

411. beretning fra forsøgslaboratoriet

Udgivet af Statens Husdyrbrugsudvalg

Kvægavlens planlægning for malke- og kombinationsracer

*Planning of cattle breeding
for
dairy and dual purpose breeds*

Ved

*P. H. Petersen, E. Ovesen, L. Gjørl Christensen
og B. Bech Andersen*

With English summary and subtitles



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

Trykt i Frederiksberg Bogtrykkeri

1973

Forord

Målsætning, principper og metoder for kvægavlen nu og i fremtiden har igennem de seneste 6-7 år været under aktiv debat. Undertiden og især i begyndelsen var det med en uheldig tendens til polarisering: på den ene side forskerne, der var optaget – og i nogen grad også betaget – af de nye muligheder for avlsmæssig fremgang, som var tilvejebragt af ny teknik (dybfrysning af tyresæd, EDB, etc.) og af øget viden på avlsteoriens område; på den anden side kvægopdrætterne og den praktiske kvægavls udøvere, hvoraf mange havde oplevet den danske kvægavls fremgang og internationale anerkendelse igennem den første halvdel af dette århundrede – et resultat opnået på grundlag af avlsprincipper, der var avancerede for deres tid.

Debatten var naturlig, og den har været frugtbar. Den har bidraget til, at nye avlsprincipper og rationelle metoder til kvægavlens planlægning nu har vundet udbredt tilslutning i alle kvægavlskredse. I virkeligheden står vi midt i en proces, som vil føre disse ud i livet.

Skal dette lykkes bedst muligt, det vil sige under rimelig hensyntagen til såvel det teknisk-økonomisk optimale som det for den praktiske kvægbruger acceptable, behøves indsigt i og klarlæggelse af de muligheder og begrænsninger, som moderne avlsplanlægning indebærer. Det er nærværende beretnings formål at medvirke hertil for herved at fremme udviklingen og fremgangen i dansk kvægavl nu og i kommende år.

For renskrivning af store dele af manuskriptet takkes assistent, fru B. Christensen, Husdyrbrugsinstituttet. For tegning af figurerne takkes forsøgstekniker E. Frimer. Alle beregninger er gennemført på NEUCC (Northern Europe University Computing Center), Lyngby.

Den 25. april 1973.

A. Neimann-Sørensen.

INDHOLDSFORTEGNELSE

I. Indledning	7
II. Tidligere undersøgelser vedrørende avlsplanlægning	8
A. Forventet genetisk fremgang vurderet ved modelberegninger	9
1. Mælkeproduktionsegenskaber	9
2. Tilvækstevne hos kombinationsracer	10
3. Økonomisk optimal fremgang	11
B. Genetisk fremgang for mælkeproduktionsevne i praksis	15
C. Sammenlignende vurderinger af teoretisk opnåelig og aktuel genetisk fremgang for mælkeproduktionsevne	17
III. Avlsplanlægningens grundlag	18
A. Avlsværdivurdering og selektion	19
1. Avlsværdivurdering	19
2. Selektionens effektivitet	25
3. Trinvis og differentieret selektion	26
B. Faktorer af betydning for avlsplanlægningen	26
1. Kategorier af faktorer	26
2. Definition af en avlsplan	27
C. Forudsætninger for konstruktion af en avlsplan	28
1. Definition af avlsmålene	28
2. Opstilling af systemer for avlsværdivurdering, selektion og anvendelse af avlsdyrene	29
3. Anvendte faktorer	31
D. Vurdering af alternative avlsplaners effektivitet	40
1. Forventet genetisk fremgang	40
2. Økonomisk vurdering	44
IV. Undersøgelser vedrørende den optimale avlsstruktur og faktorer af betydning for denne	51
A. Optimal avlsstruktur	52
B. De avlspolitiske faktorerers betydning	53
1. Antal ydelsesudvalgte tyrefædre	53
2. Antal ydelsesudvalgte køer til rekruttering af en tyrekalv	55
3. Selektionsintensitet for tilvækst	56
4. Sædlagringsintensitet	58
5. Antal ungtyre	58
6. Afkomsgruppestørrelse	60
C. Populationstørrelsens betydning	61
D. Markedsfaktorerens betydning	62
1. Merindtægt for smørfedt og tilvækst	62
2. Rentefod	65
3. Tyreholdsomkostninger	66
4. Fremstillingsomkostninger for tyresæd destrueret efter afkomsumundersøgelsen	66

V. Avlsplanens tilpasning til praksis	66
A. Avlsforanstaltningernes tilpasning	66
B. Retningslinier for de enkelte kvægavlsforeningers dispositioner	68
C. Anvendelse af ung- og brugstyre til ikke-kontrollerede køer	70
VI. Afslutning	70
A. Generelle konklusioner	70
B. Ikke omtalte avlsforanstaltninger	71
C. Forhold af betydning for fremtidens avlsplanlægning	72
VII. Sammendrag	73
VIII. Summary	76
IX. Litteraturliste	79
X. Appendix	82

I. Indledning

Dannelsen af tyreholdsforeningerne i slutningen af sidste og begyndelsen af dette århundrede medførte afgørende ændringer i kvægavlens grundlag. Fra tidligere hovedsageligt at være et nødvendigt middel i reproduktionen blev tyren nu et vigtigt led i bestræbelserne på at forbedre kopopulationen i avlsmæssig henseende, først og fremmest fordi færre tyre kunne anvendes med større intensitet. Det blev muligt at udvælge tyrene efter de bedste køer i de bedste besætninger. Samtidig blev kvægavlen fra alene at være et besætningsanliggende nu også et foreningsanliggende. Kvægavlssarbejdet begyndte at omfatte større kvægpopulationer.

Det næste væsentlige skridt på vejen mod en stadig større effektivitet i kvægavlen opnåedes med udbredelsen af afkomsundersøgelser for tyrene (mødre-døtre sammenligninger) i slutningen af 20'erne. Hermed blev det muligt at udvælge tyrene på et mere sikkert grundlag.

Den sidste verdenskrigs usikre fodringsgrundlag gjorde sammenligningerne mellem krigstidens køer og efterkrigstidens døtre vanskelige at gennemføre med tilstrækkelig sikkerhed. Dette medvirkede til oprettelsen af afkomsprøverne på station i 1945 (*Nielsen, 1962*), en foranstaltning som skulle blive et meget betydningsfuldt led i efterkrigstidens danske kvægavlsarbejde.

I begyndelsen af 60'erne forbedredes tyrenes afkomsundersøgelser på besætningsmaterialet med udviklingen af 130 og 305 dages opgørelser på grundlag af første kalvs køers ydelse (*Elleby, 1965*).

Med insemineringens udbredelse efter de banebrydende forsøg på Samsø i 1936-38 fik kvægavlens ledelse et nyt betydningsfuldt hjælpemiddel, der gennem den mere intensive udnyttelse af de bedste afkomsundersøgte tyre gav mulighed for at øge den genetiske fremgang.

De seneste års udvikling af dybfrysningsteknikken og den dermed følgende mulighed for lagring af tyresæden muliggør en endnu mere effektiv udnyttelse af den kunstige sædooverførings fordele. Risikoen for, at nogle af de bedste tyre ikke kan udnyttes efter afkomsundersøgelsen på grund af tidlig afgang, er dermed mindsket betydeligt. Desuden muliggør lagring af et stort antal sæddoser for alle tyre, at de bedste kan udnyttes hurtigt og intensivt efter afkomsundersøgelsen.

Anvendelsen af EDB med den hurtige behandling af store datamængder har gjort det muligt at udnytte allerede udviklede metoder til avlsværdivurdering og selektion af avlstyre og køer mere effektivt, ligesom nye, men mere komplicerede metoder, med fordel kan tages i anvendelse.

På grund af kvægproduktionens mangeartethed må avlsarbejdet tage sigte på en forbedring af relativ mange egenskaber. Effektiviteten er derfor afhængig

af et stort antal faktorer, hvilket sammen med den skitserede udvikling i midlerne til og mulighederne for at øge den genetiske fremgang har medført, at planlægningen af avlen er blevet stadig mere kompliceret og vanskelig.

I de seneste tiår er der imidlertid fremkommet og udviklet vigtige hjælpemidler, der rigtigt udnyttet kan støtte avlsledelsen ved planlægningen af den optimale avlsstruktur. Gennem modelberegninger ved hjælp af EDB er det således blevet muligt at sætte de faktorer, der er bestemmende for avlsarbejdets effektivitet, ind i deres rette sammenhæng. Ved simulationer kan der derefter fås et indblik i deres betydning for helheden. Dette har øget mulighederne for at finde den eller de kombination(er) af faktorerne (avlsplaner), der giver det bedste resultat af det samlede avlsarbejde.

Effektiv planlægning af avlen inden for en kvægpopulation og optimal udnyttelse af de moderne hjælpemidler kræver, at en del af avlsforanstaltningerne, som for eksempel tyremødreregistreringen og tyrenes afkomsundersøgelser, gennemføres og koordineres for populationen som helhed. Det vil således være nødvendigt med en fælles målsætning for avlsarbejdet i den pågældende population.

Formålet med avlsarbejdet er at frembringe genetisk forbedring af de foretrukne egenskaber. Imidlertid er mulighederne for og ønsket om forbedring ikke lige stor for de forskellige egenskaber. For i planlægningen at kunne sammenligne alternative former for indsats af faktorer med den deraf forventede fremgang for forskellige egenskaber må såvel indsatsen som fremgangen derfor vurderes økonomisk. Resultatet af et givet avlsarbejde (indsats) kan derefter måles som den økonomiske merafkastning af dette. *Målsætningen for planlægningen af avlen bliver at opnå den maksimale merafkastning af avlsarbejdet.*

Undersøgelser vedrørende avlsplanlægningen er gennemført i udlandet (kap. II). Da de grundlæggende faktorer, specielt de økonomiske, afviger fra land til land, kan resultaterne fra disse undersøgelser imidlertid ikke direkte overføres og udnyttes i dansk kvægavl. Det er derfor formålstjenligt at få undersøgt virkningen af de faktorer, der er bestemmende for den optimale avlsstruktur under danske forhold. Dermed kan der ydes vejledning til understøtning af avlsplanlægningen for de danske kvægpopulationer.

II. Tidligere undersøgelser vedrørende avlsplanlægning

Avlsplanlægningens formål er, som det fremgår af det foranstående, at finde den avlsstruktur, der vil give den maksimale merafkastning af avlsarbejdet. Dette fordrer, at den forventede genetiske fremgang for de vigtigste egenskaber kan forudberegnes og sammenlignes for alternative planer for avlsarbejdets gennemførelse. Disse beregninger baseres på kendskabet til den enkelte popu-

lations fænotypiske og genetiske struktur samt på teoretisk udviklede modeller til beregning af den samlede effekt af selektionen hos de forskellige kategorier af avlsdyr.

Modelberegningerne baseres på forudsætninger vedrørende populationens struktur og retningslinier for selektionen af de forskellige avlsdyrskategorier. Det er af stor betydning for eventuel korrektion af disse forudsætninger eller af retningslinierne for avlsarbejdets gennemførelse i praksis, at den forventede fremgang kontrolleres ved sammenligning til den faktisk opnåede fremgang i populationen.

I det følgende er tidligere undersøgelser vedrørende såvel den forventede som den opnåede genetiske fremgang omtalt nærmere.

A. Forventet genetisk fremgang vurderet ved modelberegninger

1. Mælkeproduktionsegenskaber.

Mælkeproduktionsegenskaberne, hvis forbedring er blandt de vigtigste avls-mål for malke- og kombinationsracerne, er kønsbegrænsede. Grundlaget og mulighederne for selektion af forældrene til næste generation bliver derfor forskellig mellem kønnene. Mødrene kan selekteres på grundlag af egenydelsen (individprøve), eventuelt kombineret med afstammingsoplysningerne, medens tyrenes selektion må baseres på afstamningen og/eller afkommets ydelse.

De første metoder til vurdering af den samlede selektionseffektivitet blev udvirket af *Dickerson og Hazel* (1944) og videreudviklet af *Rendel og Robertson* (1950). Resultaterne fra studierne af *Dickerson og Hazel* (1944) og *Robertson og Rendel* (1950) viste, at afkomsundersøgelse af tyre for mælkeproduktionssevne ikke er en effektiv avlsforanstaltning inden for mindre lukkede besætninger, men at dens effektivitet stiger med populationens størrelse. De sidstnævnte forfattere vurderer den maksimale genetiske fremgang til 1 procent i en population, hvor tyrene selekteres alene på grundlag af afstamningen. Denne fremgang stiger imidlertid til 1,5 procent i en enhed på 2.000 køer, hvor der desuden praktiseres inseminering og afkomsundersøgelse.

I de følgende år blev betydningen af følgende avlspolitiske faktorer underkastet indgående analyser:

- a. Størrelsen af tyrenes afkomsgrupper.
- b. Proportionen af den aktive avlsenhed (inseminerede og kontrollerede køer) insemineret med ungtyresæd.
- c. Selektionsintensitet og udnyttelsesgrad for de afkomsundersøgte tyre.

Resultaterne fra undersøgelserne af *Robertson* (1957), *Specht og McGilliard* (1960), *Skjervold* (1963), *Skjervold og Langholz* (1964) samt *Van Vleck* (1964), kan sammenfattes i følgende generelle konklusioner:

1. Med stigende størrelse af den aktive avlsenhed øges den forventede genetiske fremgang.

2. Den optimale afkomsgruppestørrelse øges med:
 - stigende afprøvningskapacitet (antal kontrollerede køer insemineret med ungt tyresæd).
 - faldende heritabilitet.
 - stigende selektionsintensitet for brugstyrene (selektede, afkomsundersøgte tyre).
3. Det er optimalt at selekttere de 2-3 bedste af de afkomsundersøgte tyre som tyreafkom.

I enkelte af de allerede nævnte undersøgelser er EDB udnyttet til modelberegningerne. Inden for de seneste år er der udviklet forbedrede og mere komplekse modeller, der indbefatter selektionen af alle kategorier af avlsdyr samt tager hensyn til endnu flere faktorer end tidligere. Med de sidste års udvikling i dybfrysningsteknikken og dermed følgende muligheder for lagring af tyresæd bringes nye aspekter ind i avlsplanlægningen. Disse er analyseret af *Lindhé* (1968), *Petersen et al.* (1970), *Hunt et al.* (1972), *Haring* (1972) og *Niebel* (1972). De generelle konklusioner fra disse undersøgelser kan sammenfattes som følger:

1. Den genetiske fremgang øges med antallet af lagrede sæddoser pr. ventedyr på grund af den øgede selektionsintensitet blandt de afkomsundersøgte tyre.
2. Det optimale antal ungtyre, der afkomsundersøges, er faldende med stigende sædlagring. Den samme fremgang kan opnås enten ved at kombinere en relativ lille sædlagring med afkomsundersøgelse af et stort antal tyre eller ved at kombinere stor sædlagring med afprøvning af tyre i mindre omfang.
3. Med økonomisk forsvarlige dispositioner vil der kunne opnås en forventet årlig fremgang for mælkeproduktionsevnen på 1,2-1,6 procent.

2. Tilvækstevne hos kombinationsracer.

Forudsætningen for at vurdere effektiviteten af en kombineret selektion for mælke- og tilvækstevne er, at det samlede resultat kan udtrykkes i een enhed. Det vil sige, at de økonomiske værdier af de respektive forventede fremgange må vurderes (se s. 11). De avlsforanstaltninger, der først og fremmest kommer på tale ved selektion for kødproduktionsevne, er individprøvning og afkomsprøvning af tyrenes vækstkapalet. De hidtidige undersøgelser har da også været koncentreret om disse foranstaltninger til forbedring af denne egenskab.

Soller et al. (1966) undersøger som de første mulighederne for en kombineret selektion for mælkeydelse og vækstkapalet. De lader en individprøve for tyrenes tilvækstevne gå forud for den fundamentale afkomsundersøgelse for mælkeproduktion. Ved en frasortering af 80 procent på grundlag af tilvæksten

opnås en forventet genetisk fremgang på 2,07 procent pr. generation. Ved at supplere individprøven med en afkomsundersøgelse for vækstevnen stiger fremgangen for denne egenskab til 2,67 procent pr. generation. I begge tilfælde reduceres den forventede fremgang i mælkeydelse som følge af en svagere selektion i tyre-mødreledet.

I senere undersøgelser baseres selektionen for vækstevne alene på individafprøvning af tyrene. Fra undersøgelserne af *Soller et al.* (1966), *Lindhé* (1968), *Hinks* (1970b), *Langholz* (1970), *SSG* (1971) og *Niebel* (1972) kan følgende generelle konklusioner drages:

1. Den optimale selektionsintensitet ved individprøven anslås til 25–33 procent (67–75 procent fraselektion).
2. Den forventede genetiske fremgang for vækstevne ved denne intensitet andrager 0,2–0,4 procent pr. år.
3. Den relativt lavere genetiske fremgang for vækstevne i sammenligning med mælkeproduktionssejnen kan dels tilskrives, at der kun selekteres blandt tyrene, og dels, at den genetiske variationskoefficient er lavere for vækstevne end for mælkeproduktionssejnen.

3. Økonomisk optimal fremgang.

I de seneste års undersøgelser er der ud over vurderingen af den forventede genetiske fremgang for alternative avlsplaner også foretaget økonomiske vurderinger. I hovedparten af disse undersøgelser vurderes værdien af den forventede fremgang i relation til omkostningerne ved de nødvendige avlsforanstaltninger. For at kunne sammenligne alternative avlsplaners effektivitet diskonteres indtægter og omkostninger til et fælles udgangspunkt. I de hidtil foretagne undersøgelser anvendes der imidlertid forskellige kriterier som vurderingsgrundlag af de alternative avlsplaners økonomiske effektivitet, hvilket må tages i betragtning ved vurderingen af resultaterne.

Et andet forhold af betydning for vurdering af de opnåede resultater er, hvorledes værdien af den genetiske fremgang fastsættes. I de fleste tilfælde vurderes værdien af en ekstra enhed af den aktuelle egenskab som salgsprisen minus de variable omkostninger, det vil sige merindtægten. I nogle undersøgelser anvendes denne værdi direkte. Selektionen har imidlertid en varig effekt, hvorfor den samlede fremgang inden for en population, som blandt andet påpeget af *Skjervold* (1965) kan betragtes som permanent. Den en gang opnåede fremgang vil således automatisk videreføres til de følgende generationer, hvilket må tages i betragtning ved den økonomiske vurdering af et givet avlsarbejde.

Et tredje forhold af betydning for vurderingen af avlsarbejdets rentabilitet er relationen mellem omkostningsniveauet og værdien af den forventede fremgang. I *tabel 1* er anført de tilnærmede værdier af nogle økonomiske faktorer anvendt i tidligere undersøgelser. Mange af disse værdier er skønnet indirekte

ud fra de opgivne forudsætninger eller resultater. Værdien af den genetiske fremgang i tilvækst vil afhænge af fedningsperiodens længde, og for sammenligningens skyld er denne periode standardiseret til 365 dage for alle de nævnte undersøgelser. Selvom en sammenligning mellem undersøgelserne må foretages med forbehold på grund af forskellige prisniveauer i de implicerede lande, bemærkes det, at der er stor forskel i de økonomiske faktoreres størrelsesorden fra undersøgelse til undersøgelse, specielt for værdien af en procents fremgang i de to egenskaber. Der er ligeledes en stor forskel mellem faktorerens indbyrdes forhold i de forskellige undersøgelser.

Poutous og Vissac (1962) foretog den første systematiske undersøgelse vedrørende den optimale avlsstruktur vurderet fra et økonomisk synspunkt. De inkluderede flere nye elementer i avlsplanlægningen, blandt andet den varige selektionseffekt og diskonteringsproceduren.

Faktorerne af betydning for ung- og brugstyreneres selektion og anvendelse undersøgte af *Van Vleck* (1964). Som vurderingsgrundlag anvendtes forskellen mellem de samlede merindtægter og omkostningerne ved afkomsundersøgelsen, det vil sige merafkastningen. Det fandtes, at den maksimale merafkastning faldt sammen med den maksimale genetiske fremgang. Dette står i modsætning til alle senere undersøgelser, der viser, at det ikke er økonomisk forsvarligt at tilstræbe den maksimale genetiske fremgang for mælk og kød.

Cunningham og Cleaves (1965) og *Cunningham* (1966) anvendte *VanVlecks* (1964) model til at undersøge den genetiske fremgang og merafkastning vurderet over en 20 års periode under irske forudsætninger. Disse forfattere demonstrerede, at den samme avlsstruktur sjældent var optimal både i genetisk og økonomisk henseende.

Soller et al. (1966) anvendte forholdet mellem de diskonterede merindtægter pr. kg ekstra mælk og kg ekstra 420 dages vægt som vurderingsgrundlag ved en kombineret selektion for disse to egenskaber. Da der ikke blev taget hensyn til omkostningerne ved de aktuelle avlsforanstaltninger, var vurderingskriteriet den samlede merindtægt. Ved at lade individprøven gå forud for den obligatoriske afkomsundersøgelse for mælk (se s. 10), opnåedes en forøgelse af den samlede merindtægt på 33 procent. Ved yderligere at tilføje en afkomsundersøgelse for vækstkapalet opnåedes en forøgelse af merindtægten på endnu 7,5 procent. Forfatterne anførte imidlertid, at når vanskelighederne ved at gennemføre den sidstnævnte afkomsundersøgelse blev taget i betragtning, ville en avlsplan uden denne foranstaltning være mest tiltrækkende.

Lindhé (1968) anvendte den årlige forrentning af den investerede kapital som vurderingsgrundlag, det vil sige den samlede merindtægt i udgangsåret som procent af investeringen. Som kriterium for det optimale investeringsniveau krævedes en marginalforrentning på mindst 10 procent i udgangsåret. Den opnåede forrentning i udgangsåret betragtedes som permanent. Uden individ-

Tabel 1. Tilnærmede værdier af nogle økonomiske faktorer anvendt i forskellige undersøgelser (kr.).

Table 1. Values of some economic factors used in different studies (Dkr.).

Merindtægt		Værdien af 1% fremgang			Opdrætnings- omk. pr. tyr	Tyreholds- omk. pr. år	Fremstill. omk. pr. sæddose		Forfatter(e)
smørfedt (pr. kg og ko)	365 dages tilv. (pr.g dagl.)	smørfedt (pr. ko)	365 dages tilv. (pr.fedekalv) (pr.ko)				1)	2)	
Net income		Value of 1% progress					Rearing cost per bull	Cost of bull maintenance per year	
butterfat (per kg and cow)	365 days growth (per g daily)	butterfat (per cow)	365 days growth (per calf) (per cow)						
13,0	2,78	28,6	27,1	13,6					Soller et al. (1966)
12,2	1,23				3.200		0,59		Lindhé (1968)
13,2 & 11,0	0,73 & 1,10								Langholz (1970)
15,3	0,93	123-162	46,1	20,6	2.800	2.200	0,85	1,00-1,07	Hinks (1970a, 1970b)
5,9		104			2.300	3.300	0,22	0,40	Ovesen et al. (1971)
	0,74				4.600				SSG (1971)
7,6, 12,5 & 18,8	1,51 & 1,25				2.160			1,08-6,48	Haring (1972)
					3.240	5.000	1,21	1,51	Niebel (1972)

1) Eksklusive tyreholdsomk. (Eksklusive cost of bull maintenance)

2) Inklusiv tyreholdsomk. (Inclusive cost of bull maintenance)

prøve opnåedes en forrentning på ca. 130 procent. Ekstraomkostningerne ved en individafprøvning af tyrenes vækstevne ville give en årlig forrentning på ca. 30 procent.

De samlede marginalindtægter fra to generationer af afkom i forhold til marginalomkostningerne anvendtes af *Hinks* (1970a, 1970b) til vurdering af alternative systemer for tyrenes afprøvning, selektion og anvendelse. Det eksisterende system, hvor tyren ikke anvendes i perioden fra prøveinsemineringerne til afkomsundersøgelsens afslutning sammenlignes til følgende systemer:

1. Et system med en mere effektiv udnyttelse af tyrens sædproduktionsevne (*Hinks*, 1970a).
2. Det skandinaviske system med lagring af dybfrossen tyresæd og relativ tidlig slagtning af tyrene (*Hinks*, 1970a).
3. Et system med individafprøvning af tyrene (*Hinks*, 1970b).

Det fandtes, at en bedre udnyttelse af tyrenes sædproduktion vil være det mest rentable. Selvom det skandinaviske system viste sig at være rentabelt også i sammenligning med den bedre udnyttelse af tyrene, frarådedes dette system på grund af, at de anslåede investeringer var relativt store. Selektion for vækstevne på grundlag af individprøven vises ligeledes at være mindre lønnende end den bedre udnyttelse af tyrene.

Det skal anføres, at følgende forhold må formodes at bevirke, at disse sammenligninger vil falde anderledes ud under danske forhold:

1. Forholdet mellem omkostningerne pr. fremstillet sæddose og pr. årstyr er ca. 1:2.500 i de ovennævnte undersøgelser mod 1:15.000 i danske undersøgelser (*tabel 1*).
2. I de engelske undersøgelser var lagring af sæd fikseret til 74.000 doser pr. tyr, hvor de danske undersøgelser (*Ovesen et al.*, 1971), til trods for det for lagringen gunstigere prisforhold viste, at det ikke er rentabelt at lagre mere end 35–45 tusinde sæddoser.
3. Forholdet mellem værdien af fremgangen for henholdsvis smørfedt og tilvækst er meget højere i de engelske end i nærværende undersøgelser (*se tabel 16*).

Langholz (1970) anvendte såvel de samlede merindtægter som merafkastningen – med størst vægt på det sidstnævnte effektivitetsmål – ved vurderingen af en kombineret selektion for smørfedt og tilvækst. Den langvarige selektions-effekt blev ikke taget i betragtning.

En gruppe engelske forskere (*SSG*, 1971) anvendte merafkastningen af en given investering i individafprøvning af tyrene. Investeringerne over et givet åremål og de samlede merindtægter for det samme antal år beregnes under hensyntagen til den permanente del af den forventede fremgang.

Begge de sidstnævnte undersøgelser viste, at en tilvækstseleksion umiddelbart efter individprøven er økonomisk lønnende.

I den danske rapport (*Teknisk-videnskabeligt udvalg*, 1971) sammenlignedes systemet, hvor ventetyrene holdes uden sædopsamling indtil efter selektionen på grundlag af afkomsundersøgelsen, med systemet med sædlagring og tidlig udsætning af tyrene. Resultaterne viste, at ved overgang fra det førstnævnte til det sidstnævnte system med lagring af 25 tusinde sæddoser pr. tyr reduceredes omkostningerne med 14,7 og 23,4 procent for henholdsvis strå- og pillemetoden. Dette står i stærk modsætning til den førortalte engelske undersøgelse. En af grundene hertil er, at forholdet mellem omkostningen ved fremstillingen af en dybfrossen sæddose og den årlige tyreholdsomkostning i den danske undersøgelse er 1:60.000.

Som økonomisk vurderingsgrundlag anvendte *Haring* (1972) dels merafkastningen og dels pay-off-metoden. Den sidstnævnte metode baseres på længden af den periode, hvori investeringerne tilbagebetales. For en merindtægt på 12,5 kr. pr. kg smørfedt og 1,25 kr. pr. g daglig tilvækst opnåedes en merafkastning på 363 kr. pr. ko, og omkostningerne blev dækket ind i løbet af 6,8 år. Det fandtes i øvrigt, at det ikke var rentabelt at foretage tilvækstseleksionen umiddelbart efter individprøven, men at denne skulle tilgodeses ved selektionen efter afkomsundersøgelsen for mælkeproduktion.

For en population på 500 tusinde køer opnåede *Niebel* (1972) en merafkastning på godt 100 kr. pr. ko.

