

612

Beretning fra Statens Husdyrbrugsforsøg


Landøkonomisk Forsøgslaboratorium
FJERKRÆFFORSØGENE

Poul Sørensen

Studium af effekten af selektion for vækst hos slagtekyllinger

*Study of the effect of selection for growth
in meat type chickens*

With English summary and subtitles

København 1986



I kommission hos Landhusholdningsselskabets forlag,
Rolighedsvej 26, 1958 Frederiksberg C.

Trykt i Frederiksberg Bogtrykkeri 1986

Denne afhandling er af Den kgl. Veterinær- og Landbohøjskoles fagråd for jordbrugsvidenskab antaget til offentligt at forsvares for den jordbrugsvidenskabelige doktorgrad.

København, den 20. maj 1986

Brian Dennis

Formand for fagrådet for jordbrugsvidenskab

Forord

I 1974 besluttedes at iværksætte et avlsforsøg, baseret på selektion for vækstevne under forskellige fodringssystemer hos slagtekyllinger. Initiativtagere var foruden forfatteren landskonsulent *Ejner Børsting*, og idéen blev stærkt støttet af professor *J. Fris Jensen*. Udvalget for Avlsstationerne for Fjerkræ godkendte en gennemførelse af projektet på Avlsstationen STRYNØ, der ejes og drives af LANDSUDVALGET FOR FJERKRÆ, medens det faglige ansvar for gennemførelsen påhvilede AFDELINGEN FOR FORSØG MED FJERKRÆ.

Bestyrelsen på Avlsstationen Strynø, *Niels Kold*, der indtil 1968 drev virksomheden som privat avlscenter, forestod den daglige ledelse af stationen og har således også været ansvarlig for i praksis at gennemføre den lagte forsøgsplan – herunder indsamling af data. Hertil kommer, at *Niels Kold* qua sin aldrig svigtende sans for praktisk tilrettelæggelse samt gode iagttagelsesevne har været med til at præge mange af de specielle undersøgelser, der er gennemført i tilknytning til dette avlsforsøg. *Niels Kold* takkes på det hjerteligste for mange inspirerende samtaler, den aldrig svigtende sikkerhed i dataindsamlingen og den store gæstfrihed under besøg på stationen.

Det af Udvalget for Avlsstationerne nedsatte avlsteknikkerudvalg har på talrige møder jævnlig diskuteret avlsforsøget og dermed været med til at påvirke omfang og retning af de særlige undersøgelser, der blev foretaget. Medlemmer af dette udvalg var foruden allerede nævnte *Ejner Børsting* og *Niels Kold* endvidere repræsentanter fra avlsfirmaet ASA CHICK samt forfatteren.

I 1977 tildeltes forfatteren et 3-årigt seniorstipendium fra Den kgl. Veterinær- & Landbohøjskole, der dels muliggjorde supplerende undersøgelser af det igangværende avlsforsøg, dels dannede grundlaget for nærværende afhandling. Samme år tildeltes endvidere en 2-årig støtte fra Statens Jordbrugs- & Veterinærvidenskabelige Forskningsråd (SJVF) til førstnævnte formål, senere suppleredes ligeledes fra SJVF med støtte til færdiggørelsen af afhandlingen.

Gennem den lange tidshorisont, som et sådant projekt måtte få, har jeg blandt kolleger på afdelingen mødt en aldrig svigtende interesse, og forstanderen, professor *J. Fris Jensen*, bedes modtage min varmeste tak for gode arbejdsforhold og for hans støtte og opmuntring under udarbejdelsen af afhandlingen. Faglige diskussioner med såvel kolleger på afdelingen som på andre afdelinger under Statens Husdyrbrugsforsøg samt Afdelingen for Husdyrgenetik og Husdyrbrugsinstituttet under Den kgl. Veterinær- & Landbohøjskole har været af

uvurderlig hjælp under udarbejdelsen af afhandlingen. En særlig tak rettes til forsøgsleder *Vagn E. Petersen* og lic. agro. *M. Gaardbo Thomsen* for mange diskussioner om ernæringsfysiologiske problemstillinger; derudover lektor *Knud Christensen*, Afdeling for Husdyrgenetik, for værdifulde diskussioner om teorierne bag den kvantitative genetik.

Deltagelse i det årlige British Poultry Breeders Roundtable, der hovedsagelig er finansieret af Statens Husdyrbrugsforsøg, skabte kontakter til forskere i udlandet. I 1980 og igen i 1983 blev jeg inviteret til at præsentere resultater og idéer fra projektet på dette Roundtable. Den interesse, som professor *George Clayton*, Institute of Animal Genetics, Edinburgh, viste projektet, har været af uvurderlig værdi for den brede internationale interesse, der er blevet vist projektet.

I de første 4 år af projektet er alle data indtastet hos LEC i Århus; i de efterfølgende år foretog assistent *Harriet Mikkelsen* denne indtastning. Den videre behandling af data er gennemført hos NEUCC enten med eksisterende programmer eller til lejligheden fremstillede EDB-programmer.

Overassistent *Inge Erlandsen* har forestået den sproglige revision af afhandlingens danske tekst og renskrevet væsentlige dele heraf, medens *Harriet Mikkelsen* har renskrevet den øvrige del; begge bedes modtage min hjerteligste tak for omhyggeligt arbejde.

Sproglig revision af den engelske tekst er foretaget af translatør *Sean Martin*, der endvidere har oversat hele det engelske sammendrag; han takkes meget for såvel omhyggelig oversættelse som gode forslag til afhandlingens lay-out.

Uden det tålmod, som min familie har udvist i forbindelse med længerevarende fravær under udarbejdelsen af afhandlingen, ville færdiggørelsen være blevet alvorlig forsinket.

København, oktober 1985

Poul Sørensen

INDHOLDSFORTEGNELSE

KAPITEL I

1 Indledning	11
---------------------	----

KAPITEL II

2 Analyse af 25 års avlsarbejde med høns af kødtype	17
2.1 Organisering af avlsarbejdet	17
2.1.1 Avlscentre for slagtekyllinger	18
2.1.2 Officielle afprøvninger	22
2.1.3 Import af avlsmateriale – Avlsstation	25
2.2 Kvantificering af ændringer i nogle egenskaber	31
2.2.1 Vækstevne	31
2.2.2 Foderudnyttelse	35
2.2.3 Slagtekvælitet	37
2.2.4 Rugeægproduktion	39
2.3 Avlsstationen for Fjerkræ, Strynø	40
2.3.1 Avlsstationens driftform og indretning	41
2.3.2 Opdrætning af kyllinger	42
2.3.3 Sundhedskontrol og sikring	44
2.3.4 Generationsinterval og faser af en generation	44
2.3.5 Effekt af selektion for større vækstevne	45
2.4 Aftagende merudbytte under stigende vækstevne	47
2.4.1 Energi til vedligehold	47
2.4.2 Vækstkurver for slagtekyllinger	48
2.4.3 Beregning af vedligehold til fast vægt	49
2.4.4 Reduktion af vedligehold ved stigende vækstevne	50
2.5 Foderets koncentration af næringsstoffer og genetiske variabilitet af disse	52
2.6 Stabilitet af opnåede fremgange og størrelsesorden af genetisk variation	53
2.6.1 Regression ved ophør af selektion	54
2.6.2 Genetisk variation	58

KAPITEL III

3 Selektion for større vækstevne under suboptimalt fodringsmiljø	60
3.1 Etablering og beskrivelse af selektionsforsøget	62
3.1.1 Basispopulation og etablering af 3 sublinier	62
3.1.2 Selektionsforsøgets varighed	63
3.1.3 Kontrol med genetisk ændring	65
3.1.4 Opdræt og reproduktion	66
3.1.5 Foder og fodring under opdrætning	68
3.2 Selektionsmetode	74
3.3 Selektionsintensitet og -difference	75
3.4 Tilvækstevne og genetisk fremgang	81
3.4.1 Fordeling af vægt	82
3.4.2 Variationsforhold	85
3.4.3 Neutralisering af systematiske miljøeffekter	86
3.4.4 Genetisk fremgang	89

3.5 Indavl og genetisk drift	93
3.5.1 Beregning af gennemsnitlig indavlsgrad	96
3.5.2 Indavlseffekt	102
3.5.3 Beregning af den effektive populationsstørrelse ($N_{e(v)}$)	106
3.6 Estimering af heritabilitet for vægt og analyse af genetisk fremgang	108
3.6.1 Statistiske modeller	109
3.6.2 Estimerede værdier af genetiske effekter	113
KAPITEL IV	
4 Undersøgelser af korrelerede ændringer	121
4.1 Tilvækstevne og foderoptagelse i forskellige fodringsmiljøer	125
4.1.1 Statistisk/genetiske analyser i gen.0	125
4.1.2 Afprøvning i 3.-5. samt 7. og 9. generation	127
4.1.3 Afprøvning på Favrhoim af 6. generation	133
4.1.3.1 Metode og forsøgsdyr	133
4.1.3.2 Formulering og analyse af foderblandinger	135
4.1.3.3 Resultater	136
4.2 Slagtekvallitetsegenskaber	148
4.2.1 Undersøgelser ved ordinære afprøvninger	150
4.2.2 Parteringsudbytte	151
4.2.2.1 Statistiske metoder	152
4.2.2.2 Resultater	153
4.3 Kemisk sammensætning af kyllinger	158
4.3.1 Metoder	158
4.3.1.1 Bugfedt	158
4.3.1.2 Kemisk analyse	160
4.3.1.3 Muskulært fedt	160
4.3.1.4 Statistiske metoder	160
4.3.2 Resultater	161
4.4 Andre egenskaber	170
4.4.1 Befjering	171
4.4.2 Ædeadfærd	173
4.4.2.1 Resultater	175
4.4.2.2 Diskussion	178
4.4.3 Reproduktionsegenskaber	180
4.4.3.1 Læggeintensitet	180
4.4.3.2 Ægstørrelse	182
4.4.4 Livskraft	185
KAPITEL V	
5 Individuel foderoptagelse og vægt og mål af indre organer	188
5.1 Principper ved måling af foderoptagelse	189
5.1.1 Anvendte burtyper	190
5.2 Metoder ved måling i enkeltdyrbure	191
5.3 Dyremateriale og metoder ved 4 afprøvninger	193
5.4 Gennemsnit og standardafvigelse på foderoptagelse, vækstevne, krops sammensætning og organstørrelse	194
5.4.1 Vækstevne og foderoptagelse	194
5.4.2 Foderudnyttelse	201
5.4.3 Kemisk sammensætning	208

5.4.4 Indre organers størrelse	210
5.4.5 Slagteekvalitet	215
5.5 Samvariation mellem foderoptagelse og mål og vægt på kyllingen	215
5.5.1 Korrelationer mellem FE og daglig foderoptagelse og -tilvækst	215
5.5.2 Korrelationer mellem FE og daglig foderoptagelse samt organstørrelse og bugfedtmængde	217
5.5.3 Generel vurdering af egenskaber med indflydelse på FE	218
5.6 Genetiske parametre	222
5.6.1 Statistiske modeller	223
5.6.2 Estimer af h^2 og genetiske korrelationer	225
5.6.3 Vekselvirkning mellem genotype og driftform for 40 dages vægt	228

KAPITEL VI

6 Sammenfattende diskussion	230
7 Sammendrag	250
8 Summary	256
9 Litteraturliste	288

APPENDIKS

A Rearrangering af ligning til beregning af genetisk driftvarians	299
B Beregning af indavl på grundlag af ufuldstændige stamtavler	303
C Korrektion for selektion blandt forældre ved beregning af h^2	311

CONTENTS

CHAPTER I

1 Introduction	11
-----------------------------	-----------

CHAPTER II

2 Analysis: 25 years of genetical improvement in meat-type hens	17
2.1 Organisation of breeding programme	17
2.1.1 Breeding centres for broilers	18
2.1.2 Official testing (State Farm)	22
2.1.3 Import of breeding stock – Breeding Station	25
2.2 Quantification of changes in some traits	31
2.2.1 Rate of growth	31
2.2.2 Feed conversion	35
2.2.3 Carcase quality	37
2.2.4 Production of hatching eggs	39
2.3 Poultry Breeding Station – Strynø, Denmark	40
2.3.1 Management, housing systems, equipment	41
2.3.2 Rearing of chickens	42
2.3.3 Health control, emergency batches	44
2.3.4 Generation interval – phases of a single generation	44
2.3.5 Effects of selection for higher growth rate	45
2.4 Diminishing returns with increase in growth rate	47
2.4.1 Energy for maintenance	47
2.4.2 Growth curves for broilers	48
2.4.3 Calculation of maintenance for fixed weight	49
2.4.4 Reduction of maintenance as growth rate increases	50
2.5 Concentration of nutrients and genetic variability in utilization of essential nutrients	52
2.6 Stability of improvements – measurement of genetic variation	53
2.6.1 Regression following termination of selection programme	54
2.6.2 Genetic variation	58

CHAPTER III

3 Selection for increased growth in a sub-optimal feeding environment	60
3.1 The Selection Programme – setting-up, description	62
3.1.1 Base population, establishing 3 sublines	62
3.1.2 Duration of Selection Programme	63
3.1.3 Control of genetic changes	65
3.1.4 Rearing and reproduction	66
3.1.5 Diet and feeding procedures during rearing	68
3.2 Selection methods	74
3.3 Intensity of and differential in selection	75
3.4 Increase of growth rate, genetic progress	81
3.4.1 Distribution of weight	82
3.4.2 Variation factors	85
3.4.3 Neutralisation of systematic environmental effects	86
3.4.4 Genetic progress	89

3.5 Inbreeding and genetic drift	93
3.5.1 Calculation of average degree of inbreeding	96
3.5.2 Effects of inbreeding	102
3.5.3 Calculation of effective population size ($N_{e(v)}$)	106
3.6 Estimation of heritability for weight – analysis of genetic improvement	108
3.6.1 Statistical models	109
3.6.2 Estimated values of genetic effects	113

CHAPTER IV

4 Investigations of correlated changes	121
4.1 Growth rate and feed intake in various feeding environments	125
4.1.1 Statistical/genetic analyses in generation 0	125
4.1.2 Testing of 3rd to 5th and 7th and 9th generations	127
4.1.3 Testing of 6th generation at (the state test station) FAVRHOLM	133
4.1.3.1 Methods and test animals	133
4.1.3.2 Formulation and analysis of feed mixtures	135
4.1.3.3 Results	136
4.2 Carcase quality – properties	148
4.2.1 Investigations via ordinary testing procedures	150
4.2.2 Carving yield	151
4.2.2.1 Statistical methods	152
4.2.2.2 Results	153
4.3 Chemical composition of chickens	158
4.3.1 Methods	158
4.3.1.1 Abdominal fat	158
4.3.1.2 Chemical analysis	160
4.3.1.3 Muscular fat	160
4.3.1.4 Statistical methods	160
4.3.2 Results	161
4.4 Other properties	170
4.4.1 Feathering	171
4.4.2 Feeding behaviour	173
4.4.2.1 Results	175
4.4.2.2 Discussion	178
4.4.3 Reproductive properties	180
4.4.3.1 Laying intensity	180
4.4.3.2 Egg size	182
4.4.4 Viability	185

CHAPTER V

5 Individual feed intake – weight and measurements of inner organs	188
5.1 Principles applied for measurement of feed intake	189
5.1.1 Cage types used	190
5.2 Methods of measurement for 1-animal cages	191
5.3 Parent stock, methods applied in 4 tests	193
5.4 Average and standard deviations in feed intake – growth rate, body composition, size of organs	194
5.4.1 Growth rate and feed intake	194
5.4.2 Feed utilisation	201
5.4.3 Chemical composition	208

5.4.4	Size of inner organs	210
5.4.5	Meat quality	215
5.5	Co-variation between feed intake and chicken's measurements and weight	215
5.5.1	Correlations between FE and daily feed intake and growth rate	215
5.5.2	Correlations between FE and daily feed intake, organ size and amount of abdominal fat	217
5.5.3	General assessment of properties influencing FE	218
5.6	Genetic parameters	222
5.6.1	Statistical models	223
5.6.2	Estimates of h^2 and genetic correlations	225
5.6.3	Interaction between genotype and management form for weight at 40 days	228
CHAPTER VI		
6	Discussion – Survey	230
7	Summary (Danish)	250
8	Summary (English)	256
9	Literature – References	288
APPENDICES		
A	Rearrangement of equation for calculation of genetic drift variation	299
B	Calculation of inbreeding on basis of incomplete pedigree data	303
C	Correction for selection among parents in calculation of h^2	311

KAPITEL I

1 Indledning

Den investering, der lægges i et avlsarbejde, kommer ikke blot nutiden, men også fremtiden til gode, idet en forædling anses for at være permanent, d.v.s. at eftertidens brugere af forædlede dyr nyder godt af det forædlingsarbejde, der i forudgående slægtled er foretaget. Denne påstand bygger, dels på de observationer, der er gjort igennem tiden i den praktiske husdyravl, dels også på de teorier i den kvantitative genetik, der bygger på additiv geneffekt, sådan som det f.eks. fremstilles af Falconer (1981).

Der er gjort adskillige forsøg på at opstille økonomiske modeller til at kapitalisere værdien af et stykke avlsarbejde, og alle har det til fælles, at næsten ethvert stykke avlsarbejde kan betale sig, uanset hvor store omkostningerne måtte blive. Sådanne modeller tager imidlertid ikke højde for den tendens, der er indbygget i enhver rationaliseringsgevinst, at denne overføres til hele samfundet; dette er påpeget af Quist (1977), hvad angår fjerkræprodukter. Da udgifter til forædlingen næsten udelukkende væltes over på brugerne af dyrene, er der dermed sat grænser for, hvor store avlsudgifterne må være.

Forædlingen i form af højere ydeevne og større produktivitet er en jævn fremadskridende proces, og det kan for den enkelte måske lidt utålmodige landmand føles som »at stå i stampe«; måske fordi han netop har behov for en »her og nu«-fremgang. Resultatet er da ofte, at han må se sig om efter andre midler og derfor let kan forledes til at negligere virkningen af avlsarbejdet. Denne proces er nok mindre markant for de husdyrarter, med hvilke landmanden selv beskæftiger sig eller er tæt på i selve avlsarbejdet, som det f.eks. er tilfældet med kvæg og mink og i mindre grad svin. Slagtekyllingeproducenten, der modtager de daggamle kyllinger og beholder dem i 6 uger, hvorefter de leveres til slagteri, har ingen kontakt med avlsleddet, og derfor er det forståeligt, at interessen herfor er beskeden.

Samtidig er det dog beklageligt, at indsigten i, hvilke muligheder der ligger i avlsarbejdet, også formindskes, hvilket igen forårsager, at avlsvirkomhederne selv må definere avlsmålene, og det bliver forståeligt nok ud fra nogle andre præmisser, end hvis brugerne af dyrene var involveret.

Fremgangen over en årrække i ydelse og/eller effektivitet er relativt let at skaffe til veje gennem almindelige landbrugsstatistikker; vanskeligheden er straks større, hvis man har et ønske om at kunne skille denne fremgang i årsagskomponenter og her primært avlsarbejdets effekt. Neimann-Sørensen (1983) fandt, at ca. halvdelen af den fremgang, der er foregået inden for det danske husdyrbrug over en 20-års-periode fra 1960 til 1980, skyldtes en egentlig foræd-

ling og gjorde opmærksom på, at broilerproduktionen er den produktionsgren, der i det givne tidsrum havde den største fremgang (3,3% pr. år), og samtidig den gren, hvoraf effekten af avlsarbejdet udgør den største andel (60%).

I midten af 70-erne skønnedes det, at effekten af avlsarbejdet med høns af kødtype over en periode af 20 år havde ændret populationen så meget, at alderen ved almindelig slagtevægt var blevet halveret fra 80 til 40 dage (Sørensen, 1977a). Dette er på det seneste blevet yderligere styrket gennem en sammenlignende afprøvning af racer, der må antages at være nært beslægtet med de racer, fra hvilke de moderne slagtekyllingepopulationer hidrører (Jensen et al., 1984). Udtryk som daglig tilvækst til 1,5 kg levende vægt, er der tale om, at de moderne populationer af kyllinger vokser $2\frac{1}{2}$ til 3 gange så hurtigt som de racer af svær type, man finder hos de mere hobbybetonede fjerkræavlere.

Genetikken er mere end nogen anden disciplin den, der forklarer teorien bag den næsten eksplosionsagtige ændring af vore husdyrarter, der er foregået i de senere årtier. Gregor Mendel opdagede i midten af forrige århundrede nogle lovmæssigheder under sit arbejde med krydsning af forskellige ærtesorter, der senere viste sig at være fundamentale, uanset om man studerede botaniske eller zoologiske populationer.

Den mendelske udspaltning deler en population i klart adskilte grupper i overensstemmelse med de gener, der styrer et bestemt karaktertræk, og 2–3 alleler gener i populationen er almindeligvis ansvarlig herfor; nedarvning af fjerfarver og kamformer er typiske eksempler på sådanne karaktertræk, der giver anledning til diskrete fordelinger. I modsætning hertil står hovedparten af de produktionsøkonomiske egenskaber, hvori populationerne viser en tydelig kontinuert variation, og da disse egenskaber som oftest kunne måles eller vejes, blev betegnelsen *kvantitative egenskaber* anvendt som karakteristik. Efterhånden udvikledes den hypotese, at kvantitative egenskaber nedarvedes på samme måde som de kvalitative karaktertræk, men var blot styret af mange gener, fordelt på mange loci; som en væsensforskel var kvantitative egenskaber under større eller mindre indflydelse af det omgivende miljø, og dette sidste gav anledning til det af J. L. Lush i 30-erne definerede begreb: *Heritabilitet*.

Udforskning af de metoder, som den kvantitative genetik kunne stille til rådighed, fortsatte, men viste, at de statistiske løsningsmodeller efterhånden var så komplicerede, at der gik megen tid med at forenkle dem. Heldigvis var den elektroniske datateknik undervejs og fra midten af 1960-erne til rådighed på en sådan måde, at den kunne nyttiggøres i omsætning af teorierne fra den kvantitative genetik til praktisk husdyravl.

Avlsarbejdet med høns af kødtype er blevet påbegyndt sent, sammenlignet med fjerkræavl i almindelighed. Den første organiserede avl med fjerkræ på landsplan begyndte her i landet ca. 1880 under organisationsnavnet: *Foreningen for Danmarks Fjerkræavl*. I årene 1950/58 blev påbegyndt en egentlig slag-

tekyllingeproduktion, men avlsarbejdet i denne periode var i alt væsentligt baseret på sammenligninger mellem tunge racer for at finde de bedst egnede. Dette arbejde blev dog brat afbrudt i 1958, da import af stammer af Hvid Plymouth Rock racen fra USA startede, fordi de under prøver, foretaget på afkomsprøvestationen FAVRHOLM, viste sig de hidtil afprøvede racer langt overlegne, hvad angik vækstevne og slagte kvalitet.

Årsagen til, at man i USA var dette skridt foran, antages at være, at man tidligere havde taget de moderne avlsteorier i brug. For fjerkræavlens vedkommende havde de store avlsfirmaer, som i 1930-erne med stor succes havde fremavlet den såkaldte »hybridmajs«, ideer om, at lignende fremgang kunne opnås med husdyr, hvorfor man begyndte et avlsprogram, der omfattede etablering af indavlede linier, blandt hvilke man så senere skulle finde krydsningskombinationer med meget høj heterosis.

Afkom efter de til Danmark importerede dyr spredtes nu ud til hovedparten af avlscentre; og fra 1958 begyndte her i landet et egentligt organiseret avlsarbejde med høns af kødtype.

Den stærke koncentration af avlsarbejdet har to særlige aspekter:

Det *første* af disse er, at det bredt orienterede avlsarbejde har samfundets bevågenhed i form af præmieringsordninger og direkte offentligt betalt tilskud. Sådanne tiltag vil forståeligt nok forsvinde eller skrumpes ind, efterhånden som avlsarbejdet koncentrerer på færre og færre enheder; derfor må de store avlscentre financiere deres forædlingsarbejde gennem et kontinuerligt salg af avlsdyr. For at kunne gøre dette må man sikre sig, at køberne af avlsdyr ikke på rimelig måde kan avle videre med dem, men være nødsaget til at købe nye avlsdyr på avlscentret for hver ny generation. Den sikring, som avlscentre almindeligvis benytter, er taget direkte fra lærebøger om genetik, idet man altid lader brugsdyrerne være krydsninger af 2 eller 3 linier, der har en betragtelig krydsningsfrodighed; denne vil i følge teorien halveres for hver efterfølgende generation, d.v.s. produktionsværdien af sådanne F_2 -generationer vil være alt for lav, og følgelig har man lavet en biologisk patentering.

Det *andet* aspekt af koncentration i avlsarbejdet er, at det overlades til det enkelte avlscenter at forvalte avlsmaterialet; dette vil almindeligvis blive gjort på bedste måde, men i tilfælde af uheld – herunder især firmakrak – kan værdifuldt avlsmateriale gå tabt; eksempler herpå kendes indenfor landets grænser gennem det seneste årti. Grunden til den stigende interesse for etablering af genbanker såvel nationalt som internationalt skal bl.a. ses i lyset heraf, og man kan i den sammenhæng betragte genbanker som værende et modstykke til bevarelse af tegninger og beskrivelser af komplicerede maskiner eller apparater.

En af hovedidéerne i den teori, der ligger til grund for udviklingen af den kvantitative genetik, er, at den geneffekt, der overføres fra generation til generation, er af additiv natur, hvormed menes, at effekten af det enkelte gen i en

population er additiv, og at vekselvirkning mellem gener følgelig ikke transmitteres. Det er vel dokumenteret (jfr. f.eks. Falconer, 1981), at vekselvirkning mellem allele gener eksisterer, og at den ikke transmitteres videre til den efterfølgende generation; metoder til bestemmelse af denne såkaldte dominanseffekt er almindeligt anvendt i husdyrgenetikken.

Spørgsmålet om, hvilket omfang vekselvirkning mellem ikke-allele gener har, er langt mere usikkert, og navnlig mangler der biologiske metoder til i detaljer at kunne studere dette fænomen i husdyrpopulationer (Barker, 1979). I såvel KAPITEL II som KAPITEL III er præsenteret observationer, der bedst lader sig forklare som en sådan vekselvirkningseffekt af gener på forskellige loci.

Begrebet »grænser for vækst« har ofte været diskuteret i sammenhæng med kvantitativ genetik, og et betydeligt antal langtidseleksionseksperimenter med laboratoriedyr er gennemført for at få fastlagt, hvor mange generationer der ville forløbe, inden et egentligt loft blev nået (Bell, 1974). Hypotesen bag disse eksperimenter har været knyttet til den statiske model, at den genetiske variation af en egenskab var bestemt af et givet antal loci med to eller flere allele gener på hvert locus, og at disse gener alle havde en given effekt – positiv eller negativ; følgelig ville mange generationers selektion for ændring af en egenskab efterhånden fikse alle involverede loci med de mest favorable gener, og dermed var en videre udvikling låst fast. Man havde med andre ord nået et selektionsloft, idet den genetiske variabilitet ville være *nul*.

Hovedparten af langtidseksperimenterne er blevet afsluttet med en slags loft, derimod er det tvivlsomt, om dette loft skyldes, at den genetiske variation var udtømt på grund af selektion.

Avlen med høns af kødtype er en slags bevis på, at den statiske model ikke holder, da tredobbelt forøgelse af vækstevne og uændret heritabilitet modsiger dette.

Når fremtidens avlsmål for slagtekyllinger diskuteres i lyset af den succes, som de sidste 30 års avlsarbejde har medført, er der 3 hovedspørgsmål, som melder sig:

- 1) Stigende krav til miljøet
- 2) Loven om det aftagende merudbytte
- 3) Styrken af negativt korrelerede egenskaber tager til.

Det 1. *hovedspørgsmål* vedrører den problematik, der udspringer af det generelle forhold, at større præstation kræver et bedre miljø; dette begreb anført i sin bredeste betydning. Den meget væsentlige miljøfaktor, der udgøres af foder, kan lidt forenklet deles op i en fraktion til vedligehold og en rest til den egentlige produktion, d.v.s. aflejring af vand, protein, fedt og mineraler. I den tidligste vækstperiode, i hvilken tilvæksten hovedsagelig består af vand og pro-

tein, er kravet til »produktionsfoderets« sammensætning større end det samtidige foder til vedligehold; dette større krav til foderets sammensætning er især møntet på indhold af aminosyrer/protein, men må antages også at gælde en række mineralstoffer, der indlejres i knogler.

Set i et evolutionsmæssigt perspektiv, må tamhønen anses at hidrøre fra aner, der har tilpasset sig økologiske nicher, i hvilke de har formået at klare sig på foder med et betydelig lavere indhold af protein, end hvad der for tiden anses som værende optimalt.

Det er vel dokumenteret, at der hos høns er en arvelig variation i udnyttelsen af protein; når der derfor i disse oprindelige populationer af høns ikke er sket en fiksering af gener, der koder for maksimal udnyttelse af protein, må man gå ud fra, at de gener, der koder for en ringere udnyttelse af protein, på anden måde er af værdi for populationen.

Selektion for større vækstevne i et miljø, der sikrer maksimal vækst, er på ingen måde med til at præferere gener, der koder for maksimal udnyttelse af protein, fordi protein er tilgængeligt i rigelige mængder; og det anførte evolutionsmæssige aspekt kan meget vel være årsag til, at gener, der koder for en ringere udnyttelse af protein, bliver foretrukket, hvorefter resultatet højst sandsynligt vil blive populationer, der stiller stadig større krav til foderet, såfremt deres genetiske kapacitet for vækst skal udnyttes fuldt ud. Endvidere må det befrygtes, at reaktionen mod foder med en reduceret ernæringsværdi vil blive langt større. Disse perspektiver var grundlag for et selektionseksperiment, der blev påbegyndt i 1974 på Avlsstationen for Fjerkræ, STRYNØ; detaljerede beskrivelser og analyser af dette eksperiment, der afsluttedes i 1982, er hovedindholdet i afhandlingens KAPITEL III og KAPITEL IV.

Forskellige aspekter af dette selektionsforsøg blev i 1980 forelagt både på den VI. European Poultry conference i Hamburg og den XXII. British Poultry Breeders Roundtable i Edinburgh (Sørensen, 1980a,b). Den diskussion, som disse indlæg gav anledning til, bidrog med ideer til flere af de særlige undersøgelser, der blev foretaget i de efterfølgende 2 år.

Den generelle opfattelse hos producenter af slagtekyllinger, at kvaliteten af avlsmaterialet er tæt forbundet med dyrenes væksthastighed, lægger et betydeligt pres på avlsvirksomheden, som derfor i konkurrence med andre udbydere daggamle kyllinger med en stadig større, genetisk betinget vækstkapa-citet. I et sådant forløb overser man let 2. *hovedspørgsmål*, fordi det – på kort sigt – næsten ikke kan registreres, at merudbyttet med endnu en generations avlsarbejde reduceres.

Filosofien om ydelse som avlskriterium har været det foretrukne begreb lige så længe, som der har været drevet husdyravl med produktionsøkonomisk sigte; årsagen er naturligvis, at højere ydelse reducerer de faste omkostninger pr. produceret enhed og dernæst, at ydelse sædvanligvis er let – og sikker – at regi-

strere individuelt (mælk, tilvækst, æg, uld etc.). Den stigende anvendelse af produktivitet som mål for succes i stedet for ydelse bør også vinde større indpas i husdyravlen, og her må man ikke stille sig tilfreds med, at man for måske 10 år siden fandt, at avl for højere ydelse var lønsommere end avl direkte for produktivitet; forholdet vil være, at de faste omkostningers andel af totalomkostningerne reduceres. – For slagtekyllingernes vedkommende går mere end $\frac{2}{3}$ af omkostningerne i produktionen til foder, og dette foder kan igen opdeles i én fraktion, der medgår til vedligehold, og en anden, der anvendes til den egentlige produktion.

Ved produktion til en fast vægt reduceres behov til vedligehold med stigende vækstkapa­citet, og dermed træder loven om det aftagende merudnytte i funktion. I KAPITEL II sandsynliggøres, at selektion for bedre foderudnyttelse på et eller andet tidspunkt vil være mere fordelagtig end fortsat selektion for vækstevne, medens der i KAPITEL V gøres rede for problemerne vedrørende måling af individuel foderoptagelse, samt præsenteres resultater og analyse af en undersøgelse af 2.000 kyllinger, registreret i et specielt indrettet buranlæg.

Det 3. hovedspørgsmål mødes i mange sammenhænge, men tydeligst ses konsekvensen af sammenhængen mellem vækstevne og appetit hos avlsdyrene, der naturligvis også har en voldsom appetit. De ville vokse sig til uformelige fedt­bjerge, såfremt de fik adgang til frit at æde alt det, de kunne; derfor er det nødvendigt med en endog meget restriktiv fodertildeling til disse dyr for at opnå rimelige reproduktionsresultater.

Spørgsmålet om den voldsomme appetit og den heraf følgende overfedme også hos slagtekyllinger behandles indgående i alle afhandlingens kapitler. Det i KAPITEL III beskrevne selektionsforsøg indbefatter en eksperimentlinie, hvori der selekteres for vækstevne under rationeret tildeling af foder; baggrunden for at inkludere denne linie i eksperimentet var, at museforsøg havde vist, at linier, selekteret for høj vækstevne under rationeret fodertildeling, var mindre disponeret for aflejring af fedt end linier, selekteret for samme egenskab, men med fri adgang til foder (Robertson, 1973).

Der kan nævnes en række andre problemer, affødt af negative korrelationer med vækstevne, og hvoraf nogle klares gennem ændring af foder og produktionssystemer, medens andre igen må klares ved hjælp af direkte selektion; konsekvensen er, at en stigende andel af det til rådighed stående selektionspres anvendes til at overvinde denne negative forbundethed med vækstevne.

I det afsluttende KAPITEL VI diskuteres disse problemstillinger i sammenhæng med resultater af de i de foregående kapitler gennemførte analyser.

KAPITEL II

1 Analyse af 25 års avlsarbejde med høns af kødtype

Der findes næppe nogen husdyrproduktion, hvor man i løbet af 25 år har formået at ændre sin population i det omfang, som tilfældet er med den population af dyr, der anvendes til produktion af slagtekyllinger.

Denne udvikling er forløbet parallelt i alle lande, der har haft produktionsbetingelser, som de findes i Danmark, d.v.s. med en meget stærk koncentration af produktionen henimod det såkaldte industrialiserede landbrug. Konsekvensen for avlsarbejdet har været en meget stærk koncentrering samt en ændring, således at kontinuert salg over landegrænser af avlsmateriale kunne finde sted uden besvær. Bevarelsen af et dansk avlsarbejde krævede derfor, at det udbudte materiale skulle være mindst lige så godt som det udenlandske – hovedsagelig hollandsk, tysk, engelsk og amerikansk. Viljen hertil blev mobiliseret i slutningen af 60-erne, og det viste sig i midten af 70-erne, at evnen også havde været til stede.

Avlsstationen STRYNØ havde en central placering i dette arbejde, derfor, og fordi det i KAPITLER III, IV og V beskrevne eksperimentelle arbejde er foretaget på Strynø, er 3. afsnit reserveret en detaljeret beskrivelse af driftform, indretning m.m. af Avlsstationen STRYNØ.

En så voldsom, genetisk betinget ændring på de egenskaber, der har størst økonomisk betydning, som det kan ses i 2. afsnit, kan ikke undgå at give sig til kende på andre områder. Disse er nærmere analyseret i de 3 sidste afsnit af dette kapitel, hvor der i det første af dem diskuteres, hvorledes loven om det aftagende merudbytte kan aflæses. I det efterfølgende diskuteres, hvorledes effekten af genetisk variabilitet i udnyttelsen af ernæringskilder kan være påvirket; og endelig er i sidste afsnit diskuteret, hvorledes den klassiske opfattelse af genernes virke i kvantitativ sammenhæng passer sammen med det forløb, der kan ses og måles på grundlag af den udvikling, der er sket for slagtekyllinger.

2.1 Organisering af avlsarbejdet*Historisk overblik*

Indtil midten af 1950-erne var produktionen af kyllingekød udelukkende baseret på hanekyllinger, der frasorteredes enten på rugerierne som daggamle eller hos producenterne; og fra »Beretning om Landsudvalget for Fjerkræavlens konkurrence mellem hele hønsehold« for årene 1950/1956 fremgår, at blandt ca. 60 godkendte avlsbesætninger bestod 60% af *Hvid Italiener race* og 15–20% af *Brun Italiener race*, medens de resterende 20% fordelte sig på de halvsvære racer – så som *Rød Rhode Island*, *Lys Sussex*, *Hvid Wyandotte* og *New Hampshi-*

re. Denne fordeling var dog ikke nødvendigvis udtryk for fordelingen af racer i ægproduktionen.

I midten af halvtredserne skete en stigning i antal godkendte besætninger med halvsvære racer, således at disse i årene 1955 til 1958 forøgedes fra 12 til 27 godkendte avlsbesætninger, og det var navnlig racerne: *New Hampshire* og *Hvid Plymouth Rock*, der vandt indpas. Denne udvikling var resultatet af, at man i 1955 var begyndt at lave egentlige avlsstammer, der selekteredes på grundlag af vækst; avlerne af disse stammer havde nærmest som en forsikring søgt om godkendelse under »Landskonkurrencen for hele hønsehold«, der udelukkende tog hensyn til æglægningsparametre. Denne »forsikring« blev fjernet i 1958, da *Landsudvalget for Fjerkræavl* bestemte, at avlerne ikke kunne deltage i både avlsarbejdet for æglæggere og avlsarbejdet med slagtekyllinger med den samme race. Hermed var fuldstændig brudt med den tankegang, at det ville være muligt i én og samme race at avle optimalt for både konsumægsegenskaber og slagtekyllingeegenskaber.

I sin beretning for 1954/55 skrev landskonsulent D. Davidsen følgende:

»I foråret 1955 iværksattes hos nogle få avlere et nyt avlsarbejde for at udvælge de hurtigst voksende og de bedst egnede avlsdyr til produktion af slagtekyllinger. Der blev foretaget vejninger og bedømmelser af et meget stort antal kyllinger, og på basis af dette arbejde er der af avlerne udvalgt en del avlsdyr, som nu er eller i kommende avlssæson vil blive brugt i avlsstammerne«.

Hos i alt 9 avlere, der havde én af følgende racer: Lys Sussex, Hvid Plymouth Rock, New Hampshire og Rød Rhode Island, havde Landsudvalget for Fjerkræavl i foråret og sommeren 1955 vejet og bedømt kyllinger som en spinkel begyndelse til et avlsarbejde, som, indså man, var nødvendigt, hvis man ville have en virkelig rentabel produktion af slagtekyllinger (Davidsen, 1955).

2.1.1 Avlscentre for slagtekyllinger

Med det sigte at fremme interessen for et avlsarbejde med slagtekyllinger iværksatte Landsudvalget for Fjerkræavl i januar 1958 et »Tilsyn med avlsbesætninger for slagtekyllinger«. Formålet med dette tilsyn var at udpege besætninger, der gennem et avlsarbejde, hvilende på stamavl, stammærkning og kontrol med de enkelte kyllingers vækst og befjering, søgte at højne slagtekyllingerens kvalitet.

På trods af store strukturændringer er dette tilsyn blevet fortsat til skrivende stund, selv om formen for tilsynet er blevet ændret meget betragteligt. Den enorme strukturændring lader sig bedst illustrere i en figur (fig. 2.1), hvori antal godkendte avlsbesætninger og antal stammer pr. besætning er anført fra starten til 1984. Allerede det første år var man oppe på 38 godkendte avlsbesætninger – et antal, der ikke senere er blevet nået; reduktionen i løbet af de første 3 år

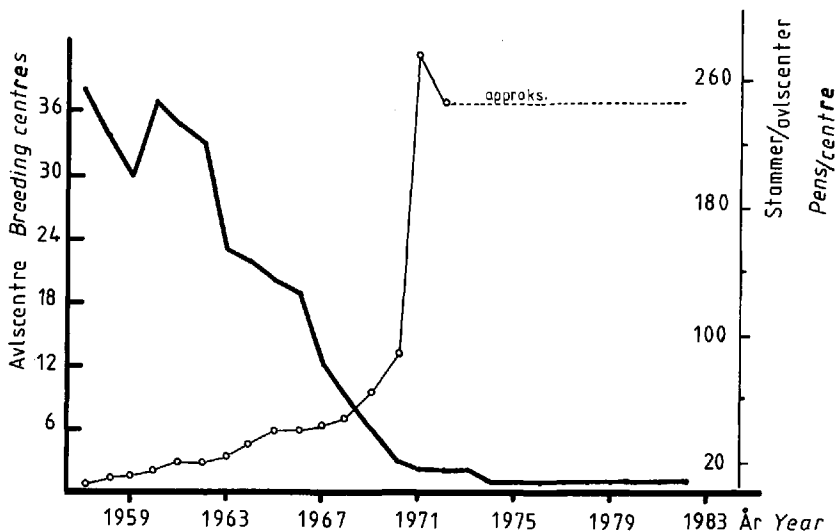


Fig. 2.1 Udviklingen i antal godkendte avlscentre og antal stammer pr. avlscenter.
Number of breeding centres and breeding pens per centre.

skal ses i lyset af, at racerne: New Hampshire, Lys Sussex, Rød Rhode Island og Hvid Wyandotte, erkendte man, ikke var på højde med Hvid Plymouth Rock racen, således at der allerede i 1959–60 alene var tale om Hvid Plymouth Rock som grundlag for produktion af slagtekyllinger.

Udviklingen gik dog så hurtigt, at der allerede året efter var 18 avlsbesætninger, der havde fået dyr af racen *Hvid Cornish*, så den racekrydsning, der stadig er den almindeligt anvendte i midten af firserne, allerede efter kun 4–5 års avlsarbejde blev almindelig.

Stammebegrebet hidrører fra den måde, hvorpå reproduktionen finder sted, når fuldstændig afstamning ønskes, d.v.s. 8–12 høner går da i et stamrum sammen med én hane, og æggene lægges på kontrolreder. Når man i figuren kan aflæse, at der i gennemsnit var 5 stammer pr. avlsbesætning i 1957, er det et udtryk for, at 5 haner var fædre til den efterfølgende generation. Uanset at reproduktionsformen for avlslinierne i tidens løb er ændret til kunstig sædoverføring, hvor sæd fra én hane insemineres til 3–4 forud valgte høner, fastholdes stadig stammebegrebet; af fig. 2.1 kan ses, at der gennem årene har været en kraftig stigning i antal stammer pr. avlscenter, men således, at man i 1972 stabiliserede sig på omkring 250 stammer i de 3 produktionslinier hos avlscentret ASA CHICK.

De almindelige regler, der er gældende for »Avlsbesætninger for slagtekyllinger« blev første gang nedfældet i beretningen »Landsudvalget for Fjerkræav-

lens tilsyn med Avlscentre for slagtekyllinger 1958/59« og havde følgende ordlyd:

- 1) Avlsdyrene skal være af ren race
- 2) Avlsdyrene skal være stamrugede
- 3) I rugesæsonen sammensættes et antal avlsstammer, så afkommet herfra kan stammærkes
- 4) Der skal foretages vejninger af såvel ungdyr som avlsdyr, ligesom der skal foretages bedømmelse af de enkelte kyllingeholds befjerings
- 5) Afkomshold efter de enkelte stammer skal anmeldes til de afholdte afkomprøver for slagtekyllinger
- 6) Optegnelser vedrørende avlsarbejdet foretages efter de af Landsudvalget for Fjerkræavlens givne anvisninger
- 7) Ved regnskabsårets afslutning indsendes til Landsudvalget for Fjerkræavlens de i årets løb foretagne avlsmæssige optegnelser
- 8) I tilfælde af sygdomsangreb i besætningen skal dette omgående meddeles Landsudvalget for Fjerkræavlens.

Disse regler blev yderligere præciseret i 1965 (Landsudvalget for Fjerkræavlens, 1965). I et afsnit om *Dyrebestanden* er bl.a. anført, at det er tilladt at have mere end én race i en besætning, men at hver race normalt skal omfatte mindst 10 avlsstammer.

Afsnittet om *Avlsmæssige foranstaltninger* præciserer: »hovedformålet er gennem renavl og stammeavl og ét på grundlag af afkomprøver hvilende system at søge at frembringe renavlede og avlssikre linier med anlæg for høj og stabil ydelse«. Der er også indføjet en bemærkning om, at hver stamhane skal have mindst 50 stammærkede kyllinger, hvilket svarer til et selektionspres på 4% for haner og ca. 40% for høner.

Endelig var tilføjet et afsnit om *Salg af kyllinger og avlsdyr*. Heri defineres begrebet *renavlet linie* som en gruppe af dyr, hvormed der i eget avlscenter igennem mindst tre forældregenerationer er blevet drevet et planmæssigt avlsarbejde uden migration fra andre linier; og gennem salg til rugeægproduktion må der kun sælges dyr fra en sådan renavlet linie eller en F_1 -krydsning mellem to renavlede linier.

Væsentlige ændringer skete i 1968, hvor der nu stilles krav om, at der skulle stammærkes så mange hønekyllinger, at højst 20% bliver udvalgt til næste generations stammeavl, og det tilsvarende tal for haner var 2%; dette krav strammes i 1971 til 15% høner og 2% haner.

Disse stramminger med hensyn til selektionsintensitet skal ses i lyset af flere forhold, hvoraf skal nævnes:

- a) Teorierne angående den kvantitative genetik kom her til landet i midten af tresserne og var bl.a. medvirkende til, at man indså, hvor stor en betydning selektionspresset havde på den genetiske fremgang.

- b) Afkomsprøven, der har sin store styrke i en præcis avlsværddivurdering og især for egenskaber med lav h^2 , har en uvurderlig betydning i små avlsbesætninger, hvori man ikke tåler usikre vurderinger, fordi det enkelte avlsdyr har en afgørende indflydelse. Efterhånden som avlscentrene er vokset i størrelse, har denne sikkerhedsfaktor ikke så afgørende en betydning, fordi man kan lade den indgå som en populationsparameter på lige fod med en række øvrige parametre, hvoraf de væsentligste er selektionsintensitet og generationslængde. Optimeringsmodeller viste, at afkomsprøverne til trods for den større sikkerhed medførte en mindre genetisk betinget fremgang, end hvis man udelod dem, fordi man så kan forøge selektionsintensiteten og reducere generationsintervallets længde.

I årene 1972/74 arbejdede man ihærdigt på at finde metoder til at opnå en rimelig sikker bedømmelse af slagte kvaliteten på de levende kyllinger. I foråret 1974 var man nået så langt, at brystkødmængde kunne predikteres på grundlag af en subjektiv bedømmelse på den levende kylling med lige så stor sikkerhed som en tilsvarende bedømmelse på slagteriet, og dermed faldt grundlaget for opretholdelse af afkomsprøven bort. Den sidste afkomsprøve med slagtekyllinger blev afviklet under prøve nr. 74-3.

Den rationaliseringsbølge, der gik over landet i 1960-erne, havde bl.a. en forøgelse af størrelsen af slagtekyllingeholdene til følge. For at undgå for mange opformeringsled mellem elitedyrene i de renavlede linier og produktionsdyrene var det derfor nødvendigt, at de anvendte linier som grundlag for produktion af handelskyllinger havde et rimeligt stort omfang.

I slutningen af 60-erne blev det mere og mere klart, at Danmark ville blive optaget i de europæiske fællesskaber, hvilket højst sandsynligt ville medføre, at det monopol, som Landsudvalget for Fjerkræavl havde med hensyn til import af avlsdyr, ikke ville kunne opretholdes. For at bibeholde et dansk avlsarbejde ville man derfor se sig nødsaget til at sikre, at kvaliteten af avlsmaterialet var på højde med det bedste, der kunne skaffes fra udlandet.

Den stærke koncentration af avlsarbejdet endte i 1972 med, at 3 af 4 tilbageværende avlscentre blev sluttet sammen til Avlscentret ASA CHICK. Baggrunden for dannelse af dette avlsselskab var et parthaverselskab, bestående af: Andelsfjerkræslagterierne, andelsgrovvarehandelen og hovedparten af de tilsvarende private virksomheder samt en meget stor del af rugerivirksomhederne.

De første par år efter etablering af ASA CHICK gik med justering af avlsprogrammet til den nye situation, – at man næsten var eneste danske avlsfirma –, samt at de store rugerier benyttede deres muligheder for import af udenlandske hybrider til sammenligning med de danske. Det viste sig, at det danske avlsmateriale i hovedsagen klarede sig rimelig godt – takket være den meget intensive selektion for vækstevne, der startedes i midten af tresserne; derimod var ægdylsen i underkanten af, hvad man fandt hos nogle udenlandske hybrider.

Efter opbygning af en økonomisk model til beskrivelse af den økonomiske

værdi af at ændre de vigtigste egenskaber i en integreret produktion, d.v.s. vækstevne, æglægningsevne, klækbarhed og slagte kvalitet, samt indgåelse af en samarbejdsaftale mellem ASA CHICK og Landsudvalget for Fjerkræ om anvendelse af Avlsstationen STRYNØ (se afsnit 2.1.3), blev i decenniet 1974/84 opnået bemærkelsesværdig gode resultater. Fremgangen i vækstevne er fortsat i uændret takt samtidig med, at æglægningsevnen er blevet forbedret ganske betragteligt, således at disse 2 egenskaber nu er på højde med de bedste af de 4–5 udenlandske hybrider, som de er blevet sammenlignet med i Danmark i årene 1981/84. Der er gentagne observationer, der viser, at livskraften og slagte kvaliteten er bedre.

Fra 1982 bliver der tale om eksport af danske avlsdyr til mange lande i et omfang, svarende til stort set de kyllinger, der produceres i Danmark.

2.1.2 Officielle afprøvninger

Den første officielle afprøvning af slagtekyllinger påbegyndtes den 30. november 1955 på den nye Afkomsprøvestation for Slagtekyllinger på *Høng Landbrugsskole*. Baggrunden herfor var det initiativ, som tidligere på året var taget af Landsudvalget for Fjerkræavl med vejning og bedømmelse af kyllinger hos en række særlig interesserede avlere; disse avlere havde sat en række stammer op, og der var et stærkt ønske om at få afkom efter disse stammer afprøvet under lige vilkår.

Et andet og lige så væsentligt incitament for at tage disse afprøvninger op var nok den tilsyneladende forvirring, der herskede, med hensyn til, hvilke racer og racekrydsninger der skulle sættes på. Eksempelvis herskede i vide kredse den opfattelse, at en krydsning af New Hampshire haner med Hvid Italiener høner ville blive den endelige løsning, da man fokuserede meget stærkt på en hvid fjerdragt og på en god befjering i øvrigt (D. Davidsen, personlig meddelelse). I de 3 første afprøvninger deltog således henholdsvis 13, 19 og 13 forskellige racer og racekombinationer og heraf endog enkelte 3-vejs racekrydsninger.

De 3 første meddelelser fra Landsudvalget for Fjerkræavl og Landøkonomisk Forsøgslaboratoriums fjerkræafdeling blev meget beskeden betegnet: »Opdrætning af slagtekyllinger på Høng Landbrugsskole«, men senere blev de dog betegnet »Afkomsprøve med slagtekyllinger«; og med en fortløbende nummerering indtil 1966, da afkomsprøve nr. 56 afsluttede en 11-årig-periode med afkomsprøvetanken som det bærende element i avlsarbejdet.

Institutionen »Høng Landbrugsskole« kom ind i billedet som vært for afkomsprøverne, fordi daværende forstander B. Belling viste stor interesse for avlsarbejdet med høns.

På kostaldloftet blev der indrettet 15 rum hvert på ca. 22 m², og indtil 1966 dannede de rammen om 31 afkomsprøver, hver bestående af 70–100 afkomsprøvehold á 25–30 kyllinger eller 4.000–5.000 dyr i alt. I hvert rum indsattes 5–6

afkomshold således, at foderkontrol med det enkelte hold ikke var mulig, men vægt ved afslutning samt afgang i opdrætningsperioden og bedømmelse af fjerdragt var de egenskaber, der blev registreret for det enkelte afkomshold.

Efter at avlsarbejdet i 1958 var lagt i faste rammer, viste der sig hurtigt et større behov for afkomsprøver, end der kunne afvikles i Høng med 4 afkomsprøver pr. år, idet kravet for at blive godkendt som avlscenter var en afkomsprøve af alle stamhaner i hver generation. Fig. 2.1 viser, at der til tider var 700 stamhaner; derfor blev der skaffet mulighed for at køre afkomsprøver på den af *Jydsk Andels-Foderstofforretning* og *Nordjysk Andels-Fjerkræslagteri* ejede Kyllingeforsøgsstation i Brabrand fra 1958, på Kyllingestationen Favrholt fra 1960 og på Karantænestationen Lyng Mølle fra 1962. Fra 1960, indtil den nye Afkomsprøvestation Favrholt blev opført i 1966, er der hvert år gennemført 7 afkomsprøver, hver bestående af 70–100 afkomshold.

Allerede fra den første prøve var det klart, at en sådan officiel prøve også skulle omfatte en bedømmelse af slagte kvaliteten, og fjerkræslagterierne viste dette initiativ uhyre stor interesse. På *Ringsted Andels-Fjerkræslagteri* blev afkomsprøvekyllingerne fra Høng slagtet over 3 dage, d.v.s. ca. 1.500 kyllinger pr. dag. Efter slagtning og plukning blev samtlige kyllinger lagt op på lange borde; slagteriets medarbejdere havde på forhånd klassificeret kyllingerne efter den skala, man anvendte på slagteriet: Ekstra, Klasse I og Klasse II samt en Ekstra, Ekstra Klasse til topdyrene. Efter slagteriets bedømmelse gennemgik de ansvarlige for afkomsprøven de enkelte kyllinger og noterede klassificeringen, hud- og benfarve, fejl på kropform, lårfylde og andre oplysninger, som for avlerne kunne være af betydning at vide.

Efterhånden som kvaliteten af kyllingerne blev bedre, var slagteriernes bedømmelse ikke tilstrækkelig til at kunne differentiere, hvorfor fjerkræafdelingen i samarbejde med *Landbrugsministeriets Inspektør for Fjerkræslagterierne* samt Landsudvalget for Fjerkræavl selv forestod klassificeringen fra og med afkomsprøve nr. 22, medio 1961; dog bibeholdt man også under de følgende 8 prøver de samme klassificeringsbetegnelser, men graduerede mere. I det efterfølgende år gik man over til at anvende en »1–8 skala« og klassificerede for henholdsvis kropform og kødfylde.

Slagtning af afkomsprøverne fortsatte på Ringsted Andels-Fjerkræslagteri, medens slagtning af afkomsprøverne fra Brabrand foregik på *Nordjysk Andels-Fjerkræslagteri* i Randers, indtil *Forsøgsfjerkræslagteriet Favrholt*, Hille-rød, blev taget i anvendelse den 30. april 1968.

Det første år på Forsøgsfjerkræslagteriet fortsatte bedømmelserne uændret, hvorefter de ændredes således, at følgende egenskaber bedømtes: Vægt af opskåret kylling, vinkel på bryst, karakter for kropform og anmærkning, såfremt kyllingerne havde brystblærer eller sort bughinde. Karaktergivning og måling foregik, når kyllingerne forlod eviscereringsbåndet, og resultaterne blev auto-

matisk overført til papirtape. Denne form for slagte kvalitetsbedømmelse er fortsat indtil skrivende stund og blev i slutningen af 70-erne suppleret med regelmæssig måling af parteringsudbytte og bugfedtindhold. Da de to sidst tilkommende målinger foretages manuelt, er disse så arbejdskrævende, at kun ca. 10% af de afprøvede kyllinger kan måles for disse egenskaber.

Baggrunden for opførelse af Forsøgsfjerkræslagteriet Favrholt var, at medens slagtningen af de første afkomsprøver nærmest betragtedes som fest, hvor alles gode vilje var til stede, medførte den almindelige rationalisering og automatisering, at også fjerkræslagterierne blev nødt til at deltage i denne proces; derfor blev slagtning af afkomsprøverne efterhånden en klods om benet på de involverede slagterier, fordi der krævedes et rimeligt ophold mellem hvert hold på slagtebåndet og en ekstra håndtering for at lægge kyllingerne frem til bedømmelse.

I de oprindelige regler for tilsyn med avlscentre for slagtekyllinger fra 1959 er der ikke noget særligt krav om, hvorledes de enkelte avlere skulle udnytte resultaterne af afkomsprøven. Det forholdsvis lille antal stammer pr. avlsbesætning betød dog, at avlerne ikke ville have været i stand til at udnytte disse i egen besætning; og det er da også det almindelige indtryk efter samtaler med personer, der var involveret i avlsarbejdet i det første årti, at afkomsprøveresultaterne primært blev udnyttet til at købe hverandres avlsdyr.

En anden vigtig funktion af afkomsprøverne i de første år var den utrolig hurtige udskiftning af racer, fordi man hurtigt indså, at Hvid Plymouth Rock racen havde både en større vækstevne og bedre slagte kvalitet end nogen af de øvrige racer.

I 1965 bortfaldt offentliggørelsen af afkomsprøveholdets afstamning, sådan at resultatet udelukkende kunne anvendes af den avler, der indsendte holdet. Det var især slagte kvalitetsresultaterne, der blev anvendt i selektionen af avlsdyr. Antallet af prøvehold oversteg antallet af stammer, hvilket skyldtes det forhold, at flere avlere kunne nå at afprøve 2 avlsbaner i hver stamme, og dermed kunne selektionsstyrken på grundlag af afkomsprøverne fordobles; disse afkomsprøver fortsatte i uændret form indtil 1974, da de blev overflødiggjort, fordi man nu havde fundet pålidelige metoder til bedømmelse af slagte kvaliteten på levende dyr, sådan som det er beskrevet i afsnit 2.1.1.

Den stigende flokstørrelse af slagtekyllinger gjorde, at man i midten af 60-erne ikke længere kunne nøjes med at bedømme og differentiere kvaliteten af et avlscenter på grundlag af afkomsprøver, fordi man måtte regne med, at de kyllinger, som man fik, ikke kunne henføres til enkelte stammer, men at de kom fra lukkede linier eller kombinationer af lukkede linier. Derfor indførtes i 1965 det nye begreb »liniekombinationsprøve«, hvortil der fra hver kombination indsattes 200 kyllinger. Formålet var, dels at avlerne kunne sammenligne egne kombinationer, dels at give producenterne mulighed for at se sammenligninger mellem de udbudte kombinationer.

