovfôr og kunne derfor klare seg med beskjedne mengder kraftfôr. Det er for øvrig bemerkelsesverdig at i den følgende laktasjonsperiode hadde denne ku et betydelig mindre opptak av grovfôr.

Fig. 13 viser en utpreget flat laktasjonskurve for en ku med laktasjonsytelse på ca. 8000 kg 4 % målemelk. Kurven demonstrerer også grovfôrets betydning. I perioden på begrenset fôring gikk fettinnholdet i melken ned med inntil 0,8-0,9 prosentenheter.

Drektighets-laktasjons-cyklus og kroppsreservenes betydning for laktasjonen.

Den før nevnte EAAP-komite (se s. 19 og s. 49) har drøftet reguleringen av laktasjonen (39). Det blir pekt på at det ved laktasjonen er tale om en homeostatisk regulering likesom ved andre livsytringer (se hovedavsnitt I). Dette vil si at det fins mekanismer som motvirker tendenser til endringer med henblikk på å holde konstante forhold i organismen. På grunn av denne regulering vil melkeytelsen ikke reagere umiddelbart ved endringer i fôrmengdene. Dette kan føre til misvisende resultater i kortvarige forsøk over sammenhengen mellom ernæringen og laktasjonen (se senere).

Den mekanisme som motvirker endringer består av kroppens reserver og det endokrine system.

Basert på undersøkelser med purker og melkekyr har Lenkeit og medarbeidere ved Göttingen universitet fremholdt at laktasjonen ikke kan drøftes uavhengig av laktasjonen (173).

De har innført begrepet drektighets-laktasjonscyklus (174, fullstendige henvisninger i 39), og de fremholder at forsøk med lakterende dyr bør omfatte iallfall en del av drektighetstiden og hele laktasjonsperioden.

I kontinuerlige nitrogen-balanseforsøk med purker fant Lenkeit og medarbeidere / at i siste del av drektighetstiden ble det avleiret mer nitrogen enn det som fins i den forstørrede bør med fostre og i fosterhinnene. Etter fødselen var nitrogen-balansen alltid negativ hos dyr som ved god fôring i drektighetstiden, var gitt muligheter for å utnytte sin avleiringsevne. Det ble i godt fôrede dyr funnet negative balanser etter fødselen selv når melkeytelsen ble nedsatt kunstig. Dyr som var dårlig fôret i drektighetstiden, var derimot etter fødselen i nitrogenlikevekt eller endog i positiv nitrogen-balanse.

Basert på deres undersøkelser utformet Lenkeit og medarbeidere (174, se også 39) følgende teori:

Under drektighet og laktasjon er det en hormonalt regulert stoffskiftecyklus. I den siste del av drektigheten er det en avleiringsfase (retention phase). Etter fødselen følger en utskillelsesfase (Ausscheidungsphase) hvor det avleirede protein blir mobilisert. De negative balanser i denne fase blir kalt "negative overskuddbalanser" (Negative Überschussbilanzen) i kontrast til de "negative mangelbalanser" (Negative Mangelbilanzen) som skyldes utilstrekkelig ernæring. En adskillelse mellom disse to typer balanser er for øvrig ikke alltid lett. Det kan også tales om to slags positive balanser. I kontrast til de positive balanser som man får ved regenerasjon etter en periode på utilstrekkelig protein-ernæring, har man den hormonalt regulerte avleiring under avleiringsfasen som overskrider avleiringen i konsepsjonsproduktene (fostre m.m.) og som kalles "superavleiring" (Super retention, extrauterin retention).

Ifølge denne teori er balansene avhengig ikke bare av ernæring og ytelse, men også av den endokrine reguleringsfase. Lenkeit og medarbeidere har funnet at kalsium, fosfor og natrium forholder seg på lignende måte som nitrogen. De antyder videre at superavleiringen (extrauterin retention) fremmes av hormoner fra fostre og fosterhinner.

Lenkeit og medarbeidere arbeidet med nitrogen og mineralstoffer. Man må imidlertid gå ut fra at deres teori har gyldighet også når det gjelder energi fra fettdepotene.

Undersøkelser fra Beltsville av Flatt og medarbeidere (175, 176, 177, 178, 179, 23, se også 39) har da også vist at høgtmelkende kyr har en enorm evne til å mobilisere fett tidlig i laktasjonen og til å gjenoppbygge fettreservene under de senere deler av laktasjonen. Det foreliggende materiale tyder videre på at man kan regne med en høy utnyttelse av energien ved mobilisering og avleiring av fett hos melkekyr (se s. 51). Det er fristende å fremholde at en godt utviklet evne til å utnytte fettreservene i laktasjonen på en effektiv måte, er karakteristisk for lakterende dyr med høy ytelse. Særlig hos kyr med toppet melkekurve er utnyttelsen av fettdepotene viktig.

I figur 15 er angitt energibalansen, beregnet for et år, for den berømte ku Lorna fra Beltsville.

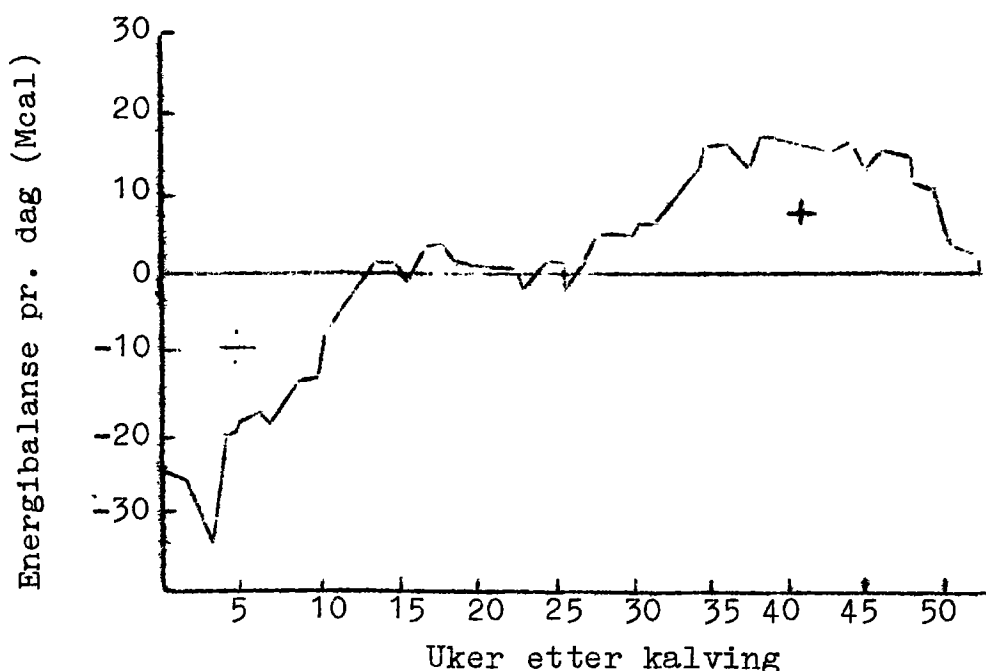


Fig. 15. Beregnet energibalanse gjennom et år for Lorna, e. Flatt/(175, 177, 178 og 23).
et al.

Ytelse i 305 dager 8770 kg 4 % m.m. I de første 89 dager av laktasjonen 4280 kg melk, 48 kg pr. dag. Energibalansen var i gj.sn. -15000 kcal pr. dag i denne tid, svarende til at 1,7 kg kroppsfett ble mobilisert pr. dag. I den senere del av laktasjonen ble det avleiret 1,86 kg fett

pr. dag gjennom flere uker (177). Legg merke til at fra 3. til 6. måned av laktasjonen er kua i tilnærmet energi- likevekt. Videre kan merkes at fettavleiringen var større i 6.-8. måned av laktasjonsperioden enn i den egentlige tørrperiode (178).

For et materiale på 14 høgtmelkende kyr, hvor også Lorna var med, var de gjennomsnittlige energibalanser:

	<u>Appetitt- fôring</u>	<u>Begrenset fôring</u>
Tidlig i laktasjonen	-7200 kcal	-7000 kcal
I midten av laktasjonen	+1400 "	+ 900 "
I slutten av laktasjonen	+6900 "	+3200 "

At det tidlig i laktasjonen tapes like mye energi ved appetittfôring som ved begrenset fôring, synes å være i overensstemmelse med Lenkeits og medarbeideres teori om drektighets-laktasjonscyklus, nemlig at reservene mobiliseres uavhengig av ernæring og ytelse i første del av laktasjonen (se foran). Flatt og medarbeidere fant for øvrig at dyrenes vektorer var usikre som mål for endringene i kroppens energiinnhold, særlig i begynnelsen av laktasjonen.

Det er fremholdt at fettmobiliseringen fremmes av hormoner fra hypofyseforlappen og binyrebarken, og at særlig veksthormonet (hypofyseforlappen) er viktig (10, 1, s. 493, 180). Frens (se 39) har fremholdt at kyr i begynnelsen av laktasjonen har et aktivt endokrint system og evne til å mobilisere kroppsreserver ved underfôring for å holde ytelsen oppe. Det kan i denne periode også ventes utslag for fôrtilskudd. Etter Frens vil den endokrine aktivitet være liten i den senere del av laktasjonen. Kyr vil da ikke reagere på fôrtilskudd, men de vil gå ned i melk ved underfôring. Det vil senere bli nevnt norske forsøk som synes å bekrefte Frens oppfatning.

At den endokrine tilstand kan være like så viktig som ernæringsstanden er antydnet av Swanson (181, se 39) med støtte i forsøk med eneggede tvillinger. Etter første laktasjon ble et dyr i hvert par melket kontinuerlig, mens det andre dyr fikk 60 dager tørrperiode. Dyrene uten tørrperiode fikk 4 kg kraftfôr ekstra, mens dyrene med tørrperiode fikk bare høy. Tross bedre fôring og større kroppsreserver, hadde dyrene uten tørrperiode i annen og tredje laktasjon bare 75 % av ytelsen hos de dyr som hadde tørrperiode.

Det ble fremholdt at dette kunne skyldes at tørrperioden "hjelper til å koordinere det endokrine system som regulerer henholdsvis

laktasjonen".

Også ved melking av halve juret helt til kalving, mens den annen halvdel fikk "tørrperiode", kunne man ved Reading (Smith et al., 182) imidlertid påvise nedsatt ytelse i den neste laktasjon uten tørrperiode (den første behandlingsmåte). Dette synes å tyde på at det er nedsatt regenerasjon av kjertelvevet heller enn den endokrine tilstand som er årsaken til at ytelsen blir nedsatt uten tørrperiode.

Det vil senere bli nevnt et eksempel på at kroppsreservene kan bli den begrensende faktor ved lang tids underfôring.

C. Laktasjonens biokjemi.

Innledning.

Laktasjonen er en krevende produksjon. Det regnes med at for ei ku på 550 kg med en årsytelse på 4500 kg, vil det i denne melkemengde være to og en halv gang så mye tørrstoff som i hele kroppen (7, s. 451). Det kan også nevnes at høgtmelkende kyr omsetter fôrrasjoner som er tre til fem ganger større enn vedlikeholdsbehovet.

Melken blir dannet av stoffer som blir tilført melkekjertelen med blodet. Det blir regnet at det passerer ca. 400 l blod gjennom juret hos kyr for hver l melk som blir dannet (Shaw & Petersen, 162, s. 358). Melk og blod har samme osmotiske trykk. Det er imidlertid stor forskjell i konsentrasjonen av stoffer i blod og melk. For sukker, fett, kalsium og fosfor er konsentrasjonen betydelig høyere i melken enn i blodet, mens det for natrium, klor og protein er omvendt (7, s. 458, 162, s. 356). Spesifikke stoffer i melken som laktose, kasein og de lågere fettsyrer (hos drøvtyggere) blir syntetisert i melkekjertelen. En del andre stoffer som vitaminer og mineralstoffer passerer direkte fra blodet til melken. Selv om melkekjertelen for disse stoffer virker som en permeabel membran er det en selektiv eller aktiv virksomhet. Dette kan forklare den høge konsentrasjon av kalsium og fosfor i melken. En del stoffer blir holdt tilbake. Av natrium og klor er således konsentrasjonen i melken mindre enn man skulle vente etter konsentrasjonen i blodet.

Ved forstyrrelser i melkekjertelen som mastitis, er det endringer i melkens sammensetning. Det blir således en økning i innholdet av natrium og klor og i de andre pro-

teinstoffer enn kasein. Natrium-hydrokarbonat, som normalt ikke utskilles i melken, passerer ved mastit over i melken og reaksjonen blir derfor svakt alkalisk istedenfor sur (blå farge med bromthymol-blått ved mastit). Innholdet av kalsium og fosfor går ned. Disse endringer i melkens sammensetning kan føres tilbake til nedsatt selektiv virksomhet i det syke vev, og sammensetningen av melken blir da mer avhengig av likevekten med blodet.

Sammensetningen av råmelk, som har lang oppholdstid i juret, er mer påvirket av likevekten med blodet enn sammensetningen av vanlig melk. Man kan få produsert en råmelk-lignende melk når som helst i laktasjonsperioden ved å stoppe melkingen (162).

Det er blitt brukt ulike metoder til undersøkelser over forstadiene for stoffene i melken (7, s. 460). Bl.a. er brukt den s.k. arterie-vene differenssteknikk, med analyser av blodet før og etter passasjen gjennom melkekjertelen. Man har også brukt perfusjon av melkekjertler utenfor dyret, og videre er det arbeidet med snitt eller ekstrakter av kjertelen. Siden 1950-årene har man også gjort bruk av isotoper.

Syntesen av melkefett.

Det ble tidlig fremholdt at melkefettet blir dannet av fosfolipider i blodet (Meigs), men dette ble ikke bekreftet. Det viste seg imidlertid at innholdet av tri-glyserider gikk ned ved passasjen gjennom melkekjertelen. Man regnet ^{derfor} lenge med at fett (triglyserider) i blodet er forstadier for melkefettet (7, s. 461, 183, s. 443). Forekomsten av kortleddete fettsyrer i melkefettet hos drøvtyggere ble forklart ved en degradering av langkjedete fettsyrer.

Undersøkelser ved Reading omkring 1950 av Folley, Popjak og medarbeidere viste at det i melkekjertelen kan syntetiseres fettsyrer, og at drøvtyggere kan utnytte eddiksyre ved denne syntese. Ved respirasjonsundersøkelser i snitt av melkekjertler ble det funnet følgende verdier for Respirasjonskvotienten = RQ (183, s. 450).

	<u>Substrat</u>	<u>RQ</u>
Rotter	Glukose	1,53
	Acetat	0,82
Geiter	Glukose	0,86
	Acetat	1,17

Når RQ overstiger 1,0, tyder dette på fettsyntese (I.S. & E. s. 57). I motsetning til rotter kunne geiter altså utnytte eddiksyre i melkefettsyntesen.

Isotopundersøkelser har bekreftet at eddiksyre er et viktig forstadium i syntesen av fettsyrer i melkefettet (183, s. 455 se også I.S. & E. s. 61). Det blir regnet med at foruten eddiksyre har også β -hydroksey-smørsyre betydning som forstadium for fettsyrene i melk (184, s. 542, 185). Så tidlig som 1941 ble det påvist av Shaw & Knødt (186) at melkekjertelen tar opp β -hydroksey-smørsyre fra blodet.

Mekanismen ved fettsyresyntesen med utgangspunkt i eddiksyre er en trinnvis kondensasjon av acetyl-CoA-enheter, tilsvarende dannelsen av fettsyrer med utgangspunkt i karbohydrater (183, s. 476, 185, se også I.S. og E. s. 56). Det blir antatt at man derved kan få dannet fettsyrene inntil C₁₆ (palmitinsyre). C₁₈-syrene skulle derimot dannes av fett (triglyserider) i blodet. Det er mulig at en^{del} av fettsyrene med 12, 14 og 16 C-atomer også stammer fra fett i blodet (185, s. 405). Foreløpig er det derfor tvil om hvor stor del av melkefettet som stammer fra syntesen med utgangspunkt i eddiksyre og hvor mye som stammer fra blodfett. Riis (187) regner at ca. halvparten av melkefettet stammer fra blodfettet, men det oppgis også andre verdier (188). Konsentrasjonen av blodfett vil påvirkes av fettmengden i fôret. Dette kan gi forklaring på at fett-tilskudd i fôret synes å øke melkemengden under visse forhold (se senere). Det er imidlertid fremholdt at fôrfettet virker på de kjemisk-fysiske forhold i vom og nettmage (187).

Årsakene til s.k. utypisk melk med lågt fettinnhold har vært drøftet i relasjon til melkefettsyntesen. Ved den fôring som gir utypisk melk går proporsjonen eddiksyre:propionsyre i vommen ned. Det har vært fremholdt av Balch og medarbeidere at det låge fettinnhold kan bero på mangel på

eddiksyre som er et forstadium for melkefettsyntesen (se s. 117). Det er også antydnet at fettsyntesen kan settes ned ved at det blir mangel på β -hydroksysmørsyre p.g.a. den antiketogene virkning av den økede konsentrasjon av propionsyre. Endelig har man vært inne på at den glukogene virkning av propionsyre skulle medføre at det mobiliseres mindre kroppsfett, og at det derfor blir mindre av blodfett til disposisjon for melkefettsyntesen. Det ligger utenfor kursets ramme å diskutere disse forhold nærmere, og det henvises derfor til litteraturen (187, 188, 189, 190).

I de før nevnte forsøk av Virtanen med syntetisk fôring av melkekyr (se s. 115-116) ble det ved små fettmengder i fôret påvist et øket innhold av palmitinsyre og sterkt nedsett innhold av stearinsyre og oljesyre i melkefett slik som tabell 71 viser.

Tabell 71. Innholdet av palmitinsyre^{stearinsyre} og oljesyre i melkefett ved vanlig fôring og^{ved} syntetisk fôring med lite fett hos kua Jairu. Virtanen (135).

	Vanlig fôring	Syntetisk fôring (se s. 116)	
		37 g fett	129 g fett
Palmitinsyre, % av totale fetts.	28,4	48,2	38,9
Stearinsyre, " " " "	12,3	1,0	2,6
Oljesyre, " " " "	29,4	8,4	19,1

Denne undersøkelse demonstrerer klart blodfettets (fôr-fettets) betydning for dannelsen av melkefett av vanlig sammensetning. Undersøkelsen viser imidlertid også betydningen av melkefettsyntesen med utgangspunkt i eddiksyre. Det synes å være innlysende at det meste av melkefettproduksjonen hos kua Jairu (358 g pr. dag) må være foregått i juret, og at det er riktig at det med eddiksyre som utgangspunkt blir syntetisert fettsyrer til og med palmitinsyre.

I et forsøk ved Beltsville (191) ble det ved fôring av melkekyr med 20 % høy og 80 % kraftfôr (tørrstoffbasis) funnet bare 2,2-2,4 % fett i melken. Ved infusjon av etanol (etylalkohol) øket fettinnholdet til 3,4-3,6 %. Melkefettets innhold av myristinsyre (C₁₄) og palmitinsyre (C₁₆) gikk opp, mens innholdet av oljesyre gikk ned. Det ble påvist nedgang i det prosentiske innhold av propionsyre i vommen, mens innholdet av eddiksyre, valeriansyre og kapronsyre øket. Også denne undersøkelse viser klart betydningen av melkefettsyntesen i juret og betydningen av vomgjæringen som kilde for forstadier for melkefettsyntesen.

Syntesen av laktose.

Det blir regnet med at glukose i blodet er forstadium for laktose i melken. Hos lakterende kyr er påvist 18 % reduksjon av glukoseinnholdet i blodet ved passasjen gjennom juret (differens mellom halsvenen og jurvenen), mens det i tørrperioden ikke er funnet noen differens (7, s. 461). Den glukosemengde som blir tatt opp av melkekjertelen, er tilstrekkelig til å forklare dannelsen av hele laktoseinnholdet i melken. Imidlertid blir det i juret også brukt glukose til andre formål, bl.a. som energikilde og til dannelsen av glyserol i melkefettet (183). Selv om det blir tatt hensyn til dette, er det imidlertid klart at glukose er det viktigste forstadium for laktose. Ved isotopundersøkelser er vist at 80-90% av karbon i laktose stammer fra blodets glukose pool (reservoar). Som før nevnt (I.S. & E. s. 61) blir den største del av glukose i blodet hos drøvtyggere dannet av propionsyre fra vomgjæringen.

Begge komponenter i laktose, glukose og galaktose, blir dannet med utgangspunkt i glukose-1-fosfat. Når det gjelder mellomledd og enzymsystemer henvises til litteraturen (192).

Syntesen av protein.

Det ble tidlig vist at hos lakterende dyr er det en nedgang i blodets innhold av fri aminosyrer ved passasjen gjennom juret, mens man i tørrperioden ikke har noen endring (7, s. 464, 193, s. 410). Man regner at den største del av de essensielle aminosyrer i kasein og albuminfraksjonen stammer fra de frie essensielle aminosyrer i blodet. Også en vesentlig del av de ikke essensielle aminosyrer i melkeproteinen kommer fra blodet. En mindre del kan syntetiseres i melkekjertelen eller komme fra protein i blodplasma. Fosfor i kasein stammer i det vesentlige fra uorganisk fosfat i blodet.

Globulin-fraksjonen i melk viser likhet med globuliner i blodet (se s. 113), og det er mulig at iallfall immunoglobulinene stammer direkte fra blodet. Når det gjelder globulin i råmelk, er det sannsynlig at en stor del syntetiseres av aminosyrer i juret (193, s. 413).

D. Metoder for undersøkelser over laktasjonen i relasjon til ernæringen.

Den før nevnte EAAP-komite (39) har diskutert metoder for undersøkelser over næringsbehovet under laktasjonen.

Balanseforsøk.

Balanseforsøk er viktige ved grunnleggende undersøkelser. Denne metodikk er således uunnværlig når man vil ha opplysninger om avleiring og tap av stoffer og energi, og når man vil ha kjennskap til utnyttelsen. Man trenger altså balanseforsøk for å skaffe til veie de kvantitative data som er en forutsetning for å bruke den faktorielle metode til beregning av næringsbehovet (se s. 4 og 6).

Praktiske fôringsforsøk.

Møllgaard (3, s. 112) pekte tidlig på betydningen av fôringsforsøk med stort antall dyr når man vil undersøke om fôrnormer er tilstrekkelige. Også ARC (8, s.) fremholder fôringsforsøkernes betydning for fastsettelse av de normer som skal brukes i praksis (se også s. 4).

Forsøk med melkekyr kan etter Lucas (194, 195) deles i:

1. Kontinuerlige forsøk
2. Ombytningsforsøk (Change-over experiments)

Valg av metode er avhengig av hva slags spørsmål man vil undersøke. Ved undersøkelser over næringsbehovet, hvor kroppsreservene kommer inn i bildet (se senere) er kontinuerlige forsøk å foretrekke. Ombytningsforsøk kan derimot være nyttige når man vil undersøke virkningen av endringer i fôrrasjonen.

Kontinuerlige gruppeforsøk av dansk type.

Disse forsøk ble innført av N.J. Fjord i 1880-årene og er med noen modifikasjoner fremdeles i bruk. Det blir brukt en kontrollgruppe og 1-3 forsøksgrupper, hver på 6-12 kyr. I en forperiode (standardiseringsperiode) på 4-6 uker i de første 2-3 måneder av laktasjonen, blir alle grupper fôret likt. Deretter følger en forsøksperiode på 8-14 uker hvorav de første 1-2 uker blir regnet som en overgangsperiode. I forsøksperioden får kontrollgruppen samme fôring som i forperioden, mens forsøksgruppen(e) får den (eller de) fôringsmessige behandling(er) som det er hensikten å undersøke.

Etter forsøksperioden følger en etterperiode (kontrollperiode) på 4-6 uker, hvorav 1-2 uker gjerne blir regnet som en overgangsperiode. I etterperioden får alle grupper lik fôring, fortrinnsvis samme fôring som i forperioden, for å kontrollere om gruppene er like. For alle grupper er behandlingen kontinuerlig gjennom forsøks tiden og for kontrollgruppen gjennom hele forsøket.

Det er et gunstig trekk ved gruppeforsøk av dansk type, at forsøksperioden som regel ligger i 3.-6. måned av laktasjonsperioden da kroppsreservene kan ventes å være forholdsvis konstante forutsatt tilstrekkelig fôring (se foran s. 137-138).

Gruppeforsøk av dansk type er gradvis forbedret ved:

- Individuell fôring og ytelseskontroll
- Blokkinnndeling, dvs. oppstilling av blokker med mest like kyr i samme antall som det er grupper i forsøkene. Dyrene i blokkene blir som regel fordelt tilfeldig på gruppene ved loddtrekning, men balansert fordeling er også funnet å være tilfredsstillende (194, 195)
- Kjemiske analyser og bestemmelse av fordøyeligheten av de fôrmidler og/eller fôrrasjoner som blir brukt
- Klinisk-kjemiske undersøkelser av blod og urin når dette er av interesse for det spørsmål som blir undersøkt
- Undersøkelser over vomgjæringen
- Statistisk behandling av forsøksmaterialet

I figur 16 er det gitt et eksempel på et gruppeforsøk av dansk type, med melkekyr. Utførelsen av gruppeforsøk er beskrevet av Østergaard (196) og Presthegge (197).