På grund af de forskellige forudsætninger og vurderingsgrundlag er det vanskeligt at sammenligne resultaterne fra de forskellige undersøgelser. *Generelt har de nævnte undersøgelser imidlertid vist, at investering i et velgennemført avlsarbejde vil være yderst lønnende.*

B. Genetisk fremgang for mælkeproduktionssevne i praksis

Den opnåede ydelsesfremgang inden for en kvægpopulation kan dels tilskrives en forbedring af miljøet og dels resultaterne af det gennemførte avlsarbejde. Af hensyn til vurderingen af det praktiserede avlsarbejdes effektivitet er det nødvendigt at få adskilt disse to komponenter. Dette er desuden af betydning, når overensstemmelsen mellem den forventede og opnåede fremgang skal vurderes. En mindre god overensstemmelse vil give anledning til at overveje, om den teoretiske model tager tilstrækkeligt hensyn til alle praktiske forhold, eller om ændringer i den praktiserede avlsstruktur er tiltrængte.

Gennem de sidste ti år er der udviklet forskellige analysemetoder, som med ret stor sikkerhed udelukker miljøeffekten ved vurderingen af den opnåede genetiske fremgang.

Vurderingen af et givet avlsprogramms effektivitet i praksis kan enten ske ved at beregne den genetiske overlegenhed hos de aktuelt udvalgte avlsdyr (princip 1) eller ved at beregne den genetiske fremgang, der har fundet sted over et givet tidsrum (princip 2).

Ved det første princip indsættes den beregnede genetiske overlegenhed hos de forskellige kategorier af avlsdyr i modellen udviklet af *Rendel og Robertson* (1950). Den forventede årlige fremgang beregnes under hensyntagen til de aktuelle generationsintervaller.

Adskillige metoder er udviklet for at vurdere den fremgang, der har fundet sted over et vist tidsrum (se oversigt af *Syrstad*, 1972). Den af *Smith* (1962) udviklede metode danner grundlaget for hovedparten af det sidste tiårs undersøgelser. Metoden forudsætter, at den enkelte tyr er repræsenteret med afkom over flere år. Tyrens genotype vil forblive uændret, medens kopopulationen og de nye tyre vil blive genetisk bedre år for år. Dette vil medføre, at tyrenes relative avlsværdi vurderet på successive årgange af afkom vil være faldende, hvilket kan udnyttes til at beregne den genetiske fremgang i kopopulationen.

Rendel og Robertson (1950) beregnede den årlige genetiske fremgang inden for en besætning uden afkomsundersøgelser til 0,7 procent. Resultaterne fra de vigtigste undersøgelser baseret på større populationer fremgår af *tabel 2*, som viser, at kun i et enkelt tilfælde er den aktuelle fremgang vurderet til over 1 procent. Dette er under det teoretisk opnåelige, jævnfør det foregående afsnit, og en nærmere vurdering er relevant.

Tabel 2. Den opnåede genetiske fremgang i mælkeydelse i forskellige kvægpopulationer.

Table 2. The observed genetic gain in milk yield in different cattle populations.

Periode	Population	Vurderings- princip*	Årlig fremgang		Forfatter(e)
			kg mælk	%	
Period	Population	Principle of evaluation*	Annual gen. gain		Author(s)
			kgs milk	%	
1957-61	NRF	1	34		Syrstad (1966)
1962-64	NRF	1	47		Syrstad (1966)
1961-66	Finsk Ayrsh.	1	35	0,80	Lindström (1971)
1961-66	Finsk Boskap	1	30	0,84	Lindström (1971)
1957-64	NRF	2	31		Syrstad (1966)
1951-62		2	14	0,26	Hillers og Freeman (1966)
1957-62	Holstein	2	58	0,93	Harville og Henderson (1967)
1957-68	Finsk Ayrsh.	2	35-40	0,80-0,91	Lindström (1971)
1958-68	Finsk Boskap	2	35-39	0,99-1,11	Lindström (1971)

* Princip 1: Beregnet genetisk overlegenhed hos selekterede avlsdyr.

Calculated genetic superiority of selected breed animals.

Princip 2: Regression af tyrens avlsværdi på tiden.

The regression of the breeding values of the bulls on time.

C. Sammenlignende vurderinger af teoretisk opnåelig og aktuel genetisk fremgang for mælkeproduktionsevne

En forskel mellem den forventede fremgang beregnet ved modelstudier og den aktuelle fremgang vurderet på grundlag af den praktiserede selektion kan som ovenfor nævnt dels skyldes, at modellerne ikke tager tilstrækkelig hensyn til alle de forhold, der naturnødvendigt påvirker den praktiske avls effektivitet, og dels at den praktiske avlsstruktur ikke er udformet i fuld overensstemmelse med den optimale avlsplan. Ved modelberegningerne er det søgt at optimere fremgangen for 1-2 af egenskaberne, og der er ikke i alle tilfælde taget tilstrækkeligt hensyn til den nødvendige selektion for andre egenskaber, specielt brugs- og frugtbarhedsegenskaberne. Til gengæld har den praktiske avl i mange tilfælde tillagt enkelte egenskaber større vægt ved avlsdyrvalget end disses produktionsøkonomiske betydning berettiger til.

En del af grunden til forskellen mellem den teoretiske og den praktiske avlsstrukturs effektivitet kan afsløres ved at sammenligne fordelingen af fremgangen på de forskellige kategorier af avlsdyr ved studierne af henholdsvis den teoretisk mulige og den praktiserede selektion.

Tabel 3 viser, at tyrenes, især brugstyrenes, relative betydning er mindre under de praktiserede avlssystemer end i de teoretiske studier. Lindström (1971) finder desuden, at den praktiserede selektionsintensitet for tyrefædre og brugstyre er langt lavere end teoretisk muligt i de finske populationer (tabel 4). Politiek (1972) anfører, at forskellige undersøgelser demonstrerer, at især selektionsintensiteten for tyrefædre og -mødre er meget lavere end muligt. Disse resultater tyder på, at mulighederne ved tyrenes afkomsundersøgelser, selektion og optimale anvendelse endnu langtfra er fuldt udnyttet i den praktiske avl.

Tabel 3. Den procentvise fordeling af genetisk overlegenhed på de forskellige kategorier af avlsdyr.

Table 3. The distribution of genetic superiority on different categories of breeding animals in percentage.

Genetisk overlegenhed, Genetic superiority,	¹ TF	¹ TM	¹ BT	¹ BK	Forfatter(e) Author(s)
	¹ BB	¹ CB	¹ BC	¹ CC	
Praktiseret selektion Observed selection	35	49	11	5	Syrstad (1966)
	41	45	10	5	Syrstad (1966)
	34	49	8	9	Lindström (1971)
	40	41	11	8	Lindström (1971)
Teor. modelstudier Teor. studies	43	33	18	6	Robertson og Rendel (1950)
	46	24	24	6	Skjervold (1963)
	62	10	23	5	Skjervold (1965)
	42	27	25	6	Lindhé (1968)

Ligesom *Politiek* (1972) finder *Ovesen* (1971b), at den hidtil praktiserede selektionsstyrke for tyremødrene ligger under den teoretisk mulige, idet 37 procent af RDM-tyremødrene har haft en gennemsnitlig ydelse under besætningsniveauet. Derimod er den nævnte selektionseffektivitet tilsyneladende bedre for tyremødrene i de finske populationer (*tabel 4*).

Tabel 4. Sammenligning af den observerede og den teoretisk opnåelige selektionsintensitet (Lindström, 1971).

Table 4. Comparison of the observed and the theoretic obtainable selection intensity.

		Selektionsintensitet, %	
	teoretisk	observeret	
		Finsk Ayshire	Finsk Boskap
		Selection intensity, %	
	theoretical	observed	
		Finn. Ayrshire	Finncattle
TF (BB)	1-2	35	25
TM (CB)	3-5	6	9
BT (BC)	10-15	52	45
BK (CC)	60-80	75	75

Lindström (1971) viser desuden, at de aktuelle generationsintervaller er betydelig længere end de teoretisk mulige, og anfører, at en forkortelse af disse sammen med en mere effektiv selektion af tyrene vil medføre en øgning af den årlige genetiske fremgang til 1,4-1,5 procent.

III. Avlsplanlægningens grundlag

Formålet med ethvert avlsarbejde er at frembringe en genetisk ændring af en eller flere egenskaber i ønsket retning. Når der ses bort fra krydsningsavl, immigration og emigration, kan der kun (bortset fra mutation) frembringes en varig ændring af populationens gennemsnit gennem selektionen af forældrene til næste generation.

Størrelsen af den genetiske fremgang er næsten udelukkende bestemt af følgende faktorer:

1. Den genetiske spredning (σ_A) for de egenskaber, avlsarbejdet omfatter.
2. Sikkerheden (r_{IA}) hvormed individernes avlsværdi vurderes.
3. Antal avlsdyr i relation til de avlsværdivurderede individer, blandt hvilke de er udvalgt (selektionsstyrken).
4. Intensiteten, hvormed de udvalgte avlsdyr udnyttes, det vil sige antallet af afkom pr. avlsdyr.

En egenskabs genetiske spredning er en relativ konstant størrelse, der van-skeligt lader sig ændre. Derimod kan de tre andre størrelser varieres, og den gunstigste kombination mellem dem kan findes ved en effektiv avlsplanlægning.

Eftersom flere af de egenskaber, der arbejdes med i kvægavlen, er kønsbegrænsede, er de ved avlsværdivurderingen anvendte metoder oftest forskellige for køer og tyre. Der er ligeledes meget stor forskel mellem kønnene med hensyn til faktorerne 3 og 4. Det er derfor hensigtsmæssigt at skelne mellem følgende kategorier af avlsdyr:

1. Brugskøer (BK):
Mødre til næste generations hundyr.
2. Tyremødre (TM):
Mødre til næste generations potentielle avlstyre (rekrutterede tyrekalve).
3. Ungtyre (UT):
Ikke afkomsundersøgte tyre, der bliver fædre til en del af næste generations hundyr.
4. Brugstyre (BT):
Afkomsundersøgte, selekterede tyre, der bliver fædre til den resterende del af næste generations hundyr.
5. Tyrefædre (TF):
Fædre til næste generations potentielle avlstyre (rekrutterede tyrekalve).

Denne opdeling refererer alene til forældrene til den næste generations potentielle avlsdyr. Alle de nævnte kategorier vil desuden blive forældre til produktionsdyr, som for eksempel fedekalve, der aldrig kommer i betragtning som avlsdyr. Endvidere skal det bemærkes, at tyrefædre og tyremødrene også vil blive henholdsvis brugstyre og brugskøer.

A. Avlsværdivurdering og selektion

1. Avlsværdivurdering.

Et individs avlsværdi bestemmes af den samlede effekt af dets arveanlæg (gener). Individet giver en tilfældig halvdel (genkombination) af sine arveanlæg videre til hvert afkom. Den gennemsnitlige effekt af de mulige genkombinationer er følgelig lig halvdelen af dets avlsværdi.

For at sammenligne individernes avlsværdier må disse referere til samme miljøforhold. Som standardmiljø kan vælges gennemsnitsmiljøet for samtlige individer i den pågældende population. Avlsværdivurderingens formål er med andre ord at eliminere de individuelle miljøpåvirkninger og at beregne det bedste skøn for, hvad individerne må forventes at præstere under gennemsnitlige ydre kår i populationen. Det sikreste skøn for individets sande avlsværdi opnås ved at parre det med et stort antal tilfældigt udvalgte individer, der

er spredt ud over hele populationen. Den sande avlsværdi vil da være lig med populationens gennemsnit plus det dobbelte af afkommets afvigelse fra dette. Afvigelsen må fordobles, idet kun halvdelen af afkommets gener stammer fra individet, medens resten kommer tilfældigt fra populationen. Individets sande avlsværdi (A) kan følgelig skrives som:

$$A = 2 (\bar{P}_a \div \bar{P}) + \bar{P}$$

hvor: $\bar{P}_a$ = afkomsgruppens gennemsnit

$\bar{P}$ = populationens gennemsnit.

Dette udtryk har kun gyldighed, såfremt afkomsgruppen er uendelig stor. I praksis er det derfor ikke muligt at beregne individets sande avlsværdi, men på grundlag af kendskabet til den kvantitative genetik samt de aktuelle kvægpopulationers fænotypiske og genetiske struktur er det muligt at beregne et skøn over denne. Denne beregning foretages på grundlag af oplysninger om individet selv, dets afkom, dets afstamning, dets slægtninge i sideled eller en kombination af to – flere af disse oplysninger.

I det følgende vil skønnet over et individs sande avlsværdi blive udtrykt som afvigelsen fra gennemsnittet af jævnaldrende individer af samme køn. Dette skøn benævnes individets avlsmæssige eller genetiske overlegenhed (I). I praksis udtrykkes den beregnede avlsværdi for et individ ofte som et absolut eller et relativt tal, det vil sige som den absolutte genetiske overlegenhed plus populationsgennemsnittet eller som den procentiske overlegenhed plus 100.

a. Vurdering på grundlag af egne præstationer.

Et individs fænotypiske præstation er et resultat af dets arveanlæg og af de miljømæssige påvirkninger. Fra et avlsmæssigt synspunkt er det avlsværdien (A), der er af primær interesse. Imidlertid er det kun den fænotypiske værdi, der kan registreres, og skønnet over avlsværdien må beregnes på grundlag af denne. Opgaven bliver derfor i første omgang at skønne regressionen af avlsværdien på fænotypen, idet denne udtrykker, hvor meget det forventes, at individets sande avlsværdi vil afvige fra populationens gennemsnit for hver enhed, fænotypen afviger fra dette. Denne regressionskoefficient ($b_{A/P}$) er identisk med heritabiliteten (h^2) for den pågældende egenskab. Ved individafprøvning beregnes individets avlsmæssige overlegenhed derfor som:

$$I = b_{A/P} (P \div \bar{P}) = h^2 (P \div \bar{P})$$

hvor: P = individets egen præstation.

Regressionen af individets avlsværdi på gennemsnittet af m præstationer ($\bar{P}_m$) fremgår af tabel 5. Individets genetiske overlegenhed bliver:

$$I = b_{A/\bar{P}_m} (\bar{P}_m \div \bar{P})$$

De anførte ligninger danner grundlaget for avlsværdivurderingen af individafprøvede ungtyre samt af ydelseskontrollerede brugskøer og potentielle tyre-mødre.

Sikkerheden ved avlsværdiurderingen defineres som korrelationen (r_{IA}) mellem den sande avlsværdi (A) og den beregnede avlsmæssige overlegenhed (I) eller den fænotypiske værdi. Sikkerheden ved avlsværdiurdering på grundlag af egne præstationer er, som det fremgår af tabel 5, identisk med kvadratroden af den tilsvarende regression.

Tabel 5. Parametre og formler til beregning af den genetiske overlegenhed hos enkeltindivider og hos grupper af udvalgte individer.

Table 5. Parameters and formulas for estimation of genetic superiority in single animals and among groups of selected animals.

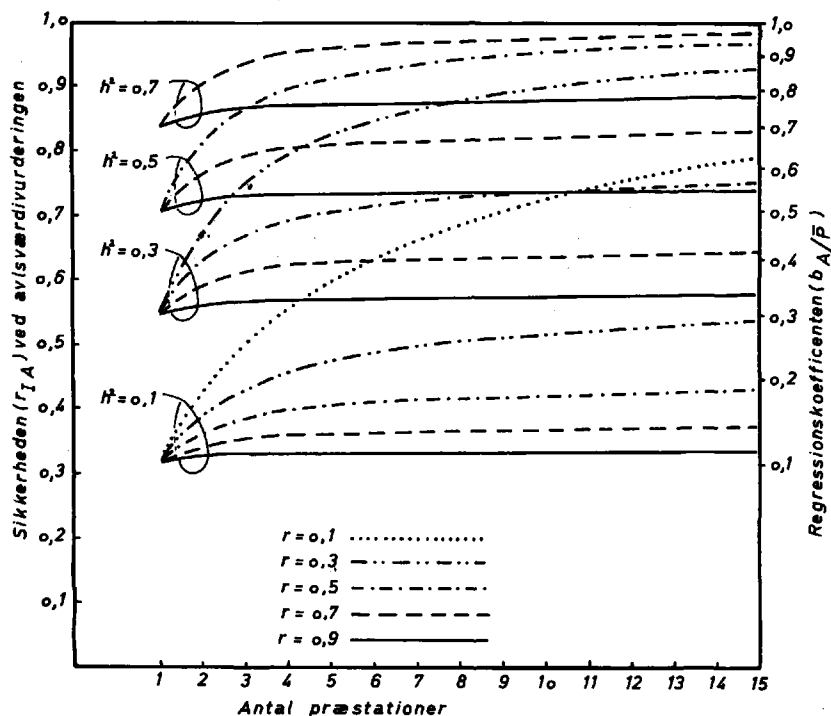
Fænotype el. genetisk overlegenhed	Antal obser- vationer	Regressions- koefficient $b_{A/P}$	Sikkerhed r_{IA}	Den udvalgte gruppens gen. overleg., I_S
<i>Phenotype or genetic superiority</i>	<i>No. of obser- vations</i>	<i>Coefficient of regress. $b_{A/P}$</i>	<i>Accuracy r_{IA}</i>	<i>Genetic sup. of the selec- ted group, I_S</i>
Egen, P	1	h^2	h	$i \cdot h$
<i>Own</i>				
Egen, $\bar{P}_m$	m	$h^2 \frac{m}{1 + (m+1)r}$	$h \cdot \sqrt{\frac{m}{1 + (m+1)r}}$	$i \cdot h \cdot \sqrt{\frac{m}{1 + (m+1)r}} \cdot \sigma_A$
<i>Own</i>				
Afkom, $\bar{P}_n$	n	$0,5h^2 \frac{n}{1 + (n+1)t}$	$0,5h \sqrt{\frac{n}{1 + (n+1)t}}$	$i \cdot 0,5h \sqrt{\frac{n}{1 + (n+1)t}} \cdot \sigma_A$
<i>Progeny</i>				
Moderen, I_M		0,5	$0,5 \cdot r_{IAM}$	$i \cdot 0,5 \cdot r_{IAM} \cdot \sigma_A$
<i>Dam</i>				
Faderen, I_F		0,5	$0,5 \cdot r_{IAF}$	$i \cdot 0,5 \cdot r_{IAF} \cdot \sigma_A$
<i>Sire</i>				
Moderen + faderen, $I_M + I_F$		0,5	$0,5 \sqrt{r_{IAM}^2 + r_{IAF}^2}$	$i \cdot 0,5 \sqrt{r_{IAM}^2 + r_{IAF}^2} \cdot \sigma_A$
<i>Dam + sire</i>				

Symbolforklaring (se appendiks).

Af figur 1 fremgår det, at betydningen af at inddrage flere præstationer stiger med faldende heritabilitet (angivet ved kurvernes begyndelsespunkter) og med faldende gentagelseskoefficient. Det skal bemærkes, at heritabiliteten aldrig kan være større end gentagelseskoefficienten.

b. Vurdering på grundlag af afkommets præstationer.

For en tyr med n afkom, hvis mødre udgør et tilfældigt udvalg af kopopulationen, bliver regressionen af tyrens sande avlsværdi på afkommets gennemsnit ($\bar{P}_n$) såvel som sikkerheden afhængig af heritabiliteten, intraklassekorrelationen og antal afkom (tabel 5). Dette er illustreret i figur 2, hvoraf det fremgår, at sikkerheden nærmer sig værdien 1,00 (100 procent) og regressionen værdien 2,00, når antal afkom bliver meget stort. Det ses endvidere, at for at opnå en given sikkerhed eller regression kræves der en større afkomsgruppe ved lav end ved høj heritabilitet.



Figur 1. Sikkerhed (r_{IA}) og regression ($b_{A/P}$) ved vurdering af individets avlsværdi på grundlag af dets egenpræstation(er) ($\bar{P}$) ved forskellig heritabilitet (h^2) og gentagelseskoefficient (r).

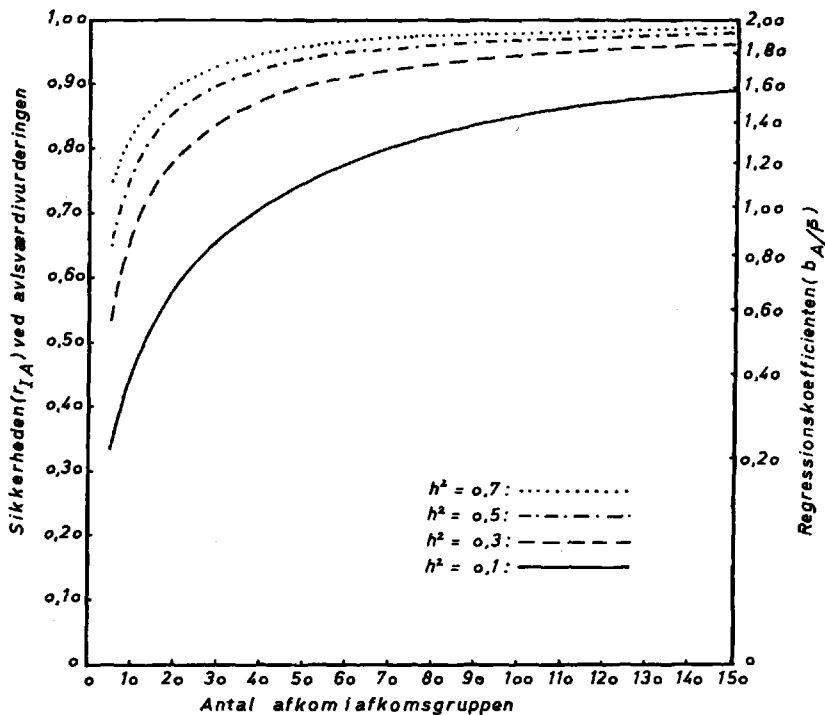
Figure 1. Accuracy (r_{IA}) and regression ($b_{A/P}$) in estimation of breeding value based on performance test ($\bar{P}$) with different coefficients of heritability (h^2) and repeatability (r).

Det skal bemærkes, at ved afkomsundersøgelsen refererer populationsgenemsnittet ($\bar{P}$) til individer, der er jævndrende og samtidig med afkomsgruppen, hvilket for mælkeproduktionsegenskaberne oftest vil sige første kalvs køer.

c. Vurdering på grundlag af afstamningen og slægtninge i sideled.

For helt unge dyr vil der som regel kun findes oplysninger om deres afstamning, det vil sige forældre, bedsteforældre o.s.v. Begge forældres avlsmæssige overlegenhed må da beregnes ved en kombineret vurdering af de forhåndenværende oplysninger om deres afstamning, egenpræstationer og/eller afkomsundersøgelser. På grundlag af den beregnede avlsmæssige overlegenhed hos faderen (I_F) og moderen (I_M) beregnes afkommets avlsmæssige overlegenhed som:

$$I = 0,5 (I_F + I_M).$$

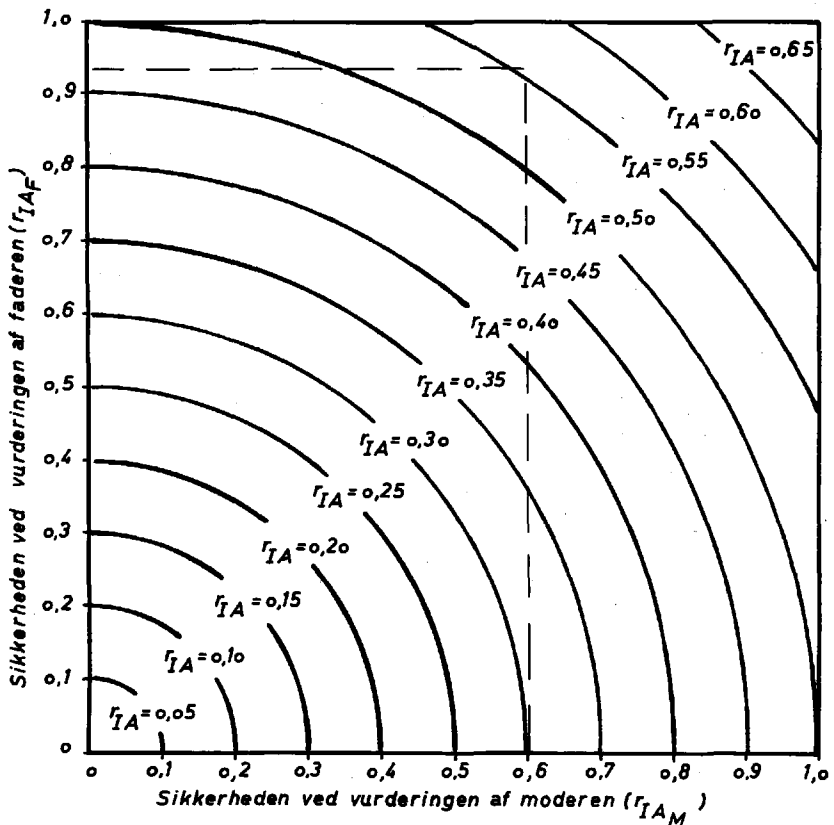


Figur 2. Sikkerhed (r_{IA}) og regression ($b_{A/\bar{P}}$) ved avlsværdivurdering på grundlag af afkommets præstationer ($\bar{P}$) ved forskellig heritabilitet (h^2) og afkomsgruppestørrelse.
 Figure 2. Accuracy (r_{IA}) and regression ($b_{A/\bar{P}}$) in estimation of breeding value based on progeny test ($\bar{P}$) with different coefficients of heritability (h^2) and size of progeny group.

Det skal bemærkes, at også fjernere slægtninges præstationer hermed er inkluderet i afstammingsvurderingen. Sikkerheden ved denne vurdering fremgår af tabel 5. Af figur 3 fremgår det endvidere, at sikkerheden er relativ lav og aldrig kan overstige værdien 0,71.

I praksis vil moderens avlsværdi sjældent omfatte mere end nogle få laktationer. I nærværende undersøgelser er sikkerheden ved avlsværdivurderingen af tyremødrene således forudsat baseret på 2–3 laktationer, hvorfor sikkerheden (r_{IAM}) bliver relativt begrænset, nemlig lig med 0,6 (tabel 6). De afkomsundersøgte tyres avlsværdi vil imidlertid i hovedparten af tilfældene være baseret på et stort antal døtre, hvorved sikkerheden (r_{IAF}) antager værdien 0,9–1,0. De rekrutterede tyrekalve vil således kunne udvælges med en sikkerhed på ca. 0,56 (figur 3).

Det skal bemærkes, at en tyrs afkomsgruppe samtidig er sønnens eller



Figur 3. Sikkerhed ved vurdering af individets avlsværdi på grundlag af forældrenes beregnede avlsværdi.

Figure 3. Accuracy in estimation of breeding value based on breeding value of parents.

datterens halvsøskende, det vil sige slægtninge i sideled. Ved avlsværdivurderingen af ungtyr eller kvie på grundlag af afstamningen vil slægtningene i sideled, der i dette tilfælde har en relativ stor betydning, således automatisk blive tilgodeset gennem faderens vurderede avlsmæssige overlegenhed (I_F).

d. Kombineret vurdering.

For køerne foreligger der i de fleste tilfælde oplysninger om såvel afstamning som om egne præstationer. Disse informationer må indgå i en samlet avlsværdivurdering, der derved bliver ret kompliceret. De aktuelle beregningsmetoder er udførligt beskrevet af Ovesen (1971a). For tyre er en kombineret vurdering af oplysninger fra forskellige kilder af mindre betydning. Således kan ikke-

afkomsundersøgte tyre kun vurderes på grundlag af afstamningen. Til gengæld er dennes betydning forsvindende lille, når først resultatet af afkomsundersøgelsen foreligger, hvorfor den uden nævneværdigt tab i sikkerheden kan udledes ved den sidste avlsværdivurdering.

2. Selektionens effektivitet.

Som tidligere anført repræsenterer ethvert individs genbestand en tilfældig halvdel af hver af forældrenes gener. Det er den additive effekt af disse gener, der bestemmer individets varige genetiske værdi. Som følge heraf er den forventede genetiske ændring i populationens gennemsnit fra generation til generation lig med den gennemsnitlige genetiske overlegenhed hos forældrene til den nye generation.