Denne form for afprøvning er blevet fortsat til skrivende stund, men med mindre modifikationer undervejs. Efterhånden som der til hver prøve var ønske om partering af 2 eller flere hold samt bugfedtbestemmelse af tilsvarende hold, ændredes prøverne til, at der til disse hold skulle indsættes 50–75 kyllinger, medens man i de øvrige hold til gengæld kunne indsætte så mange, at man nåede op på den belægning, man har i den almindelige produktion; for disse kyllingers vedkommende måles alene holdvægt – levende og slaget – samt foderforbrug og afgang. Afkomsprøver og liniekombinationsprøver er siden 1965 uden afbrydelse blevet afviklet på Afkomsprøvestationen for Slagtekyllinger, Favrholm.

Siden afkomsprøvernes start i 1955 har det været almindelig praksis at udsende en meddelelse om resultaterne af disse prøver fra Afdelingen for Forsøg med Fjerkræ til avlerne og andre interesserede parter 2–4 uger efter en prøves afslutning. Med jævne mellemrum summeres resultaterne i en egentlig publikation, lige som de oftest publiceres i fjerkrætidsskrifter og omtales i de årlige beretninger fra Landsudvalget for Fjerkræ.

2.1.3 Import af avlsmateriale – Avlsstation

De avlere, der i 1956/57 begyndte at drive slagtekyllingeavl, var allerede i 1959 ude i alvorlige overvejelser om nytten af deres indsats, fordi der var stærke ønsker især fra fjerkræslagterierne om import af avlsmateriale, fordi de mente, at materialet var bedre i udlandet og herunder især USA. *Fjerkræeksport-Udvalget* havde i 1950/51 foretaget en import af New Hampshire, og sigtet hermed var i krydsning med Hvid Italiener at opnå gode æglæggende høner og samtidig producere slagtekyllinger af hanerne; og disse var i følge *direktør Asger Jensen*, Nordjysk Andels-Fjerkræslagteri, med til at give slagtekyllingen et »meget langt skridt fremad« (A. Jensen, 1958). Senere i samme artikel siges: »Udviklingen vil imidlertid inden længe fordre en sådan decideret slagtekylling, hvor der ikke tages hensyn til æglægningen«.

I slutningen af året 1957 blev på Fjerkræeksport-Udvalgets foranledning foretaget en import af Hvid Plymouth Rock (12 haner + 100 høner), Lys Sussex (5 haner + 24 høner) og New Hampshire (6 haner + 28 høner) fra avlscentre i England, der på forhånd var godkendt af de danske veterinærmyndigheder. Efter en passende tid i karantæne under veterinærpolitiets opsyn på Politiskolen på Amager, blev de overført til en avlsstation, der af Fjerkræeksport-Udvalget var oprettet i forbindelse med *Den danske Fjerkræskole* i Middelfart. Herfra solgtes i de efterfølgende 2 år til stadighed avlsdyr og især af Hvid Plymouth Rock racen.

I den forløbne periode siden denne import var det europæiske marked imidlertid blevet tilbudt amerikanske, slagtede kyllinger til en pris og af en så god kvalitet, at man i producent- og slagterikredse havde den opfattelse, at hvis

man skulle overleve, ville det være nødvendigt at importere avlsmateriale fra USA. Medvirkende til denne holdning var også en sammenlignende afprøvning af danske kyllinger, foranstaltet af Fjerkræeksport-Udvalget, og kyllinger, importeret som rugeæg fra USA; disse »amerikanske« kyllinger var formentlig en krydsning af Hvid Cornish og Hvid Plymouth Rock. Udrugning og opdræt foregik på Den kgl. Veterinær- og Landbohøjskole. Alle kyllinger blev slagtet på Fjerkræslagteriet i Ringsted, og til stede under en efterfølgende forevisning af 300 slagtede »amerikanske« kyllinger var repræsentanter fra alle fjerkræslagterier, landbrugsministeriet, Veterinærdirektoratet, Landbohøjskolens Fjerkrælaboratorium, Landøkonomisk Forsøgslaboratorium, Landsudvalget for Fjerkræavl og en række andre interesserede. Indtrykket var med *redaktør J. Trabergs* ord: »Vi siger ikke for meget, når vi udtaler, at bedre og finere slagtekyl-linger var ikke set i dette land« (J. Traberg, 1959).

I sommeren 1959 købte Fjerkræeksport-Udvalget ejendommen »Lynge Mølle« med henblik på at indrette den til karantænestation, fordi stationen på Amager ikke var egnet til formålet. Der stod imidlertid en betydelig strid mellem Fjerkræeksport-Udvalget og Landsudvalget for Fjerkræavl om, hvem der skulle foretage import og derefter den videre distribution af det importerede avlsmateriale. Efter en række forhandlinger mellem de to parter, der senere blev suppleret med Landbo- og Husmandsforeningerne, kom man, efter at sidstnævnte havde peget på den daværende kornpulje som finansieringskilde, frem til, at Landsudvalget for Fjerkræavl skulle foretage import og videre distribution af avlsmaterialet; herefter blev den nyhvervede karantænestation på Lynge Mølle overdraget til Landsudvalget for Fjerkræavl. Den første import af Hvid Plymouth Rock til Lynge Mølle fandt sted i foråret 1960.

På grund af de voldsomme forudgående diskussioner vedrørende denne import og de stærke veterinære restriktioner, der var blevet pålagt i forbindelse med de importerede amerikanske dyr, blev de daggamle kyllinger, der ankom til Kastrup, ført videre til Lynge Mølle under politieskorte.

Under de drøftelser og diskussioner, der i 1958/59 blev ført om dansk avlsarbejde med slagtekyl-linger, indgik også en plan om etablering af en avlsstation, således at importerede linier efter frigivelse fra karantæne skulle overføres til avlsstationen og afkomsprøves, inden de fordeltes til interesserede avlere. I midten af 1959 gav landbrugsministeriet på opfordring af Landbo- og Husmandsforeningerne tilladelse til oprettelse af en avlsstation efter den plan, der var opstillet, med midler fra den daværende kornpulje.

Den første sætning i nævnte plan lyder, som følger: »Oprettelsen af en avlsstation for fjerkræ har til formål hurtigere, end det nu er muligt, at forbedre dyrene, der anvendes til produktion af æg og slagtekyl-linger«. Denne brede formålsparagraf lader meget stå åbent; og der står da også senere, at »Avlsstationens ledelse bør have helt frie hænder til at tilrettelægge forsøg og undersøgel-

ser ud fra de nyeste arvelighedsteorier«. Der var dog to væsentlige bemærkninger, som alligevel præciserede opgaverne:

- 1) Avlsstationen kan gennemføre en bedre og stærkere sortering af udgangsmaterialet, end den enkelte avler har råd til
- 2) Forinden der udsendes avlsdyr til avlerne, bør der foretages en omhyggelig afprøvning af de importerede linier og stammer«.

Der var lagt op til et meget tæt samarbejde mellem avlere og avlsstation, således at avlsstationen kunne modtage stammer eller linier fra avlerne, foretage krydsningskombinationer mellem disse og importeret materiale, baseret på afkomsprøveprincippet, hvorefter avlerne kunne modtage de avlsdyr af importeret materiale, der viste særlig gode krydsningsegenskaber med egne stammer/linier.

Denne avlsstation blev opført i slutningen af 1960 i Skrillinge ved Middelfart; i begyndelsen af februar 1961 blev det importerede avlsmateriale fra USA overført fra karantænestationen »Lynge Mølle« til Avlsstationen for Fjerkræ, Middelfart. Det overordnede ansvar for stationens ledelse og drift blev lagt på et avlsstationsudvalg med repræsentanter fra Landsudvalget for Fjerkræavl og Statens Husdyrbrugsudvalg. Landsudvalget skulle have det økonomiske ansvar for stationens drift, medens den daglige ledelse skulle varetages af fjerkræafdelingen under Landøkonomisk Forsøgslaboratorium.

Denne første import af avlsdyr fra USA omfattede såvel Hvid Plymouth Rock som Hvid Cornish og blev i 1963 suppleret med yderligere en import af Hvid Plymouth Rock race, således at der i 1964 blev drevet avl med 4 linier af HPR-race, idet den første import var delt i 3 linier, og en linie af HC-race.

Arbejdet på avlsstationen var hovedsagelig koncentreret om at maksimere selektionseffekten i linierne hovedsagelig på grundlag af afkomsprøver, derfor blev der for hver stamme á 8 høner afprøvet 2 haner pr. generation. I årene fra 1961/1970 er der til avlscentrene udsendt 140.000 rugeæg og 27.000 daggamle kyllinger, dels som supplement til eksisterende linier, dels til etablering af nye linier.

I samarbejde med Laboratoriet for Fjerkræundersøgelser påbegyndtes i 1963 et program til bekæmpelse af PPLO med det formål at kunne udsende »sygdomsfri rugeæg« fra avlsstationen. Dette program omfattede antibiotikabehandling af avlshønsene og neddypning af alle rugeæg i en antibiotikaopløsning som det kurative led. Det blev igen efterfulgt af det profylaktiske led, der som sit væsentligste element indeholdt den bestemmelse, at opdræt og forældredyr altid skulle være adskilt, og at gode hygiejniske forholdsregler skulle iagttages, når personalet bevægede sig fra forældredyr til opdræt.

I den oprindelige plan for oprettelse af Avlsstationen Middelfart indgik, at der også skulle bygges en afkomsprøvestation på $3 \times 600 \text{ m}^2$, så både de offi-

cielle afkomsprøver og avlsstationens egne afkomsprøver kunne afvikles her. Afkomsprøvestationen blev ikke bygget i 1. etape; året efter blev bygget huse til importeret materiale af æglægningsstype, og senere gjorde den opfattelse sig gældende, at det rent sygdomsmæssigt ville være uheldigt konstant at samle dyr fra samtlige landets avlscentre på ét sted, hvor man samtidig holdt en genbank, der skulle være til rådighed for avlerne. Denne forsigtighed kommer tydeligt til udtryk i løbet af 1965/66, da man fra 3 danske avlscentre overfører 3 linier til avlsstationen, men med karantænestationen »Lynge Mølle« som mellemed.

Spørgsmålet om sikkerhed i tilfælde af sygdomsudbrud resulterede i, at der i året 1968 blev etableret endnu en avlsstation, da man opkøbte et avlscenter på Strynø; organisering og drift af denne nye avlsstation skulle være som for Avlsstationen Middelfart. Den oprindelige tanke med de 2 avlsstationer var, at hver linie skulle findes på begge avlsstationer; men denne idé blev kun delvis efterlevet og fra 1973 helt opgivet, idet alt avlsmateriale vedrørende slagtekyllinger blev samlet på Avlsstationen Strynø, medens avlsmateriale vedrørende æglæggere samledes på Avlsstationen Middelfart. Baggrunden for denne opdeling var hovedsagelig at få et avlsprogram med slagtekyllinger gennemført med et generationsinterval på 9 måneder, hvorimod et avlsprogram for æglæggere krævede 12 måneder, hvorfor det ville være en umulig opgave at køre optimale avlsprogrammer for begge produktionsretninger på samme avlsstation. Sikkerhedsaspektet blev på Avlsstationen Strynø klaret gennem bygning af en sikringsstation 2½ km fra hovedstationen.

I 1968 gennemførtes importer af HPR- og HC-materiale fra 2 internationale avlsfirmaer, men for første gang nu i en mere restriktiv form, således at HPR-dyrene udelukkende var af hunkøn, medens HC-dyrene var haner. I en kombination med det HPR- og HC-materiale, der allerede fandtes i landet, etableredes fra de to importer 3 linier af hver race, som efter karantæne overførtes til Avlsstationen Strynø tillige med HPR-linierne I, II og III og HC-linien I fra Avlsstationen Middelfart.

På Avlsstationen Middelfart fortsattes avl med 4 HPR-linier, indtil disse i 1973 overførtes til Avlsstationen Strynø. Det efterfølgende år overførtes til Strynø yderligere avlsmateriale til 3 HPR-linier og 4 HC-linier af en import fra 1973; sammen med de 8 linier, der allerede var på Avlsstationen Strynø, blev der foretaget et sammenlignende test på sikringsstationen for at bringe antallet ned til 10 linier, og dette test indebar, at kun 4 af de 7 nye linier havde en vækstevne og øvrige egenskaber, som godtgjorde, at de kunne optages på Avlsstationen Strynø, medens 2 af de eksisterende linier gled ud (Sørensen, 1975).

På grundlag af sammenkrydsning af 2 linier blev der i 1975 etableret en kontrollinie med det formål at skulle virke som mål for det foretagne avlsarbejde. I 1978 blev Fitting-afdelingen under ASA CHICK karantænestation for 3 nye linier, hvoraf de 2 i 1980 overførtes til sikringsstationen på Strynø, og i den efterfølgende generation indgår de blandt avlsstationens linier.

I fig. 2.2 findes en kronologisk fremstilling af linier af slagtedyrstype på avlsstationerne, og hvorledes de er opstået gennem import og sammenkrydsning. Op igennem 70-erne blev skabt så mange nye linier, at det af kapacitetsmæssige grunde var nødvendigt at slutte avlsarbejdet vedrørende en stor del af de oprindelige linier; gener fra adskillige af disse oprindelige importere er dog stadig bevaret, idet nye linier typisk er skabt gennem krydsning af importeret materiale med eksisterende linier.

Den vældige strukturændring, som avlscentrene har undergået (fig. 2.1), har naturligt medført, at de oprindelige ideer, der lå til grund for oprettelsen af avlsstationen i Skrillinge ved Middelfart, løbende er blevet justeret. I det første årti havde Avlsstationen Middelfart først og fremmest betydning som en genbank for avlerne, men med dannelsen af avlsselskabet ASA CHICK blev det klart, at denne funktion måtte modificeres og derfor i højere grad sættes på et samarbejde mellem Avlsstationen Strynø og ASA CHICK. Målsætningen for Avlsstationen Strynø blev derfor ændret til følgende (Landsudvalget for Fjerkræ, 1974):

- 1) at hjælpe de store avlsvirksomheder med udvikling af nye og bedre linier
- 2) at gennemføre avlsforsøg – bl.a. for at nå frem til sikrere selektionsmetoder
- 3) at fungere som genbank.

Under Udvalget for Avlsstationerne blev oprettet et teknikerudvalg med avlsteoretikere fra Statens Husdyrbrugsforsøg, Landsudvalget for Fjerkræ og ASA CHICK. Dette udvalg skulle først og fremmest koordinere indsatsen således, at det arbejde, der gennemførtes på Avlsstationen Strynø, på optimal måde kom hele slagtekyllingeavlens til gode. I 1975 udvidedes dette teknikerudvalgs område til også at omfatte ASA CHICKs avlsenhed, hvorved man fik indsigt i begge avlssteders funktion. Dermed var der skabt grundlag for en optimal indsats uden overlapninger, så ASA CHICK kunne koncentrere sig om sine produktionslinier, enkelte forsøgslinier samt et afprøvningsprogram, medens man på Strynø hovedsagelig kunne koncentrere sig om udvikling af nye linier med specielle egenskaber, så fremtidige krav ville kunne honoreres – herunder gennemførelse af længerevarende avlsforsøg, udvikling af nye og bedre metoder og endelig funktion som genbank, men på en lidt anden måde, end den hidtil kendte. Dette betød, at ASA CHICK kunne køre virkelig hårdt på med de økonomisk vigtigste egenskaber, medens man ud over de økonomisk vigtigste egenskaber på Avlsstationen Strynø også skulle tage hensyn til *fitnessegenskaber*, som på meget langt sigt ville kunne tænkes at blive forringet.

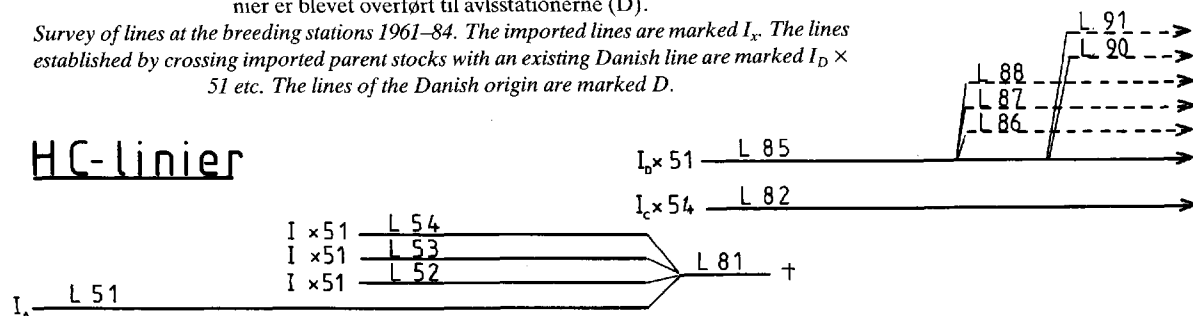
Blandt de opgaver, der i tiåret 1974/84 er blevet gennemført på Avlsstationen Strynø, og som har haft eller vil få betydning for avlsarbejdet her i landet, skal nævnes:

- a) Syv generationers selektionsforsøg for vækstevne i forskellige fodringsregimer

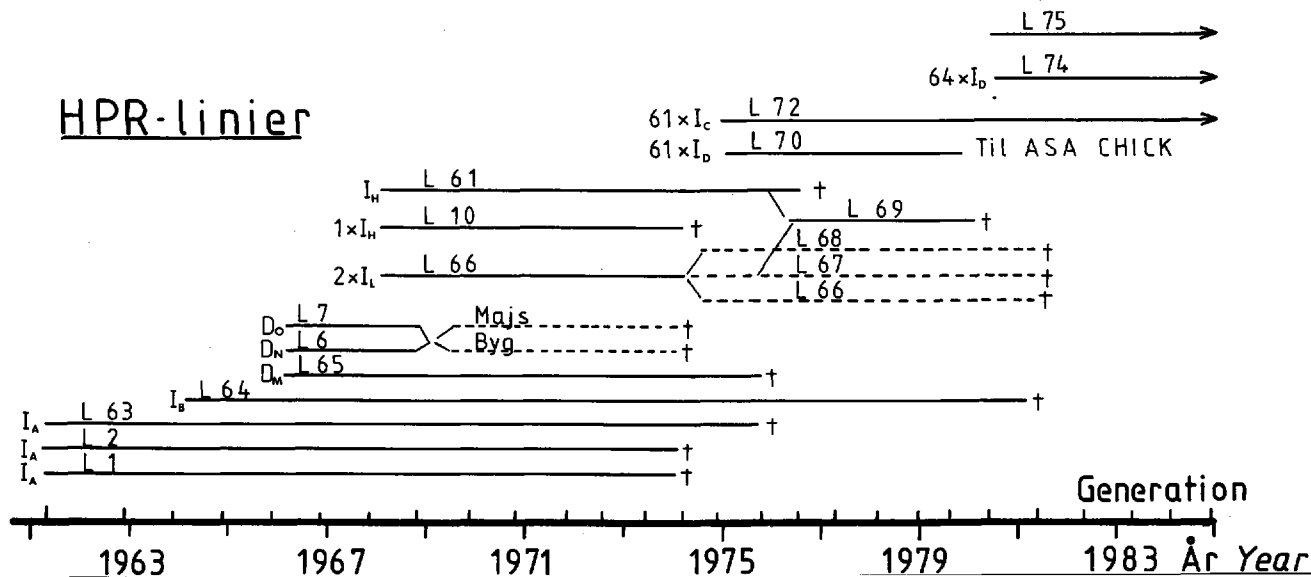
Fig. 2.2 Oversigt over avlsmateriale på avlsstationerne 1961–1984. Sidst anvendte numerangivelse for en linie er anvendt. Linien kan være indført (I_x), eller indførte forældredyr er blevet krydset med en eksisterende dansk linie (f.eks. $I_D \times 51$); også rene danske linier er blevet overført til avlsstationerne (D).

Survey of lines at the breeding stations 1961–84. The imported lines are marked I_x . The lines established by crossing imported parent stocks with an existing Danish line are marked $I_D \times 51$ etc. The lines of the Danish origin are marked (D).

HC-linier



HPR-linier



- b) Udvikling af bedømmelsesmetoder for unormale ben og selektionsforsøg i tilknytning hertil
- c) Udvikling af metode til måling af fedtindhold i levende kyllinger
- d) Udvikling af metoder til individuel måling af foderoptagelse og gennemførelse af selektionsforsøg for foderudnyttelse
- e) En af de udviklede linier fra Strynø indgår som forældrelinie i ASA-314
- f) Udvikling af et sæt af linier, der giver kønsvisende kyllinger ved krydsning.

2.2 Kvantificering af ændringer i de vigtigste egenskaber

Igennem hele perioden fra 1955 til 1984 har kyllingernes vækstevne, målt ved vægt til en given tid, været den egenskab, som der især er blevet fokuseret på; men også foderudnyttelsen havde en så fremtrædende plads, at det er muligt at følge udviklingen i de 25 år, der er gået, siden avlsarbejdet med slagtekylling for alvor satte ind i 1958.

Udviklingen i slagtekyllingens kvalitet er til trods for dens store betydning vanskelig at følge, hovedsagelig fordi der har været anvendt subjektive vurderinger som kriterier for bedømmelse, og denne vil i sagens natur ændre sig med tiden – herunder især som følge af udskiftning af de personer, der udfører bedømmelsen. Over en årrække fra 1969 til 1983 blev på Afkomsprøvestationen for Slagtekyllinger, Favrholm, anvendt det såkaldte »brystvinkelmål«. Idéen med anvendelse af dette vinkelmål er, at et lille vinkelmål registreres på kyllinger med et spidst bryst, der enten skyldes høj brystbenskam og/eller dårligt udviklet brystmuskulatur; begge dele bidrager til nedklassificering, medens et højt vinkelmål er udtryk for en god muskelfylde og en lavere brystbenskam.

Til den integrerede slagtekyllingeproduktion hører også reproduktionen; da denne foregår i rugeægsbesætninger og på rugerier, der driftmæssigt er helt adskilt fra den egentlige slagtekyllingeproduktion, er der helt naturligt modstridende interesser mellem disse, hvad angår den vægtning, man i avlsarbejdet ønsker lagt på henholdsvis vækstevne og reproduktion.

Hovedparten af de egenskaber, der indgår i reproduktionen, har meget lave heritabiliteter, dog er heritabiliteten for ægydelse af en sådan højde, at den kan påvirkes af selektion, og da der samtidig er konstateret negative, genetiske korrelationer mellem vækstevne og ægydelse, har denne parameter været genstand for megen interesse.

2.2.1 Vækstevne

Direkte sammenligninger af slagtekyllinger af årgang 1983 med kyllinger af forskellige »store« racer, indkøbt i 1980 fra hobbyavlere over hele landet, viste, at førstnævnte ved en alder af 63 dage vejede 2,3 gange så meget som hobbyracerne (Jensen et al., 1984). De oprindelige racer, der danner udgangspunkt for de populationer af høns, der anvendes til slagtekyllinger, var i store træk de ra-

cer, der indkøbtes i 1980; da hobbyavlerne, så vidt det kan skønnes, ikke har interesseret sig for at ændre den oprindelige kropstørrelse, er det rimeligt at betragte disse racer og deres vækstkapacitet som værende identisk med den, der fandtes blandt anerne til den moderne slagtekylling.

Nøjagtig samme forhold fandt Chambers et al. (1981) ved sammenligning af 47 dages vægten for »modern broilers« med »Ottawa Meat Control«, der ansås at repræsentere årgang 1958.

I tidsrummet fra 1958 til 1984 er markedsvægten for slagtekyllinger steget fra 1400 g til 1550 g, d.v.s. kun ubetydeligt, sammenlignet med stigningen i vækstevnen; da der ydermere ikke har været holdt en egentlig kontrollinie, er det fundet mest hensigtsmæssigt at vurdere udviklingen gennem studium af alder ved en given vægt. Kilder hertil er:

- 1) Demonstrationsbrugene (senere regnskabsbrugene) under Landsudvalget for Fjerkræ
- 2) De Officielle Afkomsprøver (senere liniekombinationsprøver) under Statens Husdyrbrugsforsøg.

Det kan være nyttigt at have begge kilder med, idet den første kilde reflekterer de forbedringer, der sker, såvel avlsmæssigt som på andre områder af betydning for kyllingernes vækstevne, medens den anden kilde i perioder alene reflekterer ændringerne i dyrenes genetiske kapacitet.

Regnskabsmaterialet fra demonstrationsbrugene, suppleret fra andre interesserede producenter, udgør det forholdsvis spinkle materiale i de første år, men allerede i 1964 var over 1 mill. kyllinger med i denne opgørelse eller 2–3% af alle slagtede kyllinger; denne andel var i 1970 steget til 5% og de næstfølgende 5 år til 30% og var i 1983 45% af alle slagtede kyllinger. Pålideligheden af disse tal må anses at være meget stor, da den er baseret på afregningstal fra slagteriet; i de første år var den baseret på en slagtet vægt, og disse tal er korrigeret til levende vægt.

Resultaterne fra de officielle afprøvninger var indtil 1965 baseret på afkomsprøverne og herefter baseret på liniekombinationsprøver og fra 1980 kun på de afstamninger, der kan købes. Der er således satset på, at de dyr på Favrholm, hvorfra resultaterne bringes, har det samme genetiske niveau som de kyllinger, der indgår i regnskabsbrugenes resultater.

Slagtealderen er korrigeret til forventet alder ved 1400 g levende vægt med følgende ligning:

$$A_{1400} = A_{se} + (1400 - V_{obs}) \cdot \frac{A_{se}}{V_{obs} \cdot 1,3} ; \quad (2.1)$$

hvor A_{se} = Alder ved slagtning, dage
 V_{obs} = Vægt levende før slagtning

Faktoren »1,3« er udtryk for, at den daglige tilvækst i omegnen af markedsvægten er 30% større end den gennemsnitlige, daglige tilvækst fra klækning, idet man ignorerer, at den daggamle kylling vejer 35–40 g.

De i fig. 2.3 viste kurver fremstiller alderen ved 1400 g på det ovenfor nævnte grundlag. Over den periode på ca. 25 år, der er vist i figuren, er alderen ved 1400 g mere end halveret, så denne vægt i 1984 opnås ved 35–37 dages alderen, en kendsgerning, der i 1960 formentlig ville være blevet betegnet som en utopi. Nærmere studier af kurverne afslører en kurvatur, der, hvis den forlænges, asymptotisk vil nærme sig alderen nul, Sørensen (1977a) fandt på grundlag af Favrholm-resultaterne, at der i perioden 1958/1977 var tale om en halvering af alderen fra 80 til 40 dage, og at der under forudsætning af en 50-g-forøgelse af vækstevnen pr. år ved 1400 g levende vægt ville gå ca. 25 år, før alderen kunne halveres endnu engang til 20 dage. I den forløbne periode fra 1977 til 1984 er vækstevnen forbedret med ca. 50 g pr. år, hvilket betyder, at alderen nu er på 33 dage ved 1400 g.

Forløbet af de to kurver viser, at fra 1960 til 1967 var kurverne næsten sammenfaldende. I disse år var regnskabsbrugene i hovedsagen baseret på demonstrationsbrugene, d.v.s. de dygtigste producenter, medens de Officielle Prøver afvikledes forskellige steder i landet. Efterhånden som regnskabsbrugenes an-

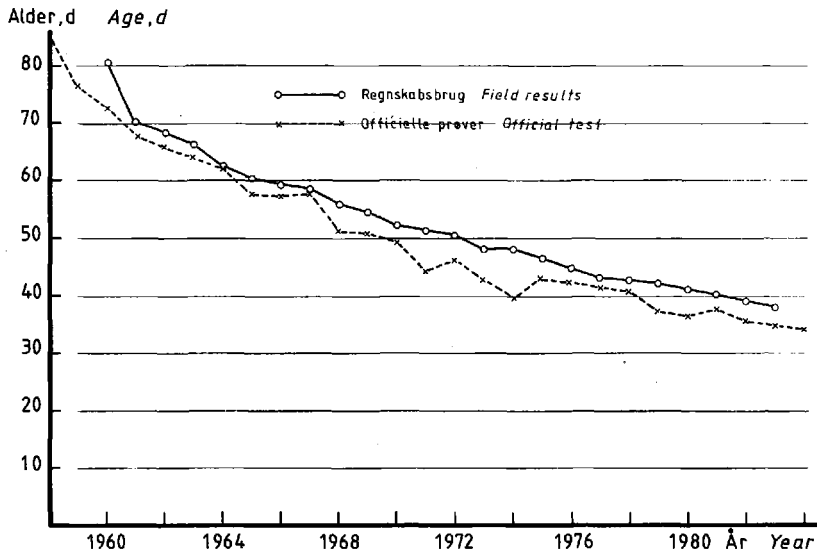


Fig. 2.3 Årsgennemsnit for alder ved 1400 g levende vægt. Kilder: Beretning fra Landsudvalget for Fjerkræ og beretning fra Statens Husdyrbrugsforsøg.

The annual average of age at 1400 g liveweight. Sources: Reports from the National Committee for Poultry and Eggs and the National Institute of Animal Science.

tal forøgedes i slutningen af 60-erne, og der samtidig hermed byggedes den nuværende Afkomsprøvestation for Slagtekyllinger på Favrholm, vil man se en vis afstand mellem de to kurver; denne afstand synes nærmest at forblive permanent i de efterfølgende 15–16 år.

Kurven fra regnskabsbrugene har nogle »bløde trin« med 2–4 års interval, blandt mulige årsager kan nævnes:

- 1) Effekten af den kontinuerte avl for vækstevne er måske ikke så jævnt forløbende, som man forestiller sig
- 2) Svingende økonomiske forhold
- 3) Subkliniske infektioner
- 4) Svingende kvalitet i det foder, der anvendes.

De 3 sidstnævnte mulige årsager ligger uden for rammerne af denne afhandling. Hvad angår punkt 1), kan siges, at i en enkelt generation kan et avlscenter være så uheldig at få infektion eller lignende, der betyder et meget reduceret opdræt, som følgelig giver et så lille selektionspres, at man kun netop holder status quo, hvad angår vækstevne, en anden mulighed er variationer i antallet af led i opformeringskæden; medens førstnævnte er et uigenkaldeligt tab, betyder sidstnævnte kun, at der vil være en tendens til svingende ændringer over årene, medens effekten vil være maksimal. De her nævnte effekter vil ikke kunne manifestere sig i et landsgennemsnit, med mindre et enkelt avlscenter har hovedparten af markedet. Som det fremgår af fig. 2.1, blev dette tilfældet i 1972/73 og fremefter; da variationerne i kurven efter regnskabsbrugene, hvad angår »bløde trin«, er mindst lige så markante før dette tidspunkt som det efterfølgende, må det konkluderes, at andre effekter herunder punkterne 2)–4) har hovedansvaret.

Kurven for de Officielle Prøver viser betydelig større udsving i årsgennemsnit, end det var tilfældet for regnskabsbrugene og især i tidsintervallet i 1967/1975; i netop denne periode er anvendt samme foderblanding, og alle prøver er gennemført på Favrholm. Blandt de årsager til variation, der herefter er tilbage, skal der nok primært søges i det avlsmateriale, der er afprøvet; den ekstremt gode vækstevne, der ses i 1971 og 1974, må tilskrives, at der netop i disse år er sket en intensiv afprøvning af virkelig gode kombinationer. For at frigøre sig fra disse svingninger er der fra og med 1980 kun medtaget hold, der er betegnet som »produktionskyllinger«.

I perioden fra 1965/1984 er de Officielle Prøver blevet gennemført i de samme bygninger på Favrholm; slagtealderen var 8 uger i de 2 første år, hvorefter den nedsattes til 6 uger, og de tal, der er anvendt i fig. 2.3, er alle baseret på 6-ugers vægte fra 1967. Belægningsgraden har i hele perioden været 200 kyllinger pr. rum bortset fra de seneste 3 år, hvor halvdelen af kapaciteten er anvendt

til en reduceret belægningsgrad (75 kyllinger pr. rum), og tomgangstiden mellem hold er ligeledes uændret. Foderets sammensætning er ændret i retning af en større koncentrationsgrad; man kan vælge at betragte dette som en tilpasning til kyllingernes større vækstevne og på det grundlag hævde, at i nævnte periode (1965–1984) har der hersket samme betingelser, så de ændringer i vækstevnen, der ses, alene skyldes arvelige faktorer.

Man kan sagtens gå ned i fig. 2.3 og isoleret se på en 5–6 års periode og finde, at regnskabsbrugene har haft en større fremgang i vækstevnen end de Officielle Prøver; det overvejende indtryk er dog, at de to kurver følges ad i nogenlunde samme afstand fra 1965 til 1984. Ved en umiddelbar betragtning må man derfor slutte, at den almindelige produktion ikke har gennemført forbedringer i de forløbne 20 år, der skulle bringe de 2 kurver nærmere hinanden. Denne forenkling dækker over to modsatrettede processer; belægningsgraden er i omtalte periode forøget fra 17 til 22 kyllinger/m², og tomgangstiden er reduceret med 15–20%, to forhold, der er kendt for at bidrage til en reduktion af udnyttelsen af kyllingernes vækstevne, derfor må der i driftledelsen have været et tiltag, der trak tilsvarende i modsat retning, herunder skal nævnes:

Bedre forståelse for god hygiejne
Bedre huse – isolering – ventilering
etc.

Foderets sammensætning er med vilje udeladt af denne liste, fordi dens indflydelse forventes at være den samme hos de Officielle Prøver som i regnskabsbrugene, da man i det seneste årti ved de Officielle Prøver har tilstræbt at anvende foderblandinger, der afspejlede de sammensætninger, der anvendtes i praksis.

Konklusionen er derfor, at den forøgelse af vækstevnen, der er set i de seneste 20 år i den almindelige slagtekyllingeproduktion hovedsagelig skyldes avlsarbejdet, når ændringen i foderet betragtes som en nødvendig justering for at udnytte den genetisk betingede vækstkapacitet.

2.2.2 Foderudnyttelse

Et væsentligt formål med selektion for større vækstevne er at nedbringe opdrætningstiden for at reducere vedligeholdelsesandelen af foderet og dermed nedbringe produktionsomkostningerne. I alle opgørelser fra både regnskabsbrugene under Landsudvalget for Fjerkræ og Officielle Prøver under Statens Husdyrbrugsforsøg blev samtidig med vægten anført et foderforbrug pr. kg kylling helt frem til slagtedagen.

Foderudnyttelsen forringes med stigende alder, og i Officielle Prøver på Favrholm er fundet, at foderudnyttelsen stiger med 0,019 kg pr. kg kylling for

hver ekstra dag i intervallet 35 dage til 63 dage; i KAPITEL V er fundet en lidt lavere værdi i den tidligste opdrætningstid. Sammenligninger af foderudnyttelse over tiden kan gøres til samme alder eller til samme vægt. Markedsvægten har holdt sig bemærkelsesværdig konstant i den lange periode fra 1960 til 1984, derfor er det fundet mest hensigtsmæssigt at korrigere den fundne foderudnyttelse til 1400 g levende vægt, sådan som det blev gjort for fig. 2.3, hvad angår alder.

Korrektionen er foretaget med følgende ligning:

$$\begin{aligned} \text{FU}_{1400} &= \text{FU}_{\text{obs}} + 0,019 (A_{1400} - A_{s1}) ; & (2.2) \\ \text{hvor } A_{1400} &= \text{Alder ved 1400 g} \\ A_{s1} &= \text{Alder ved slagtning} \\ \text{FU}_{\text{obs}} &= \text{Foderudnyttelse observeret (kg pr. kg kylling)} \end{aligned}$$

Foderets ernæringskoncentration har varieret betydeligt i den forløbne periode, og især er der tale om en betragtelig forøgelse af energikoncentrationen. Organismen tager inden for visse grænser ikke hensyn til, hvor stor en mængde foder der skal ædes for at få et givet behov dækket for omsættelig energi, hvorfor man har fundet det mest relevant at korrigere fodermængden til energikoncentrationen: 12,55 MJ/kg (= 3000 kcal). Denne korrektion er kun mulig på resultater, hidrørende fra Officielle Prøver, da der ikke findes tilstrækkelig sikre informationer om det anvendte foder i regnskabsbrugene.

I fig. 2.4 er foderudnyttelsen fremstillet som afhængig af år i overensstemmelse med de retningslinier, der er givet i foranstående. De ret betydelige »op og ned«-svingninger er i sammenligning med kurverne for vækst næsten i alle tilfælde udtryk for, at lavere vækstintensitet medfører dårligere foderudnyttelse, men blot med en kraftigere reaktion. For regnskabsbrugenes vedkommende gælder, at foderudnyttelsen navnlig i de senere år er blevet fremstillet bedre end hvis der havde været korrigeret til samme energikoncentration over hele perioden; men selv med en opretning, der svarer til, at FU korrigeres fra 13,8 til 12,55 MJ i årene 1982 og 1983, vil kurven være meget tæt på en ret linie, sådan som det også er tilfældet med kurven for Officielle Prøver. Denne retlinethed stemmer dårligt overens med den tydelige kurvatur, der ses i fig. 2.3, da der, som det fremgår af afsnit 2.4, er en ligefrem proportionalitet mellem alder og foderudnyttelse ved samme vægt, d.v.s. kurven for foderudnyttelse skulle forventes at have samme konkave kurvatur som kurven for alder ved samme vægt. I afsnit 2.4.3 er diskuteret de mulige årsager til denne uventede reaktion, der viser, at foderudnyttelsen udviklede sig gunstigere, end man kunne forvente, såfremt den forøgede vækstevne alene gennem mindre behov til vedligehold skulle forklare reduktionen i foderudnyttelsen.

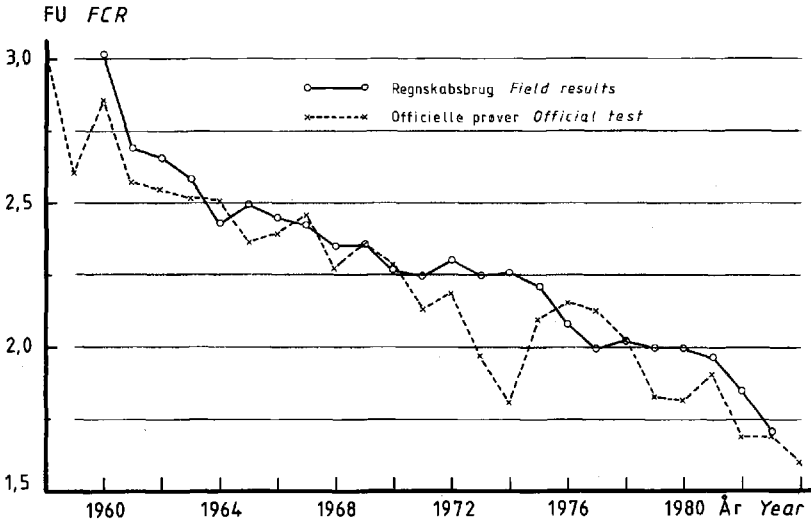


Fig. 2.4 Årsgennemsnit for foderforbrug pr. kg kylling (FU); de Officielle Prøver, korre-
ret til en energikoncentration af 12,55 MJ OE/kg.

*The annual average of food conversion ratio (FCR). The Official Tests are corrected to an
energy concentration of 12.55 MJ ME per kg.*

2.2.3 Slagtekvælitet

Som nævnt i afsnit 2.2, er informationerne om udviklingen af slagtekvæliteten af en sådan art, at faktisk kun det såkaldte »brystvinkelmål« er tilstrækkelig objektivt til at kunne give en idé om udviklingen. Brystvinklen blev målt på Officielle Prøver fra 1969 til 1983. Samtidig med vinkelmålet er procent kyllinger med sort bughinde beregnet samt procent kyllinger med brystblærer. Udviklingen for disse 3 mål er fremstillet i fig. 2.5 i anførte tidsinterval.

I det forløbne tidsrum er der tale om en sikker forøgelse af vinkelmålet, da alle kyllinger i det givne tidsrum blev slagtet ved en alder af 42 dage, og målet blev taget på kyllinger, der i 1969 vejede 1100 g, stigende til 1800 g i 1983. Afprøvning af samme afstamninger, slagtet ved forskellig alder, viste, at den nævnte forskel på vægt i sig selv betyder en forøgelse af vinkelmålet med maksimalt 4°. Forskellen indsnævres derfor til ca. 10°, og hvad det indebærer, fremgår af fig. 2.6, der viser fotos af 2 lige tunge kyllinger, men med brystvinkelmål på henholdsvis 75° og 85°.

I et arbejde af Høj et al. (1983) fandt man på 74-dage-gamle-kyllinger fra de racer, der anses at være stamfædre til vor moderne slagtekylling, et vinkelmål på 71° på kyllinger, der vejede 1500 g. På en efterfølgende prøve fandt man under partering, at brystkød med skind udgjorde 18,6% hos disse hobbyracer, medens en krydsning med en hanelinie fra ASA CHICK forøgede denne signi-

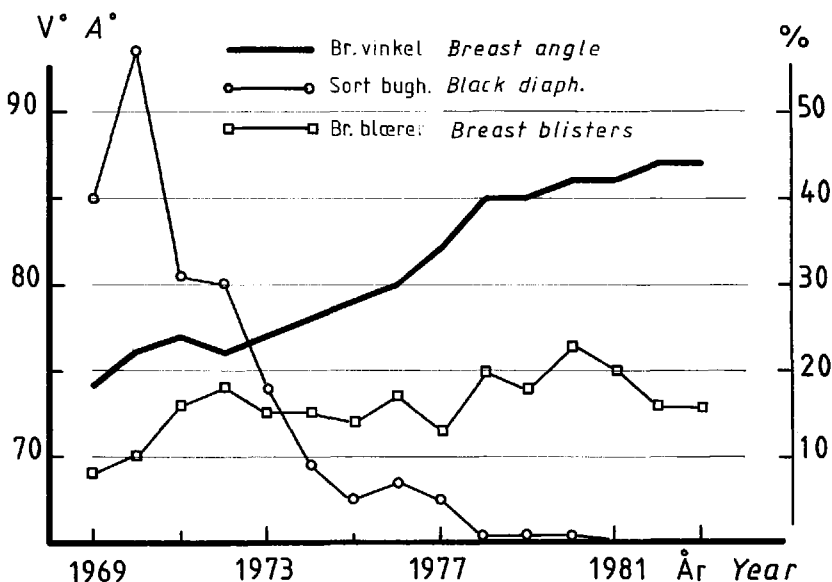


Fig. 2.5 Brystvinkelmålets udvikling samt forekomst af sort bughinde og brystblærer igennem årene på de Officielle Prøver.

Changes over the years of breast angles and frequencies of black diaphragm and breast blisters registered by Official Tests.

fikant til 21,8%; kyllingerne i de to grupper blev tilstræbt at have samme vægt ved slagtning. Parteringsresultater af produktionslinierne i årene 1983/1984 viser, at brystkøddelen udgør 22–24%; med andre ord har det gennemførte avlsarbejde ud over at forøge væksten også formået at omplacere kødet til de mere attraktive steder. Et af midlerne hertil har været vinkelmålet, der dog i det praktiske avlsarbejde blev erstattet af en subjektiv vurdering – f.eks. at beføle kyllingen ved hjælp af hånden.

Den sorte bughinde, der skyldes aflejring af pigmentet »melanin« på bugvæggen, er nu helt elimineret, takket være brug af en Hvid Cornish linie som hanelinie. Forekomst af brystblærer, må man desværre konstatere, går ikke i den rigtige retning. Et af formålene med at forøge vinkelmålene for brystet var at eliminere de meget spidsbrystede kyllinger, som havde en større tendens til blæredannelse på brystbenskammen som følge af tryksskader.

Ætiologien bag disse tryksskader er et omfattende kompleks, der også inkluderer kyllingernes benstyrke, noget tyder derfor på, at den reducerende effekt, som eliminering af de spidsbrystede kyllinger har haft på brystblæreforekomsten, er mere end opslugt af øgede problemer med benstyrken.

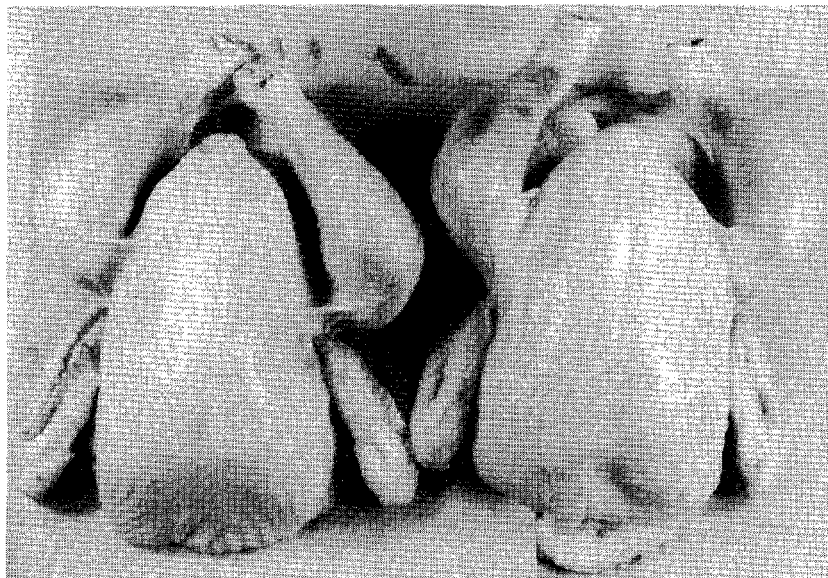


Fig. 2.6 To kyllinger – begge med en opskåret vægt på 1200 g, men med et brystvinkelmål på henholdsvis 75° og 85°.

Two chickens both have a carcase weight of 1200 g, but breast angle measurements of 75° and 85° respectively.

2.2.4 Rugeægproduktion

I det første ti-år i avlen med slagtekyllinger blev reproduktionen og i særdeleshed rugeægproduktionen betragtet som sekundære egenskaber, som man ikke behøvede at skænke megen opmærksomhed. Da Landsudvalget for Fjerkræ i 1968 begyndte at sammenstille en årlig opgørelse over rugeægproduktionen pr. indsat høne, var den omkring 100 æg (se fig. 2.7), og i de følgende 6–7 år forblev den på dette niveau. Efter etablering i 1972 af avlsselskabet ASA CHICK med efterfølgende importer af forældredyr fra internationale avlsfirmaer indså man, at det danske avlsmateriale var bagud, hvad angår ægydelse. Efter en fælles indsats, bestående i at skabe et foderrationeringsprogram og lægge en langt større andel af hønelineernes selektionspres over på ægydelse, er det over en periode på 10 år lykkedes at forøge ydelsen med 45%. Det er ikke muligt at angive, hvor stor en andel af denne fremgang der skyldes det foretagne avlsarbejde, men sammenligninger med udenlandsk avlsmateriale viser, at i 1983/84 er det danske avlsmateriale fuldt på højde med det udenlandske (Sørensen et al., 1986); og da man må gå ud fra, at også disse firmaer har drevet avl for større ægydelse, er der tale om en betydelig avlsmæssig forbedring.

Antal No.

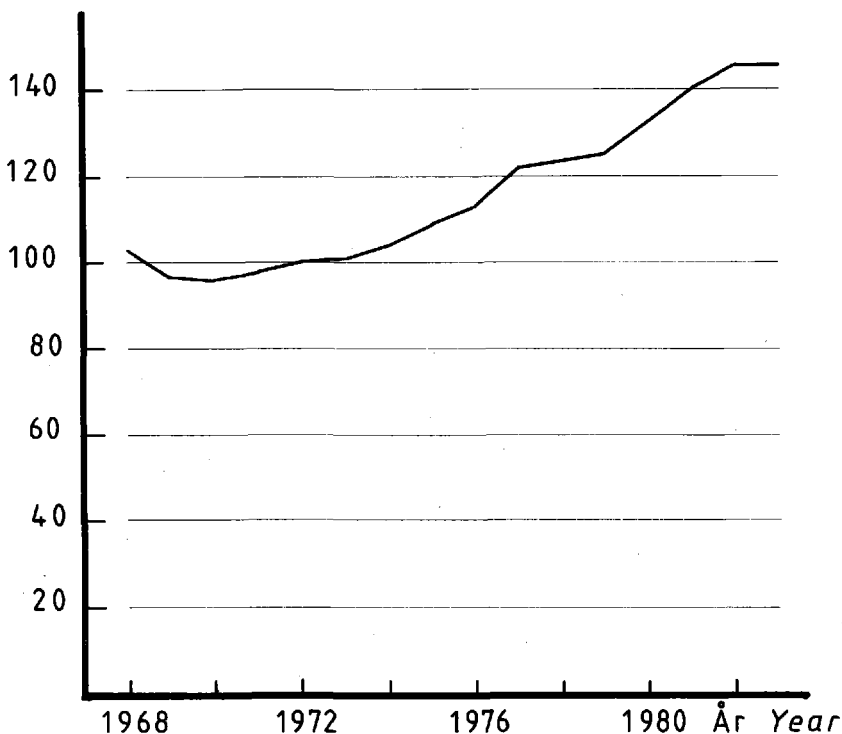


Fig. 2.7 Antal rugeæg pr. indsat høne. Kilde: Beretninger fra Landsudvalget for Fjerkræ. Number of hatchable eggs per placed hen. Source: Reports from the National Committee for Poultry and Eggs.

2.3 Avlsstationen for Fjerkræ, Strynø

Avlsstationen for Fjerkræ er beliggende på øen Strynø – ca. 1/2 times sejlads fra Rudkøbing på Langeland (se fig. 2.8).

Stationen ejes og drives af *Landsudvalget for Fjerkræ*, medens *afdelingen for forsøg med fjerkræ og kaniner* ved *Statens Husdyrbrugsforsøg* har det faglige ansvar for gennemførelsen af avlsarbejdet på stationen.

Formålet med stationen er:

- 1) at udvikle linier til brug for avlscentre, der arbejder med slagtekyllingeavl
- 2) at fungere som genbank
- 3) at bidrage til nye erkendelser i avlen med slagtekyllinger gennem eksperimentelle avlsforsøg.



Fig. 2.8 Avlsstationen STRYNØ. Hovedstationen med udsigt over Smålandshavet til Tåsinge.

STRYNØ Breeding Station. The main station with view of island of Tåsinge.

Udvalget for Avlsstationen har det overordnede ansvar for Avlsstationen for Fjerkræ og er sammensat af repræsentanter for Landsudvalget for Fjerkræ samt Statens Husdyrbrugsforsøg, og på møderne er der bisiddere fra de private avlscentre. Udvalget støttes af et Avlsteknikkerudvalg i faglige spørgsmål herunder også koordinering af den samlede indsats for avlsarbejdet med høns af kødtype her i landet.

Forsknings- og forsøgsaspektet lægger beslag på ca. 1/3 af stationens kapacitet, der er beregnet at være 8 linier, der hver har en beregnet effektiv populationsstørrelse på 75. Væsentlige dele af det i KAPITLER 3, 4 og 5 omtalte, eksperimentelle arbejde er gennemført på Avlsstationen for Fjerkræ.

2.3.1 *Avlsstationens driftform og indretning*

Avlsstationen gennemgik i årene 1981/82 en betydelig driftændring, men da det forsøg, der berettes om i denne afhandling, er blevet gennemført i årene 1974–1980, fandt man det mest hensigtsmæssigt at give en beskrivelse, der modsvarer de forhold, der var gældende i dette tidsrum. Den nye driftform er beskrevet i

de løbende beretninger om avlsarbejdet med høns af kødtype på Avlsstationen Strynø – f.eks. Sørensen et al. (1982).

Avlsstationen var i 1974 udstyret med 2 stamhuse med plads til i alt 160 stamrum, i hvilke der kan gå op til 12 avlshøner og 1 avlshane i hvert stamrum. For at forøge antallet af avlshaner blev i 1974 indført den praksis til hver stamme på 8–12 høner at knytte 2 haner, den 1. hane befrugter hønerne i en periode af 3–4 uger, i hvilke der samles rugeæg sammen. Dagen før denne periode afsluttes, ombyttes »første« hane med »anden« hane, og der holdes en pause i indsamlingen af rugeæg på 1 uge, hvorefter spermier fra den 2. hane antages at dominere så meget, at den alene befrugter de efterfølgende æg. Denne metode er beskrevet af Hutt (1949) og giver med normal befrugtningsevne af 2. hane meget stor sikkerhed for, at denne er far til afkommet efter de rugeæg, der er indsamlet i 2. periode. Haner med svag eller ingen befrugtningsevne betyder, at der kun klækkes ganske lidt afkom, der kasseres som potentielle avlsdyr på grund af manglende sikkerhed i bestemmelse af faderskabet.

Stamrummene er forsynet med kontrolreder og indrettet således, at høner, der går på rede for at lægge æg, forbliver her, indtil det tilsynsførende mandskab enten finder et æg eller eventuelt konstaterer, at hønen er gået på rede uden at ville lægge æg.

En del høner lægger sine æg uden for kontrolrederne og derfor uden for den enkelte hønes kontrol. Hvad angår kyllinger fra disse rugeæg, mangler der information om moderen, hvorimod faderen er kendt.

Rugeriets er placeret i god afstand fra stamhusene og fungerer alene som et stamrugeriet, der kun anvendes i forbindelse med stamrugning af stationens tillæg. I den periode, hvor der tages tillæg, overføres daglig rugeæg fra stamhus til rugeri, og æggene ryges med formalin, inden de sluses ind i rugeriets opbevaringsrum, for at hindre eventuel overslæbning/opformering af mikroorganismer. Hver 7. dag startes et nyt hold rugeæg i forrugereren, og for hver generation startes i alt 6 hold, d.v.s. 3 hold med 1. sæt haner som fædre og 3 hold med 2. sæt haner som fædre. På 6. til 10. dagen i forrugereren lyses alle ilagte æg, og æg uden tegn på fosterudvikling frasorteres og betegnes som ikke-befrugtede.

På 18. dagen efter ilægning i forrugereren overføres æggene til klækkeren og placeres i små stambokse, hver høne har én eventuelt to stambokse, idet der kan være 6–8 æg i hver boks. På 22. dagen efter ilægning i forrugereren tages de klækkede kyllinger ud af klækkemaskinen, og det første, der sker, er en stammærkning, idet hver kylling får påsat et lille aluminiumsmærke med et nummer, hvor man samtidig på indsættelseslisten registrerer dette nummer og såvel far som mor. Herefter foretages en kønsbestemmelse.

2.3.2 Opdrætning af kyllinger

Omkring et døgn efter, at kyllingerne er taget ud af klækkeren, anbringes de i opdrætningsrummet. Stationen er indrettet med 6 opdrætningsafdelinger, og

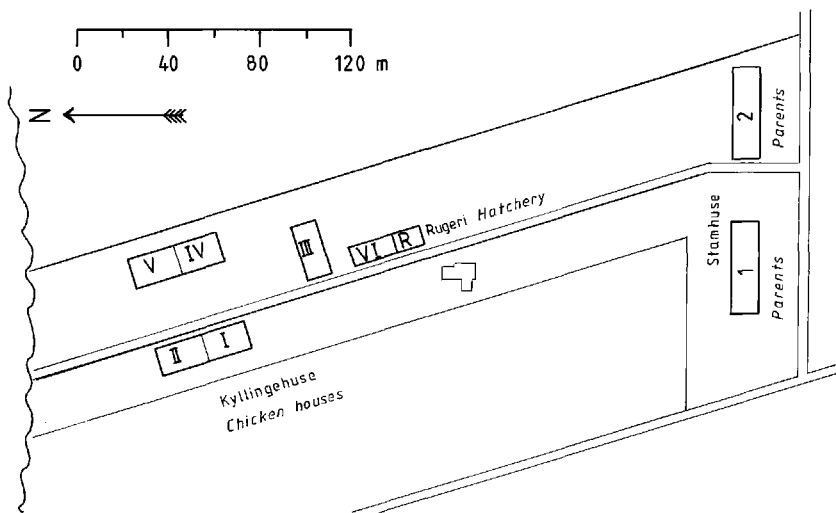


Fig. 2.9 Grundplan af hovedstationen på Strynø, der viser, at stamdyrene holdes i god afstand fra opdrættet.

Ground plan of the main station showing distance between parents and offspring.

hver afdeling har en særskilt styring af temperatur og luftfugtighed og er som minimum adskilt ved en tværgang (se grundplanen, fig. 2.9); hver afdeling er inddelt i 12 rum à 19,4 m², og hvert rum er forsynet med fodersilo, og drikkevandsforsyningen sker via runde vandtårne. Kyllingerne opdrættes linievis i hvert sit rum, og der holdes rumvis kontrol med foderoptagelsen. Temperaturen er ved indsætning 32°C, og der tilstræbes en luftfugtighed på 50%. Temperaturen reduceres gradvis, og ved 3-ugers alderen er den på 21°C, hvor den holdes; kyllingerne har lys døgnet rundt.

Ved en alder af ca. 40 dage foretages vægtbestemmelse af alle kyllinger; forinden er udarbejdet en plan for, hvor mange kyllinger af hvert køn i hver linie der skal beholdes som potentielle avlsdyr. På grundlag af vægtbestemmelsen og de i tilknytning hertil udførte bedømmelser af slagteegenskaber: Brystets form og kødfylde, lårbenets muskelfylde samt benstyrke foretages en simultan opdeling i således præselektede avlsdyr samt en »rest«, der den efterfølgende dag sendes til slagtning på Forsøgsfjerkræslagteriet i Hillerød. Proportionen af præselektede avlsdyr varierer meget mellem linier afhængig af, hvilken vægtning der lægges på de egenskaber, der kan måles på den levende 6-uger-gamle-kylling.

Samtidig med, at »resten« er blevet sendt til slagtning, påbegyndes en behandling af de præselektede avlsdyr, der skal gøre dem til gode avlsdyr; hovedbestanddelen i denne behandling er en rationeret tildeling af foder samt en afkortning af daglængden til 7 timer. I perioden »6 uger« og frem til lidt før kønsmodning forbliver dyrene i de respektive opdrætningsafdelinger.

Ved en gennemsnitlig alder af 20 uger foretages det endelige udvalg af avlsdyr – væsentligst på grundlag af familieinformation –, og disse elitedyr overføres herefter til stamafdelingen, medens de øvrige overføres til sikringsstationen, der er placeret ca. 2 km fra avlsstationen og omfatter en enkelt bygning af samme størrelse som et af stamhusene på avlsstationen.