Langtidsforsøk.

Svakheten ved selv de best utførte gruppeforsøk er at kroppsvekten gir et dårlig mål for endringer i kroppsreservene. Det er blitt arbeidet med å finne metoder til å undersøke sammensetningen av kroppen hos levende dyr, men disse metoder gir ikke tilstrekkelig sikre resultater.

Man er derfor henvist til å bruke langtidsforsøk hvis man vil sikre seg mot at utslagene skal bli påvirket av kroppsreservene.

Undertiden har man brukt de første 1-2 måneder av laktasjonsperioden som forperiode (standardiseringsperiode) og de følgende 5-7 måneder som forsøksperiode (62, 198, 199).

kg 4 %
målemelk

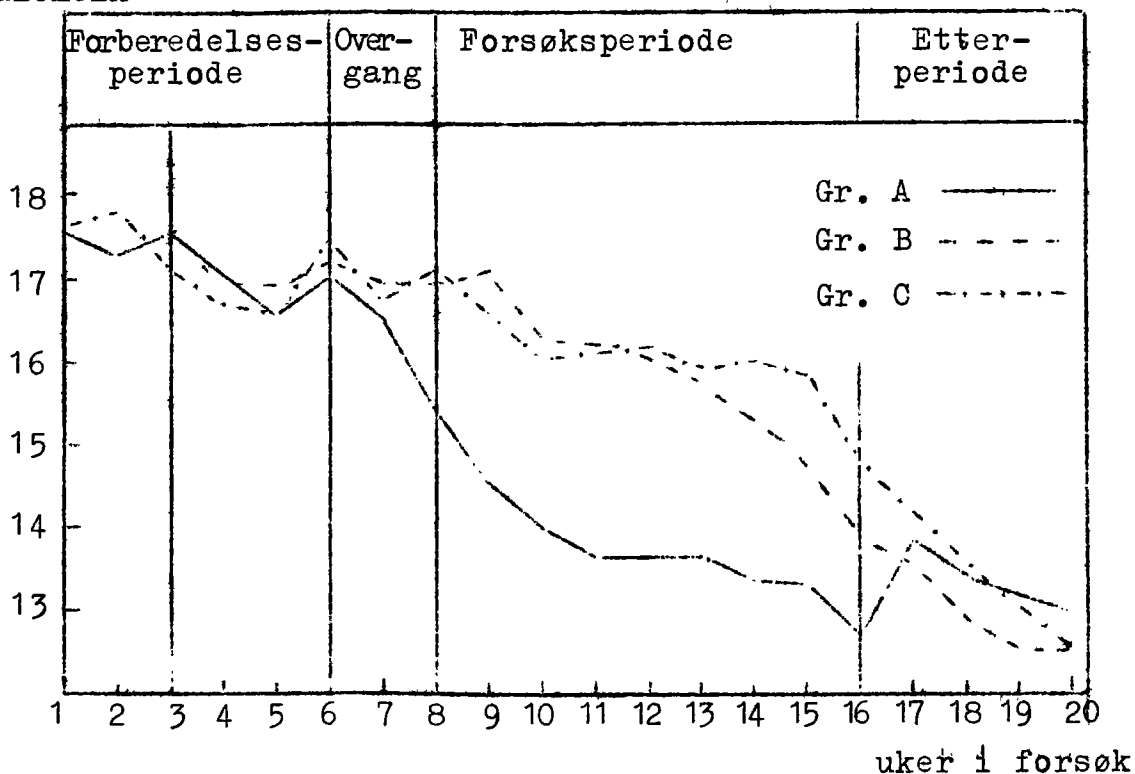


Fig. 16. Grupperforsøk av dansk type med sammenligning av ulike slags grovfôr til melkekyr, Tjerne gård 1951-52. Presthegge (197, s. 64).

Grovfôr i forsøksperioden: Gruppe A. Høy
 " B. Høy + surfôr
 " C. Surfôr

Forsøket har gitt stort positivt utslag for surfôr. At laktasjonskurvene for de tre grupper har gått sammen igjen i etterperioden, tyder på at gruppene er like.

Eksempel på talloppgjør for forsøket (Bare 4 % m.m. er tatt med her. 197, s. 63):

Alternativ 1

Gruppe	Forperiode	Forsøksperiode	Etterperiode	Utslag Forsøksperiode - Forper. + etterper.	Utslag i forhold til gruppe A
A	16,91	13,58	13,31	- 1,53	
B	16,63	15,58	13,31	+ 0,83	+ 2,36
C	16,79	15,77	13,27	+ 0,74	+ 2,27

Alternativ 2

	Forsøksperiode - forperiode	Utslag i forhold til gruppe A
A	- 3,33	
B	- 1,05	- 2,28
C	- 1,02	- 2,31

I dette forsøk, da gruppene har vært like i etterperioden, har de to alternative metoder gitt tilnærmet samme resultat, når det tas hensyn til at man ved annet alternativ bedømmer utslagene etter nedgangen i ytelse fra forperioden til forsøksperioden.

Man har også inndelt dyrene etter deres ytelse i foregående laktasjonsperiode, altså ved å bruke denne som forperiode (194, 195, 197, 201, 202).

En forlengelse av forsøkene fører til større usikkerhet. Lucas oppgir følgende feil, uttrykt ved variasjonskoeffisienten:

	<u>Forsøksperioder i uker</u>	<u>Feil %</u>
Forsøk over en laktasjon	10	4-8
	20	7-11
	30	11-15
Forsøk over flere laktasjoner		15-25

Når det blir arbeidet med spørsmål som krever langtidsforsøk, f.eks. energibehovet, må det følgelig brukes stort dyretall. Langtidsforsøk blir derfor meget kostbare. Av denne grunn har det vært interesse for å bruke eneggede tvillinger i langtidsforsøk (195, 203).

Praktiske prøvefôringer.

Disse blir ofte utført etter lignende prinsipper som gruppeforsøk og langtidsforsøk, men ytelses- og fôrkontrollen er sterkt forenklet, idet den gjennomføres bare med visse mellomrom, f.eks. en dag hver uke. Nøyaktigheten er vesentlig mindre enn for egentlige forsøk. Prøvefôringer kan imidlertid være nyttige f.eks. når det gjelder å prøve tilskudd til et stort antall dyr under praktiske forhold.

Ombytningsforsøk.

Blant forsøk av denne type kan nevnes de s.k. periodeforsøk som i eldre tid ble brukt i Tyskland. I et slikt forsøk var det gjerne tre perioder. Det ble brukt samme fôring til alle dyr i periode 1 og 3. I den mellomliggende periode, periode 2, fikk alle dyr den fôring man ville undersøke. Utslaget ble så bedømt ved å sammenligne ytelsen i periode 2 med ytelsen i gjennomsnitt for periode 1 og 3.

Da periodene var korte, som regel bare 2-3 uker, hadde disse forsøk bare begrenset verdi. Det kan imidlertid nevnes at man ved oppgjør av gruppeforsøk av dansk type gjør bruk av periodeprinsippet, idet ytelsen i forsøkestiden blir sammenlignet med ytelsen i gjennomsnitt for for- og etter-

perioden både for kontrollgruppe og forsøksgruppe (r) (se fig. 16).

I moderne tid gjennomføres et ombytningsforsøk ofte etter den s.k. latinske kvadratmetode, som er en spesiell form for ombytningsforsøk. En forutsetning for å benytte en fullstendig plan er at det er like mange perioder som forsøksledd, f.eks. 2 x 2, 3 x 3 og 4 x 4 med henholdsvis 2, 3 og 4 forsøksledd og 2, 3 og 4 perioder. Videre blir det forutsatt at alle forsøksledd forekommer en gang i hver periode i hvert kvadrat. Prinsippene for denne ^{metoden} kan illustreres ved følgende eksempel fra et forsøk over rensning av rotvekster til melkekyr (204). I forsøket var det med tre forsøksledd:

- A. Urenset hel kålrot
- B. Tørrenset hel kålrot
- C. Tørrenset raspet kålrot

Forsøket ble utført med 12 kyr som ble delt i 4 blokker, hver med 3 mest mulig like dyr. Etter en forperiode på 3 uker da alle kyr ble fôret likt, fulgte 3 forsøksperioder hver på 5 uker. Hver blokk utgjorde da et latinsk kvadrat. For å oppnå balansert forsøksplan, er det nødvendig med to kvadrater. Som vist i skjemaet nedenfor, kommer forsøksledd A etter forsøksledd C i blokk 1 (ku nr. 1-3), Det samme er tilfelle i blokk 3. I blokk 2 (ku nr. 4-6), og blokk 4, kommer forsøksledd A etter forsøksledd B.

		<u>Ku nr.</u>			<u>Ku nr.</u>		
		1	2	3	4	5	6
Forsøksperiode	1	A	B	C	A	B	C
"	2	B	C	A	C	A	B
"	3	C	A	B	B	C	A

Ved denne metode følger alle forsøksledd etter hvert av de andre, like mange ganger (A etter B og C, B etter A og C og C etter A og B). Hvert forsøksledd blir prøvet på alle kyr. Individuelle variasjoner blir utjevnet, og dyrematerialet blir godt utnyttet. Når det dreier seg om forsøks spørsmål, f.eks. endringer i fôringen, hvor det er tilstrekkelig med 5-6 ukers forsøksperioder, er metoden godt skikket når antall forsøksledd ikke overstiger 3 eller 4.

D. Ernæringen og laktasjonen.

Ernæringens betydning.

Melkeytelsen er bestemt av dyrenes arvelige anlegg. Hvorvidt dyrene gir den ytelse som er betinget av produksjonskapasiteten, er i første rekke avhengig av ernæringen. Det kreves både gode dyr og god ernæring for å få gode produksjonsresultater. Det har derfor strengt tatt liten mening å foreta noen sammenligning mellom avl og ernæring som midler til å få høge melkeytelser (205). Som eksempel på betydningen av arvelige anlegg, kan nevnes Hvidstens undersøkelser med eneggede tvillinger ved vårt institutt. Ved optimal ernæring så vel under oppdrett og laktasjon var det tvillingpar av telemarkfe som hadde bare 6-8 kg melk som høgste dagsytelser i første laktasjonsperiode, mens andre tvillingpar av samme rase kom opp i 16-17 kg.

Som eksempel på hva ernæringen betyr for utnyttelsen av de arvelige anlegg, kan nevnes en undersøkelse av Lush i materiale fra de danske kontrollforeninger (206, se fig. 17).

Under begge verdenskriger gikk den årlige melkeytelse pr. ku ned med 1100 kg, fra 3200 til 2100 kg i første verdenskrig og fra 3900 til 2800 kg i annen verdenskrig. Melkens fettinnhold var lite påvirket. I hovedsaken kan dette fall i melkeytelse føres tilbake til mangel på protein-kraftfôr under de to verdenskriger (206).

En undersøkelse fra New Zealand over perioden fra 1917-19 til 1942-43, viste at av ytelsesfremgangen kunne 57 % tilskrives ernæringen, mens resten berodde på utrangering og avl, inkludert bytte av rase (se 205). For perioden 1957-64 beregnet Syrstad for den norske rase NRF at den genetiske fremgang var 34 kg pr. år i 1957-61 og 47 kg pr. år i 1962-64. Den totale fremgang pr. år var 100 kg for hele perioden (207, se også 39).

Selv om tilstrekkelig fôring er en betingelse for utnyttelse av de arvelige anlegg, er det viktig å være oppmerksom på at dyr med anlegg for høg ytelse synes å stå best også ved utilstrekkelig fôring (39). I en amerikansk undersøkelse over jersey- og hollenderokser fikk man således nes-

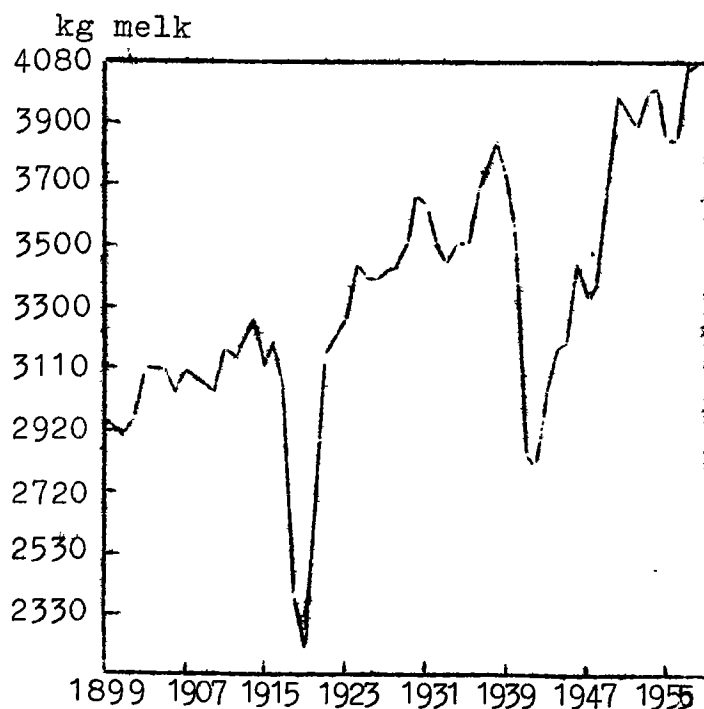


Fig. 17. Melkeytelsen i danske kontrollforeninger 1899-1959. e. Lush (206).

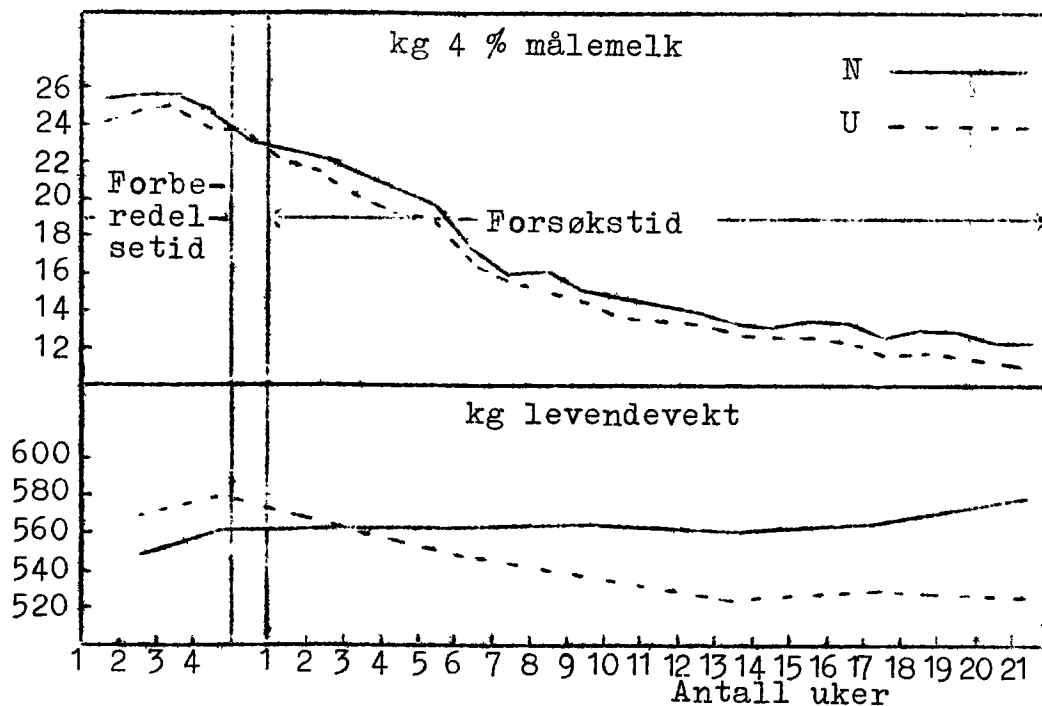


Fig. 18. Melkeytelse og kroppsvekt i forsøk med sammenligning av underfôring (U) og normfôring (N) til fete melkekyr.

ten samme rangering av oksene bedømt etter døtrenes ytelse, enten døtrene ble fôret med grovfôr alene eller med grovfôr + kraftfôr (208).

Underernæring med energi og stoffer.

En alminnelig underernæring med energi og protein, eventuelt andre essensielle næringsstoffer, setter melkeytelsen sterkt ned. Denne virkning gjør seg gjeldende allerede etter kort tid, 1-2 uker. Over lange perioder kan fallet i ytelse bli betydelig ved sterkere grader av underernæring.

I 1930-årene ble det ved Fôringsforsøkene, Norges landbrukshøgskole (Isaachsen et al., 209) gjennomført et forsøk med ekstrem underernæring med energi og stoffer til melkekyr. I de første 3-3½ måneder av 2.-3. laktasjonsperiode ble fire kyr fôret med høy, rotvekster og ubetydelig kraftfôr. Deretter ble det gjennomført fôring etter normer, likeså i neste laktasjonsperiode. Virkningen av underernæringen kan da bedømmes ved å sammenligne de første måneder i de to laktasjonsperioder. Resultatene er vist i tabell 72.

Tabell 72: Sammenligning av underfôring og fôring etter normer. (Isaachsen et al. (209).

	Underfôring	Fôring etter normer
Antall kyr	4	4
Dager fra kalving	101	96
kg kraftfôr pr. dag	1,0	4,9
FE (f.f.e.), pr. dag	6,2	9,8
g ford. råprotein, pr. dag	380	1170
g fosfor pr. dag	18,0	35,2
kg melk pr. dag	10,6	17,9
kg 4 % målemelk pr. dag	10,1	18,5
% fett i melken	3,65	4,25
% protein (N x 6,37) pr. dag	2,84	3,24
Kroppsvekt, kg	383	434
Vektendring pr. dag, kg	-0,58	-0,07
Nitrogenbalanse, g pr. dag	-13,5	+ 2,3
Fosforbalanse, g pr. dag	- 2,6	- 1,4
kg 4 % m.m. pr. FE beregnet produksjonsfôr	2,0	2,7

Den ekstreme underernæring har gitt sterkt fall i melkeytelse, nedgang i melkens fett- og proteininnhold og stor nedgang i kroppsvekt. Etter underfôringsperioden var kyrne svært avmagret. Den sterkt negative nitrogenbalanse viser at det er nedbrutt mye kroppsprotein. Videre har underernæringen ført til nedsatt melkeutbytte av fôret.

Sult.

Ved sult eller kortvarig ekstrem alminnelig underernæring er det funnet stort fall i melkemengden og økning i melkens fettinnhold (190, 210). Dette er illustrert i tabell 73 ved resultater fra et finsk forsøk. Etter en periode på 8 dager med fôring etter normer, ble det i 3 dager (9.-11. dag) gitt vedlikeholdsfôr (høy) hvoretter fôrmengden igjen ble øket.

Tabell 73. Melkeytelsen og melkens sammensetning ved kortvarig ekstrem underernæring. Kua Ista. Paloheimo et al. (210).

Dag	kg melk	% fett	% protein	% melkesukker	% aske
5.-8.	24,6	4,6	3,15	5,20	0,69
11. (tredje sultedag)	13,9	6,2	2,80	3,70	0,77
14.	22,9	4,0	3,13	4,58	0,76

Melkemengden gikk betydelig ned. Mens fettinnholdet gikk sterkt opp (negativ korrelasjon med melkemengde, se s. 117), var det fall både i proteininnhold og melkesukkerinnhold.

Under ketose er fôropptaket nedsatt, en slags sultetilstand. I tabell 74 er vist fôropptak og ytelse under et tilfelle av ketose.

Tabell 74. Fôropptak og melkeytelse ved ketose. Ku nr. 1110. Breirem et al. (211).

Dato 1944	FE ¹⁾	g ford. råprot.	kg melk pr. dag	kg 4 % m.m. pr. dag	% fett	Urinacetøn mg pr. 100 ml
28/2-2/3	11,4	1420	20,0	20,9	4,3	435
6/3	7,7	1040	14,4	14,9	4,7	1380
8/3	4,1	600	12,0			
Sukkerinjeksjon 8/3, 10/3, 14/3 og 21/3						
13-16/3	9,2 11,0	1070 1330	19,8	18,6	3,6	260(17/3)

- 1) Opptaket av surfôr pr. dag gikk ned fra 21 til 5 kg
 " " rotvekster pr. dag gikk ned fra 32 til 5 kg
 " " kraftfôrblanding pr. dag gikk ned fra 2,6 til 0,5 kg
 " " sildemel var uendret (0,4 kg)
 " " høy var uendret (4 kg)

Fôropptaket var redusert til 36 % (FE), og melkeytelsen gikk sterkt ned, mens fettinnholdet var noe forhøyet. Etter behandlingen steg fôropptaket. Melkeytelsen kom da igjen opp i det normale nivå, mens melkens fettinnhold gikk ned.

Underernæring med energi.

Hvis det stofflige næringsbehov er dekket, vil underernæring med energi i en begrenset periode ha liten virkning på melkeytelsen hos dyr i godt hold. Ved den før nevnte homeostatisk regulering vil nemlig energi fra fettdepotene kunne brukes til å dekke energibehovet i laktasjonen. Som nevnt før (s. 137-138) er dette av stor betydning hos høgtmelkende kyr som i den første del av laktasjonsperioden ikke er istand til å ta opp nok fôr til dekning av energibehovet. Det er vist at det kan tas så mye energi ut av fettdepotene pr. dag, at det svarer til energiinnholdet i 10-20 kg melk (s. 137-138, se også Kajanoja, 215, s. 115).

Ved Fôringsforsøkene, Norges landbrukshøgskole har Homb og medarbeidere (62) utført forsøk som gir et godt inntrykk av fettreservenenes betydning, når det gjelder å holde melkeytelsen oppe. Det ble om høsten kjøpt inn utvalgt fete kyr. I to av forsøkene ble kyrne innkjøpt før kalving. Etter kalving ble alle kyr i en forperiode på 4-8 uker fôret etter normer. Deretter ble dyrene delt i to grupper. Den ene gruppe ble tilført energi (FE) etter normer, mens den annen gruppe ble underfôret. I mai ble kyrne slaktet, og slaktenes fethetsgrad ble undersøkt.

I et tredje forsøk ble sammenlignet underfôring og fôring etter normer i den senere del av laktasjonen.

Ytelsen i forperioden angitt i 4 % m.m. pr. dag, var ca. 25 kg i de to første forsøk og ca. 10 kg i det tredje forsøk.

I tabell 75 er det gjengitt en del resultater fra disse forsøk.

Tabell 75. Sammenligning av underfôring med energi (U) med normalfôring etter normer (N). Homb et al. (62).

Forsøk nr.		1 1958-59	2 1961-62	3 1957-58
Antall kyr		2 x 5	2 x 6	2 x 6
Dager i forsøks-tiden		154	147	109
FE pr. dag i forsøks-tiden	N	11,8	9,9	7,4
	U	8,9	7,3	4,0
	differens	2,9	2,6	3,4
kg 4 % m.m. pr. dag i forsøks-tiden	N	17,0	15,7	7,2
	U	16,2	15,7	4,9
	differens	0,8	0	2,3
kg beregnet kropps-fett i slutten av forsøks-tiden	N	140	120	154
	U	111	88	129
	differens	29	32	25

I fig. 18 er vist melkekurver (4 % m.m.) og vektkurver i gjennomsnitt for gruppene i forsøk nr. 2. Mens gruppe N i forsøks-tiden i gjennomsnitt har øket 16 kg, har gruppe U gått ned 55 kg.

Tabell 75 og fig. 18 viser at en underfôring med 2,6-2,9 FE pr. dag i 5 mnd. (i alt 380-450 FE) i 2.-7. måned har gitt liten (forsøk nr. 1) eller ingen (forsøk nr. 2) nedgang i ytelse. I den senere del av laktasjonen (forsøk nr. 3) er det derimot en tydelig nedgang i ytelsen. Disse resultater synes således å bekrefte den før nevnte oppfatning av Frens, nemlig at kyrne har større evne til å holde oppe melkeytelsen i den første del av laktasjonen enn i den senere del (se s. 138).

Selv om det som følge av underfôringen ble mobilisert betydelige mengder kroppsfett, var det store mengder igjen (tabell 75), og slaktene av de underfôrede dyr ble karakterisert som fete. Mengdene av nyre- og innvollsfett var imidlertid redusert betydelig (se s. 44).

Det kan merkes at underfôringen ikke påvirket melkens fettinnhold, men proteininnholdet gikk noe ned (ca. 0,2 prosentenheter). Dette er vanlig ved underfôring med energi (212, s. 63, se også s. 117).