Ved at foretage et udvalg (selektion) af de avlsdyr, der skal anvendes til at frembringe den nye generation, kan det sikres, at disse besidder en genetisk overlegenhed, der vil overføres til hele den næste generation. Selektionen kan ske ved at de avlsmæssigt ringeste individer helt eller delvist afskæres fra at forplante sig, samtidig med at de udvalgte dyr får lov at forplante sig i størst muligt omfang. Eksempelvis vil de ringeste køer få færre afkom end de bedste køer før udsætningen. Desuden vil afkommet efter de ringeste køer i stor grad kun blive anvendt som produktionsdyr. Af en årgang tyrekalve vil kun et udvalgt fåtal blive anvendt i avlen, nemlig ungt tyre. Endvidere vil kun de bedste af disse blive anvendt efter afkomsundersøgelsen, hvor de til gengæld bliver anvendt i stor udstrækning.

Effekten af selektionen eller den genetiske fremgang (afsn. III. D. 1.) vil med andre ord afhænge af de udvalgte avlsdyrs genetiske overlegenhed samt af den intensitet, hvormed de anvendes. Den genetiske overlegenhed hos en gruppe af selekterede individer er et mål for effektiviteten af den foretagne selektion. Den afhænger af faktorerne, den genetiske spredning, sikkerheden ved avlsværdivurderingen samt selektionsstyrken.

Ved en selektion, hvor individerne rangeres efter den beregnede avlsværdi, og de bedste derefter udvælges, måles selektionsstyrken ved selektionsintensiteten (i). Denne afhænger udelukkende af, hvor stor en procentdel de udvalgte avlsdyr udgør af det antal dyr, de er valgt iblandt, og kan derfor findes ved tabelopslag. Den gennemsnitlige genetiske overlegenhed hos de udvalgte avlsdyr (I_S) beregnes som:

$$I_S = i \cdot r_{IA} \cdot \sigma_A$$

Det skal bemærkes, at ved en tottrinsselektion (se nedenfor) for samme egenskab vil den genetiske spredning være reduceret blandt de udvalgte dyr efter den første selektion, og selektionseffektiviteten ved den næste selektion vil dermed også reduceres. Dette vil eksempelvis være tilfældet ved tyrenes selektion, hvor de rekrutterede tyrekalve er afkom efter relativt få tyrefædre og -mødre, der er udvalgt for mælkeproduktionssevne. Når effektiviteten af

den senere selektion på grundlag af afkomsundersøgelsen skal vurderes, må der tages hensyn til afstammingsselektionen. Reduktionen i den genetiske varians på grund af preselektion kan beregnes efter formler angivet af *Cochran* (1951).

Tabel 5 giver en oversigt over den forventede selektionseffektivitet på grundlag af de aktuelle avlsværdiurderinger.

3. *Trinvis og differentieret selektion.*

Som tidligere anført inddeles avlsdyrene i fem kategorier. Nogle af disse fremkommer ved en *trinvis selektion*, hvorved forstås, at udvalget foretages i flere etaper og dermed på forskellige tidspunkter af dyrets liv. Eksempelvis udvælges de rekrutterede tyrekalve først på grundlag af afstamningen. Dernæst foretages en udvælgelse af ungtyre på grundlag af egne præstationer (individafprøvning). Det sidste trin er selektionen af de anerkendte tyrefædre (se s. 31).

Ved *differentieret selektion* forstås, at udvalget for de forskellige egenskaber fordeles på de forskellige kategorier af avlsdyr. Eksempelvis kan selektionen for tilvækst med fordel placeres på de rekrutterede tyrekalve, således at kun de bedste med hensyn til denne egenskab udvælges som ungtyre, medens selektionen for bedre konstitution med fordel kan henlægges til tyremødreledet.

En effektiv udnyttelse af trinvis og differentieret selektion vil medføre ikke blot betydelige besparelser i avlsarbejdet, men også en større avlsmæssig fremgang pr. tidsenhed.

B. Faktorer af betydning for avlsplanlægningen.

1. *Kategorier af faktorer.*

Effektiviteten af avlsarbejdet inden for større kvægpopulationer er påvirket af mange faktorer. Ved planlægningen af avlsarbejdet er det nødvendigt at få klarlagt:

- a. Hvilke faktorer der er af betydning.
- b. I hvilken grad disse faktoreres størrelse bestemmes af avlsledelsen.
- c. Sammenhængen og/eller vekselvirkningen mellem faktorerne.
- d. Betydningen af fejlskøn eller ændringer i faktorerens størrelse.

Det første og de to sidstnævnte af disse punkter vil blive omtalt nærmere i senere afsnit. Indledningsvis er det imidlertid relevant at opdele faktorerne i følgende 3 kategorier:

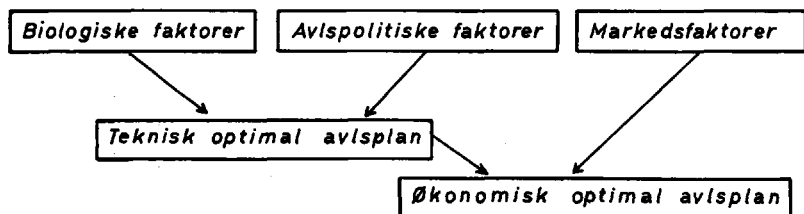
- 1) Biologiske faktorer.
- 2) Avlspolitiske faktorer.
- 3) Markedsfaktorer.

Til de *biologiske faktorer* henføres de faktorer, der helt eller i høj grad er *naturbestemte*. Dette gælder egenskabernes arvbahed, variation og indbyrdes sammenhænge samt de nedre grænser for kælvningsalder, generationsintervaller, insemineringer pr. drægtighed m.fl. *Avlsledelsen har på kort sigt ingen eller meget ringe mulighed for at påvirke de biologisk bestemte faktorer.*

De *avlspolitiske faktorer* er de faktorer, der kan varieres, og hvis størrelse fastlægges af avlsledelsen. Denne gruppe af faktorer omfatter blandt andet antal rekrutterede tyrekalve til individprøven, selektionsintensiteten for tilvækst under denne prøve, antal ungtyre, antal døtre til afkomsundersøgelsen for mælk, antal lagrede sæddoser pr. ventetyr samt antal anerkendte brugstyre og tyrefædre.

Den økonomiske effektivitet af et givet avlsarbejde vil være afhængig af en række økonomiske faktorer, der helt eller i høj grad er bestemt af det marked, hvori kvægproduktionerne og indsatsfaktorerne som arbejde, datamaskiner og teknisk udstyr omsættes. Disse faktorer benævnes *markedsfaktorerne* og omfatter merindtægten for den gennem avlsarbejdet forbedrede produktionsevne, rentefoden samt forskellige omkostningsfaktorer.

Figur 4 illustrerer, hvorledes den optimale avlsstruktur påvirkes af de omtalte kategorier af faktorer.



Figur 4. Kategorier af faktorer, der påvirker den optimale avlsstruktur.

Figure 4. Categories of factors affecting the optimum breeding plan.

2. Definition af en avlsplan.

Ved planlægningen af avlen er det først og fremmest de avlspolitiske faktorer, der påkalder sig opmærksomhed. Disse faktorer kombineres efter bestemte retningslinier (se afsn. III. C. 2.), og ved systematisk at variere størrelsen af de enkelte faktorer kan der opnås et utal af kombinationer mellem disse. *En avlsplan defineres som en given kombination af de avlspolitiske faktorer under anvendelse af de bedste skøn for de biologiske og markedsbestemte faktorer.*

C. Forudsætninger for konstruktion af en avlsplan.

Kendskabet til populationsgenetikken, herunder alle de faktorer, der har betydning for selektionens effektivitet, udgør grundlaget for avlsplanlægningen. For at komme frem til en konkret vurdering af alternative måder for avlsarbejdets gennemførelse må der opstilles en beregningsmodel. De enkelte faktorer må indplaceres i helheden, og størrelsen af de avlspolitiske faktorer skal kunne varieres systematisk. Herved bliver det muligt at finde frem til de optimale kombinationer af disse faktorer.

For ikke at gøre modellen mere kompliceret end nødvendigt er det formålstjenligt at vurdere følgende forhold:

1. Hvilke egenskaber der skal indgå i avlsarbejdet.
2. Hvorledes disse egenskaber kan tilgodeses ved differentieret og trinvis selektion af avlsdyrene.
3. Efter hvilke retningslinier avlsværdivurderingen, selektionen og anvendelsen af avlsdyrene mest hensigtsmæssigt kan finde sted.

1. Definition af avlsmål.

Det første led i avlsplanlægningens beslutningsproces består i at definere og prioritere de egenskaber, der ønskes inddraget i avlsarbejdet. Egenskaberne økonomiske værdi, heritabilitet, genetiske varians, deres indbyrdes genetiske sammenhæng samt registreringsmulighederne og -omkostningerne er faktorer af betydning, når de enkelte egenskabers værdi skal vurderes.

Teoretisk burde alle egenskaber, der efter vejning i et indeks bidrager til det samlede udbytte af kvægholdet, tilgodeses i modelberegningerne. Dette vil imidlertid gøre modellen overordentlig kompliceret, og de nødvendige forudsætninger herfor kan ikke opfyldes på nuværende tidspunkt. Interessen må derfor i første række samle sig om få, men vigtige egenskaber.

De økonomisk vigtigste egenskaber er mælke- og kødproduktionsegenskaberne, og nærværende undersøgelser er foretaget med det formål at finde den økonomisk optimale avlsstruktur til forbedring af disse egenskabskategorier. Vurderingen vil blive begrænset til een egenskab for henholdsvis mælke- og kødproduktionsevnen.

Som mål for mælkeproduktionsevnen er smørfedtydelsen anvendt, da denne egenskab bedst udtrykker mælkeproduktionsevnen set fra såvel et afregningsmæssigt som et avlsmæssigt synspunkt. Smørfedtydelsen er stærkt positivt korreleret med andre vigtige mælkeproduktionsegenskaber, den er let at registrere og de genetiske og fænotypiske parametre (heritabilitet, variation m.fl.) er velkendte.

Blandt kødproduktionsegenskaberne er tilvækstevnen valgt, idet det er den lettest registrerbare egenskab og samtidig som vist af Andersen (1971b) den økonomisk vigtigste egenskab. Det sidstnævnte forhold skyldes, at tilvæksten

er stærkt korreleret med foderforbruget samt har en større eller mindre positiv sammenhæng med flere andre kødproduktionsegenskaber.

Andre egenskabskategorier som frugtbarheds-, brugs- og eksteriøregenskaber har ligeledes en betydning for det samlede produktionsøkonomiske resultat af kvægholdet. Når disse egenskaber ikke har været omtalt i tidligere undersøgelser vedrørende avlsplanlægningen, skyldes det blandt andet tekniske problemer ved en eksakt registrering samt vanskeligheder ved at vurdere egenskabernes relative økonomiske værdi. Disse egenskaber er imidlertid også tilgodeset i nærværende undersøgelser. Dette er sket ved at opstille hensigtsmæssige retningslinier for afprøvningen og selektionen af de forskellige kategorier af avlsdyr.

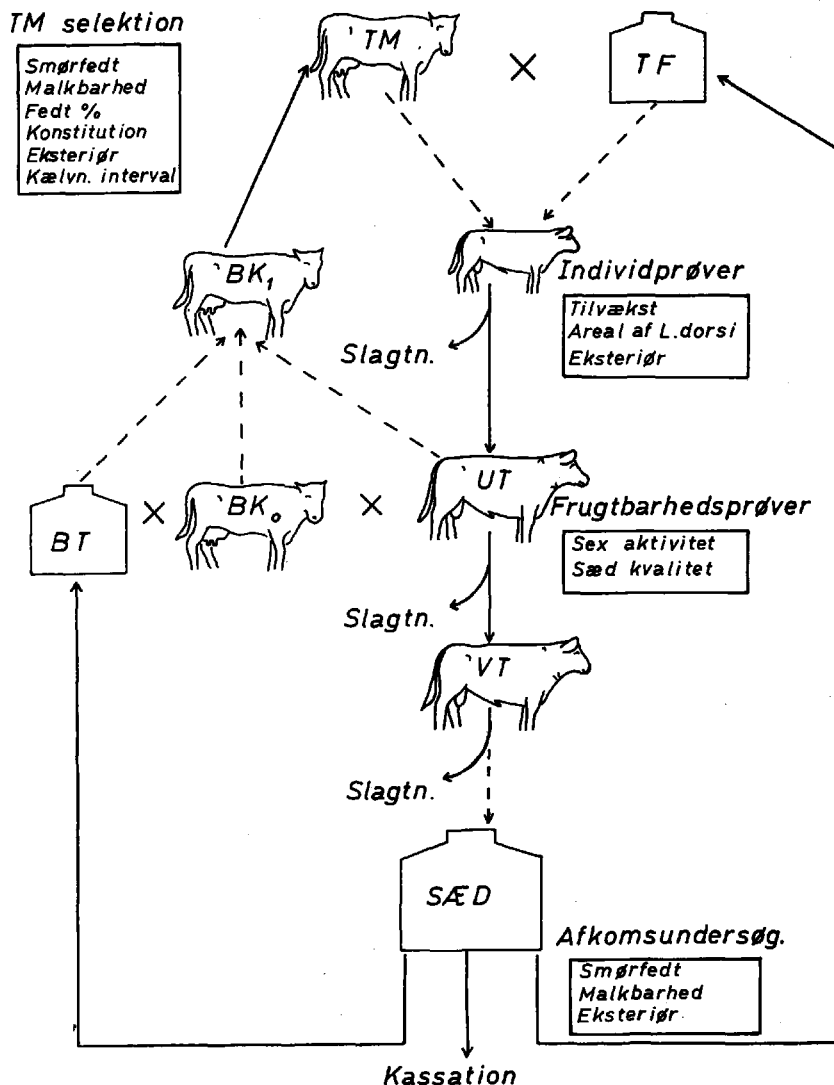
2. Opstilling af systemer for avlsværdivurdering, selektion og anvendelse af avlsdyrene.

Det andet led i beslutningsprocessen er at få opstillet retningslinier for afprøvningen, selektionen og brugen af de forskellige kategorier af avlsdyr samt at få fastsat i hvilke led, de enkelte egenskaber skal tilgodeses. Disse to forhold er knyttet sammen og skal derfor behandles under et.

Selektionsmulighederne blandt brugskøerne er yderst begrænsede på grund af den lave reproduktionsrate (en kalv pr. ko pr. år) og den uundgåelige udsætning på grund af sygdom, dårlig frugtbarhed etc. Bortset fra en beskedne selektion for smørfedtydelse (se s. 34) vil denne avlsdyrkategori blive ladet ude af betragtning i det følgende.

En af de egenskaber, der er af stor betydning for kvægbrugeren, er koens konstitution. Det er meget vanskeligt at foretage en konkret vurdering af denne egenskab i praksis. For imidlertid at sikre at fremtidens køer besidder den fornødne holdbarhed og modstandsevne mod sygdomme, er i nærværende undersøgelser tre kælvningsintervaller med normalt kælvningsinterval opstillet som primært krav, for at en ko kan blive anerkendt som tyremoder. *Figur 5* illustrerer, hvorledes der ved anvendelsen af ung- og brugstyresæden til brugskøerne (BK_0) opnås en ny generation af brugskøer (BK_1) samt hvilke egenskaber, der tages hensyn til ved tyremødreselektionen. Retningslinierne for registrering af egenskaberne og for, hvorledes der tages hensyn til disse ved selektionen, er beskrevet af *Ovesen* (1970 og 1971a).

Ved opstilling af retningslinier for tyrenes afprøvning og selektion må det først og fremmest tages i betragtning, at en tyrs anlæg for smørfedtydelse kun kan konstateres med tilfredsstillende sikkerhed på grundlag af et relativt stort antal døtres ydelse og dermed relativt sent i dens liv. Det relativt store antal døtre pr. tyr begrænser antallet af tyre, der kan afprøves. Den sene konstatering af tyrens anlæg for mælkeproduktionsevne medfører, at selektionen herfor bliver relativt kostbar, idet de overlevende (selekterede) afkomsundersøgte tyres avlsmæssige overlegenhed også skal betale for opdrætnings-



Figur 5. Skematisk illustration af avlsdyrenes selektion for forskellige egenskaber.
Figure 5. Schematic outline of the selection for different characters.

og tyreholdsomkostningerne for de fraselektrede tyre. Selektionen for andre egenskaber, der som vækstevnen og visse frugtbarhedsegenskaber kan vurderes relativt sikkert på et tidligt tidspunkt af tyrens liv, kan derfor ofte med fordel foregå blandt de unge tyre umiddelbart efter, at deres avlsværdi med hensyn til disse egenskaber er kendt.

Der er efterhånden enighed om, at tyrene ikke skal benyttes i den aktive avlsenhed i perioden fra prøveinsemineringernes afslutning til efter selektionen på grundlag af afkomsundersøgelserne. Det må imidlertid overvejes, om tyren skal beholdes, eller om der skal lagres et nærmere fastsat antal sæddoser fra hver tyr, som derefter kan udsættes. Som tidligere omtalt (se s. 15) viste en dansk undersøgelse, at det sidstnævnte alternativ er økonomisk mest fordelagtigt under danske forhold. Dette er bekræftet i nogle foreløbige studier i forbindelse med nærværende undersøgelser, hvorfor dette alternativ er foretrukket.

På grundlag af de anførte betragtninger er følgende retningslinier opstillet for tyrenes afprøvning, selektion og anvendelse (*figur 5*):

1. De til individprøven rekrutterede tyrekalve indkøbes efter anerkendte tyre-fædre og tyremødre.
2. Under individprøven og i umiddelbar forlængelse af denne selekteres for vækstevne, eksteriør-, konstitutions- og reproduktionsegenskaber.
3. Godkendte ungtyre fra individprøven tages i anvendelse senest i 13 måneders alderen. De anvendes derefter til et nærmere fastsat antal prøveinsemineringer for derved at tilvejebringe døtregrupper af passende størrelse til de aktuelle afkomsundersøgelser.
4. Efter prøveinsemineringerne overgår ungtyrene til sædopsamlingsperioden som ventetyre (VT). I denne periode opsamles og lagres hurtigst muligt et givet antal sæddoser pr. tyr, hvorefter tyren udsættes for at gøre tyreholdsomkostningerne mindst mulige.
5. Det nødvendige antal brugstyre selekteres på grundlag af den første afkomsundersøgelse for mælkeproduktionsevne, og deres sæd tages i anvendelse. Blandt brugstyrene udvælges tyre-fædrene på grundlag af den endelige afkomsundersøgelse, som forventes et halvt år efter den første. Blandt tyre-fædrene kan der yderligere foretages en selektion på grundlag af afkomsundersøgelser for andre egenskaber som malkbarhed, eksteriør og kødproduktion. Den nødvendige del af sæden fra de anerkendte tyre-fædre anvendes til de anerkendte tyremødre, og resten anvendes som brugstyresæd.

3. Anvendte faktorer.

Resultatet af avlsarbejdet er påvirket af tre kategorier af faktorer (se afsn. III. B. 1.). De biologiske faktorer er helt eller i meget stor grad bestemt af populationens fænotypiske og genetiske struktur og må følgelig findes gennem analyse af data fra populationen. Markedsfaktorerne er bestemt af de aktuelle økonomiske forhold. Da der ved kvægavlens planlægning arbejdes på langt sigt, må de fremtidige markedsudsigter endvidere tages i betragtning ved fastsættelsen af markedsfaktorernes størrelse. Endelig er størrelsen af enkelte af de avlspolitiske faktorer på forhånd bestemt ud fra de opstillede retningslinier for tyrenes og tyremødrenes afprøvning.

I det følgende er det kort omtalt, hvorledes de faste faktorer er fastsat.

a. Biologiske faktorer.

De biologiske faktorer, der indgår i beregningsmodellen for nærværende undersøgelser, fremgår af *tabel 6*. Det kan diskuteres, om faktorerne, populationsstørrelse, aktiv avlsenhed og antal fedekalve efter definition (se s. 27) kan henføres til denne kategori af faktorer. På kort sigt kan disse faktorer imidlertid kun i ringe grad påvirkes af avlsledelsen og er derfor anført her.

Faktorerne er fastsat med speciel henblik på belysningen af den optimale avlsstruktur for populationerne, RDM og SDM.

Ved sammenligning mellem antal slagtede køddyr (*Sørensen*, 1971) og antal køer i den danske kvægbestand som helhed (*Rasmussen*, 1972) findes, at køddyrene udgør 49 pct. af kopopulationens størrelse i gennemsnit af årene 1968–1970. For nærværende populationsstørrelse på 500 tusinde årskøer er det anslået, at der opfedes 220 tusinde årskøddyr, det vil sige dyr med 365 foderdage (svarende til begrebet årsko). Dette danner grundlaget for vurderingen af tilvækstsektionens økonomiske merafkastning. Der er således ikke taget hensyn til, at denne selektion antagelig også vil have en gunstig effekt på tilvæksten hos kviekalvene (*Soller et al.*, 1966), hvilket bør tages i betragtning ved vurderingen af den beregnede merafkastning for tilvækstsektionen. Når det sidstnævnte forhold ikke er inddraget i vurderingen, skyldes det, at kendskabet hertil endnu er mangelfuldt.

Heritabiliteten og den fænotypiske spredning for smørfedtydelse er fastsat ud fra de seneste års undersøgelser for de danske kvægpopulationer (se oversigt af *Andersen og Petersen*, 1972, *Christensen og Venge*, 1970). Avlsværdivurderingen af de køer, der kommer i betragtning ved tyremødreselektionen, baseres på 2–3 laktationer, og sikkerheden (r_{1A}) kan teoretisk beregnes efter formlen for flere egenpræstationer i *tabel 5*. Imidlertid viser flere undersøgelser blandt andet af *Förster* (1971), at sikkerheden beregnet på gennemsnittet af 2–3 laktationer ikke er helt så stor som forventet på grundlag af heritabiliteten i første laktation. På basis af disse forhold er regressionen af koens sande avlsværdi på dens 2–3 første laktationsydelse fastsat til 0,35 svarende til $r_{1A} = 0,6$.

Heritabiliteten og den fænotypiske spredning for tilvækst er baseret på resultaterne fra Avlsstationen for kødproduktion, EGTVED (*Andersen*, 1971a).

Resultaterne fra undersøgelser over sammenhængen mellem mælke- og kødproduktionsegenskaber er ikke entydige (cf. *Mason et al.*, 1972). I de fleste undersøgelser afviger den genetiske korrelation imidlertid ikke signifikant fra nul, og indtil nærmere undersøgelser vil foreligge for de danske kvægpopulationer, synes det mest relevant at gå ud fra denne antagelse.

Den af indavlsdepressionen forårsagede nedgang i mælke- og kødproduktionssegenskaber er i flere undersøgelser fundet at være op til 0,5 procent pr. procent stigning i indavlsgraden. For at være på den sikre side er denne faktor i nærværende undersøgelse fastsat til 1 procent for både smørfedtydelse og tilvækst.

Tabel 6. Anvendte biologiske faktorer.

Table 6. The biological factors.

Populationsstørrelse (antal årskøer)	500.000 køer*
<i>Size of the population, cows</i>	
Aktiv avlshenhed (kontr. og ins. køer)	250.000 køer*
<i>Active breeding unit, cows</i>	
Antal årskøddyr pr. år	220.000 dyr*
<i>Number of beef units per year</i>	
Gennemsnitlig smørfedtydelse	200 kg
<i>Average butterfat yield, kgs</i>	
Gennemsnitlig daglig tilvækst	1.150 g
<i>Average daily gain, gs</i>	
Fænotypisk spredning for smørfedt	35 kg
<i>Phenotypic stand. dev. for butterfat, kgs</i>	
Fænotypisk spredning for daglig tilvækst	70 g
<i>Phenotypic stand. dev. for daily gain, gs</i>	
Heritabilitet for smørfedt	0,25
<i>Heritability for butterfat</i>	
Heritabilitet for tilvækst	0,60
<i>Heritability for daily gain</i>	
Genetisk korrelation mellem smørfedt og tilvækst	0,0
<i>Genetic correlation between butterfat and daily gain</i>	
Sikkerhed ved avlsværdiurdering af tyremødre for smf. (r_{IA})	0,6 *
<i>Accuracy of selection of bull dams, (r_{IA})</i>	
Indavlsdepression pr. pct. stigning i indavlsgraden	1 %
<i>Inbreeding depression per per cent increase of inbreeding, %</i>	
Insemineringer pr. årsko	2,0 ins.
<i>No. of inseminations per cow per year</i>	
Insemineringer pr. datter til afkomsundersøgelsen	7,4 ins.
<i>No. of testins. per daughter in the progeny testing</i>	
Alder ved første kælvning	2,3 år
<i>Age at first calving, years</i>	
Kælvningsinterval	12,5 mdr.
<i>Calving interval, months</i>	
Udskiftning af brugskøer pr. år	33 %
<i>Replacement of cows per year, %</i>	
Selektion for smørfedt blandt brugskøer	90 %
<i>Selection intensity for butterfat yield among cows, %</i>	
Afgang under individprøven	20 %*
<i>Wasted bull calves during the performance testing, %</i>	
Afgang i sædopsamlingsperioden	10 %
<i>Wasted bulls during the period of semen storage, %</i>	
Antal opsamlende sæddoser pr. tyr pr. år	12.000 doser
<i>Number of collected semen doses per bull per year</i>	
Generationsinterval for tyrefædre (L_{TF})	6,6 år
<i>Generation interval for bull sires, years</i>	
Generationsinterval for brugstyre (L_{BT})	6,1 år*
<i>Generation interval for proved bulls, years</i>	
Generationsinterval for ungtyr (L_{UT})	2,0 år*
<i>Generation interval for young bulls, years</i>	
Generationsinterval for tyremødre (L_{TM})	6,5 år*
<i>Generation interval for bull dams, years</i>	
Generationsinterval for brugskøer (L_{BK})	4,4 år
<i>Generation interval for cow dams, years</i>	

* Delvis avlspolitisk bestemt.

Factors partly determined by the breeding policy.

Den danske kvægbestand var i 1971 på 1,105 mill. køer (*Rasmussen*, 1972), og antal behandlede køer og kvier var 1,312 mill., som i gennemsnit var insemineret 1,66 gange (*Andersen*, 1972). Dette svarer til $1,312 \times 1,66/1,105 = 2,0$ insemineringer pr. årsko.

Det antal insemineringer, der skal foretages for at opnå en datter, der vil indgå i tyrens afkomsundersøgelse, bestemmes af følgende faktorer:

- antal levendefødte kviekalve pr. inseminering (0,25)
- proportionen af levende kviekalve, der kælver og præsterer en ydelse (0,68)
- proportionen af de opnåede dellaktationer eller hele laktationer, der indgår i afkomsundersøgelsen.

Regnes der med, at afkomsundersøgelserne baseres på 80 procent af de døtre, der opfylder de to førstnævnte betingelser, kan det beregnes, at der skal foretages 7,4 insemineringer for at få en datter til disse undersøgelser.

Kælvningssalderen for RDM og SDM er ifølge 305 dages opgørelserne ca. 28 måneder svarende til 2,3 år.

Kælvningsintervallet er på grundlag af undersøgelserne af *Andersen og Petersen* (1972) ansat til 12,5 måneder.

Elleby og Mygind-Rasmussen (1971) finder, at ca. 34 procent af RDM- og SDM-kørerne udgøres af første gangs kælvare. Under en periode med nedgang i kobestanden vil denne procent være lidt højere end i en bestand i ligevægt. Den årlige udskiftning af køer er derfor ansat til 33 procent.