2.3.3 Sundhedskontrol og sikring

Avlsstationen følger de almindelige sundhedsmæssige regler, der gælder for avlsvirksomheder og rugerier. Tilsynet og de foranstaltninger, der skal foretages, påhviler Institut for Fjerkræsygdomme, afd. København, og det indebærer følgende:

- 1) at der tages blodprøver af et repræsentativt udsnit af unghøner, der undersøges for følgende:
 - Newcastle Disease
 - Salmonella Thyphimurium
 - Salmonella Gallinarium
 - Mycoplasmosse
- 2) at alle døde dyr indsendes til obduktion.

Daggamle kyllinger er vaccineret mod Mareks Disease og fra 1977 endvidere vaccineret mod Aviær Encephalomyelitis. Foderet til kyllingerne er fremstillet uden nogen form for tilsætningsstoffer eller lægemiddelholdige tilsætninger (coccidiostatica etc.)

Praksis omkring sikringsstationen var den, at den foregående generation har været holdt tilbage, indtil blodprøvetestet viste, at unghønerne af den følgende generation var fri for de specifikke fjerkræsygdomme; herefter er sikringsstationen tømt og desinficeret, inden denne generation blev ført ind. Dyr, der overføres til sikringsstationen, består således af de ved 6-uger-alderen præselektede avlsdyr, der på grundlag af familieselektion er elimineret i 2. trin ved en alder af ca. 20 uger, og overføringen er i reglen foregået ved alderen 20 uger.

2.3.4 Generationsinterval og faser af en generation

Intervaller mellem hver generation var 9 måneder, og aldersforskellen på det ældste og yngste medlem af en generation er 6 uger. Der er holdt en skarp adskillelse mellem dyr af forskellig alder i perioden 0–20 uger, medens der herefter er foretaget en fuldstændig sammenblanding, hvad angår alder. De forskellige faser, som en generation gennemløber, er vist i fig. 2.10, og heraf fremgår, at de yngste haner skal være befrugtningsduelige ved en alder af 27 uger, og at de yngste høner skal lægge rugbare æg ved en alder af 28 uger for at kunne holde et generationsinterval på 9 måneder eller 40 uger.

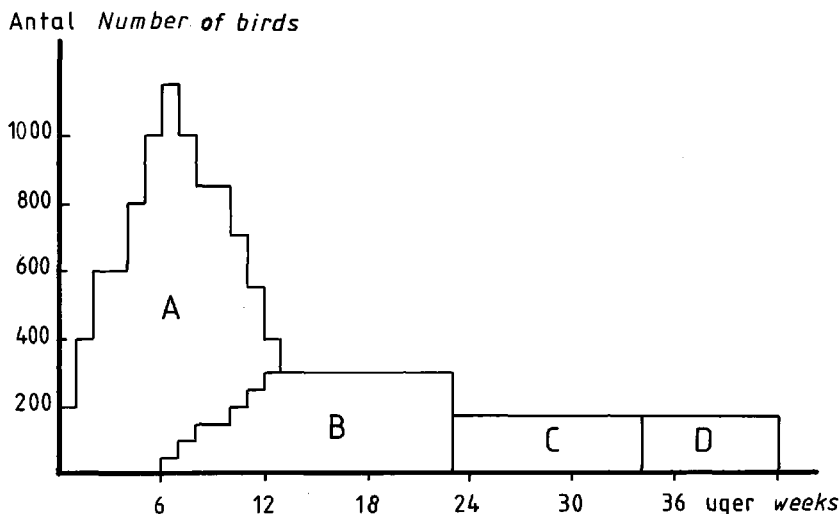


Fig. 2.10 Tidsfaser i en generation.
Time phases within a generation.

2.3.5 Effekt af selektion for større vækstevne

Uanset at der i den forløbne periode fra 1974–1980 har været selekteret for mange egenskaber, som det også fremgår af de udarbejdede beretninger om »Avlsarbejdet med høns af kødtype«, var størsteparten af selektionstrykket blevet anvendt til at forøge vækstevnen. I figurerne 2.11 og 2.12 er foretaget en afbildning af, hvorledes de enkelte linier reagerede på, dels den foretagne selektion for vækstevne, dels det omgivne miljø. De i figurerne anførte cifre refererer til generationsnummer i det i KAPITEL III refererede selektionsforsøg, hvor gen 0 er klækket i februar 1974 og gen 8 i april 1980.

Hvad angår de miljøbetingede variationer, er udgangspunktet, at disse svinger fra generation til generation uden at være retningsbestemte; denne påstand er rigtig, for så vidt angår indflydelsen fra de ydre rammer, fordi der ikke er gennemført ændringer på anlægget i den forløbne periode. Hvad angår foder, så var proteinindholdet specielt lavt i 1974 (= gen 0), men herefter har der ikke været afgørende ændringer i foderets koncentration af næringsstoffer, og der blev i hele perioden anvendt handelsfoder, leveret fra E. B. MUUS A/S, Odense.

Regressionen af vægt på den akkumulerede selektionsdifference ($\Sigma\Delta S$) er et estimat for den realiserede heritabilitet; denne er for HPR-linierne 0,32 og for HC-linierne 0,30. En god del af de øvrige egenskaber, der selekteres for, er genetisk negativt korrelerede med tilvækst, og da disse sekundære egenskaber i

Vægt ved 6 uger, kg

Weight at 6 w., kg

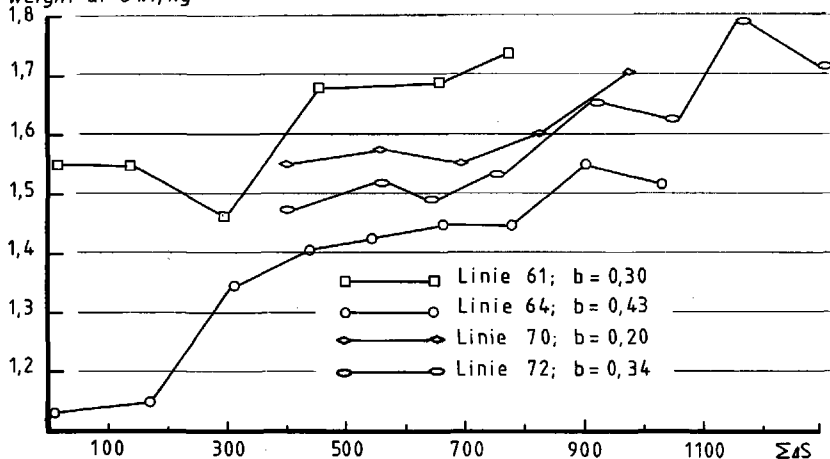


Fig. 2.11 Vægt ved 6 uger som afhængig af den akkumulerede selektionsdifference ($\Sigma \Delta S$) for Hvid Plymouth Rock linier. De estimerede regressionskoefficienter er anført som b .
 Body weight at 6 weeks as dependent on accumulated selection differential ($\Sigma \Delta S$) for White Plymouth Rock lines. The estimated values of the regression coefficient are given as b .

Vægt ved 6 uger, kg

Weight at 6 w., kg

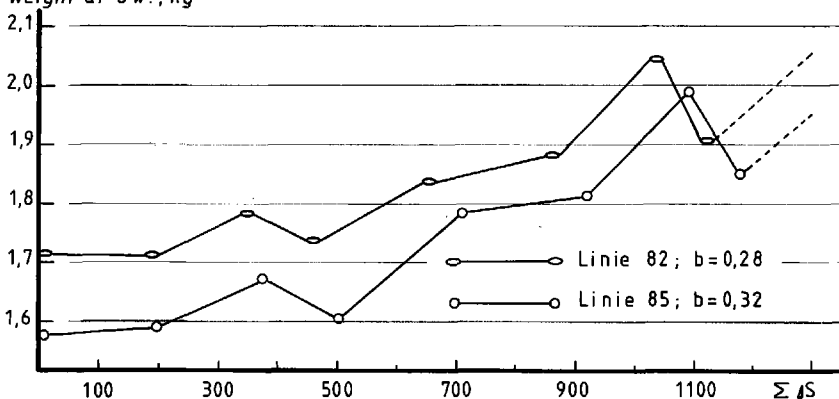


Fig. 2.12 Vægt ved 6 uger som afhængig af den akkumulerede selektionsdifference ($\Sigma \Delta S$) for to Hvid Cornish linier. De estimerede regressionskoefficienter er anført som b .
 Body weight at 6 weeks as dependent on accumulated selection differential ($\Sigma \Delta S$) for two White Cornish lines. The estimated values of the regression coefficient are given as b .

overvejende grad selekteres på grundlag af familieinformation, vil den genetiske effekt heraf på vækstevne i den efterfølgende generation være relativt mere påvirket end selektionsdifferencen for vækstevne, der udelukkende er baseret på egen fænotype; følgelig er de anførte estimater for realiseret heritabilitet undervurderet. Den gennemsnitlige fremgang pr. generation har for HPR-linierne været 46,7 g og for HC-linierne 51,5 g.

2.4 Aftagende merudbytte under stigende vækstevne

Uanset at fremgangen i vækstevne synes at fortsætte med samme hastighed, som det er vist i afsnit 2.2, kan det ved hjælp af enkle overvejelser sandsynliggøres, at den konstante forøgelse af vækstevnen ikke på tilsvarende måde giver en konstant forbedring i henseende til besparet foder til vedligehold og mindre husleje. Det forudsættes, at produktionsfoderet omsættes med samme effektivitet over det betragtede tidsinterval – herunder også, at kropsvævets sammensætning er uændret, samt at biologisk optimal vækstevne opnås med foder af samme ernæringskoncentration. Disse forudsætninger er rimeligt opfyldt, når det betragtede tidsinterval er 2–3 generationer, men næppe, såfremt intervallet strækker sig over mere end 10 generationer.

2.4.1 Energi til vedligehold

Grundlæggende er nettoenergien til vedligehold, summen af varmeproduktion under faste og det endogene tab gennem urin; denne mængde (NE_m) multipliceret med en faktor (k), der angiver den effektivitet, med hvilken organismen udnytter den omsættelige energi, der kræves til vedligehold, giver mængden af omsættelig energi, som organismen kræver til vedligehold (Johnson, 1983).

Det daglige behov til vedligehold er afhængig af dyrets vægt og udtrykkes gennem følgende ligning:

$$y = k \cdot W^b$$

hvor y = dagligt energibehov til vedligehold

k = konstant (kJ)

W = dyrets vægt (kg)

EkspONENTEN (b) findes angivet fra 0,5 til 1,0, men hyppigst anvendes 0,75, der af Thonney et al. (1976) fandtes at være mest relevant, når der bliver sammenlignet mellem arter.

Thorbeck og Henkel (1976) fandt hos voksende kyllinger under faste, at k = 460 kJ. Dog forekommer meget store variationer, således fandt Johnson (1983) i et litteraturstudium variation i angivelser af k -værdier, varierende fra 300 til 900 kJ for voksende kyllinger, men med flest publicerede resultater i in-

tervallet »400–600 kJ«. Næsten alle undersøgelser er baseret på kalorimetriske målinger af dyr, der har fået tildelt mindre mængder af foder, end de ville kunne æde med fri adgang (eventuelt under faste); endvidere foregår eksperimenterne i bure – ofte med 1 dyr pr. bur. Disse for almindelige produktionskylinger atypiske forhold er medvirkende til, at de fundne værdier for k i de fleste tilfælde må betragtes som underestimerede, for så vidt de skal gælde i den almindelige produktion.

Wenk og van Es (1976) fandt, at k reduceres fra 505 kJ til 319 kJ ved eliminering af den fysiske aktivitet hos voksende kyllinger af Hvid Italiener race; og det viser sig, at varierende aktivitet har indflydelse på k , eksempelvis vil energiforbruget til den aktivitet, der kræves for at opretholde hakkeordenen i en flok, skulle adderes til estimater for dyr, der har været holdt i enkeltdyrbure.

Agricultural Research Council (1973) angiver, at »field«-resultater for energiforbrug vil være 10–20% højere end de, der opnås gennem respirationskalorimetri, og det er baggrunden for, at den af Thorbek og Henkel (1976) fundne værdi blev forøget med 25% til 580 kJ i de overvejelser, der er gjort i det efterfølgende afsnit.

2.4.2 Vækstkurver for slagtekyllinger

Wilson (1977) diskutererede anvendelsen af vækstkurvefunktioner og fandt, at dobbelt eksponentielle funktioner havde visse fortrin, fordi de både kunne reflektere tilvæksten og foderoptagelsen. Hovedparten af disse vækstfunktioner

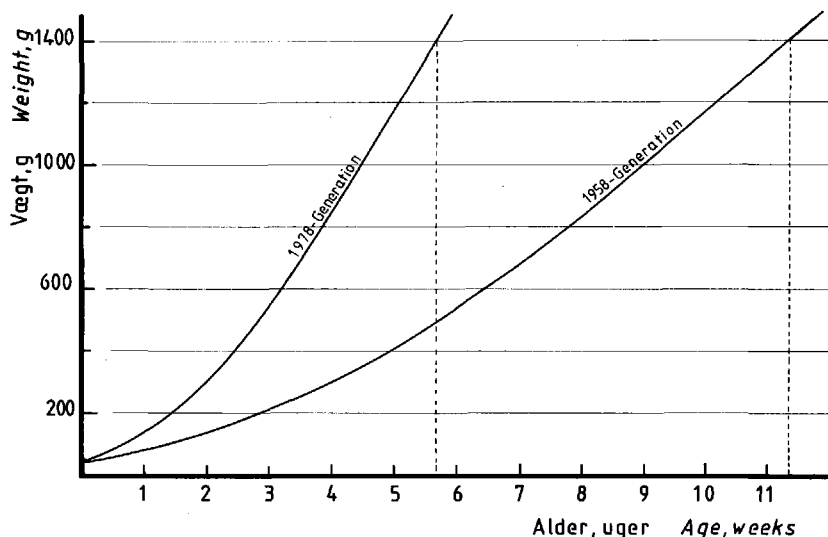


Fig. 12.13 Vækstkurver for slagtekyllinger for henholdsvis årgang 1958 og 1978.
Growth curves for broilers: 1958 and 1978.

har den ulempe, at man for at fastlægge de nødvendige parametre skal kende hele vækstforløbet og især den udvoksede vægt. Hvis formålet er at give et skøn for behov til vedligehold, fra klækning til slagtealder opnås, kan sagen forenkles betragteligt, fordi slagtealderen opnås, før vækstkurvens infleksionspunkt nås, og dermed kan man med et 3. grads polynomium med rimelig god tilnærmelse fastlægge vækstkurvens forløb.

I fig. 2.13 er vist vækstkurvens forløb for slagtekyllinger frem til en vægt af 1400 g for »1958«- og »1978«-kyllinger; sidstnævnte er udfærdiget på grundlag af målinger på Afkomsprøvestationen for Slagtekyllinger, Favrholm. Der foreligger ikke vægtbestemmelser for »1958«-kyllinger over hele vægtintervallet, men i en del forsøg i årene 1960/62 er rapporteret vægt ved ca. 40 og ca. 70 dage, og ud fra disse kan konstateres, at med en given vægt i intervallet »400–1200 g« er forholdet »alder_{»1978«} / alder_{»1958«}» bemærkelsesværdig konstant. I fig. 2.13 er »1958«-generationens forløb derfor givet – ved for fast vægt – at multiplicere »1978«-generationens alder med faktoren 2 i intervallet fra 1400 g og ned til ca. 300 g.

De estimerede parametre til et 3. grads polynomium, der beskriver de to vækstkurver for slagtekyllinger, blev fundet at være:

	b_0	b_1	b_2	b_3
»1958«-kyll.	0,021	$5,5 \times 10^{-3}$	$1,55 \times 10^{-4}$	$-8,49 \times 10^{-8}$
»1978«-kyll.	0,042	$5,9 \times 10^{-3}$	$9,90 \times 10^{-4}$	$-7,12 \times 10^{-6}$

2.4.3 Beregning af vedligeholdelsesbehov til en fast markedsvægt

Til en fast markedsvægt (1400 g) kan energi (eller foder-)behovet til vedligehold beregnes på grundlag af ligningen:

$$F_{\text{Ved}} = \sum_{i=1}^n k \cdot W^{0.75} \quad (2.3)$$

hvor n = den dag, på hvilken kyllingen når markedsvægten

k = 580 kJ $\simeq$ 44,7 g foder (12,97 MJ/kg foder).

Med anvendelse af de fundne parameterværdier for 3. grads polynomiet for henholdsvis »1958«- og »1978«-generationens vægt som afhængig af alder er det fundet, at behov til vedligehold for de 2 generationer udgør henholdsvis 2194 g og 1109 g. Sammenholdt med den i fig. 2.4 anførte foderoptagelse til 1400 g levende vægt ses for de 2 årgange, at vedligehold udgør henholdsvis 53,8% og 40,3% af den totalt optagne mængde foder, justeret til 12,97 MJ/kg foder.

Foderforbruget pr. kylling ved 1400 g levende vægt var 4214 g og 2842 g for henholdsvis årgang »1958« og »1978«, (beregnet på grundlag af fig. 2.4). Diffe-

rencen (1428 g) er gevinsten af det foretagne avlsarbejde plus andre tiltag, der kan tænkes at forbedre foderudnyttelsen; den teoretisk beregnede forskel, estimeret ved hjælp af ligning (2.3), for de to årgange, omregnet til 12,55 MJ/kg, er 1121 g. Den teoretisk beregnede reduktion i foderoptagelse udgør således ca. 80% af den faktisk opnåede reduktion, de resterende 20% kan skyldes en række faktorer, hvoraf skal nævnes:

- a) k-faktoren i ligning (2.3) er for lav, eller måske er den forskellig for de to generationer
- b) Aktivitetsniveau'et er reduceret med tiden
- c) Foderspildet er reduceret med tiden
- d) Fodersammensætningen er forbedret
- e) Kyllingens kemiske sammensætning er ændret.

Faktorerne b), c) og d) kan højst sandsynlig bidrage til forklaring af de 20% difference; aktivitetsniveau'et har helt sikkert ændret sig i tidens løb således, at kyllingerne i 1978 anvendte mindre energi på fysisk aktivitet end kyllinger af årgang »1958«, hvilket har en målelig indflydelse (Wenk and van Es, 1976), og denne skulle, såfremt den var kendt, anvendes til at differentiere k-faktoren i punkt a).

Foderspildets omfang for de 2 årgange kan man kun gisne om, men det er en kendsgerning, at der i tidens løb er foretaget ændringer på fodertrug, der har medvirket til reduktion af spildet. Energikoncentrationen er betragtelig forøget i de forløbne 20 år, og selv om korrektion herfor er foretaget, idet foderforbruget pr. kg er justeret til 12,55 MJ/kg (3000 kcal), skal man tage i betragtning, at forøget energikoncentration i følge Fisher and Wilson (1974) forøger den daglige tilvækst med ca. 4% pr. en enheds forøgelse af energien. Med hensyn til den kemiske sammensætning forholder det sig i modsætning til de foranstående punkter således, at fedtindholdet i kyllingen højst sandsynlig er forøget, hvilket betyder (se KAPITEL IV), at foderforbruget må antages at ville stige.

2.4.4 Reduktion af vedligehold ved stigende vækstevne

Vækstkurven er for det interval, der er vist i figur 2.13 konkav og kan beskrives gennem et 3. grads polynomium. Den tilhørende kurve for metabolisk vægt ($W^{0.75}$) har en svagere kurvatur, og i virkeligheden er arealet under denne tæt på at være en trapez, for hvilket gælder, at arealet er lig med $\frac{1}{2} \cdot (h_1 + h_2) \cdot b$; hvor h_1 og h_2 er metabolisk vægt ved henholdsvis klækning og markedsvægt, medens b er antal dage om at nå slutvægten; dette udtryk skal endelig multipliceres med k , således at det reducerede udtryk for energibehov til vedligehold med tilnærmelse kan skrives:

$$F'_{\text{Ved}(n)} = k \cdot \frac{1}{2} (0,040^{0.75} + 1,400^{0.75}) \cdot n \quad (2.4)$$

hvilket for $k = 44,7$ og n – lig med henholdsvis 40 og 80 dage – giver 1230 g og 2460 g, og det svarer til, at de to værdier overvurderes med henholdsvis 10,9% og 12,1%, sammenholdt med den med ligning (2.3) fundne værdi. Den anførte ligning (2.4) kan derfor anvendes til at belyse betydningen af at forøge vækstevnen, d.v.s. reducere tiden for at opnå markedsvægt.

En forøgelse af vækstevnen, svarende til, at markedsvægten opnås én dag tidligere, betyder, at vedligeholdelsesbehovet reduceres med:

$$\begin{aligned} F'_{\text{Ved}(M)} - F'_{\text{Ved}(M-1)} &= 44,7 \times \frac{1}{2} (0,040^{0.75} + 1,4^{0.75}) \cdot [M - (M-1)] \\ &= 31 \text{ g;} \end{aligned}$$

Disse 31 g blev for årgang »1978« overvurderet med 10,9%, således at reduktionen vil give 28 g pr. kylling eller 20 g pr. kg kylling. Med andre ord vil reduktionen i foderforbrug pr. kg kylling være 0,020 for hver dag tidligere, kyllingen når til 1,4 kg-vægten, og denne reduktion er, som det fremgår af det tidligere fremførte, konstant over et meget stort interval af væstkapaцитet.

Reduktionen i foderforbrug pr. kg kylling er afhængig af markedsvægten, således at ved 1 kg markedsvægt er reduktionen 0,0225, medens den ved 2 kg markedsvægt er 0,0184 kg pr. kg kylling.

En nærmere undersøgelse af kurverne i fig. 2.13 vil vise, at den daglige tilvækst omkring markedsvægten er 30% højere end den gennemsnitlige tilvækst i hele opdrætningsperioden.

De seneste ti års resultater fra Afkomsprøvestationen for slagtekyllinger, Favrholm, viser, at kyllingerne har forøget deres vækstevne med ca. 50 g/år. I 1974 blev 1400 g levende vægt opnået på 44 dage, og 50 g forøgelse ved 1400 g vægten betød, at kyllingerne opnåede denne vægt:

$$\frac{50}{1,3} \cdot \frac{44}{1400} = 1,21 \text{ dage tidligere.}$$

Ti år senere i 1984 blev i prøve 84-I vægten 1400 g opnået på 33 dage; yderligere 50 g forøgelse i vækstevne vil betyde, at kyllingerne i den efterfølgende generation vil opnå 1400 g levende vægt

$$\frac{50}{1,3} \cdot \frac{33}{1400} = 0,91 \text{ dage tidligere.}$$

Med andre ord vil et års avlsarbejde, der forøger vækstevnen med 50 g i 1984, reducere omkostningerne til foder og husleje til produktion af én kylling med 75% af omkostningsreduktionen i 1974.

2.5 Foderets ernæringskoncentration og genetiske variabilitet i udnyttelse af ernæringskilder

Grundlæggende defineres dyrenes behov for de essentielle næringsstoffer som »g pr. dag«. Da alt foder til fjerkræ tildeles i form af færdige blandinger, er her tillempet en mere praktisk betonet definition for behov, der i følge Scott et al. (1982) kan formuleres således, at behov til slagtekyllinger af en given ernæringskilde er den mængde pr. enhed af omsættelig energi, som giver optimale betingelser for vækst.

Meget tyder på, at dette behov er genetisk variabelt, og at den kraftige selektion for vækstevne, der er gennemført i slagtekyllingepopulationer, kan have forøget behovet. Betragt fig. 2.14, i hvilken en såkaldt »dose-response«-kurve er fremstillet for 3 hypotetiske populationer af slagtekyllinger. »Dose« er udtryk for koncentration af protein, relateret til energi og anført som absцisse i diagrammet, medens ordinaten fremstiller vægten til et givet tidspunkt. Lad kurven for A være en realistisk dose-response-kurve for en linie af slagtekyllinger, toppunktet på kurven angiver da liniens behov. Genetisk variation på linier, hvad angår behov, er forløbet af linier A og B et eksempel på, idet den sidste kræver en højere proteinkoncentration for at opnå maksimal udnyttelse af den genetiske kapacitet for vækst.

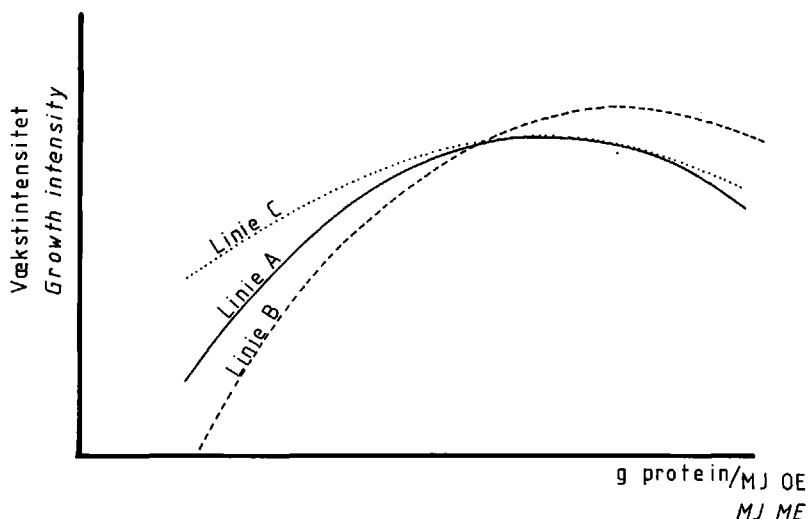


Fig. 2.14 Vækstintensitet som afhængig af foderets koncentration af protein for tre hypotetiske linier.

Intensity of growth as dependent on the concentration of protein in diets is for three hypothetical lines.

Et andet væsentligt aspekt er illustreret med kurverne for linierne A og C, for hvilke man ved lav dose ser, at linie C klarer sig bedre end linie A; situationen for kurverne A og C vil her blive betegnet således, at linie C har en større homeostatisk kapacitet end linie A. Mange eksperimenter, hvad angår genetisk variabilitet i udnyttelse af protein-aminosyrer og andre essentielle næringsstoffer, er gennemført med lave doser. Sørensen (1985) har præsenteret en fuldstændig litteraturgennemgang af genetisk variabilitet i udnyttelse af næringsstoffer til vækst hos høns; heraf fremgår, at adskillige undersøgelser på aminosyrerne »arginin, methionin og lysin« har vist genetisk variabilitet i udnyttelsen på den måde, at det via selektionsforsøg viste sig muligt at differentiere forsøgslinier, hvad angår homeostatisk kapacitet.

I ingen af disse undersøgelser er påvist genetisk variation i behov, hovedsagelig fordi dette ikke er undersøgt eller i bedste fald kun indirekte undersøgt.

Nesheim (1975) hævdede, at aminosyrer var temmelig effektivt udnyttet i stofskiftet, og at der derfor ikke ville være megen plads for en genetisk variation i udnyttelsen. Denne bemærkning blev imidlertid fremsat på grundlag af undersøgelser af høns af æglægningstype og vagtler. Den moderne slagtekylling adskiller sig fra disse i det forhold, at man i mere end 30 generationer har foretaget en intens selektion for større vækstevne i et fodermiljø, i hvilket de forskellige ernæringskomponenter var til stede i koncentrationer, der tilsikrede maksimal udnyttelse af vækstevne. Dette er den eneste rimelige disposition for et avlscenar, der ønsker succes, fordi den almindelige produktion af slagtekyllinger igennem disse år netop foregik under optimale betingelser, og dermed undgik avlscentrene problemer med en reduceret selektionseffekt som følge af genotype/foder-interaktion. Det her skitserede forløb fører på langt sigt til det i indledningen nævnte forhold, at der risikeres en genetisk betinget mindre effektiv udnyttelse af protein og andre essentielle næringsstoffer.

Gennem studier af disse forhold må man gøre sig klart, at med stigende vækstevne er indbygget en automatik, der betyder, at behovet stiger i takt med stigende vækstkapa-citet, og det skyldes det i afsnit 2.4 viste forhold, at vedligeholdelsesandelen af det optagne foder reduceres. Det er almindeligt anerkendt, at hvis det var muligt at differentiere mellem foder til vedligehold og foder til produktion (vækst), er sidstnævnte det mest krævende, hvad angår ernæringskoncentration.

2.6 Stabilitet af opnåede fremgange og størrelsesorden af genetisk variation

I dette afsnit tages stilling til 2 fænomener, der kan iagttages i slagtekyllingepopulationer, og som ikke synes at være i fuld harmoni med den teori, der ligger bag den kvantitative genetik, sådan som den f.eks. udlægges af Falconer (1981) i hans velkendte og ofte citerede bog.

Det første fænomen er, at det synes umuligt at fastholde en gennem avlsar-

bejde opnået vækstkapa-citet, såfremt populationen fortsætter uden selektion; det andet er, at den genetisk betingede fremgang pr. generation, udtrykt som forøgelse af vægt til sædvanlig slagtevægt, ikke synes nævneværdigt berørt, selv om daglig tilvækst, siden avlen for større vækstevne påbegyndtes, er blevet forøget med en faktor »2.5« (jfr. afsnit 2.2.1).

2.6.1 Regression efter ophør af selektion

I langtidsselektionsforsøg med laboratoriedyr (mus, melbiller) er det en almindelig iagttagelse, at der efter ophør af selektion (relaxed selection) forekommer en betydelig regredering til det niveau, den oprindelige grundpopulation havde (Bell, 1982). Siegel (1978) rapporterede, at efter 13 generationers to-vejsselektion for 8 ugers vægt i en population af Hvid Plymouth Rock skete i de efterfølgende 5–6 generationer en nedgang i vækstevne i en størrelsesorden, der svarer til 1/3 af den respons, der blev opnået i de første 13 generationer, inden den relaxerende linie havde nået et plateau. Det antydes, at den reproduktive »fitness« kan spille en rolle, men at det i øvrigt må skyldes ikke-additiv genetisk variation.

På Avlsstationen STRYNØ blev i 1975 etableret en kontrollinie, der betegnedes »Linie 69«, efter sammenkrydsning af 2 eksisterende linier (vist i fig. 2.2). Denne kontrollinie blev for hver generation reproduceret fra 100 høner og 50 haner gennem kunstig inseminering, og i videst mulige omfang tog man hensyn til, at alle forældre blev repræsenteret med afkom i efterfølgende generation for at undgå indflydelse af forskellig grad af fitness, knyttet til vækstevne. På trods af disse forholdsregler skete en jævn tilbagegang på 20–30 g pr. generation i de efterfølgende 5 generationer (Sørensen et al., 1980), hvilket resulterede i en beslutning om at ophøre med avl med denne kontrollinie. Selv om krydsningsfrodighed almindeligvis antages at spille en lille rolle – om nogen – for vækstevne, kan det ikke udelukkes, at den har haft indflydelse, men det er utænkeligt, at den over 5 generationer kan have øvet et konstant bidrag, da heterosiseffekten er kendt for at blive halveret for hver efterfølgende generation.

I et projekt, påbegyndt i 1982, er fra en hanelinie på Avlsstationen STRYNØ (linie 85) afledt 2 eksperimentlinier, der over 3 generationer er blevet selekteret for henholdsvis god og dårlig benkonstitution (Sørensen og Harlou, 1984). De to benlinier er konsekvent blevet selekteret for benkonstitution, og linien, selekteret for god benkonstitution, havde et korreleret, svagt negativt selektionspres på vægt, medens den anden linie gik i modsat retning i samme størrelsesorden, hvorfor selektionspresset i gennemsnit for de 2 linier skulle holde den genetiske vækstkapa-citet i ro. Det viste sig i 3. generation, at de 2 »ben«-linier i gennemsnit vejede 250 g mindre end linie 85, der fortsatte i et ordinært hane-avlsprogram; det er helt udelukket, at linie 85 har kunnet forøge sin vækstevne med 80 g pr. generation i de 3 forløbne generationer, men må forventes at have

haft en forøgelse på 50 g. Alt tyder derfor på, at de 2 benlinier har reduceret deres vækstkapacitet med ca. 30 g pr. generation.

I 1979 påbegyndtes et selektionsforsøg, hvori 3 eksperimentlinier, ligeledes afledt af linie 85, blev selekteret for øget vækstevne i én linie og forbedret foderudnyttelse i de to øvrige. Efter 4 generationers selektion var foderudnyttelseslinierne 212 g lettere ved 40 dage end den tilsvarende linie, selekteret for vækstevne (Sørensen, 1984b). I dette tilfælde er det vanskeligere at fastslå, hvorvidt en difference på 53 g pr. generation er rimelig eller ej, fordi selektionen for foderudnyttelse i intervallet 18 til 39 dage har medført en negativ selektionsintensitet for vægt ved 18 dage og en lige så stor, men positiv intensitet for vægt ved 39 dage.

Den realiserede heritabilitet (h^2_R) for vægt i den vægtselekerede linie kan beregnes af følgende formel:

$$\Delta G = h^2_R \gg i \ll \sigma_p$$

hvor ΔG = forskel på de 2 grupper af linier (= 53 g)

$$\gg i \ll = i_1 - i_2$$

i_1 = selektionsintensitet for vækst i vækstlinien

$$i_2 = i_{\text{vægt 39 d}} + r_{A_1A_2} \times i_{\text{vægt 18 d}} \text{ i FU-linierne}$$

Som anført, var de to selektionsintensiteter for vægt i foderudnyttelseslinierne af samme størrelse, men med modsat fortegn således, at hvis $r_{A_1A_2} = 1$, vil $i_2 = 0$. Da $i_1 = 0,94$ og $\sigma_p = 140$, følger, at:

For $r_{A_1A_2} = 1$; gælder, at $h^2_R = 0,40$

For $r_{A_1A_2} = 0,5$ gælder, at $h^2_R = 0,46$

For $r_{A_1A_2} = 0$ gælder, at $h^2_R = 0,52$

Da vækstkurven tilsyneladende er bøjet (Sørensen, 1984b), tyder meget på, at $r_{A_1A_2} < 1$, d.v.s. at den realiserede heritabilitet, beregnet på denne måde, er større end 0,4. Sammenholdt med fig. 2.12, hvor der i basislinien er fundet en realiseret heritabilitet på 0,32 over 8 generationer, er der således indicier for, at de 0,4 er overestimeret; med andre ord er der sket en reel tilbagegang i foderudnyttelsesliniernes vækstevne, som der ikke er belæg for i de indirekte selektionsintensiteter.

Der synes således at være en meget stærk indikation for, at blandt populationer af kyllinger, udvisende en vækstkapacitet, svarende til 1980/82-niveau i fig. 2.3, vil ophør af selektion reducere 6-ugers vægten med 20–30 g pr. generation over nogle generationer; og meget tyder på, at kun en beskedent del heraf skyldes naturlig selektion.

Mueller og James (1983) skriver indledningsvis, at selektion for en kvantitativ karakter fører til resultater gennem to mekanismer: ændring i genfrekvens og generering af koblingsuligevægt. Man skal være opmærksom på, at koblings-

uligevægt i denne sammenhæng refererer til den af Bulmer (1971) betegnede »joint disequilibrium«, som skyldes manglende ligevægt mellem par af loci i en population. Forudsat, at fitness ikke spiller nogen rolle, gælder, at med ophør af selektion vil den ændrede genfrekvens forblive på det niveau, den har nået, medens koblingsuligevægt vil reduceres i henhold til følgende:

$$D_t = (1 - c) D_{t-1}$$

hvor c = overkrydsningsfrekvensen mellem de to betragtede loci

D_{t-1} = koblingsuligevægt i »t-1«-generation med tilfældig parring og uden selektion.

Griffing (1960) opstillede en model, baseret på, at ændringen i genfrekvens som følge af selektion var afhængig af additiv genetisk varians, medens etablering af koblingsuligevægt var beroende på eksistensen af en epistatisk varians af typen additiv $\times$ additiv; respons som følge af en generations selektion vil da være:

$$\Delta G = \frac{i}{V_p} (V_A + 0.5 \times V_{AA});$$

hvor V_A = additiv genetisk varians

V_{AA} = additiv $\times$ additiv varians

V_p = fenotypisk varians.

Bulmer (1971) opstillede en anden model uden epistatisk effekt og fandt, at den genetiske varians reduceredes – og dermed også den genetisk betingede fremgang – allerede efter en generations selektion som følge af koblingsuligevægt. Yderligere selektion ophober mere koblingsuligevægt, medens rekombination reducerer den tidligere ophobede mængde, således at der efter en tid nås en ligevægt (steady state), hvor der nedbrydes lige så meget, som der opbygges.

Man vil se, at medens Griffings model med epistatisk effekt i hvert fald i starten af et selektionsforløb er begunstiget af koblingsuligevægt, er det modsatte tilfældet, såfremt Bulmers model er gældende. Komplexiteten af disse forhold er så omfattende, at mere tilfredsstillende modeller ikke har kunnet opstilles.

De eksperimentelle check på den relative betydning af epistatisk effekt, der er blevet gennemført ved opdeling af den genotypiske varians i dens enkelte komponenter (se tabel 3.30), har ikke hidtil givet anvendelige estimater af epistatisk varians hovedsagelig på grund af høje korrelationer mellem de varianskomponenter, der udgør genotypisk varians; ej heller har, som påpeget af Barker (1979), analyser af respons på selektion givet mulighed for nogen klar opfattelse af størrelsesorden af epistatisk effekt, fordi ikke-additiv genetisk respons ikke kan præciseres nærmere end, at det er en kombination af major geneffekt, kobling og gen-interaktionseffekt.

I de seneste år har en række forfattere analyseret betydningen af epistasi som en komponent af heterosiseffekten, der opstår gennem krydsning af forskellige populationer. Andresen og Christensen (1981) forklarede heterosiseffekten på grundlag af biokemiske reaktioner, katalyseret af enzymer. Slutproduktet fra en sådan reaktion kan variere – afhængig af, med hvilket/hvilke isozymer det givne individ er udstyret. Isozymer er forskellige molekulære former af det samme enzym, som kan udvise mindre forskelligheder, hvad angår aktivitet – f.eks. afhængig af temperatur og pH-værdi.

I en biokemisk reaktionskæde, hvori indgår et eller flere intermediære trin, og hvori kræves 2 eller flere enzymer for at få processen til at løbe til ende, er der mulighed for epistatisk effekt, såfremt der i den betragtede population findes to eller flere isozymer for begge/alle enzymer, der er involveret i processen.

Allard (1975) præsenterede populationsgenetiske undersøgelser af flyvehavre (*avena barbata*), der understregede, at epistatisk effekt mellem enzym loci (3 esterase loci på forskellige koblingsgrupper: E_4 , E_9 , E_{10}) kan være meget stærk. Denne plante indslæbtes til det bjergrige Californien fra Middelhavsområdet i 1500-tallet, og det viste sig, at de populationer, der havde tilpasset sig dalområderne med høj konstant temperatur og rigelig fugtighed, næsten udelukkende havde følgende genbestand (E_4^s , E_9^f , E_{10}^f), medens populationer af flyvehavre på de højereliggende bjergsider i overvejende grad havde E_4^f , E_9^s , E_{10}^s gener på de tilsvarende loci. f og s refererer til henholdsvis hurtig og langsom vandring ved gelelektroforese. Forfatteren konkluderer, at den naturlige selektion under tilpasningen til de to miljøområder har influeret på disse 3 ikke-koblede loci, som om de var en enhed.

Sheridan og Randall (1977) fandt gennem krydsning af Hvid Italiener og Australorp en betydelig heterosis for en række egenskaber, men denne var tilsyneladende fuldstændig tabt i F_2 og F_3 -generationerne. Sheridan (1980) postulerede, at dette måtte skyldes en effekt af, hvad han betegnede »parental epistasis«, og hvis fysiologiske baggrund var, at de to forældrepopulationer havde forskellige gensæt, hvilket er samme fænomen, som Allard (1975) iagttog på esterase loci hos flyvehavre; i øvrigt også identisk med det af Hayman og Mather (1955) indførte begreb »associeret« fordeling af gener for to loci i to forældrepopulationer.

Sheridan (1981) diskuterede begrebet »parental- og F_1 -epistasi« mere indgående; den væsentligste forskel på dem er, at medens førstnævnte beror på en epistatisk effekt, som allerede eksisterer i forældrepopulationerne, er F_1 -epistasi en effekt, som først opstår gennem krydsning af to populationer.

En gennemgang af eksperimentelle krydsningsundersøgelser, omfattende F_2 -populationer og andre sekundære krydsningskombinationer hos høns og andre husdyrarter, indikerer, at disse ofte har mistet krydsningsfrodigheden, eller i hvert fald har en mindre heterosis end den konventionelle heterosismodel, ba-

seret på dominanseffekt, foreskriver (Sheridan, 1981). Det anføres videre, at den tilsyneladende mangel på heterosis i F_2 -populationer kan forklares med epistatisk effekt fra komplementære gener og/eller ikke-koblet additiv $\times$ additiv epistatisk effekt i forældrelinierne. Dette fænomen betegnes hyppigt som rekombinationstab, og en detaljeret teoretisk udredning er bl.a. givet af Kingshorn (1980).

Konklusionen på dette afsnit er, at den almindelige forestilling, man har haft om, at den opnåede genetisk betingede fremgang var permanent, ikke holder for vækstevnens vedkommende, når der er tale om så betydelige ændringer som de, der har fundet sted. Den genetiske mekanisme bag dette er ikke særlig klar, men ét er dog sikkert: Den additive geneffekt kan ikke alene forklare de forhold, der ses, og meget tyder på, at epistatisk effekt i kombination med koblingsuligevægt spiller en ikke-uvæsentlig rolle.

2.6.2 Genetisk variation

Vækstevnen i de populationer, der er forædlet med henblik på slagtekyllinge-populationer, er forøget så meget, at moderne slagtekyllinger vejer ca. 2900 g på det alderstrin, hvor de uselektrede racer har nået en vægt på omkring 1250 g (Jensen et al., 1984). Forskellen på 1650 g svarer til 22 genetiske standardenheder, idet det antages, at den fænotypiske spredning i grundpopulationen er 111 g (variationskoefficienten = 9%), samt at $h^2 = 0,45$.

Falconer (1981) har i et sammendrag vedrørende langtidsseleksionsforsøg med laboratoriedyr fundet, at det under selektion i modsatte retninger var muligt at udtømme den genetiske variabilitet, hvis de divergerende linier udviste en forskel på 16 til 28 genetiske standardenheder, og at det tog 20–30 generationer at opnå denne tilstand. Disse forsøg med bananfluer og mus blev gennemført med populationsstørrelser mindre end $N = 30$.

Andre langtidseksperimenter har imidlertid vist, at der meget vel kan forløbe 3 gange så mange generationer, inden et selektionsloft bliver nået (Enfield, 1977), og Falconer (ibid.) anfører, at populationsstørrelsen nok må antages at spille en væsentlig rolle i denne sammenhæng. Populationsstørrelsen spiller en rolle i determineringen af, hvor meget man kan ændre en populations gennemsnit af 2 vidt forskellige årsgager.

Den første og mest indlysende er, at små populationer tenderer mod at blive indavlede, og den genetiske variabilitet indskrænkes i takt hermed; Robertson (1960) fandt, at en egenskab, styret af additiv genvirkning, ville udtømme sin genetiske variation i en population efter $2N$ generationer, hvor N er den effektive populationsstørrelse.

Den anden årsag er mindre indlysende og skyldes tilkomst af nye favorable mutationer. Frankham (1980) viste, at hos linier af bananfluer, selekteret gennem mange generationer for antal stive børster på bugsidene, var der i replikater

linier opstået nye gener fra mutationer, der ikke fandtes i grundpopulationen. Effekten af disse mutationer i selektionen blev tidligere betragtet som værende så lille, at den var uden betydning, men beviserne fra Frankhams arbejder var særdeles overbevisende. Hill (1982) udarbejdede en teori, der viser, at favorable mutationer får større betydning, jo større population – simpelt hen, fordi chancen for mutation stiger ligefremt proportionalt med populationsstørrelsen.

Additiv geneffekt, som den defineres i den klassiske teori om kvantitativ genetik, synes således ikke at kunne forklare i hvert fald dele af den stedfundne udvikling i slagtekyllingepopulationernes vækstevne. Andre forklarende elementer kan være:

- a) Loci, der tidligere var neutrale, kan senere spille en rolle
- b) Andre genetiske effekter kan have betydning.

I KAPITEL IV er ført bevis for eksistensen af en betydelig vekselvirkning mellem genotype og foder, og den kan formuleres på den måde, at den genetiske korrelation på vægt ved 40 dage, målt i 2 forskellige fodermiljøer, er mindre end 0,5, hvilket betyder, at mindre end 50% af de loci, der er af betydning for den genetiske variation i vækstevne i det ene fodermiljø, også har betydning i det andet fodermiljø. Konklusionen, der drages i KAPITEL IV, er, at blandt de loci, der ikke er fikserede, vil det til en given tid under givne ydre omstændigheder kun være en mindre del af potentielle loci, der påvirker variationen.

Denne konklusion kan benyttes til at påstå, at en væsentlig fraktion af de loci, der havde betydning for vægt ved 1400 g, da kyllingerne var 80 dage om at nå denne vægt, ikke har nogen betydning for variationen på 1400 g vægt, der opnås på 36 dage, medens andre ikke-fikserede loci, der oprindeligt var neutrale, nu har fået betydning.

Det forhold, at selektionen gennemføres ved forskellig alder, er i sig selv et tilstrækkeligt bevis, da korrelationen mellem vægt ved forskellig alder er mindre end 1, da det er muligt at bøje vækstkurven (Ricard, 1974). Den stærkt forøgede vækstevne har gjort det nødvendigt at foretage løbende justeringer af foder (jfr. afsnit 2.5), og dermed har man introduceret den type af vekselvirkninger, der er bevist i KAPITEL IV.

3 Selektion for større vækstevne under suboptimalt fodringsmiljø

Selektionsforsøg, i hvilke der systematisk selekteres for en given egenskab eller en kombination af egenskaber over en række generationer, og hvor der samtidig holdes en kontrolpopulation, giver mulighed for at studere de genetiske effekter, der vil være resultatet af det særlige udvalg af forældre (i fagsprog betegnet »selektion«), der foretages i selektionslinierne.

Denne korte beskrivelse kan forlede til den opfattelse, at selektionsforsøg er identisk med det almindelige avlsarbejde, der gennemføres inden for husdyrforædlingen; selektionsforsøg kræver imidlertid følgende 2 forhold opfyldt, dels skal en kontrolpopulation ell. lign. på effektiv måde kunne eliminere miljøbetingede variationer igennem det tidsinterval, forsøget varer, dels må der ikke ændres på de kriterier, hvorefter der selekteres, uanset hvor godt eller navnlig dårligt de udvalgte avlsdyr klarer sig, hvad angår andre egenskaber.

Selektionseksperimenter blev første gang anvendt og beskrevet af Goodale (1938) til at underbygge teorien vedrørende den kvantitative genetik. Det var dog først, da Falconer (1955) indførte begrebet *realiseret heritabilitet*, at det blev muligt direkte at se sammenhængen mellem teorien om additiv geneffekt og den aktuelle effekt af selektion ved hjælp af ligningen:

$$h^2_R = \frac{R}{\Sigma \Delta S}$$

Hovedparten af disse tidlige selektionseksperimenter blev gennemført på laboratoriedyr, og hensigten var at afprøve de grundlæggende teorier i den kvantitative genetik; herunder ikke mindst teorien om et loft for selektion – f.eks. Falconer and King (1953) på mus; Clayton and Robertson (1957) på bananfluer; og noget senere Bell and Moore (1972) på melbiller.

Senere blev udført en del selektionseksperimenter med laboratoriedyr for at studere f.eks. betydningen af populationsstørrelse og selektionsintensitet (Jones et al., 1969), alder ved selektion for vækst (McCarthy, 1980) og andre generelle spørgsmål.

Specielle spørgsmål, der knytter sig til de enkelte husdyrarter, lader sig næppe løse gennem modelforsøg med laboratoriedyr, hvilket er baggrunden for en stigende frekvens af rapporter om selektionsforsøg med vore husdyrarter. En særlig type selektionsforsøg opstår i de tilfælde, hvor der er et ønske om at undersøge, hvorvidt selektionseffekten bliver berørt af det miljø, inden for hvilket selektionen foregår.

En kraftig vekselvirkning lader sig let afsløre gennem afprøvning af et rimeligt stort antal afkomsgrupper i to eller flere forskellige miljøer (fodring, lokalitet etc.) og derefter teste, om rangering af afkomsgrupperne er signifikant forskellig i forskellige miljøer (Petersen, 1975; Sørensen, 1977). Svage vekselvirkninger er vanskelige at håndtere med denne metode, fordi de nødvendige statistiske tests ikke er tilstrækkelig sikre (Robertson, 1959). Påvisning af en vekselvirkning er identisk med, at gener, der har en positiv effekt på vækstevne i et givet miljø, kan være neutrale eller endog have en negativ effekt i et andet miljø; og effekten heraf i et forædlingsarbejde bliver, at en genetisk betinget forbedring, opnået i et givet miljø, kun slår igennem med en vis andel i den/de øvrige miljøer.

Medens man således gennem relativt enkle metoder kan påvise kraftige vekselvirkninger mellem genotype og miljø, er det straks mere kompliceret at afsløre svage vekselvirkninger. Men endnu vanskeligere er det at forudsige korrelerede ændringer, fordi man umuligt kan forudsige, om de korrelerede ændringer, der følger selektion for vækstevne i et givet miljø, også vil gælde i et andet miljø, til hvilket der er påvist vekselvirkning; endnu mere problematisk kan der i et nyt miljø opstå genetiske korrelationer, der var neutrale i det oprindelige miljø. Et typisk eksempel herpå fandt man i dansk svineavl, da man på afkomsprøvestationer i 1972 skiftede fra moderat fodring til ad libitum-fodring. Det viste sig senere (Pedersen, 1979), at den genetiske korrelation mellem daglig tilvækst og kødprocent ændrede sig fra *nul* under rationeret fodertildeling til $-0,5$ med ad libitum-fodring.

Grundlaget for de overvejelser, der førte til gennemførelse af det selektionsforsøg, der er beskrevet i nærværende kapitel, findes beskrevet i KAPITEL II; blot skal tilføjes, at den såkaldte »proteinkrise« i 1973, da prisen på sojaskrå på kort tid steg til det tredobbelte af den hidtidige pris, var medvirkende årsag til at aktualisere idegrundlaget om det uheldige i, at en fortsat selektion for høj vækstevne resulterer i et stadig øget behov for de vigtigste næringsstoffer for at sikre maksimal udnyttelse af den genetiske vækstevne.

I efteråret 1973 blev på British Poultry Breeders Roundtable fremhævet nogle forsøg med mus, der underbyggede en teori om, at selektion for høj vækstevne under rationeret fodertildeling ville resultere i en genetisk betinget mindre tendens til fedtaflejring, end hvis selektionen for høj vækstevne blev gennemført under ad libitum-fodring (Robertson, 1973). Et mindre indhold af fedt er ensbetydende med et lavere foderforbrug pr. kg kylling. Endvidere fremførtes gentagne gange krav fra de humane ernæringseksperter om mindre fedtholdig kost; derfor var der megen tilskyndelse til også at tage spørgsmålet om foderrationering op i et avlsforsøg med slagtekyllinger.

Der var således 2 ideer, som der var en god begrundelse for at afprøve, og da de begge var baseret på den samme filosofi: At gennemføre selektion for vækst-

evne under suboptimale forhold, syntes det naturligt at kæde dem sammen i ét projekt.

Det grundliggende genetiske spørgsmål, som er nødvendigt at få afklaret, kan formuleres således: Eksisterer der en »genotype $\times$ fodringsmiljø-vekselvirkning«? I bekræftende fald er det ensbetydende med, at en rangering af dyr efter avlsværdi vil være forskellig, når de samme genetiske grupper afprøves i forskellige fodringsmiljøer, hvilket medfører, at det løbende avlsarbejde skal indrettes, så det sigter mod at skabe produktionsdyr, der er tilpasset det eller de særlige fodringsmiljøforhold, der vil være herskende i den fremtidige produktion.

3.1 Etablering og beskrivelse af selektionsforsøget

På forberedelsesstadiet til et selektionsforsøg er det nødvendigt at gøre sig følgende spørgsmål klart:

- a) Hvilken basispopulation skal anvendes?
- b) Hvor længe skal forsøget køre?
- c) På hvilken måde skal kontrol med miljøvariationen varetages?
- d) Hvilken kapacitet er til rådighed?

Endvidere er det vigtigt for forståelsen og fortolkningen af de opnåede resultater, at der gives en omhyggelig beskrivelse af de omgivelser og de forhold, hvorunder selektionsforsøget er gennemført.

3.1.1 Basispopulation og etablering af tre sublinier

Som grundlag for de tre eksperimentlinier er anvendt en linie af Hvid Plymouth Rock race, hvis historie delvis kan spores tilbage til 1960, som det fremgår af fig. 3.1. Liniens ophav antages at have været underkastet selektion for stor vækstkapa-citet siden begyndelsen af 1960, da den i sammenligning med, hvad der fandtes af tilsvarende liniemateriale i Danmark, var fuldt på højde hvad angår vækstevne og slagte-kvalitetsegenskaber, hvilket også fremgår af tabel 3.1.

Tabel 3.1 Vægt ved 42 dage af basislinje på Strynø Avlsstation og liniekombinationsprøver på Favrholt i forudgående generationer.

Table 3.1 Weight at 42 days of the base population at Strynø Breeding Station and Favrholt Test Station in 5 previous generations.

Generation	Strynø	Favrholt
P ₅	1308 g	1121 g
P ₄	1383 g	1203 g
P ₃	1530 g	1275 g
P ₂	1515 g	1358 g
P	1505 g	1382 g

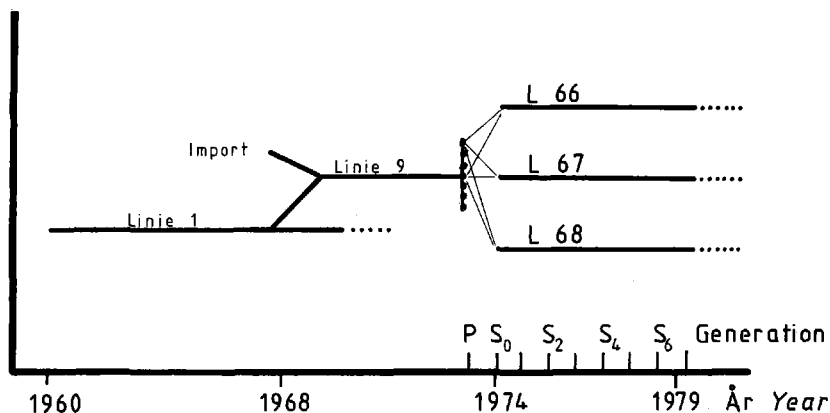


Fig. 3.1 Oversigt over grundpopulationens herkomst samt dens opdeling i 3 eksperimentelle linier i 1974.

Survey of the origin of the base population and its division into three experimental lines in the year 1974.

Tabel 3.1 viser endvidere, at linien formentlig har ligget endog højere, hvad angår vækstevne, end det almindeligt anvendte avlsmateriale, og yderligere ses, at der i en periode af 4–5 bagved liggende generationer er gennemført et avlsarbejde, der resulterede i en vis forøgelse af vækstevnen. Ideelle kriterier ved valg af basispopulation er en stor genetisk variation og mindst mulige koblingsuligevægt. Førstnævnte kriterium synes rimeligt opfyldt gennem den forudgående krydsning mellem linie 1 og importeret avlsmateriale; derimod er kravet om, at basispopulationen skal have et genetisk betinget produktionsniveau på højde med, hvad der generelt gælder for landet i modstrid med sidstnævnte kriterium, idet man nødvendigvis må vælge basispopulationen blandt linier, der har fulgt et almindeligt avlsprogram med betydelig selektion for vækstevne; dette forhold vil der blive taget hensyn til ved vurdering af selektionsforsøget.

På grundlag af 288 høner og 24 haner fra 1973-generationen er S_0 -generationen blevet etableret på den måde, at hver helskændefamilie er fordelt på alle tre linier således, at basisliniens genmateriale er repræsenteret ligeligt i alle tre sublinier, som det fremgår af fig. 3.1.

3.1.2 Selektionsforsøgets varighed

Som hovedbetragtning for varigheden af et selektionsforsøg gælder, at man skal kunne drage rimelig sikre konklusioner inden for en overskuelig tid. En lang række selektionsforsøg med melbillen »*Triboleum Castanum*« har vist, at respons på selektion for høj larvevægt er lineært afhængig af selektionsintensiteten igennem de første ca. 20 generationer, hvorefter der almindeligvis kan

spores en vis afbøjning (Bell, 1982). Endvidere fandt Siegel (1978), at der ved selektion for høj 8-ugers-vægt hos kyllinger af Hvid Plymouth Rock race i 20 generationer kunne anes en begyndende afbøjning af responskurven. I undersøgelser af den art, som der her er tale om, vil det derfor ikke være aktuelt at gå ud over 20 generationer – inklusive de 5 generationer, der forløb fra sammenkrydsning til starten af det egentlige selektionsforsøg.