Selv om melkekyr har en enorm evne til å mobilisere fettreserver for å skaffe energi til å holde melkeytelsen oppe, er tilstrekkelige fettreserver en forutsetning for at denne regulering skal funksjonere. Som fremholdt av Lenkeit og deres medarbeidere er god fôring nødvendig for å få gjenoppbygget kroppsreservene før neste laktasjon (se s. 136). Hvis kroppsreservene blir oppbrukt ved langvarig underfôring, vil melkeytelsen gå sterkt ned. Dette er illustrert i tabell 76 ved resultater fra et langtidsforsøk i Mississippi med ulike energimengder til jerseykyr ved kontinuerlig innefôring (213).

Tabell 76. Langtidsforsøk med underfôring. Mississippi.
Moore & Cowser (213).

	Virkelig ytelse i % av ventet ytelse	
	Minste energimengde	Nest minste energimengde
Første år	91	90
Annet år	46	56
Vekttap i 2 år, kg	81	42

Etter to år var kyrne på minste energimengde kommet ned i under halvparten av ventet ytelse, og de var så alvorlig avmagret at de måtte settes ut av forsøket. Kyrne på den nest minste energimengde ble etter det annet år gitt god fôring og adgang til beite. Det var liten virkning på ytelsen til å begynne med, og først i fjerde år kom kyrne opp i ventet ytelse. Forsøket viser at tilstrekkelige kroppsreserver er viktige for å holde melkeytelsen oppe, og at det er nødvendig at reservene blir gjenoppbygget før ny laktasjon.

Underernæring med protein.

Møllgaard (2, s. 414) har fremholdt at man ved underernæring med protein har følgende reaksjon:

1. Nedgang i melkens fettinnhold
2. Negativ nitrogenbalanse
3. Betydelig fall i melkemengde

Som støtte for denne oppfatning gjengir Møllgaard bl.a. en serie forsøk fra Forsøgslaboratoriet (se tabell 77).

Tabell 77. Forsøk med reduksjon av proteinmengden til melkekyr. Gjennomsnitt 4 dyr. Forsøgslaboratoriet (2, s. 414).

Periode	Ford. protein g	N-balanse g	kg melk	I melken	
				Fett %	protein %
1. 5.-10. nov.	930	+ 9	17,3	3,58	2,80
2. 16.-21. nov.	770	+ 8	16,9	3,05	2,77
3. 26. nov.-1. des.	650	+ 2	15,6	3,09	2,72
4. 11.-26. des.	510	- 4	13,7	2,95	2,71
5. 28. des.-2. jan.	410	-14	11,8	3,07	2,80

Det foreligger også andre undersøkelser som viser at underernæring med protein kan føre til nedgang i melkens fettinnhold (214, 215). Man kan imidlertid ikke regne med at dette inntreffer alltid. I 3 års forsøk ved Fødringsforsøkene, Norges landbrukshøgskole (Ulvesli, 216) ble det således ikke funnet noen nedsettelse av melkens fettinnhold ved proteinmangel (tabell 78).

Tabell 78. Melkens fettinnhold ved normal proteinmengde og ved proteinmangel. Ulvesli (216).

Gruppe	Antall kyr	% fett i melken		Endring
		Forperiode	Forsøksperiode (8-10 uker)	
Normal proteinmengde	18	4,22	4,29	+ 0,07
Proteinmangel	18	4,21	4,28	+ 0,07

I tabell 79 er det gjengitt resultater fra et av disse forsøk som viser at proteinmangel medfører betydelig nedgang i melkeytelse og kroppsvekt. Dette tilsvarer de to siste ledd i den reaksjon som er beskrevet av Møllgaard (se ovenfor).

Tabell 79. Virkning av proteinunderskudd på melkeytelse og kroppsvekt. Ulvesli (216).

Gruppe	g ford. rå-protein i prod. fôr pr. kg 4 % m.m.	An-tall kyr	kg 4 % m.m.		En-dring	Vektendring i forsøks-tiden g pr. dag
			For-per.	For-søks-per.		
Normal protein-mengde	57	6	13,2	11,5	+1,7	+ 55
Protein-mangel	19	6	13,0	9,1	-3,9	405

Det var i disse forsøk også en tendens til nedsettelse av melkens proteininnhold (ca. 0,25 % enhet) ved langvarig proteinmangel. Nedsatt proteininnhold i melken ved langvarig proteinmangel er også påvist i andre undersøkelser (214). Ved kortvarig proteinmangel vil melkens proteininnhold derimot ikke bli påvirket (2, 215, se også tabell 77).

Underernæring med protein gjør seg raskt gjeldende, allerede i løpet av et par uker. Den raske nedgang i ytelse ved alminnelig underernæring og sult (tabellene 72-74) må i stor utstrekning tilskrives proteinmangelen.

Underernæring med vitaminer og mineralstoffer.

Det er nevnt i avsnittene om vitaminer og mineralstoffer at mangel på disse næringsstoffer vil føre til sykelige forstyrrelser, nedsatt fôropptak og fall i produksjonen.

Hos utvoksne lakterende drøvtyggere har man eksempler på dette for det fettløselige A-vitamin og for flere mineralstoffer, særlig kalsium, fosfor, natrium og kobolt.

At ekstrem mangel på mineralstoffer fører til nedsatt fôropptak, virker sekundært som alminnelig underernæring.

Varig virkning på laktasjonen av underernæring.

Ved fetning er det ikke noen varig uheldig virkning av reduksjon i næringstilførselen. En moderat underernæring med energi vil heller ikke ved vekst ha varig uheldige følger (s. 67-71). Ved laktasjon har man derimot regnet jevn ernæring som en betingelse for å holde ytelsen oppe, og at det er risiko for at underernæring vil føre til nedsatt ytelse gjennom hele laktasjonsperioden (2, s. 402). Dette kunne bero på en ødeleggelse av alveoler i melkekjertelen, og at disse ikke blir gjendannet før laktasjonsperioden er avsluttet (s. 131).

Det er vist at tilstrekkelig ernæring i den første del av laktasjonsperioden er viktig for å oppnå høy ytelse i hele laktasjonsperioden. I forsøk med kviger ved Reading (N.I.R.D.), England var utslaget for bedre ernæring i de 9 første uker av laktasjonsperioden, fire ganger større for hele laktasjonsperioden enn for 9 ukersperioden (217). Hos kviger syntes således en tilstrekkelig ernæring i den første del av laktasjonsperioden å medføre at mer av næringsstoffene ble brukt i laktasjonen istedenfor til avleiring i kroppen (39).

I denne forbindelse kan pekes på at i det før nevnte forsøk med ekstrem alminnelig underernæring i de første $3\frac{1}{2}$ måned av laktasjonsperioden (tabell 72) var det bare en liten stigning i ytelsen (1-3 kg pr. dag) i samme laktasjonsperiode når kyrne ble normalfôret etter perioden på underernæring. Det er også verd å merke seg at i det før nevnte forsøk hvor det gjennom 5 måneder ble gjennomført energiunderernæring uten vesentlig virkning på ytelsen (tabell 75) ble det i de første 4-8 uker etter kalving fôret etter normer.

I et annet forsøk hvor en gruppe kyr fikk underernæring med energi (-2,2 FE pr. dag) i de første 5 uker etter kalving gikk ytelsen sterkt ned (-2,8 kg 4 % m.m. pr. dag) sammenlignet med en gruppe som ble fôret etter normer. Etter normalfôring i 5 uker kom den underfôrede gruppe imidlertid opp i nesten samme ytelse (- ca. 0,5 kg) som den gruppe som var fôret etter normer hele tiden (211, s. 45). Ytelsen i dette forsøk lå imidlertid lågt.

Ved kortvarig ekstrem underernæring kan ytelsen gå sterkt ned, men dyrene vil som regel komme opp i normal ytelse når de igjen får tilstrekkelig ernæring (se tabell 73 og 74). I finske forsøk ble fôrmengden redusert med 2 FE fra 24. til 40. dag etter kalving. Ytelsen ble redusert med 2,8 kg 4 % m.m. Da fôrmengden igjen ble satt opp, kom ytelsen opp i det normale nivå (Kajanoja, 215, s. 37).

Spørsmålet om hvorledes ulike grader av underernæring virker inn på ytelsen i resten av laktasjonsperioden er utilstrekkelig undersøkt. Det er derfor ikke mulig å gi sikre holdepunkter om under hvilke betingelser underernæring vil ha varig uheldig virkning på ytelsen i resten av laktasjonsperioden. Faren for varig uheldig virkning synes imidlertid å være noe mindre enn man regnet med tidligere.

E. Næringsbehovet ved laktasjonen.

a. Energibehovet.

NK_F-behovet etter Møllgaard og medarbeidere.

Gjennom en periode på 30 år, 1930-1960, var det, ved siden av praktiske fôringsforsøk, vesentlig Møllgaard og medarbeideres energibalansforsøk som stod til disposisjon for vurdering av energibehovet til laktasjon hos melkekyr (2, 3, 218).

Ifølge sitt system var Møllgaard interessert i å fastsette energibehovet i NK_F. Melkekyr ble føret med balanserte fôrresjoner. Fordøyeligheten av disse ble bestemt, og mengden av NK_F i fôrresjonene kunne da beregnes etter Kellers næringsverdifaktorer og verditall (218, s. 69). Melkeytelsen ble målt i melkeenheter" (m.e. = 1000 kcal i melk, se s. 121). NK_F-behovet til produksjon av 1 m.e. ble funnet ved følgende ligning:

NK_F i organismen pr. m.e. =

$$\frac{NK_F \text{ i fôr} - NK_F \text{ vedlikehold} - \text{energibalanse i NK}_F^1)}{m.e.}$$

1) Ved positive energibalanser er kcal = NK_F. Negative energibalanser ble omregnet til NK_F ved multiplikasjon med 0,83 (0,826) p.g.a. at føret har større nettoenergi til vedlikehold enn til fetning (sammenlign s. 11).

Ved denne ligning får man bestemt den mengde energi, uttrykt i NK_F, som blir brukt ^{ved} beregnet energilikevekt.

Innenfor det optimale område for proteinmengdene (se senere) ble det ved ytelse på 7,6-18,2 m.e. pr. dag (10-25 kg 4 % m.m.) funnet at energibehovet til produksjon av melk var:

$$\frac{840(837) NK_F \text{ pr. m.e.}}{\text{med variasjon } 794-871.}$$

Variasjonskoeffisienten var 3,8.

Den låge variasjon kan forklares ved omsorgsfull utførelse av forsøkene og ved at dyrematerialet var ensartet. Fôrresjonene var også ensartete. De bestod som regel av litt halm, rotvekster og kraftfôr.

Ifølge Møllgaard blir altså energibehovet angitt i den

mengde NK_F som er ekvivalent med 1000 kcal i melk. Man kan tolke resultatene slik at den fórmengde som gir 1000 kcal i melk vil gi bare 840 kcal ved fetning av storfe. Dette betyr at en blandet fórrasjon gir ca. 20(19) % større kaloriutbytte i melkeproduksjonen enn ved ren fetning av storfe.

Til kontroll av resultatene som ble oppnådd ved den ovennevnte metode, ble det også prøvet en annen metodikk. Det ble gitt en fórrasjon av samme størrelse, først til ei lakterende ku og deretter til samme ku etter tvangsavlating. Stigningen i energibalansen (NK_F) fra første til annet forsøk viser da, med visse korreksjoner, den mengde NK_F som svarer til melkemengden målt i kalorier (m.e.) i første forsøk.

Ved sammenligning av de to metoder i forsøk med samme dyr ble det oppnådd følgende resultater (3, s. 181 og s. 239):

Første metode	794	NK_F	pr.	m.e.
Annen	781	"F"	"	"

Energibehovet til laktasjon må sees i sammenheng med energibehovet til vedlikehold (s. 7). Ved den først beskrevne metode vil nemlig ansettelsen av vedlikeholdsbehovet virke inn på den verdi som blir beregnet for behovet for produksjonsfór. Møllgaards verdier for energibehovet til vedlikehold og laktasjon er:

Vedlikeholdsbehov ved 500 kg:	<u>5860</u>	NK_F	(tab. 10, s. 22)
Behov til produksjon pr. m.e.:	<u>840</u>	"	

Det må understrekes at disse verdier for energibehovet har gyldighet innen et begrenset område av blandete fórrasjoner (sammenlign s. 21).

Energibehovet kan regnes om fra NK_F til FE ved å forutsette 1650 NK_F pr. FE.

$$\text{Vedlikeholdsbehov ved 500 kg} \quad \frac{5860}{1650} = 3,55 \text{ FE}$$

$$\text{Behov til produksjon pr. kg 4 \% m.m.} = \frac{840 \cdot 0,750}{1650} = 0,38 \text{ FE}$$

Det er her regnet med 750 kcal pr. kg 4 % m.m. (s. 123). Ved overføring til praksis kan det bli tale om å regne et tillegg (margin) til Møllgaards normer (se senere).

NK_F -behovet etter Kellner.

Før sin død i 1911 hadde Kellner rukket å utføre 36 energibalansforsøk med melkekyr. Han meddelte i 1911 fore-

løpige resultater fra 3 av disse forsøk (219). Først i 1956 ble det publisert en fullstendig beretning om forsøkene (220). Det ble brukt fórrasjoner av høy og kraftfór. Ved oppgjór etter Møllgaards først beskrevne metode (se ovenfor) ga forsøkene følgende resultater (220, se også 39):

Vedlikeholdsbehov ved 500 kg	6000 NK _F
Behov til produksjon pr. M.E.	780 "

Behovet er av samme størrelsesorden som i Møllgaards forsøk.

Utnyttelsen av den omsettelige energi i Møllgaards og Kellners forsøk.

Ekern og Vik-Mo har beregnet utnyttelsen av den omsettelige energi til laktasjon i Møllgaards og Kellners forsøk. Resultatene er gjengitt i tabell 80.

Tabell 80. Utnyttelsen av den omsettelige energi til laktasjon i 16 forsøk (27 enkeltforsøk) av Møllgaard og 36 forsøk av Kellner. Ekern & Vik-Mo (39, 239).

Alternativ (se tekst)	Produksjon	Vedlikehold kcal ME pr. kg V ^{3/4}	% utnyttelse av den omsettelige energi for produksjon		
			Møllgaard	Kellner	Alle
I 1	laktasjon+fetning	94,3	60,6 ⁺ 5,7	54,5 ⁺ 4,6	57,5 ⁺ 5,5
	laktasjon	94,3	62,5 ⁺ 7,2	53,9 ⁺ 5,1	57,7 ⁺ 7,1
II 1	laktasjon+fetning	108,8	65,5 ⁺ 5,3	58,6 ⁺ 4,9	62,0 ⁺ 6,1
	laktasjon	108,8	68,8 ⁺ 9,7	59,0 ⁺ 5,3	63,2 ⁺ 7,0

I tabellen er regnet med to alternativer for vedlikeholdsbehovet.

I. 94,3 kcal ME V^{3/4} er utføret på grunnlag av 21 forsøk av Møllgaard og medarbeidere med vedlikeholdsforrasjoner til melkekyr.

II. 108,8 kcal ME V^{3/4} (tab. 10, s. 22).

Det er også regnet med to alternativer for produksjonen:

1. kcal i melk + energibalanse, dvs. at laktasjon og fetning er slått sammen.
2. kcal i melk ved energilikevekt.

Det er korrigeret til energilikevekt ved å regne med

$k_f = 55$ for positive balanser og $k_m = 66$ for negative balanser (sammenlign s. 11-12).

Utnyttelsen av den omsettelige energi til laktasjon er av ARC (8, s. 195) betegnet k_1 (1 = laktasjon) og k_{10} hvor o betegner energibalanse o (energilikevekt). Det ovennevnte alternativ 2 gir altså k_{10} .

Når det tas hensyn til at det er funnet lågt vedlikeholdsbehov hos dyr i Møllgaards institutt, må det antas å være realistisk å sammenligne alternativ I i Møllgaards forsøk med alternativ II i Kellners forsøk. I Kellners forsøk er det ikke noen forskjell mellom alternativ 1 og 2. Når det gjelder Møllgaards forsøk, har alternativ 2 gitt større utnyttelse, men også større variasjon. Det siste kan bero på at det ved samtidig (simultan) laktasjon og fetning er svakt begrunnet å regne med $k_f = 55$ (se s. 51).

Ved en ~~multiple~~ regresjonsanalyse av Møllgaards og Kellners forsøk, kom Ekern og Vik-Mo til følgende verdier for energibehovet til vedlikehold og/utnyttelsen av den omsettelige energi til laktasjon og fetning:

Beregnet vedlikeholdsbehov ved 500 kg	12140 kcal ME
Utnyttelse av den omsettelige energi til laktasjon	60,5 %
Utnyttelse av den omsettelige energi til fetning ved samtidig laktasjon	69,4 "

Både i følge disse regresjonsberegninger og ifølge oppgjøret som er gjengitt i tabell 80, synes utnyttelsen til laktasjon av den omsettelige energi i blandete fórrasjoner å være ca. 60 %.

Andre tidligere undersøkelser over utnyttelsen av den omsettelige energi til laktasjon.

Flatt har sammenstillet materiale fra tidligere energibalansforsøk med melkekyr. Medregnet Møllgaard og Kellners forsøk kom han til at det i 1963 var utført 136 forsøk (221). En del forsøk fra Sovjet (222) var da ikke tilgjengelige. Ved lineære regresjonsberegninger over 103 av de 136 forsøk, kom Flatt/til at utnyttelsen av den omsettelige energi til laktasjon var 61 % ved et beregnet vedlikeholdsbehov på 11940 kcal ved 500 kg, altså god overens-

stemmelse med EKERN og VIK MO's beregninger (221, se også 39).

Basert på et begrenset materiale av de forsøk som er sammenstilt av FLATT, er man i andre undersøkelser kommet til at utnyttelsen av den omsettelige energi i laktasjonen hos melkekyr er 68-70% (223, 224, 8, s. 200). Samme utnyttelse er funnet ved laktasjon hos geiter (65, se også s. 51).

Nyere undersøkelser over energiutnyttelsen og energi-
behovet ved laktasjon (rev. 1971)

Undersøkelser ved Beltsville.

Etter 1963 er det tilgjengelige materiale av energibalansforsøk med melkekyr øket betydelig.

Stimulert av den finske forsker P. SAARINEN ble det etter initiativ av L.A. MOORE bygget et laboratorium for undersøkelser over energiomsetningen hos melkekyr ved BELTSVILLE. Utbygningen og ledelsen var i 1956-68 tillagt W.P. FLATT. Fra 1968 overtok P.W. MOE (norsk avstamning) ledelsen. Forsøkene ved laboratoriet har hatt stort omfang (543 forsøk 191-68) og har bidratt mye til å belyse energibehovet ved laktasjonen hos melkekyr (23, 175, 176, 221, 225, 226, 258, 259).

Det ble bl.a. utført to serier forsøk med rasjoner av lusernehøy med stigende mengder kraftfôr, fra 100 % høy og 0 % kraftfôr til 20 % høy og 80 % kraftfôr (tørrstoffbasis). Et utdrag av resultatene fra den første serie av disse forsøk er gjengitt i tabell 81.

Tabell 81. Utnyttelsen av den omsettelige energi til laktasjon ved energilikevekt i forsøk med fôrrasjoner med ulik energikonsentrasjon. Beltsville (FLATT et al., 225).

Fôr- ra- sjon	Tørrstoff basis		Nettoenergi- basis		% ME	kcal ME vedlikehold		k ₁₀ = % ut- nyttelse av ME til lakta- sjon ved ener- gilikevekt
	Høy %	Kraft- fôr %	Høy %	Kraft- fôr %		3/4	500 kg	
C	100	0	100	0	51	131	13850	54 (51)
B	84	16	75	25	54	131	13850	61 (56)
A	63	37	50	50	59	131	13850	65 (58)

Anm. 36 forsøk, 7 kyr, gj.sn. laktasjonsytelse 4820 kg 4 % m.m.

Ifølge denne serie forsøk stiger utnyttelsen av den omsettelige energi (ME) til laktasjon ved stigende mengder kraftfôr (stigende energikonsentrasjon, % ME), når det er regnet med samme mengde ME til vedlikehold, dvs. når det er sett bort fra at utnyttelsen av ME til vedlikehold også stiger ved økende konsentrasjon (se s. 19). Tallene i parentes er funnet ved regresjonsanalyse. Det tilsvarende vedlikeholdsbehov var 110-109 kcal ME $V^{3/4}$ (11,6-11,5 Mcal ved 500 kg).

Den annen serie forsøk (23, 179) ble utført med 14 høgtmelkende kyr, gj.sn. laktasjonsytelse (305 d) 6250 kg 4 % m.m. (4380-8770). Det ble brukt tre fôrrasjoner.

	Tørrstoffbasis	
	Høy	Kraftfôr
	%	%
D	60	40
E	40	60
F	20	80

Ved en enkel lineær regresjonsanalyse (179, p. 243, se fig. 2, s. 13) ble det funnet

66 % utnyttelse av den omsettelige energi til laktasjon
+ fetning

ved et vedlikeholdsbehov på
141,5 kcal ME pr. $kg^{3/4}$ (15,0 Mcal ved 500 kg).

Som det går fram av tabell 82, hadde stigende energikonsentrasjon utover 60 % ME, ubetydelig virkning på energiutnyttelsen. Ved økende konsentrasjon (mer kraftfôr) ble det imidlertid mobilisert mindre kroppsfett og produsert mindre melk. Store kraftfôrmengder syntes altså å favorisere fettdepotene i kroppen på bekostning av melkekjertelen (se s. 143). Ved nedsatt fettmobilisering blir det følgelig mindre energi til disposisjon for melkesekresjonen (179).

Tabell 82. Energikonsentrasjonens virkning på energiutnyttelsen, fettmobiliseringen og melkeytelsen

FLATT et al. (179)

Fór- ra- sjon	% ME	% utnyttelse av ME til laktasjon + fetning	Begynnelsen lakta- sjonsperioden		Gj.sn.	
			Tap av fettvev pr. dag Mcal	Melk pr. dag Mcal	4 % m.m. pr. dag kg	Fett %
D	60	64	10,1	22,4	19,6	3,71
E	66	67	7,0	19,0	17,8	3,01
F	68	67	3,5	14,4	14,1	2,54
Middel		66				

Energiutnyttelsen ble ikke påvirket av kyrnes størrelse eller ytelse (179). Det siste betyr at utnyttelsen steg lineært med ytelsen (fig. 2, s. 13).

I tabell 83 er gjengitt resultater fra en regresjonsanalyse i 1970 (MOE et al., 259) av 543 energibalansforsøk med melkekyr ved Beltsville.

Tabell 83. Energiutnyttelsen hos melkekyr. Beltsville (MOE et al., 259).

	Utnyttelse %	Vedlikehold kcal ME pr. kg ^{3/4}
1. <u>Lakterende kyr</u> (n=350)		
Laktasjon, ME fra fórr	64,4	} 122 ¹⁾
" , kroppsvev(fett)	82,4	
Fettavleiring	74,7	
2. <u>Tørre kyr</u> (n=193)		
Fettavleiring	58,7	100
Fostertilvekst	11,5	

1) Ved regresjonsanalysen ble funnet 141 når det inngikk et konstantledd i regresjonsligningen. Ved å korrigere konstantleddet til 0, gikk vedlikeholdsbehovet ned fra 141 til 122 tilsvarende 12,9 Mcal ME ved 500 kg.

Ifølge tabell 83 er den kombinerte utnyttelse ved avleiring og tap av fett

$$74,7 \% \times 82,4 \% = \underline{61,6 \%}$$

Denne utnyttelse er bare litt lågere enn den utnyttelse, 64,4 %, som ble funnet når ME fra fóret brukes direkte til laktasjon. Det synes således å være små transformasjonstap ved avleiring og mobilisering av kroppsfett hos melkende kyr.

Det er i andre undersøkelser funnet 80-85 % utnyttelse av energien i kroppsfett som blir brukt til laktasjon (FLATT, 258). I en undersøkelse (VAN ES, 260, se senere) er funnet 90 (89) % utnyttelse. Disse verdier ligger nær den utnyttelse av ME på 86 % som i Rostock er funnet for fett i kraftfór ved fetning av storfe (BREIREM & SUNDSTØL, 261). Den høge utnyttelse av fett ved laktasjon og fetning forklares ved at det inkorporeres langkjedete fettsyrer, henholdsvis i melkefett og kroppsfett. Det er vanskeligere å forklare den høge utnyttelse ved fettavleiring hos lakterende kyr. At det blir brukt eddiksyre i laktasjonen og propionsyre + smørsyre ved fetning, kan virke til å øke utnyttelsen (s. 51). BREIREM & SUNDSTØL (261) har pekt på at når fettvev skal gjenoppbygges i slutten av laktasjonen, er det ved positiv energibalanse sannsynlig at næringsfett fortrinnsvis blir avleiret i fettdepotene. Selv om dette kan forklare den høge utnyttelse, må det understrekes at det inntil videre dreier seg om en hypotese.

Undersøkelser ved Wageningen.