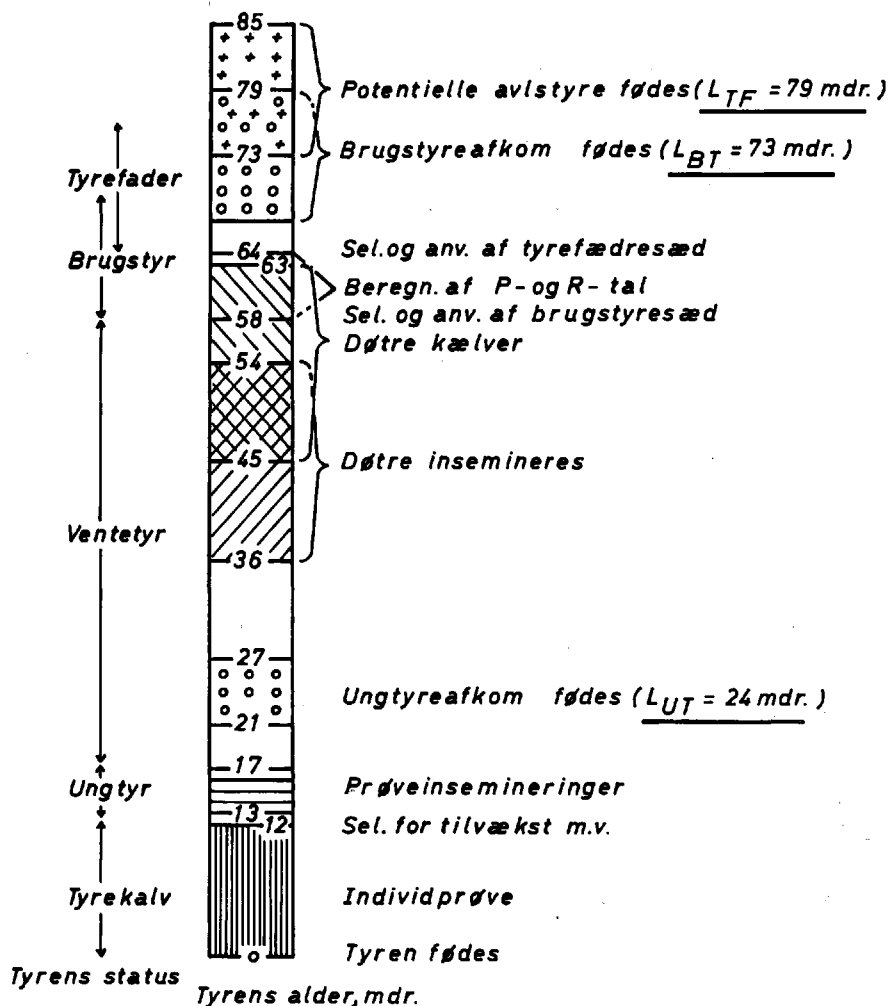
Nogle af de udskiftede køer afgår på grund af høj alder eller sygdom, andre udsættes på grund af for ringe malkbarhed, konstitution m.m. og kun en del udsættes på grund af lav ydelse. Det anslås her, at 10 procent af kørerne udsættes af den sidstnævnte grund, hvilket vil sige, at selektionsprocenten for ydelsen blandt brugskørerne bliver 90.

Under individprøven og sædopsamlingsperioden vil der være et vist frafald af tyre på grund af sygdom og dødsfald, ligesom tyre med ringe konstitution og frugtbarhed vil blive frasorteret. Afgangen på grund af disse årsager er anslået til 20 og 10 procent i de to respektive perioder.

Opsamlingskapaciteten af sæd til dybfrysning fra danske tyre angives af *Andersen* (1972) til 9 tusinde doser pr. år. I flere andre lande er denne faktor imidlertid større, og med stigende erfaring må der forventes en stigende effektivitet i de nærmeste år. Derfor er opsamlingskapaciteten pr. ventetyr ansat til 12 tusinde sæddoser pr. år.

Generationsintervallet for de forskellige kategorier af tyre bestemmes af de opstillede retningslinier for tyrenes afprøvning, selektion og anvendelse. Dette er illustreret i figur 6.

For brugskørernes og tyremødrenes vedkommende bestemmes generationsintervallet af kælvningssalderen, fordelingen af kørerne over de forskellige kælvninger samt kælvningsintervallet. Kælvningsfordelingen kan tilnærmelsesvis beregnes ud fra udskiftningsproportionen ($p_1 = 0,33$), der svarer til den del



Figur 6. Skitse over generationsintervallet for tyrefædre samt brugs- og ungtyre.
Figure 6. Generation intervals for different categories of bulls.

af køerne, der er første gang kælvare. Forudsættes udskiftningen at være konstant over alle laktationer, vil proportionen af anden gang kælvare blive: $0,33 \cdot (1 - 0,33) = 0,22$ og tilsvarende for tredje gang kælvare: $0,22 \cdot (1 - 0,33) = 0,15$. Den generelle formel for proportionen af køer efter den i 'te kælvning (p_i) bliver:

$$p_i = p_1 \cdot (1 - p_1)^{i-1}$$

For brugskøer beregnes generationsintervallet (L_{BK}) som:

$$\begin{aligned} L_{BK} &= AK_1 + KI \cdot \sum p_i \\ &= AK_1 + KI \cdot (p_1 + p_2 + p_3 + \dots) \\ &= AK_1 + KI \cdot (1/p_1 - 1) \\ &= 28 + 12,5 (3 - 1) = 53 \text{ måneder} \sim 4,4 \text{ år.} \end{aligned}$$

hvor: AK_1 alderen ved første kælvning i måneder

KI = kælvningsintervallet i måneder.

For tyremødre, hvor først den tredje kalv kommer i betragtning, bliver generationsintervallet (L_{TM}) på tilsvarende vis:

$$\begin{aligned} L_{TM} &= AK_3 + KI (1/p_1 - 1) \\ &= 53 + 12,5 (3 - 1) = 78 \text{ måneder} \sim 6,5 \text{ år.} \end{aligned}$$

b. Markedsfaktorer.

Medens populationens fænotypiske og genetiske struktur er relativ konstant, er de økonomiske forhold i større grad udsat for tidsmæssige ændringer. Derfor er fastsættelsen af markedsfaktorerne generelt mere usikker end fastsættelsen af de biologiske faktorer. Det må dog forudses, at generelle forskydninger i prisniveauet, der ikke påvirker de indbyrdes forhold mellem markedsfaktorerne, ikke har nogen større betydning for resultaterne af modelberegningerne. Derimod kan ændringer i disses indbyrdes forhold tænkes at påvirke den optimale avlsstruktur, og dette vil blive undersøgt nærmere (se afsn. IV. D.).

De bedste skøn for markedsfaktorerne (opstillet i slutningen af 1971 og begyndelsen af 1972) fremgår af *tabel 7*. Rentefoden er ud fra de seneste års erfaringer fra det danske kapitalmarked ansat til 10 procent.

Ved et standardbehov på 0,4 f.e. pr. kg 4 procents mælk og 90 procents fodereffektivitet medgår der 11,1 f.e. til produktionen af 1 kg smørfedt. Merindtægten beregnes som:

1 kg smørfedt à 11 kr.	11,00 kr.	
24 kg skummetmælk à 0,2 kr.	4,80 kr.	15,80 kr.
11,1 f.e. à 0,7 kr.		<u>7,80 kr.</u>
Merindtægt pr. kg smørfedt (MI_S)		8,00 kr.

Merindtægten for tilvækst afhænger af salgsværdien, det ekstra foderforbrug og fedningsperiodens længde (se s. 12). Den kan vurderes som dækningsbidraget til marginaltilvæksten, det vil sige salgsværdien minus de variable omkostninger ved udnyttelsen af den forbedrede vækstevne. Dækningsbidraget for ungtyrenes bruttotilvækst på Avlsstationen for kødproduktion, Egtved, er beregnet til 0,95 kr. pr. g ekstra daglig tilvækst (*Andersen, 1971b*). Ved produktion af fedekalve i Ribe amt i 1969–70 opnåedes et dækningsbidrag på 203 kr. pr. 365 dage ved en daglig tilvækst på 639 g (*Sørensen, 1971*). Ved 1028 g tilvækst blev det tilsvarende dækningsbidrag 557 kr. Det marginale dæknings-

Tabel 7. Anvendte markedsfaktorer.

Table 7. The market factors.

Rentefod	10 %
<i>Discount rate, %</i>	
Salgspris pr. kg smørfedt	11 kr.
<i>Price of one kg butterfat, Dkr.</i>	
Salgspris pr. kg skummetmælk	0,2 kr.
<i>Price of one kg skimmilk, Dkr.</i>	
Foderenhedspris for kraftfoder	0,7 kr.
<i>Cost of one f.u. of concentrate, Dkr.</i>	
Merindtægt pr. ekstra kg smørfedt	8 kr.
<i>Net income per kg butterfat, Dkr.</i>	
Merindtægt pr. ekstra g daglig tilvækst	1 kr.
<i>Net income per gram daily gain, Dkr.</i>	
Indkøbspris + indkøbsomkostninger pr. rekrutteret tyrekalv	1.800 kr.*
<i>Purchase cost including transport etc. per bull calf, Dkr.</i>	
Slagteværdi af en ungtyr	2.700 kr.
<i>Carcass value of bull calf at 12 month ages, Dkr.</i>	
Omkostning ved fodring m.m. pr. individprøvet tyr	3.000 kr.
<i>Costs of feeding, labour and housing for performance testing, Dkr.</i>	
Årlig tyreholdsomkostning pr. ung- og ventetyr	4.600 kr.
<i>Annual costs of feeding, labour and housing per bull, Dkr.</i>	
Slagteværdi af en ventetyr	3.500 kr.
<i>Carcass value of bull after semen collection, Dkr.</i>	
Fremstillingsomkostning pr. sæddose	0,14 kr.
<i>Cost of semen processing per deepfrozen dose, Dkr.</i>	
Årlig opbevaringsomkostning pr. sæddose	0,03 kr.
<i>Cost of semen storage per year and dose, Dkr.</i>	
Omkostning ved opgørelse af afkomsundersøgelsen:	
<i>Cost of the processing of progeny testing results</i>	
a. pr. kontrolleret årsko	0,3 kr.
<i>per recorded cow, Dkr.</i>	
b. pr. afkomsundersøgt tyr	250 kr.
<i>per progeny tested bull, Dkr.</i>	
c. pr. datter i afkomsundersøgelsen	1 kr.
<i>per daughter in the progeny testing</i>	
Kontrolomkostning pr. ko	13 kr.
<i>Cost of milk recording per cow, Dkr.</i>	
Insemineringsomkostning pr. ko	20 kr.
<i>Cost of insemination work per cow, Dkr.</i>	

* Delvis avlspolitisk bestemt.

Factor partly determined by the breeding policy

bidrag pr. g marginaltilvækst bliver således $(557 \div 203)/(1028 \div 639) = 0,91$ kr. Da prisforholdet for kødproduktion er forbedret siden disse undersøgelser er merindtægten pr. g daglig tilvækst (MI_{DT}) ansat til 1 kr.

Indkøbspris og -omkostninger (se s. 46) er tilsammen ansat til 1.800 kr. pr. rekrutteret tyrekalv.

Foderforbruget ved individafprøvningen af tyre på Østerhåb (*Nielsen og Vesth*, 1971 og 1972) udgør ca. 1.800 f.e. pr. tyr. Anslås foderforbruget i perioden inden afprøvningen til ca. 100 f.e., kan det totale foderforbrug fastsættes til 1.900 f.e. Med en foderenhedspris på 0,7 kr. bliver fodringsomkostningerne 1330 kr. pr. tyr. På grundlag af omkostningerne ved Avlsstationen for kødproduktion, EGTVED (*Liboriussen*, 1972) kan pasnings- og bygningsomkostningerne beregnes til henholdsvis 300 og 830 kr. Omkostningerne til administration, registrering af tilvækst m.m. samt T-talsberegningen anslås til 540 kr., og de totale omkostninger ved individprøvens gennemførelse bliver følgende: $1330 + 300 + 830 + 540 = 3.000$ kr.

Slagteværdien af en ungtyr efter individprøvens afslutning og af en ventetyr efter sædopsamlingsperiodens afslutning er anslået til henholdsvis 1.600 og 2.500 kr.

Den årlige omkostning pr. ung- og ventetyr er efter *Teknisk-videnskabeligt udvalg* (1971) ansat til 4.600 kr., fordelt med 4.000 kr. til fodring og 600 kr. til bygninger.

De marginale omkostninger ved fremstilling af en ekstra dybfrossen sæddose og årlige lagringsomkostninger pr. sæddose (se s. 47) er beregnet på grundlag af rapporten fra *Teknisk-videnskabeligt udvalg* (1971). Materialeomkostningerne ved anvendelse af strå- og pillemetoden er anslået til henholdsvis 10,6 og 0 øre pr. dose. Den ekstra arbejdsomkostning er fra en tidligere rapport af samme udvalg anslået til 3,3 og 2,2 øre pr. dose for de to respektive metoder. Den samlede fremstillingsomkostning pr. sæddose bliver således 13,9 øre for stråmetoden og 2,2 øre for pillemetoden. Den anvendte fremstillingsomkostning fastsættes på dette grundlag til 14 øre pr. dose, men det besluttedes at undersøge, hvilken indflydelse en lavere omkostning vil have på avlsstrukturen (se afsn. IV. D.).

Ved en årlig lagring på 625 tusinde sæddoser (25 tus. pr. dyr) medfører en 18 procents afskrivning plus forrentning af ekstra lagertanke til 325.000 kr. en omkostning på 58.500 kr. eller 2,34 øre pr. sæddose ved stråmetoden. Omkostningerne ved det ekstra kvælstofforbrug bliver 20.758 kr. eller 0,83 øre pr. dose. Den samlede lagringsomkostning for stråmetoden bliver således 3,17 øre pr. sæddose. For pillemetoden bliver på tilsvarende vis afskrivning plus forrentning 1,44 øre, kvælstofforbrug 0,72 øre og samlet opbevaringsomkostning 2,16 øre. Den årlige opbevaringsomkostning ansættes på dette grundlag til 3 øre pr. sæddose.

De nuværende beregningsomkostninger for afkomsundersøgelse af 250 tyre af alle racer udgør ifølge *Elleby* (1971) ca. en kvart million kr. Omfanget af beregningerne vil afhænge af antallet af afkomsundersøgte tyre og afkomsgruppestørrelsen. Det findes derfor rimeligt at lade en del af omkostningerne variere med disse to faktorer og at lade den resterende del være fordelt på den aktive avlsenhed. For alle racer tilsammen udgør den aktive avlsenhed

ca. 600.000 kontrollerede køer, og tyrenes R-tal baseres på gennemsnitlig 80 døtre. Ved at fordele 250.000 kr. med $\frac{2}{3}$ på avlsenheden, $\frac{1}{4}$ på tyrene og $\frac{1}{12}$ på de afprøvede døtre fås tallene i *tabel 7*.

De to sidstnævnte faktorer i *tabel 7* er som senere omtalt (se s. 46) at betragte som faste omkostningsfaktorer inden for en konstant populationsstørrelse. Ydelseskontrollen har såvel et avlsmæssigt som et fodrings og driftsøkonomisk formål. Fra et avlsmæssigt synspunkt er det kun nødvendigt at registrere de 2-3 første laktationsydelser. Under hensyntagen til disse forhold er den avlsmæssige del af kontrolomkostningerne ansat til 13 kr. pr. ko i den aktive avlsenhed.

Insemineringsomkostningerne, der omfatter løn, kørsel, instrumenter, administration, tryksager og andre udgifter, er på grundlag af kvægavlforeningernes omkostninger (Andersen, 1972) anslået til ca. 20 kr. pr. ko.

c. Faste avlspolitiske faktorer.

Antallet af køer, der kan komme i betragtning ved tyremødreselektionen, afhænger af retningslinierne for tyremødrenes avlsværdiurdering og selektion (Ovesen, 1970). Det forudsættes indledningsvis, at køer i besætninger med en gennemsnitsydelse under 180 kg smørfedt lades ude af betragtning. Det drejer sig om ca. 15 procent af de ydelseskontrollerede køer. Som nævnt (se s. 29) kræves der mindst 2 fuldførte laktationsydelser af tyremødre, hvilket vil sige, at kalvene fra de to første kælvninger (ca. 55,5 procent) ikke kan komme i betragtning ved rekrutteringen af tyrekalvene. Ved at inseminere de højestydende af de køer, der har kælvnet anden gang, med sæd fra anerkendte tyrefædre, kan det til gengæld sikres, at eventuelle tyrekalve efter selekterede tyremødres tredje kælvning kan komme i betragtning. På denne måde vil 37,8 procent af den aktive avlsenhed komme i betragtning, det vil sige 94.500 køer (*tabel 8*).

Tabel 8. Faste avlspolitiske faktorer.
Table 8. The fixed factors of breeding policy.

Minimum antal laktationer for tyremødre	2 lakt.
<i>Minimum number of lactations for bull dams</i>	
Antal køer med mindst 2 laktationer	94.500 køer
<i>No. of cows among which bull dams are selected</i>	
Ydelsesselekterede køer pr. tyrekalv	10 køer
<i>No. of bull dams selected on butterfat yield per recruited bull calf</i>	
Individprøvens længde	335 dage
<i>Period of performance testing, days</i>	
Vilkårspenge pr. ydelsesanerkendt tyrefader	5.000 kr.
<i>Extra payment to the breeder of a bull sire, Dkr.</i>	

Ved vurderingen af selektionsintensiteten for smørfedt ved udvalget af tyremødre må det tages i betragtning, at der ligeledes selekteres for andre egenskaber (*Ovesen*, 1970). Dette kan lettest gøres ved at betragte ydelsesselektionen som det indledende trin, og udvalget for andre egenskaber blandt de ydelsesselekterede køer som det næste trin. Således fastsættes det, at der skal udvælges 10 køer for smørfedt for hver rekrutteret tyrekalv. Blandt disse 10 køer selekteres derefter de 2-3 bedste med hensyn til malkbarhed, malkeorganer m.m. Disse 2-3 anerkendte tyremødre vil sikre en levedygtig tyrekalv til individprøven, og det totale antal anerkendte tyremødre vil være en variabel faktor, der afhænger af antal rekrutterede tyrekalve.

I nærværende undersøgelser forudsættes det, at der udbetales 5.000 kr. til opdrætteren af de ydelsesanerkendte tyrefædre.

D. Vurdering af alternative avlsplaners effektivitet

1. Forventet genetisk fremgang.

For en egenskab er den forventede genetiske fremgang i en populations gennemsnit fra en generation til den næste lig med den genetiske overlegenhed hos forældrene til den nye generation (se s. 25). Dette kan udtrykkes med ligningen:

$$\Delta G_{\text{gen.}} = I_{F_0} \quad (1)$$

hvor $\Delta G_{\text{gen.}}$ er den forventede genetiske fremgang pr. generation og I_{F_0} er forældrenes gennemsnitlige avlsmæssige overlegenhed.

Som regel er det formålstjenligt at måle den genetiske fremgang pr. tidsenhed (f.eks. kg smørfedt pr. år eller g daglig tilvækst pr. år), idet der da fås et bedre udtryk for avlsarbejdets effektivitet. Den genetiske fremgang pr. år ($\Delta G_{\text{år}}$) fås ved at dividere ligning (1) med forældrenes gennemsnitlige generationsinterval (L_{F_0}):

$$\Delta G_{\text{år}} = I_{F_0} / L_{F_0} \quad (2)$$

Generationsintervallets længde defineres som forældrenes gennemsnitlige alder i år, når afkommet fødes.

Da selektionen for mælke- og kødproduktionsegenskaber sker på forskellig vis (se figur 5), bliver formlerne til beregning af de respektive forventede fremgange forskellige. Det er mest hensigtsmæssigt først at udvikle formlen for mælkeproduktionsevne, idet formlen for kødproduktionsevne derefter relativt let kan udledes heraf.

a. Mælkeproduktionsevne.

Antallet af brugskøer er i praksis mange gange større end antallet af anvendte avlstyre. Til gengæld anvendes tyrene et tilsvarende antal gange mere, idet

hvert afkom har et forældrepar. Forældrenes gennemsnitlige genetiske overlegenhed kan derfor skrives som:

$$I_{Fo} = \frac{1}{2}I_{BK} + \frac{1}{2}I_T$$

hvor I_{BK} og I_T er henholdsvis brugskøernes og avlststyrenes genetiske overlegenhed.

Tilsvarende kan generationsintervallets længde skrives som:

$$\frac{1}{2}L_{BK} + \frac{1}{2}L_T.$$

Indsættes disse udtryk i ligning (2) fås:

$$\Delta G_{\text{år}} = \frac{\frac{1}{2}I_{BK} + \frac{1}{2}I_T}{\frac{1}{2}L_{BK} + \frac{1}{2}L_T} = \frac{I_{BK} + I_T}{L_{BK} + L_T} \quad (3)$$

En del af den nye generation er efter ikke-afkomsundersøgte tyre, ungtyre (UT), medens resten er efter afkomsundersøgte og selekterede tyre, brugstyre (BT). Kaldes den del, der er efter ungtyre, for p , bliver den resterende del $1-p$, og I_T kan skrives som:

$$I_T = pI_{UT} + (1-p)I_{BT},$$

hvor I_{UT} og I_{BT} er henholdsvis ungtyrenes og brugstyrenes gennemsnitlige avlsmæssige overlegenhed i relation til de respektive årgange, som de to tyrekatégorier tilhører. Tyrenes gennemsnitlige generationsinterval kan opdeles på tilsvarende måde:

$$L_T = pL_{UT} + (1-p)L_{BT}$$

Indsættes disse to udtryk i ligning (3) fås:

$$\Delta G_{\text{år}} = \frac{I_{BK} + pI_{UT} + (1-p)I_{BT}}{L_{BK} + pL_{UT} + (1-p)L_{BT}} \quad (4)$$

Når den genetiske korrelation mellem mælke- og kødproduktionsegenskaberne som forudsat er nul (tabel 6), vil ungtyrenes genetiske overlegenhed (I_{UT}) for de førstnævnte egenskaber udelukkende skyldes udvalget på grundlag af afstamningen. En tilsvarende del af brugstyrenes overlegenhed kan tilskrives afstamningsselektionen, medens den resterende del (I'_{BT}) er en direkte følge af udvalget på grundlag af afkomsundersøgelsen. Brugstyrenes samlede genetiske overlegenhed i relation til den årgang tyrekalve, de tilhører, kan derfor skrives som:

$$I_{BT} = I_{UT} + I'_{BT}$$

Indsættes dette udtryk i ligning (4) kan denne omskrives til:

$$\Delta G_{\text{år}} = \frac{I_{\text{BK}} + I_{\text{UT}} + (1-p)I'_{\text{BT}}}{L_{\text{BK}} + pL_{\text{UT}} + (1-p)L_{\text{BT}}} \quad (5)$$

I praksis er det af interesse at kende den genetiske forskel mellem de samtidige ung- og brugstyre. Eftersom brugstyrene udgør en selekteret gruppe, må det forventes, at disse er ungtyrene betydeligt overlegne i avlsmæssig henseende. Imidlertid er brugstyrene fra en tidligere generation end de ungtyre, der anvendes på samme tidspunkt. Den genetiske fremgang i perioden fra brugstyrene selv virkede som ungtyre, og frem til de virker som brugstyre, kommer derfor ungtyrene til gode.

Benævnes den avlsmæssige forskel mellem de ung- og brugstyre, der anvendes på samme tidspunkt, for D fås:

$$D = I'_{\text{BT}} - (L_{\text{BT}} - L_{\text{UT}}) \cdot \Delta G_{\text{år}}$$

Af denne ligning fremgår det, at brugstyrene kun er bedre end de samtidige ungtyre, såfremt selektionseffektiviteten på grundlag af afkomsundersøgelsen (I'_{BT}) er større end den genetiske fremgang i perioden svarende til aldersforskellen mellem de to tyrekategorier.

Den avlsmæssige overlegenhed for ungtyrenes mælkeproduktionssevne kan være ret betydelig på trods af, at udvalget udelukkende er baseret på afstamningen. Dette vil være tilfældet, såfremt udvalget af tyremødre og tyrefædre er foretaget med særlig omhu. Dette udvalg er derfor af overordentlig stor betydning, idet ungtyrenes kvalitet påvirker størrelsen af den avlsmæssige fremgang jævnfør formel (5).

Selektionen af tyrefædrene må baseres på en sikker avlsværdivurdering, det vil sige på afkomsundersøgelse ud fra store døtregrupper. Af samme årsag må avlsværdivurderingen af de brugskøer, der kommer i betragtning ved tyremødreselektionen, baseres på afstamning plus en til flere laktationsydelser. Idet ungtyrenes avlsmæssige overlegenhed som anført udelukkende skyldes udvalget af tyremødre og tyrefædre, kan ligningen for den avlsmæssige fremgang omskrives således, at der direkte tages hensyn til disse to kategorier af avlsdyr:

$$\Delta G_{\text{år}} = \frac{I_{\text{BK}} + (1-p)I'_{\text{BT}} + I_{\text{TM}} + I'_{\text{TF}}}{L_{\text{BK}} + (1-p)L_{\text{BT}} + pL_{\text{UT}} + L_{\text{TM}} + L_{\text{TF}}} \quad (6)$$

hvor I'_{TF} er den del af tyrefædrenes avlsmæssige overlegenhed, der skyldes udvalget på grundlag af afkomsundersøgelsen.

b. Tilvækstevne.

For tilvækstevne forudsættes tyrene som tidligere anført alene selekteret på grundlag af resultaterne fra individprøven. Eftersom denne selektion sker inden prøveinsemineringerne, må tælleren i ligning (6) udvides til at omfatte leddet, pI'_{UT} :

$$\Delta G_{\text{år}} = \frac{I_{BK} + (1-p) I'_{BT} + pI'_{UT} + I_{TM} + I'_{TF}}{L_{BK} + (1-p) L_{BT} + pL_{UT} + L_{TM} + L_{TF}} \quad (7)$$

hvor I'_{UT} = ungtyrenes overlegenhed på grundlag af individprøveselektionen.

Imidlertid selekteres der almindeligvis ikke blandt hundtyrene for denne egenskab, hvorfor $I_{BK} = I_{TM} = 0$, og da der ikke selekteres yderligere blandt tyrene, fås: $I'_{BT} = I'_{TF} = I'_{UT}$. Indsættes disse udtryk i ligning (7), reduceres dennes tæller til:

$$\Delta G_{\text{år}} = \frac{2 I'_{UT}}{L_{BK} + (1-p)L_{BT} + pL_{UT} + L_{TM} + L_{TF}} \quad (8)$$

Nævneren reduceres ikke, fordi generationsskiftet er bestemt af de samme retningslinier (se figur 5) som forudsat ved udviklingen af formel (6) for mælkeproduktionssevne.

c. Indavlsdepression.

Intensiv anvendelse af de bedste avlsindivider, navnlig stærk anvendelse af få tyre, kan medføre en stigning i indavlsgraden. Dette må tages i betragtning i avlsplanlægningen, idet denne stigning som regel følges af en depression i produktionssevn.

Med den forudsatte indavlsdepression på 1 procent pr. procent stigning i indavlsgraden (tabel 6), bliver denne depression (F_{ID}):

$$F_{ID} = \frac{F_x \cdot \bar{P}}{\bar{L}}$$

hvor: F_x = procentisk stigning i indavlsgraden beregnet efter en modificeret formel fra Skjervold og Langholz (1964).

$\bar{L}$ = gennemsnitlig generationsinterval.

$\bar{P}$ = populationens gennemsnitlige smørfedtydelse eller tilvækst.

Under hensyntagen til indavlspressionen bliver *det bedste skøn for den årlige forventede genetiske fremgang for smørfedt (formel 6)*.

$$\Delta G_s = \frac{I_{BK} + (1-p)I'_{BT} + I_{TM} + I'_{TF}}{L_{BK} + (1-p)L_{BT} + pL_{UT} + L_{TM} + L_{TF}} - F_{ID} \quad (9)$$

På tilsvarende vis bliver formel (8) modificeret til

$$\Delta G_{DT} = \frac{2I_{UT}}{L_{BK} + (1-p)L_{BT} + pL_{UT} + L_{TM} + L_{TF}} - F_{IDDT} \quad (10)$$

De enkelte led i disse ligningers tællere er som tidligere anført afhængige af sikkerheden ved avlsværdiurderingen af de enkelte kategorier af avlsdyr samt af selektions- og anvendelsesstyrken. En ændring af et enkelt led i formlerne påvirker ikke alene den årlige avlsmæssige fremgang, men oftest tillige størrelsen af de øvrige led. Derfor må samtlige faktorer, der påvirker resultatet af det samlede avlsarbejde, vurderes samtidigt.

2. Økonomisk vurdering.

a. Vurderingsprincipper.

I tidligere undersøgelser vedrørende avlsplanlægningen, hvor de forskellige avlsplaners økonomiske effektivitet er vurderet og sammenlignet, er der stort set kun anvendt to forskellige vurderingsprincipper, *forrentningen af investeringerne* eller den *økonomiske merafkastning af avlsarbejdet*.