Under vurderingen af, hvor få generationer man kan nøjes med, gælder, at sikkerheden på responskurvens afhængighed af selektionsintensiteten forøges med et stigende antal generationer; i fig. 3.2 er givet en fremstilling af forventet respons og den tilhørende sikkerhed på responskurven. Fig. 3.2 er fremstillet under følgende forudsætninger:

Effektivt populationstal	$(N_e) =$	50
Heritabilitet	$(h^2) =$	0,4
Selektionsintensitet	$(i) =$	1,2
Antal kyllinger, vejet i en linie	$(M) =$	800

I henhold til Hill (1972 b) er den genetiske driftvarians (σ_d^2) og fejlvariansen (σ_e^2) beregnet, som følger:

$$\sigma_d^2 = \left[\frac{1-h^2}{N_e} + \frac{h^2}{M} \right] \cdot \sigma_A^2 = 0,0125 \cdot \sigma_A^2$$

$$\sigma_e^2 = \frac{1-h^2}{M \cdot h^2} \cdot \sigma_A^2 = 0,00188 \cdot \sigma_A^2$$

og fejlvariansen på responskurven $s_{b(r)}$ for r generationers selektionseffekt

$$s_{b(r)}^2 = \frac{12}{i^2 \cdot r(r+1)(r+2) \cdot \sqrt{h^2}} \left[\frac{r+3}{15} \cdot \sigma_d^2 + \sigma_e^2 \right] + \frac{2(3r+4)}{5i^2(r+1)(r+2) \cdot \sqrt{h^2}} \sigma_d^2 ;$$

Resultaterne er i fig. 3.2 fremstillet som et 95% »konfidensinterval«, i intervallet:

$$Y/x \pm s_{b(r)} \cdot t_{0,975, r-1}$$

og skal fortolkes på den måde, at regressionskoefficienten i generation r med 95% sandsynlighed ligger i nævnte interval. Det fremgår, at allerede efter 3 ge-

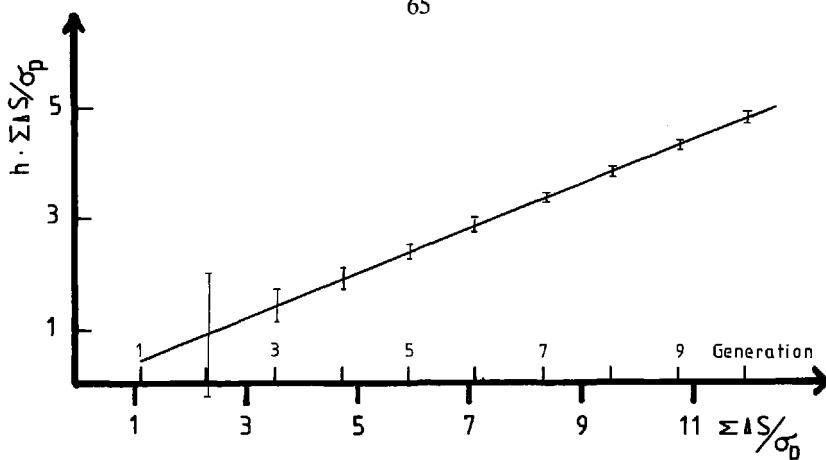


Fig. 3.2 Forventet regressionskurve for vækstforøgelse under antagelse af, at $h^2 = 0,4$, og selektionsintensitet $= 1,2$. For hver generation er anført et 95% konfidensinterval som udtryk for sikkerheden af »r« generationers selektion, når hensyn tages til genetisk driftvarians.

A curve of expected regression for increased growth rate on the assumption that $h^2 = 0.4$ and $i = 1.2$. For each generation a 95% confidence interval is given to express the accuracy of »r« generations of selection allowing for genetic drift variance.

generationers selektion kan der forventes et signifikant estimat af responskurven; hertil skal dog føjes, at de miljømæssige variationer mellem generationer, der ikke kan elimineres, må påregnes at bidrage til en forøgelse af fejlvariansen. På den anden side skal bemærkes, at reduktionen i fejlvarians næsten ophører fra gen. 7, hvilket hovedsagelig skyldes det stigende bidrag fra den ophobede genetiske driftvarians.

Konklusionen er derfor, at et selektionsforsøg med den fremstillede struktur og omfang bør løbe i 5–7 generationer.

3.1.3 Kontrol med genetisk ændring

Forsøgets hovedsigte er at studere, hvorvidt linier, selekteret for høj vækstevne, på grundlag af forskellige suboptimale fodringsmiljøer udvikler sig genetisk forskelligt i henseende til en række egenskaber. Kontrol med den skete ændring foregår på 2 områder:

- For at fastlægge de genetisk betingede ændringer, der sker under selektion i suboptimale miljøer, er det nødvendigt at have en reference til, hvad der ville ske af ændringer ved selektion under et normalt fodringsmiljø.
- Eliminering af de variationer mellem generationer, der skyldes variation i miljøfaktorer.

Vedrørende pkt. a var det givet, at der samtidig med etablering af 2 selektionslinier, der skulle selekteres for høj vækstevne under henholdsvis lav-pro-

tein og rationeret fodertildeling, også skulle selekteres for samme egenskab under et normalt fodringsmiljø. Hvad angår pkt. *b*, vanskeliggjorde kravet om, at basispopulationen skulle have en genetisk betinget vækstkapa-citet, svarende til det for samtidige slagtekyllingelinier almindelige niveau, at anvende en egentlig kontrollinie; (se diskussion herom i afsnit 2.6.1.). Som kontrol til måling af generelle ikke-kontrollerbare miljøvariationer vil i stedet blive anvendt de 5–7 udviklingslinier, der avles med på avlsstationen, og for hvilket de forventede ændringer i tilvækst kendes ret nøje.

3.1.4 Opdræt og reproduktion

Umiddelbart efter, at kyllingerne er taget ud af klækkemaskinen, stammærkes de, hvorefter der foretages kønssortering og vaccination mod Mareks disease. Kyllingerne anbringes linievis i 3 rum med maksimalt 325 kyllinger pr. rum á 19,4 m² eller indtil 16,3 kylling pr. m². Den linievis opdeling i rum giver mulighed for separat behandling, hvad angår foder og fodring, og dette er særskilt beskrevet i afsnit 3.1.5; i alle øvrige forhold er dyrene fra de 3 linier behandlet fuldstændig ens.

I aldersperioden 0–38 dage var der kontinuert lys døgnet rundt, og rumtemperaturen startede med 30–31°C og gik gradvis ned til 21°C på 18. dagen efter klækning. Som strøelse er anvendt træspåner, og der er i øvrigt anvendt de sædvanlige metoder ved opdrætning af slagtekyllinger.

Ved en alder af 38 dage er enkelt dyrvejning foretaget, og samtidig reduceres antallet af dyr til ca. 1/4 af det oprindelige antal, idet der sker en præselektion for høj vægt. I 4.–7. generation blev denne vejning først foretaget ved en alder af 40 dage. På vejedagen bestemmes det rumvise foderforbrug fra indsætning til denne dag.

De fraselektrede dyr sendes til slagtning, og de tilbageblevne skifter til et opdrætningsprogram, der tager sigte på at frembringe avlsdyr med den bedst mulige reproduktionskapacitet. De væsentligste elementer i dette opdrætningsprogram er en rationeret tildeling af foder og en daglængde på 7–8 timer. Rationering af foder tilstræber en daglig tilvækst på 5–15 g eller ca. 20% af, hvad de præsterede i de sidste uger af deres opdrætningsperiode under optimal daglig tilvækst. Den daglige tildelte mængde foder var, som følger:

Alder, uger	♂♂, g	♀♀, g
6–8	90	70
8–10	95	75
10–12	100	80
12–14	110	85
14–18	120	90
18–22	130	95

Som foder anvendes et foder, kendetegnet ved et i forhold til slagtekyllinge-foder væsentlig reduceret indhold af energi og protein, d.v.s. 11,5 MJ omsættelig energi (OE) pr. kg og 15% råprotein, svarende til 130 g råprotein pr. 10 MJ OE.

Ved en alder af 20 uger foretages den endelige selektion; (se afsnit om selektionsmetoder), og herefter anbringes 130–140 høner pr. linie, fordelt til 12 stamrum sammen med én hane. Endnu en hane er udvalgt til hvert rum; disse »2. sæt«-haner er anbragt i en særlig haneafdeling sammen med yderligere nogle reservehaner.

Omkring dette tidspunkt skiftes fra voksefoder til æglægningsfoder, indeholdende 11 MJ OE pr. kg og 14–15% råprotein, og i hele æglægningsperioden tildeles 150 g foder pr. dyr pr. dag, hvoraf hel havre udgør 10 g. Såvel voksefoder til ungdyrene som æglægningsfoder til de voksne høner er almindelige handelsblandinger, idet dog tilsætningsstoffer af enhver art er udeladt. Gennem hele selektionseksperimentet er disse blandinger fremstillet og leveret af *Elias B. Muus, Odense A/S*.

Det anvendte lysprogram er vist i fig. 3.3.

Stamrummene er indrettet med kontrolreder således, at høner, der går på reden for at lægge æg, ikke slipper ud, førend det tilsynsførende personale har fundet et æg eller eventuelt konstateret, at hønen *ikke* lægger æg. En del æg lægges uden for reden på gulvet og unddrages dermed kontrollen for den enkelte høne; ægydelsen registreres derfor på to niveau'er, dels følges den enkelte hønes ægydelse fra enkeltdyrkontrollen (kontrolreder), der af arbejdsmæssige årsager kun gennemføres 3 dage pr. uge, dels sammentælles linievis det totale daglige antal æg, uanset om de er lagt på rede eller på gulv. En gang pr. generation er der foretaget ægvægtbestemmelse, idet en uges ægproduktion ved en hønealder af 34–42 uger danner grundlag herfor.

Ved en hønealder af 35 uger begyndte indsamling af rugetæg, og der blev lagt æg i forrugerer med intervaller på mindst 7 dage. Der blev ilagt 4 hold æg i generationerne »1–7«, medens der i 0. generation blev ilagt 5 hold. Intervallet mellem 2. og 3. hold er på 3 uger, og denne tid benyttes til at foretage et haneskift, således af 2. sæt-haner ombyttes med 1. sæt-haner, og dermed anvendes som forældre til hver linie ialt 24 haner og 130–144 høner pr. generation; undtagelsen herfra er 2. generation, hvor der til hver linie var 15 stamrum til rådighed, og derfor blev anvendt 30 avlshaner pr. linie som fædre til 3. generation. De enkelte hold er som daggamle indsat i hvert sit hus og opdrættet adskilt, indtil de skulle indsættes som avlsdyr i stamafdelingen, men her skete der til gengæld en fuldstændig sammenblanding af hold, da det i hvert stamrum blev tilstræbt at have høner fra alle 4 hold.

Avlsstationen Strynø følger de gældende regler for sundhedsprogrammer for avls- og rugerivirksomhed, derfor er de dyr, der hører under nærværende selek-

Daglængde, timer
Day length, hour

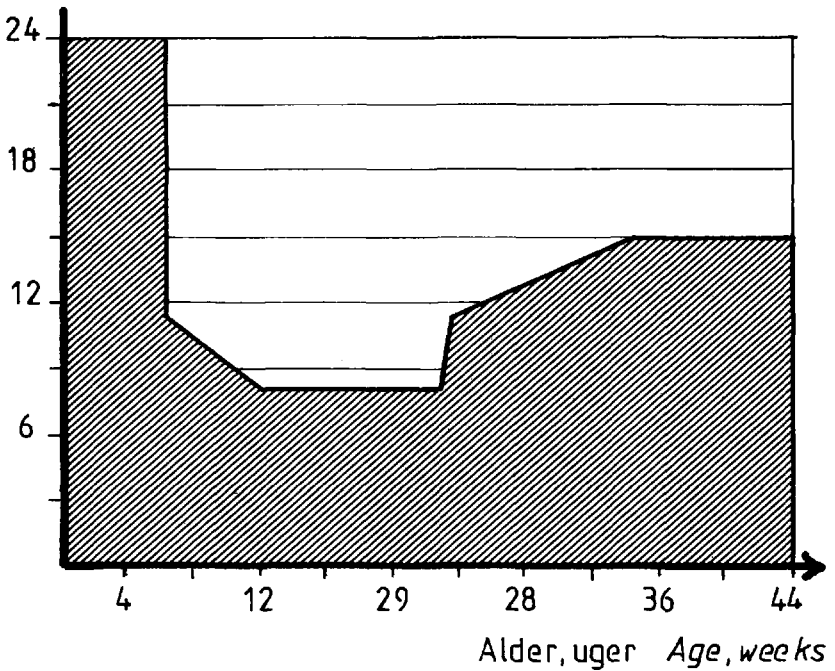


Fig. 3.3 Lysprogram, anvendt igennem hele selektionsforsøget.

Lighting programme used throughout the experiment.

tionseksperiment, omfattet heraf, d.v.s. at dyrenes status med hensyn til infektion af en række sygdomsagens nøje er blevet fulgt gennem blodprøver af et udsnit af avlsdyrene i hver generation; endvidere er foretaget obduktion af alle selvdøde dyr, lige fra klækning til de sættes ud. Dette sundhedsprogram er gennemført og overvåget af Institut for Fjerkræsygdomme, afd. København.

3.1.5 Foder og fodring under opdræt

Grundlaget for nærværende eksperiment var, at de 3 linier fik en forskellig behandling i aldersperioden »0–6 uger«. Denne behandling var for de enkelte linier, som følger:

Linie 66 Fri adgang til foder med lav koncentration af aminosyrerne: Lysin, arginin, methionin og treonin; den anvendte blanding betegnes »Special II«

Linie 67 Fri adgang til et foder med normal koncentration af alle kendte ernæringskomponenter (Special I)

Linie 68 Rationeret tildeling af blandingen, benævnt »Special I«.

Ved starten af eksperimentet blev der ved hjælp af anvendelse af *lineær programmering* sammensat 2 foderblandinger med det krav, at de skulle kunne fremstilles ud fra almindeligt forekommende fodermidler, samt at:

Special I skulle dække de af NRC (1971) anførte normer, hvad angår alle kendte næringsstoffer for slagtekyllinger, og herunder have et energiindhold, svarende til 12 MJ omsættelig energi pr. kg.

Special II skulle sammensættes efter samme normer som Special I bortset fra, at de mest begrænsende aminosyrer: Lysin, methionin + cystin, arginin eller treonin ligger på et niveau på 70% af normen.

De her opstillede betingelser samt, at de to blandinger skulle sammensættes af de samme hovedelementer, resulterede i de i tabel 3.2 viste foderblandinger.

Den væsentligste forskel på de to blandinger er det meget reducerede indhold af sojaskrå i Special II og et højere indhold af majs. På grundlag af de erfaringer, der blev opnået med hensyn til det faktiske indhold af råprotein og aminosyrer i de første 4 generationer, blev det besluttet yderligere at reducere indholdet af råprotein, hvilket er foretaget gennem simpel ombytning af majs og sojaskrå, således at indholdet af majs og sojaskrå var henholdsvis 44,7% og 13,0% i generationerne 4-7.

Det forventede kemiske indhold samt indhold af omsættelig energi er beregnet på grundlag af tabelværkerne i henholdsvis statens foderstofkontrol (1976) og 512. Beretning fra Statens Husdyrbrugsforsøg (1981). For aminosyren »arginin« er dog anvendt information af ældre oprindelse.

De i tabel 3.2 anførte foderblandinger er gennem hele eksperimentet fremstillet hos Elias B. Muus, A/S Odense. For at undgå variationer inden for generation er alt foder til én generation fremstillet i et parti. Det er fundet praktisk umuligt at opbevare råvarerne til disse blandinger over et tidsrum af den længde, der her er på tale (7-8 år), hvorfor nye råvarepartier er anvendt for hver ny generation, og derfor må forventes nogen variation i næringsstofindhold.

På hver af de 2 foderblandinger er der mindst 1 gang pr. generation foretaget en fuldstændig foderstofanalyse samt en aminosyreanalyse af en prøve, indsamlet fra 4 sække. Foderstofanalysen er udført, som beskrevet af Jakobsen og Weidner (1973), og omfatter: Tørstof-, råprotein-, aske-, råfedt- og træstofbestemmelser. Den såkaldte kvælstoffrie kulhydratfraktion bestemmes som differens. Aminosyrebestemmelsen er foretaget efter Moore and Steins principper (Moore, Spackman and Stein, 1958), og metoden var for de 5 første generati-

Tabel 3.2 Sammensætning (%) og forventet kemisk indhold af 2 blandinger, der er anvendt gennem hele selektionsforsøget som foder til 0–6 uger gamle kyllinger.

Table 3.2 Formulation and expected chemical composition of 2 diets fed throughout the selection experiment to 0–6 week-old chickens.

Foderemne (%)	Trait (%) Ingredient	Normal 0–7. Gen.	Lav protein (Low p.) 0–3. Gen.	4–7. Gen.
Majs	<i>Maize</i>	26,50	43,50	44,70
Hvede	<i>Wheat</i>	20,70	20,70	20,70
Byg	<i>Barley</i>	10,30	10,30	10,30
Sojaskrå	<i>Soyabean meal</i>	28,50	14,20	13,00
Sildemel	<i>Fish meat</i>	2,10	2,10	2,10
Kød-benmel	<i>Meat and bone meal</i>	2,10	2,10	2,10
Animalsk fedt	<i>Animal fat</i>	4,50	2,67	2,67
Sojaolie	<i>Soyabean oil</i>	0,03	0,00	0,00
Vitaminforbl.	<i>Vitamin premix</i>	1,03	1,03	1,03
CaCO ₃	<i>CaCO₃</i>	0,49	0,55	0,55
CaHPO ₄	<i>CaHPO₄</i>	2,35	2,35	2,35
Mineralbland.	<i>Mineral mix.</i>	0,50	0,50	0,50
Methioninforbl.	<i>(10%)</i>	0,90	0,00	0,00
Kem. komponenter		Chemical components		
Råprotein	%	<i>Crude protein</i>	%	
Råfedt	%	<i>Ether extract</i>	%	
N-fri ekstraktst.		<i>NFE-residual</i>	%	
Træstof	%	<i>Fibre</i>	%	
Aske	%	<i>Ash</i>	%	
Vand	%	<i>Water</i>	%	
Lysin		<i>g/10 MJ OE (ME)</i>		
Methionin + cystin		<i>g/10 MJ OE (ME)</i>		
Threonin		<i>g/10 MJ OE (ME)</i>		
Arginin		<i>g/10 MJ OE (ME)</i>		
Omsættelig energi		<i>(ME), MJ/kg</i>		

oner, som beskrevet af Weidner og Eggum (1966); herefter skete der visse modifikationer i de foretagne hydrolyser (Mason, Bech-Andersen og Rudemo, 1980). De foretagne modifikationer har ændret så lidt på analysernes udfald, at de ikke har betydning ved vurdering af analysernes resultater fra generation til generation (Bech-Andersen, personlig meddelelse).

På grundlag af foderblandingerne kemiske indhold af råprotein, råfedt og kulhydrat er foretaget en beregning af foderblandingerne omsættelige energi, idet der anvendes en standardtabel, indeholdende information om de enkelte råvarers omsættelige energi fra henholdsvis 1 g råfedt, 1 g råprotein og 1 g kulhydrat, så der beregnes ét tal for foderblandingens indhold af omsættelig energi fra 1 g af hver af de 3 energikilder. Disse 3 tal multipliceres herefter sammen

med det ved analysen aktuelt fundne procentiske indhold af råprotein, råfedt og kulhydrat.

I de efterfølgende tabeller 3.3 og 3.4 er anført, dels resultaterne fra foderstofanalysen, dels det fundne aminosyreindhold, angivet i relation til 10 MJ omsættelig energi.

Ved at sammenholde gennemsnit af det procentiske indhold, bestemt ved kemisk analyse, med det forventede indhold (tabel 3.3) ses, at der er en god overensstemmelse, når det gælder råproteinfraktionen; derimod er både råfedt- og askefraktionen lavere, og fraktionerne af N-frie ekstraktstoffer og træstof tilsvarende højere. Disse bevægelser har imidlertid karakter af en udlignende effekt på energiindholdet, således at det fundne energiindhold meget nøje svarer til det forventede.

Tabel 3.3 Det procentiske indhold af råprotein, råfedt, N-fri ekstraktst., træstof, aske og vand, fundet ved kemisk analyse, samt det beregnede indhold af omsættelig energi (OE).

Table 3.3 Content of chemical components found through analyses, and calculated content of metabolizable energy. (ME).

Blanding	Generation	Procent (from English terminology, see Table 3.2)						MJ/kg OE
		Råprot.	Råfedt	N-fri ekstrakt.	Træstof	Aske	Vand	
I	0	21,15	6,14	50,65	3,55	6,27	12,24	12,80
	1	21,79	6,96	49,61	3,76	6,09	11,79	13,00
	2	21,63	6,29	50,94	3,34	6,07	11,73	12,96
	3*)	23,22	4,56	52,81	3,27	6,23	9,93	12,96
	4	20,62	6,67	52,70	3,37	5,55	11,10	13,19
	5	21,60	6,62	50,59	3,55	5,59	12,04	13,01
	6	22,52	5,07	52,75	3,73	5,99	9,94	13,01
	7	21,36	5,74	51,17	4,38	5,66	11,69	12,79
	$\bar{X}$	21,74	6,01	51,40	3,62	5,93	11,31	12,97
	**)	99,80	88,30	103,90	114,20	84,70	97,20	99,62
II	0	15,89	5,09	57,56	3,00	5,97	12,49	12,78
	1	17,58	6,04	55,60	3,47	5,33	11,98	13,04
	2	17,23	4,98	57,11	3,09	5,37	12,22	12,88
	3*)	18,39	4,03	58,71	2,81	6,05	10,02	13,01
	4	16,32	4,97	59,14	3,09	5,28	11,19	13,05
	5	15,89	6,94	56,81	3,20	5,45	11,71	13,25
	6	17,06	3,98	59,77	3,22	5,51	10,46	12,95
	7	16,56	4,70	58,41	3,55	4,84	11,94	12,89
	$\bar{X}$	16,87	5,09	57,89	3,18	5,48	11,50	12,98
	**)	102,20	92,70	101,30	119,50	85,90	97,30	99,10

*) I denne generation er der leveret 2 partier med 5 ugers mellemrum; de anførte tal er gennemsnit.

**) $\bar{X}$ i procent af forventet. – $\bar{X}$ as percentage of expected.

Tabel 3.4 Indhold af aminosyrer i foderblandinger til slagtekyllinger, fundet ved kemisk analyse, i relation til omsættelig energi.

Table 3.4 Content of amino acid in diets fed to slaughter chickens in relation to metabolizable energy.

Blanding <i>Diet</i>	Generation	g aminosyrer / 10 MJ (g amino acid / 10 MJ)			
		Lysin <i>Lysine</i>	Methionin + cystin <i>Methionine + cystine</i>	Arginin <i>Arginine</i>	Treonin <i>Treonine</i>
I	0	8,04	5,39	9,54	5,46
	1	8,33	5,11	—	4,74
	2	7,56	4,83	9,40	4,94
	3*)	8,40	5,43	10,43	5,77
	4	7,04	4,60	8,91	4,97
	5	7,56	4,96	9,35	5,03
	6	8,01	5,76	10,38	5,61
	7	7,37	5,36	9,26	5,31
	$\bar{X}$	7,79	5,18	9,61	5,23
	**)	100,70	91,04	101,48	96,67
II	0	4,87	3,41	6,24	3,84
	1	5,57	4,29	7,30	3,52
	2	5,34	3,84	7,03	4,00
	3*)	5,89	4,24	7,70	4,40
	4	4,92	4,19	6,47	3,84
	5	4,77	3,58	6,41	3,54
	6	5,51	4,28	7,45	4,30
	7	5,09	4,02	6,65	4,03
	$\bar{X}$	5,25	3,98	6,91	3,93
	**))	100,19	98,39	104,54	96,09
% af forventet i blanding I		67,83	69,95	72,97	72,64
<i>% of expected in diet I</i>					
*) og **) som for tabel 3.3					

Det fundne indhold af lysin og arginin er i god overensstemmelse med det forventede for begge foderblandinger som en gennemsnitsbetragtning. For treonin gælder, at der kun findes 95% af det forventede indhold; hvad angår de svovlholdige aminosyrer, ses det særlige forhold, at blanding I gennemgående har et lavere indhold end forventet, medens blanding II som gennemsnit har det indhold af methionin + cystin, der forventedes.

I nærværende sammenhæng er det primært råproteinfraktionen, dets komponenter samt disses relation til energiindholdet, der har interesse, og derfor er det som gennemsnitsbetragtning meget tilfredsstillende, at de anvendte foderblandinger i hovedtræk svarer til de opstillede forventninger. Derimod er de ret

betydelige svingninger fra generation til generation mindre tilfredsstillende; årsagen til denne variation kan være én af følgende:

- 1) Prøveudtagning og analyse
- 2) Variation i råvarernes indhold af kemiske komponenter
- 3) Variation i udvejning af de enkelte råvarer.

Det ligger uden for dette arbejde nærmere at analysere betydningen af de enkelte årsagskilder, men den førstnævnte årsag er der mulighed for at vurdere, fordi der i 6. generation blev udtaget 4 prøver af samme foder, og hver prøve blev senere analyseret for råproteinindhold. Resultaterne af dette arbejde og et F-test af inden for – versus mellem generations-variationen er vist i tabel 3.5.

Tabel 3.5 Sammenligning af variation, der hidrører fra prøveudtagning og analyse med variation mellem partier, på grundlag af % råprotein.

Table 3.5 Comparison of variations from samplings and analyses with variations between generations (different hatch) based on percentage of crude protein.

Blanding	4 analyser i 6. generation	Varians i 6. gen.	Varians mellem generationer	F-værdi
<i>Diet</i>	<i>4 samples in 6th generation</i>	<i>Variance in 6th gen.</i>	<i>Variance between generation</i>	<i>F-value</i>
I	22,99–22,80–22,62–22,46	0,0523	0,6543	12,50*)
II	17,17–17,58–17,26–16,62	0,1593	0,7570	4,75

På grundlag af dette spinkle talmateriale må det konkluderes, at den variation i råproteinindhold, der kan ses mellem generationer, overvejende skyldes en reel forskel, d.v.s. at de to sidst anførte årsagskilder bærer hovedansvaret. Ved vurdering af de opnåede vækstevner i de enkelte generationer vil det derfor være nødvendigt at tage hensyn hertil.

De svingninger i foderblandingerne indhold af aminosyrer, der var set i generationerne 0–3, gav anledning til at foretage en kemisk analyse af de 6 vigtigste råvarer, umiddelbart før blandingen af foder til 4. generation skulle foretages. Resultaterne af disse analyser viste, at byg, hvede og fiskemel var under vurderet med hensyn til råproteinindhold og dermed også aminosyrer. For at sikre, at blanding II havde et så lavt indhold af aminosyrer, at der ville være et føleligt, reduceret indhold, blev det på dette grundlag, samt hvad der i øvrigt forelå af tilsvarende beviser, besluttet, at der i denne og de efterfølgende generationer skulle foretages en reduktion af indholdet af sojaskrå, kompenseret af en tilsvarende stigning af indholdet af majs (se tabel 3.4).

Den rationerede tildeling af foder til kyllinger fra linie 68 blev igennem hele selektionsforsøget praktiseret på den måde, at den daglige foderoptagelse i li-

nie 67 blev kontrolleret; 70% af denne mængde tildeltes linie 68-kyllingerne. Den daglige foderration blev tildelt á 3 gange, og der blev draget omsorg for, at alle kyllinger kunne være ved ædetruget samtidig. Disse kyllinger blev opdrættet i de samme huse som kyllingerne fra de øvrige linier, og dermed var der også lys hele døgnet. For at modvirke eventuelle tilløb til kannibalisme eller andre utilsigtede, adspredende beskæftigelser blev lyset dæmpet kraftigt over det rum, hvor linie 68-kyllinger blev opdrættet; endvidere var der sat skillerum op, så disse kyllinger ikke kunne se kyllingerne i naborummene. Med disse foranstaltninger, der blev gennemført fra 0. generation, var der på intet tidspunkt tilløb til utilsigtet adfærd.

3.2 Selektionsmetode

Ved en alder af 38–40 dage blev alle kyllinger vejlet, og samtidig hermed foretoges en grovsortering, idet ca. det dobbelte af det endelige antal avlsdyr bibeholdtes, medens resten slagtedes. Kriteriet for afgørelse af, om kyllingerne skulle beholdes som potentielle avlsdyr, var dyrets egen vægt ved 6 ugers alder.

Ved en alder af 20 uger foretoges det endelige udvalg af avlsdyr; kriteriet for selektion var stadig 6-ugers-vægt, men forinden var dyrene kritisk blevet gennemgået med hensyn til livskraft – herunder unormale ben, blindhed etc., og individer, der på dette grundlag ikke forventedes at ville fungere tilfredsstillende som avlsdyr, blev på forhånd kasseret. Omfanget af denne selektion, der kan betragtes som en selektion for bedre livskraft, men som først og fremmest gennemførtes for at sikre en rimelig høj reproduktion, har været, som anført i tabel 3.6.

Der er en klar tendens til, at kyllinger fra linie 67 har haft den svageste konstitution, efterfulgt af linie 66 og linie 68; en næsten ligeså klar tendens ses tiden at have haft.

Sammenhæng mellem vægt ved 6 uger og procent frasorterede dyr er meget høj, og det forhold, at frasorteringsprocenten stiger med tiden, er en indikation

Tabel 3.6 Frasorterede dyr med utilstrækkelig konstitution ved en alder af 18–22 uger, angivet i procent af tilstedeværende dyr.

Table 3.6 Percentage of animals culled due to insufficient viability at 18–22 weeks.

Generation	Linie 66 Line 66		Linie 67 Line 67		Linie 68 Line 68		Gennemsnit Average	
	♂	♀	♂	♀	♂	♀	♂	♀
2	6,4	5,7	3,7	12,8	4,3	6,6	4,8	8,4
3	14,0	4,7	14,0	7,7	8,0	3,1	12,0	5,2
4	13,8	4,3	19,8	13,6	17,0	2,0	16,9	6,0
5	24,4	7,8	18,3	11,8	11,1	4,5	17,9	8,0
6	20,2	6,7	30,0	8,0	11,5	6,7	20,6	7,1
7	12,9	8,8	30,4	13,8	13,3	4,5	18,9	9,0
	15,3	6,3	17,3	9,3	10,9	4,6		

af, at den frasortering, der er pågået i dette eksperiment, ikke har været tilstrækkelig stor til at holde uændret niveau, hvad angår livskraft.

Fra hvert hold selekteres et antal avlsdyr, der i proportion af tilstedeværende kyllinger ved 6 uger er identisk fra hold til hold. Herved betragtes forskelligheder mellem hold, hvad angår 6-ugers-vægt, alene at være af ikke-genetisk natur; denne antagelse er rigtig, når der isoleret ses på holdene 1 og 2 eller holdene 3 og 4, da alle familier repræsenteres i alle hold; haneskiftet mellem 2. og 3. hold betyder imidlertid, at der indføres en forskel mellem de to sæt af hold, der er af genetisk natur. Ved stammesammensætning er det tilstræbt at opnå to sæt af ligeværdige avlshaner, hvad angår avlsværdi for vækstevne.

3.3 Selektionsintensitet og -difference

I et eksperiment af den art, der her er på tale, er det væsentligt, at selektionsstrykket er nogenlunde ens i de linier, der sammenlignes, så en eventuel forskel på reaktionen på den gennemførte selektion ikke udelukkende skyldes et forskelligt selektionstryk; f.eks. er det velkendt fra langtidssелеktionseksperimenter, at responskurven afbøjes med tiden.

Efter at de to første generationer var blevet selekteret, blev det klart, at linie 67 generelt havde en så meget dårligere reproduktionsevne, at den, hvad angår selektionsintensitet, let kunne blive 10–20% bagefter de øvrige linier. Dette forhold var årsag til, at det fra og med 2. generation besluttedes, at det selektionstryk, der kunne opnås i linie 67, skulle være niveau'et for alle linier i en given generation. Denne justering af selektionsintensiteten er gennemført under det endelige udvalg af avlsdyr ved 20 ugers alderen.

For hver linie, køn og generation er selektionsdifference (ΔS) og selektionsintensitet (i) beregnet, som følger:

$$\Delta S = \frac{\sum_{i=1}^r \sum_{j=1}^{n_i} (X_{ij} - \bar{X}_i)}{\sum_{i=1}^r n_i} \quad (3.1)$$

$$i = \frac{\sum_{i=1}^r n_i \cdot \Delta S / s_{pi}}{\sum_{i=1}^r n_i} \quad (3.2)$$

hvor r = antal hold

n_i = antal avlsdyr fra det i^{te} hold

X_{ij} = vægt af det j^{te} avlsdyr i det i^{te} hold

$\bar{X}_i$ = gennemsnit af det i^{te} hold

s_{pi} = den fænotypiske standardafvigelse af det i^{te} hold.

I tabel 3.7 er anført de således beregnede selektionsparametre.

Den akkumulerede selektionsintensitet er næsten identisk for linierne 66 og 68, medens linie 67 har en lidt lavere selektionsintensitet. Under idealtilstande svarer disse selektionsintensiteter til, at henholdsvis 17,0; 22,4 og 17,9% af tilstedeværende, tungeste hanekyllinger blev anvendt som avlshaner for linierne 66, 67 og 68 og tilsvarende 42,0; 42,6 og 51,5% for hønekyllingerne.

De aktuelle tal er væsentlig mindre, hvilket bl.a. skyldes, at fordelingskurven for vægt er »venstreskæv«, men især, at en forholdsvis kraftig sortering af præliminært selekterede fandt sted. Disse forhold er vist i fig. 3.4 og 3.5.

Tabel 3.7 Selektionsdifference (ΔS) og -intensitet (i) af de udvalgte avlsdyr.
Table 3.7 Selection differential (ΔS) and intensity (i) of the selected breeding birds.

Gene- ration	$\Delta S_{\sigma, g}$	$\Delta S_{\varphi, g}$	ΔS_g	i_{σ}	i_{φ}	i
Linie 66 Line 66						
0	315	196	256	1,90	1,36	1,63
1	232	132	182	1,57	1,01	1,29
2	234	125	180	1,55	0,96	1,26
3	204	108	156	1,47	0,93	1,20
4	201	70	136	1,31	0,61	0,96
5	203	98	151	1,24	0,76	1,00
6	197	144	171	1,36	0,90	1,13
Σ	1586	873	1232	10,40	6,53	8,47
$\bar{X}$	227	125	176	1,49	0,93	1,21
Linie 67 Line 67						
0	242	129	186	1,59	1,27	1,43
1	192	102	147	1,30	0,93	1,12
2	216	111	164	1,47	1,02	1,25
3	221	114	168	1,32	0,95	1,14
4	215	77	146	1,33	0,56	0,95
5	221	106	164	1,21	0,84	1,03
6	208	120	157	1,32	0,87	1,10
Σ	1515	759	1132	9,54	6,44	8,02
$\bar{X}$	216	108	162	1,36	0,92	1,15
Linie 68 Line 68						
0	194	104	149	1,94	1,21	1,57
1	166	102	134	1,43	1,02	1,23
2	183	104	144	1,53	1,11	1,28
3	175	94	135	1,41	0,91	1,16
4	161	70	116	1,26	0,65	0,96
5	182	102	144	1,22	0,87	1,05
6	202	90	146	1,45	0,79	1,12
Σ	1263	666	968	10,24	6,56	8,37
$\bar{X}$	180	95	138	1,46	0,94	1,20

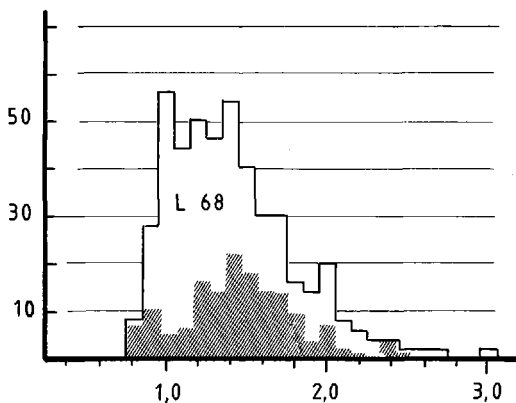
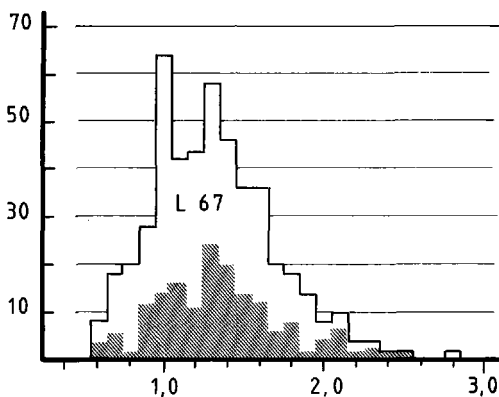
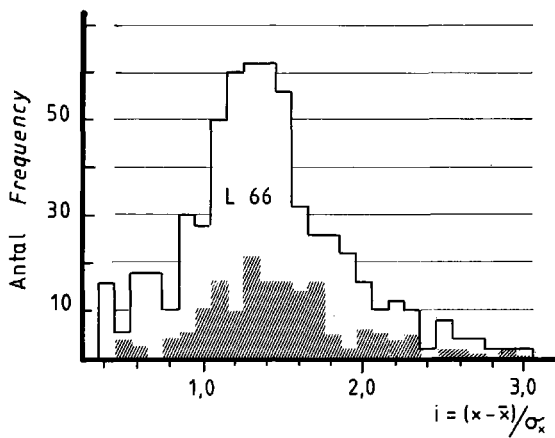


Fig. 3.4 Fordeling af præselektede haner (den kraftigt optrukne linie) og fordeling af endeligt udvalgte avlshaner (skraverede areal).

Distribution of the preselected males (the fully drawn line) and distribution of the breeding cocks finally selected (the shaded area).

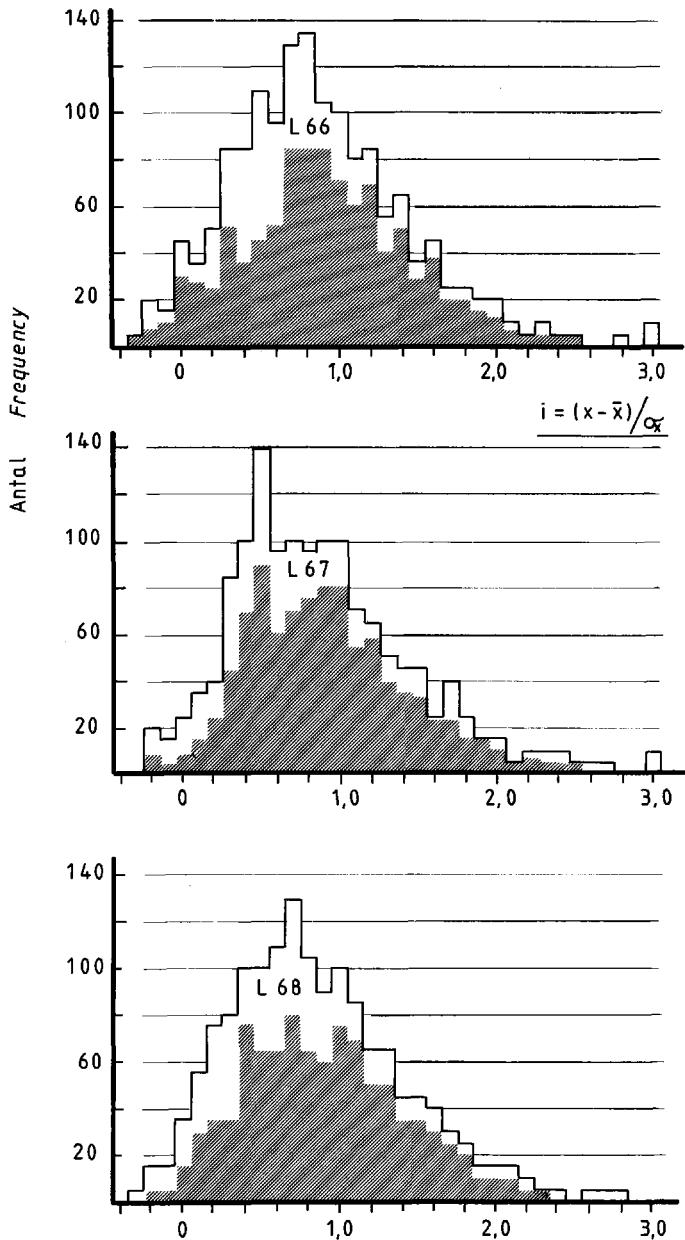


Fig. 3.5 Fordeling af præselekterede høner (den kraftigt optrukne linie) og fordeling af endeligt udvalgte avlshøner (skraverede areal).
Distribution of the preselected females (the fully drawn line) and distribution of the breeding hens finally selected (the shaded area).

De kraftigt optrukne linier i de to figurer angiver fordelingen af præliminært selekterede kyllinger gennem samtlige generationer, hvor det enkelte dyrs vægt er beregnet som $i = (\text{vægt} - \text{vægt}_{\text{hold}}) / \sigma_{\text{hold}}$.

Det skraverede område angiver fordelingen af de anvendte avlsdyr.

Ved at sammenholde fordelingsarealet for præliminært selekterede dyr med de endelig selekterede ses for høner, at ca. 25% af de præliminært selekterede høner er kasseret som avlsdyr; endvidere ses, at dette forhold er nogenlunde homogent over den aktuelle vægtskala. Til venstre i de skraverede områder er proportionen af »kasserede« tilsyneladende højere, dette er imidlertid blot et udtryk for, at der i enkelte hold er medtaget avlsdyr med for lav en vægt.

De tilsvarende relationer for haner (fig. 3.4) viser, at kassationen af præliminært selekterede er langt højere – omkring 60–70%. Som for høner ses det, at proportionen af kasserede er homogent fordelt over hele vægtskalaen.

Der er en tendens til lidt lavere kassationsprocent i linie 67, dette er dog kun et artefact, der skyldes det forhold, at der i denne linie er anvendt maksimal selektion, medens der i de to øvrige linier med en noget bedre reproduktionskapacitet i en vis udstrækning er anvendt et tilfældigt udvalg af avlsdyr blandt de præliminært selekterede for at reducere selektionsintensiteten til det niveau, som det var muligt at opnå i linie 67.

Såfremt det præliminært selekterede antal dyr var identisk med det aktuelt anvendte antal avlsdyr, d.v.s., hvis kassationen var *nul*, ville selektionsintensiteten naturligt blive højere. I tabel 3.8 er anført den således hypotetiske selektionsintensitet, og den aktuelle er anført som procent heraf.

Ved vurdering af effekten af selektion skal man være opmærksom på, at der kan være en sammenhæng mellem det enkelte avlsdyrs avlsværdi for vægt og dets reproduktionskapacitet; for at klarlægge dette forhold er der gennemført en analyse på grundlag af følgende, statistiske model:

$$NA_{ij} = \mu + G_i + b \cdot \frac{X_{ij} - \bar{X}_i}{s_{x(i)}} + e_{ij} \quad (3.3)$$

hvor NA_{ij} = Antal afkom af den j^{te} forældre
i den i^{te} generation

G_i = Fixed effekt af den i^{te} generation

b = Regressionen af antal afkom på normeret 6-ugers-vægt

$\frac{X_{ij} - \bar{X}_i}{s_{x(i)}}$ = Normeret 6-ugers-vægt af den j^{te} forældre i den i^{te} generation

e_{ij} = Tilfældig ikke-forklaret rest

Tabel 3.8 Hypotetisk selektionsintensitet (i_h) og aktuel selektionsintensitet (i_{ak}) som procent heraf.

Table 3.8 Hypothetical selection intensity (i_h) and actual selection intensity (i_{ak}) as proportion of i_h .

Linie	i_h	σ^2	i_{ak}/i_h	i_h	σ^2	i_{ak}/i_h	i_h	$\sigma^2 + \sigma^2$	i_{ak}/i_h
66	2,09	71%		1,18	79%		1,64	74%	
67	1,73	79%		1,16	79%		1,45	79%	
68	1,81	81%		1,17	81%		1,49	81%	

Resultaterne af analysen er anført i tabel 3.9.

Alle regressioner er negative, hvilket må tages som et udtryk for, at høj vækstintensitet reducerer reproduktionskapaciteten. Regressionen er statistisk signifikant for høner fra linierne 66 og 67, medens høner fra linie 68 er mindre berørt. Det forhold, at høner fra linierne 66 og 67 stort set reagerer identisk til trods for, at de selekterede høner i linie 66 i gennemsnit vejede 175 g mindre, antyder, at det ikke så meget er den aktuelle daglige tilvækst, der er afgørende for en bedre eller dårligere reproduktion, men snarere den medfølgende foderoptagelseskapacitet.

Tabel 3.9 Antal afkom pr. forældre og regression af antal afkom på forældres normerede vægt ved 6 uger.

Table 3.9 Numbers of offspring per parents, and regression (b) of offspring on the parents' normalized weight at the age of 6 weeks.

Linie	Avlshaner		Avlshøner	
	Afkom/Far	b	Afkom/Mor	b
	Sires		Dams	
Line	Offspr./Sire	b	Offspr./Dam	b
66	48,5	-0,49	9,5	-1,36*)
67	38,9	-2,08	7,7	-1,25*)
68	42,6	-3,02	10,3	-0,29

*) $P < 0,05$

For haner er der kun en meget begrænset effekt af vægt; dette stemmer ikke overens med den almindelige opfattelse, hvor det hævdes, at man ved anvendelse af kunstig sædovertføring får de tungeste haner bedre repræsenteret, sammenlignet med naturlig parring. Denne tilsyneladende uoverensstemmelse kan skyldes, at man i almindelige rugeægsbesætninger har mange haner i samme rum, og at virkningen i højere grad består i, at de tungeste haner bliver holdt nede af de lidt lettere haner, så deres parringsfrekvens er mindre; et forhold, som ikke har betydning inden for stamavl, hvor én hane sættes sammen med 8-12 høner og derfor ikke får konkurrence fra andre haner.

Som en konsekvens af selektionsintensitetens indflydelse på reproduktions-

evnen er der derfor til brug for en vurdering af den opnåede effekt af selektion beregnet et nyt sæt selektionsintensiteter, vægtet med antallet af det enkelte avlsdyrs afkom. Beregningsformlen er følgende:

$$i = \frac{\sum_{i=1}^r \sum_{j=1}^{n_i} a_{ij} (X_{ij} - \bar{X}_i) / s_{pi}}{\sum_{i=1}^r \sum_{j=1}^{n_i} a_{ij}} \quad (3.4)$$

og $\Delta S = i \cdot s_p$

hvor a_{ij} = antal afkom ved 6 uger af det i^{te} avlsdyr i det j^{te} hold;

Øvrig betydning af symboler som for ligningerne (3.1) og (3.2); de således vægtede selektionsintensiteter er anført i tabel 3.10.

Tabel 3.10 Selektionsintensitet (i) og selektionsdifference (ΔS), vægtet med antal afkom.
Table 3.10 Selection intensity (i) and selection differential (ΔS) weighed with numbers of offspring.

Generation	Linie 66				Linie 67				Linie 68			
	$\sigma\sigma$		$\varphi\varphi$		$\sigma\sigma$		$\varphi\varphi$		$\sigma\sigma$		$\varphi\varphi$	
	i	ΔS	i	ΔS	i	ΔS	i	ΔS	i	ΔS	i	ΔS
0	1,83	325	1,36	208	1,62	261	1,27	138	1,81	197	1,18	110
1	1,59	248	0,97	128	1,25	203	0,83	102	1,48	183	1,01	107
2	1,59	255	0,90	128	1,47	230	0,99	127	1,51	191	1,06	110
3	1,35	206	0,78	96	1,35	243	0,80	101	1,35	179	0,84	100
4	1,33	203	0,50	58	1,13	204	0,46	61	1,31	166	0,63	69
5	1,27	208	0,77	100	1,26	237	0,84	107	1,20	158	0,82	96
6	1,39	200	0,75	82	1,32	209	0,82	119	1,42	199	0,70	79
Σ	10,35	1645	6,03	800	9,40	1587	6,01	755	10,08	1273	6,24	671
$\bar{i}$	1,17				1,10				1,17			
ΔS	175 g				167 g				139 g			

3.4 Tilvækstevne og genetisk fremgang

Det direkte resultat af selektion for vægt ved 38–40 dage er anført i tabel 3.11.

For at ligestille generationer er der for generationer 0–3 foretaget korrektion til 40-dages-vægt i henhold til følgende ligning:

$$V_{40} = V_{38} + \frac{(V_{38} - 40) \cdot 1,3}{38} \cdot (40 - 38) \quad (3.5)$$

hvor V_{38} = observeret vægt ved 38 dage.

Tabel 3.11 Vægt ved 40 dages alder af linierne, opdrættet i eget fodermiljø.
Table 3.11 Chicken weight at age 40 days each line with its own feeding regime.

Line <i>Line</i>	Gene- ra- tion	♂♂			♀♀			♀♀/♂♂
		N	$\bar{X}$	CV	N	$\bar{X}$	CV	
66	0	600	965	18,4	840	980	15,6	1,02
	1	790	1457	10,7	759	1286	10,3	0,88
	2	656	1397	11,5	598	1230	11,4	0,88
	3	719	1486	10,3	690	1287	9,6	0,87
	4	442	1374	11,1	369	1275	9,1	0,93
	5	557	1411	11,6	504	1290	10,1	0,91
	6	442	1528	9,4	424	1332	8,2	0,87
	7	470	1434	10,7	472	1263	9,5	0,88
$\Sigma \times_{/n}$				11,7			10,5	
67	0	640	1532	10,5	805	1306	8,3	0,85
	1	772	1693	9,6	718	1443	8,5	0,85
	2	583	1702	9,2	533	1425	9,2	0,84
	3	548	1668	10,8	516	1409	9,0	0,84
	4	303	1684	10,7	278	1461	9,1	0,87
	5	399	1676	11,2	405	1497	8,5	0,89
	6	601	1818	8,7	602	1527	9,1	0,84
	7	180	1696	10,7	201	1477	9,5	0,87
$\Sigma \times_{/n}$				10,1			8,9	
68	0	656	1134	9,5	831	983	9,5	0,87
	1	792	1165	10,6	690	1012	10,5	0,87
	2	613	1163	10,9	627	1056	9,8	0,91
	3	622	1252	10,6	571	1080	11,0	0,86
	4	415	1293	9,8	350	1123	9,7	0,87
	5	470	1317	10,0	485	1157	10,1	0,88
	6	398	1310	10,7	344	1146	9,8	0,87
	7	266	1286	9,4	228	1121	10,7	0,87
$\Sigma \times_{/n}$				10,2			10,1	

Baggrunden for denne korrektion er, at den daglige tilvækst omkring 40 dage er 30% større end den gennemsnitlige daglige tilvækst fra klækning til 40 dage (se KAPITEL II).

3.4.1 Fordeling af vægt

Fordelingen af den normerede 6-ugers-vægt er vist i fig. 3.6 og 3.7; der er en markant skævhed med en lang venstre hale.

Test for normalitet kan gennemføres på flere måder, da der her visuelt er de-

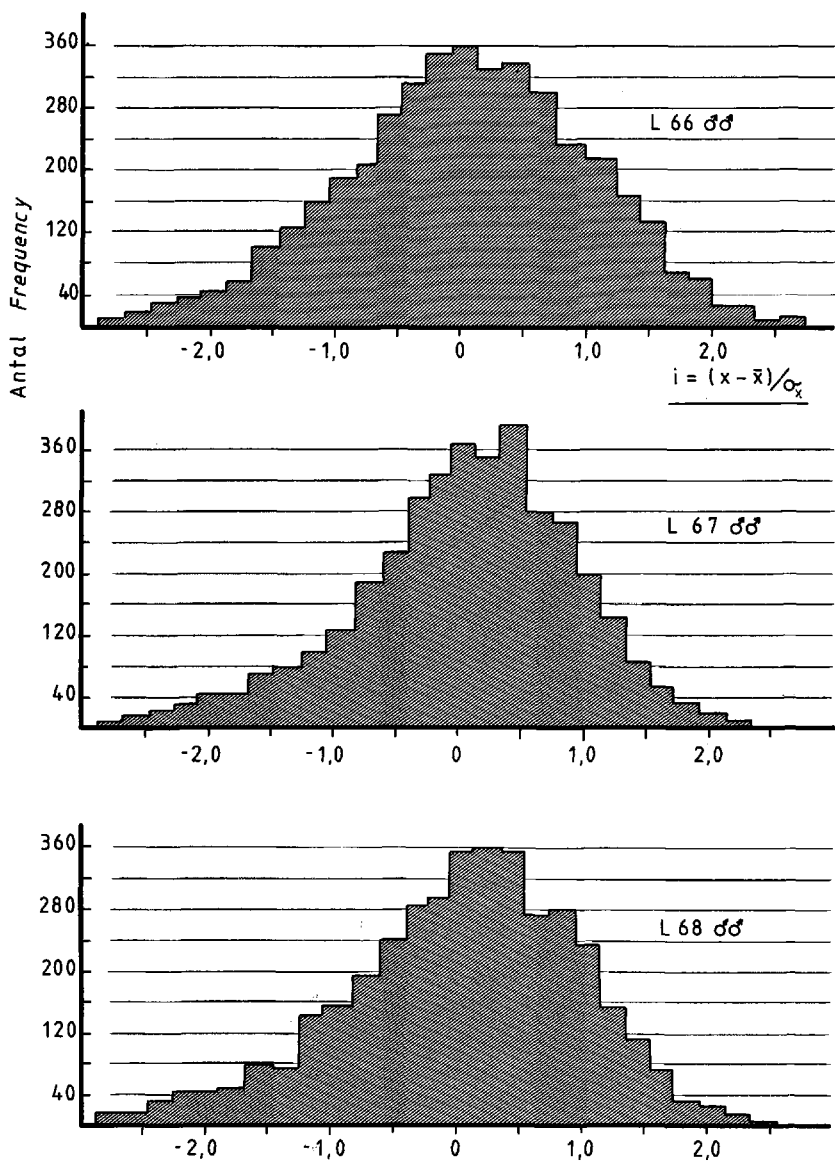


Fig. 3.6 Fordeling af normeret 6 ugers vægt for haneekyllinger pooled over 8 generationer.
Distribution of 6-week weight transformed to a unit distribution for male chickens pooled over 8 generations.

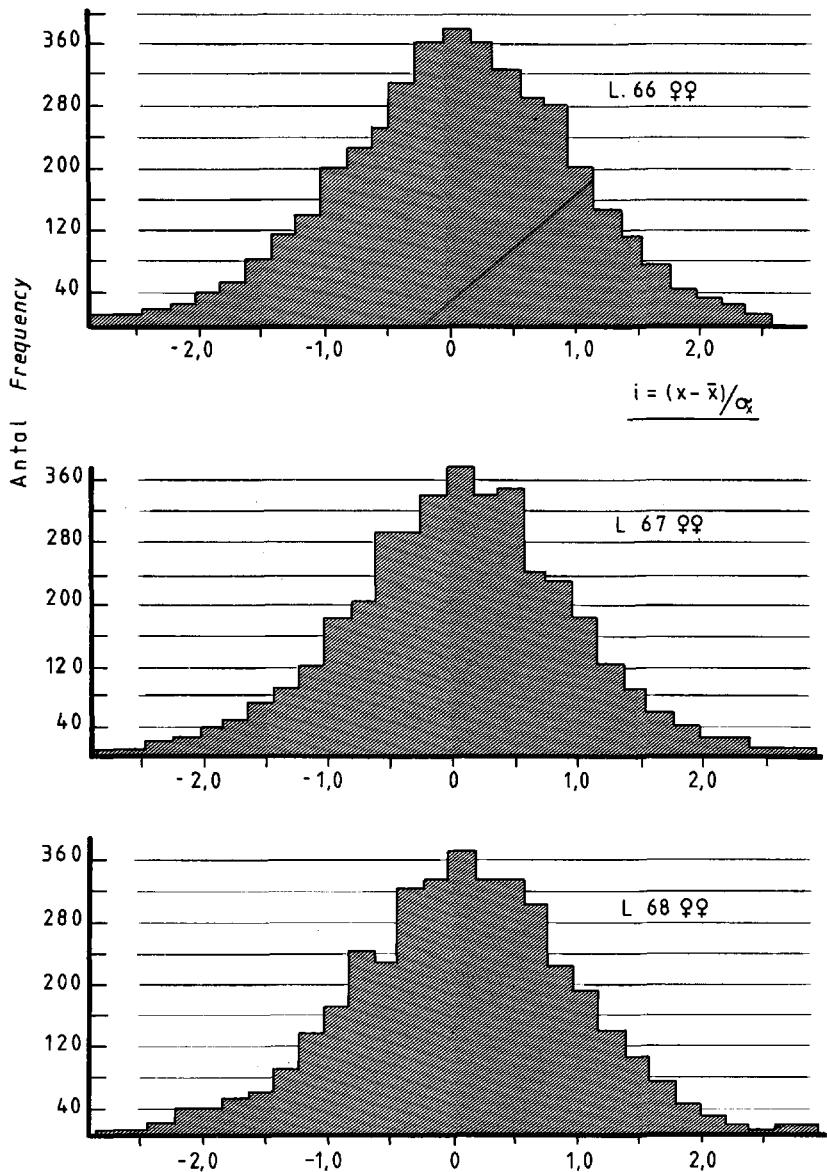


Fig. 3.7 Fordeling af normeret 6 ugers vægt for hønekyllinger pooled over 8 generationer.
Distribution of 6-week weight transformed to a unit distribution for female chickens pooled over 8 generations.

monstreret en skævhed, er det nærliggende at anvende 3. og 4. moment, der også betegnes som skævhed og kurtosis. Resultaterne af denne analyse er anført i tabel 3.12.

Eksponentiel transformering ($vægt_T = vægt_{obs}^x$) viste, at skævheden kan bringes på nul ved at indsætte eksponenten $x = 2,3$.

Tabel 3.12 Skævheds-koefficient og kurtosis af de i figurerne 3.6 og 3.7 viste fordelinger.
Table 3.12 Coefficients of skewness and kurtosis of the distributions presented in figures 3.6 and 3.7.

Linie Line	Køn Sex	Antal Numbers	Skævhed Skewness	Kurtosis Kurtosis
66	♂	4200	-0,39	0,64
	♀	4177	-0,49	1,93
67	♂	3844	-1,09	2,99
	♀	3856	-0,58	2,40
68	♂	3964	-0,66	1,01
	♀	3893	-0,62	1,75

3.4.2 Variationsforhold

Variationen inden for køn og generation er i tabel 3.11 anført som variationskoefficienten (CV). For linie 67, der betragtes som »normalholdet«, er $CV♂♂ = 10,1\%$ og $CV♀♀ = 8,9\%$ i gennemsnit. Denne kønsforskel er almindelig at observere og kan også ses i linie 66 – blot på et lidt højere niveau: $11,7\%$ og $10,5\%$ for henholdsvis haner og høner. Den højere variation skyldes det fænomen, at linie 66 har haft dårligere vækstbetingelser som følge af det suboptimale indhold af protein; denne påstand gælder imidlertid kun for de 4 første generationer, hvorefter variationskoefficienten for linier 66 og 67 så nogenlunde følger hinanden, et forhold, der kan fortolkes på den måde, at der i linie 66 over en periode på 4 generationer er sket en genetisk tilpasning til foder med et oprindeligt suboptimalt indhold af protein.