Under ledelse av E. BROUWER og i samarbeide med A.J.H. VAN ES ble det i 1950-årene bygget et godt utstyrt laboratorium for undersøkelser over energiomsetningen ved Landbrukshøgskolen i Wageningen, Nederland. De omfattende undersøkelser over energibehovet til vedlikehold hos storfe er omtalt tidligere (s. 19). Under ledelse av VAN ES ble det fra 1964 opptatt forsøk over energiomsetningen hos melkekyr.

I tabell 84 er gjengitt resultatene fra en statistisk analyse i 1968 av et stort antall energibalansforsøk med melkekyr. VAN ES har velvilligst stillet resultatene til disposisjon.

Tabell 84. Utnyttelsen av den omsettelige energi til laktasjon ved energilikevekt (k_{10}) og beregnet energibehov til vedlikehold (kcal ME pr. $\text{kg}^{3/4}$) hos melkekyr (VAN ES, 227, 262).

	An-tall forsøk	% ME mid-del	Alternativ 7			Alternativ 7 RQ x		
			k_{10}	kcal ME		k_{10}	kcal ME	
				pr. $\text{kg}^{3/4}$	ved 500 kg		pr. $\text{kg}^{3/4}$	ved 500 kg
VAN ES	65	57,9	65	124	13110	68	137,4	14520
FLATT	125	60,1	67	126	13320	66	137,6	14540
DENNISOV	76	57,5	69	148	15640			
Tidligere ^{x)}	107	55,5	58	96	10150			
Alle	373	57,9	62	114	12050			

x) KELLNER 36
 MØLLGAARD 14
 KLEIBER 14
 FORBES 8
 FRIES 7
 RITZMAN 8
 HASHIZUME 20

Tabell 84 viser klart at utnyttelsen av den omsettelige energi til laktasjon og det beregnede energibehov til vedlikehold må sees i sammenheng. Høg utnyttelse til laktasjon og høgt beregnet vedlikeholdsbehov hører sammen, likeså låg utnyttelse og lågt beregnet vedlikeholdsbehov (262).

Basert på en samlet vurdering, kom VAN ES til at de følgende verdier var de mest sannsynlige ved en energikonsentrasjon på 59 % ME:

62 % utnyttelse av omsettelig energi til laktasjon
117 kcal ME pr. $\text{kg}^{3/4}$ til vedlikehold, tilsvarende 12,4 Mcal ved 500 kg.

Ved å undersøke virkningen av % ME (energikonsentrasjonen) for fôrrasjonen som uavhengig variabel, ble funnet at behovet for omsettelig energi (ME) til vedlikehold + laktasjon endrer seg med 0,5 % pr. % ME, regnet som avvikelse fra 59 % ME.

Til våren 1970 var det i Wageningen utført 198 energibalansforsøk (VAN ES et al., 260). Ved en regresjonsanalyse

med energi i melk + positiv energibalanse + 0,8 negativ energibalanse, angitt pr. $\text{kg}^{3/4}$, som avhengig variabel og med $\text{ME}/\text{kg}^{3/4}$ som uavhengig variabel ble det oppnådd følgende resultater (260):

62 % utnyttelse av omsettelig energi til laktasjon
116 kcal pr. $\text{kg}^{3/4}$ til vedlikehold
ved 56,4 % ME i fórrasjoner, i gj.sn.,
altså god overensstemmelse med den ovenfor nevnte statistiske analyse av 373 energibalansforsøk.

Ved et par andre alternativer for beregningen (2-3 uavhengig variable) ble det oppnådd følgende resultater (260):

% utnyttelse til laktasjon	kcal ME pr. $\text{kg}^{3/4}$
60	110
57	100

Disse verdier bekrefter VAN ES's oppfatning om at det er sammenheng mellom energiutnyttelsen til laktasjon og energibehovet til vedlikehold, altså slik at låg energiutnyttelse til laktasjon hører sammen med lågt energibehov til vedlikehold, mens høg utnyttelse hører sammen med høgt vedlikeholdsbehov (se foran).

Det kan nevnes at det i Wageningen-forsøkene (260) ble bekreftet at utnyttelsen stiger ved stigende energikonsentrasjon (% ME). Videre ble funnet høgere utnyttelse ved fallende verdier av % L hvor L betyr fórrasjonens innhold i % av vanlig (langt) grovfór i motsetning til kraftfór eller pelletert grovfór.

i Wageningen-forsøkene

Utnyttelsen i laktasjonen av energi fra fettvev syntes / å være så høg som 90 (89) % (se foran s. ny 167). Likesom i Beltsville-forsøkene steg utnyttelsen av ME til laktasjon + fetning lineært med mengden av ME.

I forsøk med sammenligning av høy og surfór som grovfór kunne det ikke påvises noen forskjell i utnyttelsen av den omsettelige energi i disse fórmidler ved samme fordøyelighet og proteininnhold (24).

Undersøkelser i Rostock.

Fra 1967 er det ved OSKAR KELLNER Institutt i Rostock tatt opp undersøkelser over energiomsetningen hos melkekyr. Det foreligger (1971) resultater fra 2-3 undersøkelser (263-265) foruten at det er foretatt en samlet vurdering av energibehovet hos melkekyr (266).

I tabell 85 er sammenstilt resultater fra to serier forsøk.

Tabell 85. Energiutnyttelse og forbruket av NEF_r i forsøk med melkekyr, Rostock (SCHIEMANN et al., 263-264)

Serie nr.	n	Grovfôr % av DM	% ME	kcal ME pr. kg ^{3/4}	k ₁₀	NEF _r	
						kcal pr. kg ^{3/4}	kcal pr. 1000 kcal i melk
1	24	40	61	114 ¹⁾	61	63,6 ¹⁾	875
2 ³⁾	19	63	62	109-110 ²⁾	68	59,2 ²⁾	807

1) Vedlikeholdsbehov bestemt i forsøk (n=16) med de samme kyr, ikke melkende og ikke drektige.

2) Brukt middeltall for energibehovet til vedlikehold.

3) Denne serie ble utført for å undersøke virkningen av urea på energiutnyttelsen. Det ble ikke påvist noen virkning.

Som det går fram av tabell 85, stemmer resultatene fra første serie forsøk godt overens med resultatene fra undersøkelsene i Beltsville og Wageningen. Likesom i disse undersøkelser ble det også i Rostock funnet lineær utnyttelse av den omsettelige energi (ME) i laktasjonen ved stigende tilførsel av ME (263, s. 247). Det må imidlertid tas hensyn til at fordøyeligheten faller ved stigende førmengder. Denne virkning kompenseres imidlertid delvis ved at energitapene i methan og urin går ned ved stigende førmengder. Dette medfører at den omsettelige energi blir mindre påvirket av førmengden enn den fordøyelige energi. I tabell 86 er gjengitt resultatene fra en undersøkelse i Rostock over dette spørsmål.

Tabell 86. Nedgang i fordøyelig og omsettelig energi, angitt i % av bruttoenergi, pr. enhet stigning i førmengden (Energibehovet til vedlikehold = 1).
Rostock (SCHIEMANN et al., 265, s. 234).

	n	Nedgang i fordøyelig energi (DE)	Nedgang i omsettelig energi (ME)
Alle forsøk	24	3,0	1,0
<19 % råtrevler	14	3,7	1,4
>19 % "	10	2,1	0,3

Som det går fram av tabell 86, har nedsatte energitap i metan + urin kompensert 2/3 av nedgangen i fordøyelighet ved stigende førmengder. I rasjonene med mest grovfôr (mest trevler) er kompensasjonen nesten fullstendig.

Ved vurdering av materiale fra ulike forsøk kom Rostockforskerne (SCHIEMANN et al., 266, s. 226-233) til de verdier for energibehovet hos melkekyr som er angitt i tabell 87. Som energiverdi er regnet med NEF_r .

Tabell 87. Energibehovet, angitt i NEF_r hos melkekyr.
Rostock (SCHIEMANN et al., 266).

	Behov	Med 10 % korreksjon for praksis
kcal NEF_r pr. $kg^{3/4}$	59,2	65,0
" " pr. 1000 kcal i melk	865	952
" " kg 4 % m.m. (750 kcal)	649	714

Korreksjonen er angitt å ta sikte på å kompensere nedgangen i omsettelig energi (bestemt ved vedlikehold) ved stigende førmengder, samt å sikre gjenoppbygningen av fettreservene. Det antydes at kyr med en laktasjonytelse på 6000 kg 4 % m.m. i 1. og 2. måned av laktasjonsperioden får 15 henholdsvis 6 % mindre energi enn etter normen og at de i 6-8 mnd. av laktasjonsperioden må ha 21-23 % mer enn etter normen.

I kurset praktisk føringsslære vil det under "Føring av melkekyr" bli nevnt, at det neppe er begrunnet å korrigere produksjonsfôret med + 10 %.

Sammendrag.

Som det går fram av diskusjonen ovenfor, er det god overensstemmelse mellom de ulike undersøkelser når det gjelder energibehovet og energiutnyttelsen hos melkekyr. Når det regnes med blandete fôrrasjoner og omsettelig energi (ME), gir undersøkelsene grunnlag for følgende sammendrag:

1. Vedlikehold
kcal ME pr. kg^{3/4} 113-122
Tilsvarende Mcal ME pr. dag ved 500 kg 12-13
2. Laktasjon
% utnyttelse av ME = k_{10} 60-65

Vedlikeholdsbehovet hos melkende kyr (12-13 Mcal pr. dag ved 500 kg) er altså litt større enn hos tørre kyr (11,5 Mcal pr. dag ved 500 kg).

Hvis man ved de angitte tall for utnyttelse (k_{10}) vil beregne behovet for ME til produksjon pr. kg 4 % m.m., må man kjenne kalori-innholdet i denne enhet for ytelse. Tradisjonelt er det regnet med 750 kcal pr. kg 4 % m.m. (se s. 123) og dette blir fremdeles brukt en del (258, 266). VAN ES regner imidlertid med 720 kcal som synes å være godt begrunnet.

Ved $k_{10} = 62$ (VAN ES) vil behovet for ME pr. kg 4 % m.m. ved blandet fôring (59 % ME) bli:

$$\begin{array}{l} 720 \text{ kcal pr. kg 4 \% m.m. } \frac{720}{62} \times 100 = \underline{1160 \text{ kcal ME}} \\ 750 \text{ " " " " } \frac{750}{62} \times 100 = \underline{1210 \text{ kcal ME}} \end{array}$$

Behovet for omsettelig energi til vedlikehold og laktasjon er som nevnt ovenfor avhengig av energikonsentrasjonen (% ME). Når det brukes kraftfôr (72 % ME, se Tilføyelse til energibehovet, rev. 1971) som produksjonsfôr, og når det etter VAN ES regnes med 0,5 % endring i behovet av ME pr. % ME (avvikelse fra 59 % ME), kommer man til følgende behov av ME:

$$\begin{array}{l} 720 \text{ kcal pr. kg 4 \% m.m. } 1160 \times 0,935^{\text{x)}} = \underline{1080 \text{ kcal ME}} \\ 750 \text{ " " " " } 1210 \times 0,935 = \underline{1130 \text{ kcal ME}} \end{array}$$

$$\begin{array}{l} \text{x)} 72-59 = 13 \times 0,5 = 6,5 \% \\ 100-0,065 = 0,935 \end{array}$$

Ifølge tilføyelse til energibehovet, rev. 1971 (s. 54), kan det regnes med 2800 kcal ME pr. FE kraftfôr. Angitt i FE vil energibehovet til laktasjon bli:

720 kcal pr. kg 4 % m.m.	1080:2800 = <u>0,39 FE</u>
750 " " " "	1130:2800 = <u>0,40 FE</u>

Disse verdier ligger nær de normer man er kommet til for produksjonsfôret, både i MØLLGAARD og medarbeideres klassiske energibalansforsøk og i praktiske fôringsforsøk. Det henvises ellers til den praktiske fôringslære når det gjelder energibehovet hos melkekyr og sammenligning av energinormer.

Sammenligning av utnyttelsen (Partialutnyttelsen) av omsettelig energi i fôrrasjoner av ulik energikonsentrasjon til vedlikehold, fetning og laktasjon.

Det kan her være på sin plass å sammenligne energiutnyttelsen for fôrrasjoner av ulik energikonsentrasjon ved ulike livsytringer hos storfe. Dette kan gjøres ved hjelp av data fra tabell 8 (ny s. 19, vedlikehold), tabell 26 (ny s. 49, fetning) og VAN ES's analyse av 373 energibalansforsøk med melkekyr (laktasjon, s.ny-168). I tabellene 88 og 89 er det gitt et sammendrag av resultatene fra en slik sammenligning. Det er regnet med de før nevnte type-fôrrasjoner. I tabell 88 er beregnet endringen i behovet for omsettelig energi pr. enhet endring i % ME, mens tabell 89 angir den tilsvarende endring i utnyttelseskoeffisientene ved vedlikehold, fetning og laktasjon. I figur 19 er utnyttelseskoeffisientene for fôrrasjoner av ulik energikonsentrasjon illustrert grafisk.

Tabell 88. Virkingen av ulik energikonsentrasjon på behovet for omsettelig ^{energi} ved vedlikehold, fetning og laktasjon. Beregnede verdier.

	Rasjon 1 (52 % ME)	Rasjon 4 (66 % ME)	% fall	% fall pr. % ME
<u>A. Vedlikehold</u>				
(Tabell 8)				
<u>kcal ME ved 500 kg</u>				
BLAXTER (A.R.C.)	11 180	10 550	5,6	0,40
BREIREM	11 580	10 850	6,3	0,45
VAN ES	12 000	10 990	8,4	0,60
VAN ES, lakterende kyr	12 830	11 970	6,7	0,48
<u>B. Fetning</u>				
(Tabell 26)				
<u>kcal ME pr. avleiret kcal 1)</u>				
BLAXTER	2,26	1,78	21,2	1,51
BREIREM	2,41	1,79	25,7	1,84
KELLNER	2,46	1,82	26,0	1,86
<u>C. Laktasjon</u>				
<u>kcal ME pr. kg</u>				
<u>4 % m.m.²⁾</u>				
VAN ES	1 200	1 120	6,7	0,48

1) kcal ME pr. avleiret kcal beregnes ved k_f

$$\text{Eks. } \frac{1 \times 100}{44,2} = 2,26$$

2) Det er regnet med 720 kcal pr. kg 4 % m.m. og $k_{10} = 62$ ved 59 % ME, samt at behovet for ME ved laktasjon endrer seg med 0,5 % pr. % ME avvikelse fra 59 % ME (VAN ES,

s. ny 168)

$$\text{Eks. } \frac{720}{62} \quad 100 = 1160 \text{ kcal ME ved 59 \% ME}$$

$$59 - 52 \times 0,5 = 3,5 \%, \quad \frac{1160 \times 103,5}{100} = 1200$$

Tabell 89. Beregnet utnyttelse (partialutnyttelse) av om-
settelig energi ved vedlikehold (k_m), fetning (k_f)
og laktasjon (k_{lo}) for fôrrasjoner av ulik energi-
konsentrasjon (se tabell 88).

	Rasjon 1 (52 % ME)	Rasjon 2 (66 % ME)	Stig- ning	Stigning pr. % ME
A. <u>Vedlikehold</u>				
k_m 1)				
BLAXTER	70,2	74,4	4,2	0,30
BREIREM	67,8	72,4	4,6	0,33
VAN ES	65,4	71,4	6,0	0,43
VAN ES, lakterende kyr	61,2	65,6	4,4	0,31
B. <u>Fetning</u>				
k_f 2)				
BLAXTER	44,2	56,1	11,9	0,85
BREIREM	41,5	56,0	14,5	1,04
KELLNER	40,7	54,9	14,2	1,01
C. <u>Laktasjon</u>				
k_{lo} 3)				
VAN ES	60,0	64,3	4,3	0,31

1) k_m etter BREIREM og VAN ES er beregnet ved å forutsette et basalstoffsifte (med litt aktivitet) på 7850 kcal pr. døgn, det samme som ARC (8) regner med

$$\text{Eks. } k_m = \frac{7850}{11580} \times 100 = \underline{67,8}$$

Ved et basalstoffsifte på 8140 kcal (tabell 10, s. 22) blir

$$k_m = \frac{8140}{11580} \times 100 = \underline{70,3}$$

2) k_f etter KELLNER er beregnet etter KELLNER-NK_F og kcal ME pr. kg tørrstoff for vedkommende fôrrasjon (se tilføyelse energibehovet, rev. 1971)

$$\text{Eks. } k_f = \frac{920}{2260} \times 100 = \underline{40,7}$$

3) k_{lo} beregnes etter kaloriinnholdet pr. kg 4 % m.m. og behovet for ME

$$\text{Eks. } \frac{720}{1200} \times 100 = \underline{60,0}$$

En del verdier i tabellene 88 og 89 er tatt direkte fra tabellene 8 og 26, mens utledningen av andre er forklart ved fotnoter.

k = utnyttelse
av et tillegg
av omsettelig
energi

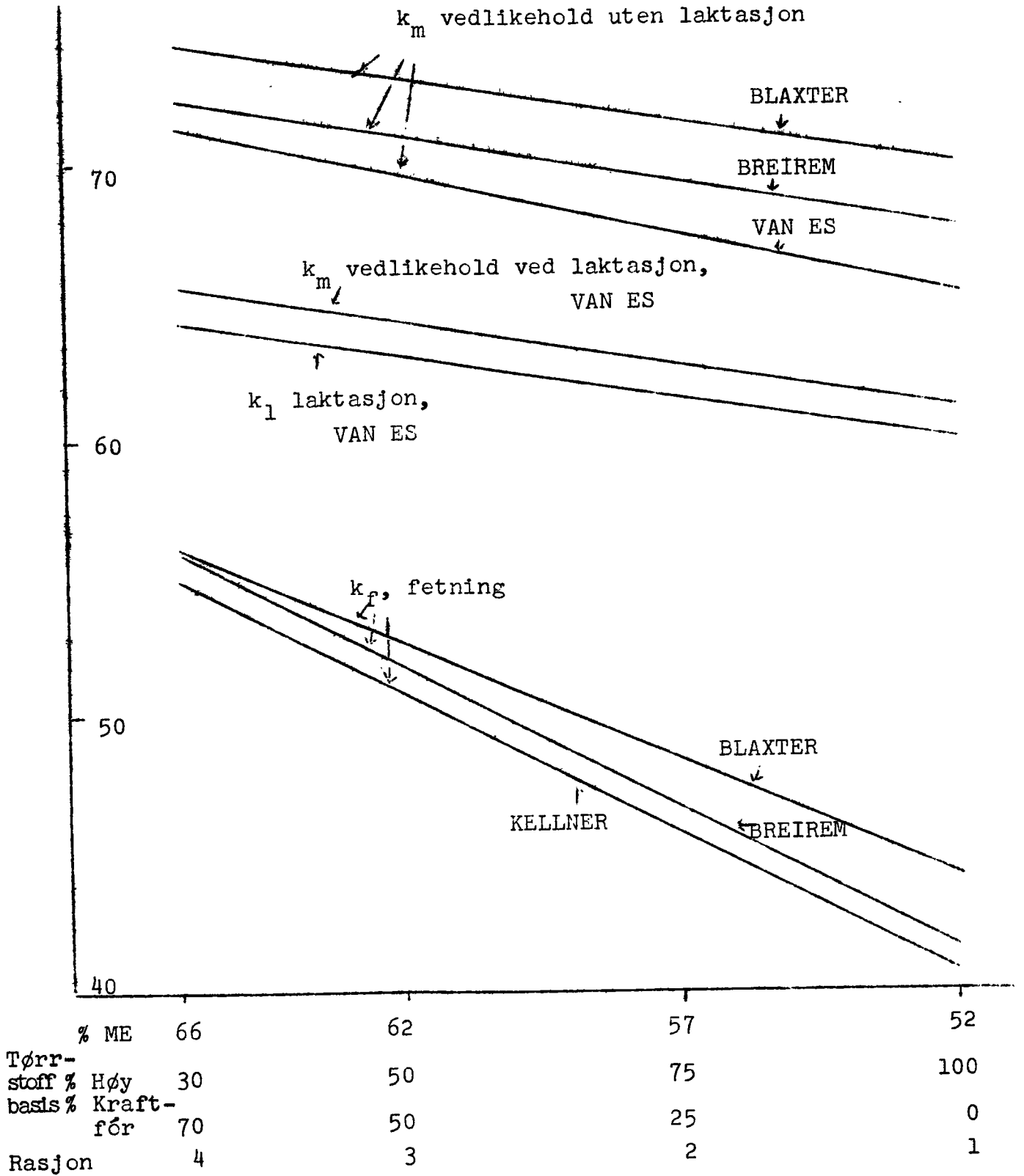


Fig. 19. Partialutnyttelsen av omsettelig energi beregnet for vedlikehold (k_m), fetning (k_f) og laktasjon (k_{l0}) ved fôr-
rasjoner av ulik energikonsentrasjon (% ME) (se tabellene 88 og 89) rev. 1971.

Det går fram av tabellene 88-89 og fig. 19, at virkningen av fórrasjonens energikonsentrasjon på utnyttelsen av den omsettelige energi er tilnærmet lik vedlikehold og laktasjon, slik som det går fram av de paralelle kurver for k_m og k_{10} i fig. 19. Ved fetning er virkningen på utnyttelsen av en endring i energikonsentrasjonen derimot ca. 3 ganger så stor som ved vedlikehold og laktasjon. At fórrasjoner med låg energikonsentrasjon (mye grovfór) utnytted mye bedre ved laktasjon enn ved fetning, kan ha sammenheng med eddiksyrens betydning i melkefettsyntesen (se s. 117 og s. 141), men også andre faktorer kan komme inn i bildet.

Beregningene viser at energikonsentrasjonen av fórrasjoner har innvirkning på energiutnyttelsen både ved vedlikehold (se også ny s. 19), fetning (se også ny s. 49 og s. 50) og laktasjon, selv om det er ulikhet mellom fetning og de to andre livsytringer i graden av innvirkning. Det foreligger altså nå et stort materiale som går mot oppfatningen om lik utnyttelse av den omsettelige energi i alle fórrasjoner. Dette spørsmål blir drøftet nærmere i kurset om "fórmidler og fórkonservering" (267, s. 31-33). Her skal det derfor bare henvises til arbeider hvor det er fremholdt, at man har lik utnyttelse av den omsettelige energi til laktasjon (37, s. 198-99, 212, s. 56, 224, 228).

NK_F som enhet for energibehovet hos melkekyr.

I avsnittet om vedlikehold (s. 20-21) er nevnt at NK_F synes å være lite skikket til å angi energibehovet til vedlikehold ved sammenligning av fórrasjoner med sterkt varierende forhold mellom grovfór og kraftfór, dvs. fórrasjoner med stor variasjon i energikonsentrasjon. Når vedlikehold og laktasjon ifølge tabellene 88-89 og fig. 19, forholder seg tilnærmet likt med hensyn til energiutnyttelse, kan det synes berettiget å trekke den slutning at NK_F er lite egnet til å angi energibehovet også ved laktasjon. NK_F vil undervurdere grovfór (høy) både til vedlikehold (s. ny 20 b) og laktasjon. Man bør imidlertid merke seg at melkende kyr krever fórrasjoner med høg energikonsentrasjon. Dette medfører at til melkende

kyr er området av f6rrasjoner trangere enn området av f6rrasjoner som kan brukes til vedlikehold. Innenfor et begrenset område av blandete f6rrasjoner kan det la seg gj6re å angi energibehovet til melkende kyr i NK_F (sammenlign ny s. 20 b, s. 54 - ny s. 55 og ny s. 99).

Ved diskusjonen av ulike enheter til å angi energibehovet, kan man videre merke seg, at det i praksis er et vanlig og godt begrunnet prinsipp å f6re med grovf6r etter appetitt og å gi kraftf6r som produksjonsf6r fra den ytelse hvor det kreves energi i tillegg til den mengde som grovf6ret skaffer. Man vil da ved ulike systemer for energivurdering kunne komme til kraftf6rtilskudd av praktisk talt samme st6rrelse. Dette vil bli dr6ftet n6rmere i den praktiske f6ringsl6re, likeså at man ved spesialvurdering av grovf6r ^{til/vedlikehold} kan oppheve under- vurderingen av ^{grovf6ret} ved å bruke NK_F (eller FE). Man b6r for 6vrig merke seg at denne undervurdering gj6r seg gjeldende vesentlig for h6y, mens den er av liten betydning for surf6r (se s. ny 20 b).

Nettoenergi-laktasjon (NE_1).

Prinsipper.

I 1968 foreslo FLATT, MOE og VAN ES (268) å angi energibehovet hos melkekyr i nettoenergi-laktasjon (NE_1 , NE_L , NE_{milk}). Det er oppgitt at N.R.C. i U.S.A. vil innf6re systemet som et alternativ ved neste utgave (1971 ell. 1972?) av "Nutrient Requirements of Dairy Cattle" (269). Systemet er nevnt under "Tilf6yelse til energibehovet" (rev. 1971) og vil bli dr6ftet i kursene "F6rmidler og f6rkonservering" (267) og "F6ring av melkekyr". Det kan også henvises til litteraturen (FLATT et al., 258, 270).