Ved det førstnævnte princip, der i stor udstrækning anvendes i erhvervslivet ved analysering af investeringsmulighederne, sættes total- eller marginalkapitalafkastningen i forhold til total henholdsvis marginalinvesteringerne. Det investeringsalternativ, der giver den største total- eller marginalforrentning, betragtes som det mest effektive alternativ. Dette princip er først og fremmest velegnet ved vurdering af alternative muligheder for investering af en given kapital. En særlig metode baseret på forrentningen af investeringen er pay-off-metoden. Effektiviteten måles her ved den tid, det vil tage, før de fortløbende merindtægter har dækket de foretagne investeringer.

Ved det andet princip anvendes merafkastningen, det vil sige de samlede diskonterede merindtægter minus de tilsvarende investeringsomkostninger, som effektivitetsmål ved den økonomiske vurdering af en given avlsplan.

Ved avlsarbejdet, hvor investeringerne udgøres af omkostningerne ved avlsforanstaltningerne, og afkastningen udgøres af værdien af den genetiske fremgang, vil såvel indtægter som omkostninger forfalde på forskellige tidspunkter over en vis årrække. Samtidig vil der være en vekselvirkning mellem indsatsene af de forskellige avlsforanstaltninger. Eksempelvis vil den optimale indsats af lagring af tyresæd ikke være den samme ved afkomsundersøgelse af et lille som af et stort antal tyre. Disse forhold bevirker, at forrentningen af den investerede kapital ikke er velegnet som vurderingsgrundlag for alternative avlsplaners økonomiske effektivitet. Alternativerne med de laveste investeringer vil blive begunstiget, når stigningen i de samlede merindtægter er aftagende med stigende investeringer.

Ved merafkastningsprincippet sikres den investerede kapital i alle tilfælde en forudsat forrentning, samtidig med at den maksimale merafkastning kan opnås. Dette gør metoden velegnet ved sammenligning af alternative avlsplaner. Den er derfor anvendt i nærværende undersøgelser til udpegningen af *den optimale avlsplan, der er defineret som planen med den maksimale merafkastning.*

b. Grundlaget for beregning af avlsarbejdets merafkastning.

Den økonomiske vurdering og sammenligning af alternative avlsplaner kræver, at såvel omkostningerne ved avlsforanstaltningerne som den økonomiske værdi af den genetiske fremgang vurderes. Da både omkostningerne og indtægterne forfalder over en årrække, kræver sammenligningen af avlsplanerne, at *alle relevante omkostninger og indtægter diskonteres til et for alle planer fælles udgangspunkt.*

Som udgangspunkt er valgt en given årgang af første kalvs køer, hvis genetiske overlegenhed med hensyn til mælkeproduktion i forhold til den foregående årgang udgør den genetiske fremgang pr. år. Investeringerne til frembringelse af denne overlegenhed er foretaget i de forudgående år, og indtægterne fra den forventede fremgang forfalder i udgangsåret og de efterfølgende år.

For kødproduktionsegenskaberne foretages investeringerne ved individprøven. Det økonomiske udbytte fra den forbedrede tilvækst- og foderudnyttelse vil fremkomme hos de tilvækstslektede ung- og brugstypes afkom.

Alle omkostninger og indtægter diskonteres til udgangstidspunktet ved brug af *diskonteringsfaktoren*, d_n :

$$d_n = 1/(1+r)^n$$

hvor: r = rentefoden (0,10 jvfr. tabel 7).

n = differencen mellem udgangs- og forfaldstidspunkt i år.

Eksempelvis vil omkostningerne ved individprøven forfalde 8,4 år før udgangstidspunktet ($n = +8,4$), og diskonteringsfaktoren bliver:

$$d_{+8,4} = \frac{1}{1,10^{+8,4}} = 1,10^{8,4} = 2,23$$

Totalomkostningerne fremkommer som summen af de diskonterede omkostninger, og de *samlede merindtægter* som summen af de diskonterede indtægter fra den genetiske fremgang med hensyn til smørfedt og tilvækst. *Merafkastningen af avlsarbejdet* beregnes derefter som de samlede merindtægter minus totalomkostningerne.

c. Beregning af totalomkostningerne.

Ved vurdering af omkostningerne ved avlsarbejdet kan der skelnes mellem de omkostninger, der er konstante for alle alternative avlsplaner, *basisomkostningerne*, og *de omkostninger, der varierer med de avlspolitiske faktorer*. *Basisomkostningerne vil ikke påvirke sammenligningen mellem forskellige avlsplaner* og kan derfor lades ude af betragtning eller inkluderes som faste omkostninger. I nærværende undersøgelser er følgende basisomkostninger inkluderet:

- a. Den avlsmæssige del af omkostningerne ved ydelseskontrollen.
- b. Omkostningerne ved insemineringsarbejdet.
- c. Omkostningerne ved det tyrehold, der er nødvendigt for kopopulationens reproduktion.

Ydelseskontrollen er et nødvendigt grundlag for avlsværdivurderingen af både tyremødre, brugstyre, tyrefædre og brugskøer. En fordeling af den avlsmæssige del af omkostningerne (se s. 39) mellem disse kategorier er imidlertid vanskelig. Således vil en første kalvs ko efter en ungtyr både være en brugsko, en datter i tyrens afkomsundersøgelse og en potentiel tyremoder. For enkelthedsens skyld kan disse omkostninger pålægges brugskøerne. Med denne fremgangsmåde bliver omkostningerne ved ydelseskontrollen faste for alle alternative avlsplaner med samme størrelse af den aktive avlsenhed.

Reproduktionen af kopopulationen vil også uden avlsarbejde (selektion) medføre omkostninger til tyrehold og det nødvendige insemineringsarbejde. Disse omkostninger kan ligeledes betragtes som faste for alle avlsplaner.

I nærværende undersøgelser må følgende kategorier af variable omkostninger tages i betragtning:

1. Omkostninger ved individprøven.
2. Tyreholdsomkostninger.
3. Fremstillingsomkostninger for den lagrede sæd, der skal destrueres efter afkomsundersøgelserne.
4. Lagringsomkostninger for ventetyresæden.
5. Omkostninger ved avlsværdivurderingen af tyrene efter afkomsundersøgelsen.
6. Vilkårspenge til de udvalgte tyrefædres opdrættere.

Omkostningerne ved individprøven omfatter:

- a. Omkostninger ved transport, administration samt veterinære og blodtypeundersøgelser (indkøbsomkostninger).
- b. Indkøbspris minus slagteværdi efter prøvens afslutning.
- c. Fodrings-, pasnings- og bygningsomkostninger.

Indkøbsprisen kan opdeles i værdien ved alternativ anvendelse, det vil sige som fedekalv, samt ekstraprisen for ungtyrens genetiske overlegenhed

på grund af afstamningen, hvoraf tyremoderens høje avlsværdi delvis kan tilskrives ejerens fortjeneste. Ekstraprisen er et resultat af avlsarbejdet, og selvom den teoretisk kan komme alle kvægbrugere omfattet af ydelseskontrollen til gode ligesom den opnåede fremgang, er den her medregnet blandt omkostningerne ved avlsarbejdet. Foreløbige undersøgelser har vist, at den aktuelle ekstrapris ikke påvirker forholdet mellem de alternative avlsplaner i nævneværdig grad. De samme betragtninger gælder for de vilkårspenge, der forudsættes udbetalt til opdrætterne af de udpegede tyrefædre.

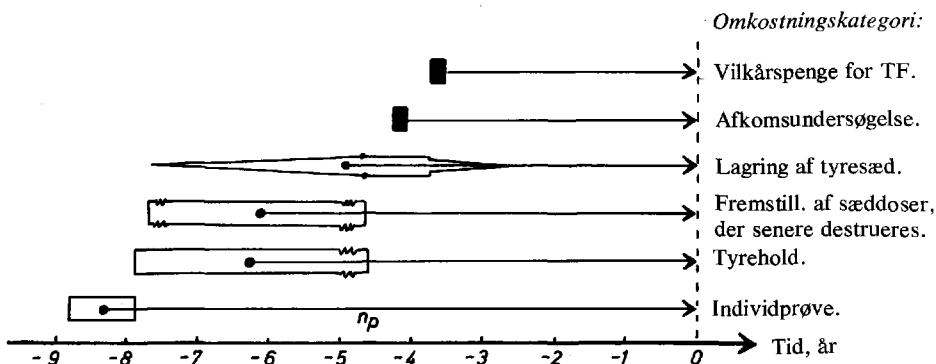
Tyreholdsomkostningerne omfatter forskellen mellem tyrenes slagteværdi ved individprøvens afslutning og ved udsættelsen efter ventetyrperioden samt fodrings-, pasnings- og bygningsomkostningerne. En ikke nærmere fastsat del af disse omkostninger udgør de ovenfor omtalte faste tyreholdsomkostninger.

Fremstillingsomkostningerne pr. sæddose, der skal destrueres efter selektionen på grundlag af afkomsundersøgelserne, omfatter omkostninger til ekstra materiale- og arbejdsforbrug. Det skal bemærkes, at der er tale om marginale omkostninger, der ikke kan fastsættes som gennemsnitsomkostningerne ved fremstilling af det anvendte antal dybfrosne sæddoser, hvilket tilsyneladende er overset i de fleste hidtidige undersøgelser (se tabel 1).

Opbevaringsomkostningerne inkluderer afskrivning og forrentning af lagringsbeholdere samt kvælstofforbrug.

Omkostningerne ved avlsværdivurderingen af tyrene efter afkomsundersøgelsen omfatter omkostningerne ved bearbejdelsen af afkommets produktionsdata.

De 6 omkostningskategoriers forfaldstidspunkter i relation til udgangstidspunktet er illustreret i figur 7. Hvor omkostningerne, som ved individprøven



Figur 7. Illustration af de variable omkostningskategoriers forfaldstidspunkter i relation til udgangstidspunktet (år 0).

Figure 7. Illustration of the maturity of categories of variable costs in relation to the base year (year 0).

og tyreholdet forfalder over en periode, anvendes dennes midtpunkt som forfaldstidspunkt. Som et eksempel skal anføres, hvorledes tidsrummet fra udgangs- til forfaldstidspunkt for omkostningerne ved individprøven beregnes. Idet denne prøve finder sted i tyrens 2.-12. levemåned, beregnes det nævnte tidsrum i år, n_p , som:

$$\begin{aligned} n_p &= \div(A + L_{BT} \div 1/12 \div 11/12 \cdot 1/2) \\ &= \div(2,8 + 6,1 \div 13/24) \\ &= \div 8,4 \text{ år} \end{aligned}$$

hvor: A = alderen ved første kælvning plus halvdelen af første laktation
($2,3 + 0,5 = 2,8$ år).

L_{BT} = generationsinterval for brugstyre (6,1 år).

d. Beregning af de samlede indtægter.

Udbyttet af avlsarbejdet fremkommer i form af den genetiske fremgang i smørfedtydelse og tilvækstsevne. For den vurderede årgang af første kalvs køer vil fremgangen komme til udtryk i første laktation, udgangsåret, samt i de efterfølgende laktationer. Det kan desuden forudsættes, at den opnåede fremgang videreføres til de efterfølgende generationer (se s. 11). Den økonomiske vurdering af den øgede afkastningsevne afhænger af, hvorledes denne vil blive udnyttet af kvægbrugerne (*Skjervold*, 1965). Dette er endnu ikke undersøgt, men uden større fejl kan det forudsættes, at en forøgelse af koens produktionssevne ikke vil medføre et ekstra arbejdsbehov. Merindtægten af et ekstra kg smørfedt (MI_S) kan derefter beregnes som salgsværdien af smørfedt og den medfølgende skummetmælk minus de ekstra foderomkostninger.

Undersøgelserne af *Robertson og Khishin* (1958) og *Barker og Robertson* (1966) tyder på, at den absolutte genetiske fremgang for første laktation stort set fastholdes uændret i de efterfølgende laktationer. Under denne forudsætning kan værdien af en fremgang på 1 kg smørfedt pr. ko i den vurderede årgang beregnes som:

$$V_{S_i} = MI_S \cdot \sum_{i=1}^{15} p_i \cdot d_{n_i}, \quad n_i = KI \cdot (i+1)$$

hvor: KI = kælvningsinterval i år.

p_i = proportionen af køer efter den i te kælvning (se s. 35)

For nærværende undersøgelser med $MI_S = 8$ kr. fås:

$$V_{S_i} = 8 \cdot (0,33 \cdot 1,00 + 0,22 \cdot 0,91 + \dots) = 6,75 \text{ kr.}$$

Da fremgangen betragtes som permanent, det vil sige, at den fastholdes i de efterfølgende generationer, vil værdien af en fremgang på 1 kg smørfedt inkluderende værdien i de $n+1$ følgende år (V_{S_n}) blive:

$$V_{S_n} = \sum_{i=1}^n V_{S_i} \cdot d_{i-1} = V_{S_1} \cdot \sum_{i=1}^n d_{i-1}$$

Vurderet over en 25 års periode fås:

$$V_{S_{25}} = 6,75 \cdot (1,00 + 0,91 + 0,83 + \dots) = 68 \text{ kr.}$$

De samlede merindtægter af fremgangen i smørfedt for den vurderede årgang bliver:

$$SMI_S = N \cdot \Delta G_S \cdot V_{S_n}$$

hvor: N = antal køer i populationen.

ΔG_S = genetisk fremgang i kg smørfedt pr. år (formel 9).

De samlede merindtægter (SMI_S) af en årlig fremgang på eksempelvis 3 kg smørfedt (1,5%) i en population på 500.000 årskøer beløber sig således til:

$$SMI_S = 500.000 \cdot 3 \cdot 68 = 102 \text{ mill. kr.}$$

Værdien af den genetiske fremgang i daglig tilvækst vil afhænge af de kategorier af kvæg, hvori denne fremgang kommer til udtryk som diskuteret af Soller *et al.* (1966). For enkeltheds skyld kan det ved vurderingen af denne værdi antages, at fremgangen kun kommer til udtryk hos den del af afkommet, der direkte udnyttes i kødproduktionen, det vil sige køddyr (se s. 32).

Forbedringen af vækstevnen følges af en forbedret foderudnyttelse, og derfor vil et ekstra kg tilvækst ikke kræve samme foderforbrug som gennemsnittet af den oprindelige vækst. Merindtægten pr. kg ekstra tilvækst vil afhænge af salgsværdien og af omkostningerne ved det ekstra foderforbrug. Merindtægten pr. g ekstra daglig tilvækst (MI_{DT}) vil desuden afhænge af længden af fedningsperioden, idet antallet af dage, hvori den forbedrede vækstevne udnyttes, samtidigt angiver den opnåede vægtforøgelse i g ved periodens slutning.

Udbyttet af tilvækstselektionen efter individprøven opnås dels ved anvendelsen af ungtyrene til en del af den aktive avlsenhed og dels ved anvendelsen af brugstyrene til resten af populationen.

Værdien af en fremgang på 1 g daglig tilvækst diskonteret til udgangstidspunktet bliver for henholdsvis ungtyreaafkom, V_{DT_1}' , og brugstyreafkom, V_{DT_1}'' :

$$V_{DT_1}' = MI_{DT} \cdot d_n'$$

$$V_{DT_1}'' = MI_{DT} \cdot d_n''$$

hvor: n' = antal år fra udgangstidspunkt til ungtyreafkommets opfedningsperiode.

n'' = antal år fra udgangstidspunkt til brugstyreafkommets opfedningsperiode.

For $MI_{DT} = 1$ kr., $n' = \div 6,3$ år og $n'' = \div 2,1$ år fås:

$$V_{DT1}^{\cdot} = 1/1,10^{+6,3} = 1 \cdot 1,10^{6,3} = 1,82$$

$$V_{DT1}^{\ddot{\cdot}} = 1/1,10^{+2,1} = 1 \cdot 1,10^{2,1} = 1,22$$

Værdien af fremgangen inkluderende de 24 efterfølgende år bliver på tilsvarende vis som for smørfedt:

$$V_{DT25}^{\cdot} = V_{DT1}^{\cdot} \cdot \sum_{i=1}^{25} d_{i-1} = 18,33 \text{ kr.}$$

$$V_{DT25}^{\ddot{\cdot}} = V_{DT1}^{\ddot{\cdot}} \cdot \sum_{i=1}^{25} d_{i-1} = 12,25 \text{ kr.}$$

De samlede merindtægter af et års tilvækstseleksion bliver:

$$SMI_{DT} = (p_t \cdot V_{DTn}^{\cdot} + (1-p_t) \cdot V_{DTn}^{\ddot{\cdot}}) \cdot \Delta G_{DT} \cdot n_{fk}$$

hvor: ΔG_{DT} = genetisk fremgang i g daglig tilvækst pr. år (formel 10)

p_t = proportionen af den totale population insemineret med ungtyresæd

n_{fk} = antal køddyr pr. år.

For $n_{fk} = 220.000$ årskøddyr, $p_t = 0,2$ og en årlig fremgang på 3,4 g daglig tilvækst (0,3%) fås:

$$SMI_{DT} = (0,2 \cdot 18,33 + 0,8 \cdot 12,25) \cdot 3,4 \cdot 220.000 \approx 10 \text{ mill. kr.}$$

De samlede merindtægter, SMI_T , af smørfedt- og tilvækstseleksionen bliver:

$$SMI_T = SMI_S + SMI_{DT} = 112 \text{ mill. kr.}$$

Ved sammenligning af de to leds indbyrdes forhold må de tidligere anførte forhold vedrørende vurderingen af tilvækstseleksionens afkastning (se s. 49) tages i betragtning.

IV. Undersøgelser vedrørende den optimale avlsstruktur og faktorer af betydning for denne

Efter at de biologiske og markedsbestemte faktorer er fastsatte, og retningslinierne for afprøvning, selektion og brug af de forskellige kategorier af potentielle avlsdyr er opstillet, kan de avlspolitiske faktorer kombineres til talrige avlsplaner. For hver af disse kan den genetiske fremgang og merafkastningen beregnes på grundlag af de konstruerede modeller. Disse simulationer foretages ved hjælp af et EDB-program, og de avlsplaner, der giver de største merafkastninger, anses for de optimale.

Som det fremgår af *tabel 8* er nogle af de avlspolitiske faktorer fikserede. Blandt de resterende varieres følgende 5 faktorer systematisk i EDB-programmet med henblik på at finde de optimale kombinationer:

- a. Antal ydelsesudvalgte tyrefædre.
- b. Antal rekrutterede tyrekalve.
- c. Procent fraselektede (eliminerede) tyre på grundlag af tilvækst ved individprøven.
- d. Antal døtre i afkomsundersøgelsen (afkomsgruppestørrelse).
- e. Antal lagrede sæddoser pr. ventetyr (lagringsintensitet).

For den sidstnævnte faktor er der af hensyn til de praktiske muligheder sat en øvre grænse på 50 tusinde lagrede doser pr. tyr.

De 5 ovennævnte varierbare faktorer påvirker sammen med enkelte af de fikserede faktorer andre avlspolitiske faktorer, der således varieres indirekte. Dette gælder for:

- a. Antal ydelsesudvalgte køer pr. rekrutteret tyrekalv.
- b. Antal ungtyre.
- c. Proportionen af kontrollerede køer insemineret med ungtyresæd.
- d. Selektede, afkomsundersøgte tyre til brug i henholdsvis den aktive og den passive avlsenhed.

Formålet med nærværende undersøgelser er at finde de optimale kombinationer (avlsplaner) af de 5 ovennævnte varierede avlspolitiske faktorer. Dermed fastsættes den optimale størrelse af alle de avlspolitiske faktorer (*den optimale avlsstruktur*).

Forskellige forhold vil imidlertid bevirke, at det desuden er af interesse at få belyst, hvilken virkning afvigelser fra de fastsatte eller optimerede størrelser af faktorerne vil have på den samlede effektivitet af avlsarbejdet.

Den nuværende avlsstruktur inden for RDM og SDM afviger således fra den her fundne optimale struktur, og tilpasningen til denne må forudses at ville ske gradvis. Det er derfor af interesse at kende den indflydelse, som de avlspolitiske faktorer afvigelser fra den optimale størrelse vil have på avlsarbejdets effektivitet.

Endnu er avlsarbejdet for de to nævnte racer ikke fuldt koordineret på landsplan. Det er derfor relevant at belyse, hvad avl i mindre enheder betyder for den samlede effektivitet.

Endelig er fastsættelsen af de økonomiske faktorerers størrelse baseret på et relativt usikkert grundlag, ligesom de må forudses at være underkastet større tidsmæssige ændringer end de biologiske faktorer. Det er derfor af interesse at kende konsekvenserne af eventuelle afvigelser fra den skønnede størrelse af de vigtigste eller mest usikre markedsfaktorer.

Belysningen af de ovennævnte forhold vil ske med *den optimale plan for 4 ydelsesudvalgte tyrefædre og 20 tusinde lagrede sæddoser pr. tyr (se tabel 9), som basisplan.*

A. Optimal avlsstruktur

Den teoretisk optimale avlsplan er fundet ved udvalg af 1 tyrefader pr. årgang på grundlag af smørfedtydelsen samt ved maksimal lagring af tyresæd, det vil sige 50 tusinde doser pr. tyr (tabel 9). *Den relative merafkastning af denne plan er sat til 100, og merafkastningen af alle andre planer sættes*

Tabel 9. Optimale avlsplaner for 1 og 4 ydelsesudvalgte tyrefædre samt for forskellig intensitet af sædlagring.

Table 9. Optimum breeding plans for 1 and 4 selected bull sires on butterfat yield and for different intensity of semen storage.

Ydelsesudv. tyrefædre pr. år	1	4	4	4	4	4
<i>Selected bull sires on yield per year</i>						
Lagr. sæddoser pr. tyr, tus.	50	50	40	30	20	10
<i>Storage of semen per bull, '000' doses</i>						
Rekrutterede tyrekalve pr. år	280	310	370	400	470	470
<i>Recruited bull calves per year</i>						
Tilvækstelimin., %	65	60	60	60	60	60
<i>Elimination on growth rate, %</i>						
Ungtyre pr. år	78	99	118	128	150	150
<i>Young bulls tested per year</i>						
Afkomsgrp. størr.	290	210	200	220	220	300
<i>Size of progeny groups</i>						
Ins. i aktiv avlsh. m. UT-sæd, %	34	31	35	42	49	67
<i>Cows in active breeding unit ins. w. young bulls, %</i>						
Brugstyre til aktiv avlsh. pr. år	7	8	9	11	14	18
<i>Proved bulls used in active breeding unit</i>						
Gen. fremgang for smf., % pr. år	1,66	1,61	1,60	1,58	1,56	1,50
<i>Annual genetic progress in butterfat yield, %</i>						
Gen. fremgang for tilv., % pr. år	0,25	0,28	0,28	0,29	0,30	0,31
<i>Annual genetic progress in growth rate, %</i>						
Relativ merafkastning	100	95,8	95,4	94,9	94,0	92,5
<i>Relative accumulated net returns</i>						

i forhold hertil. En procentenhed merafkastning svarer på dette grundlag til 194 kr. pr. årsko. Tilsvarende udgør en procentenhed forventet fremgang for smørfedtydelse 2 kg pr. årsko og for tilvækstevne 11,5 g daglig tilvækst pr. fedekalv.

Da selektion af 1 tyrefader udelukkende på grundlag af døtrenes smørfedtydelse ikke forekommer realistisk, er det fundet relevant at forudsætte et foreløbigt udvalg af de 4 bedste afkomsundersøgte tyre med hensyn til denne egenskab. Blandt disse er det derefter muligt at foretage yderligere udvalg for andre egenskaber – som for eksempel døtrenes malkbarhed og andre brugsegenskaber – inden fædrene til næste generations tyrekalve anerkendes. Selv om de ydelsesudvalgte tyre således ikke nødvendigvis opnår at blive anerkendt som tyrefædre, vil de i det følgende blive omtalt som *ydelsesudvalgte tyrefædre*.

For 4 ydelsesudvalgte tyrefædre findes den optimale avlsplan ligeledes ved maksimal sæddlagring (*tabel 9*). Det må imidlertid foreløbigt anses for vanskeligt at opnå en lagring af 50 tusinde sæddoser pr. tyr i praksis. Det er derfor yderligere fundet relevant at belyse den optimale struktur ved en lagring på henholdsvis 40, 30, 20 og 10 tusinde sæddoser pr. tyr (*tabel 9*).

For planen med de 4 ydelsesudvalgte tyrefædre og 20 tusinde lagrede sæddoser pr. tyr opnås en forventet årlig fremgang på henholdsvis 1,56% (3,2 kg) smørfedt og 0,30% (3,5 g) daglig tilvækst. Den samlede merafkastning bliver 94,0%, hvilket svarer til 183 kr. pr. ko i populationen. Heraf giver fremgangen i smørfedt 165 kr. (90 procent). Det skal bemærkes, at omkostningerne ved kopopulationens reproduktion (inseminering og tyrehold), der også er nødvendigt uden avlsarbejdet, er medregnet i de totale omkostninger (se s. 46).

B. De avlspolitiske faktorerers betydning

1. Antal ydelsesudvalgte tyrefædre.

Et af de vigtigste led i avlsarbejdet er selektionen af fædrene til næste generation af potentielle avlstyre. Det er væsentlig, at selektionen koncentrerer om de for kvægbrugeren vigtigste produktionsøkonomiske egenskaber.

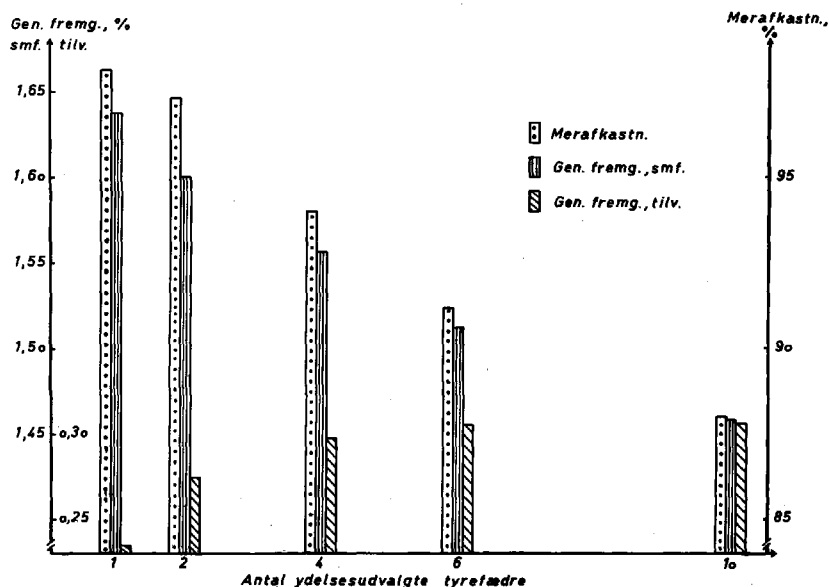
I nærværende undersøgelser vurderes alene effektiviteten af selektion for smørfedt og tilvækst. Imidlertid vil også andre egenskaber som malkbarhed og visse eksteriørtræk være af betydning, selv om deres økonomiske værdi vanskeligt kan vurderes. Disse egenskaber kan som ovenfor nævnt tilgodeses ved et foreløbigt udvalg af flere tyre på grundlag af afkommets smørfedtydelse, for derefter at selekttere for andre egenskaber inden de egentlige tyrefædre anerkendes. Betydningen af at selekttere et stigende antal ydelsesudvalgte tyrefædre og den dermed følgende svagere selektionsintensitet for smørfedt fremgår af *tabel 10*. Udviklingen i merafkastning og forventet fremgang for smørfedt og tilvækst er illustreret i *figur 8*.

Tabel 10. Avlsstruktur og effektivitet ved stigende antal ydelsesudvalgte tyrefædre (60% tilvækstelimin., 20 tus. lagr. sæddoser).

Table 10. Breeding structure and efficiency with increasing number of selected bull sires for butterfat yield (60% elimination on growth rate, 20,000 stored semen doses per bull).