For linie 68 gælder, at CV i gennemsnit er henholdsvis $10,2\%$ og $10,1\%$ for haner og høner; ved sammenligning med linie 67 vil det ses, at hanekyllingerne variationsmæssigt er identisk for de to linier, medens hønekyllingerne i linie 68 har en tydelig forøgelse, og i det mindste to forklaringer er mulige:

- 1) Det forhold, at foderet kun er til rådighed i et begrænset tidsrum og i en mængde af 70% af, hvad dyrene forventes at æde, resulterer i, at de individuelle hanekyllinger strikt æder 70% af, hvad de ville have gjort, såfremt de havde fri adgang til foder, medens der blandt hønekyllinger sker en større spredning.
- 2) Rationeret fodertildeling er en suboptimal faktor og vil som sådan give større relativ variation. Hanekyllinger med et højt vækspotentiale når ikke

at få dette udnyttet i samme takt som deres helbrødre med et lidt mindre vækstpotentiale, fordi de æder ved samme fodertrug og formentlig med samme hastighed.

Disse forklaringer vil blive diskuteret i sammenhæng med øvrige observationer i afsnit 4.4.

Undersøger man den relative variation »CV« generation for generation i sammenhæng med den opnåede vægt, ses for haner i linie 67 det klassiske billede, at der er et omvendt proportionalt forhold mellem gennemsnitsvægt og variationskoefficient (tabel 3.11). Generation 6 er i mange henseender optimal, medens såvel den forudgående som den efterfølgende generation viser tegn på suboptimale miljøelementer, der har trykket gennemsnittet. Antages en gennemsnitlig forøgelse af det genetiske vækstpotentiale på 30 g pr. generation, er der for haner i linie 67 en korrelation på -0,80 mellem CV og den af genetisk fremgang rensede middelvægt, og regression af CV på denne vægt er:

$$\begin{aligned} CV &= 10,1 - 0,011 (V\text{ægt} - 1578) \\ s_b &= 0,0034 \quad ; \end{aligned}$$

hvilket betyder, at når middelvægten blandt hanekyllinger reduceres med 100 g som følge af miljøforhold, der afviger fra det optimale, så forøges CV med 1,1. Der er ikke nogen tilsvarende signifikant relation for hønekyllinger, hovedsagelig fordi variationen i CV er lille, og derfor afspejler spørgsmålet om optimalt/suboptimalt sig gennem variationer i vægtforholdet mellem de to køn. Det kan aflæses i højre kolonne i tabel 3.11, at under optimale forhold vejer hønekyllinger 84% af hanekyllingers vægt. Dette forhold øges under suboptimale forhold, som de kommer til udtryk i generationerne 5 og 7, og dette manifesterer sig yderligere ved at betragte linie 66, hvor der bevidst er skabt suboptimale forhold. Linie 68 indtager en særstilling i denne sammenhæng, idet den rationerede fodertildeling har øget vægtforhold ♀♀/♂♂, sammenlignet med linie 67, men der er ikke sket en tilsvarende forøgelse af hanekyllingernes variationskoefficient.

Med andre ord er hanekyllinger langt mere følsomme over for forhold i miljøet (herunder foderforhold), der afviger fra det optimale, og det kan måles på to måder, dels med en stigende variationskoefficient for haner, dels ved, at vægtforholdet »høner/haner« stiger med forringede forhold, der hindrer, at den genetiske kapacitet for vækstevne fuldt ud udnyttes, dog må det bemærkes, at foderrationering kun manifesterer sig på sidstnævnte måde.

3.4.3 Neutralisering af systematiske miljøeffekter

Begrundelsen for at udelade kontrollinien som vurderingsgrundlag for eliminering af effekten af varierende miljøpåvirkninger er diskuteret i indledningen til

dette kapitel; det er imidlertid væsentligt at neutralisere åbenlyse miljøeffekter. To metoder til dette formål er i dette selektionsforsøg mulig:

- 1) Effekt af varierende indhold fra generation til generation af aminosyrer i det anvendte specialfoder.
- 2) Den variation blandt de øvrige linier på Avlsstationen, der ikke skyldes selektion for tilvækst og ej heller foderbetinget variation.

ad 1) Som det fremgår af tabel 3.4, er der en væsentlig variation mellem generationer, hvad angår foderets indhold af aminosyrer. Betydningen heraf fremgår af fig. 4.7, i hvilken vægt ved 35 dage er fremstillet som et 2. grads polynomium af råprotein i foder, målt i 6. generation for hvert køn for linierne 66 og 67 (detaljerede oplysninger om dette forsøg, se afsnit 4.1.3.3). På grundlag af ligningen bag fig. 4.7 er effekten af varierende indhold af råprotein på vægt beregnet for hver generation, linie og køn som den procent, vægten ville være større eller mindre end ved et råproteinindhold på 168 g råprotein pr. 10 MJ for linierne 67 og 68 og 130 g råprotein pr. 10 MJ for linie 66. For linierne 67 og 68 er for alle generationer anvendt de fra linie 67 fundne regressionskoefficienter, og der er taget gennemsnit af køn. Linie 66 er korrigeret i henhold til følgende:

$$K_n = \left[\frac{\sum_{j=1}^n i_j}{\sum_{j=1}^6 i_j} \right]_{\text{Linie 66}} \cdot K_{66} + \left[1 - \frac{\sum_{j=1}^n i_j}{\sum_{j=1}^6 i_j} \right]_{\text{Linie 67}} \cdot K_{67} \quad (3.7)$$

hvor i_j = selektionsintensitet i j^{te} generation

K_{66} = korrektion (%) svarende til reaktion af linie 66

K_{67} = korrektion (%) svarende til reaktion af linie 67

Med andre ord tages her hensyn til en forventning om, at linie 66 i de første generationer reagerede med samme styrke for lavt proteinindhold som linie 67; og det antages endvidere, at den genetiske tilpasning til foder med lavt indhold af aminosyrer er sket lineært med selektionsintensiteten. Resultaterne af denne korrektion er præsenteret i tabel 3.14.

ad 2) De i KAPITEL II viste fig. 2.11 og 2.12 vedrørende avlsarbejdets effekt på Strynø i årene 1972/1980 er anvendt til estimering af de enkelte generationers særlige indflydelse på vægt ved 42 dage. Den for hver linie anførte regressionslinie angiver den beregnede fremgang som følge af selektionen, og de afvigelser, der herefter kan erkendes for de enkelte generationer, skyldes, dels tilfældigheder, dels at miljøforholdene – herunder foder – varierede. En oversigt over størrelsesordenen af de enkelte liniers afvigelser fra den beregnede regressionslinie er anført i tabel 3.13.

Tabel 3.13 Afvigelse fra regressionen af 42-dages-vægt på akkumuleret selektionsdifference blandt ordinære udviklingslinier på Avlsstationen Strynø.

Table 3.13 Environmentally caused deviations among the developing lines calculated as deviations from regression of 42-day weight on accumulated selection differential.

Generation	Line Line					
	82	85	64	70	72	61
0			-75			-117
1			+60			+48
2	+53	+45	+72	+20	+25	-4
3	-5	-6	+37	+5	+17	+10
4	+15	+12	+15	-40	-34	
5	-60	-97	-30	-25	-50	
6	-15	+14	+10	+50	+30	
7	-34	-25	-72	-15	-45	
»8«	+85	+92	+32		+90	
»9«	-77	-70			-35	

Der ses at være klart negative effekter i 0.; 5. og 7. generation, medens der tilsvarende er klart positive effekter i 1. og 2. generation. Massive positive eller negative afvigelser, fordelt på op til 6 forskellige linier, må antages at være et reelt udtryk for, at miljøforholdene enten har været bedre eller dårligere end normalt, da hver linie er repræsenteret med 1.000 til 3.000 kyllinger pr. generation, fordelt på 6 hold, spredt over ca. 2 måneder. De afvigelser fra det beregnede, der kan skyldes varierende indhold af protein og energi i foderet, bør elimineres, før der foretages korrektion, fordi en sådan korrektion allerede er foretaget på grundlag af de aktuelt fundne variationer i de anvendte specialblandinger. Den generationseffekt, der skyldes andre forhold end foderets målte protein- og energiindhold, findes af følgende statistiske model:

$$\Delta y_{ij} = \mu + G_i + b_1 x_i + b_2 z_i + e_{ij} \quad (3.8)$$

hvor Δy = afvigelsen fra den beregnede vægt i henhold til tabel 3.13

G_i = generationseffekt

x_i = proteinindhold i foder til den i^{te} generation

z_i = energi i foder til den i^{te} generation

Analyse af model 3.8 viste, at der ikke var nogen statistisk signifikant indflydelse af foderets energi- og proteinindhold på de variationer i afvigelser, der er anført i tabel 3.13, medens der var en meget betydelig generationseffekt i øvrigt. I 1974 blev der som følge af den såkaldte proteinkrise anvendt et foder med stærkt reduceret indhold af protein, der også havde til følge, at de 2 linier 64 og 61 havde en reduceret vægt ved 42 dages alder (se tabel 3.13); disse to observationer havde imidlertid ikke styrke nok til at slå igennem i hele materialet; af

denne årsag er valgt at udelade korrektion i 0. generation, men i øvrigt anvendes de i tabel 3.13 anførte afvigelser som korrektion for ikke-foderbetingede variationsårsager, idet der linievis inden for generation er beregnet en procentvis afvigelse fra forventet vægt.

Det her anførte grundlag for korrektion, og som skal erstatte en egentlig kontrollinie, er summeret i tabel 3.14, idet hvert af de to korrektionsgrundlag er anført som en procentvis ændring af vægten ved 40 dages alder.

Tabel 3.14 Korrektion af 40 dage alder i henhold til ligning 3.7 (FK) og tabel 3.13 (MK)
Table 3.14 Correction of 40-day weight with reference to equation 3.7 (FK) and Table 3.13 (MK).

Linie Line	Gene- ration	FK, ♂ %	FK, ♀ %	MK %	Korrigeret Corrected weight		
					♂♂	♀♀	♂♂ + ♀♀
66	0	16,14	10,48		1121	1083	1102
	1	-8,81	-5,92	-3,58	1276	1164	1220
	2	-7,07	-4,44	-2,24	1267	1148	1208
	3	-15,49	-9,45	-0,61	1278	1158	1218
	4	9,43	4,10	0,04	1504	1328	1416
	5	20,26	9,00	3,29	1743	1449	1596
	6	-2,40	-1,03	-1,06	1475	1304	1390
	7	2,17	0,84	2,36	1499	1303	1401
67	0	1,42	0,64		1554	1314	1434
	1	0,25	0,08	-3,58	1637	1392	1514
	2	0,64	0,25	-2,24	1674	1397	1536
	3	-3,44	-1,10	-0,61	1600	1385	1493
	4	7,14	4,49	0,04	1805	1527	1666
	5	0,93	0,48	3,29	1747	1553	1650
	6	-2,09	-1,02	-1,06	1761	1495	1628
	7	0,25	0,08	2,36	1740	1513	1627
68	0	1,42	0,64		1150	989	1070
	1	0,25	0,08	-3,58	1126	977	1052
	2	0,64	0,25	-2,24	1144	1035	1090
	3	-3,44	-1,10	-0,61	1201	1062	1132
	4	7,14	4,49	0,04	1386	1174	1280
	5	0,93	0,48	3,29	1373	1200	1286
	6	-2,09	-1,02	-1,06	1268	1122	1195
	7	0,25	0,08	2,36	1320	1148	1234

3.4.4 Genetisk fremgang

Vurderingen af den opnåede genetiske fremgang foretages ved at betragte regressionen af det i tabel 3.14 anførte korrigerede generationsgennemsnit på den akkumulerede selektionsdifference. Denne regression er udtryk for den genetiske fremgang i liniens eget miljø, der er opnået gennem selektion i netop dette fodermiljø, og er et standardiseret mål, der ofte betegnes *realiseret heritabilitet*.

Denne betegnelse blev anvendt af Falconer (1954) til at forklare den genetisk betingede ændring i et selektionseksperiment, hvor han selekterede i begge retninger og derfor havde behov for at eliminere den uundgåelige skalaeffekt. På tilsvarende måde kan den i eksperimentet indlagte skalaforskel på linierne 67 og 68 elimineres (som følge af en rationeret fodertildeling).

Betegnelsen »realiseret heritabilitet« er rimelig at anvende, når avlsværdien er beregnet alene på grundlag af individets fænotype, idet man let afligningen:

$$b_{\text{afkom/forældre}} = h^2$$

indser, at regressionen af generationsgennemsnit på akkumuleret selektions-difference i virkeligheden er et »pooled« estimat af ovennævnte ligning.

I fig. 3.8 er anført de enkelte generationers placering i relation til den akkumulerede selektionsdifference, endvidere er den estimerede regressionsligning for hver linie indlagt. Af særlig interesse er regressionskoefficienten, der er beregnet at være 0,30; 0,18 og 0,23 for henholdsvis linier 66, 67 og 68. Den anvendte selektionsdifference er den i tabel 3.10 anførte.

Fejlen på regressionskoefficienten kan, som påpeget af Hill (1972 a), ikke beregnes på sædvanlig måde, fordi fejlen på de enkelte generationsgennemsnit ikke er uafhængig, idet den genetiske driftvarians akkumuleres således, at driftvariansen i den n^{te} generation er en funktion af antal generationer, effektiv populationstørrelse og genetisk variation (Hill, 1972 c).

Som kontrolpopulation til korrektion for miljøbetingede afvigelser er der anvendt 4–6 ubeslægtede linier, der i hver generation var repræsenteret med 10–15.000 kyllinger; der er ikke mulighed for nøjagtigt at beregne det effektive populationstal for hver af disse linier, men alle har mindst det samme antal avlsdyr som eksperimentelinierne, hvorfor det effektive populationstal antages at være:

$$m \cdot N_{e(v)}$$

hvor m = antal linier

$N_{e(v)}$ = det effektive populationstal i generationen.

Den gennemsnitlige driftvarians (s_d^2) samt »sample variance« (s_e^2), der er knyttet til de korrigerede gennemsnit, beregnes på grundlag af følgende:

$$s_d^2 = h^2(1-h^2) \cdot s_p^2/N_{e(v)} + (h^2)^2 \cdot s_p^2/3,2N_{e(v)} \quad (3.9a)$$

$$s_e^2 = (1-h^2) \cdot s_p^2/M_s + h^2 \cdot s_p^2/M_k \quad (3.9b)$$

Bidrag fra: selekterede linier kontrol

hvor s_p^2 = fænotypisk varians

$N_{e(v)}$ = effektiv populationsstørrelse
(se afsnit 3.5.3 for beregning)

M_s = antal kyllinger i selekterede linier

M_k = antal kyllinger i kontrollinier.

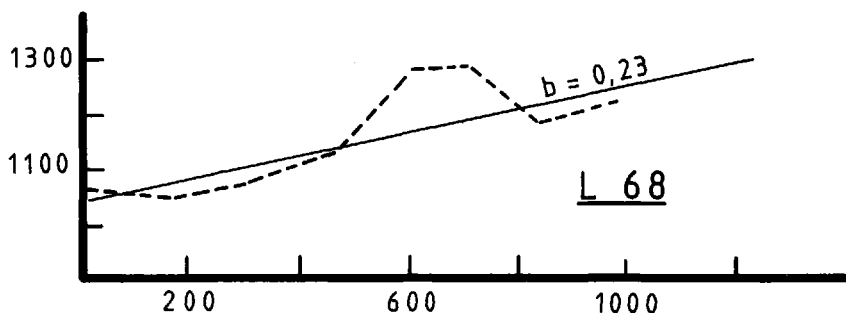
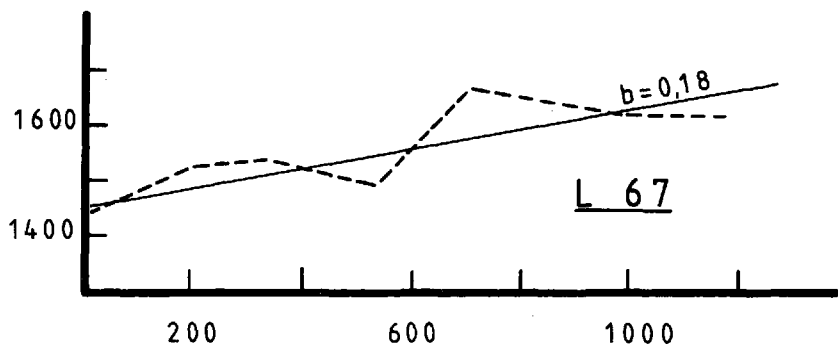
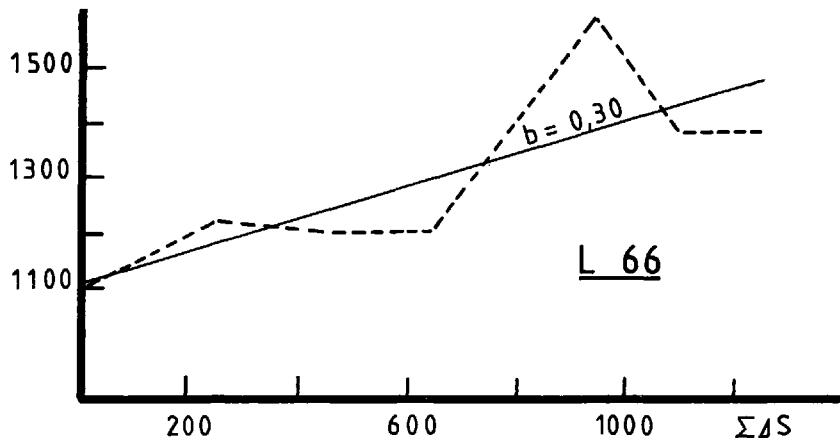


Fig. 3.8 Generationsmiddeltal, korregeret for indflydelse af variation af foderets proteinindhold og andre miljøbetingede variationer; de enkelte gennemsnit er forbundet med en punkteret linie.

Regression af dette middeltal som afhængig af akkumuleret selektionsdifference er anført med en fuldt optrukken linie.

Generation mean corrected for influence of variation of protein content of diet and other environmentally caused variations; the individual generation means are connected by the broken line.

Regression of generation mean as dependent on the accumulated selection difference is given as a straight line.

Faktoren »3,2« for $N_{e(v)}$ under kontrollinien er det harmoniske middel af antal udviklingslinier, og M_s og M_k er harmonisk middel af antal vejede kyllinger ved 6-ugers-alderen. Den fænotypiske varians s_p^2 er beregnet fra tabel 3.11 som simpelt gennemsnit af generationer.

På det her nævnte grundlag er for hver linie fundet de i tabel 3.15 viste estimater for driftvariens og »sample variance«, da det antages, at $h^2 = b$ og $M_k = 10.000$.

Tabel 3.15 Harmonisk middel af kyllinger (M_s), fænotypisk varians (s_p^2) og estimater for driftvariens (s_d^2) og sample varians (s_e^2).

Table 3.15 Harmonic means (M_s) of chickens, phenotypic variance (s_p^2), and estimates of drift variance (s_d^2), and sample variance (s_e^2).

Linie Line	M_s	s_p^2	s_d^2	s_e^2
66	1100	21578	89	14
67	829	22706	74	23
68	938	14000	58	12

De variationer, der kan ses fra generation til generation rundt om regressionslinien for de enkelte linier i fig. 3.8, overstiger, hvad der kan forklares gennem genetisk driftvariens og »sample variance«. Linie 66, der viser de største afvigelser, har en gennemsnitlig, numerisk afvigelse på 100 g fra generation til generation, når der tages hensyn til regressionsliniens stigning. Sættes denne størrelse i sammenhæng med den del af middelfejlen på generationsgennemsnit, der alene skyldes genetisk driftvariens og »sampling«

$$s_{d+e} = \sqrt{89 + 14} \sim 10 \text{ g,}$$

indses det umiddelbart, at de foretagne korrektioner for variation i miljøet ikke har elimineret disse fuldstændigt. Den tilsvarende relation for de øvrige to linier er ikke så markant.

Det kan fastslås, at der har været en betydelig vekselvirkning mellem udviklingslinierne og eksperimentlinierne i deres reaktion på det varierende miljø, og denne vekselvirkning træder stærkest frem i den eksperimentlinie, der har været opdrættet på foderet med det lave proteinindhold. På dette grundlag er det fundet relevant at anvende den af Hill (1972 b) anførte formel:

$$s_b^2 = s_{b^*}^2 + \frac{2(3 \cdot n + 4)}{5 \Delta \bar{S}^2 (n + 1)(n + 2)} \cdot s_d^2 \quad (3.10)$$

hvor $s_{b^*}^2$ = variansskøn på regressionskoefficienten fra en ordinær regressionsanalyse

n = sidste generation i selektionsforsøget

$\Delta \bar{S}$ = gennemsnitlig selektionsdifference

s_d^2 = genetisk driftvariens (3.9 a)

Såvel sampling som de ikke-korrigerede miljøbetingede afvigelser er indeholdt i s_b^2 , og det ses, at for $h^2 = 0$ gælder, at $s_b^2 = s_b^{2*}$, hvilket forekommer rimeligt, da den genetiske driftvarians i så fald også er nul. I tabel 3.16 er anført resultaterne fra beregning af fejlvariansen på de i fig. 3.8 viste regressionslinier.

Tabel 3.16 Oversigt over fejlvarians på regression af vægt på akkumuleret selektionsdifference (lign. 3.10) samt t-test for regressionens afvigelse fra nul.

Table 3.16 Survey of standard error on regression of weight at 40 days of age on accumulated selection differential (equation 3.10) and t-test of regression.

Linie Line	s_b^2	2. led	s_b^2	t-værdi t-value	P
66	0,00888	0,00040	0,00928	3,15	< 0,025
67	0,00219	0,00037	0,00256	3,50	< 0,025
68	0,00436	0,00042	0,00478	3,28	< 0,025

Betydningen af den genetiske driftvarians ses at ligge mellem 5% og 15% af den totale variation og udgør derfor ikke nogen væsentlig part af fejlvariansen af de estimerede regressionslinier. Alle linier viser en statistisk signifikant stigning af regressionslinien, svarende til, at det fundne skøn for realiseret heritabilitet er signifikant.

3.5 Indavl og genetisk drift

I et avlsekspertiment af den her omhandlede art er det væsentligt at kende såvel indavlsgraden som den genetiske drift for at vurdere henholdsvis en eventuel indflydelse af indavlsdepression og fejl på den opnåede genetisk betingede fremgang. Nordskog et al. (1974) fandt på voksne høner af æglægningstype en reduktion af kropvægten på 20 g eller 1% for hver 10% stigning i indavl. Betydning af den genetiske drift for vurderingen af den opnåede genetisk betingede fremgang er udtømmende behandlet af Hill (1972 a; b; c; d), og heraf fremgår, at den genetiske driftvarians akkumuleres generation for generation, medens variansen, der skyldes sampling, forbliver uændret.

I en idealpopulation med tilfældig parring inklusive selvbevrugtning er der en entydig sammenhæng mellem populationens gennemsnitlige stigning i indavl (ΔF) og størrelsen af den genetiske driftvarians (σ_q^2), som blandt andet vist af Falconer (1981), idet

$$\Delta F = \frac{1}{2N_e} \quad (3.11)$$

$$\sigma_q^2 = \sigma_A^2 \cdot \frac{\Delta F}{2} \quad (3.12)$$

hvor N_e = antal individer i population.

De populationer (linier eller racer), der anvendes i husdyrbruget, adskiller sig fra idealpopulationer på følgende områder:

- 1) Parring mellem tætbeslægtede undgås eller er umulig (selvbefrugtning)
- 2) Kønskvoten blandt avlsdyr er stærkt forskudt
- 3) Afkom efter en forældre har sædvanligvis ikke lige stor chance for at blive udvalgt som avlsdyr.

Det første punkt har betydning for stigningen i indavlsgraden, idet denne udskydes, sammenlignet med en idealpopulation; derimod vil den genetiske drift være uberørt. Dette forhold vil næsten altid have konsekvenser i kortere varende selektionseksperimenter, idet den genetiske driftvarians akkumuleres jævnt allerede fra 1. generation, medens stigning i indavlsgraden først begynder i 3. generation efter basispopulationen, hvis hel- og halvsøskendeparring udelukkes; dette forhold er eksperimentelt vist af Foster and Thompson (1980). Crow and Kimura (1970) har behandlet dette spørgsmål ud fra en teoretisk populationsgenetisk synsvinkel og fundet det mest hensigtsmæssigt at differentiere begrebet »effektiv populationsstørrelse« (N_e) således, at $N_{e(f)}$ refererer til indavl, medens $N_{e(v)}$ refererer til genetisk driftvarians, og det fremgår, at førstnævnte knytter sig til antal af avlsdyr, medens sidstnævnte er knyttet til antallet af afkom.

Under idealtilstande er $N_{e(f)} = N_{e(v)}$. Beregning af ΔF på grundlag af ligning (3.11) med anvendelse af $N_{e(f)}$ tager imidlertid ikke højde for det forhold, at stigningen i indavl forsinkes, når der startes ud fra en stor basispopulation. På denne baggrund er det fundet mest hensigtsmæssigt at basere beregning af indavlsstigningen (ΔF) på grundlag af individuelt beregnet indavl, bestemt ud fra stamtavler efter path koefficientprincippet.

Punkt 2 i listen af afvigelser fra idealtilstande tages der fuldstændig højde for med ligningen:

$$N = \frac{4MF}{M+F} ; \text{ Falconer (1981)}$$

hvor M = antal avlshaner
 F = antal avlshøner.

Det sidstnævnte af de 3 anførte årsager til afvigelse fra idealpopulationer har stor betydning i selektionsforsøg. I forsøg, hvor selektion alene baseres på den individuelle værdi, må man påregne nogen reduktion af N_e , fordi der vil være tendenser til, at enkelte familier bliver stærkere repræsenteret med avlsdyr, da hele familien via forældre har en bedre genetisk betinget værdi. Robertson (1961) sandsynliggjorde, at individuel selektion reducerede den effektive populationsstørrelse i henhold til følgende:

$$\frac{N}{N_e} = 1 + 2 \cdot i^2 \cdot h^2 (1 - h^2 \cdot i (i - x)) \quad (3.13)$$

N = populationsstørrelsen under forhold, hvor afkom har lige chance for at blive valgt til avlsdyr

i = selektionsintensitet

x = det afskæringspunkt på abscissen i en $N(0,1)$ -fordeling, der modsvarer et givet i under selektion med afskæring (truncation).

h^2 = heritabilitet.

På grundlag af en selektionsintensitet på 1,17 og en h^2 på 0,4 vil reduktionen være

$$\frac{N}{N_e} = 1 + 0,6724$$

eller en reduktion til ca. 60%.

Med et tilstræbt antal avlsdyr på 24 haner og 144 høner pr. linie fås, at

$$N_e = \frac{4 \cdot 24 \cdot 144}{24 + 144} \cdot 0,6 = 49,4$$

To forhold er væsentlige ved bedømmelse af, om de opstillede forudsætninger for beregningen er opfyldt; det første forhold er, om der rent faktisk blev anvendt de antal af avlsdyr, man havde stilet efter, og det andet er, om den afvigelse fra idealpopulationer, hvad angår afkommets chance for at blive valgt som avlsdyr, svarer til forventningerne. Det første forhold kan meget let kontrolleres, fordi der i gennemsnit var 134 høner og 24,7 haner, d.v.s. en lille forøgelse i forhold til de opstillede forudsætninger ($N_e = 50,1$); det andet forhold er vanskeligere at bedømme, og det er derfor fundet mest forsvarligt at beregne $N_{e(v)}$ på grundlag af de faktisk observerede variationer i afkomsgruppernes størrelse i henhold til ligningen:

$$\begin{aligned}
 \frac{16}{N} = & \frac{\sum a_i (a_i - 1)}{M^2} + \frac{2 \cdot \sum a_i b_i}{M \cdot F} + \frac{\sum b_i (b_i - 1)}{F^2} \\
 & + \frac{\sum c_j (c_j - 1)}{M^2} + \frac{2 \cdot \sum c_j d_j}{M \cdot F} + \frac{\sum d_j (d_j - 1)}{F^2} \\
 & + \frac{4}{M} + \frac{4}{F} - \frac{4}{M'} - \frac{4}{M'}
 \end{aligned} \tag{3.14}$$

hvor a_i = antal avlshaner fra den i^{te} far

b_i = antal avlshøner fra den i^{te} far

c_j = antal avlshaner fra den j^{te} mor

d_j = antal avlshøner fra den j^{te} mor

M = totalt antal avlshaner $\sum a_i$

M' = antal fædre

F = totalt antal avlshøner $\sum d_j$

F' = antal mødre;

vedrørende udledning af ligningen – se *appendiks A*.

3.5.1 Beregning af gennemsnitlig indavlsgrad

Med forældrene til 0. generation som basis er for hver helsøskendegruppe opstillet en stamtavle i overensstemmelse med de principper, der er skitseret i et tidligere arbejde i forbindelse med udarbejdelsen af et EDB-program til beregning af indavl (Sørensen, 1971).

Beregning af indavl foretages ved at gennemse stamtavlen for aner, der er fælles for moderen og faderen. Programmet starter i bedsteforældregenerationen til det individ og/eller helsøskendegruppe, som der beregnes indavl for, og da der ikke forekommer overlapning mellem generationer, sammenlignes alene farmoder med mormoder og farfader med morfader. En eventuel identitet er ensbetydende med et bidrag til indavlen på 0,125, og såfremt begge sammenligninger giver identitet, er indavlen 0,25, svarende til, at forældrene er hel-

søskende. Aneidentitet, som her skitseret, giver altid anledning til automatiske aneidentiteter i de bagvedliggende anegenerationer af en stamtavle, således vil en identitet mellem farfader og morfader automatisk give anledning til 2 aneidentiteter i oldeforældregenerationen og 4 i tipoldeforældregenerationen samt generelt $2^{(m-1)}$ automatiske aneidentiteter, hvor m er afstanden i generationer mellem den generation, i hvilken en ny aneidentitet bliver opdaget, og den anegeneration, der behandles.

Disse automatiske aneidentiteter giver ikke anledning til ny indavl, d.v.s. bidrag til indavl fra en stamtavle forekommer kun, når man opdager fællesaner for forældrene, der ikke skyldes allerede opdagede fællesaner i en generation tættere på forældregenerationen. Hver ny aneidentitet giver et bidrag til indavlen i henhold til følgende:

$$F = \sum_{i=1}^k 0,5^{n \cdot 2 - 1} \quad (3.15)$$

hvor k = antal nye aneidentiteter i en stamtavle
 n = afstand i generationer mellem forældregenerationen og den generation, hvori den i^{te} nye aneidentitet er fundet.

I tilfælde med overlappende generationer skal ligning (3.15) udvides, idet eksponenten, $n \cdot 2 - 1$, ændres til $n_1 + n_2 - 1$, og tilsvarende kræver den tilhørende forklaring en udvidelse.

Et særligt problem opstår som følge af den manglende information om mødre til de kyllinger, der klækkes fra gulvæg. Da en indavlsberegning på grundlag af ufuldstændige stamtavler vil give et undervurderet skøn, er for hver helsøskendegruppe gennemført en korrektion i henhold til følgende:

$$F_{\text{kor.}} = F + \sum_{j=1}^2 \sum_{i=1}^n N_{ij} \cdot Z_{ij} \cdot 0,5^{(2 \cdot i + 1)} \quad (3.16)$$

hvor F = indavlsgrad for en helsøskendefamilie, beregnet på grundlag af stamtavle uden hensyn til bidrag fra ukendte aner
 n = antal anegenerationer ($i = 1$ for bedsteforældregenerationer)
 N_{ij} = antallet af manglende sammenligninger i den i^{te} anegeneration i det j^{te} køn
 Z_{ij} = sandsynligheden for aneidentitet i den i^{te} generation i det j^{te} køn

Baggrunden for denne formel er uddybet i *appendiks B*.

Tabel 3.17 Gennemsnitlig indavl ($F_{\text{kor.}}$) med P-generation som basis, de enkelte anegenerationers bidrag samt den maksimalt observerede indavl ($F_{\text{maks.}}$).

Table 3.17 Inbreeding ($F_{\text{kor.}}$) with P-generation as base, contribution to $F_{\text{kor.}}$ from the individual generation of ancestors and maximum inbreeding ($F_{\text{maks.}}$).

Linie Line.	Gene- ration	$F_{\text{kor.}}$	Bidrag f. generation Contribution f. ancestor gen.						$F_{\text{maks.}}$
			P	0	1	2	3	4	
66	2	0,41	0,41						5,85
66	3	1,75	0,89	0,86					8,92
66	4	2,16	0,80	0,99	0,37				7,01
66	5	2,91	0,86	1,00	0,59	0,46			9,13
66	6	4,13	0,79	0,95	0,62	0,96	0,81		11,02
66	7	4,93	0,80	0,91	0,63	1,09	0,96	0,54	12,32
67	2	1,16	1,16						9,38
67	3	1,82	1,27	0,55					8,25
67	4	2,69	1,20	0,97	0,52				10,31
67	5	3,74	1,24	1,02	1,10	0,38			8,57
67	6	4,84	1,21	1,03	0,91	0,77	0,92		9,64
67	7	5,72	1,14	0,99	1,03	0,79	1,15	0,62	11,56
68	2	1,02	1,02						7,81
68	3	1,97	1,22	0,72	0,03				18,30
68	4	2,12	0,87	0,82	0,43				9,69
68	5	3,55	0,91	1,14	0,90	0,60			10,60
68	6	4,39	0,88	1,07	0,99	0,98	0,47		15,12
68	7	5,22	0,86	1,07	1,07	1,12	0,93	0,17	9,78

I tabel 3.17 er anført indavlsgraden F med forældregenerationen til 0. generation som basis og på grundlag af opstillede stamtavler og med korrektion for manglende aner. Det anvendte parringssystem udelukker parring mellem hel/halvsøskende, hvorfor indavl tidligst kan opstå i 2. generation. Den gennemsnitlige stigning i indavl pr. generation (ΔF) er henholdsvis 0,82; 0,95 og 0,87 pr. generation og må for nærværende formål betragtes som værende så beskedne, at det ikke vil være nødvendigt at korrigere for indavlseffekt.

Bidraget til indavl fra de enkelte anegenerationer er anført, og heraf fremgår,

- 1) at oldeforældreleddets bidrag er reduceret i forhold til de bagvedliggende generationer (tip-oldeforældre etc.)
 - 2) at en given generation bidrager med et næsten konstant bidrag fra og med tip-oldeforældrefunktionen
 - 3) at enhver af de bagvedliggende anegenerationer fra tipoldeforældre til P-generationen giver næsten samme bidrag til indavlen.
- ad 1) Den anvendte parringstruktur, hvor hver linie er opdelt i 2 grupper (A og B), således at haner fra gruppe B altid parres med høner fra gruppe A og vice versa, samt det forhold, at hønerne i de enkelte stammer kun i ringe

omfang er helsøskende og/eller halvsøskende, bidrager til, at indavlsbidraget fra oldeforældre i gennemsnit er $2/3$ af bidraget fra de bagvedliggende anegenerationer, og det er tilvejebragt ved, at der i nævnte anegeneration sjældent optræder mere end én aneidentitet, svarende til, at det maksimale indavlsbidrag fra oldeforældre er $0,5^5 = 0,03125$ for et individ.

- ad 2) I populationer med random mating og et endeligt antal avlsdyr er det forventede bidrag fra en given bagvedliggende generation konstant $= \frac{1}{2N_e}$,

uanset hvilken anegeneration den indtager i en stamtavle. I populationer med selektion kan man forestille sig, at valg af gener kunne baseres på et fåtal af aner, som stadig indsnævredes i antal, jo længere bagud i stamtavlen, man bevæger sig. Af tabel 3.17 ses, at en sådan effekt ikke eksisterer i nærværende linier, i hvilke selektionen alene er baseret på individets egen fænotype.

- ad 3) Den i forhold til punkt 2 lidt større variation i bidrag til F for en given generation skyldes sandsynligvis, at det antal anefædre og anemødre, der kommer til at optræde i en stamtavle, godt kan variere fra generation til generation, selv om antal avlsdyr er identisk.

Undersøger man samtidig tabel 3.17 for de under punkterne 2 og 3 nævnte effekter, vil man opdage, at linie 67 afviger fra de 2 øvrige linier, hvad angår P-generationens bidrag, idet linie 67 gennemgående har en større værdi, svarende til færre aner, når P-generationen optræder som anegeneration, medens denne generation for de øvrige 2 linier ligger på gennemsnit (d.v.s. $= \Delta F$). En nærmere analyse af dette forhold er gennemført, idet alle stamtavler for mødre til 7. generation er gennemført for P-generationens aner for alle 3 linier. Ved sammenligning af de tre linier på grundlag af informationer fra stamtavler indtager P-generationen en særlig position, fordi afkom fra hver forældre blev fordelt på de 3 liniers 0. generation, og dette giver mulighed for at undersøge, i hvilket omfang de enkelte forældre fra P-generationen er repræsenteret såvel inden for linier som i en vekselvirkning mellem forældre og linier. For overskuelighedens skyld er valgt kun at undersøge haner, og i fig. 3.9 er præsenteret diagram, der viser, med hvilken andel de enkelte fædre til 0. generation er repræsenteret som aner, når de indgår som 7. anegeneration, svarende til, at de i hver stamtavle beslaglægger 64 anepladser.

Af fig. 3.9 fremgår, at der i linie 67 er 3 haner (nr. 9; 16 og 17), der tilsammen beslaglægger ca. 45% af anepladserne, medens de tilsvarende tal er 35% og 36% for henholdsvis linier 66 og 68, og dette er den væsentligste forklaring på, at indavlsbidraget fra P-generationen er størst i linie 67. To af fædrene (nr. 16 og 17) har formået at slå igennem i alle 3 linier, d.v.s. de har haft positive gener for vækstevne, der har været i stand til at manifestere sig i hele spektret af mil-

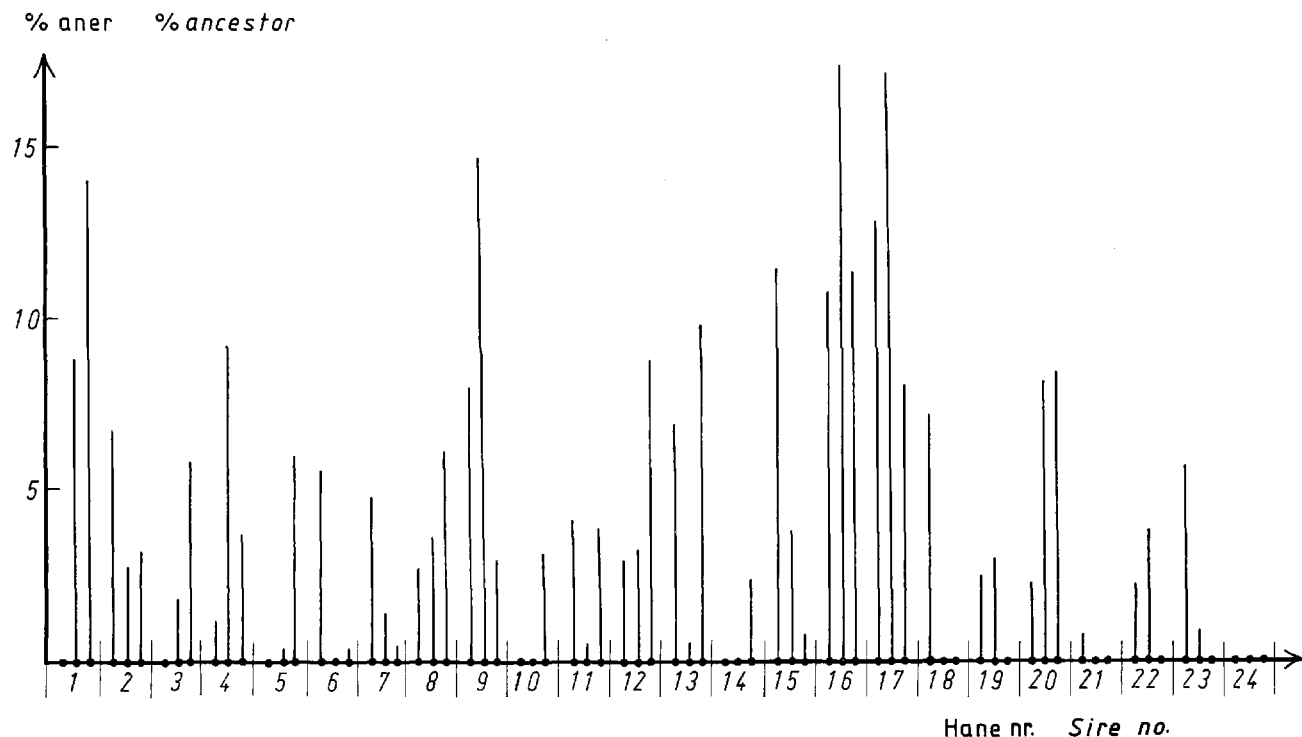


Fig. 3.9 Procentvis andel, hvormed hver enkelt avlshane af P-generationen er repræsenteret som ane i ca. 120 stamtavler pr. linie i 6. generation. For et givet hanenummer repræsenterer venstre søjle andelen i linie 66, midterste søjle andelen i linie 67, og højre søjle andelen i linie 68; mangel på repræsentation er markeret med en bolle.

The percentage with which the individually bred male of the P-generation is represented as an ancestor in 120 pedigrees per line in the 6th generation.

For a certain male the left column represents line 66, the middle column line 67, and the right column line 68. Lack of representation of ancestors in a line is marked with a heavy dot

jøer, men ellers er der en ganske betydelig variation med hensyn til, hvorledes de enkelte haner er repræsenteret; de kræfter, der medvirker til denne spredning er

- 1) tilfældigheder
- 2) selektionseffekt.

- ad 1) Hver hane får ca. 20 stk. afkom af hvert køn, der på lige fod med afkom fra de øvrige haner deltager i udvalget af 24 avlshaner og 120 avlshøner. Forventningen er, at hver hane skal være repræsenteret med et haneafkom og 6 høneafkom, men tilfældighederne vil betyde en vis spredning, og virkningen af denne spredning er en stadig stigende variation i P-generationens haners andel af anepladser i stamtavlen.
- ad 2) Hvad angår selektion, vil der være en forstærkende effekt på den under punkt 1 nævnte variation, fordi fædre med særlig fremragende gener tenderer mod at opnå en stadig større andel af anepladserne.

Det har ikke været muligt at tilvejebringe rimelige modeller til at forklare størrelsesordenen af den af tilfældigheder forårsagede variation, hvorfor det heller ikke er muligt at opdele den i fig. 3.9 viste variation. Ved sammenligning af de enkelte haners andel i de enkelte linier vil tilfældighedernes spil bidrage til en korrelation, der går fra *nul* og nedad; selektionseffekten virker i positiv retning i det omfang, at det er de samme gener, der selekteres for i de forskellige linier. Korrelationerne på P-generationens haners andel af anepladser i de 3 linier i 6. generation er vist i tabel 3.18.

Det blev ikke fundet nødvendigt at veje de enkelte haners bidrag til hver linie i 0. generation, da mindste bidrag fra en hane til en given linie var 42 stk. afkom, og højeste bidrag var 70 stk. afkom, d.v.s. at hver af de 24 avlshaner fra P-generationen var repræsenteret med 42–70 stk. afkom i hver af de 3 linier, og det må betragtes som meget nær det ideale.

Gennemsnittet angiver, hvor mange gange en given hane fra P-generationen er repræsenteret i en stamtavle fra 6. generation. Hvis stamtavlerne var helt udfyldt, ville gennemsnittet være $64/24 = 2,6667$; afvigelsen skyldes manglende information, og det ses, at især linie 67 mangler aner. Årsagen til manglende aneinformation er, at nogle rugeæg lægges på gulvet i stamrummet og derfor uden for kontrol, hvad angår moderen; såfremt denne tendens til at lægge æg på gulvet er arvelig, kan man ikke udelukke, at dette er forklaringen på, at enkelte anefædre inden for alle 3 linier er totalt forsvundet eller i hvert fald næsten – og bidrager dermed til en positiv korrelation mellem linier, hvad angår P-haners andel af anepladser. Der er således to selektive kræfter (vækstselektion og læggeadfærd), som bidrager i positiv retning til de i tabel 3.18 viste korrelationer. Det fremgår af tabellen, at linie 67 er positivt korreleret med de to øvrige linier, medens korrelationen mellem disse indbyrdes er tæt på *nul*.

Af fig. 3.9 fremgår, at hanerne »nr. 16 og 17–18 og 24« bidrager til en positiv

Tabel 3.18 Individuel andel af P-generationens anefædre i stamtavler i 6. generation. Gennemsnit (X), standardafvigelse (s_x) og korrelation på anefædres andel i de forskellige linier.

Table 3.18 Individual proportion of ancestor positions of the P-generation male in pedigrees of the 6th generation. Average (X) as percentage, standard deviation (s_x) and correlation on ancestors' proportion in the various lines.

Linie Line	x	s_x	Korrelation Correlation		
			66	67	68
66	2,03	1,88		0,40*)	0,08
67	1,39	1,82			0,48**)
68	1,90	1,90			

**) $P < 0,02$

*) $P = 0,06$

korrelation mellem linier, hvoraf de to første tydeligvis har videregivet gener med en generel positiv effekt på vækst uanset, i hvilket miljø dyrene har befundet sig; det kan ikke med samme sikkerhed konkluderes, at de sidste haner har haft negative gener for vækstevne, da der kan være tale om, at de viderebringer gener med tendens til negativ effekt på villighed til at lægge æg på reden. Det er ikke muligt at give noget endeligt svar på, hvorfor der tilsyneladende er en forskel på korrelationerne, men den hypotese synes rimelig, at vækstselektion på lavprotein/ad libitum fodring i sammenligning med normal-protein/rationeret fodertildeling har færre gener fælles end den genetisk betingede fremgang på grundlag af normal-protein/ad libitum fodring, sammenlignet med hver af de to førstnævnte former, idet sammenligningen linie 66 – linie 68 er forskellig på to miljøkomponenter, medens hver af de to øvrige linesammenligninger kun divergerer på én miljøkomponent.

Omfanget af den korrektion, der er gennemført ved ligning (3.16) som følge af manglende aner, er anført i tabel 3.19. Det fremgår meget tydeligt, at linie 67 får et stort tillæg som følge af manglende aner, medens de tilsvarende korrektionstillæg for de øvrige linier er væsentlig mere beskedne.

3.5.2 Indavlseffekt

Af tabel 3.17 fremgår, at der er nogen variation i indavlsgraden for de enkelte helsøkskendergrupperes vedkommende, og at der selv i de tidligste generationer kan være op til 18% indavl; denne variation er anvendt til at vurdere, hvilken indflydelse indavl i beskeden målestok har på en række egenskaber. Klækkeprocent indtager en særstilling, fordi den er under indflydelse af såvel moderens indavl via den maternelle effekt som den direkte effekt af afkommets indavl.

Den statistiske model til estimering af indavlseffekt under simultan eliminering af hold- og generationseffekt havde følgende udseende:

Tabel 3.19 Indavl fra stamtavle, korrektionsbidrag for manglende aner samt proportionen af manglende aner fra de forskellige generationer.

Table 3.19 Inbreeding calculated from pedigree, expected contribution from missing ancestors, and proportion of missing ancestors from the various generations.

Linie Linie	Gen.	F	Σ korr. Correction	Proportion af manglende aner Prop. of missing ancestors						
				P	0	1	2	3	4	5
66	2	0,31	0,10	0,20	0,05					
	3	1,24	0,51	0,27	0,15	0,10				
	4	1,61	0,55	0,29	0,18	0,14	0,03			
	5	2,11	0,80	0,34	0,24	0,20	0,08	0,05		
	6	3,23	0,90	0,33	0,23	0,20	0,06	0,05	0,02	
	7	3,74	1,19	0,34	0,24	0,20	0,08	0,07	0,05	0,02
67	2	0,96	0,20	0,19	0,10					
	3	1,20	0,62	0,29	0,21	0,10				
	4	1,69	1,00	0,37	0,30	0,20	0,12			
	5	1,90	1,84	0,43	0,37	0,28	0,23	0,14		
	6	2,25	2,59	0,49	0,44	0,37	0,33	0,23	0,12	
	7	2,56	3,16	0,54	0,49	0,44	0,40	0,30	0,19	0,07
68	2	0,73	0,29	0,13	0,07					
	3	1,59	0,38	0,19	0,14	0,08				
	4	1,67	0,45	0,22	0,17	0,10	0,01			
	5	3,15	0,40	0,22	0,17	0,11	0,02	0,01		
	6	3,75	0,64	0,24	0,19	0,13	0,05	0,03	0,03	
	7	3,99	1,23	0,29	0,25	0,20	0,12	0,10	0,10	0,08

$$Y_{ij} = \mu + (GH)_i + b \cdot F_{ij} + e_{ij} \quad (3.17)$$

hvor Y_{ij} = vægt (eller en af de øvrige variable) i den i^{te} generation · hold af det j^{te} individ

GH_i = effekt af den i^{te} generation · holdkombination

F_{ij} = indavl af det j^{te} individ i den i^{te} GH-kombination

e_{ij} = ikke-forklaret rest.

Generationseffekten (GH) vil sandsynligvis fjerne lidt af indavlseffekten, som dermed ikke kommer til udtryk i regressionskoefficienten; der er imidlertid så stor en variation inden for generation – jfr. tabel 3.17, at denne generationseffekt antages at være ubetydelig. Model (3.17) er anvendt til analyse på data fra såvel kyllinger (vægt, klækning) som på data fra høner (læggeprocent, ægvægt, alder ved 1. æg, klækkeprocent og udvokset vægt). Hvad angår 6-ugers-vægt for kyllinger, er en værdi beregnet separat for hvert køn og linie. For høner gælder, at der er så relativt få data til rådighed, at det anses for nødvendigt at »poole« hele materialet i en enkelt analyse, hvorfor model (3.17) er udvidet med et led, der fjerner linieeffekt.

I tabel 3.20 er vist resultater af analysen, hvad angår vækstevne; kun ét af estimaterne er signifikant, men der er i alle tilfælde tale om negative korrelationer og regressioner.

Tabel 3.20 Indavlseffekt på 6-ugers-vægt. Regressionskoefficienten (b) udtrykker ændringen i gram pr. 10 procentenheders ændring i indavl.

Table 3.20 Effect of inbreeding on 6-week weight. The coefficient of regression (b) is expressed as change in weight (g) per 10% change in coefficient of inbreeding.

Linie Line	Køn Sex	r	b	s _b	Antal kyllinger No. of chickens
66	♂♂	-0,014	-36	20	2055
	♀♀	-0,023	-30	16	1915
67	♂♂	-0,016	-15	24	1612
	♀♀	-0,050	-51*	19	1517
68	♂♂	-0,015	- 9	16	2009
	♀♀	-0,034	- 8	14	1838

Pooling af regressionskoefficienterne, vægtet med den inverse varians, giver et gennemsnit på -22,6 g med en standardfejl på approksimativt 7,4 g. Den konsekvent lavere værdi i linie 68 kan skyldes, at 6-ugers-vægten, opnået under rationering, er mindre påvirket af indavl og generelt mindre påvirket af arv, som det fremgår af efterfølgende afsnit.

Indavlsdepression på vægt ved 40 dage for kyllinger med fri adgang til foder, baseret på ca. 7.000 kyllinger fra linier 66 og 67, er $-31.9 \text{ g} \pm 10,1 \text{ pr. } 10 \text{ procentenheders stigning i indavlsgraden}$, bestemt i en population med svagt stigende indavlsgrad, eller 2,1% reduktion i vægt ved 40 dage pr. 10% stigning i indavl.

Klækkeprocenten, der er et udtryk for, hvor stor en del af de befrugtede æg der udvikles til fuldbårne daggamle kyllinger, hører til den gruppe af egenskaber, der kan forventes at være berørt af indavlsdegeneration, fordi en væsentlig del af de recessive lidelser medfører døden, før kyllingen klækkes; herudover vil der højst sandsynlig også være en generel depressiv effekt. I tabel 3.21 er anført de fundne resultater af de statistiske analyser.

Den signifikant positive effekt i linie 67 er der ingen rimelig forklaring på. Pooling af de 3 linier giver en depression på -3,9 procentenheder i klækning for hver 10% stigning i indavl; dette estimat er stærkt berørt af den positive regression i linie 67, hvorfor det er mest sandsynligt, at estimatet er undervurderet og snarere er op mod 8-10 procentenheder. Den indflydelse, som moderens indavl har på klækkeresultatet, er minimal og kan lades ude af betragtning.

Egenskaber, målt på hønen, og deres afhængighed af indavlsgraden er anført i tabel 3.22.

Tabel 3.21 Indavlseffekt på klækkeprocent. Regressionskoefficienten (b) udtrykker % ændring af klækkeprocent pr. 10 procentenheders ændring i indavl.

Table 3.21 Effect of inbreeding on hatchability. The coefficient of regression (b) is expressed as change in percentage hatchability per 10% change in inbreeding coefficient.

Kilde Source	Linie Line	b	s _b	Antal observationer No. of observations
Afkom Offspring	66	- 13,7	3,11	1101
	67	+ 10,9	3,47	901
	68	- 4,7	1,94	1256
	Alle	- 3,9*)	1,62	-
Mor Mother	Alle	- 0,12	4,37	1193

$$*) \bar{b} = \frac{\sum_{i=1}^3 \left[\frac{1}{s_b} \right]^2 \cdot b_i}{\sum_{i=1}^3 \left[\frac{1}{s_b} \right]^2}$$

Tabel 3.22 Indavlseffekt på egenskaber, målt på høner pr. 10% ændring i indavl.

Table 3.22 Effect of inbreeding on traits measured on laying hens per 10% change in inbreeding coefficient.

Egenskab	Trait	r	b	s _b	Antal observationer No. of observations
Ægvægt, g	Egg weight, g	-0,087	-1,2	0,7	1081
Alder/1. æg, uger	Age/1st egg, weeks	0,074	0,4	0,4	1333
Læggeprocent, %	Rate of lay, %	-0,059	-4,9	3,7	1333
Vægt udvokset, g	Adult weight, g	-0,037	-115	72	1093

Ingen af de her fundne effekter af indavl er statistisk signifikante, men har dog alle den forventede retning. Den fundne ændring i ægvægt og udvokset vægt svarer til henholdsvis 2 og 3% reduktion pr. 10% stigning i indavl og ligger på samme niveau som 40 dages vægt; kønsmodenhed forsinkes med 0,4 uger ~ 3 dage, og læggeprocenten reduceres med 4,9 procentenheder, hvilket er omkring 10% af den gennemsnitlige, registrerede ydelse. Under fortolkningen af disse resultater skal man dog være opmærksom på, at de to sidstnævnte egenskaber er stærkt påvirket af hønens villighed til at gå på reden for at lægge æg, da kun redeæggene tælles med for den enkelte høne, og ligeledes, at kønsmodenhed er målt som alder ved 1. æg på reden.

De her fundne effekter af indavl svarer i mange henseender til, hvad Nordskog and Hardiman (1979) fandt hos høner af æglægningstype. Emsley et al. (1980) fandt på hastigt indavlede linier af Hvid Italiener oprindelse, at væksten var reduceret med ca. 2% pr. 10% stigning i indavl i vækstfasen.

3.5.3 Beregning af den effektive populationsstørrelse ($N_{e(v)}$)

Ved beregning af de enkelte bidrag i (3.14) er det nødvendigt at tage stilling til, hvorledes udvalgte avlsdyr fra guldæg skal behandles. Da det ikke er muligt at udskille enkelte mødre som absolut sikre redeægslæggere, er det fundet mest opportunt at fordele »guldægdyr« tilfældigt på alle mødrehøner i stamrummet, vel vidende, at en sådan metode giver en overvurdering af den effektive populationsstørrelse.

I tabel 3.23 er anført $N_{e(v)}$, beregnet efter disse retningslinier, og endvidere er anført det udvalgte antal avlsdyr; til sammenligning hermed er anført, hvor mange af disse udvalgte avlsdyr der bliver forældre til afkom, der i næste generation bliver selekteret som avlsdyr. Det fremgår af tabellen, at den effektive populationsstørrelse er noget højere, end forudsagt ved anvendelse af Robertsons formel (3.13); en af årsagerne kan være, at de anvendte parametre var forkert skønnet. Det anvendte skøn for selektionsintensiteten er 1,17, svarende til, hvad der er fundet for linier 66 og 68; det anvendte skøn for h^2 på 0,4 kan være for høj, men selv en så urealistisk lav værdi som $h^2 = 0,2$ giver en reduktion til $N_{e(v)} = 57,5$, hvilket er noget lavere end fundet, og meget tyder derfor på, at den af Robertson anviste ligning gør brug af nogle forudsætninger, der ikke har været opfyldt i nærværende selektionseksperiment.

En nærmere analyse af årsagskilderne til $1/N_{e(v)}$ eller genetisk driftvarians er gennemført i tabel 3.24, men allerede de i tabel 3.23 anførte opgørelser over, hvor mange forældre der i hver generation har været involveret i produktionen af den efterfølgende generations forældre, forklarer noget om den observerede linieforskel, idet der for linie 66 konsekvent har været flere fædre i hver generation, der i den efterfølgende generation er blevet repræsenteret med udvalgte avlshæner.

Tabel 3.24 er udarbejdet i overensstemmelse med den af Hill (1972) givne formel (se APPENDIKS A) og hver årsagskilde er det harmoniske gennemsnit af 7 generationer. Den første og mest dominerende årsagskilde er sampling af gameter, der naturligvis er fuldstændig uafhængig af avlsforanstaltninger af forskellig art, hvorfor den er identisk med den sampling af gameter, der foregår i en idealpopulation af samme størrelse. Alle de efterfølgende årsagskilder beror på variation i afkomsgruppernes størrelse og kan betegnes som sampling af afkom. Man skal være opmærksom på, at der alene er tale om det afkom, der bliver selekteret som avlsdyr.

I en idealpopulation giver sampling af afkom samme bidrag til genetisk drift-

Tabel 3.23 Effektiv populationsstørrelse $N_{e(v)}$, antal selekterede avlsdyr og avlsdyr, fra hvilke der i efterfølgende generation er udvalgt avlsdyr.

Table 3.23 Effective population size ($N_{e(v)}$), number of selected birds, and number of parents from which breeding birds were chosen in the succeeding generation.