At utnyttelsen av den omsettelige energi endrer seg parallelt ved vedlikehold og laktasjon ved endringer i energikon- sentrasjonen, er et argument for å bruke nettoenergi-lakta- sjon istedenfor nettoenergi-fetning (NK_F) som p6virkes langt sterkere av energikon- sentrasjonen (fig. 19). Energif6rbehovet angitt i NE_1 skulle v6re n6rmest uavhengig av f6rrasjonen,

mens energibehovet angitt i ME, NK_F og andre enheter, vil ha gyldighet bare innenfor et begrenset område av forrasjoner. Ved å angi fórmidlenes innhold av NE_1 i fórtabellene, skulle det følgelig bli mulig å bytte ut (erstatte, substituere) fórmidler med hverandre direkte etter fórtabellene, mens dette ikke lar seg gjøre når det regnes med ME, NK_F og andre enheter.

FLATT & MOE's forslag.

FLATT et al. (258, 270) har beskrevet utviklingen av sitt system for nettoenergi-laktasjon (NE_{milk}) basert på en regresjonsanalyse av 535 energibalansforsøk utført ved Beltsville i 1961-68. Nettoenergien i hvert forsøk ble beregnet som:

$$\text{energi i melk} + \text{energi i kroppstilvekst (pos. energibalans)} + 0,84 \text{ energi i kroppstap (neg. energibalans)} + \text{kcal pr. kg}^{3/4}.$$

Nettoenergien beregnet på denne måte ble satt i relasjon til andre energiformer (258, 270). Det ble beregnet regresjonsligninger som gjør det mulig å beregne NE_1 når man kjenner fórmidlenes innhold av disse former energi. Blant disse ligninger kan nevnes:

$$NE_1 \text{ (Mcal pr. kg t.st.)} = \frac{ME}{\text{Mcal pr. kg t.st.}} - 0,44$$

Etter denne ligning kan man altså beregne nettoenergilaktasjon (NE_1) når man kjenner innholdet av omsettelig energi (ME) i fórmidlene.

Anm. Regresjonsberegningene ble gjennomført etter to alternativer:

- 1) med kcal ME pr. $kg^{3/4}$ som avhengig variable og total energibalans (melk + tilvekst + 0,84 tap) som uavhengig variabel
 - 2) med den totale energibalans som avhengig variabel og ME pr. $kg^{3/4}$ som uavhengig variabel.
- I tabell 89 b er gjengitt de oppnådde resultater.

Tabell 89 b. Resultater fra regresjonsanalyse av energibalansforsøk med melkekyr ved Beltsville.
(FLATT et al., 258)

Alter-nativ	Utnyttelse av omsettelig energi, %	kcal NE_1 pr. $kg^{3/4}$	kcal ME pr. $kg^{3/4}$
1)	68	91	134
2)	63	76	120
Middel	66	85 (avrundet)	129 ($\frac{85}{66} \times 100$)

Resultatene ved annet alternativ faller nær sammen med resultatene fra tidligere refererte undersøkelser (s. ny 166-172). Det kan diskuteres om det ikke kunne være like berettiget å foretrekke annet alternativ som å bruke midlet av de to alternativer. I tilfelle måtte imidlertid ligningen $NE_1 = 0,84 ME - 0,44$ endres tilsvarende, i henhold til den fundamentale regel, at næringsbehov og næringsverdi må angis i samme enhet.

Van ES's forslag.

Som før nevnt kom VAN ES ved en regresjonsanalyse av 373 energibalansforsøk i 1968 til:

62 % utnyttelse av ME til laktasjon
117 kcal ME pr. $kg^{3/4}$ til vedlikehold
ved en energikonsentrasjon på 59 % ME.

Behovet for ME både ved vedlikehold og laktasjon endrer seg med 0,5 % pr. % ME avvikelse fra 59 % ME. Et vedlikeholdsbehov på 117 kcal ME pr. $kg^{3/4}$ svarer til $117 \times 0,62 = 72,5$ kcal NE_1 pr. $kg^{3/4}$. Kalorinnholdet i 1 kg 4 % m.m. settes til 720 kcal = 720 kcal NE_1 . NE_1 etter VAN ES kan beregnes etter fôrmidlenes innhold av ME. Det er brukt høy og bygg som eksempel (se tilføyelse til energibehovet, rev. 1971).

Høy 52 % ME 2260 kcal ME pr. kg t.st.

$$59-52 = 7 \quad 7 \times 0,5 = 3,5 \%$$

$$2260 \times 0,62 = 1401$$

$$- 1401 \times 0,035 = \underline{49}$$

$$1352 \sim \underline{1350 \text{ kcal } NE_1 / \text{kg t.st.}}$$

Bygg 73 % ME 3190 kcal ME pr. kg t.st.

$$73-59 = 14 \quad 14 \times 0,5 = + 7 \%$$

$$3190 \times 0,62 = 1978$$

$$+ 1978 \times 0,07 = \underline{138}$$

$$2116 \sim \underline{2120 \text{ kcal } NE_1 / \text{kg t.st.}}$$

Anm.

Som arbeidshypotese har VAN ES et al. (260) skissert beregning av NE_1 med utgangspunkt i de fordøyelige næringsstoffer. Fordøyeligheten forutsettes bestemt ved vedlikeholdsnivå. DE omregnes til ME ved multiplikasjon med 0,8. Det regnes med 60 % (av ME) som NE_1 ved 56,4 % ME og at utnyttelsen (k_{10}) endrer seg med 0,24 pr. % ME avvikelse fra 56 % ME. Metoden synes å gi litt lavere NE_1 -verdier enn etter VAN ES's ovenfor beskrevne metode, men dette vil sannsynligvis kompenseres ved at vedlikeholdsbehovet er satt tilsvarende lavere (66 kcal NE_1 pr. $kg^{3/4}$). Det regnes som før med 720 kcal NE_1 pr. $kg^{3/4}$ m.m.

Sammendrag.

Nettoenergi-laktasjon må betegnes som et interessant system for førmiddelvurdering til melkekyr og det er mulig at systemet kan få betydning i land hvor melkeproduksjonen er viktig, f.eks. Norge. Den videre utvikling av systemet må imidlertid avventes. Det er f.eks. spørsmål om de 2-3 foreliggende alternativer kan samarbeides til ett, og om det skal regnes med 720 eller 750 kcal NE₁ pr. kg 4 % m.m.

I tabell 89 c er angitt de verdier for NE₁ som kan beregnes etter FLATT et al. og VAN ES (første alternativ) for de førmidler og førrasjoner (typeførrasjoner) som er tatt med i "Tilføyelse til energibehovet" (rev. 1971).

Tabell 89 c. Beregnete NE₁ verdier for en del førmidler og førrasjoner (se tekst og tilføyelse til energibehovet, rev. 1971).

	kcal ME pr. kg t.st.	% ME	kcal NE ₁ /kg t.st.		NK _F	NEF _r	NEF _r korr.	
			FLATT & MOE	VAN ES				
Førmidler: Høy	2260	52	1460	1360				
Surfór	2490	55	1650	1510				
Kålrot	3100	76	2160	2090				
Bygg-grøpp	3190	73	2240	2120				
Soyamel	3470	69	2470	2260				
Kraftfórbl.	3250	72	2290	2150				
Førra- sjoner	Høy: Kraftfór							
nr. 1	100: 0	2260	52	1460	1320	920	1250	1160
" 2	75:25	2510	57	1660	1540	1170	1380	1340
" 3	50:50	2760	62	1880	1740	1420	1510	1510
" 4	70:30	2950	66	2040	1890	1620	1610	1610

NE₁ etter FLATT & MOE ligger 7-8 % høyere enn etter VAN ES.¹ Dette kompenseres imidlertid av en tilsvarende forskjell i energibehovet til vedlikehold og laktasjon. Som det vil bli behandlet i kurset om "Føring av melkekyr", kommer man derfor til praktisk talt samme førrasjoner ved begge utformninger av NE₁-systemet. Dette bekrefter igjen regelen om at næringsbehov og næringsverdi må angis i samme enhet.

Sammenligner man f6rrasjonen med l6ggest (52 % ME) og h6ggest (66 % ME) energikonsentrasjon i tabell 89 c, kommer man til f6lgende resultater ved sammenligning av de ulike energisystemer:

Energisystem	% stigning i energiverdi pr. kg t.st. fra f6rrasjon nr. 1 til nr. 4
ME	30
NE ₁ FLATT & M6E	40
NE ₁ VAN ES	39
NEF _r ukorr.	29
NEF _r korr. for % DE	39
NK _F	76

Denne sammenligning bekrefter, at n6r det dreier seg om f6rrasjoner med stor ulikhet i energikonsentrasjon, gir NK_F ved bruk av trevlereduksjon, et misvisende bilde av energiverdien av t6rt str6f6r til laktasjon (og vedlikehold). De to utforminger av NE₁ og NEF_r (Rostock) korrigeret faller derimot n6r sammen n6r det gjelder virkningen av energikonsentrasjonen p6 energiverdien. NEF-systemet fra Rostock skulle f6lgelig v6re godt skikket ved laktasjon likesom ved vedlikehold (se ny s. 20-20 b).

Energiutnyttelsen ved produksjon av de ulike stoffer i melken.

Sp6rsm6let om energiomsetningen ved syntesen av de ulike stoffer i melken ble diskutert av KELLNER (219) kort tid f6r hans d6d i 1911. Han antydet at melkefett produseres med samme energiutlegg som kroppsfett, mens produksjonen av melkeprotein og melkesukker ble antatt 6 foreg66 uten energitap. HANSSON (229) mente at den h6ge energiutnyttelse ved laktasjon kunne forklares ved en h6g utnyttelse av protein ved dannelse av melkeprotein og i mindre grad ved en h6g utnyttelse av karbohydrater ved dannelse av melkesukker. Liggende synspunkter er ogs6 fremholdt av BLAXTER (4). Som mulige 6rsaker til den h6ge energiutnyttelse ved laktasjon sammenlignet med ren fetning, peker han p6:

1. Innkorporering av aminosyrer i melkeprotein med derav følgende mindre energitap ved ekskresjon av urea.
2. Små energiomkostninger ved syntese av kortkjedete fettsyrer i melkefett sammenlignet med syntese av langkjedete fettsyrer i kroppsfett.
3. Høg utnyttelse ved syntese av laktose fra glukose.

MØLLGAARD & LUND (2, 3, 218) kom ved gruppering av sine forsøk etter melkens fettinnhold, til følgende NK_F -forbruk pr. m.e. (1000 kcal i melk):

859 NK_F pr. m.e. ved under 4 % fett (gj.sn. 3,57)
805 " " " " over 4 " " (" 4,50)

Da protein ved varierende fettinnhold utgjør en tilnærmet konstant del av melkens energiinnhold (s. 124), vil melkesukker i % av melkens energiinnhold gå ned, mens fettets andel av energiinnholdet vil stige når melkens fettinnhold øker (se 151, s. 79). MØLLGAARD & LUND's forsøk synes således å tale for at melkefett produseres med mindre energiomkostninger enn melkesukker, altså imot KELLNER, HANSSON og BLAXTER's oppfatning. MØLLGAARD regnet imidlertid med samme energiforbruk, uttrykt i NK_F , pr. 1000 kcal i melk uavhengig av melkens fettinnhold. Denne oppfatning har fått sterk støtte i de omfattende forsøk ved Beltsville (FLATT et al., 258) hvor det er funnet, at variasjoner i melkens fettinnhold mellom 1 og 5 % ikke påvirker utnyttelsen av omsettelig energi til laktasjon.

BALDWIN (270) har beregnet den teoretiske, biokjemiske utnyttelse ved syntese av de ulike stoffer i melken. Han kom til følgende resultater:

	<u>% utnyttelse</u>
Aminosyrer \longrightarrow protein	84
Eddiksyre \longrightarrow melkefett (palmittinsyre)	72
Propionat \longrightarrow melkesukker	78

Hvis det regnes med 85 % utnyttelse når næringsfett (blodfett) danner melkefett (se foran), skulle det ifølge disse tall ikke være noe å innvende mot å regne med samme utnyttelse (og

energiomkostninger) ved syntesen av de ulike stoffer i melken slik som det ble foreslått av MØLLGAARD.

Utnyttelsen av energien til laktasjon ved stigende fôrmengder.

Et viktig spørsmål av stor praktisk-økonomisk betydning er utnyttelsen av energien til laktasjon ved stigende fôrmengder.

Som nevnt under avsnittet om fordøyeligheten, avtar denne ved stigende mengder av blandete fôrrasjoner. Dette betyr at energitapet i gjødselen øker ved stigende fôrmengder. Det økede energitap i gjødsel blir imidlertid i en viss utstrekning kompensert ved at tapet av energi i metan og urin går ned ved stigende fôrmengder. Rostockforskerne har som før nevnt antydnet 2/3 kompensasjon (tabell 86, s. ny-171). Den omsettelige energi skulle derfor holde seg bedre oppe ved stigende fôrmengder enn den fordøyelige energi (175, 230, 260).

Et gammelt stridsspørsmål er hvorvidt utnyttelsen av den omsettelige energi stiger rettlinjet eller krumlinjet ved stigende mengder omsettelig energi. Ved fetning har man rettlinjet sammenheng (se energibehovet, hovedavsnitt IV, 266, s. 40-41). MØLLGAARD var tilhenger av lineær utnyttelse også når det gjelder laktasjon. Dette går fram av følgende citat (2, s. 437):

"Man kan fremkalde den højeste mælkeydelse ved en til ydelsen svarende næringstilførsel. Men man kan ikke forhøje mælkekirtlens maksimale ydeevne ved noget som helst næringsoverskuds, og de foreliggende tilforladelige forsøg taler for, at den højeste ydelse producerer med samme forbrug af NK_p og med samme produktionskvotient som den mindre ydelse".

Den siste del av denne ^{ytalelse} har vært kritisert, bl.a. av økonomer som har pekt på at oppfatningen er i strid med loven om det avtagende utbytte. Ifølge denne lov skulle man ha krumlinjet sammenheng mellom fôrtilførsel (produksjonsfôr) og produktutbytte. Oppfatningen om krumlinjet sammenheng i

melkeproduksjonen har fått støtte av BRODY (29, s. 91-95, s. 871) og BLAXTER (4, s. 180, 8, s. 205-206).

De omfattende undersøkelser ved Beltsville har imidlertid bekreftet MØLLGAARD's oppfatning, idet det er funnet rettlinjett sammenheng mellom energi i produkter (kalorier i melk + kalorier i kroppsvev (energibalanse) og tilført omsettelig energi i produksjonsfóret, opptil så store fórmengder som 3-5 ganger vedlikehold (se fig. 2, s. 13 og s. ny-166) Beltsville-forskerne har fremholdt at den 5. kg (10th pound) og den 36. kg (80th pound) produseres med samme utlegg av fórenergi (178). Basert på ytelses- og fórkontroll med høgtytende kyr ved Mariensee, har tyske forskere fremholdt en lignende oppfatning (231, 232, se også 39). Som før nevnt er det videre funnet lineær energiutnyttelse i melkeproduksjonen både i Wageningen (s. ny-169) og Rostock (s. ny-170).

Det må fremheves, at hvis kyr får mere fó enn det som svarer til deres kapasitet for å produsere melk, vil sammenhengen mellom fórtilførsel og melkeutbytte nødvendigvis bli krumlinjet når det ikke blir tatt hensyn til de kalorier som blir avleiret i kroppen av fóroverskuddet. Det er videre klart at man kan vente større utslag i melkeutbytte ved fórtilskudd hos kyr med høg produksjonskapasitet enn hos kyr med låg produksjonskapasitet (8, s. 205-206, 233). Hvis man tar hensyn til

- 1) avleiringen av kalorier (fett) i kroppen
- 2) den høge energiutnyttelse ved fetning samtidig med laktasjon (s. 51, s. 163, s. ny 166-167).
- 3) og at fett kan mobiliseres for bruk i melkeproduksjonen i neste melkeperiode,

kan det forklares at det totale energiutbytte (melk + kropps-fett) pr. enhet tilført produksjonsfór kan holde seg oppe ved stigende fórmengder, selv om melkeutbyttet pr. enhet fó avtar. Biologisk sett er derfor den lineære sammenheng sannsynlig, selv om man økonomisk ikke kan se bort fra loven om det avtagende utbytte.

For nærmere diskusjon av disse spørsmål henvises for øvrig til avsnittet om fórstyrke under "Fóring av melkekyr" i den praktiske fóringsslære.

Virkingen på laktasjonen av andre faktorer i ernæringen enn energi.

Som fremholdt i underavsnittet om næringsbehov og næringsverdi ved innledningen av avsnittet om energibehovet (hovedavsnitt IV) kan man ved å regne med energi, angi den kvantitative sammenheng mellom næringstilførsel og næringsvirkning, dvs. produksjon. Dette er tilfelle også i melkeproduksjonen som diskutert ovenfor. Man bør imidlertid være oppmerksom på at energien har visse begrensninger når man vil forutsi melkeproduksjonen (FLATT et al., 258).

MØLLGAARD (272) fremholdt at det i husdyrproduksjoner med proteinsyntese, slik som melkeproduksjon og vekst, ikke er mulig å bestemme pålitelige mellomenergiverdier for enkelte fórmidler på grunn av at det er korrelasjon mellom utnyttelsen av de ulike næringsstoffer i disse produksjoner. Han tilrådet derfor at man ved melkeproduksjon og vekst skulle bestemme energiebehovet ved fóring med balanserte fórrasjoner. MØLLGAARD synes således å ha vært forløpet for "rasjonsbegrepet" som har spilt så stor rolle fra 1960-årene (se tilføyelse til energibehovet, rev. 1971, s. 51).

KLEIBER (235) fremholdt "at melkeproduksjon likesom vekst hos unge dyr ikke bare er utnyttelse av energi. Det er ikke noen enkel relasjon mellom en endring i fórets energi og den tilsvarende endring i melkens energi". Ifølge KLEIBER er virkingen av protein i melkeproduksjonen "kvalitativt forskjellig fra virkingen" av andre næringsstoffer. "I slike tilfelle vil energi som et samlende prinsipp ikke hjelpe". Han fremholdt videre "energi er berettiget i vurderingen av fórmidler som varmekilde, for arbeide eller fettproduksjon", mens "energi er et for generelt uttrykk i melkeproduksjonen".

Som det går fram av disse sitater var MØLLGAARD og KLEIBER hovedsakelig opptatt med protein. Andre faktorer kommer imidlertid også inn i bildet. Det er godt kjent og også diskutert i dette kurs, at fórrasjonenes sammensetning vil påvirke vomgjæringen og dermed også de stoffer som er tilgjengelige som forstadier i melkesekresjonen. I engelske

forsøk (ROOK & BALCH, 140) ble det påvist ved infusjon i vommen at eddiksyre øker både melkeytelsen og melkens fettinnhold. Propionsyre og smørsyre hadde ikke noen virkning på melkeytelsen, mens melkens fettinnhold ble nedsatt av propionsyre og øket av smørsyre. BLAXTER (4, s. 258, 8, s. 200) har antydnet at man har høg og konstant utnyttelse av den omsettelige energi til laktasjon når eddiksyre utgjør omkring 60 molar % av de flyktige fettsyrer i vommen. Eddiksyrens betydning for melkefettsyntesen er behandlet tidligere (s. 141, se også 65, 236).

At vomgjæringen er viktig for å skaffe forstadier til melkesekresjonen, forklarer at kraftfór:grovfór-forholdet og fórets fysiske struktur kan virke inn på melkeytelsen. Som det vil bli drøftet i kurset praktisk fóringsslære under "Fóring av melkekyr", er disse faktorer av betydning når det er tale om begrepet "kvalitet av fórrasjoner" (BLAXTER, 234). Det blir forutsatt at "kvalitet" har betydning ved siden av "kvantitet" (energitilførselen). Man har vært inne på at et høgt kraftfór:grovfór-forhold, altså mye kraftfór, foruten å innvirke på molar % eddiksyre av de flyktige fettsyrer i vomsaften også kan påvirke tilgjengeligheten av blodfett i melkefettsyntesen (OPSTVEDT et al., 273, 274, ARMSTRONG, 275). Når det fóres med mye kraftfór, synes fett å bli avleiret i fettvevene på bekostning av melkefettsyntesen, men uten å påvirke utnyttelsen av den omsettelige energi for laktasjon + fetning. Man får en s.k. "fetningstype av stoffskiftet" (276). Det henvises her til de fór nevnte forsøk ved Beltsville (tabell 82, s.ny-166) hvor det ved store kraftfórmengder ble funnet nedsatt melkeytelse samtidig med nedsatte energitap i fettvev. Videre henvises til arbeider over ulikt kraftfór:grovfórfórhald (276-278) foruten den praktiske fóringsslære.

Omfattende norske forsøk (197, 237, 267, s. 252) har vist, at ved å erstatte en del eller alt høy med godt maursyresurfór, er det uten unntagelse oppnådd en økning i melkeytelsen (se fig. 16, s. 147), mens det ble oppnådd samme melke-

ytelse ved sammenligning av surfôr og kunsttørket gras. Som før nevnt (ny 169) kunne det i Wageningen imidlertid ikke påvises noen forskjell i energiutnyttelsen av høy og surfôr til melkende kyr. I norske forsøk med melkekyr hvor rotvekster ble erstattet med poteter, gikk melkeytelsen ned med 0,9 (0,7-1,2) kg 4 % m.m. pr. dag ved samme beregnet energimengde, mens det under samme forutsetning ved fetning av okser ikke ble påvist noen forskjell mellom rotvekster og poteter i virkning på tilveksten (238).

Rent generelt er det mulig at tilgangen på stoffer som trengs som forstadier i melkedannelsen, er avhengig av fôr-sammensetningen eller av fôrkombinasjonen, og at dette kan virke inn på melkeytelsen uten å ha sammenheng med energi. I henhold til dette er det mulig, at man kan skille mellom en "kjemisk virkning" og en "energivirkning". Det er av interesse å merke seg at den "kjemiske virkning" som er omtalt ovenfor, kan vise seg i løpet av kort tid, 1-3 uker, mens virkningen av endringer i energimengden kan ta måneder for å gjøre seg gjeldende. Man ser av fig. 16 (s. 147) at ombytning av høy og surfôr har gitt stort utslag i løpet av 1-2 uker. Fig. 18 (s. 151) og tabell 75 (s. 155) viser på den annen side at nedskjæring av energimengden med 2,6 FE pr. dag i så lang tid som 4-5 måneder ikke har gitt fall i melkeytelsen. Det følger av dette, at man ved undersøkelser over verdien av fôrresjoner som kilde for kjemiske forstadier for melkedannelsen, skulle kunne vente reelle utslag ved bruk av periode- eller ombytningsforsøk med perioder på 3-5 uker (s. 148), mens man ved undersøkelser over energivirkning trenger langtidsforsøk (s. 146).

Når det gjelder spørsmålet om å forutsi melkeproduksjonen med støtte i energitilførselen, synes dette å være mulig under forutsetning av balanserte fôrresjoner og når det blir tatt hensyn til mulig innvirkning av fôringen på vombgjæring og fordelingen av energien mellom melkesekresjon og kroppstilvekst. Det er også viktig at melkekyr ikke blir overfôret i relasjon til produksjonskapasiteten (FLATT et al., 258).

Møllgaard har sammenstillet en rekke nitrogenbalanseforsøk med melkekyr (2, s. 419-420). I forsøk med positive nitrogenbalanser eller nitrogenlikevekt synes det å være mulig å komme opp i en utnyttelse på 80-95 %. Dette gjelder imidlertid kortvarige stoffskifteforsøk. Med støtte i flerårige amerikanske forsøk (Haecker) med ulike proteinmengder til melkekyr og ved å ta hensyn både til ytelse og sunnhetstilstand, kom Møllgaard til at man over lengere tid ikke kan regne med høyere utnyttelse enn 60-70 % for fordøyelig råprotein (3, s. 156).

Ved å gå ut fra at 1 kg 4 % m.m. inneholder 34 g protein (s. 124), finner man ved de her nevnte tall for utnyttelsen, at det i tillegg til vedlikeholdsbehovet for protein, bør tilføres:

46-57 g fordøyelig protein pr. kg 4 % m.m.

Eks. på beregning:

$$\frac{34}{74} \cdot 100 = 46$$

$$\frac{34}{70} \cdot 100 = 49$$

$$\frac{34}{60} \cdot 100 = 57$$

Møllgaards proteinkvotient (produksjonskvotient)

Som tidligere nevnt (s. 39-40, s. 59, s. 106) har Møllgaard foreslått å angi proteinbehovet ved $k = \text{proteinkvotienten} = \frac{NK_F \text{ i protein}}{NK_F \text{ i alt}}$

Ved melkeproduksjon angir han at k skal ligge mellom 0,15 og 0,25 med middelverdien 0,2, altså ca. 2 ganger proteinkvotienten ved vedlikehold (s. 40) og fetning (s. 59). I tabell 90 er beregnet hva disse verdier for proteinkvotienten svarer til i g fordøyelig protein pr. 4 % m.m.