Ydelsesudv. tyrefædre	Ung- tyre	Afkomsgrp., døtre	Ungtyre- ins., %	Gen. fremg., %		Meraf- kastn., %
				smf.	tilv.	
				Genetic progress		
				butterfat	growth	
Selected bull sires on yield	Young bulls	Size of progeny groups	Cows ins. w. young bulls, %			Net returns, %
1	134	260	52	1,64	0,23	98,1
2	128	260	49	1,60	0,28	97,3
4	150	220	49	1,56	0,30	94,0
6	150	220	49	1,51	0,31	91,2
10	160	180	43	1,46	0,31	87,0

Det ses af tabellen, at med stigende antal ydelsesudvalgte tyrefædre er der en tendens til, at antallet af ungtyre og dermed rekrutterede tyrekalve er stigende samtidig med, at den optimale afkomsgruppestørrelse og andelen af den aktive avlsenhed insemineret med ungtyresæd er faldende.



Figur 8. Merafkastning samt genetisk fremgang i smørfedtydelse og tilvækst ved stigende antal ydelsesudvalgte tyrefædre.

Figure 8. Net returns and genetic progress in butterfat yield and growth rate with increasing selection of bull sires.

Af såvel *tabel 10* som *figur 8* fremgår det, at den forventede genetiske fremgang for tilvækst er svagt stigende med faldende selektionsstyrke (stigende antal udvalgte tyrefædre) for smørfedt. Da selektionsstyrken for tilvækst er konstant (60 procent fra selektion ved individprøven), kan denne stigning alene tilskrives, at indavlsgraden og dermed indavlsdepressionen falder. For smørfedtydelsen kan faldet i indavlen ikke opveje den nedgang i forventet fremgang, der skyldes faldende selektionsstyrke for denne egenskab.

Ved udvalg af 4 tyrefædre i stedet for 1 falder merafkastningen med 4,1 procentenheder (*tabel 10*) eller ca. 8 kr. pr. ko pr. år. Det samme forhold gør sig gældende, hvis antallet af ydelsesudvalgte tyrefædre bliver endnu større, og det må konkluderes, at *med stigende antal ydelsesudvalgte tyrefædre er den samlede merafkastning af avlsarbejdet faldende*.

At der skal selekteres så få tyrefædre som muligt af hensyn til ydelsesfremgangen er i god overensstemmelse med konklusionen fra tidligere undersøgelser (se s. 10).

Disse konklusioner må give anledning til overvejelser om, hvor stærkt der ved tyrefædreselektionen skal tages hensyn til andre egenskaber, hvis økonomiske merafkastning ikke er vurderet i nærværende undersøgelser. Forudsættes det eksempelvis, at der årligt skal anerkendes 2 tyrefædre, vil en stigende hensyntagen til andre egenskaber end produktionsegenskaberne være ensbetydende med, at der i første omgang skal udvælges et stigende antal tyrefædre for ydelse. Dette vil igen medføre en faldende merafkastning for denne egenskab, hvilket skal opvejes af værdien af den avlsmæssige forbedring, der samtidigt må forventes for de andre egenskaber.

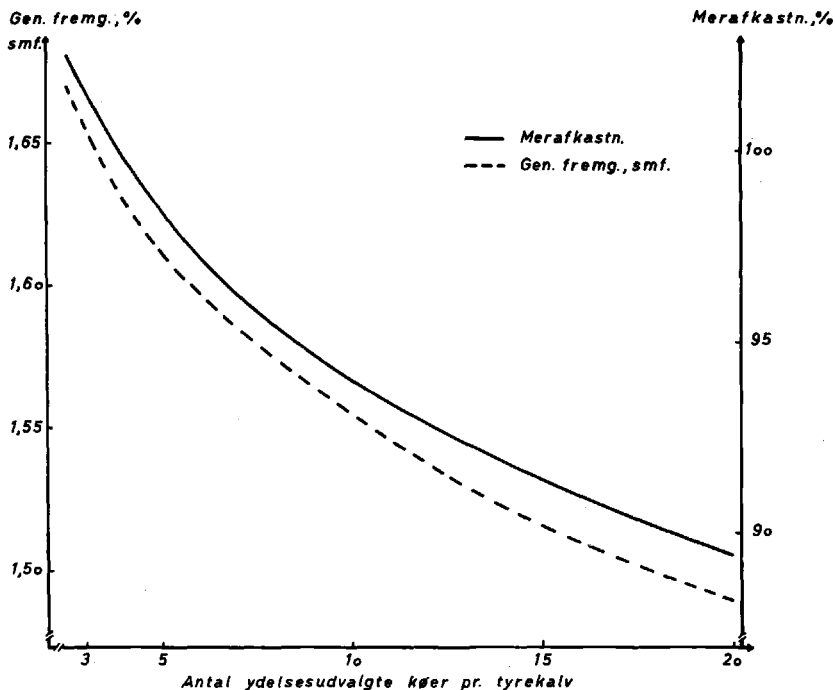
2. Antal ydelsesudvalgte køer til rekruttering af en tyrekalv.

I de hidtil anførte resultater er der forudsat udvalgt 10 køer på grundlag af smørfedtydelsen for hver rekrutteret tyrekalv til individprøven. Blandt disse forudsættes yderligere selektion for andre egenskaber, således at der kun anerkendes 2,5–3 tyremødre pr. rekrutteret tyrekalv.

Som det var tilfældet for tyrefædrene er det af interesse at kende konsekvenserne med hensyn til nedgang i merafkastning og forventet ydelsesfremgang ved selektion for andre egenskaber, hvis økonomiske værdi vanskeligt kan vurderes eksakt.

Under forudsætning af 4 ydelsesudvalgte tyrefædre, 60 procent fraselektion for tilvækst og lagring af 20 tusinde sæddoser pr. tyr er det undersøgt, hvorledes merafkastning samt forventet fremgang for smørfedt og tilvækst afhænger af faldende selektionsintensitet for smørfedt og stigende krav til andre egenskaber hos tyremødrene.

Tilvækstfremgangen påvirkes ikke af en ændring i antallet af ydelsesudvalgte køer. Af *figur 9* fremgår det, at den forventede årlige fremgang i smørfedtydelse falder med 0,1 procentenhed og merafkastningen med ca. 7,5 procentenheder



Figur 9. Merafkastning og forventet ydelsesfremgang ved stigende antal ydelsesudvalgte køer pr. tyrekalv.

Figure 9. Net returns and genetic progress in butterfat yield with increasing numbers of bull dams selected on yield per recruited bull calf.

ved at gå fra 3 til 10 ydelsesudvalgte køer pr. tyrekalv. Dette svarer til ca. 14 kr. pr. årsko.

Som for tyrefædrene bliver konklusionen, at med stigende antal ydelsesudvalgte køer pr. rekrutteret tyrekalv til individprøven falder merafkastningen fra produktionsegenskaberne.

Denne konklusion må give anledning til lignende overvejelser som anført for tyrefædrene.

3. Selektionsintensitet for tilvækst.

Ved individprøven forudsættes det, at 20 procent udgår på grund af sygdom og ringe eksteriør. Dertil kommer fraselektionen på grundlag af tilvæksten. Ved lagring af 20 tusinde sæddoser pr. tyr er det som tidligere anført optimalt at fraselektre 60 procent af tyrene på grundlag af tilvækstresultaterne (tabel 9).

Som det ses af *tabel 11* er den optimale størrelse af faktorerne, antal ungtyre, afkomsgruppestørrelse og procent af aktiv avlsenhed insemineret med ungtyresæd, stort set den samme inden for intervallet 0–60 procent tilvæksteliminering. I dette interval opnås den stigende selektionsintensitet for tilvækst ved at øge antal individafprøvede tyre samt i samme takt antal tyre, der fraselekteres på grundlag af tilvæksten.

Tabel 11. Optimale avlsplaner ved stigende selektionsintensitet for tilvækst ved individprøven.

Table 11. Optimum breeding plans with increasing intensity of selection for growth rate.

Tilvækst elimin. %	Rekrutt. tyre- kalve	Ung- tyre	Afkoms- gruppe- døtre	Ungtyre- ins., %	Gen. fremg., %		Meraf- kastn.
					smf.	tilv.	
					Genetic progress, %		
<i>Elimin. on growth rate, %</i>	<i>Recruited bull calves</i>	<i>Young bulls</i>	<i>Size of progeny groups</i>	<i>Cows ins. w. young bulls, %</i>	<i>butterfat</i>	<i>growth</i>	<i>Net returns %</i>
0	200	160	180	43	1,64	-0,03	89,8
10	200	144	200	43	1,63	0,04	91,3
20	250	160	180	43	1,63	0,09	92,3
30	270	151	200	45	1,61	0,14	92,9
40	320	153	200	45	1,60	0,19	93,5
50	370	148	200	44	1,58	0,24	93,9
55	420	151	210	47	1,57	0,27	94,0
60	470	150	220	49	1,56	0,30	94,0
65	500	140	240	50	1,54	0,33	93,9
70	530	127	270	51	1,52	0,36	93,8
80	670	107	360	57	1,46	0,45	92,7

Tilvækstfremgangen er proportionalt stigende med selektionsintensiteten. Den lille negative fremgang uden tilvækstselektion skyldes indavlsdepressionsleddet i formel (10). Den svagt faldende forventede ydelsesfremgang, der følger med stærkere tilvækstselektion, kan tilskrives den stigende rekruttering af tyrekalve med deraf følgende nedgang i tyremødrenes gennemsnitlige avlsmæssige overlegenhed med hensyn til smørfedtydelse.

Den økonomiske effektivitet er næsten den samme fra 40–70 procent tilvæksteliminering. I dette interval opvejes de stigende merindtægter fra tilvækstfremgangen dels af de øgede individprøveomkostninger og dels af nedgangen i merindtægter fra smørfedtfremgangen. Det må konkluderes, at *selektionsstyrken for tilvækst kan varieres inden for intervallet 40–70 procents fraselektion på grundlag af tilvækst ved individprøven uden, at dette vil påvirke merafkastningen i nævneværdig grad.*

Den optimale fraselektion på 50–65 procent ligger i underkanten af det generelt fundne på 67–75 procent i tidligere undersøgelser (se s. 11). Den optimale forventede fremgang for tilvækst på 0,24–0,33 procent svarer til det tidligere fundne.

4. Sædlagringsintensiteten.

Ved belysning af den optimale avlsstruktur fandtes det, at maksimal dybfrysning og lagring af tyresæd (50 tusinde doser pr. tyr) giver maksimal merafkastning (se s. 52). Det anførtes imidlertid, at det sandsynligvis endnu er vanskeligt at opnå denne lagringsintensitet i praksis.

Under forudsætning af 4 ydelsesudvalgte tyrefædre og 60 procent tilvækstelinering er lagringsintensitetens indflydelse på den øvrige avlsstruktur og avlsarbejdets effektivitet derfor undersøgt.

Af tabel 9 fremgår det, at *stigende sædlagring pr. tyr medfører:*

- et fald i det optimale antal ungtyre og dermed i antallet af rekrutterede tyrekalve.
- et fald i den optimale andel af den aktive avlsenhed insemineret med ungtyresæd og dermed et svagt fald i tilvækstfremgangen (nævneren i formel (10) bliver større).
- en aftagende stigning i smørfedtfremgangen og merafkastningen.

Det ses således, at både den optimale avlsstruktur og avlsarbejdets effektivitet påvirkes af antal lagrede sæddoser.

Den forventede smørfedtfremgang og merafkastning stiger stærkest ved en øgning af sædlagringen fra 10 til 20 tusinde doser pr. tyr, men er endnu stigende ved en lagring af 50 tusinde doser. Det må konkluderes, at *det er af største betydning at øge sædlagringen, når denne i forvejen befinder sig på et lavt niveau, men i øvrigt må den størst mulige lagring tilstræbes.*

Resultaterne er i god overensstemmelse med det generelt fundne i tidligere undersøgelser (se s. 10).

5. Antal ungtyre.

Som det fremgår af det foregående afsnit, findes der en vekselvirkning mellem optimal sædlagring og antal ungtyre (tabel 9). En øgning i sædlagringen vil medføre, at der skal afprøves færre ungtyre.

Under forudsætning af 4 ydelsesudvalgte tyrefædre, 60 procent tilvækstelinering og lagring af 20 tusinde sæddoser pr. år, er det yderligere undersøgt, hvilken indflydelse antal ungtyre har på den optimale avlsstruktur og avlsarbejdets effektivitet.

Tilvækstfremgangen er næsten konstant, medens resultaterne i tabel 12 viser, at *afkomsundersøgelse af et stigende antal ungtyre vil medføre:*

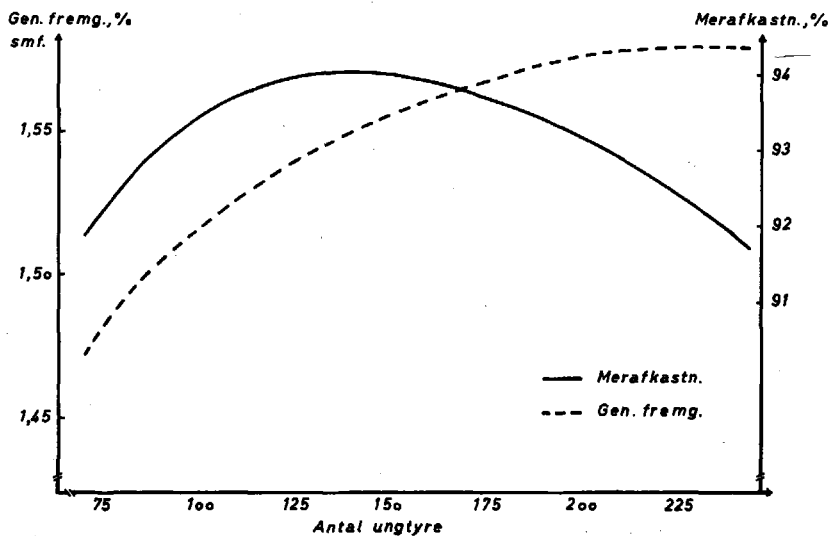
- en relativ stærk nedgang i den optimale afkomsgruppestørrelse.
- en mindre nedgang i den optimale andel af aktiv avlsenhed insemineret med ungtyresæd.
- en aftagende stigning i den forventede ydelsesfremgang.

Den optimale avlsstruktur er således påvirket af antal ungtyre. Ved den endelige fastlæggelse af denne faktors størrelse, må afkomsgruppestørrelsen og sædlagringsintensiteten tages i betragtning samtidigt.

Tabel 12. Effektiviteten af avlsarbejdet ved stigende antal ungtyre.
Table 12. Selection efficiency with increasing number of young bulls.

Ung- tyre	Afkomsgrp., døtre	Ungtyre- ins., %	Gen. fremg. for smf., %	Merafkastn., %
Young bulls	Size of progeny groups	Cows ins. w. young bulls	Genetic progress for butterfat, %	Net returns
89	410	54	1,50	93,0
108	310	50	1,53	93,7
128	260	49	1,54	94,0
150	220	49	1,56	94,0
169	170	43	1,57	93,7
188	170	47	1,57	93,3
208	140	43	1,58	92,9

Af figur 10 fremgår det, at ved en lagring på 20 tusinde sæddoser pr. tyr kan antallet af ungtyre varieres inden for intervallet 125–160 uden, at dette påvirker merafkastningen i nævneværdig grad. De tilsvarende intervaller for 10, 30 og 50 tusinde lagrede sæddoser er henholdsvis 135–170, 110–140 og 95–115 ungtyre.

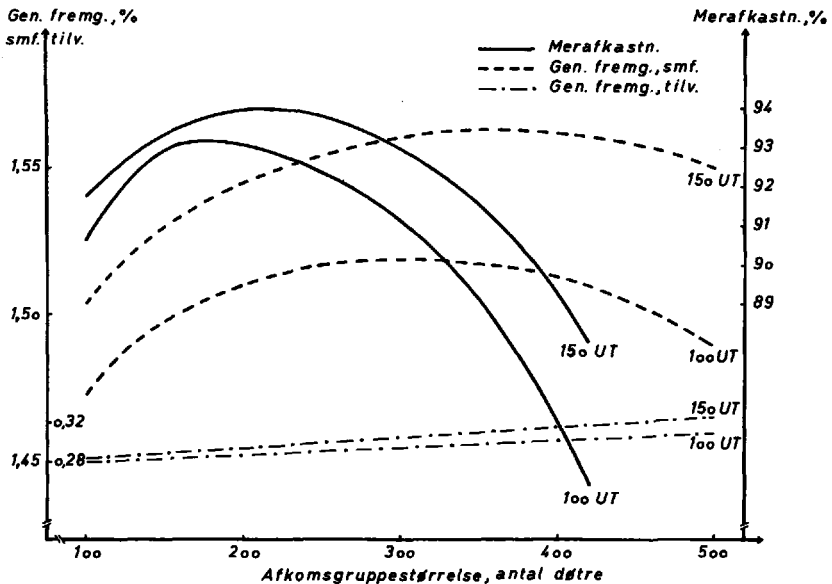


Figur 10. Merafkastning og forventet ydelsesfremgang ved stigende antal ungtyre.
Figure 10. Net returns and genetic progress in butterfat yield with increasing numbers of young bulls.

6. Afkomsgruppepestørrelse.

En øget afkomsgruppepestørrelse vil øge sikkerheden ved tyrenes avlsværdi-vurdering. Den optimale afkomsgruppepestørrelse vil først og fremmest påvirkes af antal ungtire (tabel 12), og derigennem indirekte af antal ydelsesudvalgte tyrefædre (tabel 10) og sædlagringsintensitet (tabel 9).

Under forudsætning af 4 ydelsesudvalgte tyrefædre, 60 procent tilvæksteli-minering og lagring af 20 tusinde sæddoser er afkomsgruppepestørrrelsens indfly-delse på avlsarbejdets effektivitet for henholdsvis 100 og 150 ungtire illustreret i figur 11.



Figur 11. Merafkastning samt genetisk fremgang i smørfedtydelse og tilvækst ved stigen-de afkomsgruppepestørrelse.

Figure 11. Net returns and genetic progress in butterfat yield and growth rate with increasing size of progeny groups.

Af figuren ses det, at afhængigheden af afkomsgruppepestørrelsen stort set er sammenfaldende for smørfedtfremgangen og merafkastningen, når antal ungtire holdes konstant. Afkomsgruppepestørrelsen og proportionen af aktiv avlsenhed insemineret med ungtiresæd (p) stiger proportionalt ved konstant antal ungtire, og dette bevirker den svage konstante stigning i tilvækstfremgangen på grund af, at nævneren i formel (10) formindskes med stigende p .

C. Populationsstørrelsens betydning

For at belyse populationsstørrelsens betydning tages der udgangspunkt i en totalpopulation på 500 tusinde årskøer. Denne population tænkes opdelt i lige store delpopulationer, inden for hvilke der drives *et isoleret avlsarbejde*.

I hver delpopulation forudsættes anvendt 4 ydelsesudvalgte tyrefædre, 60 procent tilvækstelminering og lagring af 20 tusinde sæddoser pr. tyr. De andre avlspolitiske faktorer optimeres. Disse forudsætninger vil først og fremmest medføre, at der med stigende opdeling vil blive anvendt et stigende antal tyrefædre i totalpopulationen som helhed.

Af tabel 13 fremgår det, at det optimale antal ungtyre i totalpopulationen vil være stigende med en stigende opdeling af denne. Samtidig falder den optimale afkomsgruppepestørrelse betydeligt, medens andelen af aktiv avlsenhed insemineret med ungtyresæd er svagt faldende. Det skal bemærkes, at ved delpopulationssørrelser på 50 og 100 tusinde køer vil lagringen af 20 tusinde sæddoser pr. tyr medføre, at sæden fra de ydelsesudvalgte tyrefædre vil dække mere end behovet for brugstyresæd til den aktive avlsenhed.

Tabel 13. Betydningen af at isolere avlsarbejdet inden for mindre delpopulationer.

Table 13. The influence of an isolated breeding within subpopulations.

Delpopulationer, tus. køer	I totalpopul.		Afkoms- gruppe, døtre	Ungtyre- ins., %	Gen. fremg., %		Meraf- kastn., %
	ung- tyre-	tyre- fædre			smf.	tilv.	
Subpop- ulation '000' cows	In the total pop.		Size of progeny groups	Cows ins. w. young bulls, %	Genetic progress, %		Net income %
	Young bulls	Bull sires			butterfat	growth	
50	250	40	90	33	1,18	0,27	61,9
100	190	20	100	28	1,34	0,27	82,0
200	160	10	180	43	1,44	0,28	84,6
500	150	4	220	49	1,56	0,30	94,0
*200	76	4	130	37	1,53	0	32,7(81,8)

*Ingen tilvækstfremgang i en totalpopulation på 200 tus. årskøer.

At den forventede ydelsesfremgang og afkomsgruppepestørrelsen er stigende med størrelsen af den aktive avlsenhed er i overensstemmelse med resultaterne fra tidligere undersøgelser (se s. 10).

Den forventede tilvækstfremgang falder lidt ved opdeling af totalpopulationen, medens den forventede ydelsesfremgang og dermed merafkastningen falder stærkere. Størstedelen af disse nedgange kan tilskrives anvendelsen af det større antal tyrefædre. For delpopulationen på 200 tusinde køer forudsættes der således anvendt 4 ydelsesudvalgte tyrefædre, hvilket svarer til anvendelse af 10 tyrefædre for totalpopulationen. Resultatet for denne delpopulationsstørrelse kan sammenlignes med resultatet for 10 ydelsesudvalgte tyrefædre

i den ikke opdeltede totalpopulation (*tabel 10*). Det ses, at den af opdelingen betingede anvendelse af 10 ydelsesudvalgte tyrefædre alene kan tilskrives nedgangen i forventet ydelsesfremgang fra 1,56 til 1,46 procent og i merafkastningen fra 94,0 til 87,0 procent. Den resterende del af nedgangen på 0,02 procentenheder ydelsesfremgang og 2,4 procentenheder merafkastning kan tilskrives den lille nedgang i effektivitet, som opdelingen vil medføre for selektion og anvendelse af de øvrige kategorier af avlsdyr.

Det må således konkluderes, at *ved avlsarbejde inden for mindre delpopulationer er det af afgørende betydning, at tyrefædre søges rekrutteret inden for hele populationen.*

For populationsstørrelsen på 200 tusinde køer svarende til den danske Jersey-population er der nederst i tabellen anført den optimale plan under forudsætning af, at der ikke ønskes nogen tilvækstfremgang. Ved denne plan forudsættes en afgang på 25 procent ved individprøven, således, at der skal rekrutteres 100 tyrekalve pr. år. Tages sædlagringen på 20 tusinde doser pr. tyr i betragtning, er denne plan i god overensstemmelse med resultaterne fra tidligere undersøgelser (*Ovesen et al. 1971*), skønt der er foretaget visse ændringer i de opstillede forudsætninger siden gennemførelsen af disse beregninger. Merafkastningen udgør 32,7 procent for 200 tusinde køer, hvilket svarer til 81,8 procent for den 2,5 gange større population på 500 tusinde køer.

D. Markedsfaktorernes betydning

Som tidligere nævnt er fastsættelsen af markedsfaktorernes størrelse mere usikker, end det er tilfældet for de biologiske faktorer. Tidsmæssige prisændringer vil desuden påvirke merindtægterne for henholdsvis smørfedt og daglig tilvækst, rentefoden samt omkostningsfaktorerne. Det er af interesse at kende, hvilken indflydelse eventuelle ændringer i disse faktoreres størrelse vil have på den optimale avlsstruktur, samt i hvilken grad merafkastningen af den valgte avlsplan vil afvige fra det maksimalt opnåelige under de eventuelt ændrede økonomiske forhold. Bliver der tale om betydelige afvigelser, kan konsekvensen blive, at den økonomiske udvikling nøje må overvåges med henblik på avlsstrukturens tilpasning til de økonomiske ændringer.

1. Merindtægt for smørfedt og tilvækst.

De optimale avlsplaner for forskellige merindtægter pr. kg smørfedt og pr. g daglig tilvækst er givet i *tabel 14*. Fra resultaterne kan der drages følgende konklusioner:

Tabel 14. Optimale avlsplaner for alternative merindtægter for smørfedt (MI_S) og tilvækst (MI_{DT}).
Table 14. Optimum breeding plans at different net income of butterfat (MI_S) and growth (MI_{DT}).

MI_S kr.	MI_{DT} kr.	MI_S/MI_{DT}	Tilv. elim., %	Rekrutt. tyrekalve	Ung- tyre	Afkoms- gruppe døtre	Ungty- reins., %	Gen. fremgang		Meraf- kastn., %
MI_S	MI_{DT}	MI_S/MI_{DT}	Elimin on growth rate, %	Recruited bull calves	Young bulls	Size of progeny groups	Cows ins. w. young bulls, %	smf., %	tilv., %	Net returns %
Dkr.	Dkr.							butterfat %	growth %	
6	0,8	7,5	60	400	128	260	49	1,54	0,30	64,9
6	1,0	6,0	75	480	96	430	61	1,46	0,41	67,6
6	1,2	5,0	85	600	72	670	71	1,37	0,52	71,0
8	0,8	10,0	50	370	148	200	44	1,58	0,24	92,2
8	1,0	8,0	60	470	150	220	49	1,56	0,30	94,0
8	1,2	6,7	70	530	127	270	51	1,52	0,36	96,4
10	0,8	12,5	30	320	179	160	42	1,62	0,14	120,2
10	1,0	10,0	50	400	160	180	43	1,58	0,24	121,5
10	1,2	8,3	60	470	150	220	49	1,56	0,30	123,3

sammenhørende kombinationer i de to tabeller ses det, at merafkastningen for basisplanen ikke ligger mere end 0-1,1 procentenheder under det maksimalt opnåelige under ændrede økonomiske prisforhold.

Det må således konkluderes, at *ændringer i merindtægterne på op til 20-30 procent samt endnu større ændringer i de indbyrdes prisforhold for smørfedt og tilvækst ikke vil gøre ændringer i den først valgte avlsstruktur nødvendig.*

2. Rentefod.

En ændring i rentefoden vil først og fremmest medføre en ændring af de økonomiske værdier af fremgangene, som det ses af *tabel 16*. Dette vil igen medføre mindre ændringer i den optimale avlsstruktur som omtalt ovenfor.

En stigning i rentefoden vil medføre:

- et fald i de økonomiske værdier af den genetiske fremgang for både smørfedt og tilvækst.
- en svag nedgang i den optimale genetiske fremgang for smørfedtydelse, hvilket hovedsageligt kan henføres til faldet i forholdene, V_{S25}/V_{DT25} og $V_{S25}/V_{D''T25}$
- et fald i det optimale antal ungtyre og dermed en stigning i den optimale afkomsgruppestørrelse.

Tabel 16. Optimalt avlsplaner ved forskellig rentefod.

Table 16. Optimum breeding plans at different discount rate.

Rente %	Værdien af 1% gen. fremg.				Ung- tyre	Af- koms- grup- p. dotre	Gen. fremg.		Mer- af- kastn. %
	V_{S25} kr.	V_{DT25} kr.	$V_{D''T25}$ kr.	V_{S25}/V_{DT25}			smf. %	tilv. %	
Disc. rate %	Value of 1% genetic progr.				Young bulls	Size of prog. group	Genetic progr.		Net re- turns %
	V_{S25} Dkr.	V_{DT25} Dkr.	$V_{D''T25}$ Dkr.	$V_{S25}/V_{D''T25}$			butterfat %	growth %	
8	162	217	157	1,03	160	180	1,56	0,29	118,0
10	136	211	141	0,97	150	220	1,56	0,30	94,0
12	116	207	128	0,91	128	260	1,54	0,30	75,4

Nedgangen i de økonomiske værdier skyldes, at diskonteringsfaktoren (se s. 45) for et fremtidigt år vil blive mindre, når rentefoden bliver større. Sagt med andre ord er den kapitaliserede værdi af den genetiske fremgang, der først kommer til udtryk i senere generationer, mindre ved høj end ved lav rentefod.

Den lille forskydning i forholdet mellem værdien af henholdsvis smørfedt- og tilvækstfremgang har ikke i nærværende beregninger medført ændring i den optimale tilvækstelimering på 60 procent.