Linie Line	Genera- tion	$N_{e(v)}$	$N\sigma^*$			$N\phi^*$		
			a	b	c	a	b	c
66	1	67,0	24	18	23	128	23	62
	2	67,2	30	20	29	124	19	77
	3	76,6	24	16	23	137	19	63
	4	67,0	24	18	24	135	23	76
	5	83,5	24	19	24	140	20	70
	6	72,6	24	17	23	136	21	66
	7	66,1	24	—	—	136	—	—
$\frac{1}{t} \cdot \sum_{i=1}^t \frac{1}{x_i}$		70,9	24,7	17,9	24,2	133,5	20,7	68,5
67	1	61,8	24	15	22	129	25	59
	2	60,0	30	15	26	124	16	68
	3	46,0	24	14	22	140	19	74
	4	69,1	24	18	23	137	19	75
	5	69,4	24	15	24	141	21	75
	6	68,8	24	15	22	140	22	72
	7	64,6	24	—	—	137	—	—
$\frac{1}{t} \cdot \sum_{i=1}^t \frac{1}{x_i}$		61,7	24,7	15,2	23,1	135,2	19,9	70,0
68	1	65,8	24	15	21	126	19	63
	2	47,8	30	12	30	128	20	78
	3	59,0	24	16	22	138	21	67
	4	63,3	24	16	22	135	20	67
	5	55,4	24	15	24	140	21	70
	6	71,5	24	14	23	140	20	74
	7	57,6	24	—	—	130	—	—
$\frac{1}{t} \cdot \sum_{i=1}^t \frac{1}{x_i}$		59,2	24,7	14,5	23,3	133,6	20,1	69,5

*)		*)	
Dansk tekst:		English text	
a =	Antal forældre	a =	No. of parents
b =	Antal forældre med mindst 1 stk. haneafkom, der er udvalgt som avlsdyr	b =	No. of parents with at least one male offspring chosen as sire
c =	Antal forældre med mindst 1 stk. høneafkom, der er udvalgt som avlsdyr.	c =	No. of parents with at least one female offspring chosen as dam.

Tabel 3.24 Betydningen af de enkelte årsagskilder som bidragyder til genetisk driftvarians; harmonisk middel af 7 generationer.

Table 3.24 Contribution to genetic drift variance of individual sources (Far = Father, søn = Son; Mor = Mother, datter = Daughter) Harmonic mean of 7 generations.

Kilde: Source:	Linier Lines			Ideal- population Ideal population
	66	67	68	
1/M + 1/F	0,00595	0,00595	0,00595	0,00595
Far → søn	0,00195	0,00299	0,00314	0,00251
Far → datter	0,00080	0,00120	0,00099	0,00046
Far → søn × datter	0,00038	0,00119	0,00163	0,00000
Mor → søn	0,00291	0,00309	0,00314	0,00251
Mor → datter	0,00079	0,00078	0,00079	0,00046
Mor → søn × datter	0,00083	0,00083	0,00086	0,00000

varians som sampling af gameter, og tabel 3.24 viser, at hovedparten af denne samplingvarians kommer fra de 2 avlsled »far → søn« og »mor → søn«. Dette ses også at være tilfældet i de selekterede linier, men med en tendens til, at de to andre avlsled »far → datter« og »mor → datter« viser en relativ større stigning, sammenlignet med en idealpopulation; forklaringen herpå skal muligvis søges i det forhold, at der under selektionen af avlskaner er taget et vist hensyn til ΔF ved at begrænse størrelsen af helbrødregrupper. Virkningen af dette hensyn illustreres bedst ved at sammenligne »forældre → datter«-leddenes relative bidrag, der er næsten 100% højere i de selekterede linier, sammenholdt med den idealiserede population, medens den kun er ca. 14% større for »forældre → søn«-leddene.

En 3. type af bidrag til genetisk driftvarians, som overhovedet ikke eksisterer i en idealpopulation, men som uvægerlig vil bidrage under selektion, er af den art, der er affødt af, at afkomsgrupper med mange udvalgte avlskaner tenderer mod at give mange udvalgte avlshejre, og denne form for samvariation ses at bidrage med 12–15% af den totale, genetiske driftvarians.

I indledningen til dette afsnit blev nævnt, at den anvendte måde at behandle »guldæggsdyr« på kunne overvurdere $N_{e(v)}$ og tilsvarende undervurdere driftvariansen. Da selektion af »guldægskaner« er søgt undgået i videst mulige omfang, er det især for leddet »mor → datter«, at nævnte tillem্পning har betydning; eftersom dette led gennemgående vejer lidt i den totale sammenhæng, kan det fastslås, at den nævnte disposition næppe vil kunne registreres.

3.6 Estimering af heritabilitet for vægt og analyse af genetisk fremgang

Forudsætningen for en genetisk betinget fremgang ved selektion er, at heritabiliteten er større end nul. I dette eksperiment er anvendt 3 metoder til estimering af h^2 ; to af dem præsenteres i det efterfølgende og er

- a) forældre – afkom regression
- b) variansanalyse af forældreffekter.

Den 3. metode er »realiseret heritabilitet«, og estimering heraf er allerede givet i afsnit 3.4.4.

Der er beregnet et h^2 -skøn for hver linie for sig, da der kan tænkes at være forskel på linierne. Den forskellige behandling kan give anledning til en større eller mindre miljøbetinget variation, og for linierne 66 og 67 er det allerede sandsynliggjort (Sørensen, 1977), at det i væsentligt omfang er forskellige gener, der har en positiv effekt i de to fodermiljøer, og heraf følger, at den genetiske variation udspringer af to delvis forskellige sæt af gener.

Den anvendte parringsstruktur, hvor hver stamme med 8–10 høner i 1. halvdel af reproduktionsfasen (hold 1 – hold 3) er parret med 1. hane, hvorefter der er foretaget et haneskift, tillader ikke at anvende den konventionelle hierarkiske model.

Ved beregning af helsøskendeeffekt er antallet af kyllinger reduceret til ca. 75%, fordi kyllinger fra gulvæg må udelades. Hanekyllinger viser generelt en større relativ variation end hønekylinger, og denne kønsdimorfi er endnu mere udtalt under suboptimale forhold; derfor er det fundet mest hensigtsmæssigt at beregne et h^2 -skøn for hvert af de to køn. Et andet forhold, der taler for denne opdeling, er, at kønskromosomet »Z« hos høns kvantitativt udgør op mod 10% af den samlede kromosommasse hos det homogametiske køn (haner), og det betyder, at »mor – søn«-analysen kan forventes at give et lidt højere estimat for h^2 , forudsat, at loci med betydning for vækstevne er fordelt jævnt over alle kromosomer – herunder kønskromosomet Z –, og forudsat, at den genetiske korrelation mellem køn, hvad angår vækstevne, er 1.

3.6.1 Statistiske modeller

Estimering af h^2 på grundlag af far- og moreffekter i en variansanalyse er foretaget ved hjælp af følgende model:

$$y_{ijk} = \mu + G_i + P_{ij} + e_{ijk} \quad (3.18)$$

- hvor y_{ijk} = 40 dages vægt, korrigeret for holdeffekt, af det k^{te} -individ i den j^{te} helsøskendegruppe i den i^{te} -generation
- G_i = fixed effekt af den i^{te} -generation
- P_{ij} = tilfældig effekt af den j^{te} helsøskendegruppe inden for den i^{te} -generation.

Model (3.18) er anvendt til analyse af halvsøskendeeffekter ved at lade P_{ij} repræsentere en tilfældig effekt af den j^{te} halvsøskendegruppe.

I en population af afkom kan den additive genetiske variation opdeles som følger:

$$\sigma_A^2 = \sigma_F^2 + \sigma_M^2 + \sigma_R^2 \quad (3.19)$$

hvor σ_F^2 = den af fædrene bestemte additive genetiske variation
 σ_M^2 = den af mødrene bestemte additive genetiske variation

Under forudsætning af en idealpopulation uden selektion blandt forældre for den egenskab, der studeres, gælder:

$$\sigma_F^2 = \frac{1}{4}\sigma_A^2$$

$$\sigma_M^2 = \frac{1}{4}\sigma_A^2$$

Ved selektion sker en indsnævring af det parentale bidrag til afkommets additive genetiske varians, og da denne netop er grundlaget for estimering af h^2 , kan man umiddelbart fastslå, at heritabiliteten, estimeret på grundlag af (3.18), vil blive undervurderet. Ponzoni and James (1978) betragtede dette i populationer, i hvilke selektion alene fandt sted blandt handyr.

Robertson (1977) diskutererede problemet i en bredere sammenhæng og fastslog, at:

- a) Estimer af hel- og halvsøskendeanalyser ville være biased nedad, hvis forældrene var selekteret af den netop anførte årsag.
- b) Fortolkningen af slægtskabskoefficienten » r^G « i denne sammenhæng var, at man skulle betragte den som en genetisk kovarians for den pågældende egenskab, og at den meget vel kunne afvige fra de velkendte 0,25 og 0,5 for henholdsvis halvsøskende og helsøskende.
- c) Afkom/forældreregressionen ville nok give unbiased estimer for h^2 , men standardfejlen vil blive høj, fordi den parentelle variation var lille.

Såvel Robertson (ibid) som Ponzoni and James (1978) gav løsninger på en korrektion for det under punkt a) nævnte forhold, når alene fædrene var selekteret, men Robertson gjorde samtidig opmærksom på, at standardfejlen på estimatet ville blive approksimativt forøget med faktoren $1 / (1 - 2 K h^2)$, hvor K har samme betydning som i nedenstående ligninger (3.20) og (3.21).

I APPENDIKS C er den korrektion udledt og diskuteret, som er nødvendig at foretage for at opveje den reducerede genetiske varians, der er en følge af, at såvel fædre som mødre er selekteret. De resulterende korrektionsfaktorer er:

$$h_{Ha}^2 = \frac{1}{r^G} \cdot \frac{s_{Ha}^2}{s_{vs}^2} \frac{1 - \frac{1}{4} \cdot h^4 \cdot (k\sigma^{\circ} + k\varphi)}{1 - \frac{h^2}{r^G} \cdot (\frac{1}{4} k\sigma^{\circ} + (r^G - 0,25) k\varphi)} \quad (3.20)$$

$$h_{He}^2 = 2 \cdot \frac{s_{He}^2}{s_{vs}^2} \frac{1 - \frac{1}{4} \cdot h^4 \cdot (k\sigma^{\circ} + k\varphi)}{1 - \frac{1}{2} \cdot h^2 \cdot (k\sigma^{\circ} + k\varphi)} \quad (3.21)$$

- hvor r^G = slægtskabskoefficienter mellem halv søskende
 s_{Ha}^2 = skøn for varianskomponent for halv søskendeeffekt
 s_{He}^2 = skøn for varianskomponent for helsøskendeeffekt
 s_{vs}^2 = skøn for totalvariation i F-generationen
 $k\sigma^{\circ}$ = relativ reduktion af fænotypisk varians blandt fædre som følge af selektion
 $k\varphi$ = relativ reduktion af fænotypisk varians blandt mødre som følge af selektion

Begge korrektioner kræver iteration.

Det ikke-korrigerede estimat for h^2 på grundlag af model (3.18) er fundet ved hjælp af det af Harvey (1977) beskrevne LSMLMM-program, og det endeligt korrigerede h^2 -estimat er herefter beregnet ved hjælp af (3.20) og (3.21).

Modellen for beregning af skøn for h^2 på grundlag af regressionen af afkom på forældre er:

$$y_{ij} = \mu + G_i + b_i \cdot x_{ij} \cdot w_{ij} + e_{ij} \quad (3.22)$$

- hvor y_{ij} = 40-dages-vægt af den j^{te} afkomsgruppe i den i^{te} generation
 G_i = effekt af den i^{te} generation
 b_i = regressionskoefficient i den i^{te} generation
 x_{ij} = 40-dages-vægt af den j^{te} forældre i den i^{te} generation
 w_{ij} = vægtningsfaktor for den j^{te} afkomsgruppe i den i^{te} generation
 e_{ij} = uforklaret rest.

Modellen er anvendt separat for fædre og mødre samt hane- og hønekyllinger for alle 3 linier af samme årsager, som diskuteret i afsnit 3.6.

Vægtningsfaktoren (w_{ij}) tager hensyn til antal afkom samt intraklassekorrelationen, som givet af Kempthorn and Tandon (1952).

$$w_{ij} = \frac{n_{ij}(1-t)}{1 + (n_{ij}-1) \cdot t - n \cdot b^2} \quad (3.23)$$

hvor n_{ij} = antal i den j^{te} afkomsggruppe i den i^{te} generation

t = intraklassekorrelation fundet ved (3.18)

b = regressionskoefficient *)

*) Ved 1. iteration er værdien b sat til: $\frac{0,5 \cdot t}{r^G}$

I tilfælde, hvor den estimerede b -værdi afveg væsentlig fra den på grundlag af t -beregnete b -værdi, er 2. iteration foretaget. Estimat af variansen på b er beregnet, som foreslået af Falconer (1952).

For hver af de fire afkom/forældreregressioner beregnes et gennemsnit af generationer, vægtet med den inverse varians på regressionen:

$$\bar{b} = \frac{\sum_{i=1}^7 \frac{b_i}{s_{b_i}^2}}{\sum_{i=1}^7 \frac{1}{s_{b_i}^2}} \quad (3.24)$$

og middelfejlen på $\bar{b}$ er beregnet under antagelse af uafhængighed mellem de enkelte estimater.

For hver generation er der med simpelt gennemsnit beregnet en afkom/forældreregression.

Estimering af heritabilitet på grundlag af datter/mor og søn/farregression er foretaget med ligningen $h^2 = 2 \cdot \bar{b}$; for regressionerne »datter/far« og »søn/mor« gælder følgende:

$$h^2 = 2 \bar{b} \cdot r_{A\sigma^*A\sigma^*} \cdot \frac{\sigma_{A\pi i}}{\sigma_{A\sigma j}} \quad ; i \neq j \quad (3.25)$$

hvor $\bar{b}$ = vægtet gennemsnit af afkom/forældreregression over generationer

$r_{A\sigma^*A\sigma^*}$ = genetisk korrelation mellem køn

$\sigma_{A\pi i}$ = genetisk standardafvigelse i forældregenerationen af det i^{te} køn

$\sigma_{A\sigma j}$ = genetisk standardafvigelse i afkomsgenerationen af det j^{te} køn

Forudsætningen for (3.25) er, at forskellen på additiv genetisk varians mellem køn skyldes en multiplikativ geneffekt; d.v.s., at hvis locus A bidrager med mængden a til den genetiske varians i det ene køn, vil bidraget i det andet køn være $a \cdot \sigma_{A_i}/\sigma_{A_j}$; for enkelte loci kan der gælde det, at deres gener kun manifesterer sig i det ene køn, hvilket er udtrykt ved hjælp af $r_{A\sigma A\sigma}$.

Forfatteren bekendt, foreligger intet bevis, der sandsynliggør, at $r_{A\sigma A\sigma} < 1$, hvad angår vækstevne hos slagtekyllinger; modsat tyder meget på, at den er tæt på 1, da selektionspresset på handyr gennem mere end 20 generationer konsekvent har været så meget højere end på hundyr, så der skulle kunne ses en højere relativ forskel på køn, såfremt den genetiske korrelation havde været mindre end 1. Intet tyder på en sådan udvikling, hvorfor $r_{A\sigma A\sigma}$ i (3.25) er sat lig med 1.

Kinney (1969) fandt i sit »Summary«, at i gennemsnit af 24 publikationer var h^2 for 8-ugers-vægt 0,38 for hane- og 0,39 for høne-kyllinger. Egne undersøgelser på linier fra Avlsstationen Stryn viser imidlertid en sikker tendens til højere h^2 blandt høne-kyllinger (Sørensen et al., 1978, Sørensen et al., 1980), hvorfor det er fundet mest forsvarligt at acceptere denne tendens og derfor foretage kønsvis estimering af h^2 .

3.6.2 Estimerede værdier af genetiske effekter

I tabel 3.25 er anført reduktionen af den fænotypiske varians blandt forældre, der er sket som følge af selektion, pooled over alle generationer. Den lidt større værdi for fædre i linie 66 skyldes, at der i en enkelt generation skete en fejl, da et par haner med meget lav vægt blev udvalgt og dermed forøgede variansen til det for generationen almindelige. Den anførte k -værdi indgår i (3.20) og (3.21) til korrigering af skøn for h^2 .

Tabel 3.25 Den fænotypiske variation blandt selekterede forældre som proportion af total variation (V_s/V_t) og relativ reduktion (K).

Table 3.25 Phenotypic variation among selected parents as proportion of total variation (V_s/V_t) and relative reduction of variance (K).

Linie <i>Line</i>	$\sigma\sigma$		$\sigma\sigma$	
	V_s V_t	K_σ	V_s V_t	K_σ
66	0,208	0,792	0,221	0,779
67	0,123	0,877	0,243	0,757
68	0,121	0,879	0,239	0,761

De ved model (3.18) estimerede skøn for h^2 er anført i tabel 3.26 med og uden korrektion for reduceret genetisk varians blandt forældre. De korrigerede estimater fra halvsøskendeanalysen ligger på 0,33–0,39 med et enkelt estimat på

Tabel 3.26 Skøn for h^2 på vægt ved 40 dages alder, estimeret på grundlag af model (3.18).
Table 3.26 Estimates for h^2 on weight at 40 days by means of model (3.18) (Halvsøskende = half sibs; Helsøskende = full sibs).

Linie <i>Line</i>	Varianskomponent of variance	Køn <i>Sex</i>	Uden korrektion $h^2 \pm s_{h^2}$ <i>Without correction</i>		Korrektionsfaktor <i>Correction factor</i>	$h^2_{\text{korr.}}$
66	Halvsøskende	♂♂	0,258	0,039	1,31	0,33
—	—	♀♀	0,255	0,039	1,30	0,33
—	Helsøskende	♂♂	0,409	0,039	—	—
—	—	♀♀	0,386	0,039	—	—
67	Halvsøskende	♂♂	0,275	0,042	1,40	0,39
—	—	♀♀	0,309	0,045	1,55	0,48
—	Helsøskende	♂♂	0,475	0,042	—	—
—	—	♀♀	0,343	0,042	1,57	0,54
68	Halvsøskende	♂♂	0,173	0,033	1,20	0,21
—	—	♀♀	0,267	0,041	1,39	0,37
—	Helsøskende	♂♂	0,286	0,038	1,39	0,40
—	—	♀♀	0,428	0,040	—	—

0,48 og et andet på 0,21. Førstnævnte »afviger« er ikke signifikant højere end de 4 estimater i området 0,33–0,39, medens forskellen på køn i linie 67 er et bidrag til hypotesen om reel større lighed mellem far-datter end far-søn. Forskellen på køn i linie 68 peger i samme retning, men her er differencen så stor, at den er signifikant forskellig fra de 4 midterestimater. De under helsøskendeanalysen fundne estimater er inden for køn næsten konsekvent signifikant højere end det tilsvarende estimat for halvsøskende, hvilket fremgår af tabel 3.27. Der er således et stærkt indicium for, at helsøskendekomponenten indeholder en signifikant effekt af henholdsvis dominant og/eller maternal oprindelse. Fire

Tabel 3.27 t-test af forskellen på de fundne estimater ved henholdsvis hel- og halvsøskendeanalyse.

Table 3.27 t-test of difference of estimates of h^2 from analysis of full sibs and half sibs respectively.

Linie <i>Line</i>	Køn <i>Sex</i>	t	P
66	♂♂	2,74	< 0,01
	♀♀	2,38	< 0,025
67	♂♂	3,37	< 0,001
	♀♀	0,57	> 0,50
68	♂♂	2,22	< 0,05
	♀♀	2,78	< 0,01

ud af 6 estimater fra helsøskendeanalysen er så høje, at de falder uden for grænserne af korrektionsmodellen (se APPENDIKS C), hvilket er et yderligere bevis på et indhold af andre elementer end den additive genetiske varians.

Resultaterne af regressionsanalyserne ved anvendelse af (3.22) er anført i tabel 3.28. Under gennemgang af detailtallene for de enkelte generationer er det bemærkelsesværdigt at se, at der i 2. og 7. generation findes henholdsvis 4 og 5 negative estimater ud af 14; og det ses tydeligere af yderste højre kolonne, hvor der er foretaget simpelt generationsgennemsnit, at disse to generationer udviser en klart lavere forældre-afkom-regression. Den mest sandsynlige forklaring herpå er, at det grundlag, hvorpå forældrene er selekterede i henholdsvis 1. og 6. generation, var et forholdsvis dårligt kriterium for bedømmelsen af deres avlsværdi, hvad angår vækstevne, og det er ensbetydende med en anelig »generation $\times$ genotype«-vekselvirkning. Generation 6 udmærkede sig ved at have en ekstraordinær høj vækstevne, hvorimod der ikke er nogen klare observationer vedrørende generation 1, der kan lede til opdagelse af årsagen til det fundne forhold. Denne reduktion af det estimerede h^2 kan synes ubehagelig, men er i virkeligheden det mest relevante udtryk for heritabiliteten over en række generationer; derfor må forældre-afkom-regressionen betragtes som værende en bedre metode til evaluering af h^2 end variansanalysen.

Den i afsnit 3.6.1 omtalte observation, at hønekyllinger udviser en højere heritabilitet end hanekyllinger, manifesterer sig tydeligt for linierne 67 og 68, estimeret fra såvel forældre-afkom-regression som halvsøskendeanalysen, idet

Tabel 3.28 Regression af afkom på forældre for hver generation og »pooled« på grundlag af model (3.22) samt estimering af h^2 i henhold til model (3.25).

Table 3.28 Coefficient of regression of the weight of parents on weight of offspring from model (3.22) and estimation of h^2 from model (3.25) – (Mor = Mother; Far = Father).

Forældre: Parents Afkom: Offspring	Linie 66				Linie 67				Linie 68				Gennem- snit Average
	Mor		Far		Mor		Far		Mor		Far		
	♂♂	♀♀	♂♂	♀♀	♂♂	♀♀	♂♂	♀♀	♂♂	♀♀	♂♂	♀♀	
Generation:													
1	0,23	0,02	-0,00	-0,10	0,44	0,28	0,41	0,23	0,06	0,14	0,07	0,38	0,18
2	-0,30	-0,29	0,20	0,29	-0,01	0,14	0,26	0,24	0,26	0,10	0,03	-0,09	0,07
3	0,47	0,32	0,09	0,09	0,24	0,27	0,06	0,31	0,14	0,05	0,21	0,41	0,22
4	0,27	0,28	0,02	-0,13	0,16	0,57	0,20	0,27	0,23	0,13	0,03	0,12	0,18
5	0,19	0,00	0,53	0,41	0,12	0,35	0,10	0,23	0,19	0,25	-0,07	0,20	0,21
6	0,43	0,23	0,14	0,20	0,14	0,04	0,56	0,56	0,03	-0,05	0,25	0,54	0,26
7	0,18	0,08	0,12	-0,01	-0,25	0,11	-0,37	-0,13	0,10	0,27	-0,18	0,33	0,02
b ^{Pooled}	0,25	0,10	0,12	0,09	0,14	0,23	0,20	0,28	0,14	0,13	0,04	0,24	-
s _b	0,07	0,07	0,05	0,04	0,08	0,06	0,08	0,06	0,06	0,06	0,07	0,07	-
h ²	0,41	0,20	0,24	0,22	0,24	0,46	0,40	0,67	0,32	0,26	0,08	0,42	-

differenceen » $h^2_{\sigma\sigma} - h^2_{\sigma\sigma}$ « som gennemsnit af de to estimeringsmetoder er henholdsvis 0,17 og 0,15 for de to linier, hvilket for begge liniers vedkommende er statistisk signifikant forskellig fra nul ($P < 0,05$), og den tilsvarende difference for linie 66 er -0,06 og ikke-signifikant. Den konflikt, som disse observationer udviser i sammenligning med det store antal referencør i Kinneys summary (Kinney, 1969), der som gennemsnit viste, at heritabiliteten for 8-ugers-vægt var identisk for de to køn, kan forklares med henvisning til den store ændring i vækstevne, der er sket i den mellemliggende tid, således at det i et vist omfang er gener fra andre loci, der har betydning for den genetiske variation i vækstevne.

Som det vil blive påvist i det efterfølgende kapitel, er der ret stor afstand mellem naturen af den genetisk betingede fremgang i linie 66 og fremgangen i de øvrige linier, hvorfor man kan hævde, at den for alle 3 linier fælles genetisk betingede variabilitet i vækstevne er af en sådan art, at den ikke bidrager til en differentiering mellem køn, men samtidig er den også del af variabiliteten, der er fælles med de populationer, der indgår i Kinneys materiale. En mulig forklaring på den observerede kønsforskel kan være, at den kraftigere selektion for vækstevne blandt hanekyllinger i højere grad har udtømt den genetiske variabilitet i dette køn. Denne forklaring kræver, dels at den genetiske korrelation mellem køn, hvad angår vækstevne, er mindre end 1, dels at den genetiske variabilitet reduceres med stigende antal generationers selektion for vækstevne; da intet af disse krav synes at være opfyldt (jfr. afsnit 3.6.1 og KAPITEL II), er det mest nærliggende at forklare den forskellige heritabilitet blandt køn med det allerede i KAPITEL II nævnte forhold, at det ændrede genetiske niveau i sig selv skabte en ny genetisk variabilitet vel at mærke, når den kommer til udtryk i det miljø (foder), hvori den er skabt.

I tabel 3.29 er foretaget et sammendrag af estimerede skøn for heritabilitet

Tabel 3.29 Sammenrag af estimerede skøn for h^2 for vægt ved 6 ugers alder.

Table 3.29 Summarized estimates of h^2 for weight at age of 6 weeks.

Methode	Methods	Linie Line					
		66		67		68	
		$\sigma\sigma$	$\sigma\sigma$	$\sigma\sigma$	$\sigma\sigma$	$\sigma\sigma$	$\sigma\sigma$
bAikom / Mor	bOffspring / Mother	0,41±0,14	0,20±0,12	0,24±0,16	0,46±0,12	0,32±0,12	0,26±0,12
bAikom / Far	bOffspring / Father	0,24±0,10	0,22±0,08	0,40±0,16	0,67±0,12	0,08±0,14	0,42±0,14
Halvsøskende	Halfsibs	0,33±0,05	0,33±0,05	0,39±0,06	0,48±0,07	0,21±0,04	0,37±0,06
		$\sigma\sigma + \sigma\sigma$		$\sigma\sigma + \sigma\sigma$		$\sigma\sigma + \sigma\sigma$	
Realiseret	Realized	0,30±0,10		0,18±0,05		0,23±0,07	
Regression	Regression	0,27±0,06		0,44±0,07		0,27±0,06	
Halvsøskende	Halfsibs	0,33±0,04		0,44±0,05		0,29±0,04	

for vægt på grundlag af forskellige metoder, idet dog helsøskendeanalysen er udeladt af grunde, der blev diskuteret i forbindelse med tabellerne 3.26 og 3.27. Førend en egentlig analyse af dette sammendrag kan foretages, er det nødvendigt at gøre sig klart, hvilke ikke-additivt genetiske effekter der kan indgå i de forskellige estimater. I tabel 3.30 er anført en oversigt (hovedsagelig efter Dickerson, 1969), som viser, hvilke effekter der er inkluderet i de benyttede varianskomponenter og regressionskoefficienter.

Tabel 3.30 Forventet sammensætning af varianskomponenter og regressionskoefficienter (Dickerson, 1969).

Table 3.30 Expected composition of components of variances and coefficients of regression (Dickerson, 1969).

Kilde:	Source	σ^2_A	σ^2_D	Epistatisk <i>Epistatic</i>				Maternel <i>Maternal</i>		σ^2_{GE}
				σ^2_{AA}	σ^2_{AD}	σ^2_{DD}	σ^2_{AAA}	$\sigma^2_{A_m}$	$\sigma^2_{D_m}$	
Variationsanal. <i>Analysis of variance</i>										
Fædre	<i>Fathers</i>	0,25	0,00	0,0625	0,000	0,0000	0,016	0,00	0,00	<0,25
Mødre	<i>Mothers</i>	0,25	0,25	0,1875	0,125	0,0625	0,109	1,00	1,00	<0,25
Halvsøsk. *)	<i>Halfsibs*)</i>	0,27	0,02	0,0640	0,010	0,005	0,025	0,08	0,08	<0,27
Helsøsk.	<i>Fullsibs</i>	0,50	0,25	0,2500	0,125	0,0625	0,125	1,00	1,00	<0,50
*)Far + 0,08 Moreffekt <i>Sire + 0.08 Dam effect</i>										
Regressionsanal. <i>Analysis of regress.</i>										
$b_{\text{Afkom/Far}}$	$b_{\text{Offspring/Father}}$	0,50	0,00	0,25	0,000	0,000	0,125	0,00	0,00	0,00
$b_{\text{Afkom/Mor}}$	$b_{\text{Offspring/Mother}}$	0,50	0,00	0,25	0,000	0,000	0,125	0,50	0,00	0,00
Realiseret	<i>Realized</i>	1,00	0,00	?	0,000	0,000	?	0,00	0,00	0,00
σ^2_A	= Varians fra additiv geneffekt									
σ^2_D	= Varians fra dominansafvigelse fra additiv geneffekt									
$\sigma^2_{AA}, \sigma^2_{AD} \sigma^2_{DD}$	= Varians fra to loci-interaktion af additiv geneffekt og dominansafvigelse									
σ^2_{AAA}	= Varians fra tre loci-interaktion af additiv geneffekt									
$\sigma^2_{A_m}$	= Varians fra maternel indflydelse, der virker som følge af additiv geneffekt									
$\sigma^2_{D_m}$	= Varians fra maternel indflydelse, der virker som følge af dominans effekt									
σ^2_{GE}	= Varians fra genotype-generation interaktion									

De 2 regressionsmodeller afviger i det forhold, at mor-afkom-regressionen indeholder halvdelen af maternel effekten, medens far-afkom regressionen ikke indeholder dette element. Vægtet gennemsnit (tabel 3.29) viser, at de 2 modeller giver identiske estimater ($h^2_{\sigma} = 0,31$; $h^2_{\varphi} = 0,32$), hvorfor det må konkluderes, at den materielle effekt ikke kan være særlig betydningsfuld for kyllingernes vækstevne.

Det grundlæggende træk i tabel 3.29 er, at de 3 estimater for h^2 er i god overensstemmelse, når det gælder de to linier, der er selekteret for vækstevne under ugunstige forhold, medens der tværtom for linie 67 er en markant forskel på re-

aliseret heritabilitet og h^2 , estimeret fra henholdsvis regression og halvsøsken-deanalyse. Idéen om, at langtidseffekten af selektion bl.a. er en ophobning af epistatiske effekter, og at man før eller senere opnår et balancepunkt, i hvilket rekombinationen nedbryder de epistatiske effekter med samme hastighed, som selektionen opbygger dem, således som den præsenteredes i KAPITEL II, kan benyttes til forklaring af den i tabel 3.29 fundne linieforskel, hvad angår overensstemmelse mellem h^2 -estimerer eller mangel på samme.

Linie 67 er igennem de otte generationer, der ligger til grund for nærværende forsøg, blevet selekteret på samme grundlag, som det vides at være foregået i de forudgående 5–7 generationer, og som det må formodes også at have været gældende, allerede før avlsmaterialet kom her til landet. Avlshistorien for linie 67 har derfor i de seneste 30 generationer været selektion for høj vækstevne på grundlag af 6–10 ugers-vægt, opnået gennem ad libitum fodring og foder med optimalt indhold af de vigtigste ernæringskilder. Så lang en periode med høj selektionsintensitet og store populationer vil uvægerlig influere på den her nævnte epistaci-balance, såfremt det sammenlignes med de i KAPITEL II refererede langtidseksperimenter med mus og tribolium.

Den realiserede heritabilitet for linie 67 er således en effekt af ren additiv arv og muligvis en lille smule negativ effekt af nedbrudt epistatisk effekt, fordi selektionsintensiteten i forsøget generelt var en smule mindre end under det forudgående praktiske avlsarbejde. Den på grundlag af regression estimerede h^2 vil få (tabel 3.30) et betydeligt bidrag fra epistatiske effekter fra såvel koblede som uafhængige loci; det samme gør sig gældende om end i mindre udstrækning for h^2 , estimeret fra halvsøskenanalyse, som så til gengæld vil få et bidrag fra »generation $\times$ genotype«-vekselvirkningen, hvilket i følge tabel 3.28 ikke er uvæsentlig.

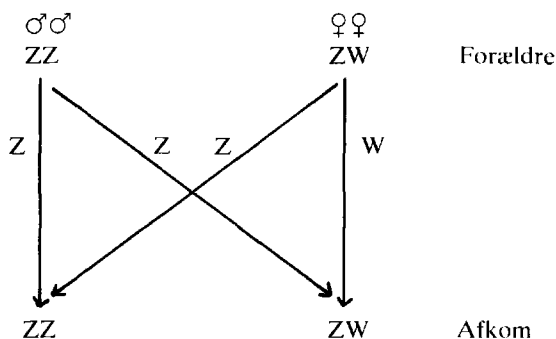
De to linier, der i forsøget er selekteret for vækstevne på grundlag af suboptimale fodringstilstande, blev fra generation 0 mødt med andre krav til genotypen, end de hidtil havde været udsat for, hvilket allerede er vist (Sørensen, 1977), idet den genetiske varians for vækstevne under et lavproteinmiljø kun havde 30–50% sammenfald med den genetiske varians, der er essentiel for vækstevne under et normalt proteinmiljø. Noget lignende, men dog mindre drastisk, ses (afsnit 4.1) at være tilfældet for den linie, der skulle selekteres i et foderrationeringsmiljø. Såfremt de loci, der har speciel betydning i et givet miljø, er jævnt fordelt over hele genomet, ser man forholdsvis let, at hvis disse udgør 10%, så vil den additivt genetiske varians, der er fælles i to miljøer, være 90% af den totale additivt genetiske varians, men den 2-loci-betingede epistatiske varians, der er fælles i de 2 miljøer, vil være reduceret til

$$\left(1 - \frac{90}{100} \cdot \frac{89}{99}\right) \times 100 = 80,9\% \text{ og den 3-loci-betingede til}$$

$$\left(1 - \frac{90}{100} \cdot \frac{89}{99} \cdot \frac{88}{98}\right) \times 100 = 72,6\%.$$

Antager man, at kun 50% af de involverede loci er fælles for miljøet i henholdsvis linie 66 og linie 67, ses, at den epistatiske varians, der er fælles, meget let er mindre end 20% af den epistatiske varians, der ligger bag linie 67, og det er grundlag for at påstå, at linie 66, men mindre sikkert linie 68 ikke var belastet med koblede, epistatiske effekter i generation 0. Det er ikke muligt at gøre rede for, hvorvidt den forholdsvis gode overensstemmelse mellem realiseret heritabilitet og h^2 , estimeret fra regressions- og halvsøskendeanalysen i linier 66 og 68, skyldes mangel på epistatisk effekt, eller om den skyldes en over de forløbne 7 generationer opbygget epistatisk effekt i de to linier.

Den særlige effekt af genetisk varians, der hidrører fra kønskromosomerne, kan nærmere undersøges i følgende skema:



Kønskromosomernes bidrag til den genetiske varians er i tabel 3.31 angivet som en proportion af den maksimalt opnåelige varians fra kønskromosomer, hvor det f.eks. er givet, at sønner aldrig får noget bidrag fra W, medens bidraget fra Z varierer fra 0,29 til 1 (Wright, 1933). Geografisk set er Z-kromosomet væsentlig større end W-kromosomet, og medens der kun kendes få koblingsgrupper på sidstnævnte, er Z-kromosomet efterhånden vel udbygget med markørgener; derfor kan det forventes, at Z-kromosomet bidrager betragtelig mere

Tabel 3.31 Proportion af genetisk varians fra kønskromosomer.
Table 3.31 Proportion of genetic variation from sex chromosomes.

Metode	Methods	♂♂-kyllinger		♀♀-kyllinger	
		♂♂-chickens Z	W	♀♀-chickens Z	W
$b_{\text{Afkø}/\text{Far}}$	$b_{\text{Offspring}/\text{Father}}$	1/2	0	1/2	0
$b_{\text{Afkø}/\text{Mor}}$	$b_{\text{Offspring}/\text{Mother}}$	1	0	0	1
Halvsøskende	Half sibs	0,29	0	1/2	0,04
Helsøskende	Full sibs	3/4	0	1/2	1

til genetisk varians for den polygeniske egenskab »vækstintensitet« end det modsvarende W-kromosom. Det vil eksempelvis sige, at det kan forventes, at $b_{\text{søn/mor}} > b_{\text{datter/mor}}$.

Som allerede nævnt, er der en markant højere heritabilitet for hønekyllinger i linierne 67 og 68, hvilket tydeligvis skal tillægges andre årsagskilder end kønskromosomerne, derfor vil et test af nævnte hypotese ikke være uafhængig af den allerede observerede kønsforskel i h^2 . For linie 66, hvori der ikke blev fundet nogen generel kønsforskel, hvad angår h^2 , er der grund til at påpege, at søn/mor-regressionen er væsentlig højere end de øvrige regressioner (tabel 3.28). For de øvrige linier gælder, at den største kønsforskel er at finde i afkom/far regressionerne; det må derfor påpeges, at der er fundet en tendens til, at søn/mor regressionen er højere end de øvrige afkom/forældre regressioner, når højde tages for en blandt hønekyllinger generel højere heritabilitet.

KAPITEL IV

4 Undersøgelser af korrelerede ændringer

En af Darwins største fortjenester var hans påpegning af variabiliteten i en population og den betydning, denne har for tilpasningen af delpopulationer til de givne forhold, især manifesteret gennem det af ham indførte begreb »survival of the fittest«. Når mennesket overtager naturen på dette område i form af et bevidst avlsarbejde for at ændre en population i en eller anden retning for en egenskab eller et sæt egenskaber, må man være opmærksom på, at den balance, der eksisterer mellem populationens genotype og det miljø, den er tilpasset, bliver forstyrret.

Forudsætningen for at få det fulde udbytte af et bevidst gennemført avlsarbejde er derfor, at der i takt med den genetisk betingede ændring foretages en løbende tilpasning af det omgivende miljø. Et af de mest iøjnefaldende eksempler på denne tilpasning kan hentes fra avlen med slagtekyllinger, hvor det er helt nødvendigt at foretage en restriktiv tildeling af foder til avlsdyrene, da de ellers hurtigt vil æde så meget foder, at de er ude af stand til at lægge æg eller for hanens vedkommende at træde hønerne.

Med andre ord kan det konstateres, at den genetiske korrelation mellem vækstevne og reproduktionskapacitet var negativ; men her skal man være varsom med at generalisere, fordi vækstevne i denne sammenhæng er en vækstevne, der er opnået gennem måling af individernes vægt ved en given alder under fri adgang til et foder med fuldstændig dækning af kendte, essentielle ernæringskilder. Det er let at indse, at avl for høj vækstevne under sådanne forhold er tæt forbundet med en forøgelse af appetitten, og det er således den virkelige årsag til den strenge rationering af avlsdyrene fra slagtekyllingelinier. I fald vækstevnen var målt under rationeret tildeling af foder, således at hvert dyr fik samme mængde foder, ville den korrelerede ændring i appetit som følge af selektion for vækstevne være nær *nul*; en anden mulighed kunne være, at dyrene fodredes med et underlødigt foder, der krævede optagelse af ekstra ordinære fodermængder. Man kunne da forestille sig, at den korrelerede appetitselektion var endnu højere, end hvis foderet var optimalt.

Et andet klassisk eksempel på, at det foretagne avlsarbejde har haft en kraftig indflydelse på en livsytring, der ville være fatal, hvis populationen blev overladt til sig selv i naturen, er rugEinstinktet hos høner af æglægningstype. Her har mennesket i hundrede af generationer gennem avlsarbejdet ændret hønen således, at det nu er dens natur at lægge et æg næsten hver dag; og samtidig har mennesket overtaget rugningen af æg, hvorved rugEinstinktet og rugclyst er totalt for-

svundet, så disse høner ikke ville være i stand til at reproducere sig selv, hvis de ikke fik andre til at udruge æggene.

Dette er eksempler på genetisk korrelerede effekter, som dels er iøjnefaldende, dels har gjort det nødvendigt for fjerkræavlere fundamentalt at ændre på de miljøforhold, som høns har mødt under evolutionen. Der vil være et meget stort antal andre egenskaber og karaktertræk, der vil undergå ændringer; nogle kan være neutrale såvel i forhold til dyrets »fitness« som til producentens interesse, nogle kan påvirke dyrets fitness i uheldig retning, hvorefter producenten kan gribe ind ved at justere forholdene omkring dyret, eller avleren kan gribe ind ved at selekttere for et avlsindeks, der modvirker denne tendens; endelig kan der ske ændringer, der ikke påvirker hønens fitness, men som producenten er berørt af.

Som eksempler på tilsyneladende neutrale effekter kan nævnes adfærdsmønstre såsom ædevaner (hastighed) og villighed til at lægge æg på rede.

For slagtekyllingers vedkommende er det almindeligt at drive avl for opnåelse af et langt og kødfyldt bryst. Denne form for avl resulterer imidlertid i en reduktion af rugeæggenes klækbarhed (Sørensen, Nielsen og Kold, 1980), for hvilket avleren er nødsaget til at tage højde i sit avlsindeks. På tilsvarende måde er det velkendt, at selektion for høj læggeintensitet blandt høner af konsumægstype giver en svagere skalstyrke (f.eks. van Tien, 1977, og Sørensen, Ambrosen og Petersen, 1980). Dette kan producenten modvirke ved at drage omsorg for, at æggenes transport fra høne til konsument foretages på den blidest mulige måde, men da æg med svag skal har en dårlig rugbarhed, betyder det samtidig, at hønens fitness berøres, og det kan være avlerens incitament til gennem avlsarbejdet at forbedre skalstyrken.

Et andet eksempel taget fra konsumægshønerne er, at læggeintensitet er negativt korreleret til ægvægt; det berører ikke hønens fitness, men producenten vil ikke være tilfreds med høner, der lægger små æg.

Disse korrelerede effekter, hvoraf nogle er indlysende og derfor kan indgå i de overvejelser og planlægninger, der går forud for gennemførelse af en avlsplan, medens andre uventet viser sig et stykke fremme i gennemførelsen af en avlsplan, må man lære at leve med.

De korrelerede ændringer, der berører dyrenes fitness, er avlere og producenter nødsaget til at tage alvorligt. Der kan tages hensyn til dem på to principielt forskellige måder:

- 1) Man kan tillæmpe et miljø, der eliminerer den negative effekt (rationeret fordeltildeling til broileravlsdyr)
- 2) Man kan gennem selektion anvende et avlsindeks, der forsøger at eliminere den »fitness«-reducerende komponent (skalstyrke, kropform).

De korrelerede ændringer, som er hønen uvedkommende, men berører producenten, vil i et avlsarbejde, der har et produktionsøkonomisk sigte, altid

blive inddraget i et avlsindeks (ægstørrelse, kropstørrelse hos høner af æglægningstype).

En anden effekt, der traditionelt er behandlet som værende forskellig fra korreleret effekt, men som i sin natur har meget til fælles med korreleret effekt, er *genotype – miljøinteraktion*. Denne effekt, illustreret i fig. 4.1, er et særlig ubehageligt område for det mere og mere koncentrerede avlsarbejde med fjerkræ, fordi man ikke på forhånd kan være sikker på, at det genetiske potentiale, der er opnået inden for rammerne af et avlscenter, slår fuldstændig igennem hos de forskellige afskygninger af miljøforhold, der findes i produktionen. Et markant eksempel på en sådan høj vekselvirkning blev fundet af Christensen (1970), der sammenlignede afkomsgrupper af køer på de såkaldte »afkomsprøver« (= ensartede og gode miljøforhold) med de samme afkomsgrupper, når disse producerede under praktiske forhold (= varierende miljøforhold); han fandt en overraskende høj vekselvirkning, hvilket er ensbetydende med, at tyre, der er rangeret efter afkommets ydelse på afkomspøvestationer, vil udvise en væsentlig anderledes rangering, når data fra afkom, der producerer under praktiske forhold, lægges til grund.

For høns af æglægningstype blev foretaget et meget stort antal undersøgelser – især i tilknytning til de afprøvninger, der er pågået i forbindelse med de såkaldte »Random Sample tests« af forskellige afstamninger af høns på forskellige stationer, fordelt over hele USA. Hovedkonklusionen er, at såfremt miljøvariationen er tilstrækkelig stor, vil man næsten altid kunne påvise en genotype – miljøinteraktion. Et af de mest slående beviser er givet af Dickerson and Mather (1976), der fandt, at den genetisk betingede forøgelse af antal æg og ægmasse i perioden 1958–1970 var 14% i bure, men kun 8%, når hønerne gik på gulv. Betydningen heraf er, at samtidig med selektion for ægydelse i nævnte periode skete også en tilpasning til burforhold ganske enkelt, fordi selektionsgrundlaget var registrering af ægydelse i bure; kvantitativt er proportionen 8/14 af den genetiske forbedring, der er gennemført, fælles for begge produktionssystemer, og det giver anledning til en betydelig genotype – miljøinteraktion. Falconer (1952) viste, at det var rimeligt at betragte den samme egenskab, målt i to forskellige miljøer, som værende to egenskaber, mellem hvilke der kan beregnes en genetisk korrelation. I tilfælde, hvor vekselvirkningen er nul, er de to »egenskaber« sammenfaldende, og den genetiske korrelation er 1.

Dette kapitel vil fokusere på de korrelerede ændringer, der er sket som følge af den selektion for høj tilvækstevne under forskellige fodringsmiljøforhold, der er beskrevet i KAPITEL III. Der vil blive foretaget en analyse, dels af, hvorledes de 3 involverede linier reagerer under opdrætning i de 3 specificerede fodringsmiljøer, hvad angår vækstevne, foderoptagelse, foderudnyttelse og fedtaflejring, dels af ændringer i en lang række øvrige egenskaber og karakterer.

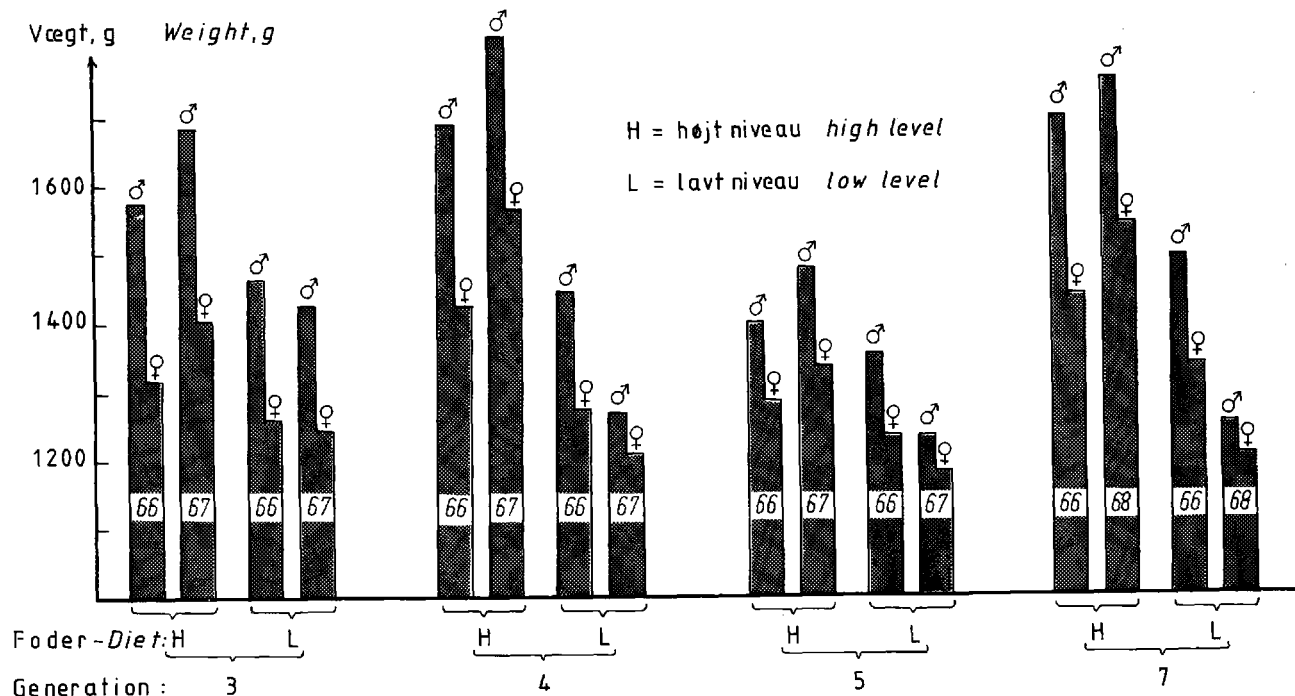


Fig. 4.1 Linie $\times$ foder vekselvirkning for vægt ved 6 ugers alder for generationerne 3, 4, 5 og 7. Linienummer er anført i hver søjle. Højt proteinniveau i foder svarer til 100% dækning af det forventede behov; lavt svarer til 70% dækning af de mest begrænsende aminosyrer.

Line $\times$ diet interaction for body weight at the age of 6 weeks for generations 3, 4, 5 and 7. The line designations are given on the column. The high diet contained a protein concentration to meet the requirement, and the low diet contained 70% of the requirement of the

4.1 Tilvækstevne og foderoptagelse i forskellige fodringsmiljøer

De typer af afprøvninger, der er blevet gennemført, er i hovedsagen normalt versus lavt proteinniveau, hvor alle 3 linier er afprøvet på begge (flere) niveau'er af protein i foder. Ved afprøvning af, i hvilket omfang restriktiv versus ad libitum fodring har influeret på selektionen for vækstevne, er alle undersøgelser bortset fra et enkelt tilfælde alene gennemført ved sammenligning af linierne 67 og 68 under ad libitum fodring; begrundelsen er, at afprøvning for vækstevne under restriktiv foderoptagelse af de to linier i højere grad vil være et test for foderudnyttelse, hvorfor det oprindelige sigte – nemlig at undersøge vækstevne og foderoptagelse – fortøner sig.

Fastlægning af genotype – miljøinteraktion er gennemført i følgende 3 trin:

- 1) Statistisk/genetiske analyser i 0. generation på grundlag af fareffekter
- 2) Afprøvning i hver af generationerne 3–5 samt 7 og »9« af de forskellige linier i hverandres fodringsmiljø
- 3) Afprøvning af alle 3 linier på foder med varierende indhold af protein i 6. generation.

De to første trin er gennemført på Avlsstationen Strynø i tilknytning til det egentlige selektionsforsøg, medens det sidste er gennemført på Favrholt ved Hillerød i et separat forsøg, der omfattede detaljerede bestemmelser af tilvækst og foderoptagelse, efterfulgt af slagte kvalitetsbestemmelse og kemisk analyse af kroppens sammensætning.

4.1.1 Statistisk/genetiske analyser i 0. generation

Den anvendte metode ved etablering af de 3 sublinier fra basisgenerationen muliggør en statistisk/genetisk analyse på grundlag af fareffekter ved to forskellige metoder, benævnt *Interaktion* og *Kovarians* i 0. generation.

De to anvendte modeller er:

$$y_{ijkl} = \mu + h_i + d_j + s_k + ds_{jk} + e_{ijkl} \quad (4.1)$$

- hvor
- μ = least square middel
 - h_i = fast effekt af det i^{te} hold
 - d_j = fast effekt af det j^{te} fodringsmiljø
 - s_k = tilfældig effekt af den k^{te} halvsøskendegruppe
 - ds_{jk} = tilfældig effekt af j^{te} fodringsmiljø og k^{te} halvsøskendegruppe
 - e_{ijkl} = tilfældig uforklaret rest.

Middelkvadraternes forventede sammensætning af de tilfældige effekter er følgende:

Årsagskilde	MK	Forventet sammensætning
Halvsøskendegruppe	MK ₁	$\sigma_e^2 + k_1 \cdot \sigma_{D \times S}^2 + k_2 \cdot \sigma_S^2$
Halvsøskendegruppe $\times$ fodringsmiljø	MK ₂	$\sigma_e^2 + k_3 \cdot \sigma_{D \times S}^2$
Rest	MK ₃	σ_e^2

Den genetiske korrelation mellem samme egenskab, målt i 2 miljøer, udledes af følgende:

$$\sigma_{D_{xA}}^2 = \frac{(\sigma_{A1} - \sigma_{A2})^2}{2} + \sigma_{A1} \cdot \sigma_{A2} \cdot (1 - r_g)$$

hvor σ_{A1} = kvadratrods af den additive, genetiske varians i miljø *I*

$$\sigma_{D_{xA}}^2 = \frac{1}{r^G} \cdot \sigma_{D_{xS}}^2 ; r^G = 0,28$$

Det skal bemærkes, at estimering af h^2 på grundlag af σ_S^2 giver den del af den additive varians, der er fælles for de to miljøer.

Kovariansmetoden beror på den oprindelige definition:

$$r_g = \frac{\text{Cov}_{A1A2}}{\sigma_{A1} \cdot \sigma_{A2}}$$

$$\text{hvor } \text{Cov}_{A1A2} = \frac{1}{r^G} \cdot \text{Cov}(\bar{P}_{j1}, \bar{P}_{j2})$$

og r^G = det gennemsnitlige slægtskab
 $\bar{P}_{j1}$ = least square middel af den *j*^{te} halv søskendegruppe, korrigeret for holdeffekt i miljø *I*.

Resultaterne af de med model (4.1) gennemførte analyser samt en analyse i henhold til model 3, Sørensen (1977b), til estimering af additiv genetisk varians er præsenteret i tabel 4.1 i en kort form, idet principperne er fuldstændig, som anvendt i det tidligere arbejde (Sørensen, *ibid*).

De ved kovariansmetoden estimerede værdier for den genetiske korrelation er præsenteret i tabel 4.2, beregnet efter den metode, der er anført i 1977-artiklen.

Disse analyser viser, at der i generation S_0 er fundet en betydelig vekselvirkning mellem genotype og de fodringsmiljøer, der vil være gældende for linierne 66 og 67 og for linierne 66 og 68, hvad angår vægt ved 38 dage. Denne vekselvirkning er udtrykt i form af genetisk korrelation mellem det samme mål, registreret under to forskellige miljøforhold, og viser en betydelig afvigelse fra 1. Der eksisterer ikke noget egentligt test til at afsløre denne signifikans, men det forhold, at de opnåede estimater afviger 3–4 gange standardfejlen fra 1, forekommer at være tilstrækkeligt bevis herfor (Robertson, 1959).

Tabel 4.1 Estimater af varianskomponent ($s_{D \times S}^2$), genetisk korrelation (r_g) og fejl herpå (s_{r_g}) mellem vægt ved 38 dage, målt under parvis forskellige miljøforhold, samt de tilhørende additivt genetiske standardafvigelse i S_0 generation.

Table 4.1 Estimate of components of variance ($s_{D \times S}^2$), genetic correlation (r_g) between weight at 38 days measured in different feeding regimes standard errors (s_{r_g}), and additive genetic standard deviations.

Fodringsmiljø ^{a)} Feeding regime ^{a)}		Køn Sex	s ² _{DXS}	r _g	± s _{r_g}	s _{A1}	s _{A2}
66	67	♂♂	2069	0,25	±0,28	112,7	82,0
		♀♀	811	0,32	±0,27	80,3	30,3
68	67	♂♂	353	0,91	±0,20	38,0	82,0
		♀♀	73	0,79	±0,27	36,9	30,3
66	68	♂♂	2031	-0,04	±0,30	112,7	38,0
		♀♀	1487	-0,47	±0,26	80,3	36,9

a) De anførte tal refererer til det fodermiljø, i hvilket de enkelte linier er opdrættet.

a) The figures refer to the feeding regime of each line reared.

Tabel 4.2 Estimater af genetisk korrelation (r_g) mellem vægt ved 38 dage under parvis forskellige miljøforhold, bestemt ved hjælp af kovariansmetode og standardfejlen (s_{r_g}).

Table 4.2 Estimate of genetic correlation between weight at 38 days measured in different feeding regimes through the covariance method, and the standard error (s_{r_g}).

Fodringsmiljø*) Feeding regime*)		Køn Sex	r _g	s _g
66	67	♂♂	0,26	0,22
		♀♀	0,35	0,30
68	67	♂♂	0,66	0,17
		♀♀	1,18	—
66	68	♂♂	0,01	0,28
		♀♀	0,13	0,28

*) Se fodnote til tabel 4.1

*) See footnote to Table 4.1

Vekselvirkningen for de to miljøer, under hvilke linierne 67 og 68 skal opdrættes, er i forhold hertil beskeden, og det må fortolkes på den måde, at den genetiske korrelation på vægt, målt under henholdsvis restriktiv og ad libitum fodring, er forholdsvis tæt på 1.

4.1.2 Afprøvning i 3.-5. samt 7. og 9. generation

I hver af generationerne 3-5 er alle 3 linier afprøvet på de to foderblandinger, tildelt ad libitum, medens der i 7. generation kun er foretaget afprøvning af linierne 66 og 68. I alle 4 generationer er fodret med det foder, der i øvrigt er anvendt i pågældende generation, og hvis kemiske sammensætning er præsenteret

i tabellerne 3.3 og 3.4. Det er tilstræbt at indsætte 200 daggamle kyllinger fra hver linie på hver af de to foderblandinger. Vægt ved 40 dage er bestemt individuelt, medens der er foretaget en rumvis opgørelse af foderoptagelse. I tabel 4.3 er præsenteret resultaterne, dels af vægtbestemmelsen, dels den tilhørende rumvise registrering af foderoptagelse.

Med hensyn til vægt ses at være en tydelig effekt af proteinniveau og linie samt det velkendte forhold, at hønekylinger vejer 82–90% af hanekyllingernes vægt. Der er en tydelig markering af en vekselvirkning mellem linie og foder, hvilket mere overbevisende er demonstreret i fig. 4.1, hvor der for overskuelighedens skyld kun er indtegnet 2 linier for hver generation.

Tabel 4.3 Vægt ved 40 dage (3. generation – dog 39 dage), foderoptagelse og foderforbrug for generationerne 3–7 for de 3 linier, opdrættet på henholdsvis normalt (I) og et lavt proteinfoder (II).

Table 4.3 Weight at 40 days, (but 3rd generation – 39 days), food intake, and food conversion ratio for generations 3–7 from the 3 selected lines reared on normal diet (I) and low-protein diet (II).