Tabell 90. Møllgaards verdier for protein-kvotienten i produksjonsfóret for melkeproduksjon uttrykt i g fordøyelig protein pr. kg 4 % m.m.

k=protein kvotient	NK _F pr. kg 4 % m.m.		Tilnærmede verdier for g ford. råprot. pr. kg 4 % m.m.
	630	660	
	g ford. renprot. pr. kg 4 % m.m.		
0,15	42	44	45-48
0,20	56	59	60-65
0,25	70	74	75-80

Eks. på beregning $630 \cdot 0,2 = 132$ prot.-NK_F

$\frac{132}{2,24} = 59$ $2,24 =$ Kellners NK_F-faktor for protein

Møllgaards verdier for protein-kvotienten gjelder renprotein. Det er i tabell 90 (rubrikken til høyre) angitt tilsvarende tilnærmede verdier for behovet av fordøyelig råprotein.

Ifølge Møllgaard skulle man således ha et optimalt område for proteinbehovet i laktasjonen som vist skjematisk nedenfor:

	Min.	Opt.	Maks.
g ford. råprotein pr. kg 4 % m.m.	45-48	ca. 60	75-80

Ved lågere verdier av proteinkvotienten enn 0,15 (0,14) fant Møllgaard nedgang i melkeytelsen. Det er bekreftet i praktiske fôringsforsøk at det ikke bør gis mindre enn 45-48 g fordøyelig råprotein pr. kg 4 % m.m. (se praktisk fôringslære). Møllgaards begrunnelse for maksimumsverdien 0,25 var at overskridelse av denne verdi medfører nedsatt energiutnyttelse uttrykt ved øket forbruk av NK_F pr. m.e. Møllgaard støttet seg her særlig til 6 forsøk som ble utført parvis med låg og høg proteinkvotient til 3 kyr (2, s. 431). Gjennomsnittstallene for disse to grupper av forsøk er sammenstilt nedenfor:

<u>Antall forsøk</u>	<u>Proteinkvotient (k)</u>	<u>NK_F pr. m.e.</u>
3	0,34	923
3	0,18	835

Disse resultater kan ha gyldighet når energibehovet blir uttrykt i NK_p , men det er også mulig at materialet er for lite til å avgjøre spørsmålet om energiutnyttelsen går ned ved økning av proteinmengden.

Ved en analyse av Møllgaards og Lunds forsøk, kunne Reid (224, s. 68) ikke bekrefte at utnyttelsen av den omsettelige energi til laktasjon går ned ved stigende proteinmengder. Det var heller en svak tendens til stigning. Ved proteinmangel var derimot utnyttelsen sterkt nedsatt.

Ved en analyse av Møllgaard og Lunds forsøk, kom Ekern og Vik-Mo til lignende resultater. Mellom protein i % av den omsettelige energi og utnyttelsen av den omsettelige energi til laktasjon var det en svak ikke signifikant korrelasjon ($r=0,067$). I de ovennevnte parforsøk var utnyttelsen riktignok høyest i forsøkene ved de minste proteinmengder, altså i overensstemmelse med Møllgaard, men utnyttelsen av den omsettelige energi var høy også i forsøkene ved de største proteinmengder. (239).

Endelig kan nevnes at van Es og Flatt i sin før nevnte analyse av 373 energibalansforsøk med melkekyr ikke kunne påvise noen sammenheng mellom proteinmengden og utnyttelsen av den omsettelige energi til laktasjon (227).

Etter dette synes det således ikke mulig å opprettholde Møllgaards oppfatning om at energiutnyttelsen går ned når proteinmengden overstiger en viss grense. I denne forbindelse kan det gjøres oppmerksom på at når det regnes med omsettelig energi, er tapet av energien i urinen allerede trukket fra, dvs. ca. 25 % av energien i fordøyelig protein.

En annen sak er det at det kan være dårlig økonomi å bruke et overskudd av protein da dette som regel er det dyreste av næringsstoffene. Det foreligger videre undersøkelser som tyder på at proteinoverskudd kan virke uheldig. En nærmere diskusjon av disse spørsmål og de proteinnormer som bør brukes i praksis hører imidlertid hjemme i den praktiske fôringslære.

Eksempel på faktoriell beregning av proteinbehovet til melkekyr etter ARC-metoden.

Ifølge ARC (8, s. 165) kan man regne med 5,3 g nitrogen

pr. kg melk hos de vanlige raser av melkekyr. Det er i god overensstemmelse med 34 g protein pr. kg 4 % m.m. som svarer til ca. 5,34 g nitrogen beregnet etter de vanlig angitte proteinfaktorer for melk, 6,35-6,37 ($\frac{34,0}{6,35} = 5,34$).

Ved faktoriell beregning av proteinbehovet til melkekyr etter ARC-metoden blir ellers brukt de faktorer som er angitt i tabell 18 (s. 36) Det henvises for øvrig til eksempler på tilsvarende beregning av proteinbehovet ved vedlikehold (s. 37-38), fetning (s. 58-59) og vekst (s. 103).

Det blir her gått ut fra ei melkeku på 500 kg (=105,7 kg $V^{3/4}$, tabell 5, s. 16) med 20 kg 4 % m.m. pr. dag, og at fórrasjonen inneholder 14 kg tørrstoff.

EUN (endogent urin-N, tabell 18)	0,108 · 105,7	= 11,4 g N
Hår- og hudavfall (tabell 18)		= 1,9 " "
20 kg melk a 5,3 g N (se ovenfor)		= <u>106,0</u> " "
Sum		119,3 g N

$$119,3 \cdot 6,25 = 745,6 \text{ g protein}$$

$$\frac{745,6 \cdot 100}{70} = 1065 \text{ g nyttbart protein}$$

	Behov for	
	virkelig fordøyelig protein	apparent fordøyelig protein
Nyttbart protein, g	1065	1065
For stoffskifte-nitrogen i gjødsla (MFN)(se eksempel s. 37)	<u>624</u> (44,6 · 14)	<u>188</u> (13,4 · 14)
	<u>1689 g</u>	<u>1253 g</u>

Den faktorielle beregning etter ARC gir et proteinbehov av samme størrelsesorden som de før nevnte minimumsnormer, men lågere enn de kanskje noe rikelige normer som vanlig blir brukt i praksis i de skandinaviske land.

Frens metode for beregning av proteinbehovet til melkekyr.

På vegne av den før nevnte EAAP-komite (39) har Frens angitt en metode for beregning av proteinbehovet til melkekyr. Metoden bygger på faktorer og prinsipper som avviker noe fra dem som er angitt av ARC.

Endogent urin-nitrogen (EUN) regnes etter Brody til

0,146 g (146 mg) pr. kg stoffskiftevekt, altså nær de 140 mg som er nevnt s. 35. Frens regner med stoffskiftevekt = $V^{0,73}$, men angir at man for kyr mellom 400 og 700 kg kan beregne stoffskiftevekten etter den enkle formel $\frac{4}{30}(V+200)$ som kan brukes uten logaritmetabeller. Som stoffskifte-nitrogen i gjødsel (MFN) regner Frens med bare 2 g pr. kg tørrstoff. Det blir videre antatt at stoffskifte-nitrogen står i forhold til vekten, og at det kan regnes med 0,28 g MFN pr. kg stoffskiftevekt. Det samlede netto-behov pr. kg stoffskiftevekt til vedlikehold angis til $0,146+0,280=0,426$ g nitrogen. Ved å regne med en biologisk verdi på 80, kommer han da til et vedlikeholdsbehov på 0,533 g nitrogen i før-protein pr. kg stoffskiftevekt.

Med støtte i de før nevnte 41 stoffskifteforsøk i Wageningen ble funnet at 0,477 g apparent fordøyelig nitrogen ville gi nitrogenbalanse hos ikke lakterende kyr. Som uttrykk for vedlikeholdsbehovet blir det da regnet med gjennomsnittet av 0,533 og 0,477, altså 0,505 g nitrogen eller $3,156(0,505 \cdot 625)$ g fordøyelig råprotein pr. kg stoffskiftevekt. Vedlikeholdsbehovet i g fordøyelig råprotein kan beregnes etter ligningen $0,421(V+200)$

Eks.: $V(\text{vekt}) = 500$ kg

$$\frac{4}{30}(500+200) = 93,33. \quad 93,33 \cdot 3,156 = 295 \quad \text{eller} \quad 0,421(500+200) = 295$$

Proteinbehovet til laktasjon bedømmes med støtte i stoffskifteforsøkene med melkekyr i Wageningen. Det er funnet at det må tilføres 1,608 g apparent fordøyelig nitrogen pr. g nitrogen i melken (utnyttelse $\frac{1,608}{2,62} = 62\%$). For s.k. standardmelk i Holland (3,33 % fett) regnes med et innhold av 4,96 g N (tilsvarende 5,45 g N pr. kg 4 % m.m.). Pr. kg standardmelk må da tilføres 7,98 g nitrogen eller 50 g fordøyelig råprotein.

Behovet for fordøyelig råprotein til vedlikehold og laktasjon skulle da etter dette kunne beregnes etter følgende ligning:

$$0,421(V+200) + 50 M$$

hvor $V =$ vekt i kg

og $M = 3,33\%$ standardmelk i kg

Det regnes imidlertid med at man hos lakterende kyr på store før- og proteinmengder har lågere fordøyelighet av protein enn det som er angitt i førtabellene som bygger på fordøyelighet-forsøk med førrasjoner på vedlikeholdsnivå. Frens regner med en fordøyelighet av protein på 70 ved vanlige førrasjoner på vedlikeholdsnivå og at fordøyeligheten av protein avtar med 2 % for hver gang proteinmengden siger med 1 i forhold til proteinmengden på vedlikeholdsnivå (vedlikehold x 2, x 3 osv.).

Med støtte i disse synspunkter kommer Frens til at proteinbehovet etter ligningen ovenfor kan korrigeres til vedlikeholdsnivå ved multiplikasjon med $\frac{221,2}{221,2-M}$.

Det tilrådes imidlertid å bruke følgende forenklete ligning for beregning av proteinbehovet hos melkekyr:

$$0,476(V+200) + 56 M$$

Denne ligning er fremkommet ved å multiplisere konstantene i ligningen $0,421(V+200) + 50 M$ med 1,13 som er multiplikasjons-

leddet $\frac{221,2}{221,2-M}$ ved 25 kg 3,33 % standardmelk ($\frac{221,2}{221,2-25}=1,13$).

Den ovenfor berggnede utnyttelse på 62 % for protein i laktasjonen kan tilnærmet settes lik biologisk verdi. Frens fremholder at når denne ved laktasjonen ligger på 62 %, mot 80 % ved vedlikehold, beror dette sannsynligvis på den betydning som protein har ved glukoneogenesen (sukkerdannelsen). Denne regnes å være nødvendig for dannelsen av en del av den laktose som utskilles i melken hos høgtmelkende kyr. Dette skulle etter Frens ha størst betydning ved føring av høgtmelkende kyr med mye grovfôr slik som det har vært vanlig under europeiske forhold.

Sammenligning av normer for proteinbehovet hos melkekyr.

I tabell 91 er angitt proteinbehovet hos melkekyr ved ulike melkemengder beregnet etter ulike normer. Av hensyn til sammenligningen med Frens normer, er ytelsen angitt i så vel 3,33 % standardmelk som 4 % m.m.

Tabell 91. Sammenligning av normer for proteinbehovet angitt i g ford. råprotein pr. dag. Vekt 500 kg.

kg 3,33 % standardmelk pr. dag	10	20	30	40
tilsvarende kg 4 % m.m.	9,1	18,1	27,2	36,1
	g ford. råprot. pr. dag			
NRC (112) 1)	720	1130	1690	2320
ARC, faktoriell 2)	710	1160	1620	2070
Skandinavisk norm 3)	850	1390	1930	2470
Frens 4)	800	1300	1800	2300
Frens 5)	840	1430	2080	2800
Frens 6)	890	1450	2010	2570

Fotnoter:

- 1) NRC (1966) 300 g ford. råprotein til vedlikehold pr. dag ved 500 kg.
 46 g råprotein pr. kg 4 % m.m. under 20 kg 4 % m.m. pr. dag
 51 " " " " " " " 20-35 " " " " " "
 56 " " " " " " " over 35 " " " " " "
- 2) Beregnet som i eksemplet ovenfor. Regnet henholdsvis 12, 14, 16 og 18 kg tørrstoff ved de 4 melkemengder.
- 3) 300 g ford. råprotein til vedlikehold ved 500 kg pr. dag. 60 g ford. råprotein pr. kg 4 % m.m.
- 4) $0,421(V+200)+50$ M, se tekst.
- 5) $\frac{221,2}{221,2-M}$ ($0,421(V+200) + 50$ M), se tekst.
- 6) $0,476(V+200) + 56$ M, se tekst.

Det går fram av tabell 91 at det unntatt største melkemengde, er god overensstemmelse mellom NRC og ARC. Etter begge disse normer er det (for NRC opp til 35 kg 4 % m.m.) tilstrekkelig med 50 g fordøyelig råprotein pr. kg 4 % m.m. Dette bekreftes av amerikanske undersøkelser og Møllgaards forsøk og sammenstillinger. Den skandinaviske praktiske norm på 60 g fordøyelig råprotein pr. kg 4 % m.m. synes således å være noe rikelig.

Frens norm, 50 g fordøyelig råprotein pr. kg 3,33 % standardmelk, når det ikke korrigeres for fallet i fordøyeligheten av protein ved stigende proteinmengder [(4) i tab. 91], svarer til 56 g fordøyelig råprotein pr. kg 4 % m.m. Ved korreksjon for fallet i fordøyelighet vil Frens norm 56 g fordøyelig råprotein pr. kg 3,33 % standardmelk [(6) i tabell 91] tilsvare 62 g fordøyelig protein pr. kg 4 % m.m., altså nær den skandinaviske norm.

Det går fram av fotnote 1) til tabell 91 at NRC regner med at proteinbehovet til laktasjon er større ved høge enn ved låge melkeytelser. Begrunnelsen for dette er den lågere fordøyelighet av protein ved store fôr- og proteinmengder, altså samme begrunnelse som Frens har for de normer som er angitt som 5) og 6) i tabell 91.

Når man beregner mengdene av fordøyelig protein i fôr- rasjoner til høgtmelkende kyr etter fôr-tabeller som angir fôr-midlenes innhold av fordøyelig protein bestemt ved vedlikeholds-nivå, kan slike korreksjoner synes berettiget.

Etter et referat fra undersøkelser ved Cornell 1967 regnes det med følgende behov for fordøyelig protein (241):

Melkeytelse	5 kg 4 % m.m.	51 g ford. råprot.	pr. kg 4 % m.m.
"	23 " " " "	59 " " "	" " " " "
"	45 " " " "	66 " " "	" " " " "

Når det videre blir tatt hensyn til at protein hos høgtmelkende kyr kan ha betydning i glukoneogenesen ved syntesen av melkesukker (Frens, se ovenfor), kan det være berettiget å opprettholde normen på 60 g fordøyelig råprotein pr. kg 4 % m.m.

Hertil kommer at hvis kyr med over 30 kg melk vanskelig tar tilstrekkelig fôr til å dekke energibehovet, er det gunstig at proteintilførselen er noe rikelig selv om det ved

mobiliseringen av kalorier fra fettvevene også blir frigjort noe protein.

Eks.: Hvis det i en fórrasjon til 30 kg 4 % m.m. tilføres 2100 g fordøyelig råprotein (300+30·60), vil de 1800 g som er tenkt til produksjon strekke til for 36 kg 4 % m.m. etter 50 g fordøyelig råprotein pr. kg 4 % m.m. (1800:50=36). Det er her sett bort fra fallet i fordøyeligheten av protein ved store fórmengder, men på den annen side kommer protein fra nedbrutt fettvev i tillegg til den disponible proteinmengde.

Når amerikanske proteinnormer ligger noe lågere enn europeiske, må dette sees i forbindelse med at det i Nord-Amerika brukes mye korn i fóringen, altså stivelsesrike fórrasjoner som betinger god proteinutnyttelse (se den intermediære stoff- og energiomsetning, s. 130-131, se også 205). Dette forklarer også at det i Nord-Amerika vanlig blir brukt urea i kraftfór til drøvtyggere (205).

Ved fóring med mye grovfór er det som fremholdt av Frøns (se foran) begrunnet å bruke høgere proteinnormer. Utnyttelsen av cellulose og hemicellulose ved mikro-organismer forutsetter tilstrekkelig protein. Som fremholdt meget klart av Maynard & Loosli (7, s. 108-109, 205) kan man ikke i samme fórrasjon få maksimum mikrobeaktivitet både med hensyn til proteinutnyttelsen og/med hensyn til nedbrytningen av høgere karbohydrater.

Som kjent er det i utviklingslandene stor mangel på protein i ernæringen av mennesker. I Verdensmålestokk er det derfor problematisk at det blir sløset med protein i husdyrernæringen slik som det er vanlig i Vest-Europa (242). Hvis det blir nødvendig å økonomisere med protein, kan det som nevnt ovenfor være forsvarlig å bruke 45-50 g fordøyelig råprotein pr. kg 4 % m.m. i produksjonsfóret til melkekyr. Det kan også komme på tale å bruke urea som proteinerstatning, men dette forutsetter bruk av stivelsesrike fórrasjoner (med korn) som antydnet ovenfor.

c. Behovet for vitaminer og mineralstoffer til laktasjonen.

Alminnelige synspunkter.

Når det gjelder behovet for vitaminer, henvises til avsnittet om vitaminer, hovedavsnitt IV. Videre henvises til

den praktiske fôringslære når det gjelder mulighetene for å påvirke vitamininnholdet i melken ved fôringen (se også s. 115).

Behovet for mineralstoffer er behandlet i avsnittet om mineralstoffer i hovedavsnittet IV. Når det gjelder behovet for makromineralstoffer i laktasjonen, er det grunn til å nevne at det blir utskilt betydelige mengder av disse mineralstoffer i melken. Det er tidligere (tabell 63, s. 114) angitt avrundete verdier for melkens innhold av mineralstoffer. I tabell 92 er etter ARC (8) gjengitt mer fullstendige oppgaver, og utskillelsen av disse mineralstoffer i ulike melkemengder er beregnet.

Tabell 92. Innholdet av makromineralstoffer i kumelk.
e. ARC (8).

	g/kg	Daglig melkemengde		
		10 kg g	20 kg g	30 kg g
Kalsium ¹⁾	1,28 ²⁾ (8, s. 23)	12,8	25,6	38,4
Fosfor ¹⁾	0,95 (8, s. 43)	9,5	19,0	28,5
Magnesium	0,126 (8, s. 58)	1,26	2,52	3,78
Kalium	1,43 (8, s. 67)	14,3	28,6	42,9
Natrium	0,63 (8, s. 73)	6,3	12,6	18,9
Klor	1,15 (8, s. 73)	11,5	23,0	34,5

1) I norske analyser av 358 prøver av helmelk (ca. 3,8 % fett) er funnet 1,27 g kalsium og 1,03 g fosfor pr. kg melk (243, s. 205).

2) Ved 4 % fett, 1,26 ved 3,8 % fett.

Behovet for magnesium hos melkekyr er behandlet i hovedavsnitt IV. Kalium blir tilført i rikelige mengder i praktiske fôringsjoner. Diskusjonen av behovet for mineralstoffer i laktasjonen i dette avsnitt blir derfor begrenset til natrium, klor, kalsium og fosfor.

Reid (212) har diskutert behovet for disse og andre mineralstoffer i laktasjonen.

Behovet for natrium og klor.

Behovet for natrium og klor kan beregnes faktorielt etter ARC (8). Til de endogene tap av disse mineralstoffer (se tabell 20, s. 42), som er et uttrykk for nettobehovet til vedlikehold, adderer man utskillelsen i melken (tabell

92). Da ARC regner med en utnyttelse på 100 % for natrium og klor (8, s. 73) får man ved denne beregning direkte behovet for disse mineralstoffer.

Det betones at det dreier seg om minimumsbehovet. Imidlertid er det eksempler på at natriuminnholdet i melk kan falle fra 0,6 g pr. kg like etter kalving til 0,4-0,5 g pr. kg senere i laktasjonsperioden (244). Dette vil svare til en utnyttelse på 70-80 % når det blir tilført 0,6 g.

Behovet for natrium og klor til melkekyr på 500 kg ved ulike melkemengder, etter ARC, er angitt i tabell 93.

Tabell 93. Behovet for natrium og klor hos melkekyr på 500 kg. ARC (8).

kg melk	pr. dag	
	g natrium	g klor
0	8,5	13,0
0 drektige, 8-9 mnd.	10,7	14,8
10	14,8	24,5
20	21,1	36,0
30	27,4	47,5

På vegne av den før nevnte EAAP-komite har Frens diskutert behovet for natrium og klor med støtte i inngående undersøkelser i Nederland (39). Han angir at behovet for disse mineralstoffer kan beregnes etter følgende ligninger:

$$\text{g natrium pr. dag i fóret} = 0,016 V + 0,75 M$$

$$\text{" klor " " " " " " } = 0,04 V + 1,1 M$$

V = kroppsvekt i kg

M = melkemengde i kg pr. dag

I tabell 94 er etter disse ligninger beregnet behovet for natrium og klor ved samme kroppsvekt og melkemengder som i tabell 93.

Tabell 94. Behovet for natrium og klor hos melkekyr på 500 kg. Frens (39).

kg melk	pr. dag	
	g natrium	g klor
0	8,0	20,0
10	15,5	31,0
20	23,0	42,0
30	30,5	53,0

Behovet for natrium og klor beregnet etter Frens, ligger litt høyere enn etter ARC. Dette beror delvis på at Frens regner med et natriuminnhold på 0,7 g pr. kg melk og en utnyttelse noe under 100 %.

Behovet for kalsium og fosfor.

Kalsium og fosforbalansen hos melkekyr.

Ved Ohio forsøksstasjon ble det i 1912 av Forbes og medarbeidere innledet pionerundersøkelser over kalsium- og fosforstoffskiftet hos melkekyr. Det henvises her til oversikter over disse undersøkelser (7, s. 475, 240 s. 742, 243 s. 141, 245). Forsøkene viste at høgtmelkende kyr i den første del av laktasjonsperioden (4-6 måneder) har negative kalsium- og fosforbalanser. Det skilles altså mer ut av disse stoffer i gjødsel, urin og melk enn det blir opptatt i fóret. Tapene ble gjenopprettet ved avleiring av kalsium og fosfor i den senere del av laktasjonsperioden og særlig i tørrperioden.

Disse resultater er i samsvar med teorien om drektighets-laktasjonscyklus (s. 136). Dyr som er godt fóret legger opp reserver av kalsium og fosfor i skjelettet i den senere del av drektighetstiden. Etter fødselen blir disse reserver mobilisert og utnyttet i laktasjonen. Dette er altså normalt og ikke uttrykk for at det er mangel på kalsium og fosfor i fóret. Det er riktignok eksempler på at de negative balanser kan nedsettes noe ved mineraltilskudd (240, 243). Istedenfor å prøve å begrense de negative balanser, blir det imidlertid regnet å være viktigere å fremme gjenoppbygningen av reservene ved å tilføre tilstrekkelig kalsium og fosfor i gjenoppbygningsfasen.

Kalsium i skjelettet blir mobilisert ved innvirkning av biskjoldkjertelen som regulerer kalsiuminnholdet i blodet. Da kalsium stammer hovedsakelig fra kalsium-fosfat, blir fosfor mobilisert samtidig. Organismen har imidlertid ikke noen egen mekanisme for å mobilisere fosfat uavhengig av kalsium. Som Reid (212, s. 74) fremholder, er det derfor viktigere for fosfor enn for kalsium å sørge for en tilstrekkelig tilførsel fra dag til dag.

En rekke undersøkelser i 1920 og 1930-årene (Hart og medarbeidere, Meigs og medarbeidere, Huffman og medarbeidere, Ellenberger og medarbeidere) har bekreftet Forbes og medarbeideres resultater (240, 243). I fig. 20 er vist kalsium- og fosforbalansen i de første måneder av laktasjonsperioden i norske forsøk av Isaachsen og Ulvesli (246).