For basisplanen vil en rente på 8 eller 12 procent resultere i en merafkastning på henholdsvis 118,0 og 75,1 procent. Disse resultater afviger kun henholdsvis 0,0 og 0,3 procentenheder fra de maksimalt opnåelige merafkastninger under de ændrede betingelser (*tabel 16*).

3. Tyreholdsomkostninger.

En ændring i tyreholdsomkostningerne (fodring, pasning og bygninger) fra 4.600 kr. til 3.600 eller 5.600 kr. vil resultere i en relativ merafkastning på henholdsvis 94,6 og 93,5 sammenlignet med de oprindelige 94,0 procent. Den optimale avlsstruktur ændres ikke nævneværdigt, og basisplanen vil give maksimal merafkastning også under de ændrede betingelser.

4. Fremstillingsomkostninger for sæd destrueret efter afkomsundersøgelsen.

Denne omkostning er endnu meget usikkert bestemt. I udenlandske undersøgelser regnes med højere værdier (*tabel 1*) end i nærværende undersøgelser (se s. 38).

En ændring i fremstillingsomkostningerne pr. dybfrossen sæddose fra 0,14 til 0,02, 0,07 eller 0,21 kr. vil medføre ændringer i merafkastningen til henholdsvis 94,5, 94,3 og 93,8 procent. Som for tyreholdsomkostningerne vil den optimale avlsstruktur forblive næsten uændret.

V. Avlsplanens tilpasning til praksis

A. Avlsforanstaltningernes tilpasning

Når den udpegede avlsplan skal føres ud i praksis, melder der sig en række problemer i forbindelse med, hvorledes de nødvendige avlsforanstaltninger skal organiseres og gennemføres for at opnå de forventede resultater.

De her forudsatte avlsforanstaltninger som tyremødreregister, individprøve, dybfrysning og lagring af tyresæd og diverse afkomsundersøgelser gennemføres allerede eller er under opbygning. De væsentligste problemer vedrører, hvorledes de skal organiseres under hensyntagen til, at *bevarelsen af den størst mulige interesse for avlsarbejdet blandt kvægbrugerne skal kombineres med den størst mulige effektivitet af dette.*

Som påpeget indledningsvis (se s. 8) vil det for visse avlsforanstaltninger være hensigtsmæssigt med en koordinering inden for hele populationen (på landsplan). Andre avlsopgaver kan imidlertid udmærket gennemføres på regionalt eller lokalt plan. På grundlag af nærværende undersøgelser er det i *tabel 17* skitseret, hvorledes gennemførelsen af de enkelte avlsforanstaltninger mest hensigtsmæssigt kan placeres, såfremt de ovenfor anførte hensyn skal tilgodeses.

Tabel 17. Oversigt over en hensigtsmæssig placering af avlsforanstaltningerne.
Table 17. Outline on an appropriate placing of the different breeding measures.

Avlsforanstaltning Breeding measures	Avlsværdivurd.		Selektion		Brug af avlsdyr	
	på landspl.	i avlsfor.	på landspl.	i avlsfor.	på landspl.	i avlsfor.
	Testing		Selection		Use of selected anim.	
	national	in IA assoc.	national	in AI assoc.	national	in AI assoc.
Tyremødreregister <i>Bull dam registration</i>	+	(+)	+	(+)		+
Individprøve <i>Performance testing</i>	+	(+)	+	(+)		+
Frugtbarhedsunders. <i>Fertility testing</i>	+	+		+		+
Afkomsunders. (mælk, kød, malkbarhed og eksteriør) <i>Progeny testing (milk, beef, milking ability, exterior)</i>	+		+	+		+
Tyrefædreregister <i>Bull sire registration</i>	+		+	(+)		+

Avlsværdivurderingen af køerne med hensyn til ydelse (Y-tal) vil fremover ske centralt. Her vil køernes kælvningsinterval og eventuel malkbarhed ligeledes blive registreret. Selektionen af de potentielle tyremødre med hensyn til disse egenskaber vil derfor mest hensigtsmæssigt kunne finde sted på landsplan efter ensartede regler. Derimod vil det formentlig være mest hensigtsmæssigt at lade vurderingen med hensyn til de vigtigste eksteriøregenskaber hos de potentielle tyremødre ske på regionalt eller lokalt plan. Det samme gælder for beslutningen om hvilke af de anerkendte tyrefædre, der skal anvendes til de godkendte tyremødre. Det vil således fortsat være den enkelte kvægavlsforenings og kværbrugerens opgave at bestemme parringskombinationen mellem tyrefædre og -mødre. Dermed vil de også bestemme hvilke tyrekalve, der skal indkøbes til individafprøvning.

Af hensyn til en ensartet afprøvning og et sikkert sammenligningsgrundlag for de potentielle avlstyre med hensyn til vækstevne, slagte kvalitet (ultralydmåling) m.m., er det væsentligt, at individprøvestationer har en betydelig kapacitet. Derfor må individprøven gennemføres på landsplan – af veterinære grunde på mindst 2–3 stationer. Det vil desuden være hensigtsmæssigt med ensartede selektionskriterier for alle afprøvede tyre inden for populationen. De enkelte foreninger kan dog med et rationelt udvalg sikre en effektivitet, der ikke forudses at afvige væsentlig fra det opnåelige ved en central selektion.

Når det gælder antal årligt rekrutterede tyrekalve til individprøven samt antal godkendte ungtire, der skal anvendes, er koordinering på landsplan

ønskelig. I modsat fald bør foreningerne indkøbe og afkomsundersøge det antal tyrekalve respektive ungtyre, som foreningens koantal i relation til den samlede kopopulation berettiger til (*se tabel 18*). For mindre kvægavlsforeninger kan tilfældigheder medføre, at der et år vil være relativt for få og et andet år relativt for mange kvalificerede ungtyre til rådighed efter individprøven. En vis udveksling af tyre eller sæd med andre foreninger vil derfor være hensigtsmæssig i dette tilfælde.

Undersøgelse af tyrens bedækningslyst og sædkvalitet vil være den enkelte kvægavlsforenings opgave. Registreringen af tyrens frugtbarhed på grundlag af prøveinsemineringerne (ikke – omløberprocent m.m.) vil mest hensigtsmæssigt kunne ske via EDB på centralt plan. Beslutningen om eventuel kassation af tyre på grundlag af disse frugtbarhedsmål vil imidlertid udmærket kunne ske i de enkelte kvægavlsforeninger.

Prøveinsemineringerne må ske på kvægavlsforeningernes foranstaltning. Som det fremgår af *tabel 9* er den optimale afkomsgrupppestørrelse på godt 200 døtre, hvilket svarer til ca. 1500 insemineringer pr. ungtyr. Dette tal kan forekomme højt, og af *figur 11* ses det, at tilstræbelsen af en afkomsgruppe på 150 døtre svarende til 1.100 insemineringer ikke vil medføre en nævneværdig nedgang i effektiviteten. Det må imidlertid erindres, at afkomsgrupppestørrelsen ikke kan nedsættes uden konsekvenser, hvis antallet af ungtyre samtidig ligger under den optimale størrelse (*se s. 60*).

Gennemførelsen af de forskellige afkomsundersøgelser, der allerede fungerer eller er under opbygning, vil det fortsat være naturligt at gennemføre på landsplan. Selektionen af brugstyre på grundlag af resultaterne fra disse undersøgelser vil uden nævneværdig tab i effektivitet kunne foretages af kvægavlsforeningerne. For mindre foreninger vil det imidlertid være en fordel med sædudvekslingsaftaler for altid at være sikret et tilstrækkeligt antal kvalificerede brugstyre.

Som det fremgår af *tabel 10* og *12* er det af overordentlig stor betydning for avlsarbejdets effektivitet, at det på landsplan selekteres så få tyrefødre som muligt. Det vil derfor være hensigtsmæssigt, om udpegningen af de anerkendte tyrefødre finder sted på landsplan. I modsat fald bør den enkelte forening udvælge sine tyrefødre blandt hele populationens brugstyre.

B. Retningslinier for de enkelte kvægavlsforeningers dispositioner

De enkelte kvægavlsforeninger vil således fortsat forestå en væsentlig del af avlsarbejdet. Endvidere må det forudses, at udvalget af tyremødrene og tyrefødre samt selektionen af ungtyrene på grundlag af individprøven vil blive varetaget af de enkelte foreninger. Det er derfor hensigtsmæssigt at angive retningslinier for, hvorledes foreningerne skal disponere under hensyntagen til avlsplanen for hele populationen.

Da dybfrysningens og hermed sædlagringens omfang er den faktor, der må forudses at være mest vanskelig at optimere i de førstkommande år, er der i *tabel 18* opstillet en række vejledende faktorer til hjælp for kvægavlsforeningernes dispositioner ved forskellig sædlagring pr. tyr. Disse alternativer svarer til de optimale avlsplaner for 4 ydelsesudvalgte tyrefædre i *tabel 9*.

Tabel 18. Nogle vejledende faktorer til hjælp for kvægavlsforeningernes dispositioner med hensyn til tyrehold, sædaflagring m.m.

Table 18. Some guidelines factors as a guide for the AI associations.

Lagrede sæddoser pr. tyr, tus.	20	30	40
<i>Stored semen per bull, '000'</i>			
Pr. 10 tus. køer pr. år			
<i>Per 10.000 cows per year</i>			
Rekrutterede tyrekalve	9,4	8,0	7,4
<i>Recruited bull calves</i>			
Ungtyre	3,0	2,6	2,4
<i>Young bulls</i>			
Pr. 5 tus. køer i aktiv avlsenhed pr. år:			
<i>Per 5.000 cows per year in active breeding unit:</i>			
Brugstyre, inklusive tyrefædre	0,26	0,20	0,17
<i>Proved bulls, incl. bull sires</i>			
Insemineringer med ungtyresæd	4.880	4.170	3.490
<i>Cows inseminated with semen from young bulls</i>			
Anerkendte tyremødre	25	22	20
<i>Selected bull dams</i>			
Lagringskapacitet, tus. doser	167	176	192
<i>Semen storage capacity, '000' doses</i>			

For hver 5 tusinde køer med opdræt skal der årligt foretages ca. 10 tusinde insemineringer, og deraf skal henholdsvis 4.880, 4.170 og 3.490 insemineringer reserveres ungtyrene. Dette svarer til 1.550–1.600 insemineringer pr. ungtyr, idet den optimale afkomsgrupppestørrelse for de tre planer er på 200–220 døtre.

Ved beregning af lagringskapaciteten for dybfrossen tyresæd må det tages i betragtning, at 10 procent af tyrene forudsættes at udgå inden afkomsundersøgelsernes afslutning af årsager, der gør anvendelsen af deres sæd uønsket. Sæden fra de resterende tyre lagres indtil selektionen på grundlag af afkomsundersøgelserne, hvorefter kun de udvalgte brugstyres sæd opbevares. Da denne sæd forudsættes anvendt jævnt over det følgende år, vil den gennemsnitlige opbevaringstid blive et halvt år for brugstyresæd. På dette grundlag beregnes den gennemsnitlige lagring over hele året. Da opsamling og senere anvendelse af tyresæden imidlertid vil være svingende, er den nødvendige lagringskapacitet i *tabel 18* fremkommet som den gennemsnitlige lagring plus 10 procent.

C. Anvendelse af ung- og brugstyre til ikke-kontrollerede køer

I forudsætningerne for nærværende økonomiske beregninger indgår, at ikke-kontrollerede køer insemineres med sæd fra brugstyre udvalgt efter, at de nødvendige brugstyre til den aktive avlsenhed er selekteret. I *tabel 18* er der imidlertid kun forudsat anvendelse af brugstyre i den aktive avlsenhed. Skal der i dette tilfælde også anvendes brugstyresæd til alle ikke-kontrollerede køer, er der behov for yderligere 0,50, 0,33 og 0,25 brugstyre pr. 5.000 ikke-kontrollerede køer i de 3 respektive alternativer.

Det er imidlertid ikke afklaret, om det er mest fordelagtigt at anvende ungtyre eller brugstyre for de kvægbrugere, der ikke er under ydelseskontrol. Det må tages i betragtning, at de sidst selekterede brugstyre ikke nødvendigvis er meget bedre end de samtidige ungtyre. De sidstnævnte må på grund af aldersforskellen godskrives den tilsvarende genetiske ydelsesfremgang (se s. 42). Dertil kommer, at ungtyrene af samme grund vil besidde en bedre tilvækstevne end de samtidige ældre brugstyre, når der som her forudsat ikke er taget yderligere hensyn til tilvækstevnen ved brugstyreselektionen. Foreløbig må det således anbefales at lade andre hensyn afgøre i hvilket forhold, man vil anvende ung- og brugstyresæd til den ikke-kontrollerede kobestand.

VI. Afslutning

A. Generelle konklusioner

Formålet med nærværende undersøgelser har været:

- at undersøge virkningen af de faktorer, der er bestemmende for den økonomisk optimale avlsstruktur under danske forhold.
- at yde vejledning til avlsplanlægningen for danske kvægracer.

Litteraturstudierne viser, at den aktuelle genetiske fremgang for mælkeproduktionen i de fleste højtudviklede kvægpopulationer har ligget på 0,8–1,1 procent pr. år (*tabel 2*), medens beregninger viser, at der kan opnås 1,2–1,6 procent. Skal den sidstnævnte fremgang realiseres, er det imidlertid af afgørende betydning, at følgende principper overholdes:

- tyremødreselektionen skal være effektiv.
- ungtyrene skal anvendes så tidligt som muligt til prøveinsemineringerne.
- tyrene må ikke anvendes i perioden fra prøveinsemineringernes afslutning til selektionen på grundlag af afkomsundersøgelserne (ventetyreprincippet).
- brugstyrene skal derefter anvendes intensivt i en relativ kort periode.

På grundlag af de opnåede resultater i nærværende undersøgelser må det fastslås, at de faktorer, for hvilke afvigelser fra den optimale størrelse vil påvirke merafkastningen stærkest, er:

- a) Antal ydelsesudvalgte tyrefædre.
- b) Antal ydelsesudvalgte køer pr. rekrutteret tyrekalv til individprøven.
- c) Antal lagrede sæddoser så længe denne faktor er under 20-30 tusinde doser pr. tyr.
- d) Antal ungtyre og afkomsgruppestørrelse i forening.

Størrelsen af disse faktorer må først og fremmest søges optimeret, hvis den maksimale økonomiske merafkastning af avlsarbejdet skal opnås.

For de andre faktorer, som avlsledelsen fastsætter, vil rimelige afvigelser fra den optimale størrelse ikke påvirke det økonomiske slutresultat i større grad. Det gælder for faktorerne:

- a) Antal individprøvede tyrekalve.
- b) Selektionsstyrken for tilvækst ved individprøven.
- c) Afkomsgruppestørrelsen ved optimal antal ungtyre.
- d) Antal ungtyre ved optimal afkomsgruppestørrelse.

Det må endvidere fastslås, at der skal ske relativt store ændringer i de økonomiske forhold, før det vil være påkrævet at revidere den oprindelige valgte optimale avlsplan.

B. Ikke omtalte avlsforanstaltninger

Enkelte af de eksisterende avlsforanstaltninger har ikke været inddraget i disse undersøgelser. Dette gælder eksempelvis stationsprøverne (afkomsprøverne) for mælke- og kødproduktion, stambogsføringen samt immigration af avlsmateriale fra udenlandske kvægpopulationer.

Stationsprøverne for mælkeproduktion har som nævnt indledningsvis været en betydningsfuld avlsforanstaltning, blandt andet ved vurderingen af tyrens avlsværdi for mælkeproduktionsevne. Denne egenskab vurderes imidlertid både billigere og mere effektivt – på grund af større antal døtre – ved de nuværende afkomsundersøgelser på besætningsmateriale. Det samme vil formentlig gøre sig gældende for malkbarhed og eksteriør, når de nye afkomsundersøgelser for disse egenskaber bliver effektive i nærmeste fremtid.

Stationsprøverne har imidlertid haft en anden meget betydningsfuld funktion, idet de har givet mulighed for at udforske egenskaber, der vanskeligt har kunnet registreres med tilstrækkelig nøjagtighed i besætningerne. Denne funktion er stadig aktuel, og prøverne vil fortsat kunne yde væsentlige bidrag til fremme af dansk kvægavl.

Soller et al. (1966) og *SSG* (1971) vurderede afkomsprøverne for kødproduktion som mindre betydningsfulde for det økonomiske resultat end tyrens individprøve. Med konsumenternes stigende krav til slagte- og kødkvalitet må det imidlertid forudses, at disse egenskaber vil få stigende betydning for kvægavlen. En undersøgelse af deres betydning for og indpasning i den optimale avlsstruktur må derfor være påkrævet i den nærmeste fremtid.

Det må i denne forbindelse ligeledes være af interesse snarest at få undersøgt, hvilken indflydelse tilvækstselektionen blandt tyrene vil have på hundyreens vækstevne, alder ved kønsmodenhed og voksendevægt. *Soller et al.* (1966) vurderer denne indflydelse samt dens økonomiske værdi. Under det israelske subsidierede prissystem findes denne værdi at være 27 procent af værdien for kalve, der indgår direkte i kødproduktionen. En antydning af, hvilken indflydelse en gunstig økonomisk tilvæksteffekt blandt hundyrene vil have på den optimale avlsstruktur og merafkastning fås ved at sammenligne basisavlsplanen og alternativet med en merindtægt på 1,2 kr. pr. g daglig tilvækst i *tabel 14*. Det sidstnævnte alternativ svarer til, at tilvækstselektionens indflydelse på hundyrene tillægges 20 procent af værdien for køddyrene.

Stambogsføringen har hidtil været et vigtigt hjælpemiddel og stimulans for kvægavleren. Med de elektroniske regnemaskiners store kapacitet med hensyn til at tilbageholde og administrere store datamængder vil stambogsføringen, som den kendes i dag, få mindre betydning i fremtiden. Dette skyldes, at ved den fulde udbygning af tyre- og tyremødreregistreringen vil en stor del af stambogsføringens funktioner være tilgodeset. Således vil stamtavleoplysningerne automatisk indgå i tyrenes og tyremødrenes avlsværdiurvering.

Der har i mange år foregået en import af avlsmateriale fra andre kvægpopulationer. Dette gælder specielt for SDM og Jersey, men i de seneste år har også RDM – avlerne vist interesse for denne mulighed for avlsmæssig forbedring af populationen. Det må påpeges, at denne import aldrig kan blive en erstatning for et effektivt avlsarbejde inden for populationen. Til gengæld vil en fortløbende begrænset import af gener fra de forædlede udenlandske kvægpopulationer kunne være af stor værdi også i fremtiden. De største muligheder ligger i import af dybfrossensæd fra de udenlandske toptyre (tyrefædre). Udvalget af disse må så vidt muligt baseres på en avlsværdiurvering udført efter samme grundlæggende principper som forudsat anvendt for danske tyre, og de bør anvendes til en mindre del af populationens tyremødre.

C. Forhold af betydning for fremtidens avlsplanlægning

Til slut skal der gives en kort omtale af de forhold der kan tænkes at ændre det grundlag, hvorpå nærværende undersøgelser er baseret. Det gælder først og fremmest indførelsen af systematisk krydsning mellem forskellige kvægpopulationer og fremkomsten af nye tekniske metoder, der kan udnyttes i avlen.

Inden for mindre husdyrarter praktiseres en systematisk krydsningsavl i flere lande. For kvægavlen sker dette endnu kun i meget lille omfang, men en systematisk brugskrydsning mellem den ringeste del af malkekøerne og kødracetyre, som det kendes fra Jersey-Charolais krydsningen, kan blive aktuell også for kombinationsracerne. Desuden kan en systematisk krydsning mellem to-flere malke- og/eller kombinationsracer få større interesse med tiden. Når denne krydsningsmetode ikke allerede anvendes, skyldes det til dels utilstrækkeligt kendskab til heterosiseffekten (krydsningsfrodigheden) for forskellige egenskaber. Dette kendskab må være en forudsætning for udnyttelsen af systematisk krydsning mellem to eller flere kvægpopulationer. Det må desuden tages i betragtning, at denne metode vil kræve en meget stærk styring for ikke at ende i kaos. Det er ikke utænkeligt, at disse vanskeligheder vil kunne overvindes i fremtiden. Men det må understreges, at en effektiv avlsplanlægning inden for de rene populationer stadig vil være påkrævet under disse systematiske krydsningssystemer.

For tiden er nye tekniske metoder, der kan medføre væsentlige ændringer i den optimale avlsstruktur, under udvikling. Det gælder udforskningen af de potentielle avlsdyrs hormon- og enzymaktivitet i relation til produktionsevnen, styring af kønsfordelingen samt superovulationer kombineret med ægtransplantationer. Disse nye avlsmetoder er under stærk udvikling, og de vil kunne ændre den optimale avlsstruktur væsentlig.

Findes der således en sikker sammenhæng mellem visse hormon- eller enzymaktiviteter og produktionsevnen, vil avlsdyrene fremtidigt kunne udvælges meget tidligere, end det er tilfældet nu. En adskillelse af han- og hunspermierne inden insemineringen vil kunne medføre, at den genetiske fremgang for mælk og kød skal søges frembragt i hver sin linie eller race, medens alle fededyr frembringes ved krydsning mellem disse linier eller racer. Endelig vil superovulationer kombineret med ægtransplantationer kunne medføre, at endnu færre køer bliver mødre til næste generation af potentielle avlsdyr.

For den førstnævnte metode med selektion på grundlag af de potentielle avlsdyrs hormonaktivitet og for den sidstnævnte metode, hvor anvendelse af hormoner til superovulationen er en forudsætning, bør der udvises stor forsigtighed inden metoderne eventuelt tages i anvendelse i den praktiske kvægavl. En omfattende forskning vedrørende eventuelle bivirkninger bør gå forud.

VII. Sammendrag

Der gives en oversigt over tidligere undersøgelser vedrørende kvægavlens planlægning. Disse undersøgelser viser blandt andet, at ved et veltilrettelagt og økonomisk forsvarligt avlsarbejde kan der forventes en genetisk fremgang

på 1,2–1,6 procent pr. år i mælkeproduktionen, hvilket kan sammenlignes med de 0,8–1,1 procent, der hidtil er opnået i de forædlede kvægpopulationer (*tabel 2*). Fra tilvækstselektionen på grundlag af tyrenes individafprøvning kan forventes en fremgang på 0,2–0,4 procent pr. år.

Principperne ved avlsværdivurdering og selektion af tyremødre på grundlag af 2–3 laktationsydelser og flere andre egenskaber. Modeller til beregning af den forventede genetiske fremgang for smørfedtydelse og tilvækstevne udledes under forudsætning af, at avlsarbejdet gennemføres efter følgende retningslinier:

- a. Avlsværdivurdering og selektion af tyremødre på grundlag af 2–3 laktationsydelser og flere andre egenskaber.
- b. Individafprøvning af tyrene for tilvækst.
- c. Anvendelse af tyrene til et tilstrækkeligt antal prøveinsemineringer.
- d. Dybfrysning og lagring af sæd fra ventetyre.
- e. Avlsværdivurdering og selektion af brugstyre og tyrefædre på grundlag af afkomsundersøgelser for mælkeproduktion, malkbarhed og eksteriør.

På dette grundlag udvikles en metode til vurdering af en given avlsplans økonomiske effektivitet. Som udgangstidspunkt anvendes en given årgang af første kalvs kør, hvis ydelsesmæssige overlegenhed i relation til den foregående årgang, er lig den årlige genetiske fremgang. Omkostningerne ved de avlsforanstaltninger, der er nødvendig til frembringelse af denne fremgang samt tilvækstfremgangen fastlægges og diskonteres til udgangspunktet. Den økonomiske værdi af smørfedt- og tilvækstfremgangen vurderes under hensyntagen til, at fremgangen vil blive videreført til de efterfølgende generationer. Som effektivitetsmål for en given avlsplan anvendes derefter merafkastningen, der er defineret som de samlede diskonterede merindtægter minus de totale diskonterede omkostninger.

De faktorer, der påvirker avlsarbejdets effektivitet, det vil sige ydelses- og tilvækstfremgangen samt merafkastningen, omtales og opdeles i tre kategorier: biologiske faktorer, markedsfaktorer og avlspolitiske faktorer. Faktorerne i de to førstnævnte kategorier er stort set upåvirkelige af avlsledelsens dispositioner, og deres størrelse for de danske kombinationsfacers, RDM og SDM, fastsættes (*tabel 6 og 7*). På grundlag af den forudsatte avlsstruktur (*figur 5*) indsættes disse faste faktorer i en beregningsmodel, hvor de avlspolitiske faktorer også indgår. På grundlag af modellen er der konstrueret et EDB program, hvori de avlspolitiske faktorerers størrelse kan varieres. For hver kombination af avlspolitiske faktorer (avlspan) beregnes den forventede genetiske fremgang for henholdsvis smørfedt og tilvækst samt merafkastningen.

Ved at variere de avlspolitiske faktorer systematisk er de optimale avlsplaner fundet. Avlsplanen med den maksimale merafkastning under de givne forudsætninger findes for en ydelsesudvalgt tyrefader og ved maksimal sædlagring, 50 tusinde doser pr. tyr (*tabel 9*). Da denne plan ikke anses for praktisk

gennemførlig, viser tabellen desuden de optimale planer for fire ydelsesudvalgte tyrefædre og forskellig sædlagringsintensitet.

Fra avlsplanen med 4 ydelsesudvalgte tyrefædre, 60 procent fraselektion på grundlag af tyrenes tilvækst ved individprøven og 20 tusinde lagrede sæddoser pr. tyr opnås en forventet årlig fremgang på 1,56 procent (3,2 kg) smørfedt og 0,3 procent (3,5 g) daglig tilvækst samt en samlet merafkastning på 183 kr. pr. ko i populationen. Ydelsesfremgangen bidrager med 90 procent og tilvækstfremgangen med 10 procent af denne merafkastning.

Med denne plan som basisplan undersøges hvilken indflydelse variationen af de enkelte avlspolitiske faktorer vil have på den optimale avlsstruktur og avlsarbejdets effektivitet. De generelle konklusioner bliver, at de faktorer, for hvilke afvigelse fra den optimale størrelse har størst indflydelse på den økonomiske effektivitet, er:

- antal ydelsesudvalgte tyrefædre, hvor den forventede ydelsesfremgang og merafkastning er faldende med stigende antal tyrefædre (*tabel 10 og figur 8*).
- antal ydelsesudvalgte køer pr. rekrutteret tyrekalv til individprøven. Ydelsesfremgangen og merafkastningen er faldende med stigende antal køer (*figur 9*).
- antal lagrede sæddoser pr. tyr. Ydelsesfremgangen og merafkastningen er stigende med lagringsintensiteten, især når denne er under 20 tusinde doser pr. tyr (*tabel 9*).
- antal ungtyre og afkomsgрупpestørrelse i forening, idet en samtidig afvigelse fra den optimale størrelse for disse faktorer kan mindske merafkastningen (*tabel 12 og figur 11*).

Følgende faktorer har et relativt større variationsområde, hvor en afvigelse fra den optimale størrelse ikke påvirker merafkastningen i nævneværdig grad:

- antal individafprøvede tyrekalve, der kan varieres fra 320–530 (*tabel 11*).
- selektionsstyrken for tilvækst ved individprøven, der kan varieres fra 40–70 procents fraselektion (*tabel 11*).
- antal ungtyre ved optimal afkomsgрупpestørrelse, der kan varieres fra 125–160 ungtyre (*tabel 12 og figur 10*).
- afkomsgрупpestørrelse ved optimalt antal ungtyre, der kan varieres fra 150–280 døtre (*figur 11*).

Det undersøges endvidere, hvilken indflydelse en opdeling af totalpopulationen i mindre avlsenheder vil have på avlsarbejdets samlede effektivitet. Det konkluderes, at ved avlsarbejde indenfor mindre delpopulationer er det af afgørende betydning, at tyrefædre søges rekrutteret inden for hele populationen.

Endelig undersøges det, hvilken indflydelse ændringer i de vigtigste markedsfaktorer vil have på avlsstrukturen og effektiviteten. Konklusionen bliver, at der skal ske relativt store ændringer i de økonomiske forhold, før det vil være påkrævet at revidere den oprindeligt valgte optimale avlsplan.