Generation	Linie	Foder	Vægt ved 40 dage				Antal kyll. v/ 40 dage	Vægt på II i proport. af I		Foder- optag., kg/kyll.	Foder- forbrug kg/kg kyll.
			♂♂		♀♀						
			$\bar{X}$	s_x	$\bar{X}$	s_x					
Genera- tion	Line	Diet	Body weight at 40 days				No. of chicks/40 d.	♂♂ Weight proport- ion, II/I	♀♀	Food intake kg/chick	Food con- version ratio
3	66	I	1575	144	1315	113	191	0,93	0,96	2,70	1,87
		II	1466	140	1262	110	198			2,75	2,02
	67	I	1687	147	1406	107	194	0,85	0,88	2,87	1,85
		II	1427	190	1243	156	148			2,62	1,96
	68	I	1619	173	1369	114	190	0,85	0,91	2,72	1,83
		II	1381	163	1248	126	195			2,61	1,98
4	66	I	1689	132	1421	134	165	0,85	0,90	2,98	1,90
		II	1443	136	1274	120	172			3,24	2,08
	67	I	1822	175	1565	143	92	0,70	0,77	2,93	1,90
		II	1269	186	1210	162	158			2,80	2,06
	68	I	1673	157	1422	141	106	0,69	0,80	2,56	1,83
		II	1156	194	1137	148	171			2,46	2,14
5	66	I	1399	181	1288	138	196	0,97	0,96	2,87	2,13
		II	1356	190	1236	118	194			2,87	2,22
	67	I	1480	182	1336	137	155	0,84	0,88	2,93	2,07
		II	1238	198	1182	154	156			2,83	2,34
	68	I	1433	143	1332	129	190	0,81	0,82	2,80	2,02
		II	1167	179	1090	165	190			2,59	2,30
7	66	I	1700	134	1439	129	191	0,88	0,93	3,25	2,05
		II	1498	172	1338	111	144			3,05	2,15
	68	I	1755	170	1544	120	175	0,71	0,78	3,20	1,93
		II	1254	196	1206	206	167			2,70	2,20

En statistisk analyse er foretaget for at evaluere, med hvilken styrke de enkelte effekter påvirker vægt ved 40 dage. Variansanalysen for test af effekt af linie, køn og foder på vægt ved 40 dage er gennemført på grundlag af følgende model:

$$y_{ijkl} = \mu + L_i + D_j + S_k + LD_{ij} + LS_{ik} + DS_{jk} + e_{ijkl} \quad (4.2)$$

hvor y_{ijkl} = individuel vægt ved 40 dage

L_i = effekt af den i^{te} linie (66, 67 eller 68)

D_j = effekt af det j^{te} foder (normalt eller lavt protein)

S_k = effekt af det k^{te} køn

e_{ijkl} = uforklaret rest.

Resultaterne af den statistiske analyse er præsenteret i tabel 4.4 og viser, at de 3 hovedeffekter har en meget signifikant indflydelse på vægt. Interaktion mellem linie og foder er stærkt signifikant og viser en stigende F-værdi med generationer som udtryk for en stigende afstand mellem linier, når de afprøves på hinandens foder.

Interaktionen mellem foder og køn er et udtryk for, at hønekylinger klarer sig relativt bedre på det dårlige foder end hanekylinger, hvilket også fremgår af tabel 4.3; ved nærmere undersøgelse af denne tabel ser man imidlertid også, at navnlig linierne 67 og 68 bidrager til den her omtalte interaktion, og det skulle derfor bidrage til en »tre-vejs-interaktion«; en sådan analyse har været gennemført, men gav ingen signifikant virkning, og baggrunden er måske, at denne tilsyneladende tre-vejs-interaktion er absorberet i to-vejs-interaktionerne »foder $\times$ køn« og »køn $\times$ linie«. Den observerede køn $\times$ linie – interaktion i 4. og 7. generation er der ingen umiddelbar forklaring på ud over den allerede nævnte og kan måske derfor betragtes som et artefakt, der i virkeligheden er fremkaldt af en tre-vejs-interaktion.

Niveau'et for vægt ved 40 dage i de enkelte test er underkastet de samme variationer, som gjaldt for de tilhørende generationer (se KAPITEL III) og skyldes i hovedsagen de to anvendte foderblandinger; specielt for 5. generation har normalblandingen haft en næsten depressiv effekt, medens lavproteinblandingen i 3. generation næsten har været for »god«, d.v.s. haft et højere indhold af aminosyrer, end tilsigtet.

Foderoptagelsen, anført i tabel 4.3, varierer en del, men det gennemgående træk er, at på normalfoderet har linierne 66 og 67 samme foderoptagelse, medens linie 68 har haft 7,9% lavere foderoptagelse, sammenlignet med linie 67. På lavproteinfoderet havde linie 66 i alle generationer en højere optagelse end de to øvrige linier og har i gennemsnit af generationer haft samme optagelse af foder uanset foderblanding, medens linierne 67 og 68 havde en reduceret optagelse af lavproteinfoder, svarende til henholdsvis 5,4% og 8,2%.

Tabel 4.4 Variansanalyse for virkningen af linie, køn og foder på vægt ved 40 dage i generationer 3–5 og 7.*Table 4.4 Analysis of variance of effect of line, sex, and diet on weight at 40 days in generations 3–5 and 7.*

Årsag		Fri. gr. *)	3. generation			4. generation			5. generation			7. generation		
			middel- kvadrat	F	P <	middel- kvadrat	F	P <	middel- kvadrat	F	P <	middel- kvadrat	F	P <
			3rd generation			4th generation			5th generation			7th generation		
Source	DF	MS	F	P	MS	F	P	MS	F	P	MS	F	P	
Linie	Line	2	1,49×10 ⁵	7,56	0,0010	1,03×10 ⁶	43,34	0,0001	4,50×10 ⁵	17,24	0,0001	4,74×10 ⁵	18,45	0,0001
Foder	Diet	1	6,69×10 ⁶	339,59	0,0001	2,43×10 ⁷	1027,94	0,0001	7,10×10 ⁶	272,07	0,0001	1,33×10 ⁷	518,02	0,0001
Køn	Sex	1	1,29×10 ⁷	654,82	0,0001	5,38×10 ⁶	227,16	0,0001	2,64×10 ⁶	101,25	0,0001	4,71×10 ⁶	183,40	0,0001
Linie × foder		2	4,23×10 ⁵	21,47	0,0001	1,36×10 ⁶	57,52	0,0001	1,10×10 ⁶	42,17	0,0001	3,01×10 ⁶	117,28	0,0001
Linie × køn		2	5,08×10 ⁴	2,58	0,1000	1,71×10 ⁵	7,24	0,0008	1,51×10 ⁴	0,58	0,5611	2,77×10 ⁵	10,80	0,0011
Foder × køn		1	5,51×10 ⁵	27,96	0,0001	1,37×10 ⁶	57,74	0,0001	4,48×10 ⁴	1,72	0,1903	7,36×10 ⁵	28,68	0,0001
Rest**)			1,97×10 ⁴			2,36×10 ⁴			2,61×10 ⁴			2,57×10 ⁴		

*) I 7. generation er der kun 2 linier, hvorfor alle frihedsgrader i denne generation er 1.

**) Frihedsgrader for restvariansen er anført i rækkefølge. 3–7 generation: 1082, 854, 1050 og 653

*) In the seventh generation, only 2 lines were represented, thus: DF = 1

**) DF for errors is given in generation sequence: 1082, 854, 1050 and 653.

Sammenholdes opnået vægt med foderoptagelse, fås det økonomisk mere relevante mål »kg foder pr. kg kylling«, og på normalfoderet er gennemsnitstallene 1,99; 1,94 og 1,90 for linierne 66, 67 og 68, medens de tilsvarende tal for lavproteinfoder er 2,10; 2,12 og 2,14.

I 2. generation, efter at det egentlige selektionsforsøg var ophørt, d.v.s. »9«. generation, blev foretaget en afprøvning af de 3 liniers vækstevne på et almindeligt slagtekyllingefoder. Formålet med denne afprøvning var at sammenligne ad libitum fodring med restriktiv fodertildeling for at studere følgende:

- 1) Interaktion mellem linier og fodring, hvad angår vækst
- 2) Interaktion mellem linier og fodring, hvad angår fedtaflejring.

I dette afsnit behandles alene det førstnævnte problem. Kyllingerne fra alle 3 linier blev blandet og fordelt i 2 rum, hvoraf det ene rum fik foder tildelt ad libitum, medens kyllingerne i det andet rum fik en rationeret mængde, svarende til 70% af den mængde, som de ad-libitum-fodrede kyllinger optog. Afprøvningen blev foretaget på Strynø og fulgte den sædvanlige opdrætnings teknik – herunder især den i KAPITEL III anførte metode med opdrætning af linie 68 kyllinger. Hensigten med at blande kyllingerne fra forskellige linier i samme rum var at undersøge, om linie 68 kyllinger under selektionsforløbet havde ændret ædeadfærd, således at disse kyllinger under restriktiv fodring ville æde mere og dermed vokse mere end kyllingerne fra de øvrige 2 linier.

Vægt og standardafvigelse herpå er anført i tabel 4.5 for hver linie under hver behandling. Statistisk analyse for effekt af linie, behandling, køn og interaktion er gennemført i henhold til model (4.2), og resultaterne heraf er anført i tabel 4.6.

Under ad libitum fodring er der pr. kylling forbrugt 2,97 kg. Det daglige forbrug blandt ad libitum fodrede kyllinger er løbende blevet beregnet, og på dette grundlag er rationeringen foretaget; forbruget var 2,12 kg foder pr. kylling eller

Tabel 4.5 Middelvægt ($\bar{X}$), standardafvigelse (s_x) og variationskoefficient (CV) for alle linier og køn, fodret henholdsvis ad libitum og rationeret til 70% heraf.

Table 4.5 Mean ($\bar{X}$), standard deviation (s_x), and coefficient of variation (CV) for lines and sex fed ad libitum and restricted.

Linie <i>Line</i>	Køn <i>Sex</i>	ad libitum				70% ration				Proportion
		N	$\bar{X}$	s_x	CV	N	$\bar{X}$	s_x	CV	<i>restric./ad lib.</i>
66	♂♂	28	1607	152	9,5	30	1030	137	13,3	0,641
	♀♀	43	1383	96	7,0	44	913	91	10,0	0,660
67	♂♂	6	1711	171	10,0	5	1188	70	10,0	0,694
	♀♀	29	1473	114	7,7	28	1029	99	9,6	0,698
68	♂♂	24	1773	157	8,9	23	1324	116	8,7	0,747
	♀♀	24	1504	109	7,2	22	1090	96	8,8	0,725

Tabel 4.6 Variansanalyse af vægt ved 40 dage på grundlag af model 4.2 med 3 linier og 2 behandlinger (ad libitum og 70% ration).

Table 4.6 Analysis of variances of weight at 40 days performed on the basis of model 4.2.

Årsag:	Friheds-	Middel-	F	P <
Source	grader DF	kvadrat MS	F	P <
Linie	2	$1,03 \times 10^6$	75,13	0,0001
Line				
Fodring	1	$1,46 \times 10^7$	1066,43	0,0001
Feeding system				
Køn	1	$2,13 \times 10^6$	154,96	0,0001
Sex				
Linie $\times$ fodring	2	$5,64 \times 10^4$	4,12	0,0172
Line $\times$ Feeding sy.				
Linie $\times$ køn	2	$4,49 \times 10^4$	3,28	0,0391
Line $\times$ Sex				
Køn $\times$ fodring	1	$1,01 \times 10^5$	7,37	0,0070
Sex $\times$ Feeding sy.				
Rest	296	$1,37 \times 10^4$		
Error				

71,5% af det, som de forventedes at ville æde under ad libitum forhold. Foderudnyttelsen var for alle dyr under ad libitum fodring 1,94 kg foder pr. kg kylling og 2,01 kg foder pr. kg kylling ved rationering, og gennemsnitsvægten hos de rationerede var 68,3% af vægten hos kyllinger med fri adgang til foder. Proportionen af kropsvægt for de to behandlinger er inden for linie identisk for køn, hvad angår de to behandlinger. Den dårligere foderudnyttelse blandt de rationerede kyllinger er i modstrid med det, der generelt er fundet for linie 68 (jfr. KAPITEL III), og må derfor skyldes, at de øvrige linier har haft en væsentlig dårligere foderudnyttelse ved den restriktive fodertildeling. Af tabel 4.5 fremgår, at navnlig kyllinger fra linie 66 har vanskeligt ved at tilpasse sig et fodringsmiljø, hvor foderet tildeles i rationeret mængde, hvilket kommer til udtryk, dels gennem en stigende variationskoefficient, dels med en større vækstreduktion; linie 67 er nærmest intermediær mellem de 2 øvrige linier, hvad angår de her nævnte forhold. Den kendsgerning, at linie 68 kyllinger klarer sig bedre end linie 67 under rationering, skyldes givetvis en genetisk tilpasning, og den kan være tilvejebragt enten ved, at kyllingerne under selektion har opnået en genetisk betinget hurtigere foderoptagelsesevne og/eller en bedre udnyttelse af optaget foder. De statistiske test, præsenteret i tabel 4.6, understreger, at denne linie $\times$ fodring interaktion er signifikant. Det kan ikke endelig afgøres, hvilken af de to nævnte virkninger der er blevet fremmet i linie 68, men det er udelukket, at en bedre foderudnyttelse kan forklare hele forskellen.

4.1.3 Afprøvning på Favrholm af 6. generation

I de tidligste afprøvninger af linierne 66 og 67 på hinandens foderblandinger var det blevet klart, at der var betydelige divergenser mellem de to linier på en række områder, hvoraf de væsentligste var genetisk tilpasning til foder med lavt protein og en formentlig større tendens til fedtaflejring i linie 66, der manifesterede sig i et tilsyneladende overforbrug af foder.

Den sædvanlige praksis, d.v.s. at kyllinger slagtes ved samme alder, blev fulgt under hele selektionsforsøget. I sammenhænge, hvor de forskellige blandinger og forskellige linier betinger vidt forskellig vækstintensitet, er »opdræt til en given alder« højst uheldig, når interessen er koncentreret om foderudnyttelse, slagtekalitetsegenskaber, kemisk indhold og organvægt, da disse i høj grad er påvirket af både alder og vægt.

Med henblik på at få en mere detaljeret indsigt i, hvordan de 3 selekterede linier reagerede over for et varierende indhold af protein i henseende til en lang række egenskaber, hvoraf der i nærværende afsnit især behandles vækstevne, foderforbrug og foderudnyttelse til såvel fast alder som fast vægt, blev på Favrholm gennemført et forsøg i stor skala til belysning af de stillede spørgsmål.

4.1.3.1 Metode og forsøgsdyr. Den 4. januar 1979 blev på Favrholm indsat i alt 4.500 daggamle kyllinger, fordelt med 1.800 på hver af linierne 66 og 67 samt 900 på linie 68. Disse kyllinger er reproduceret fra forældre til generation S₆ og kan derfor betragtes som værende genetisk ligestillet med 6. generation.

Kyllingerne blev indsat med 150 pr. rum, som vist i fig. 4.2, hvoraf fremgår, at linier 66 og 67 afprøves hver for sig i 12 rum, fordelt på 2 køn og 6 forskellige foderblandinger, medens linie 68 afprøves i 6 rum, alle fodret med blanding II.

På hver ugedag fra indsættelsen som daggamle er foretaget en rumvis bestemmelse af kyllingernes vægt og foderoptagelse. Fra 35 dages alderen er foretaget en rumvis vejning af kyllingerne 2–3 gange pr. uge for at komme tættest muligt på en rumvis gennemsnitsvægt på 1550 g. På den dag, hvor et givet rum forventedes at ville veje 1550 g, blev foretaget enkeltdyrvejning af alle kyllinger i rummet. Fra hvert rum blev i alt 20 kyllinger i intervallet $\bar{X} \pm s_x$ særlig udvalgt, hvoraf 8 blev aflivet den samme dag med henblik på kemisk analyse, medens de øvrige 12 kyllinger mærkedes specielt for senere at indgå i en nærmere slagtekalitetsbedømmelse.

Den dag, på hvilken enkeltdyrvejning er foretaget, betragtes som afslutning på opdrætningsdelen af denne afprøvning. Snarest muligt herefter er holdet blevet slagtet på Forsøgsfjerkræslagteriet, Favrholm, idet dog slagtning kun er foretaget maksimalt 2 gange pr. uge. I nærværende afsnit 4.1.3 behandles kun data og information fra opdrætningsdelen.

68♂ II	68♀ II	
66♀ VI	67♂ VI	
67♀ VI	66♂ VI	
67♀ IV	66♂ IV	
66♀ IV	67♂ IV	
66♀ II	67♂ II	
67♀ II	66♂ II	
68♀ II	68♂ II	
67♂ V	66♀ V	I = 110 %
66♂ V	67♀ V	II = 100 %
66♂ III	67♀ III	III = 90 %
67♂ III	66♀ III	IV = 80 %
67♂ I	66♀ I	V = 70 %
66♂ I	67♀ I	VI = 60 %
68♂ II	68♀ II	

Fig. 4.2 Plan over fordeling i rum på linie, køn og foderblandinger i prøve 79-3. Indholdet af den mest begrænsende aminosyre er anført som procent, hvor f.eks. II = 100%.

Distribution into pens of lines, sexes, and diets in Test 79-3. The content of the most limiting amino acids is indicated as percentage where diet II = 100% ... etc.

4.1.3.2 Formulering og analyse af foderblandinger. De 6 blandinger er formuleret ud fra den forudsætning, at de mest begrænsende af de livsnødvendige aminosyrer skulle være til stede i en mængde, svarende til henholdsvis 60%, 70%, 80%, 90%, 100% og 110% af de af NRC (1977) anførte normer for foder til slagtekyllinger i aldersperioden 0–3 uger. I alle øvrige forhold, der er kendt for at øve indflydelse på kyllingers vækst, var de 6 blandinger identisk. De nødvendige beregninger er gennemført med lineær programmering af konsulent

Tabel 4.7 Sammensætning (aktuelt udvejet) og kemisk indhold af 6 foderblandinger, anvendt ved afprøvning af linierne 66, 67 og 68 i PRØVE-79-3, Favrholt.

Table 4.7 Composition and analysed chemical content of six diets used in Test 79-3 at Favrholt.

Foderemne: Ingredients*)		Blanding - Mixture					
		110%	100%	90%	80%	70%	60%
Majs,	%	56,98	62,36	67,61	71,39	74,18	76,35
Havre,	%	—	—	—	—	1,16	2,89
Sojaskrå,	%	31,24	27,33	23,48	19,86	16,40	12,80
Kød-benmel,	%	2,51	2,28	1,90	1,66	1,28	1,13
Sildemel,	%	3,77	3,33	2,81	2,43	1,96	1,63
Animalsk fedt,	%	1,00	0,50	—	—	—	—
Vitaminforblanding,	%	1,00	0,99	1,00	1,00	1,00	0,99
Kridt,	%	0,46	0,50	0,62	1,13	0,88	0,91
Dikaliumfosfat,	%	1,56	1,56	1,80	2,03	2,64	2,79
Mineralblanding,	%	0,52	0,50	0,51	0,50	0,50	0,51
Methioninbl. (10%),	%	0,96	0,65	0,27	—	—	—
Kemisk indhold:							
Vand,	%	13,46	13,84	14,02	13,60	13,62	13,55
Råprotein,	%	23,64	22,02	20,19	18,74	17,39	15,13
Råfedt,	%	3,78	3,39	2,78	2,84	2,98	2,97
Træstof,	%	3,13	2,89	2,76	2,68	2,63	2,43
N-fri ekstraktstof,	%	50,16	52,21	54,76	56,70	58,10	60,81
Aske,	%	3,78	3,52	3,23	3,00	2,78	2,42
Oms.energi,	MJ/kg	12,50	12,45	12,37	12,47	12,51	12,53
Råprotein, <i>Crude p.</i>	g/10 MJ	188,8	176,8	163,3	150,6	139,4	121,1
relativt, <i>relatively</i>		107	100	92	85	79	68
Lysin, <i>Lysine,</i>	g/10 MJ	10,08	9,47	8,52	7,34	6,61	5,62
relativt, <i>relatively</i>		106	100	90	78	70	59
Meth. + cy., <i>Meth. + cy.</i>	g/10 MJ	6,57	6,22	5,50	5,19	4,74	4,35
relativt, <i>relatively</i>		106	100	88	83	76	70
Arginin, <i>Arginine</i>	g/10 MJ	12,10	11,50	10,49	9,19	8,37	7,23
relativt, <i>relatively</i>		105	100	91	80	73	63
Treonin, <i>Threonine</i>	g/10 MJ	6,90	6,66	6,05	5,44	5,04	4,45
relativt <i>relatively</i>		104	100	91	82	76	67

*) See Table 3.2 for translation.

Børge Svendsen, Landsudvalget for Fjerkræ, og foderblandingerne er fremstillet på DLGs foderfabrik i Høng, hvorfra data for de aktuelt udvejede mængder af de enkelte komponenter til hver blanding blev stillet til rådighed. Alle blandinger er pelleteret.

I tabel 4.7 er anført, dels indholdet af de enkelte foderremner, dels de fundne kemiske indhold samt det beregnede indhold af omsættelig energi; alle kemiske analyser er foretaget, som refereret i KAPITEL III. Vandindholdet er 2 procentenheder lavere, end forventet, og det forklarer, hvorfor energiindholdet gennemgående er 2–2,5% under det forventede.

Råproteinindholdet, der analyseteknisk giver den største sikkerhed (S. Bech Andersen, personlig meddelelse), viser sammenfald mellem tilsigtet og fundet for de tre første og den sidste blanding. I blanding »80%« er fundet 0,45 procentenheder mere protein, end tilsigtet, og i blanding »70%« er fundet 0,80 procentenheder mere, end tilsigtet. Hvad angår aminosyrer, på hvilket grundlag blandingernes sammensætning er beregnet, ses, at navnlig lysin har fungeret som den nedadbegrænsende aminosyre – tæt fulgt af arginin. Blanding »110%« ses generelt at have et mindre indhold af aminosyrer end tilsigtet og lever dermed ikke helt op til sit formål.

Det skal bemærkes, at medens lysin var den mest begrænsende aminosyre på foderblandinger med lavere indhold, er det methionin + cystin, der virker begrænsende på de normale blandinger. Dette forhold skyldes, at lysin som proportion af methionin + cystin er 0,73 i majs, men 1,5 i de proteinrige fodermidler.

4.1.3.3 Resultater. Vægten fra klækning og frem til en alder af 35 dage (i intervaller på 7 dage) er præsenteret i fig. 4.3 til 4.7, idet vægten fra de enkelte linier og køn, fodret med forskellige foderblandinger, er udjævnet med et 2. grads polynomium i henhold til følgende statistiske model:

$$y_i = \mu + b_1 \cdot x_i + b_2 \cdot x_i^2 + e_i \quad (4.3)$$

hvor y_i = observeret gennemsnitlig vægt af et rum (130/150 kyllinger), opdrættet på den i^{te} blanding

x_i = råprotein i foder (g/10 MJ) af den i^{te} blanding

e_i = uforklaret rest

b_1, b_2 = regressionskoefficienter for henholdsvis lineær og kvadratisk effekt af råprotein (g/10 MJ) på vægt.

Begrundelsen for at anvende et 2. grads polynomium til at beskrive kyllingerens vægt på forskelligt råproteinniveau beror på den blandt ernæringsfysiologer almindelige antagelse, at der eksisterer en optimum koncentration, ved hvilken

der opnås maksimal ydelse; underskrides dette optimum, vil man se en faldende ydelse, fordi organismen ikke optager tilstrækkeligt af den pågældende næringskilde til at sikre maksimal ydelse; overskrides dette optimale punkt, vil man se en reaktion, der kan betegnes som en overdoseringseffekt. For protein gælder, at et overskud nedbrydes til CO_2 , H_2O og urinsyre, og udskilt urinsyre har et forholdsmæssigt højt energiindhold, der betyder, at energiflejringen reduceres i takt med proteinoverskuddet. Det her beskrevne er forklaringen på, at det er almindeligt at iagttage en reduktion i vækstevne, når behovet til optimal vækst overskrides, og dermed er betingelserne til stede for at beskrive vækstevne som afhængig af proteinkoncentrationen med et 2. grads polynomium.

Uanset at de enkelte foderblandinger overvejende er formuleret på grundlag af kravet til aminosyrer, er det i nærværende analyse fundet rigtigst at benytte råproteinindholdet, fordi forskellige aminosyrer har været mest begrænsende i forskellige blandinger, hvorfor det vil være urimeligt at anvende en enkelt aminosyre som målegrundlag for foderblandingskvaliteten.

Det datamæssige grundlag for hver af de statistiske analyser er holdvægt af 150 kyllinger, og den dertil hørende kurve, præsenteret i fig. 4.3–4.7, er frembragt på grundlag af de ved (4.3) estimerede værdier af μ , b_1 og b_2 .

De kvantitative udtryk for b_1 og b_2 og deres tilhørende sandsynlighed for H_0 , proportionen af varians der forklares ved modellen (R^2), analysens F-test samt kurvens maksimum ($\bar{X} = -\frac{b_1}{2b_2}$), bestemt ved differentiering, er anført i tabel 4.8.

Som ventet, er der en betydelig effekt af foderets proteinindhold ved alle aldre. Af de gennemførte F-test (tabel 4.8) fremgår, at alle analyser var signifikante, men samtidig ses, at denne signifikans er mest udpræget for linie 67, medens navnlig linie 66 hønekyllingerne har en mere moderat signifikant effekt af proteinniveau; denne i overvejende grad linieforskel ses af fig. 4.3–4.7 at skyldes, at linie 67 er langt mere berørt af det lavere indhold af råprotein, således at kurverne for linie 66 får et mere horisontalt forløb.

Særlig interesse knytter sig til de enkelte kurvers maksima, d.v.s. den råproteinkoncentration, der giver maksimal vækst, fordi disse bidrager til en information om, hvorvidt det såkaldte behov for råprotein varierer mellem de to linier. Som en indgang til disse betragtninger ses det af fig. 4.8, at der for hver linie og køn er en systematisk reduktion af $\bar{X}$ med alderen, hvilket kan fortolkes på den måde, at behov for protein – for at sikre maksimal vækstintensitet – formindskes med alderen, og det er da også almindeligt accepteret (Scott et al., 1982; Vagn E. Petersen, personlig meddelelse).

Hvad angår kønsforskel, så synes der at være en linie $\times$ køn-vekselvirkning, idet linie 67 konsekvent viser, at hanekyllinger har et højere $\bar{X}$, medens der for

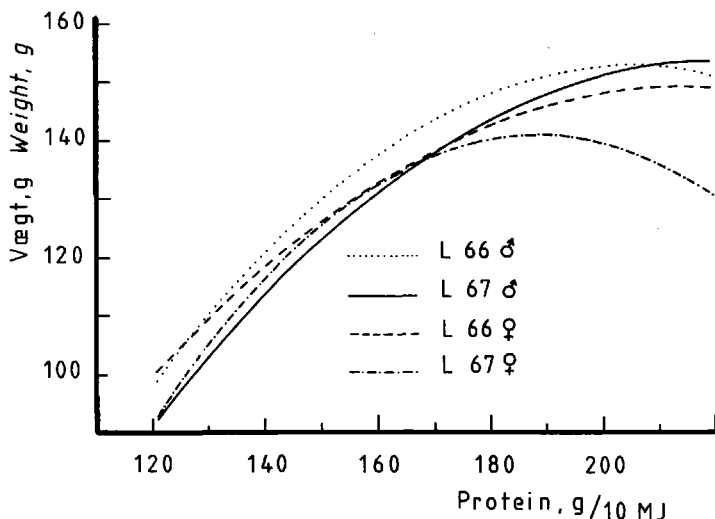


Fig. 4.3 Vægt ved 7 dage. Vækstintensitetens afhængighed af foderets koncentration af råprotein for haner og høner fra henholdsvis linier 66 og 67. Resultater af 6 anvendte foderblandinger er for hver af de anførte kategorier udjævnet med et 2. grads polynomium. *Weight at 7 days. The influence of the concentration of protein in a diet on the growth rate for males and females from lines 66 and 67. Results from the feeding of 6 diets are used to level a curve by means of a 2nd degree polynomial.*

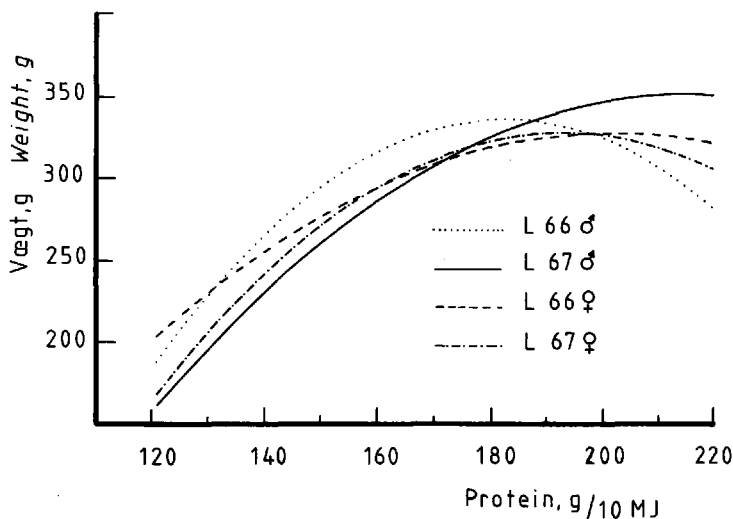


Fig. 4.4 Vægt ved 14 dage. Vækstintensitetens afhængighed af foderets koncentration af råprotein for haner og høner fra henholdsvis linier 66 og 67. Resultater af 6 anvendte foderblandinger er for hver af de anførte kategorier udjævnet med et 2. grads polynomium. *Weight at 14 days. The influence of the concentration of protein in a diet on the growth rate for males and females from lines 66 and 67. Results from the feeding of 6 diets are used to level a curve by means of a 2nd degree polynomial.*

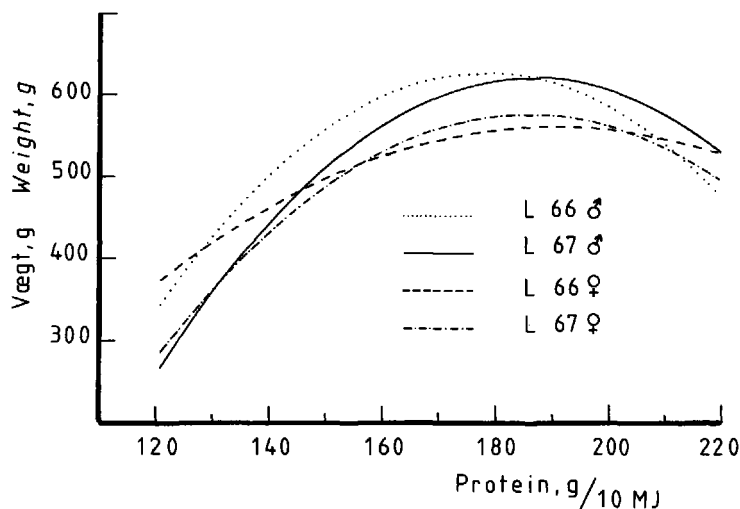


Fig. 4.5 Vægt ved 21 dage. Vækstintensitetens afhængighed af foderets koncentration af råprotein for haner og høner fra henholdsvis linier 66 og 67. Resultater af 6 anvendte foderblandinger er for hver af de anførte kategorier udjævnet med et 2. grads polynomium.
 Weight at 21 days. The influence of the concentration of protein in a diet on the growth rate for males and females from lines 66 and 67. Results from the feeding of 6 diets are used to level a curve by means of a 2nd degree polynomial.

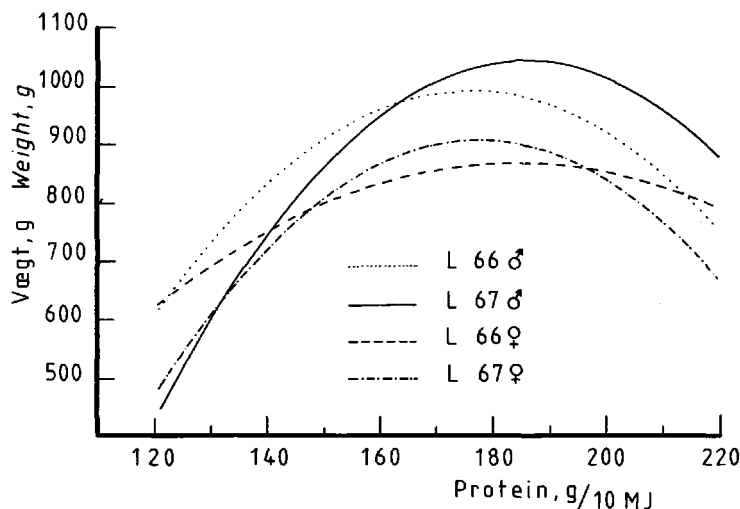


Fig. 4.6 Vægt ved 28 dage. Vækstintensitetens afhængighed af foderets koncentration af råprotein for haner og høner fra henholdsvis linier 66 og 67. Resultater af 6 anvendte foderblandinger er for hver af de anførte kategorier udjævnet med et 2. grads polynomium.
 Weight at 28 days. The influence of the concentration of protein in a diet on the growth rate for males and females from lines 66 and 67. Results from the feeding of 6 diets are used to level a curve by means of a 2nd degree polynomial.

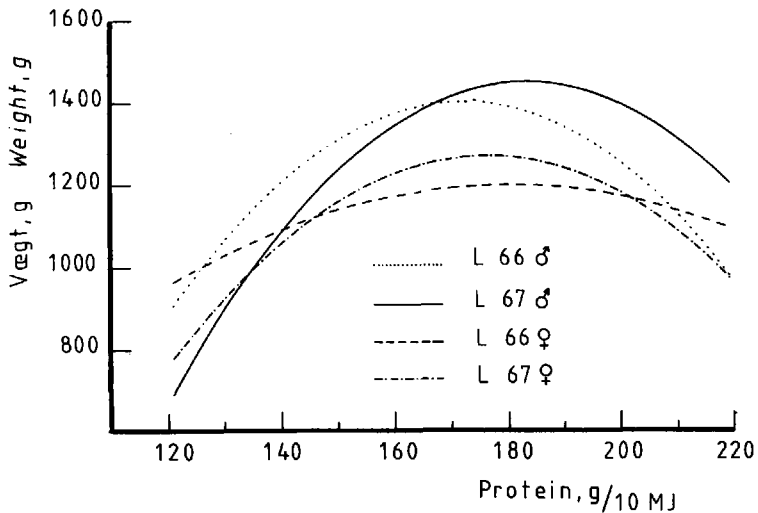


Fig. 4.7 Vægt ved 35 dage. Vækstintensitetens afhængighed af foderets koncentration af råprotein for hanner og høner fra henholdsvis linier 66 og 67. Resultater af 6 anvendte foderblandinger er for hver af de anførte kategorier udjævnet med et 2. grads polynomium. *Weight at 35 days. The influence of the concentration of protein in a diet on the growth rate for males and females from lines 66 and 67. Results from the feeding of 6 diets are used to level a curve by means of a 2nd degree polynomial.*

linie 66 gælder, at hønekyllinger lige så konsekvent har et højere $\bar{X}$ end hane-kyllinger. For at undersøge disse forhold nærmere blev gennemført et statistisk test inden for linie og alder af kønsforskellen på $\bar{X}$ med et t-test. Standardfejlen på $\bar{X}$ ($s_{\bar{X}}$) er fundet af følgende (Cox and Snell, 1981):

$$s_{\bar{X}}^2 = \frac{1}{4 \cdot \beta_2^2} \cdot s_{\beta_1}^2 + \frac{\beta_1^2}{4 \cdot \beta_2^4} \cdot s_{\beta_2}^2 \quad (4.4)$$

hvor estimat på og varians af β_1 og β_2 fremkommer ved ortogonalisering af (4.3),

$$\text{idet } y_i = \beta_0 + \beta_1 (X_i - \bar{X}) + \beta_2 [(X_i - \bar{X})^2 + (X_i - \bar{X})a + b] + e_i$$

$$\text{hvor } a = -\frac{\sum (X_i - \bar{X})^3}{\sum (X_i - \bar{X})^2}$$

$$b = -\frac{1}{n} \cdot \sum (X_i - \bar{X})^2$$

Tabel 4.8 Statistisk analyse af vægt ved (4.3). Determinering af model (R^2) og kurvens maksimumpunkt ($\bar{X}$).

Table 4.8 Statistical analysis of body weight performed by means of model 4.3. Determination of model (R^2) and the maximum point of the curve ($\bar{X}$).

Linie	Køn	Alder, dage	b_1	P	b_2	P	F-værdi	P	R^2	$\bar{X}$
Line	Sex	Age, days	b_1	P	b_2	P	F-value	P	R^2	$\bar{X}$
66	♂♂	7	3,09	0,1076	-0,00752	0,1837	36,34	0,0079	0,960	205,4
		14	14,30	0,0095	-0,03917	0,0148	101,73	0,0018	0,985	182,5
		21	30,78	0,0064	-0,08629	0,0095	105,23	0,0017	0,986	178,3
		28	43,32	0,0475	-0,12295	0,0640	20,86	0,0174	0,933	176,2
		35	65,15	0,0090	-0,18904	0,0120	55,32	0,0043	0,974	172,3
66	♀♀	7	2,38	0,0833	-0,00554	0,1679	54,68	0,0044	0,973	214,0
		14	7,62	0,0449	-0,01886	0,0831	69,63	0,0031	0,979	201,9
		21	14,80	0,0638	-0,03884	0,1005	34,52	0,0085	0,958	190,5
		28	22,38	0,1106	-0,06072	0,1544	15,80	0,0255	0,913	184,3
		35	24,82	0,1053	-0,06894	0,1413	13,16	0,0327	0,898	180,0
67	♂♂	7	2,70	0,0512	-0,00618	0,1125	100,31	0,0018	0,985	220,4
		14	9,20	0,0857	-0,02137	0,1635	57,85	0,0040	0,974	215,1
		21	30,78	0,0023	-0,08251	0,0039	332,29	0,0003	0,996	186,5
		28	52,81	0,0003	-0,14211	0,0004	1393,70	0,0001	0,999	185,8
		35	71,32	0,0094	-0,19411	0,0149	108,72	0,0016	0,986	183,7
67	♀♀	7	3,98	0,0035	-0,01056	0,0062	269,14	0,0004	0,994	188,4
		14	11,86	0,0010	-0,03074	0,0019	774,89	0,0001	0,998	192,8
		21	25,69	0,0027	-0,06912	0,0045	286,97	0,0004	0,995	185,8
		28	46,90	0,0031	-0,13195	0,0045	168,45	0,0008	0,991	177,7
		35	56,82	0,0036	-0,16091	0,0052	140,53	0,0011	0,989	176,6

I tabel 4.9 er anført de statistiske t-test for sammenligning af kønsforskel inden for linier, hvad angår maksimumpunktets niveau.

Blandt 10 sammenligninger er ingen fundet at være statistisk signifikant forskellig, men det ses, at der i linie 67 er en stigende sikkerhed, medens den tilsvarende bevægelse er væsentlig mere usikker for linie 66. En af grundene til det noget uventede forhold, at hønekyllingerne i linie 66 synes at have et højere maksimum ($\bar{X}$) end hanekekyllinger, skal muligvis søges i kurvens flade forløb, som blandt andet giver sig til kende gennem en betydelig større standardfejl ($s_{\bar{X}}$). De estimerede maksima ($\bar{X}$) ved forskellig alder må antages at være betydelig korrelerede, hvorfor fortolkning af et samlet test i væsentlig grad vanskeliggøres; det er dog indtrykket ved at sammenholde fig. 4.8 og tabel 4.9, at der er en reel kønsforskel i linie 67, der navnlig manifesterer sig mod slutningen, medens det tilsvarende ikke er muligt at påpege en kønsforskel i linie 66 – især af tekniske årsager, beroende på den store usikkerhed, der er knyttet til estimerne for hønekyllinger.

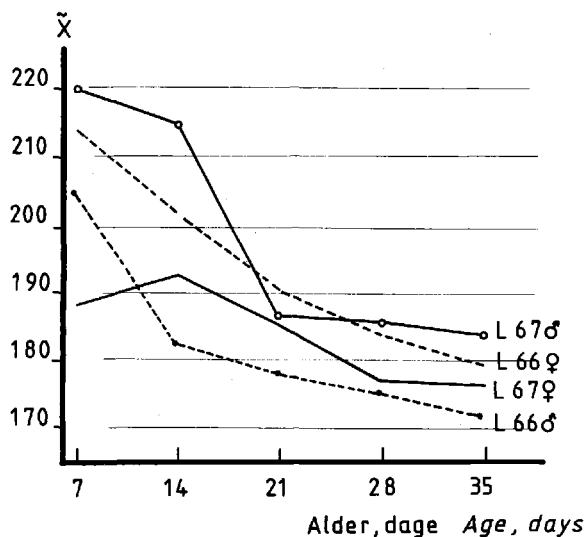


Fig. 4.8 Maksima ($\bar{X}$) af de i Fig. 4.3 – 4.7 viste kurver som afhængig af alder.
 Maxima ($\bar{X}$) of the 2nd degree curves in Fig. 4.3 – 4.7 as dependent on age.

Tabel 4.9 Kønsforskel inden for linier af $\bar{X}$ ved forskellig alder.

Table 4.9 Sex differences at various ages for $\bar{X}$.

Linie Line	Alder Age, days	$\bar{X}_{\sigma} - \bar{X}_{\varphi}$	$s_{\bar{X}_{\sigma}}$	$s_{\bar{X}_{\varphi}}$	t	f	P <
66	7	- 8,6	29,2	32,5	0,20	6,0	0,90
	14	-19,4	5,55	18,22*)	1,02	3,5	0,50
	21	-12,2	4,07	15,17*)	0,78	3,4	0,50
	28	- 8,1	7,77	15,69	0,46	6,0	0,75
	35	- 7,7	3,48	12,98*)	0,57	3,4	0,75
67	7	32,0	29,2	4,90	1,08	6,0	0,50
	14	22,3	32,5	3,61*)	0,68	3,1	0,75
	21	1,3	3,92	4,04	0,23	6,0	0,90
	28	8,1	1,82	3,11	2,25	6,0	0,06
	35	7,1	5,77	3,08	1,09	6,0	0,50

*) For $\sigma_{\bar{X}_{\sigma}}^2 \neq \sigma_{\bar{X}_{\varphi}}^2 \Rightarrow \frac{1}{f} = \frac{c^2}{f_{\sigma}} + \frac{(1-c)^2}{f_{\varphi}}$;

hvor (where) $c = \frac{s_{\bar{X}_{\sigma}}^2}{s_{\bar{X}_{\sigma}}^2 + s_{\bar{X}_{\varphi}}^2}$

Af de grunde, der netop er diskuteret, kan en eventuel linieforskel, hvad angår $\bar{X}$, kun testes på hanekyllinger, og t-værdierne, beregnet på grundlag af information fra tabeller 4.8 og 4.9, er i rækkefølge fra 7 til 35 dage:

0,36 – 0,99 – 1,10 – 1,20 – 1,75.

Der er således ikke fundet en statistisk signifikant linieforskel ved nogen alder, men der ses at være en stigende sikkerhed på forskellen med alderen, og med den samme argumentation, som er ført for kønsforskellen i linie 67, synes det rimeligt at hævde, at der er fundet en linieforskel, hvad angår hanekyllinger, således at linie 66 har et lavere behov for protein.

Alle kyllinger i live på vejtidspunktet danner grundlag for beregning af et gennemsnit for levendevægt samt foderoptagelse; døde kyllingers foderoptagelse anslås at være 2/3 af den mængde, som holdet i gennemsnit havde optaget på tidspunktet for dødsfald, og denne mængde fratrækkes den totale mængde foder, hvorefter en gennemsnitlig optagelse pr. kylling er beregnet.

Den daglig optagne mængde af foder er i tabel 4.10 anført for kyllinger, fodret med blandingen »100%«.

Af tabel 4.10 fremgår, at der er en jævn stigende daglig foderoptagelse gennem den relativt korte periode, der her er detaljeret undersøgt; det er vanskeligt at finde en linieforskel, hvorimod der er en klar forskel på køn, som allerede kan anes i 1. leveuge. Sættes den daglig optagne mængde foder i relation til den gennemsnitlige vægt i det pågældende tidsrum (relativ foderoptagelse), ses, at variationen inden for samme tidsinterval indsnævres. Den relative foderoptagelse udgør 25% af legemsvægten i 1. leveuge og falder logaritmisk med alderen til nærværd 10% i 5. leveuge.

En høj relativ foderoptagelse på et givent tidspunkt kan være en indikation for, at vækstevnen er høj, og det er denne type af forskelligheder, man kan iagt-

Tabel 4.10 Daglig foderoptagelse (g) pr. kylling, fodret med en normalblanding (100%) og daglig foderoptagelse i relation til vægt (%).

Table 4.10 Daily food intake (g) per chick, when fed on normal diet, and daily food intake related to body weight (%).

Linie Line	Køn Sex	Alder, uger – Age, weeks									
		0-1		1-2		2-3		3-4		4-5	
		g	%	g	%	g	%	g	%	g	%
66	♂♂	23,3	24,5	42,4	17,7	73,1	15,6	103,3	13,7	137,6	11,9
	♀♀	23,0	25,0	41,4	17,9	63,7	14,8	88,6	12,9	112,1	11,1
67	♂♂	22,6	24,4	41,6	17,6	70,6	14,8	107,4	13,0	132,4	10,6
	♀♀	21,4	23,9	37,7	16,4	65,1	14,5	91,9	12,3	113,9	10,4
68	♂♂	21,7	23,5	41,5	17,5	73,2	15,3	103,6	12,5	131,7	10,1
	♀♀	21,7	23,3	40,5	17,1	66,9	14,5	93,6	12,3	116,4	10,6

tage, når kønsdimorfi skal forklares, da haneekyllingerne har en væsentlig større vækstenergi end høneekyllingerne. Linie 66 har, sammenlignet med de øvrige linier, en højere relativ foderoptagelse, der i gennemsnit af 5 uger er 0,75 procentenheder; da vækstenergien er mindre, må linie 66 optage forholdsvis mere foder for at opnå samme tilvækst, og dette er tilfældet over hele vækstperioden. Marks (1979) publicerede resultater, der var opgjort på lignende måde for Athens-Canadian Random Bred populationen (AC) og en over 20 generationer selekteret linie (AS). Ved en alder af 5 uger var vægtforholdet mellem AC og henholdsvis linie 67 og AS: 2,0 og 2,5. Forholdet på den daglige foderoptagelse var 2,0 for AS/AC og svagt stigende med alder (1,9–2,1), medens forholdet i daglig foderoptagelse for linie 67/AC var 2,7 og med en lidt større stigning med alder (2,5–2,9).

Vægtforholdet mellem AS og AC var på alle alderstrin (1–8 uger) 2,0, sådan som det også er forudsat i fig. 2.13. Den tendens til forøgelse af forholdet i daglig foderoptagelse med alder, der kunne ses for de to selekterede linier, skyldes formentlig en tiltagende større fedtaflejring.

Den optagne mængde foder til en given vægt på 1550 g er bestemt for hvert hold på grundlag af enkelt dyrvejningen tættest muligt på denne »slutvægt« og korrigeret til nøjagtig 1550 g ved hjælp af de enkelte holds foderoptagelse og tilvækst omkring dette tidspunkt.

Den således korrigerede foderoptagelse til vægten 1550 g samt den alder, ved hvilken denne vægt er opnået, er præsenteret i tabel 4.11. Det fremgår, at haner fra linie 67 er ca. 40% længere tid om at opnå slagtevægt, når de opdrættes på et foder med lavt protein, medens høneekyllinger fra linie 66 kun forøger tiden med ca. 14%. Sammenholdes de to linier, er der forskel på alder på blandingen

Tabel 4.11 Foderoptagelse til 1550 g levende vægt (F) samt alder ved denne vægt (A) på hver af de 6 anvendte foderblandinger (linie 68 dog kun på 100%.

Table 4.11 Total food intake to a live body weight (F) of 1550 g and age at the weight (A), fed on six various diets.

Linie Line	Køn Sex	Blanding – Diets											
		110%		100%		90%		80%		70%		60%	
		F g	A dage	F g	A dage	F g	A dage	F g	A dage	F g	A dage	F g	A dage
66	♂♂	3113	37,4	3187	38,3	3066	37,8	3315	39,1	3437	40,6	3601	46,5
	♀♀	3380	42,1	3404	42,9	3405	43,3	3441	43,3	3557	44,4	3714	48,0
67	♂♂	2780	36,3	2860	36,3	2962	37,2	3046	40,1	3260	42,7	3615	51,2
	♀♀	3426	41,2	3344	40,6	3223	41,7	3219	42,1	3393	44,3	3707	51,8
68	♂♂			2865	36,4								
	♀♀			3268	40,6								

»100%« og »60%« på 16,3% for linie 66 mod 33,9% for linie 67, dette svarer nøje til de observationer, der kan gøres på fig. 4.3–4.7.

Linie 68 havde i denne undersøgelse på blandingen »100%« en tilvækst, der næsten var sammenfaldende med linie 67 og samtidig en foderoptagelse, der lå under den for linie 67 registrerede foderoptagelse.

Foderoptagelse til en fast vægt er et glimrende økonomisk mål, når der sammenlignes mellem forskellige hold. Varierer vægten på hold, kan der beregnes kg foder pr. kg tilvækst, (i nærværende sammenhæng benævnt *foderudnyttelse*); det er imidlertid vigtigt at gøre sig klart, at foderudnyttelsesbegrebet ej heller ligestiller hold med forskellig vækstintensitet, såfremt sammenligningen gøres ved samme alder. En dybere analyse af årsagerne til forskel på linie og køn, hvad angår foderudnyttelse, synes rimelig at foretage, set ud fra den diskussion om opdeling af foder i en vedligeholdelsesandel og en produktionsandel, der blev ført i KAPITEL II, idet der, som det ses af fig. 4.3–4.7, er en meget betydelig forskel på kyllinger afhængig af, hvilket foder de har haft adgang til. På denne baggrund er for hver af de 5 vejealdre (1.–5. levedage) beregnet en foderudnyttelse på grundlag af »foder til produktion« ($Foder_{Prod(n)}$) i henhold til følgende:

$$Foder_{Prod(n)} = Foder_{Opt(n)} - \sum_{i=1}^n k \cdot Vægt_i^{0,75}$$

hvor $Foder_{Opt(n)}$ = foderoptagelse fra daggammel til alderen »n«

n = alder i dage

$Vægt_i$ = vægt i kg på den i^{te} levedag

k = 45 g ~ 543 kJ omsættelig energi

Thorbek og Henckel (1976) fandt på kyllinger i vægtintervallet – »300–1400 g«, at k-faktoren var 460 kJ for kyllinger i hungerforsøg og 473 kJ i fodringsforsøg; i begge forsøg blev kyllingerne holdt under forhold med begrænsende aktivitetsmuligheder, og foderet blev tildelt inden for en begrænset tid. I nærværende eksperiment var kyllingerne gennemgående yngre, hvilket generelt betyder, at k-faktoren er højere (Thorbek, personlig meddelelse), og foderet blev tildelt ad libitum over hele døgnet, hvilket medførte, at kyllingerne tilbragte mere tid ved fodertruget, fordelt over hele døgnet, end under de forhold, der var nødvendige for at gennemføre ovennævnte fodringsforsøg. Det her anførte er begrundelsen for, at energi til vedligehold er fastsat til ca. 20% over det af Thorbek og Henckel (1976) fundne behov til kyllinger.

I fig. 4.9–4.11 er vist foderudnyttelsen, beregnet som relation mellem foder til produktion ($Foder_{Prod(n)}$) og tilvækst ($Vægt_n - Vægt_{0\text{ dage}}$) ved alder 1, 3 og 5 uger, som afhængig af foderblandingsens indhold af råprotein.

Som årsag til systematiske variationer på Foderudnyttelse_{Prod} kan følgende forhold tænkes at medvirke:

- 1) Konstanten k for beregning af vedligeholdelsesbehovet kan variere med alder, linie, køn og vægt. Det vil eksempelvis betyde, at hvis langsomtvoksende dyr har en k -værdi, der er større end hurtigtvoksende dyr på samme alder, fordi de små dyr er mere aktive, vil kyllinger, fodret med de blandinger, der har det laveste proteinindhold, have et relativt højere vedligeholdelsesbehov og derfor en hertil svarende mindre del af foderet til rådighed for produktion.
- 2) Aflejring af forskelligt væv kræver en forskellig mængde energi; f.eks. kræver aflejring af 1 g fedt en større mængde energi end 1 g muskelvæv.
- 3) Foderblandinger med stærkt reduceret indhold af aminosyrer kan være årsag til, at vedligeholdelsesbehovet, udtrykt i g foder, forøges, fordi forsyningen af protein til vedligehold er utilstrækkelig.

En første overordnet gennemgang af fig. 4.9–4.11 viser, at Foderudnyttelsen_{Prod} (FU_p) er dårligere på lav-protein-foder, og dette er mere fremherskende, jo yngre dyrene er. I princip kan hver af de 3 nævnte forhold tænkes at med-

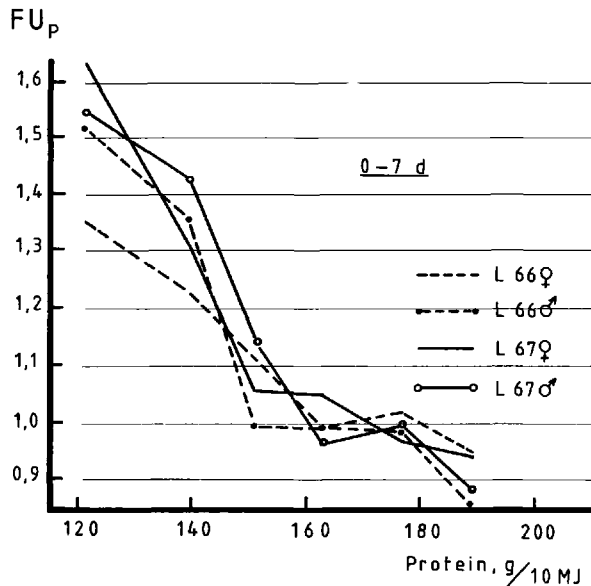


Fig. 4.9 Foderudnyttelse (FU_p) efter fradrag for vedligehold som afhængig af foderets proteinkoncentration i aldersintervallet 0–7 dage for de to køn i linierne 66 og 67.

Food utilization (FU_p) after subtracting for maintenance as dependent on concentration of protein in diet for sexes in the two lines 66 and 67 in the interval of 0–7 days.

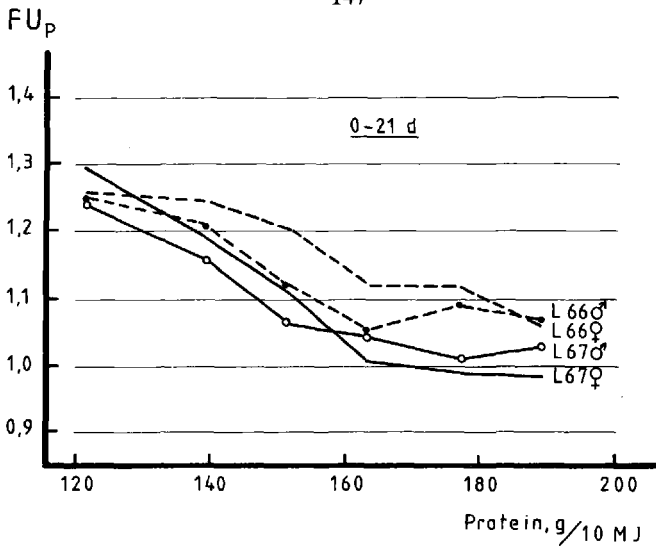


Fig. 4.10 Foderudnyttelse (FU_p) efter fradrag for vedligehold som afhængig af foderets proteinkoncentration i aldersintervallet 0-21 dage for de to køn i linierne 66 og 67.

Food utilization (FU_p) after subtracting for maintenance as dependent on concentration of protein in diet for sexes in the two lines 66 and 67 in the interval of 0-21 days.

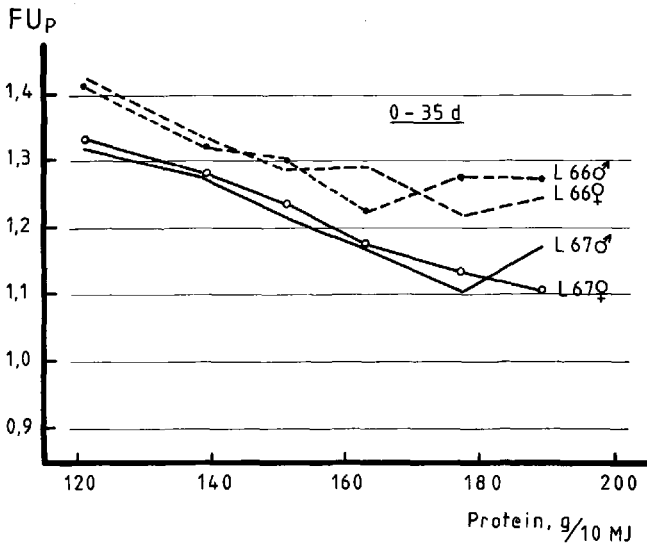


Fig. 4.11 Foderudnyttelse (FU_p) efter fradrag for vedligehold som afhængig af foderets proteinkoncentration i aldersintervallet 0-35 dage for de to køn i linierne 66 og 67.

Food utilization (FU_p) after subtracting for maintenance as dependent on concentration of protein in diet for sexes in the two lines 66 and 67 in the interval of 0-35 days.

virke til dette forhold, men det første punkt stemmer dårligt overens med den observation, at Foderudnyttelsen_{Prod} navnlig er høj ved fodring med lav-protein-foder i 1. leveuge, hvor der endnu ikke er nogen væsentlig forskel på størrelse mellem kyllinger i de forskellige hold; tilsvarende må det også betvivles, at der i 1. leveuge foregår en så stor aflejring af fedt, at punkt 2) kan være forklaringen. Den mest sandsynlige forklaring på den yderst ugunstige Foderudnyttelse_{Prod} i 1. leveuge er derfor, at forsyningen af protein til vedligehold ikke er tilstrækkelig med 45 g foder pr. kg metabolisk vægt, når foderets proteinkoncentration er så lav, som tilfældet er for 60% og 70% blandingerne.

Det generelle forløb af Foderudnyttelse_{Prod} ved stigende proteinkoncentration, som ved 5 uger er retliniet, kan udmærket forklares ved punkt 2), hvilket også vil blive yderligere uddybet i afsnit 4.3.