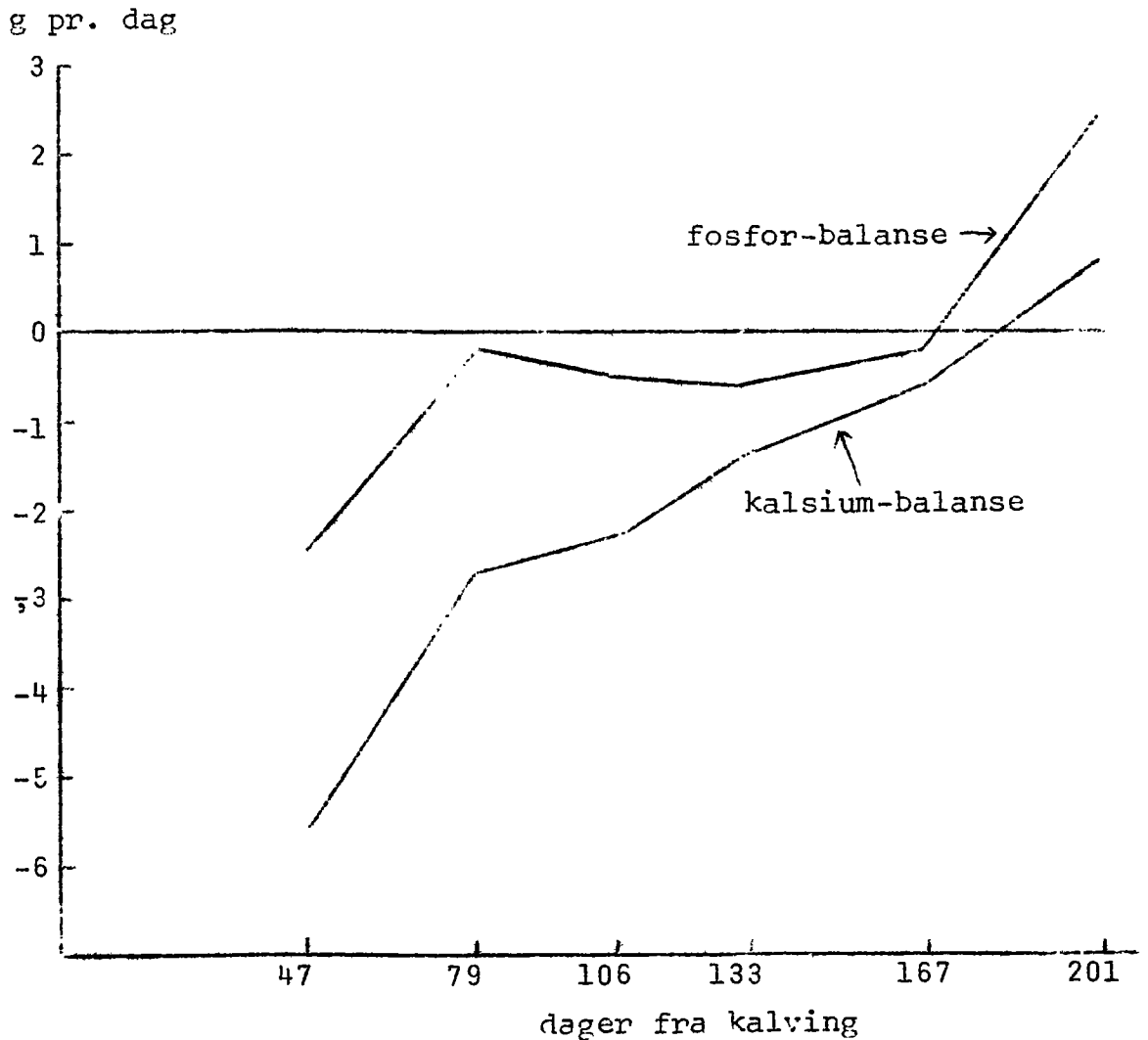


Fig. 20. Kalsium- og fosforbalansen i de første måneder av laktasjonsperioden. Isaachsen og Ulvesli (246).

Faktoriell beregning av kalsium- og fosforbehovet etter ARC.

ARC (8) har beregnet kalsium- og fosforbehovet faktorielt. Til de endogene tap av kalsium og fosfor (tabell 20, s. 42) legges utskillelsen av kalsium og fosfor i melken (tabell 92). Ut fra de således beregnede nettobehov blir mengdene av kalsium og fosfor i fóret funnet ved å regne med 45 % utnyttelse for kalsium og 55 % utnyttelse for fosfor.

Eks.: Ku 500 kg, 20 kg melk med 4 % fett.
 Endogene tap $0,016 \cdot 500 = 8,0$ g Ca 14,0 g P
 (tabell 20, s. 42)
 Utskillelse i melken 25,6 g Ca 19,0 g P
 (tabell 92)
 Nettobehov 33,6 g Ca 33,0 g P
 Behov i fóret $\frac{33,6}{45} \cdot 100 = 75$ g Ca (74 g ved 3,8 % fett)
 $\frac{33,0}{55} \cdot 100 = 60$ g P

Ifølge ARC skal det således tilføres 2,8 g Ca og 1,7 g P i fóret pr. kg melk med 4 % fett.

I tabell 95 er etter ARC (8) angitt behovet for kalsium og fosfor ved ulike melkemengder.

Tabell 95. Kalsium- og fosforbehovet hos melkekyr. ARC (8, s. 30).

kg melk (3,8 % fett) pr. dag	g kalsium pr. dag	g fosfor pr. dag
0	18	26
0 drektighet, 8-9 mnd.	33	33
10	46	43
20	74	60
30	102	77

Nederlandske normer for kalsium- og fosforbehovet.

Ifølge Frens (39) er det i Nederland foretatt beregninger over de amerikanske mineralbalanseforsøk. Disse beregninger har ført til følgende ligninger for beregning av kalsium- og fosforbehovet:

g kalsium pr. dag i fóret = $16 J + 1,44 M$ (34 % utnyttelse)
 " fosfor " " " " = $5,5 J + 1,18 M$ (40 " ")

J = Årlig melkemengde i 1000 kg
 M = daglig melkemengde i kg

I tabell 96 er etter disse ligninger beregnet det daglige behov for kalsium og fosfor ved ulike årsytelser.

Tabell 96. Nederlandske normer for behovet for kalsium og fosfor hos melkekyr. Frens (39).

kg melk pr. dag	Årsytelser	g kalsium pr. dag			g fosfor pr. dag		
		4000	5000	6000	4000	5000	6000
0		20	36	52	22	28	33
10		34	50	66	34	39	45
20		49	65	81	46	51	57
30		63	79	87	57	63	68

Som begrunnelse for disse normer er bl.a. fremholdt at det særlig hos høgtmelkende kyr er viktig å få tilført tilstrekkelig mineralstoffer i den fase da gjenoppbygningen av mineralreservene foregår, dvs. når de daglige melkemengder er låge.

Andre normer for kalsium- og fosforbehovet hos melkekyr.

Basert på amerikanske og norske mineralbalanseforsøk (Isaachsen & Ulvesli) ble det i 1938 (243) angitt en norsk norm som nedenfor er sammenlignet med den amerikanske norm (NRC) av 1956.

	Norsk norm		Amerikansk norm	
	<u>g Ca</u>	<u>g P</u>	<u>g Ca</u>	<u>g P</u>
Vedlikehold pr. dag	10	10	10	10
Drektige kyr	23	17	23	17
pr. kg melk	2,2(1,8-2,5)	1,8(1,5-2,0)	2,2	1,5

Det ble fremholdt at den norske norm var en minimumsnorm, og at man bør regne med et tillegg på 5-10 g både av kalsium og fosfor for å få optimumsnormer.

Fra 1966 (112) regner NRC med følgende normer for kalsium og fosfor:

	<u>g Ca</u>	<u>g P</u>
Vedlikehold 550 kg, pr. dag	15	15
Tillegg for drektighet siste 2-3 mnd, pr. dag	13	11
pr. kg melk < 20 kg melk pr. dag	2,2	1,6
20-35 " " " "	2,4	1,8
> 35 " " " "	2,8	2,0

Når det blir tatt hensyn til at vi nå har større og mer høgtmelkende kyr enn tidligere, er det begrunnet å revidere også den norske norm. Følgende norm blir foreslått:

	<u>g kalsium</u>	<u>g fosfor</u>
Vedlikehold pr. dag 500-550 kg	20	20
Drektige kyr, 8-9 mnd., pr. dag	34	30
pr. kg melk	2,5	1,8

I tabell 97 er beregnet behovet for kalsium og fosfor ved ulike melkemengder etter denne norm.

Tabell 97. Norsk norm for behovet for kalsium og fosfor hos melkekyr, 1968.

Melkemengde pr. dag	<u>g kalsium</u> <u>pr. dag</u>	<u>g fosfor</u> <u>pr. dag</u>
0	20	20
0 drektighet, 8-9 mnd.	34	30
10	45	38
20	70	55
30	95	74

Normen er av samme størrelsesorden som de normer som er angitt av ARC, NRC og av nederlandske forskere (se foran). Av andre normer av samme størrelsesorden kan nevnes tyske normer av Lenkeit (154, se også 205) og Becker (11 s. 176) og danske normer av Thorbek (247). Den erfarne mineralforsker Underwood (248) anser imidlertid at det er tilstrekkelig med følgende norm:

	<u>g Ca</u>	<u>g P</u>
Vedlikehold	8	10
pr. kg melk	2,1	1,6

Selv om det i det senere har vært en tendens til å forhøye normene for kalsium- og fosforbehovet til melkekyr, er det lite av praktiske forsøk som bekrafter berettigelsen av dette.

I langvarige forsøk med melkekyr i årene omkring 1930 ved Michigan (Huffman et al.) og Wisconsin (Hart et al.) ble det oppnådd tilfredsstillende melkeytelser, sunnhetstilstand og mineralinnhold i skjelettet ved betydelig lågere mineral-



mengder enn etter normene i tabell 97 (7, s. 480, 240, 243, s. 150-151, 245). Det er pekt på at dette kan forklares ved en langtids-tilpasning (adaptasjon) til låge mineralmengder (245). Ved tilpasning er det mulig at man kan komme opp i høgere utnyttelse enn det er regnet med ved utledning av normene ovenfor. Utnyttelsen faller ved stigende mengder mineralstoffer. Det må også tas hensyn til at utnyttelsen, særlig av kalsium, kan variere med behovet (8, s. 27).

Som en indikator på at mineralstoffbehovet hos melkekyr kanskje blir regnet noe høgt i nyere normer, kan nevnes at det frivillige opptak av mineralblandinger er lite hos melkekyr i motsetning til hos ungd (249). Det er pekt på at melkekyr trenger så store fórrasjoner for å dekke energi-behovet, at de kan klare seg med noe lågere mineralkonsentrasjon enn ungd.

Konsentrasjonen av mineralstoffer i fóret til melkekyr.

I tabell 98 er beregnet hvor høg konsentrasjon av mineralstoffer det skal være i fórrasjonene ifølge de normer som er angitt ovenfor. Konsentrasjonene er angitt i % av tørrstoff, ved å forutsette bestemte verdier for tørrstoffopptaket.

Tabell 98. Nødvendig mineralkonsentrasjon i % av tørrstoffet i fórrasjoner.

kg melk pr. dag	kg tørrstoff pr. dag	e. tab. 94 (Frens)		e. tab. 97 (norsk norm)		e. Underwood	
		Na	Cl	Ca	P	Ca	P
0	8	0,1	0,25	0,25	0,25	0,1	0,13
0 direkt.	8			0,43	0,38	0,21	0,21
10	11	0,14	0,28	0,41	0,35	0,26	0,24
20	14	0,17	0,30	0,50	0,40	0,36	0,29
30	17	0,18	0,31	0,56	0,44	0,42	0,34

Ifølge de beregninger som er gjengitt i tab. 98, trenger melkekyr 0,15-0,18 % Na og 0,3 % Cl i tørrstoffet i fórrasjonen. Verdien for natriumbehovet er i godt samsvar med det som er angitt av Frens (39) og Underwood (248, s. 85). Til sammenligning kan nevnes at Underwood angir at beite-

planter inneholder 0,08-0,14 % Na og 0,4-0,5 % Cl i tørrstoffet, altså nok klor, men for lite natrium. I kornartene kan det være så lite som 0,03-0,05 % Na og 0,05-0,1 % Cl. I tyske undersøkelser er funnet så lite som 0,03-0,04 % natrium i tørrstoffet i beitegras (244).

Ifølge tabell 98 bør det etter høyere normer være ca. 0,5 % Ca og ca. 0,4 % P i tørrstoffet, mens det etter Underwoods moderate normer trengs 0,3-0,35 % Ca og 0,25-0,3 % fosfor (se også 248, s. 60, 7, s. 481). Til sammenligning kan nevnes at det i tørrstoffet av surfôr av kløverbl. timotei av første slått under skytning er 0,59 % Ca og 0,27 % P.

Når det gjelder dekningen av behovet for mineralstoffer, henvises for øvrig til den praktiske fôringslære.

d. Fett i ernæringen av lakterende dyr.

Det har lenge vært interesse for betydningen av fett i ernæringen av lakterende dyr. Etter at det med sikkerhet var vist at fett kan syntetiseres med utgangspunkt i karbohydrater (Se Intermediære Stoff- og Energiomsetning s. 53), har man vært tilbøyelig til å regne at fett i næringen ikke har noen særlig betydning for laktasjonen (2, s. 440, 11, s. 179, 250, 251). Det er imidlertid en del undersøkelser som tyder på at fett tilført i næringen kan virke gunstig på laktasjonen.

Spørsmålet er drøftet av Kellner med støtte i inngående tyske forsøk med melkekyr og melkesauer (13, s. 590-595). Hos sauer ble det funnet utslag for tilskudd av fett til fettfattige fôrrasjoner. Følgende fettmengder ble av Kellner regnet som tilstrekkelige til lakterende dyr:

	<u>Vekt, kg</u>	<u>pr. dag</u>	<u>g ford. fett pr. dag og 100 kg</u>
Kyr	500	200	40
Sauer og Geiter	50	25-50	50-100

I en undersøkelse fra Estland (252) ble det funnet positiv virkning på melkeytelsen hos kyr når mengden av fordøyelig fett ble øket fra 32-45 g pr. 100 kg lev.vekt til 60 g, dvs. fra 160-225 g til ca. 300 g pr. dag til kyr på 500 kg. Ved å gå opp i store fettmengder, 700 g fordøyelig fett ved 500 kg (140 g/100 kg), ble det funnet ugunstig virk-

ning. Det ble for øvrig funnet ulik virkning av ulike fettarter. Kokosfett hadde utpreget gunstig virkning.

De mest omfattende forsøk med fett til melkekyr er utført ved Cornell University. Ved fôring med høy som grovfôr, ble fettfattige kraftfôrblandinger (0,7-4,2 % fett) sammenlignet med fettrike (4-7,5 % fett). I alle av 14 forsøk ble det funnet positiv virkning på melkeytelsen av de fettrike kraftfôrblandinger. Fettmengdene var da gjerne oppe i 300-500 g pr. dag (253, 254, 7, s. 471).

I Danmark er det også utført inngående forsøk med fetttilskudd til melkekyr. Ved vanlig dansk fôrgrunnlag, tørt stråfôr og rotvekster, er det visstnok uten unntagelse funnet positiv virkning på melkeytelsen ved fett-tilskudd. Som eksempel kan gjengis resultatene fra et av disse forsøk (255):

	<u>g ford. fett</u> <u>pr. dag</u>	<u>kg 4 % m.m.</u> <u>pr. dag</u>
Ekstraherte linfrøkaker	112	14,6
Pressede linfrøkaker	229	16,0
Linfrø	580	17,0

Størst interesse for norske fôringsforhold har kanskje de forsøk som er utført i Nederland (256). Fettrike kraftfôrblandinger med 5-6 % fett ble sammenlignet med fettfattige kraftfôrblandinger med 0,6-1,5 % fett. Når grunnfôret besto av middels høy og fôrbeter, ble det oppnådd tydelig høyere melkeytelse ved fettrike enn ved fettfattige kraftfôrblandinger, altså tilsvarende resultatene fra de danske undersøkelser. Det ble derimot ikke påvist utslag for fettrike kraftfôrblandinger når det ble brukt et grunnfôr av godt høy og godt surfôr. Dette kan sannsynligvis forklares ved at eterrekstrakt i surfôr erstatter fett i kraftfôr eller ved gunstig virkning av surfôr på vomgjæringen (257).

Undersøkelser over fett-tilskudd i relasjon til fettstoffskiftet hos storfe er drøftet fullstendig av Riis (187). Årsaker til den gunstige virkning på melkeytelsen er drøftet tidligere (s. 141).

Den positive virkning av fett-tilskudd har ført til at

det er stillet krav om et minimumsinhold på 4-5 % fett i norske kraftfórblendinger til melkekyr.

At enkelte fettarter kan virke inn på melkens fettinnhold, vil bli drøftet i den praktiske fóringslære.

Litteratur Hovedavsnitt V.

- 1) Crampton, E.W. & Lloyd, L.E., Fundamentals of Nutrition 1959. San Francisco - London: W.H. Freeman.
- 2) Møllgaard, H., Lærebog i biokemi og husdyrenes ernæringsfysiologi, 4. udg. 1949. København: Nyt Nordisk Forlag.
- 3) Møllgaard, H., Fütterungslehre des Milchviehs, 1929. Hannover: M.H. Schaper.
- 4) Blaxter, K.L., The Energy Metabolism of Ruminants, 1. ed. 1962. London: Hutchinson.
- 5) Crampton, E.W., Applied Animal Nutrition, 1956. San Francisco: W.H. Freeman.
- 6) N.R.C. (National Research Council), Recommended Dietary Allowances, 6. rev. ed. 1964. Washington, D.C.: National Academy of Sciences.
- 7) Maynard, L.A. & Loosli, J.K., Animal Nutrition, 5. ed. 1967. New York - Toronto - London: McGraw-Hill.
- 8) A.R.C. (Agricultural Research Council), The Nutrient Requirements of Farm Livestock, No. 2. Ruminants, 1965. London: Agricultural Research Council.
- 9) Bird, H.R., Proc. Intern. Animal Feed Symp. (Washington D.C.), 1959, 62.
- 10) Mitchell, H.H., Comparative Nutrition of Man and Domestic Animals, Vol. 1 (1962), Vol. 2 (1964). New York - London: Academic Press.
- 11) Kellner, O. & Becker, M., Grundzüge der Fütterungslehre, 14. Aufl. 1966. Hamburg - Berlin: Paul Parey.
- 12) Diskussion ved 4. Symposium on Energy Metabolism, Jablonna 1967.
- 13) Kellner, O., Die Ernährung der landwirtschaftlichen Nutztiere, 10. Aufl. 1924. Berlin: Paul Parey.
- 14) Armsby, H.P., The Nutrition of Farm Animals, 1917. New York: MacMillan.
- 15) Lofgreen, G.P., Feedstuffs, 11. April 1964, s. 22.

- 16) Es, A.J.H. van, Versl. Landbouwk. Onderz. 67, 1967, 5.
- 17) Brouwer, E., Es, A.J.H. van & Nijkamp, H.J., Medd. Landbouwhogeschool, Wageningen, 64, 9, 1964.
- 18) Es, A.J.H. van, Meth. J. Agric. Sci., 14, 1966, 1, 32.
- 19) Breirem, K., Kungl. Lantbruksakad. Tidskr., 83, 1944, 345.
- 20) Breirem, K., Tidsskr. f.d. Norske Landbr., 60, 1953, 25.
- 21) Berge, S., Meld. Norges landbr.høgsk. 16, 1936, 641.
- 22) Saue, O., 135. beretn. fra Fôringsforsøkene, 1968.

- 23) Flatt, W.P., Moe, P.W., Munson, A.W. & Cooper, T., Report 4th Symp. Energy Metabolism (Jablonna) 1967.
- 24) Es, A.J.H. van, Report 4th Symp. Energy Metabolism (Jablonna) 1967.
- 25) Nehring, K., Report 4th Symp. Energy Metabolism (Jablonna) 1967.
- 26) Schiemann, R., Report 4th Symp. Energy Metabolism (Jablonna) 1967.
- 27) Hoffmann, L., Report 4th Symp. Energy Metabolism (Jablonna) 1967.
- 28) Kleiber, M., The Fire of Life, 1961. New York - London: John Wiley.
- 29) Brody, S., Bioenergetics and Growth, 1945. New York: Reinhold.
- 30) Breirem, K., Tierernährung, 8, 1936, 463.
- 31) Breirem, K., Tierernährung, 11, 1939, 485.
- 32) Es, A.J.H. van, Wurden, E.J. van & Frens, A.M., Z. Tierphys., Tierernähr. u. Futtermittelkunde, 21, 1966, 25.
- 33) Armsby, H.P. & Moulton, C.R., The Animal as a Converter of Matter and Energy, 1925. New York: Chemical Catalog Comp.

- 34) Winchester, C.F., U.S. Dept. Agr. Tech. Bull. 1071, 1953.
- 35) Kellner, O., Landw. Versuchsstat., 53, 1900.
- 36) Meigs, E.B. & Grant, F.M., Proc. Amer. Soc. Anim. Prod., 18, 1925, 36.
- 37) Ritzman, E.G. & Benedict, F.G., Nutritional Physiology of the Adult Ruminant, 1938. Washington: Carnegie Institution.
- 38) Eriksson, S., Metabolism of Rabbits at Different Levels of Crude Fiber and Protein, 1952. Uppsala: Almquist & Wiksell.
- 39) Breirem, K., Frens, A.M., Balch, C.C., Ekern, A., Es, A.J.H. van & Broster^{W.H.}, Report EAAP study meetings (Oslo) 1967.
- 40) A.R.C. (Agricultural Research Council), The Nutrient Requirements of Farm Livestock. No. 1 Poultry. 1965. London: Agricultural Research Council.
- 41) A.R.C., The Nutrient Requirements of Farm Livestock. No. 3 Pigs. 1967. London: Agricultural Research Council.
- 42) Rose, G.A. & Williams, R.T., Brit. J. Nutr. 15, 1961, 1.
- 43) Widdowsen, E.M., Proc. Nutr. Soc., 22, 1962, 121.
- 44) Harries, J.M., Hobson, E.A. & Hollingsworth, D.F., Proc. Nutr. Soc., 22, 1962, 157.
- 45) Breirem, K., Internasjonal politikk, 4, 1964, 388.
- 46) Breirem, K., Ekern, A. & Homb, T., Federation Proc., 20, No. 1, Part III, Suppl. No. 7, 275.
- 47) Brockway, J.M., Pullar, J.D. & McDonald, J.D., Report 4th Symp. Energy Metabolism (Jablonna) 1967.
- 48) Hvidsten, H., Tollersrud, S. & Christensen, H., Beretn. nr. 111 fra Fôringsforsøkene NLH 1963.
- 49) FAO, Calorie Requirements. FAO Nutritional Studies No. 15. 1957.
- 50) Steuber, M., Handbuch der Ernährung und des Stoffwechsels der landwirtschaftlichen Nutztiere (Mangold), IV, 1932, 135.

- 51) Breirem, K., Nordisk Jordbr.forskn., 16, 1934, s. 287.
- 52) Schiemann, R., Deuts. Akad. Landw.-wissensch.
Wissensch. Abhandl. nr. 31, 1958.
- 53) Armsby, H.P. & Fries, J.A., J. Agr. Res. 11, 1917, 461.
- 54) Benedict, F.G. & Lee, R.C., Bioch. Z., 293, 1937, 405.
Ref. Berichte, 104, 1938, 55.
- 55) Blaxter, K.L., J. Agr. Sci., 38, 1948, 207.
- 56) Jespersen, J., 197. beretn. fra Forsøgslaboratoriet,
1941, 43.
- 57) Smuts, D.B., J. Nutr., 9, 1935, 403.
- 58) McDonald, P., Edwards, R.A. & Greenhalgh, J.F.D.,
Animal Nutrition./Edinburgh, London: Oliver &
Boyd. 1966.
- 59) Brody, S., Report Conf. Energy Metabolism (Pennsylvania)
1935.
- 60) Lund, Aa., Beretn. NJF V. kongress (København), 1935,
635.
- 61) Homb, T., 109. beretn. fra Fôringsforsøkene, 1962.
- 62) Homb, T., Matre, T., Opstvedt, J., Lysø, A. & Breirem,
K., Beretn. nr. 127 fra Fôringsforsøkene, 1965.
- 63) Bath, D.L., Ronning, M., Meyer, J.H. & Lofgreen, G.P.,
J. Dairy Sci., 48, 1965, 374.
- 64) Blaxter, K.L., Report 4th Symp. Energy Metabolism
(Jablonna) 1967.
- 65) Armstrong, D.G. & Blaxter, K.L., Proc. 3. Symp. Energy
Metabolism (Troon) 1965, 58.
- 66) Wöhlbier, W., Proc. 2. Symp. Energy Metabolism
(Wageningen) 1961, 316.
- 67) Es, A.J.H. van, Report 9. Intern. Congress Animal
Production (Edinburgh) 1966, 225.
- 68) Breirem, K., Handbuch der Tierernährung I, 1968.
Hamburg: Paul Parey.