VIII. Summary

A survey of previous studies concerning breeding planning is given. Among other things the research work shows that when the breeding work has been well arranged and is economically secure one can obtain an annual genetic gain in milk production amounting to 1.2–1.6 per cent as compared to previous results in improved cow populations amounting to 0.8–1.1 per cent (*Table 2*). The growth selection based on performance test of bulls will result in an annual gain of 0.2–0.4 per cent.

The evaluation principles of the breeding value as well as selection theory are covered. Models for estimation of the expected genetic gain in butterfat yield and the growth rate are developed on the assumptions that the breeding work is carried out according to the following directives:

- a. The evaluation of breeding value and the selection of the bull dams are based on 2–3 lactation yields and other registered characters.
- b. The bull calves are performance tested and selected as to growth rate.
- c. The young bulls are used for an adequate number of test inseminations.
- d. The semen of the waiting bulls is deep-frozen and stored.
- e. The evaluation of breeding value and the selection of proved bulls and bull sires are based on the progeny testing for milk production, milkability and exterior.

On this basis a method for evaluation of economic efficiency of a given breeding plan is developed. As starting point is chosen a given year of first lactation cows with an annual genetic gain that equals the superiority in milk production as compared to the previous year. The costs involved by the breeding measures which are necessary with a view to this gain in yield and growth are stipulated and discounted to the starting point.

The monetary value of the genetic gain of butterfat yield and growth rate respectively is evaluated considering that the progress is maintained in the future generations. As measure of the economic efficiency of a given breeding plan, the net returns are used, i.e. the accumulated discounted net incomes minus the total discounted costs.

The factors affecting the efficiency of the breeding work, i.e. the genetic

gain in milk production and growth rate as well as the net returns are discussed and divided in three categories, the biological factors, the market factors, and the factors of breeding policy. The factors of the two first mentioned categories are, on the whole, not influenced by the breeding management, and their estimated size for the Danish dual-purpose breeds, RDM and SDM, is given in *Table 6 and 7*. On the basis of the assumed breeding structure (*Figure 5*) these fixed factors are placed in a model of calculation which also include the factors of breeding policy. An EDP-program based on this model has been constructed in such a way that the factors of breeding policy can be varied systematically. For each combination of these factors (breeding-plan) the expected genetic gain in butterfat yield and growth rate, respectively, as well as the net returns are calculated. On varying the factors of breeding policy systematically the economic optimum breeding plans have been found. The breeding plan with maximum net returns under the given conditions has been found with one bull sire selected on milk production and with maximum semen storage, i.e. 50 thousand doses per bull (*Table 9*). As it has been considered impossible to carry out this plan in practice, the optimum plans with four bull sires selected on milk production and different intensity of semen storage are also given in the table.

The breeding plan with four bull selection on yield, with 60 per cent elimination based on growth when the bulls are performance tested, and with 20 thousand stored doses of semen per bull, will result in an annual gain of 1.56 per cent (3.2 kg) butterfat, and 0.3 per cent (3.5 g) daily growth. This means a total net return amounting to 183 D.kr. per cow in the population, where the progress in yield accounts for 90 per cent, and the progress in growth for 10 per cent.

With this as basis plan the influence of the variation of the different factors of breeding policy on the optimum breeding structure and the efficiency at the breeding work has been investigated. The general conclusions drawn are that the factors, for which deviations from the optimum size have greatest influence on the economic efficiency, are:

- *the number of bull sires selected on yield.* The expected gain in yield and the net returns are decreasing with increasing number of sires (*Table 10 and Figure 8*).
- *the number of cows selected on yield per recruited performance tested bull calf.* The genetic progress in yield and the net returns are decreasing with increasing number of selected cows (*Figure 9*).
- *the number of stored doses of semen per bull.* The progress of yield and the net returns are increasing with the intensity of semen storage, particularly when the number of doses is below 20 thousand per bull (*Table 9*).

- *the number of young bulls and the size of the progeny group in combination.* A simultaneous deviation from the optimum sizes of these factors may result in a decrease of net returns (*Table 12 and Figure 11*).

A deviation of factors from optimum size is not found to influence the increase of net returns to any further degree in the following cases, where a greater range of variation can be allowed:

- *the number of performance tested bull calves* which can be varied within the limit of 320–550 calves (*Table 11*).
- *the selection intensity for growth rate* which can be varied from 40–70 per cent elimination (*Table 11*).
- *the number of young bull calves* when the size of the progeny group is optimum. This factor can under this condition be varied from 125–160 young bulls (*Table 12 and Figure 10*).
- *the size of the progeny group when the number of young bulls is optimum.* This factor can under this condition vary from 150–280 daughters (*Figure 11*).

Furthermore, it has been investigated how a division of the total population in isolated subpopulations will influence the efficiency of the breeding work. It is concluded that in the case of breeding work within small subpopulations it is of decisive importance that the bull sires are selected within the whole population.

Finally, it has been investigated to which degree the structure and efficiency of breeding are influenced by the most important market factors. It is concluded that only rather significant changes in economic conditions will demand a revision of the optimum breeding plan as originally chosen.

IX. Litteraturliste

- Andersen, J. 1972. Årsberetning for De samvirkende danske Kvægavlsforeninger 1971. Årsberetning LFK, 2, I-XXXVI.
- Andersen, Aa. Dissing. 1971a. Genetiske undersøgelser. Afkomsprøver for kødproduktion III. 386. Beretn. Forsøgslab., 43-54.
- Andersen, B. Bech. 1971b. Særlige undersøgelser. Afkomsprøver for kødproduktion IV. 392. Beretn. Forsøgslab., 40-48.
- Andersen, H. & P. H. Petersen. 1972. Effekt af alder og årstid, heritabilitet af produktion og reproduktion, samt den indbyrdes sammenhæng mellem disse egenskaber for 3 danske malkeracer. Årsberetn. Inst. Sterilitetsforsk. 15, 199-217.
- Barker, J. S. F. & A. Robertson. 1966. Genetic and phenotypic parameters for the first three lactations in Friesian cows. Anim. Prod. 8, 481-488.
- Christensen, K. & O. Venge. 1970. Genetiske undersøgelser over 130 dage og 305 dages ydelser hos RDM og SDM. Ugeskr. f. agr. 115, 316-22, 346-51.
- Cochran, W. C. 1951. Improvement by means of selection. Proc. Sec. Birkely Symp. Math. and Prob., 449-70.
- Cunningham, E. P. 1966. The genetic improvement of the Irish cattle population. J. Soc. & Stat. Inquiry Soc. of Ireland, 26, 99-130.
- Cunningham, E. P. & J. Cleaves. 1965. Prediction of genetic gains in bull-proving programmes. EAAP Meetings, Noordwijk. 4 pp.
- Dickerson, G. E. & L. N. Hazel. 1944. Effectiveness of selection on progeny performance as a supplement to earlier culling in livestock. J. Agr. Res. 69, 459-76.
- Elleby, F. 1971. Personlig meddelelse.
- Elleby, F. 1965. Undersøgelser over første kalvs køers ydelse. Medd. 2. Landbrugsmin. produktivitetsudv. Husdyrbrugsudv. Århus. 23 pp.
- Elleby, F. & V. Mygind-Rasmussen. 1971. Kælvningsstatistik. Medd. 4. Landbrugsmin. produktivitetsudv. Husdyrbrugsudv. Århus. 62 pp.
- Förster, F. 1971. Milchleistungsprüfungen beim Rind als Grundlage für die Zuchtwertschätzung. 2. Zuchtwertschätzung von Kühen auf grund der Leistungen mehrerer Laktationen. Z. Tierzücht. ZuchtBiol. 88, 12-31.
- Haring, H. J. F. 1972. Zuchtplanung in der Rinderzucht aus ökonomischer Sicht. EAAP Meetings, Verona. 15 pp.
- Harville, D. A. & C. R. Henderson. 1967. Environmental and genetic trends in production and their effects on sire evaluation. J. Dairy Sci. 50, 870-75.
- Hilliers, J. K. & A. E. Freeman. 1966. Two sources of genetic error in sire proof. J. Dairy Sci. 49, 1245-1248.
- Hinks, C. J. M. 1970a. The selection of dairy bulls for artificial insemination. Anim. Prod. 12, 569-75.
- Hinks, C. J. M. 1970b. Performance test procedures for meat production amongst dairy bulls used in AI. Anim. Prod. 12, 577-83.
- Hunt, M. S., E. B. Burnside, M. H. Freeman & J. W. Wilton. 1972. Impact of selection, and operational procedures on genetic progress in a progeny testing artificial insemination stud. J. Dairy Sci. 55, 829-39.

- Langholz, H. J. 1970. Bestimmungsmomente der Zuchtplanung beim Rind in Niedersachsen. Züchtungskunde 42, 454-63.
- Liboriussen, T. 1972. Personlig meddelelse.
- Lindhe, B. 1968. Model simulation of AI - breeding within a dual purpose breed of cattle. Acta Agric. Scand. 18, 33-41.
- Lindström, U. 1971. Some points of view on the estimation and importance of genetic change in populations of dairy cattle. Ann. Genet. Sel. anim. 3, 161-68.
- Mason, I. L., V. E. Vial & R. Thomson. 1972. Genetic parameters of beef characters, and the genetic relationship between meat and milk production in British Friesian cattle. Anim. Prod. 14, 135-48.
- Niebel, E. 1972. Populationsstruktur, Züchtungssysteme und ökonomische Parameter in ihrem Einfluss auf die Zuchtplanung von Zweinutzungsrindern. EAAP Meetings, Verona, 9 pp.
- Nielsen, E. 1962. Afkomsprøver med tyre 1945-60. 333. Beretn. Forsøgslab. København. 194 pp.
- Nielsen, E. & B. Vesth. 1972. Resultater fra individprøvning af malkeacer 1971-72. 2. Individprøverne på Østerhåb og Langagergård. Årbog. Landøk. Forsøgslab. 410-415.
- Nielsen, E. & B. Vesth. 1971. Resultater fra individprøvning 1970-71. 1. Malkeacer. Årbog. Landøk. Forsøgslab. 437-442.
- Ovesen, E. 1970. Principper ved selektion af tyremødre. Årbog. Landøk. Forsøgslab., 409-422.
- Ovesen, E. 1971a. Køers og opdræts ydelsesmæssige avlsværdi. Årbog. Landøk. Forsøgslab., 449-460.
- Ovesen, E. 1971b. Sammenhængen mellem tyremødrenes ydelse og sønnernes afkomsundersøgelse. Årbog. Landøk. Forsøgslab., 460-467.
- Ovesen, E., L. G. Christensen & P. H. Petersen. 1971. Undersøgelser vedrørende avlsplanlægning for Dansk Jersey. Kvægavlens planlægning. III. Ugeskr. f. Agr. 116, 656-663.
- Petersen, P. H., B. Jensen, E. Ovesen, B. Bech Andersen & Aa. Dissing Andersen. 1970. Undersøgelser vedrørende avlsplaner for Dansk Jersey. Årbog. Landøk. Forsøgslab., 398-409.
- Politiek, R. D. 1972. Better breeding plans. EAAP Meetings, Verona. 10 pp.
- Poutous, M. & B. Vissac. 1962. Recherche théorique des conditions de rentabilité maximum de l'épreuve de descendance des taureaux d'insémination artificielle. Ann. Zootech. 11, 233-256.
- Rasmussen, H. 1972. Årsberetning fra Landsudvalget for kvæg 1971. 1. Århus. 225 pp.
- Rendel, J. M. & A. Robertson. 1950. Estimation of genetic gain in milk yield by selection in a closed herd of dairy cattle. J. Genet. 50, 1-8.
- Robertson, A. 1957. Optimum group size in progeny testing and family selection. Biometric 13, 442-450.
- Robertson, A. & S. S. Khishin. 1958. The effect of selection for heifer milk yield on the production of mature cows. J. agric. Sci. 50, 12-16.
- Robertson, A. & J. M. Rendel. 1950. The use of progeny testing with artificial insemination in dairy cattle. J. Genet. 50, 21-31.
- Skjervold, H. 1965. Den optimala utformningen av seminaveln. (The optimal organization of AI breeding). SHS: Meddelande nr. 3. SHS: Hallsta, Sverige. 61 pp.
- Skjervold, H. 1963. The optimum size of progeny and optimum use of young bulls in A.I. breeding. Acta. Agric. Suec. XIII, 131-40.

- Skjervold, H. & H. J. Langholz.* 1964. Factors affecting the optimum structure of A.I. breeding in dairy cattle. *Z. Tierzücht. ZüchtBiol.* 80, 25-40.
- Smith, C.* 1962. Estimation of genetic change in farm livestock using field records. *Anim. Prod.* 4, 239-251.
- Soller, M., R. Bar Anan & H. Pasternak.* 1966. Selection of dairy cattle for growth rate and milk production. *Anim. Prod.* 8, 109-119.
- Specht, L. W. & L. O. McGilliard.* 1960. Rates of improvement by progeny testing in dairy herds of various sizes. *J. Dairy Sci.* 43, 63-75.
- SSG (Scientific Study Group).* 1971. Beef improvement. Meat & Livestock Commission. Bletchley. England. 63 pp.
- Sørensen, J. B.* 1971. Kødproduktion fra kvægholdet. Nogle oversigter og driftsøkonomiske sammenligninger. Medd. 9. Det Landøk. Driftsbur. 32 pp.
- Syrstad, O.* 1966. Studies on dairy herd records. III. Estimation of genetic change. *Acta. Agric. Scand.* 16, 3-14.
- Syrstad, O.* 1972. Estimating genetic change in dairy cattle populations. *World Rev. Anim.*, 8, 58-62.
- Teknisk-videnskabeligt udvalg, De samv. Kvægavlsforeningers.* 1971. Sammenlignende vurdering af fordele og ulemper i forbindelse med frysning af sæd efter strå- eller pillemetoden. De samv. Kvf., Århus. Duplikat. 5 pp.
- Van Vleck, L. D.* 1964. Sampling the young sire in artificial insemination. *J. Dairy Sci.* 47, 441-446.

X. APPENDIX

A. Anvendte begreber

Afkomsprøve: Vurdering af et individs avlsværdi på basis af afkommets præstation under så ensartede miljøforhold som muligt – oftest på en eller flere stationer.

Afkomsundersøgelse: Vurdering af et individs avlsværdi på basis af afkommets præstationer i besætningerne.

Afprøvningskapacitet for afkomsundersøgelserne: Antal første kalvs køer, der er døtre efter ungtyre, og hvis præstation indgår i afkomsundersøgelserne.

Aktiv avlshenhed: De køer i en population, der både ydelseskontrolleres og insemineres.

Anerkendte tyrefædre: Se tyrefædre.

Anerkendte tyremødre: Se tyremødre.

Arvbarhed: Se heritabilitet.

Arveanlæg: Se gen.

Avlsdyrkategori: Gruppe af individer inden for hvilken avlsværdivurdering, selektion og anvendelse forudsættes udført efter ensartede regler (tyrefædre, tyremødre, brugstyre, ungtyre og brugskøer).

Avlsmæssig fremgang: Se genetisk fremgang.

Avlspolitisk faktor: Faktor, der påvirker avlsarbejdets effektivitet, og hvis størrelse fastlægges af avlsledelsen.

Avlsplan: En given kombination af de avlspolitiske faktorer under anvendelse af de bedste skøn for de biologiske og markedsbestemte faktorer. Synonym: avlsstruktur.

Avlsplanlægning: Vurdering og fastlægning af den avlsplan, der skal danne grundlag for avlsarbejdet i en population.

Avlsstruktur: Se avlsplan og optimal avlsstruktur.

Avlsværdi: Et individs avlsværdi er lig summen af dets enkeltgeners gennemsnitseffekter. Den sidstnævnte effekt defineres som genets gennemsnitlige effekt i de individer, der bærer genet. Den sande avlsværdi er synonym med den additive genotype.

Avlsværdivurdering: Beregning af et skøn over et individs sande avlsværdi på grundlag af dets egenpræstation(er) og/eller præstation(er) hos dets slægtninge.

Basisplan: Se side 52.

Basisomkostning: Omkostning, der er konstant for alle alternative avlsplaner.

Biologisk faktor: Faktor, der påvirker avlsarbejdets effektivitet, og hvis størrelse helt eller i overvejende grad er naturbestemt.

Brugskøer: Mødre til næste generation af hundyr.

Brugskrydsning: Krydsning, hvorfra afkommet ikke anvendes til videre avl.

Brugstyre: Afkomsundersøgte, selekterede tyre, de bliver fædre til en del af næste generations hundyr.

Differentieret selektion: Selektion for flere egenskaber, hvor selektionen for de enkelte egenskaber er placeret på forskellige kategorier af avlsdyr.

Diskonteringsfaktor: Se side 45.

Fænotype: Individets registrerede udseende (fremtoningspræg) eller præstation (eks. kg smørfedt, malkbarhed, kåringstal).

Fænotypisk spredning: Statistisk udtryk for de individuelle fænotypers spredning omkring middeltallet.

Fænotypisk struktur: Den struktur, der beskrives af populationens fænotypiske parametre; det vil sige egenskabernes gennemsnit, fænotypiske spredning og indbyrdes sammenhænge.

Gen: Den mindste del af et kromosom, der opfører sig som en enhed i nedarvningen. Synonym: arveanlæg.

Generationsinterval: Forældrenes gennemsnitlige alder ved afkomets fødsel. Generationsintervallet beregnes for hver avlsdyrkategori.

Genetisk fremgang: 1. *Forventet:* Den ændring af en populations gennemsnit, der kan forventes ved en given avlsplans gennemførelse.

2. *Opnået:* Den ændring af en populations gennemsnit, der er indtruffet på grundlag af det allerede foretagne avlsarbejde. Den opnåede genetiske fremgang plus forbedringen i miljøet giver den totale fremgang i populationen. Synonym: avlsmæssig fremgang.

Genetisk overlegenhed: Et individs eller en gruppe af individers avlsværdi udtrykt som afvigelse fra gennemsnittet af samtidige og jævnaldrene individer af samme køn.

Genetisk spredning: Statistisk udtryk for de sande avlsværdiers spredning omkring middeltallet.

Genetisk struktur: Den struktur, der beskrives af populationens genetiske parametre; det vil sige egenskabernes heritabiliteter, genetiske spredninger og genetiske korrelationer.

Gentagelseskoefficient: Statistisk udtryk for den fænotypiske sammenhæng (korrelation) mellem gentagne præstationer (eks. laktationer) hos samme individ.

Genkombination: Den kombination af gener, der gennem individets kønsceller (æg eller sperma) gives videre til afkommet. Hver kombination udgør en tilfældig halvdel af individets gener.

Heritabilitet: Forholdet mellem den genetiske variation (kvadratet på den genetiske spredning) og den fænotypiske variation for en egenskab, der påvirkes af mange gener. Heritabiliteten udtrykker, hvor stor en del af et individs fænotypiske afvigelse, der kan tillægges den genetiske afvigelse fra populationsgennemsnittet.

Heterosiseffekt: Krydsningsafkomets afvigelse fra forældrenes gennemsnitlige avlsværdi. Synonym: krydsningsfrodighed.

Hormonaktivitet: Er her udtryk for hormonets omsætningshastighed i organismen.

Immigration: Tilførsel af en mindre mængde avlsmateriale (tyresæd eller avlsdyr) fra en anden population.

Individafprøvning: Systematisk registrering af individers fænotypiske præstationer (eks. afprøvning af tyrekalve og ydelseskontrol af køer).

Individprøve: Avlsforanstaltning ved hvilken individafprøvning gennemføres (eks. tyrekalvenes individprøve på station og ydelseskontrollen).

Intraklasserkorrelation: Statistisk udtryk for den fænotypiske lighed (korrelation) mellem en gruppe af beslægtede individer (eks. fædrene halv søskende).

Kombinationsrace: Population (race), for hvilken hovedavlsmålet er en kombineret forbedring af mælke- og kødproduktionssevne.

Korrelation; korrelationskoefficient: Statistisk udtryk for sammenhængen mellem parrede observationer (eks. to egenskaber hos samme individ eller samme egenskab hos beslægtede individer).

Krydsningsavl: Systematisk avl mellem individer fra forskellige populationer (racer).
K-tal: En tyrs sammensatte avlsværdi for kødproduktionsegenskaber vurderet på grundlag af afkomsprøve af en gruppe sønner.

Kælvningsinterval: Tidsafstanden mellem to på hinanden følgende kælvninger.

Kønsbegrænset egenskab: Egenskab, der i fænotypisk henseende kun kan registreres hos et køn (eks. mælkeydelse, malkbarhed og sædkvalitet).

Malkerace: Population (race) for hvilken hovedavlsmålet er forbedringen af mælkeproduktionsevnen.

Marginalforrentning: Forrentningen af den sidst investerede krone.

Marginalindtægt: Indtægten af den sidst investerede krone.

Marginalomkostning: Den sidst investerede krone.

Markedsfaktor; markedsbestemt faktor: Faktor, der påvirker avlsarbejdets økonomiske effektivitet, og hvis størrelse er bestemt af markedsforholdene.

Merafkastning: De samlede diskonterede merindtægter minus totalomkostningerne for en given avlsplan. Den relative merafkastning anvendes som økonomisk effektivitetsmål for en given avlsplan (se s. 52).

Merindtægt: Værdien af en genetisk fremgang på en enhed (et kg smørfedt eller et g daglig tilvækst) minus de dermed forbundne variable omkostninger (foderomkostninger m.m.).

Modelberegning (i relation til avlsplanlægning): Beregning af forventet genetisk fremgang for smørfedt og tilvækst samt merafkastningen for en given avlsplan. Beregningen baseres på en model, hvor de avlspolitiske, biologiske og markedsbestemte faktorer er sat ind i deres rette indbyrdes sammenhæng.

Optimal avlsstruktur: Den struktur, der for en given population beskrives af de optimale størrelser for de avlspolitiske faktorer.

Population (race): Alle individer, for hvilke der er fælles avlsmål og avlsmetoder, og som udgør en alvsenhed.

Præselektion: Selektion, der er gået forud for den aktuelle selektion for samme egenskab blandt den samme gruppe af individer.

Prøveinsemineringer: Insemineringer med sæd fra ungtyre med henblik på at frembringe afkom til tyrens afkomsundersøgelser.

Regression; regressionskoefficient: Statistisk udtryk for den ændring i en egenskab, der fremkaldes ved at ændre en anden korreleret egenskab med en enhed.

Rekrutteret tyrekalv: Tyrekalv efter anerkendt tyrefarer og tyremoder, der indsættes til individafprøvning.

Reproduktion: Formering.

Selektion: Systematisk udvalg af de bedste individer med hensyn til en eller flere egenskaber. Synonym: udvalg.

Selektionseffekt: Effekten af den samlede selektion for alle kategorier af avlsdyr. Synonym: genetisk fremgang.

Selektionseffektivitet: Effektiviteten af den foretagne selektion. Synonym: genetisk overlegenhed.

Selektionsintensitet: Statistisk udtryk for hvor stærkt der selekteres. Intensiteten angiver hvor mange gange den fænotypiske spredning, de udvalgte individer er bedre end de individer, der er udvalgt blandt. Den findes ved tabelopslag ud fra procenten af udvalgte dyr. Synonym: selektionsstyrke.

Selektionsstyrke: Se selektionsintensitet.

Sikkerhed ved avlsværdiurdering: Korrelationen mellem den sande avlsværdi og den beregnede genetiske overlegenhed eller de(n) fænotypiske præstation(er).

Simulation (i relation til avlsplanlægning): Beregning af tænkte alternative avlsplaners effektivitet under anvendelse af modelberegninger.

Superovulation: Samtidig løsning af flere æg fremkaldt ved hormonbehandling af koen.

Sædlagringsintensitet: Antal lagrede sæddoser pr. ventetyr.

Sædlagringskapacitet: Det antal sæddoser, der for en given avlsplan skal kunne rummes i lagringsbeholderne.

Sædopsamlingskapacitet: Det antal sæddoser, der årligt kan opsamles pr. tyr.

Tilvæksteliminering: Procent af de individafprøvede tyrekalve, der frasorteres på grund af for lav tilvækst.

Totalomkostninger: Summen af de diskonterede omkostninger fra avlsforanstaltningerne.

Tyrefædre: Fædre til næste generations potentielle avlstyre (rekrutterede tyrekalve).
Synonym: anerkendte tyrefædre.

Tyremødre: Mødre til næste generations potentielle avlstyre (rekrutterede tyrekalve).
Synonym: anerkendte tyremødre.

Tyremødreemner: Køer selekteret på grundlag af ydelse, malkbarhed og kævningsinterval i de 2-3 første laktationer. Blandt disse udvælges de anerkendte tyremødre på grundlag af en tyremoderinspektion (bedømmelse af eksteriør- og brugsegenskaber).

Tyremødreregister: Register over de anerkendte tyremødre indeholdende oplysninger om avlsværdi for ydelse (Y-tal), malkbarhed, kævningsinterval, eksteriørbedømmelse m.m.

Udgangstidspunktet: Tidspunkt til hvilket samtlige omkostninger diskonteres; i nærværende undersøgelser midten af 1. laktation for en årgang køer.

Udskiftningsproportion: Den årlige udskiftning i kopopulationen. For en konstant population er proportionen af første gangs kælvare lig med proportionen af udsatte køer (udsætterproportionen).

Udvalg: Se selektion.

Ungtyr: Selekteret, individafprøvet tyr, som er under anvendelse til prøvesemineringer.

Ventetyr: Tyr, der har afsluttet prøveinsemineringerne, og hvis afkomsundersøgelse endnu ikke er afsluttet.

Ydelsesudvalgte tyrefædre: Brugstyre, som fra et ydelsesmæssigt synspunkt kan anerkendes som tyrefædre.

Y-tal: Koenes avlsværdital for smørfedtydelse.

Ægtransplantation: Overførsel af æg fra en ko til en anden.

Årskøddyr: Antal køddyr pr. 365 foderdage.

Årsko: Antal køer pr. 365 foderdage.

B. Anvendte symboler

A	Et individs sande avlsværdi udtrykt som et absolut eller relativt tal.
AK ₁ og AK ₃	Alderen ved henholdsvis første og tredje kævnning.
b _{A/P}	Regressionen af et individs sande avlsværdi på dets egen eller dets slægtninges fænotypiske præstationer.
BK	Brugsko.
BT	Brugstyre.
$d_n = 1/(1+r)^n$	Diskonteringsfaktor for n års frem- eller tilbagediskontering af et beløb; n er positiv ved tilbagediskontering og negativ ved fremdiskontering.
h ²	Heritabilitet.
i	Selektionsintensitet.
I	Et individs genetiske overlegenhed svarende til dets beregnede avlsværdi angivet som afvigelse.

$I_S = i \cdot r_{IA} \cdot \sigma_A$	En udvalgt gruppes genetiske overlegenhed.
KI	Kælvningsinterval.
L	Generationsinterval.
p	Proportionen af aktiv avlsenhed insemineret med ungtyresæd.
$\bar{P}$	Populationsgennemsnittet.
$\bar{P}_n$	n afkoms gennemsnitlige præstation.
$\bar{P}_m$	Gennemsnittet af m egenpræstationer.
r	Gentægelseskoefficient.
r_{IA}	Sikkerheden ved avlsværdivurderingen.
t	Intraklassekorrelation.
SMI_S	Samlede merindtægter af den genetiske fremgang i smørfedt for den vurderede årgang af køer.
SMI_{DT}	De samlede merindtægter af et års tilvækstsselektion.
TF	Tyrefader.
TM	Tyremoder.
UT	Ungtyr.
VT	Ventetyr.
V_{S_n}	Værdien af en genetisk fremgang på 1 kg smørfedt vurderet over n år.
V_{DT_n} og $V_{DT_n}^{**}$	Værdien af en genetisk fremgang på 1 g daglig tilvækst vurderet over n år for henholdsvis ung- og brugstyre.
σ_A	Genetisk spredning.
σ_P	Fænotypisk spredning.
$\Delta G_{gen.}$	Genetisk fremgang pr. generation.
$\Delta G_{år}$	Genetisk fremgang pr. år.
ΔG_S	Genetisk fremgang pr. år for smørfedt.
ΔG_{DT}	Genetisk fremgang pr. år for daglig tilvækst.