- 69) Møllgaard, H., In Tyrannos, 5. opl. 1959. København: Gyldendal.
- 70) Isaachsen, H., 34. beretn. fra Fødringsforsøkene, 1933.
- 71) Wöhlbier, W., Handbuch der Ernährung und des Stoffwechsels der landwirtschaftlichen Nutztiere (Mangold), IV, 1932, 661. Berlin: Julius Springer.
- 72) Pomeroy, R.W., Progress Physiology of Farm Animals (Hammond), II, 1955, 395.
- 73) Pálsson, H., Progress Physiology of Farm Animals (Hammond), II, 1955, 430.
- 74) Winchester, C.F. & Howe, P.E., U.S. Dept. Agr. Tech. Bull. No. 1108, 1955.
- 75) Winchester, C.F. & Ellis, N.R., U.S. Dept. Agr./No. 1159, 1957. Tech. Bull.
- 76) Barnes, R.H., Proc. Cornell Nutr. Conf., 1965, 15.
- 77) Brody, S., Ann. Rev. Biochemistry, 4, 1935, 383.
- 78) McCay, C.M., Growell, M.F. & Maynard, L.A., J. Nutrition, 10, 1935, 63.
- 79) Hansen, K. & Steensberg, V., 246. beretn. Forsøgs-laboratoriet, 1950.
- 80) McCay, C.M., Vitamines and Hormones, 7, 1949, 147.
- 81) Pyke, M., Proc. 6th Intern. Congress Nutrition (Edinburgh), 1964, 54.
- 82) Shock, N.W., Nutrition Reviews (Nat. Dairy Council), 26, No. 3, 1963, 9.
- 83) Løken, Aa.C., Fra Naturvidenskapens og Medisinens Verden, Aftenposten, fredag aften 13/8-1965, Nr. 368, 8.
- 84) Rodal, K., Lev - og lev lenger, 1966. Oslo: Gyldendal.
- 85) Mayer, J. & Bullen, B., Proc. 6th Intern. Congress Nutrition (Edinburgh), 1964, s. 27.
- 86) Mayer, J., Næringsforskning, 10, nr. 4, 1966, 103.
- 87) Jensen, D., Aftenposten, torsdag morgen 29. juli 1965. Nr. 341, 5.

- 88) Zorn, W. & Krallinger, H.F., Arch. Tierernähr. u. Tierzucht, 9, 1933, 470.
- 89) Steensberg, V., 189. beretn. Forsøgslaboratoriet, 1940.
- 90) Thamdrup, H.M., Naturens ^{hus} /holdning./ ^{1966.} Oslo: H. Aschehoug & Co.
- 91) Møllgaard, H., 282. beretn. fra Forsøgslaboratoriet, 1955.
- 92) Møllgaard, H., Z. Tierernähr. u. Futtermittelkunde, 10, 1955, 1.
- 93) Møllgaard, H., Deuts. Akad. Landw. Wissenschaften. Tagungsbericht Nr. 8, 1957, 232.
- 94) Breirem, K., Nordisk Jordbr.forskn., 28, 1947, 159.
- 95) Oslage, H.J., Z. Tierphys., Tierernähr. u. Futtermittelk^{unde}, 18, 1963, 14.
- 96) Babatunde, G.M., Pond, W.G., Vleck, L.D. van. Kroening, G.H. & Reid, J.T., J. Animal Sci., 26, 1967, 718.
- 97) Armstrong, D.G., Handbuch der Tierernährung, I, 1968. Hamburg: Paul Parey.
- 98) Wiegner, G., Schw. Landw. Monatsheften, 13, 1935, nr. 6, 7 og 8.
- 99) Thorbek, G., Report 4th Symp. Energy Metabolism (Jablonna), 1967.
- 100) Koturbinska, M. & Kielanowski, J., Report 4th Symp. Energy Metabolism (Jablonna), 1967.
- 101) Guillaume, J., Calet, C., Metais, R.F. & Fendry, M., Report 4th Symp. Energy Metabolism (Jablonna) 1967.
- 102) Blaxter, K.L., Clapperton, J. & Wainman, F.W., J. Agric. Sci., 67, 1966, 67.
- 103) Lund, Aa., 180. beretn. Forsøgslaboratoriet, 1938.
- 104) Homb, T. & Lysø, A., 120. beretn. fra Fødringsforsøkene, 1964.
- 105) Hencken, H., Freese, H.H., Addicks, J. & Lenkeit, W., Z. Tierphys., Tierernähr. u. Futtermittelk., 18, 1963, 81.

106. Bell, J.M. & Loosli, J.K., J. Animal Sci. 10, 1951, 50.
107. Blaxter, K.L. & Mitchell, H.H., J. Animal Sci., 7,
1948, 351.
108. Lofgreen, G.P., Loosli, J.K. & Maynard, L.A., J. Ani-
mal Sci., 10, 1951, 171.
109. Steensberg, V., 227. beretn. Forsøgslaboratoriet 1947.
110. Jensen, K., Steensberg, V. & Winther, J.E., 237. be-
retn. Forsøgslaboratoriet 1949.
111. Broster, W.H., Tuck, V.J. & Balch, C.C., Abs. 9th
Intern. Congress Animal Prod. (Edinburgh), 1966, 46.
112. N.R.C. (National Research Council), Nat. Acad. of Sci.
Publ. 1349, 1966.
113. Stobo, I.J.F., Roy, J.H.B. Gaston, H.J., I og II Ani-
mal Prod., 2, 1967, 7 og 23.
114. Winchester, C.F. & Harvey, W.R., U.S.D.A. Tech. Bull.
No. 1364, 1966.
115. Guilbert, H.R. & Loosli, J.K., J. Animal Sci., 10,
1951, 22.
116. Ling, E.R., Kon, S.K. & Porter, J.W.G., Milk: the
Mammary Gland and Its Secretion (Kon & Cowie),
II, ¹⁹⁶¹195. New York and London: Academic Press.
117. Lintzel, W., Handbuch der Ernährung und des Stoff-
wechsels der landwirtschaftlichen Nutztiere
(Mangold), I, 1929, 183. Berlin: Julius Springer,
118. Bechhold, H., Die Kolloide in Biologie und Medizin,
5. Aufl., 1929. Dresden u. Leipzig: Steinkopf.
119. King, N., Milk Fat Globule Membrane Commonwealth Agric.
Bureau. Farnham Royal, Bucks, England.
120. Rimpila, C.E. & Palmer, L.S., J. Dairy Sci., 18, 1935,
827.
121. Palmer, L.S., J. Dairy Sci., 27, 1944, 471.
122. Thurston, L.M. & Barnhardt, J.L., J. Dairy Sci., 18,
1935, 133.

123. Trout, G.M., J. Dairy Sci., 31, 1948, 627.
124. Brouwer, E., Chem. Weekblad, 47, 1951, 789.
125. Svensen, A. & Ystgaard, O.M., Bericht 17. Intern. Milchwirtschaftskongress, C, 1966, 135.
126. Ystgaard, O.M., Geitehold, 1968, 44. Oslo: Bøndenes Forlag.
127. Hilditch, T.P. & Thompson, H.M., Biochem. J., 30, 1936, 683.
128. Ekern, A., 107. beretn. fra Fôringsforsøkene NLH, 1961.
129. Astrup, H., Meldinger, NLH, 45, 1966, No. 7.
130. Shaw, J.C., 8th Intern. Congress Animal Prod. (Hamburg), General Reports, 1961, 29.
131. Lowell, R. & Rees, T.A., Milk: The Mammary Gland and Its Secretion (Kon & Cowie), II, ¹⁹⁶¹/363. New York and London: Academic Press.
132. Krukowsky, V.N., Whiting, F. & Loosli, J.K., J. Dairy Sci., 33, 1950, 791.
133. Kirchgessner, M., Friesecke, H. & Koch, G., Fütterung und Milchzusammensetzung. München: BLV Bayer. Landw.-verlag.
134. Lenkeit, W. & Günther, K., Suppl. Medlemsblad for norske Veterinærforen. nr. 5, 19, 1967.
135. Virtanen, A.I., Science, 153, 1966, 1603.
136. Støren, K. & Døyle, H., Medd. Nr. 8 fra NLH Meieriavdeling, 1936.
137. Mork, R., Produktutbyttet ved melkens foredling i meierier. ¹⁹⁴⁴ / Oslo: A.N. Brøgger.
138. Valen, A. & Valen, I., Meieriposten, 39, 1950, 793 og 816.
139. Politick, R.D., Lecture, Norges landbrukshøgskole, 1963.
140. Rook, J.A.F. & Balch, C.C., Brit. J. Nutrition, 15, 1961, 361.

141. Brouwer, E., Voeding, 15, 1954, 372.
142. Andersen, A.C. & Langmack, P.V.F.P., 113. beretn. fra Forsøgslaboratoriet 1923.
143. Opstvedt, J., 134. beretn. fra Fôringsforsøkene/^{NLH} 1967.
144. Breirem, K., Komiteinnstilling: Målsettingen for fettprosenten i leverandørmelken.^{1960, 55} Oslo: Norske Melkeprodusenters Landsforbund.
145. Overman, O.R. & Gaines, W.L., J. Agric. Res., 46, 1933, 1109.
146. Gaines, W.L., Univ. Illinois Agr. Exp. Sta. Bull. 308, 1928.
147. Gaines, W.L. & Overman, O.R., J. Dairy Sci., 21, 1938, 261.
148. Bonnier, G., Hansson, A. & Jarl, F., Acta Agriculturae Suecana, II, 1946, 160.
149. Tyrrel, H.F. & Reid, J.T., J. Dairy Sci., 48, 1965, 1215.
150. Gaines, W.L. & Davidson, F.A., Univ. Illinois Agric. Exp. Sta. Bull. 245, 1923.
151. Breirem, K., Nord. Jordbr.forskn., 17, 1935, 65.
152. Ekern, A., hovedoppgave NLH, 1956.
153. Lenkeit, W., Handbuch der Ernährung und des Stoffwechsels der landwirtschaftlichen Nutztiere (Mangold), I, 1929, 474. Berlin: Julius Springer.
154. Lenkeit, W., Einführung in die Ernährungsphysiologie der Haustiere, 1953. Stuttgart: Ferdinand Enke.
155. Reynaud, A., Milk: The Mammary Gland and Its Secretion (Kon & Cowie), I, 1961, 3. New York and London: Academic Press
156. Mayer, G. & Klein, M., Milk: The Mammary Gland and Its Secretion (Kon & Cowie), I, 1961, 47. New York/^{and} London: Academic Press.
157. Reaves, P.M. & Henderson, H.O., Dairy Cattle Feeding and Management.¹⁹⁶³ New York: John Wiley.

158. Nevens, W.B., Principles of Milk Production (Melkesekretjonen og dens regulering ved C.W. Turner, s. 229-255).¹⁹⁵¹ / New York: McGraw-Hill.
159. Jacobsohn, D., Milk: The Mammary Gland and Its Secretion (Kon & Cowie), I, 1961, 127. New York and London: Academic Press.
160. Bunaas, T., Fra Naturvidenskapens og Medisinens verden, Aftenposten, Fredag aften 7/1, nr.10, 1966.
161. Cowie, A.T., Milk: The Mammary Gland and Its Secretion (Kon & Cowie), I, 1961, 163. New York and London: Academic Press.
162. Petersen, E.W., Physiol. Rev., 24, 1944, 340.
163. Cross, B.A., Milk: The Mammary Gland and Its Secretion (Kon & Cowie), I, 1961, 229. New York ^{and} / London: Academic Press.
164. Homb, T., Flatla, J.T. & Loe, B., Norsk Landb. 14, 1948, 20 og 118.
165. Meites, J., ^{Milk:} / The Mammary Gland and Its Secretion (Kon & Cowie), I, 1961, 321. New York and London: Academic Press.
166. Kay, H.D., Agriculture, J. Ministry of Agriculture, 60, 1954, 564.
167. Blaxter, K.L., Vitamins and Hormones, 10, 1952, 217.
168. Johansson, I. & Korkman, N., Nord. Jordbr.forskn., 28, 1946, 1.
169. Moustgaard, J. & Thorbek, G., 240. beretn. fra Forsøgslaboratoriet, 1948.
170. Morrison, F.B., Feeds and Feeding, 22. ed. 1956. Ithaca: Morrison Publishing Company.
171. Minsaas, J., Hovedoppgave NLH, 1948.
172. Tuff, P., Tidsskr. f.d. Norske Landbr., 39, 1932, 231.
173. Lenkeit, W. & Gütte, O.J., Z. Tierernähr. u. Futtermittelk., 10, 1955, 94.

174. Lenkeit, W., Gütte, J.O., Kirchhoff, W., Soehngen, F.
& Farries, E., Z. Tierernähr. u. Futtermittelk.,
11, 1956, 337.
175. Flatt, W.P., Moe, P.W., Moore, L.A., Heaven, N.W.,
Lehmann, P.R. & Hemken, R.W., Proc. Conf. Distill.
Feed Res. Council (Cincinnati), March 9, 1966, 36.
176. Flatt, W.P., Moe, P.W., Moore, L.A., Hooven, N.W.,
Lehmann, P.R., Ørskov, E.R. & Hemken, R.W.,
U.S.D.A. Agr. Res. Service, P 3, June 1966.
177. Flatt, W.P., Agric. Research, 14, 1966, No. 6, 3.
178. Flatt, W.P. & Moe, P.W., Agric. Research, 15, 1967,
No. 9, 8.
179. Flatt, W.P., Moe, P.W., Moore, L.A., Heaven, N.W.,
Lehmann, P.R., Hemken, R.W. & Ørskov, E.R., Re-
port 4. Symp. Energy Metabolism (Jablonna), 1967.
180. Knobil, E. & Hotch, J., Ann. Rev. Physiology, 26,
1964, 47.
181. Swanson, E.W., J. Dairy Sci., 48, 1965, 1205.
182. Smith, A., Wheelock, J.V. & Dodd, F.H., J. Dairy Res.,
34, 1967, 145.
183. Folley, S.J. & McNaught, M L., Milk: The Mammary Gland
and Its Secretion (Kon & Cowie), I, 1961, 441.
184. Popják, G., Nutr. Abs. & Rev., 21, 1952, 535.
185. Glascocock, R.F., Proc. Roy. Soc., Series B, 149, 1958,
402.
186. Shaw, J.C. & Knudt, C.B., J. Biol. Chem., 138, 1941,
287.
187. Riis, P.M., Investigations on Lipid Metabolism, 1964.
København: Carl Fr. Mortensen.
188. Opstvedt, J. & Ronning, M., J. Dairy Sci., 50, 1966,
345.
189. Opstvedt, J., Meieriposten, 1966, 47, 1000-1013, 48,
1020-1028.

190. Soest, P.J. van, J. Dairy Sci., 46, 1963, 204.
191. Ørskov, E.R., Hemken, R.W. & Moore, L.A., J. Dairy Sci. 50, 1966, 692.
192. Malpress, F.H., Proc. Roy. Soc., Series B, No. 936, 149, 1958, 362.
193. Barry, J.M., Milk: The Mammary Gland and Its Secretion (Kon & Cowie), I, 1961, 388. New York and London: Academic Press.
194. Lucas, H.L., Feed Utilization by Dairy Cows, 1959, 177. Ames: Iowa State College Press.
195. Lucas, H.L., J. Dairy Sci., 43, 1960, 193.
196. Østergaard, P.S., 177. b. retn. Forsøgslaboratoriet, 1938, 56.
197. Presthegge, K., 93. beretn. fra Fôringsforsøkene, NLH, 1959.
198. Nordfeldt, S. & Ruudvere, A., Lantbrukshögskolans Ann., 29, 1963, 345.
199. Nordfeldt, S. & Claesson, O., Lantbrukshögskolans Ann. 30, 1964, 517.
200. Jacobson, N.L., Feed Utilization by Dairy Cows, 1959, 206. Ames: Iowa State College Press.
201. Wiktorsson, H., Aktuelt från Lantbrukshögskolan nr. 98, 1966, 4.
202. Ekern, A., Melding Husdyrforsøksmøtet, 1966, 18.
203. E.A.A.P., Publ. No. 9, 1960.
204. Ulvesli, O. & Saue, O., 65. flygeblad fra Fôringsforsøkene, NLH, 1965.
205. Breirem, K., Annales de la Nutrition et de L'Alimentation, 11, Nos. 3-4, 1957. Reprint No. 166 Fôringsforsøkene.
206. Breirem, K., Tidsskr. f.d. Norske Landbr., 70, 1963, 159. Særtr. nr. 241 fra Fôringsforsøkene.

207. Syrstad, O., Acta Agric. Scand., 16, 1966, 3.
208. Plowman, R.D., Agric. Research, 14, 1966, No. 7, 7.
209. Isaachsen, H., Ulvesli, O. & Breirem, K., Acta Agriculturae Scandinavica, 6, 1956, 3.
210. Paloheimo, L., Herkola, E. & Mäkelä, Aa., Suomen Maatal. Seuran Julk., 83, 1955, 113.
211. Breirem, K., Ender, F., Halse, K. & Slagsvold, L., 74. beretn. fra Fôringsforsøkene NLH, 1954.
212. Reid, J.T., Milk: The Mammary Gland and Its Secretion, II, 1961, 47. New York and London: Academic Press.
213. Moore, J.S. & Cowser, W.C., Mississippi Agr. Exp. Sta. Bull. No. 383, 1943.
214. Nehring, K., Forschungsdienst, 4, 1938, 342.
215. Kajanoja, P., Suomen Maatal. Seuran Julk., 56, 3, 1944.
216. Ulvesli, O., 65. beretn. og 19. flygeblad fra Fôringsforsøkene NLH, 1949.
217. Broster, W.H., Tuck, V.J. & Balch, C.C., Anim. Prod., 8, 1966, 352, Abs. og Reading N.I.R.D. Report 1965, 49.
218. Møllgaard, H. & Lund, Aa., 131. beretn. fra Forsøgs-laboratoriet, 1929.
219. Kellner, O., Proc. 5th Intern. Dairy Congress (Stockholm), 1911.
220. Kellner, O., ved Schiemann, R. & Nehring, K., Festschr. Mäckern, III, 1956, 129.
221. Flatt, W.P., J. Dairy Sci., 49, 1966, 230.
222. Dennisov, N., Report 4th Symp. Energy Metabolism (Jabonna), 1967.
223. Forbes, E.B. & Kriss, M., Proc. Intern. Dairy Congress (Copenhagen), 1, 1931, 8.
224. Reid, J.T., Proc. Symp. Animal Nutr. Contrib. Modern Animal Prod. (Cornell), 1962, 54.

225. Flatt, W.P., Coppock, C.E. & Moore, L.A., Proc. Symp. Energy Metabolism (Troon), 1965, 121.
226. Flatt, W.P. & Coppock, C.E., Proc. 2. Intern. Symp. Physiology of Digestion in the Ruminants (Iowa), 1965, 111.
227. Es, A.J.H. van & Flatt, W.P., personlige opplysninger, 1968.
228. Eriksson, S., Nord. Jordbr.forskning, 44, 1962, 73.
229. Hansson, N., Kungl. Lantbr.akad. Handl. och Tidskr., 62, 1923, 113..
230. Flatt, W.P., personlige opplysninger, 1968.
231. Moe, P.W., Flatt, W.P. & Moore, L.A., USDA Agr. Res. Service, P. 4, June 1966.
232. Huth, F.W., Z. Tierzücht. u. Zücht.biol., 16, 1956, 173 og 235.
233. Witt, M., Lan!w.blatt Weser-Ems, April 1957, Sonderdruck.
234. Blaxter, K.L., G.S. Robertson, Memorial Lecture, The Queens University of Belfast, 1966.
235. Kleiber, M., Feed Utilization by Dairy Cows. 1959, 51. Ames: Iowa State College Press.
236. Balch, C.C. & Rowland, S.J., J. Dairy Res., 26, 1959, 162.
237. Saue, O., ikke publisert.
238. Breirem, K., Ekern, A., Homb, T., Hvidsten, H., Presthegge, K., Saue, O. & Ulvesli, O., Proc. 2. Symp. Energy Metabolism, (Wageningen), 292.
239. Ekern, A. & Vik-Mo, L., personlige opplysninger.
240. Reid, J.T., J. Dairy Sci., 39, 1956, 735.
241. Frontiers in Nutrition Supplement, referat fra Cornell Nutrition Conference, 1967.
242. Breirem, K. Særtrykk nr. 306 fra Føringforsøkene, 1967.

243. Breirem, K., Vitaminer og mineralstoffer, 1938. Oslo: Grøndahl & Søn.
244. Lenkeit, W., Bartzbach, J., Pfeffer, E. & Klopp, H., Züchtungskunde, 38, 1966, 354.
245. Reid, J.T., Proc. Cornell Nutrit. Conf., 1962, 144.
246. Ulvesli, O., Beretrn. N.J.F. 6. kongress (Uppsala), 1938, 144.
247. Thorbek, G., Foderfosfat-journalen (Reymersholm), 5, 1966, 51.
248. Underwood, E.J., The Mineral Nutrition of Livestock. 1966. Aberdeen: FAO - Commonwealth Agr. Bureau.
249. Munthe, T., Særtrykk nr. 307 fra Føringforsøkene, 1967.
250. Richter, K., Cranz, K.L., Becker, M., Karsten, G. & Oslage, W., Untersuchungen über den Einfluss des Fettgehaltes und einzelner Fettbestandteile im Futter landwirtschaftlicher Nutztiere. 1953. Hannover: M.u.H. Schaper.
251. Richter, K. & Becker, M., Kraftfutter, 36, Heft 2, 1953, 13.
252. Buschmann, A., Tierernährung, 1, 1930, 129.
253. Maynard, L.A., Loosli, J.K. & McCay, C.M., Cornell University, Agr. Exp. Sta., Bull. 753, 1941.
254. Loosli, J.K., Maynard, L.A. & Lucas, H.L., Cornell University, Agr. Exp. Sta., Memoir 265, 1944.
255. Wenzel Eskedal, H., 268. beretrn. fra Forsøgslaboratoriet, 1953.
256. Dijkstra, N.D., Dammers, J. & Frens, A.M., Hoorn, Verslag. Landbouwk. Onderzoek., No. 59, 6.
257. Frens, A.M., Kraftfutter, 36, 1953, 12.

Tilføyelse litteraturliste 1971.

- 258) FLATT, W.P., MOE, P.W., MOORE, L.A., BREIREM, K. & EKERN, A., Handbuch der Tierernährung, II, 1972, 341. Hamburg-Berlin : Paul Parey.
- 259) MOE, P.W., TYRELL, H.F. & FLATT, W.P., Proc. 5th Symp. Energy Metabolism (Vitznau), 1970, 65.
- 260) ES, A.J.H., VAN, NIJKAMP, H.J. & VOGT, J.E., Proc. 5th Symp. Energy Metabolism (Vitznau), 1971, 61.
- 261) BREIREM, K. & SUNDSTØL, F., Hülsenberger Gespräche, 1971 og særtrykk nr. Inst. husdyrernær. og fôringslære, NLH.
- 262) ES, A.J.H., VAN, Handbuch der Tierernährung, II, 1972, 1. Hamburg - Berlin : Paul Parey.
- 263) SCHIEMANN, R., JENTSCH, W., HOFFMANN, L. & WITTENBURG, H., Arch. Tierernährung, 20, 1970, 227.
- 264) JENTSCH, W., WITTENBURG, H., HOFFMANN, L. & SCHIEMANN, R., Arch. Tierernährung, 20, 1970, 443.
- 265) SCHIEMANN, R., JENTSCH, W. & WITTENBURG, H., Arch. Tierernährung, 21, 1971, 223.
- 266) SCHIEMANN, R., NEHRING, K., HOFFMANN, L., JENTSCH, W. & CHUDY, A., Energetische Futterbewertung und Futternormen, 1971. Berlin : VEB Deutsche Landwirtschaftsverlag.
- 267) BREIREM, K. & HOMB, T., Fôrmidler og fôrkonservering, 1970. Gjøvik : Forlag Buskap og Avdrått A/S.
- 268) FLATT, W.P., MOE, P.W. & ES, A.J.H. VAN, Proc. Second World Conf. Anim. Prod. (Maryland) 1968 (trykt 1969), 399.
- 269) LOOSLI, J.K., personlige opplysninger, 1970.
- 270) FLATT, W.P., Proc. Georgia Nutrition Conf., 1970, 101.
- 271) BLADWIN, R.L., J. Dairy Sci., 51, 1968, 104.
- 272) MØLLGAARD, H., Tierernährung, 1, 1930, 44.

- 273) OPSTVEDT, J., BALDWIN, R.L. & RONNING, M., J. Dairy Sci., 50, 1967, 108.
- 274) OPSTVEDT, J. & RONNING, M., J. Dairy Sci., 50, 1967, 345.
- 275) ARMSTRONG, D.G., Proc. Nutrition Soc., 27, 1968, 57.
- 276) KESSLER, E.M. & SPAHR, S.L., J. Dairy Sci., 47, 1964, 1122.
- 277) MILLER, W.J. & O'DELL, G.D., J. Dairy Sci., 52, 1969, 1144.
- 278) EKERN, A., Inst. husdyrernær. og fôringslære, NLH, særtr. nr. 351, 1970.