Ved nærmere undersøgelse af fig. 4.11 ses, at der inden for linier ikke synes at være nogen forskel på køn; dette er uventet, fordi hønekyllinger forventes at have en noget højere fedningsgrad, hvorfor de i henhold til punkt 2) skulle have en lidt højere værdi, og det understreges yderligere af fig. 4.10, der viser, at ved 3-ugers-alderen er Foderudnyttelse_{Prod} endog lavere for hønekyllingers vedkommende. Årsagen til det her observerede kan være, at k -værdien generelt er for lav; en opjustering af k ville tvinge de to kurver fra hinanden i højre side af figuren, idet hanekyllinger ville få et større fald end hønekyllinger i den her beregnede Foderudnyttelse_{Prod} på grund af deres større vægt, men det vil dog ikke give nogen virkning i venstre side af figuren, fordi de to køn inden for linie er næsten lige store, hvorfor det er mere nærliggende at antage, at der rent faktisk er en kønsforskel, hvad angår vedligeholdelsesbehovet, idet hønekyllinger således forventes at have en lavere k -værdi end hanekyllinger. Barrot et al. (1936) var ikke i stand til at påvise nogen kønsforskel i de første 4 dage efter klækning, men på kønsmodne høns af Hvid Italiener race har man fundet, at haner har et relativt større vedligeholdelsesbehov end høner ($k\sigma > k\varphi$) (O'Neill, 1971; Mitchell et al., 1927).

Den observerede linieforskel, der er tydeligst ved 5-ugers-alderen, svarer til, at linie 66 i gennemsnit over køn og råprotein i foder har et merforbrug af foder på 88 g pr. kg tilvækst, hvilket må tilskrives den større fedningsgrad af denne linie, som det påvises i afsnit 4.3 og altså begrundet i ovennævnte punkt 2).

4.2 Slagtekalitetsegenskaber

Som påpeget i KAPITEL I, er der en særdeles heldig sammenhæng mellem tilvækstevne og væsentlige slagtekalitetsegenskaber, hvorfor det ikke har været nødvendigt at opbygge et apparat til måling af disse egenskaber, svarende til, hvad man har i avl med svin. Ved vurderingen af andre avlsmål er det derfor af stor vigtighed at få fastslået, hvorledes disse influerer på slagtekalitet, da en uheldig sammenhæng kan være ensbetydende med nødvendigheden af en per-

manent afkoms/helsøskendeprøve af et betydeligt antal kyllinger hvert år. Dette er baggrunden for det ret betragtelige antal kyllinger, der er undersøgt for slagte kvalitet for de 3 linier.

De kriterier, hvorefter kvaliteten er bedømt, er overvejende af kvantitativ art, og bedømmelsen er gennemført på Forsøgsfjerkræslagteriet, Favrholt ved Hillerød, med hjælp af det træned personale, der findes her. Slagtekvalitetsegenskaberne kan i hovedsagen klassificeres i 2 hovedgrupper.

I. *Hovedgruppe*. Egenskaber, der kan måles eller bedømmes på kyllingen under den løbende slagteproces; disse er:

1 a) *Slagteudbytte*. Vægtrelationen:

$$\frac{\text{Slagtet kylling} = \text{levende kylling} - \text{blod} - \text{fjer}}{\text{Levende kylling}} \times 100$$

(Normalt niveau = 90%)

1 b) *Opskæringsudbytte*. Vægtrelationen:

$$\frac{\text{Opskåret kylling} = \text{Slagtet kylling} - Z}{\text{Slagtet kylling}} \times 100$$

og $Z = \text{hoved} + \text{tarmsæt} + \text{indmad} + \text{løb}$

(Normalt niveau = 75–82%)

1 c) *Brystvinkel*. Måles på brystet af opskåret kylling med en vinkelmåler.

(Normalt niveau = 75–92°)

1 d) *Helhedsbedømmelse*. På opskåret kylling foretages en helhedsbedømmelse med »1–8«-skala.

1 e) *Brystblæreforekomst*. Alle kyllinger med fortykkelse af huden på brystbenskammen – eventuelt udartet til en egentlig blære – får en bemærkning herom, og resultatet angives holdvis som »procent kyllinger« med brystblærer.

1 f) *Sort bughinde*. Alle kyllinger med melaninaflejringer i bughinden får en bemærkning, og der beregnes som for 1 e) en holdprocent.

II. *Hovedgruppe*. Egenskaber, der måles på dele af kyllingen efter en forudgående partering; disse dele angives som »relativ mængde af opskåren kylling« og er:

2 a) *Brystfilet*. Brystmuskulaturen med skind udskæres fra ribben og brystkam.

- 2 b) *Underlår*. Underlårsknogle med tilhørende muskelvæv samt skind.
- 2 c) *Overlår*. Overlårsknogle med tilhørende muskelvæv, bindevæv samt skind.
- 2 d) *Vinge*. Hele vingen fra vingespids til skulderled.

Den I. *Hovedgruppe af egenskaber* bestemmes på alle kyllinger i et hold af 100–200 kyllinger, medens II. *Hovedgruppe af egenskaber* bestemmes på et udsnit af kyllinger fra hvert hold og køn (5–15%) enten tilfældigt udvalgt eller udvalgt under hensyn til, at de vægtnæssigt ligger i intervallet $\bar{X} \pm s_x$. I tilfælde, hvor et sådant udsnit er mindre end 15 kyllinger, er sidstnævnte udvalgsmetode anvendt for at undgå en for dominerende indflydelse af enkelte stærkt afvigende (især små) kyllinger.

4.2.1 Slagte kvalitetsundersøgelser gennem ordinære afprøvninger

I generationerne 2, 4 og 5 er fra hver af de 3 linier indsat 1–2 hold á 150–200 kyllinger på de ordinære afprøvninger af liniekombinationer på Afkomsprøvestationen for Slagtekyllinger, Favrholm. Ved denne afprøvning blev målt og bedømt de i I. *Hovedgruppe* nævnte egenskaber, men levendevægt blev dog ikke bestemt, hvorfor slagteudbyttet er udeladt. Brystvinkelmålet og bedømmelseskarakteren er inden for hold fundet at være afhængig af slagtevægten (Sørensen og Kold, 1976) som følger:

$$r_{\text{Vægt, Vinkel}} = 0,26 \text{ og } r_{\text{Vægt, Kar.}} = 0,31.$$

Af sammenligningsmæssige årsager er det derfor mest rimeligt at korrigere til samme vægt, hvilket er gjort for de i tabel 4.12 anførte værdier på grundlag af følgende regressionsligning:

$$\text{Vinkel}^\circ = \mu + 0,008 \text{ Vægt}_{s1}$$

$$\text{Karakter} = \mu + 0,0026 \text{ Vægt}_{s1}$$

Svindet under opskæring er under indflydelse af vægt af organer samt af fedningsgrad; sidstnævnte kan være en forklaring på den linieforskel på opskæringsudbyttet, der kan ses, idet linie 66 har størst svind, medens linie 68 viser mindst svind; forskellene er dog ikke signifikante.

Såvel brystvinkelmål som karakter for helhedsbedømmelsen viser, at selektion for vækstevne under optimale forhold tilsyneladende giver en positiv, korreleret effekt, sammenlignet med selektion under suboptimale forhold. Afvigelserne er ikke statistisk signifikante, men en inspektion af de enkelte tal viser,

Tabel 4.12 Slagtekalitetsgenskaber (I. hovedgruppe), målt i 2., 4. og 5. generation.
Table 4.12 Slaughter quality traits (I. Main group) measured in the 2nd, 3rd, and 5th generations.

Linie	Genera- tion	Vægt, slagtet, g Weight slaught. g	Vægt, opskåret, g Carcase weight g	Opsk.- udbytte % Yield %	Bryst- vinkel ^{a)} Breast angle	Karak- ter ^{a)} Score for body conform.	Bryst- blære, % Breast blister %	Sort bug- hinde, % Black diaphragma, %
Line								
66	2	1208	967	80,0	78,2	3,9	34	9
	2	1185	971	81,9	79,0	3,9	26	19
	4	1165	935	80,3	79,7	4,0	21	20
	5	1281	1029	80,3	79,7	4,0	26	2
	5	1293	987	76,3	79,3	4,0	10	5
67	2	1270	1014	79,8	80,4	4,4	23	14
	2	1234	997	80,8	80,8	4,2	20	25
	4	1224	977	79,8	78,8	4,0	16	36
	4	1190	973	81,7	81,1	4,4	11	21
	5	1323	1031	77,9	76,0	3,3	32	22
68	2	1231	983	79,8	79,6	4,2	42	0
	2	1175	976	83,1	78,8	3,9	38	11
	4	1183	946	80,0	79,1	3,8	23	12
	4	1214	984	81,1	78,9	4,1	22	18
	5	1371	1099	80,2	78,9	4,1	29	1
	5	1334	1044	78,3	77,9	3,7	30	1
66		1226		79,8±0,9	79,2±0,3	3,96±0,02	23 ±3,9	11*±3,6
67		1248		80,0±0,6	79,4±0,9	4,06±0,20	20 ±3,5	24 ±3,6
68		1251		80,4±0,7	78,9±0,5	3,96±0,08	31*±3,2	7*±3,1

^{a)} Korrigeret for vægt

^{a)} Corrected for body weight

at bortset fra 5. generation havde linie 67 en slagtekalitet, der gennemgående var højere end de øvrige to liniers. Udelades 5. generation, er vinkelmålet signifikant lavere i linie 68, og helhedsbedømmelsen er signifikant lavere i både linie 66 og linie 68, og det er vel at mærke efter korrektion for vægtforskel.

Der er en signifikant højere forekomst af brystblærer i linie 68 og en næsten bemærkelsesværdig signifikant lavere forekomst af sort bughinde i de to linier, der er selekteret for vækst under suboptimale forhold.

4.2.2 Parteringsudbytte

Der er foretaget partering af udvalgte kyllinger, opdrættet som beskrevet i afsnittene 4.1.2 og 4.1.3, d.v.s. generationerne 3–7. For generationerne 3–5 og 7 er bestemt den relative mængde af brystkød med skind på 60–120 kyllinger pr. generation, medens der i 6. generation er foretaget en fuldstændig partering af 360 kyllinger.

Brystkødmængdens andel af opskåret kylling anses at være et sikkert mål til at angive kyllingens kødansætningssevne og danner derfor grundlag for en undersøgelse af det meget væsentlige spørgsmål, om selektion for vækstevne under suboptimale betingelser giver anledning til ændringer i kødansætningssevnene, der afviger fra de ændringer, der foregår under selektion for vækstevne under optimale forhold. Uanset at alle parteringer blev udført af det træned personale på Forsøgsfjerkræslagteriet, ses der at være variationer fra generation til generation, hvoraf nogle skyldes, at der i visse generationer af identifikationsmæssige årsager medfulgte løb, hvorfor disse indgår i vægten af »opskåret kylling«, ligesom hals og halsskind er med i de fleste generationer, men ikke i 5. generation.

4.2.2.1 Statistiske metoder. Undersøgelser af linieeffekter er foretaget inden for generationer, og fordi linie 67 betragtes som en kontrollinie, er en afvigelse mellem denne og en af de øvrige linier udtryk for en korreleret ændring i relativ brystkødmængde, der afviger fra den, som man får ved selektion i et optimalt miljø. En sådan linieforskel må over generationer forventes at udvides i takt med den akkumulerede selektionsintensitet, hvilket er grundlag for analyse af linieforskellen med anvendelse af model (4.5).

$$y_i = \mu + b \cdot \frac{1}{V_{y_i}} \cdot x_i + e \quad (4.5)$$

hvor y_i = linieforskel i i^{te} generation af procent brystkød
 x_i = akkumuleret selektionsintensitet (tabel 3.10) for i^{te} generation
 som gennemsnit af linie 67 og en af de øvrige linier
 V_{y_i} = varians på den målte linieforskel
 b = regression af y på x
 μ = »intercept«, der forventes at være nul, såfremt regressionen er lineær.

Den fuldstændige opskæringsprocedure, der er anvendt i 6. generation, havde til formål i alle detaljer at dokumentere effekten af foder, linier og køn. Ved fuldstændig partering forstås en udskæring af delene 2a–2d og en tilhørende rest. I modsætning til slagte kvalitetsundersøgelserne i de øvrige generationer er der i denne generation tilstræbt slagtning ved en fast vægt. Dette mål er dog ikke opnået fuldstændigt, idet der kun blev slagtet én gang pr. uge, hvorfor der er nogen variation i vægt mellem hold.

Det relative udbytte af brystfilet er alders/vægtbetinget, som vist af Moran (1977), Jensen (1981) og Seeman (1981). Sidstnævnte fandt, at procent brystfilet forøgedes med 0,225 pr. 100 g forøgelse af opskåret vægt, at procent vinge

reduceredes med 0,068 pr. 100 g forøgelse af opskåret vægt, og *at* overlår + underlår ikke fandtes at være berørt af den aldersbetingede vægtforøgelse. Moran (1977) fandt efter stegning en tilsvarende effekt af alder på brystkød.

Med henblik på at eliminere den aldersbetingede indflydelse af vægt på det relative udbytte af brystfilet og vinge er der foretaget en korrektion af disse egenskaber i henhold til de af Seeman, *ibid*, rapporterede regressionskoefficienter forinden estimering af effekt af linie, foder og køn på grundlag af model (4.6).

$$y_{ijkl} = \mu + L_i + F_j + S_k + LxF_{ij} + LxS_{ik} + FxS_{jk} + e_{ijkl} \quad (4.6)$$

y_{ijkl} = relativt udbytte, korrigeret for vægt i henhold til Seeman (1981)

L_i = effekt af den i^{te} linie; $i = 66$ og 67

F_j = effekt af den j^{te} foderblanding; $j = 1, \dots, 6$

S_k = effekt af det k^{te} køn; $k = 1, 2$

e_{ijkl} = uforklaret rest.

4.2.2.2 Resultater. I tabel 4.13 er anført ikke-korrigeret gennemsnit og standardafvigelse for procent brystkød for hvert køn på henholdsvis normalt og lavprotein foder i generationerne 3–7; for linie 68 dog kun på normalt foder. For 6. generation er valgt kyllinger, fodret med henholdsvis blandingen »100%« og blandingen »70%« (se tabel 4.11). I højre kolonne er som gennemsnit af køn anført differencen mellem en af linierne, selekteret under suboptimale forhold, og linie 67.

I den sidste generation blev kun medtaget kyllinger fra linierne 66 og 68, og da der ikke synes at være nogen forskel på linier 67 og 68 i de foregående 4 generationer, er linie 68 anvendt som kontrollinie over for linie 66. I 4. generation blev kun undersøgt haner. Generation 5 afviger positivt fra de øvrige, idet hals og halsskind i denne generation var fjernet inden partering.

Linie 66 viser på normalt foder én i forhold til linie 67 reduceret relativ mængde brystkød, der i de to sidste generationer er signifikant forskellig, hvilket kan tyde på en stigende afstand mellem de to linier. Estimering af regressionskoefficienten for model (4.5) viser, at denne ikke er signifikant forskellig fra nul, hvilket overvejende skyldes, at der i 4. generation er en stærkt signifikant forskel, fundet på hanekyllinger.

De samme 2 linier, afprøvet på foder med lavt proteinindhold, viser ingen afgørende linieforskel, selv om der i 4. generation blev fundet en signifikant positiv effekt; linie 68 viser ingen sikker forskel fra linie 67, selv om der i de sidste generationer synes at være en tendens til en lidt større mængde brystkød i linie 68.

De her anførte resultater er bortset fra 6. generation opnået ved samme al-

Tabel 4.13 Gennemsnit ($\bar{X}$) og standardfejl (s_x) for relativ mængde af brystfilet.
Table 4.13 Average ($\bar{X}$) and standard error (s_x) for proportion of breast meat.

Linie Line	Foder Diet	Genera- tion	σ^2			$\varphi\varphi$			-linie 67	
			$\bar{X}$	$\pm$	s_x	$\bar{X}$	$\pm$	s_x	$x_{\text{dif}}^{a)}$	$s_{x_{\text{dif}}}^{a)}$
66	Normalt Normal	3	20,12	0,52		20,98	0,56		-0,25	0,76
		4	18,19	0,32					-1,48*	0,39
		5	22,22	0,42		23,37	0,70		0,17	0,70
		6	20,24	0,50		18,29	0,33		-0,96*	0,43
		7	16,87	0,35		16,82	0,34		-0,95*	0,45
66	Lav-protein Low-protein	3	18,40	0,54		19,99	0,58		-0,93	0,86
		4	16,78	0,20					+0,72*	0,30
		5	22,63	0,57		22,51	0,57		+0,77	0,75
		6	17,71	0,43		19,58	0,35		-0,32	0,54
		7	15,23	0,44		14,85	0,42		-0,05	0,53
68	Normalt Normal	3	21,08	0,60		20,56	0,65		+0,03	0,83
		4	19,36	0,31					-0,31	0,27
		5	23,36	0,50		24,08	0,72		+1,09	0,73
		6	20,27	0,22		20,75	0,15		+0,24	0,31
		7	17,66	0,27		17,92	0,32		-	-
67	Normalt Normal	3	20,35	0,53		21,24	0,55			
		4	19,67	0,23						
		5	21,73	0,31		23,53	0,46			
		6	20,24	0,43		20,29	0,27			
67	Lav-protein Low-protein	3	19,36	0,61		20,89	0,68			
		4	16,06	0,23						
		5	21,58	0,59		22,03	0,37			
		6	18,40	0,35		19,53	0,38			

$$a) x_{\text{dif}} = (\bar{X}_{\sigma} + \bar{X}_{\varphi} - \bar{X}_{\sigma 67} - \bar{X}_{\varphi 67})$$

$$s_{\text{dif}} = \sqrt{(s^2_{\bar{X}_{\sigma}} + s^2_{\bar{X}_{\varphi}} + s^2_{\bar{X}_{\sigma 67}} + s^2_{\bar{X}_{\varphi 67}}) / 2}$$

der. Da der i følge de tidligere citerede forfattere sker en forøgelse af den relative brystkødmængde med stigende alder og/eller vægt, kunne den mindre vækstenergi, som linie 66 udviser på normalt foder, være årsag til den i tabel 4.13 viste lavere brystkødmængde; resultatet fra 6. generation i samme tabel viser dog, at dette ingenlunde er tilfældet. I samme generation er linierne 66 og 67 afprøvet på 6 forskellige niveau'er af protein i foder, som anført under afsnit 4.1. I tabel 4.14 er anført det statistiske test af model (4.6) for de relative parteringsdele: Brystkød, underlår, overlår og vinge.

Foderets proteinindhold ses at have en markant effekt på alle dele, af fig. 4.12 fremgår at et faldende proteinindhold betyder, at såvel brystkød som underlår reduceres, medens overlår forøges. Af samme figur fremgår endvidere

Tabel 4.14 Variansanalyse for relative mængder af parteringsdele på kyllinger fra 6. generation for linierne 66 og 67, slagtet ved en fast vægt.

Table 4.14 Analysis of variance for proportions of breast meat, drumsticks, thighs, and wings.

Årsag	Fr. gr.	Brystkød – Breastmeat			Underlår – Drumsticks			Overlår – Thigh			Vinge – Wings		
		middel- kvadrat	F	P	middel- kvadrat	F	P	middel- kvadrat	F	P	middel- kvadrat	F	P
Source		MS	F	P	MS	F	P	MS	F	P	MS	F	P
Linie <i>Line</i>	1	$3,72 \times 10^{-1}$	0,18	0,6688	$1,22 \times 10^1$	27,25	0,0001	$9,42 \times 10^0$	5,54	0,0193	$8,88 \times 10^{-1}$	2,03	0,1552
Foder <i>Diet</i>	5	$2,49 \times 10^1$	12,27	0,0001	$2,72 \times 10^0$	6,06	0,0001	$1,20 \times 10^1$	7,08	0,0001	$6,02 \times 10^0$	13,78	0,0001
Køn <i>Sex</i>	1	$1,44 \times 10^1$	7,12	0,0081	$6,95 \times 10^1$	154,60	0,0001	$4,73 \times 10^0$	2,78	0,0964	$4,97 \times 10^{-3}$	0,01	0,9151
Linie × foder <i>Line × diet</i>	5	$4,31 \times 10^0$	2,13	0,0620	$1,82 \times 10^{-1}$	0,65	0,6668	$1,60 \times 10^0$	0,94	0,4548	$9,16 \times 10^{-1}$	2,10	0,0656
Linie × køn <i>Line × sex</i>	1	$8,58 \times 10^0$	4,23	0,0407	$7,14 \times 10^0$	15,90	0,0001	$8,17 \times 10^{-1}$	0,48	0,4890	$4,14 \times 10^{-1}$	0,95	0,3314
Foder × køn <i>Diet × sex</i>	5	$1,48 \times 10^1$	7,30	0,0001	$3,92 \times 10^{-1}$	0,87	0,5022	$8,85 \times 10^1$	0,52	0,7631	$1,90 \times 10^{-1}$	0,44	0,8248
Rest <i>Error</i>	263	$2,02 \times 10^0$			$4,49 \times 10^{-1}$			$1,70 \times 10^0$			$4,37 \times 10^{-1}$		

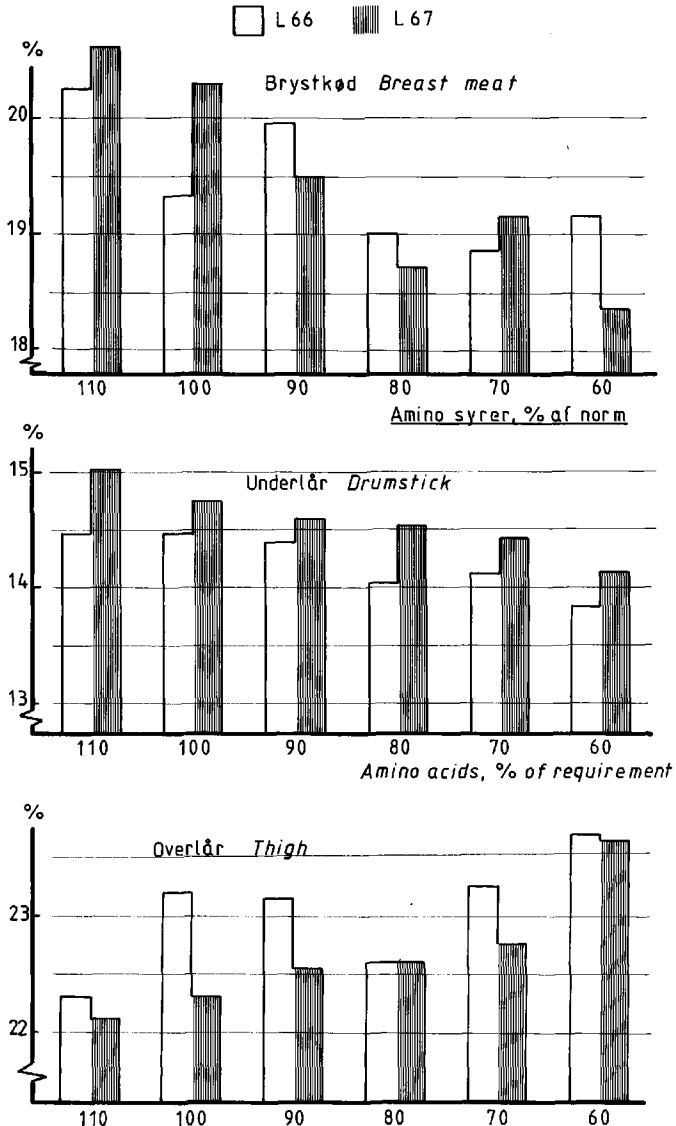


Fig. 4.12 Indflydelsen af foderets koncentration af protein på vægt af brystkød med skind, underlår og overlår, angivet som procent af slagtekroppens vægt for kyllinger fra linierne 66 og 67, slagtet ved 1550 g levende vægt.

Tallene på den vandrette akse refererer til den procentiske dækning af behov for de mest begrænsende aminosyrer.

Influence of the protein concentration of the diet on weight of breast meat with skin, drumstick, and thigh given as percentage of carcase for chickens of lines 66 and 67 slaughtered at 1550 g live weight.

The figures on the horizontal axis refer to the level of requirement of the most limiting amino acids as a percentage.

en tydelig linieforskel, hvad angår underlår, idet der på alle foderniveau'er er en større relativ andel i linie 67, sammenlignet med linie 66; en tilsvarende linieforskel kunne på grundlag af resultater i tabel 4.13 forventes for brystkød, og fig. 4.12 viser da også, at det forholder sig sådan for de foderblandinger, der har en tilstrækkelig forsyning af protein, medens linie 67 med underforsyning reagerer kraftigere end linie 66. Denne interaktion kan lige anes i det statistiske test (tabel 4.14), men opluges næsten af den meget kraftige effekt af foder samt en »foder $\times$ køn«-interaktion. Det fremgår dog meget klart, at selektion for vækstevne på grundlag af foder med lavt proteinindhold er ensbetydende med en reduceret genetisk betinget ansætning af muskelvæv på de steder, hvor det anses for mest attraktivt for et konsumentsynspunkt, såfremt produktionen skal foretages under optimale forhold, hvad angår proteinforsyning. Ved produktion af slagtekyllinger på foder med lavt proteinindhold ses der at være en bemærkelsesværdig forskel på de to betragtede parteringer, da linie 66, hvad angår brystkød, ligger på niveau med linie 67, medens linieforskellen, hvad angår underlår, holder sig uændret over hele det undersøgte område; dette kan tydes derhen, at de gener, der har indflydelse på muskeludviklingen, og som samtidig er under indflydelse af selektion for vækstevne, ikke reagerer identisk på udvikling af lårmuskulatur og brystmuskulatur, hvis denne selektion foregår på optimalt eller suboptimalt foder.

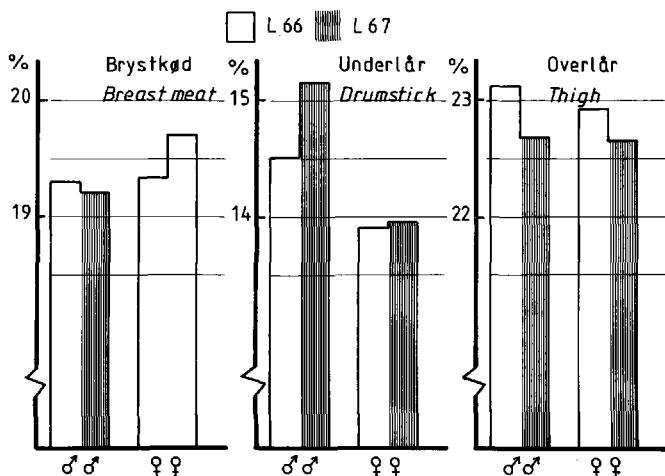


Fig. 4.13 Indflydelse af køn og linie på opskæringsudbytte for kyllinger, slagtet ved 1550 g levende vægt.

Influence of sex and line on yield of breast meat, drumstick, and thigh of chickens slaughtered at a live weight of 1550 g.

Den meget signifikante effekt af foder på vingens andel af slagtekroppen skyldes en reduceret vingeandel med et faldende proteinniveau i foderet.

Overlårrets andel medvirker tydeligvis til at udjævne den forskel mellem linier og foderniveau, der er indført af brystkød, underlår og vinger, hvilket fremgår af, at en lav proteinnorm giver højere andel af overlår.

Moran (1981) har vist, at kønnets indflydelse på brystkød er ganske betydelig, og dette holder i nærværende undersøgelse (fig. 4.13), når man alene ser på linie 67, medens linie 66 viser samme niveau for de to køn. Tilsvarende ses, at den meget betydelige indflydelse, som kønnet har på underlåret, overvejende hidrører fra linie 67; noget kunne derfor tyde på, at den udvikling i kødansætningen, der har fundet sted i linie 66, er gået i retning af en ligestilling af de to køn, medens der i linie 67 fortsat er en markant forskel på de to køn.

4.3 Kemisk sammensætning af kyllinger

Kyllingernes fedningsgrad har i de senere år været genstand for en øget interesse, hovedsagelig fordi der synes at være sket en forøgelse af kyllingernes fedningsgrad, og derfor er naturligt den forskningsmæssige indsats accelereret. Washburn (1979) gav en oversigtsartikel over spillet mellem genetikken og slagtekroppens sammensætning, især koncentreret om fedt versus kropvægt og afstamning, og den er samtidig blevet fulgt op af en række forskningsrapporter, der beskriver mulighederne for at bedømme fedningsgraden på den levende kylling (Pym and Thompson, 1980; Becker et al., 1979, og Verstrate et al., 1980).

4.3.1 Metoder

4.3.1.1 *Bugfedt* omfatter det depotfedt, der aflejres på bugvæggen, og som ved opskæring, dels sidder som 2 fedtpuder bagest på bughulen, dels er aflejret omkring kråsen – eventuelt helt frem til leveren (fig. 4.14).

De 2 fedtpuder fjernes let ved at rive dem fra bugvæggen, medens fedtet, der aflejres på kråsen, fjernes med samme teknik, som når der »smuttes« mandler. Den samlede mængde fedt vejes snarest efter udtagning, og i alle tilfælde tages hensyn til, at svind ved fordampning af vand holdes på et minimum; mængden af fedt relateres til kyllingens levende vægt.

Der er foretaget bestemmelse af bugfedt på alle kyllinger, der blev parteret med henblik på bestemmelse af udbytte af parteringsdele, d.v.s. kyllinger fra 3.–7. generation. Specielt i 6. generation er gennemført en bestemmelse på 20 kyllinger fra hvert af de 30 hold, der blev indsat i prøve nr. 79-3 (se fig. 4.2); de 12 blev målt på slagteriet i forbindelse med parteringsundersøgelsen, medens bugfedtmængden på de resterende 8 blev målt umiddelbart efter aflivning, og inden den kemiske totalanalyse blev foretaget. I alt er der inden for rammerne af hele selektionsforsøget foretaget bugfedtbestemmelse på 920 kyllinger.



Fig. 4.14 Depotfedt hos slagtekyllinger findes i meget stor udstrækning som bugfedt. Under den sædvanlige slagteprocedure deles depotfedtet i to nogenlunde lige store dele, hvoraf den ene del følger kråsen, medens den anden bliver hængende på kyllingen som 2 fedtlommer.

The depot fat in broiler chickens is deposited mainly at the abdomen. In general during the slaughter procedure half of the abdominal fat adheres to the gizzard whereas the rest remains on the carcass as two fat pads.

4.3.1.2 Kemisk analyse. Fra hvert af de 30 hold i prøve nr. 79-3 blev ved slutvejningen tættest muligt på en holdvægt af 1550 g aflivet 8 kyllinger med henblik på kemisk analyse af hele kroppen. Aflivningen foretoges ved cervical dislocation, og snarest muligt herefter blev kyllingerne nedfrosset og opbevaret ved -20°C – hver indpakket i en tætlukket plastpose. Før indfrysningen blev hver kylling åbnet, bugfedt og lever udtaget, vægtbestemmelse af disse blev foretaget, og derefter blev begge dele lagt tilbage i bughulen.

Ca. 1 døgn før den videre behandling blev et passende antal kyllinger taget op af fryseren; efter optøning, men stadig i plastpose, foretoges en vægtbestemmelse, og derpå overførtes hele kyllingen til en anden og kraftigere plastpose, der blev tilsat 2–300 ml vand, plastposen blev tillukket og herefter anbragt i en autoklave ved 2 atmosfæres tryk $\sim 120^{\circ}\text{C}$ i 3–5 timer. Efter nedkøling til $40\text{--}50^{\circ}\text{C}$ blev hele plastposens indhold overført til en almindelig husholdningsblender, mrk. »Allpress«.

Efter 2 minutters behandling var alle strukturdannende elementer – så som knogler og fjer – fuldstændig sønderdelt til en jævn, grødagtig masse, der herefter kvantitativt blev overført til en stor plastspand og vejlet. Forinden udtagning af en repræsentativ prøve blev den grødagtige masse behandlet med en laboratorieblender af typen »Ultra Turax«, der med sit meget høje omdrejningstal sikrede en fuldstændig emulgering af fedtet.

I hver af 240 prøver af individuelle kyllinger blev foretaget tørstof- og fedtbestemmelse, som beskrevet af Jakobsen og Weidner (1973), idet fedtbestemmelsen foretoges i følge Stoldt-metoden, der involverer en syrehydrolyse før æterekstraktionen. Herefter blev der foretaget en samleprøve for hvert hold, således at 8 prøver blev samlet i én prøve og sådan, at hver kylling var repræsenteret med $1/8$ i samleprøven. På disse samleprøver blev foretaget en kemisk analyse af tørstof, protein, aske og bruttoenergi efter metoder, beskrevet af Jakobsen og Weidner (1973).

4.3.1.3 Muskulært fedt. Brystmuskulaturens indhold af fedt er i 4. generation undersøgt på 15 hanekyllinger, fordelt på 3 linier og 2 foderblandinger. Brystkødet, udskåret, som anført i afsnit 4.2, blev delt i skind med underliggende fedtdepoter samt muskler, og hver for sig vægtbestemt, inden muskelandelen blev analyseret for indhold af tørstof, fedt og protein på grundlag af metoder, beskrevet af Jakobsen og Weidner (1973).

4.3.1.4 Statistiske modeller. Ved den statistiske analyse af fedtindhold i kyllinger blev anvendt følgende model til analyse inden for linie og køn af råproteinindholdets indflydelse på fedningsgrad.

$$y_{ijk} = \mu + L_i + S_j + b_{ij} \cdot F_{ijk} + e_{ijk} \quad (4.7)$$

- hvor y_{ijk} = fedtindhold (% af levende vægt)
 L_i = effekt af den i^{te} linie (66 og 67)
 S_j = effekt af det j^{te} køn
 b_{ij} = regression inden for linie og køn på foderets råprotein
 F_{ijk} = foderets råprotein (g/10 MJ)

Analyse af linie- og kønseffekt er foretaget med en modificeret udgave af model (4.7).

$$y_{ijk} = \mu + L_i + S_j + b \cdot F_{ijk} + e_{ijk} \quad (4.8)$$

- hvor de anførte symboler har samme betydning som for model (4.7) bortset fra, at b = regression af fedtindhold på råprotein.

Sammenhængen mellem totalfedt (%), og bugfedt (%), er undersøgt ved hjælp af følgende model:

$$y_i = b_0 + b_1 \cdot x_i + b_2 \cdot x_i^2 + e_i \quad (4.9)$$

- hvor y_i = totalfedt (%)
 b_0 = intercept
 b_1 og b_2 = koefficienter for henholdsvis 1. grads og 2. grads regression af totalfedt (%), på bugfedt (%)
 x_i = bugfedt (%)
 e_i = uforklaret rest

4.3.2 Resultater

Resultater af målingen af bugfedtmængde i 3.-7. generation er anført i tabel 4.15 som procent af levendevægt i 1-2 dage før slagtning. For 6. generation gælder, at levendevægten er beregnet på grundlag af slagtevægten, idet denne antages at udgøre 90% af levendevægten; endvidere, at der er anvendt data fra kyllinger, fodret på henholdsvis 100% og 70% proteinniveau. Der er en tydelig større aflejring af bugfedt i linie 66, hvilket giver sig til kende på begge foderniveau'er, men mest markant på foder med det lave indhold af protein. Linie 68 synes ikke at afvige fra linie 67 på normalfoderet, skønt der i en enkelt generation er fundet en signifikant lavere aflejret mængde.

En eventuel tidsmæssig forøgelse af differencen mellem linier 66 og 67 er undersøgt gennem anvendelse af model (4.5), hvor y_i i stedet for procent brystkød

Tabel 4.15 Generationsgennemsnit og standardfejl for mængde af bugfedt i relation til levende vægt og afvigelse fra linie 67.

Table 4.15 Average and standard error for proportion of abdominal fat to live weight.

Linie Line	Foder Diet	Genera- tion	Bugfedt, % - Abdominal fat, %						Afvigelse fra linie 67 Deviation from line 67	
			♂♂			♀♀			dif ^{a)}	s _{dif} ^{a)}
			N	$\bar{X}$	s _x	N	$\bar{X}$	s _x		
66	Normalt Normal	3	5	1,22	0,42	5	2,01	0,30	0,41	0,51
		4	20	1,90	0,13				0,37*	0,15
		5	9	0,97	0,22	10	1,81	0,12	0,34	0,23
		6	20	2,05	0,13	19	2,38	0,14	0,59*	0,19
		7	8	2,14	0,32	10	2,11	0,19	0,64*	0,30
66	Lav-protein Low-protein	3	5	2,34	0,41	5	2,94	0,38	0,54	0,55
		4	20	2,79	0,10				1,13*	0,19
		5	10	2,66	0,11	10	3,20	0,11	1,07*	0,15
		6	20	3,22	0,19	20	3,40	0,14	0,80*	0,17
		7	10	3,58	0,12	9	3,86	0,21	1,16*	0,26
68	Normalt Normal	3	5	1,00	0,33	5	1,67	0,40	+0,13	0,51
		4	20	1,24	0,08				-0,29*	0,11
		5	10	0,92	0,15	9	1,60	0,15	0,21	0,21
		6	21	1,53	0,12	23	1,68	0,10	-0,02	0,18
		7	9	1,32	0,12	9	1,65	0,18		
67	Normalt Normal	3	5	1,09	0,37	5	1,32	0,36		
		4	20	1,53	0,08					
		5	9	0,76	0,12	11	1,34	0,16		
		6	20	1,50	0,19	20	1,75	0,05		
67	Lav-protein Low-protein	3	5	1,83	0,38	5	2,38	0,40		
		4	20	1,66	0,16					
		5	10	1,58	0,08	10	2,15	0,13		
		6	20	2,20	0,11	20	2,83	0,07		
		»7«	9	2,28	0,16	9	2,85	0,23		

a) Se tabel 4.13

a) See Table 4.13

er procent bugfedt af levende vægt og gav anledning til følgende to regressionsligninger:

Normalt foder:

$$y_j = -0,102 + 0,093 \cdot \sum \bar{i}_j; \quad s_b = 0,031; \quad P = 0,055$$

Lavt proteinfoder:

$$y_j = 0,129 + 0,097 \cdot \sum \bar{i}_j; \quad s_b = 0,070; \quad P = 0,207$$

Ingen af regressionskoefficienterne er statistisk signifikant forskellig fra nul, men de viser, at differencen mellem linierne 66 og 67 er forøget med ca. 0,1%

pr. generation, fordi selektionsintensiteten i gennemsnit er 1,15 (tabel 3.10). Denne forøgelse falder meget godt i tråd med det på normalfoderet fundne, men er noget mindre end den forskel, der tilsyneladende er fundet på grundlag af foder med lavt protein, hvilket kan tolkes på den måde, at differensen følger 2. grads polynomium.

Resultaterne af den i 6. generation gennemførte kemiske analyse for bestemmelse af totalfedt på 192 kyllinger fra linierne 66 og 67 er vist i fig. 4.15, i hvilken det med stor tydelighed fremgår, at linieforskellen ved samme levende vægt er næsten konstant over hele området af foder; endvidere ses et helt enormt stort variationsområde fra 10% fedt i haner, fodret på et foder med højt proteinindhold, til over det dobbelte hos hønekylringer fra linie 66, fodret på et lavt pro-

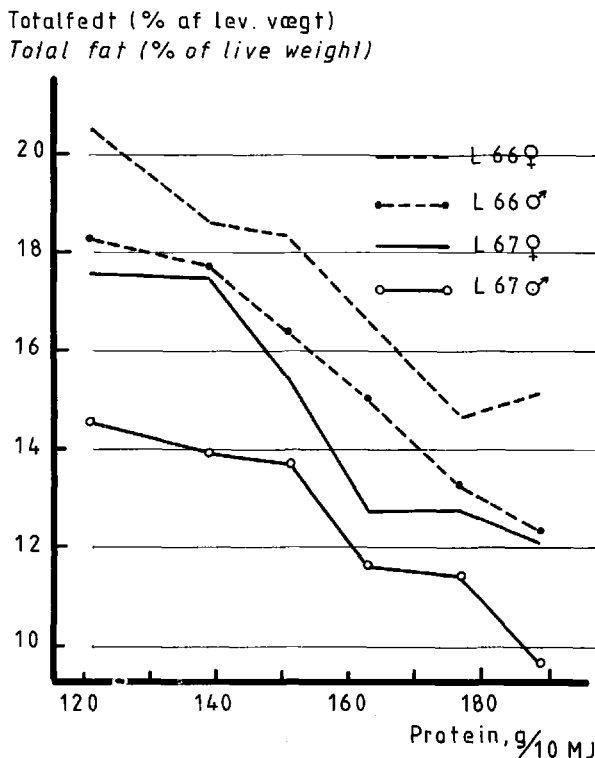


Fig. 4.15 Indflydelse af foderets proteinindhold, køn og linie på kyllingens totale fedtindhold, relateret til levende vægt (ca. 1550 g) dagen før slagtning.

Influence of protein concentration of the diet, sex and line on the fat content of the chickens given as total amount of fat and related to live weight on the day before slaughter (close to 1550 g).

teinfoder. Tilsvarende er i fig. 4.16 vist sammenhængen for bugfedt, relateret til levende vægt.

Det almindelig kendte, at et reduceret indhold af protein i foderet ud over at reducere vækstintensiteten også forøger fedningsgraden, ses med stor tydelighed at være næsten retliniet inden for et område, der varierer fra 121 g råprotein pr. 10 MJ til 189 g råprotein pr. 10 MJ, og de ved model (4.7) estimerede regressionskoefficienter, anført i tabel 4.16, viser, at for hver gang råproteinindholdet reduceres med 10 g pr. 10 MJ, forøges den totale fedningsgrad med næsten én procentenhed og aflejringen af bugfedt med 0,25 procentenheder, svarende til ca. 4 g for 1500 g kyllinger.

Der er nogle ikke-signifikante tendenser, der kunne antyde, at linie 66 har en lidt kraftigere stigning i fedtindhold med faldende råproteinindhold, og den

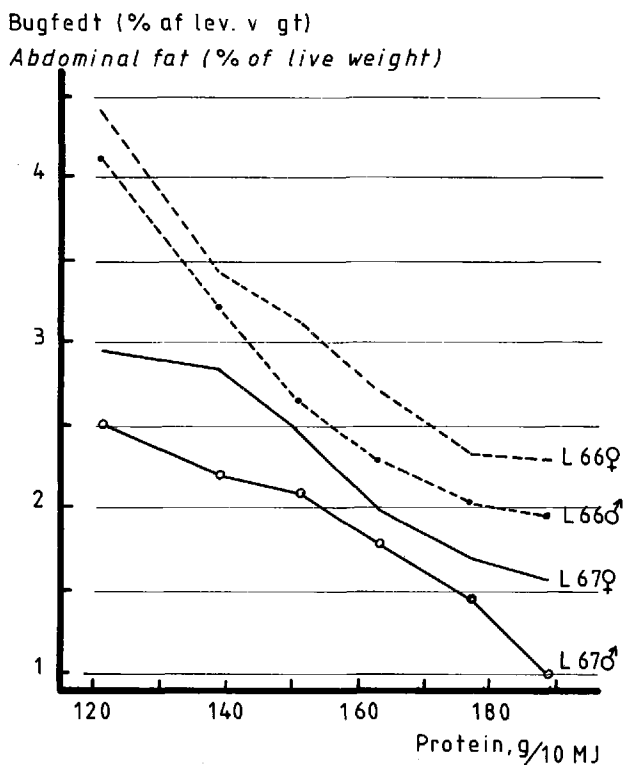


Fig. 4.16 Indflydelse af foderets proteinindhold, køn og linie på kyllingens indhold af bugfedt, relateret til levende vægt (ca. 1550 g) dagen før slagtning.

Influence of protein concentration of the diet, sex and line on the content of abdominal fat of the chicken related to live weight on the day before slaughter (close to 1550 g).

Tabel 4.16 Regressionskoefficienter (b) og standardfejl (s_b), estimeret på grundlag af model (4.7) for egenskaberne »totalfedt« og »bugfedt« – begge i procent af levendevægt som afhængig af foderets proteinindhold.

Table 4.16 Coefficient of regressions (b) and standard error (s_b) estimated from model (4.7) for the traits: Total fat and abdominal fat, both as percentage of live weight as dependent on content of protein in diet.

Linie Line	Køn sex	Totalfedt – Total fat		Bugfedt – Abdominal fat	
		b	s_b	b	s_b
66	♂♂	-0,0903	0,0109	-0,0278	0,0037
	♀♀	-0,0960	0,0108	-0,0326	0,0037
67	♂♂	-0,0818	0,0107	-0,0204	0,0037
	♀♀	-0,0853	0,0111	-0,0253	0,0038

samme tendens ses for køn. I begge tilfælde er det den part, der har den højeste genetiske kapacitet for fedtaflejring, der viser den højeste regressionskoefficient, hvilket må fortolkes på den måde, at samspillet mellem den genetiske kapacitet for fedtaflejring og foderets råproteinindhold er af delvis multiplikativ art. Variationsbredden er meget stor, som det fremgår af figurerne 4.15 og 4.16, men også inden for hold er der en ganske betydelig variation, der, angivet som variationskoefficient, ligger i området »10–16%« for totalfedt og »20–30% for bugfedt – begge relativt til levende vægt.

Stigende fedtaflejring som følge af lavere indhold af råprotein resulterer i et fald i variationskoefficienten for fedt, svarende til, at standardafvigelsen inden for hold er konstant, uanset at holdgennemsnit for samme linie og køn forøges med faldende råprotein; det svarer til, at den variation i fedtaflejring, der findes inden for linie og køn, og som skyldes, dels genotypen, dels andre forhold, er additivt påvirket af foderets råprotein, og dette er anderledes, men ikke nødvendigvis i modstrid med det ovenfor nævnte forhold, at den rent genetiske variation i fedtningsgrad mellem linier og køn i et vist omfang var multiplikativt forbundet med foderets råproteinindhold.

Med det statistiske test af linie, køn og foderets effekt på grundlag af model (4.8) ses af tabel 4.17, at alle 3 effekter har en stærk signifikant indflydelse på fedtningsgraden, som også kan udledes af figurerne 4.15 og 4.16.

Sammenhængen mellem bugfedt og totalfedt er vist i fig. 4.17, og den tilhørende regressionskurve er frembragt på grundlag af estimeringen af parametrene fra model (4.9), der gav følgende 2. grads polynomium:

$$y = 4,63 + 5,37 \cdot X - 0,42 \cdot X^2 ; R^2 = 0,85$$

$$s_{b_0} = 0,50 ; s_{b_1} = 0,41 ; s_{b_2} = 0,08$$

Alle estimerede parametre er stærkt signifikante, hvilket specielt betyder, at der er en afbøjning af kurven, hvor der er meget høje forekomster af bugfedt.

Tabel 4.17 Variansanalyse af effekten af linier, køn og foderets råproteinindhold på slagtekyllingers fedningsgrad ved en fast vægt.

Table 4.17 Analysis of variance of the effect of lines, sex and diets on fatness of slaughter chickens at a fixed weight.

Årsag:	Source	Fr.	Totalfedt – Total fat			Bugfedt – Abdominal fat		
			middel-	F	P	middel-	F	P
			kvadrat	F	P	kvadrat	F	P
		DF	MS			MS		
Linie – Line		1	$3,25 \times 10^2$	88,99	0,0001	$3,63 \times 10^1$	81,99	0,0001
Køn – Sex		1	$1,83 \times 10^2$	50,19	0,0001	$6,79 \times 10^0$	15,33	0,0001
Foder – Diet		1	$7,33 \times 10^2$	200,74	0,0001	$6,64 \times 10^1$	149,84	0,0001
Linie × køn		1	$2,37 \times 10^0$	0,65	0,4214	$4,00 \times 10^{-4}$	0,00	0,9761
Line × Sex								
Rest – Error		167	$3,65 \times 10^0$			$4,43 \times 10^{-1}$		

Delpech and Ricard (1965) fandt retlinethed inden for samme fodertype, men en svagere hældning på et foder med ekstra tilskud af fedt. I nærværende arbejde er inden for samme foder fundet retlinet sammenhænge, og disse regressionskurver er anført i fig. 4.17 inden for variationsområdet $\bar{y} \pm s_y$ for det enkelte proteinniveau i foder.

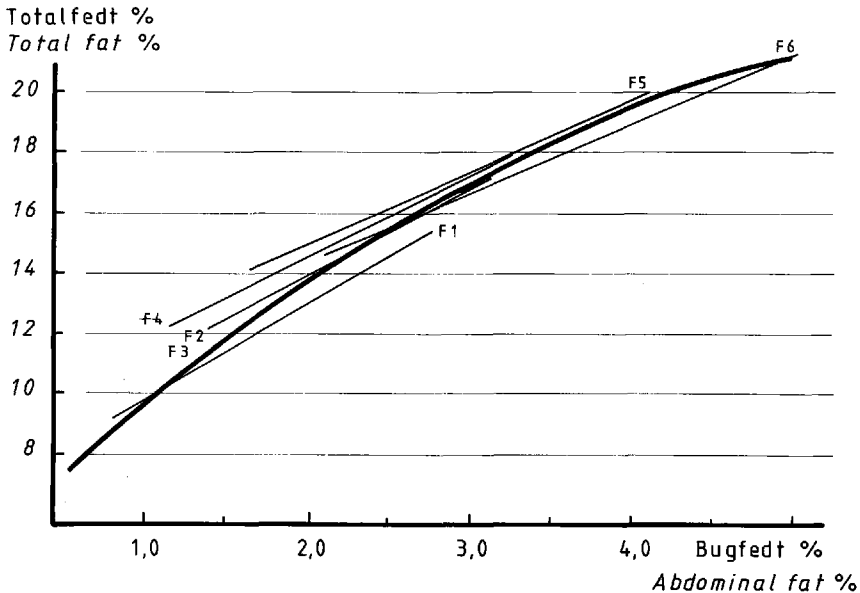


Fig. 4.17 Prædiktionskurve for totalt fedt i kyllingen på grundlag af det målte indhold af bugfedt. De svage, rette linier antyder retlinethed i snævrere intervaller.

Prediction curve for the total amount of fat in the chicken based on measured content of abdominal fat. The thin, straight lines indicate rectilinearity in narrow intervals.

Medens der således er en ret høj sammenhæng mellem bugfedt og totalfedt, har man ikke fundet en tilsvarende stor sammenhæng mellem muskulært fedt i brystmuskulaturen og bugfedt, hvilket fremgår af tabel 4.18.

Tabel 4.18 Gennemsnit ($\bar{X}$), standardafvigelse (SD) og korrelation for en række egenskaber, målt på 15 haneekyllinger fra 6. generation.

Table 4.18 Average ($\bar{X}$), standard deviations (SD), and correlations for traits related to the breast muscle. Measured on 15 male chickens from 6th Gen.

Egenskab Trait		Nr. No.	$\bar{X}$	SD	Nr. - No.			
					2	3	4	5
Fedt i brystmuskul, %		1	2,08	0,52	-0,41	-0,23	-0,18	0,09
<i>Fat in breast muscle</i>								
Protein i brystmuskul, %		2	24,11	0,96		0,33	0,44	0,54*)
<i>Protein in breast muscle</i>								
Vægt af brystmuskul, a)		3	9,91	1,95			0,51	0,16
<i>Weight of breast muscle</i>								
Vægt af skind a)		4	1,86	0,29				0,65**)
<i>Weight of skin</i>								
Bugfedt a)		5	3,19	0,92				
<i>Abdominal fat</i>								

a) Angivet som procent af levende vægt

a) Stated as percentage of live weight

*) $P < 0,05$; **) $P < 0,01$

Det muskulære fedt i brystmuskulaturen udgør omkring 2%, medens der er 24% protein. Den meget stærke sammenhæng, der er fundet mellem bugfedt og totalfedt, findes ikke, når bugfedt og muskulært fedt sammenlignes; derimod er fundet en meget sikker sammenhæng mellem skindvægt og bugfedt, hvilket sikkert skal ses i lyset af det forhold, at der i skindet fra brystkødet også er aflejret en del subkutan fedt, og omfanget af denne aflejring varierer i takt med variationen i bugfedtmængder, der begge må karakteriseres som depotfedt. I det af Leclercq og medarbejdere iværksatte selektionsforsøg, hvori der selekteres for høj fedtningsgrad i én linie og lav fedtningsgrad i en anden (Leclercq et al., 1980), fandtes der ved preliminaire undersøgelser ingen antydning af forskel på indhold af muskulært fedt de 2 linier imellem (Ricard, 1983), hvilket er i overensstemmelse med de i nærværende arbejde fundne resultater. Christensen (1969) angiver på grundlag af et litteraturstudium, at korrelationen mellem intramuskulært fedt og totalfedt hos grise er forholdsvis lav ($r = 0,2-0,4$), og finder i egne undersøgelser, at syntese og aflejring af intramuskulært fedt kan variere uafhængigt af organismens totale fedtsyntese.

Medens fedtindholdet i kyllinger har en stor variationsbredde, er de øvrige kemiske komponenter, væsentlig mindre varierende, og dette er begrundelsen for, at der ikke er foretaget kemiske analyser på de enkelte dyr, men alene på samleprøve af 8 kyllinger fra hvert hold. Resultaterne fra disse analyser er sammenstillet i tabel 4.19.

Tabel 4.19 Kemisk analyse af samleprøver fra 8 kyllinger pr. hold fra 6. generation.
Table 4.19 Chemical analysis of minched chickens (eight within each sample) from the 6th generation.

Linie	Køn	Foder	Vand %	Fedt %	Prot. %	Aske %	Rest*) %	Bruttoenergi, MJ/kg	
Line	Sex	Diet	Water	Fat	Protein	Ashes	Residual	analyseret Gross energy,	beregnet calculated
								analysed	calculated
66	♂♂	110	65,90	12,44	17,94	2,77	0,95	9,18	9,22
	♀♀	110	62,77	15,29	18,39	2,98	0,57	10,36	10,46
67	♂♂	110	67,36	9,66	18,36	2,98	1,64	8,28	8,22
	♀♀	110	66,61	12,04	18,56	2,91	-0,12	8,98	9,21
66	♂♂	100	65,28	13,32	17,87	2,86	0,67	9,54	9,55
	♀♀	100	63,35	14,76	18,15	2,84	0,90	10,18	10,19
67	♂♂	100	66,44	11,51	18,21	2,91	0,93	8,87	8,92
	♀♀	100	65,91	12,93	18,80	2,88	-0,52	9,49	9,62
68	♂♂	100	67,57	10,34	18,33	2,87	0,89	8,45	8,48
	♀♀	100	65,82	12,30	18,65	2,93	0,30	9,33	9,34
66	♂♂	90	64,16	15,12	17,69	2,74	0,29	10,18	10,23
	♀♀	90	62,60	16,56	17,77	2,51	0,56	10,64	10,82
67	♂♂	90	65,28	12,77	18,70	2,74	0,51	9,52	9,54
	♀♀	90	65,28	12,77	18,70	2,74	0,51	9,52	9,54
66	♂♂	80	63,93	16,46	17,54	2,77	-0,70	10,25	10,72
	♀♀	80	60,70	18,37	17,83	2,59	0,51	11,41	11,55
67	♂♂	80	65,20	13,78	17,34	2,66	1,02	9,58	9,61
	♀♀	80	62,67	15,49	18,08	2,93	0,83	10,48	10,48
66	♂♂	70	61,55	17,90	16,63	2,71	1,21	11,25	11,08
	♀♀	70	60,85	18,62	17,33	2,74	0,46	11,64	11,54
67	♂♂	70	65,11	13,87	17,06	2,92	1,04	9,55	9,59
	♀♀	70	61,12	17,73	17,85	2,82	0,48	11,35	11,31
66	♂♂	60	61,84	18,35	16,24	2,66	0,91	11,16	11,17
	♀♀	60	59,11	20,51	16,75	2,78	0,85	12,23	12,15
67	♂♂	60	64,96	14,49	17,00	2,85	0,70	9,76	9,81
	♀♀	60	62,22	17,76	17,07	2,66	0,29	11,09	11,13
			63,93	14,89	17,77	2,80	0,61	10,11	10,16

*) Kulhydrater, ikke bestemt

*) Carbohydrates not determined

Den anførte rest på gennemsnitlig 0,61% består hovedsagelig af kulhydrater, og da kyllingerne er blevet aflivet med en normal fyldningsgrad af mavetarmsystemet, er den her fundne rest næsten lig med det, der skønnes, at en analyse for kulhydrat ville have vist, idet glykogen i kroppen angives at være 0,3% af totalvægt (Jakobsen, 1964), og kulhydratfraktionen i mavetarmkanalen skønsmæssigt udgør 0,3% af totalvægt (Thomsen, 1982). Beregnet bruttoenergi er fundet ved at tillægge fedt og protein energiværdierne 39,7 kJ pr. g og 23,9 kJ pr. g; således beregnet, er der næsten sammenfald mellem analyseret og beregnet indhold af energi, og korrelationen mellem de 2 metoder er fundet at være $r = 0,993$. Tilbage er dog restkomponenten, som i tilfælde af, at den udelukkende udgøres af kulhydrater, vil bringe den beregnede energimængde op på 10,27 MJ pr. kg eller 1,5% mere, end der er fundet gennem den direkte analyse.

Fedningsgrad, her udtrykt som procent fedt, er langt mere påvirket af variation i foder og af køn end proteinfraktionen, som det ses af tabel 4.19. De tre hovedfraktioner: Fedt, protein og vand udgør sammenlagt mere end 96% af hele kroppens vægt, hvorfor en ændring af én af disse må påvirke de andre. I efterfølgende opstilling er anført resultaterne af 3 multiple regressionsanalyser, i hvilke: Vand, protein og aske er analyseret som afhængige af de øvrige komponenter, givet i tabel 4.19, idet der ses bort fra »Rest«.

Afhængig variabel:		Intercept	Fedt	Vand	Protein	Aske
Vand	b	89,89	-0,901		-0,494	-1,34
	s_b	4,59	0,050		0,191	0,96
Protein	b	57,72	-0,555	-0,491		-0,11
	s_b	15,63	0,162	0,189		1,00
Aske	b	8,04	-0,075	-0,063	-0,005	
	s_b	4,00	0,041	0,042	0,052	

Det hævdes ofte, at aflejring af fedt medfører, at en tilsvarende mængde vand forsvinder, så vægten forbliver uændret; og undersøgelser af Schmidt et al. (1973) på svin har vist, at fedtaflejring i hovedsagen kun berører vandindholdet. I nærværende undersøgelser ses, at variation i fedtindhold signifikant ændrer såvel vandindhold som proteinindhold.

Det er fundet at være af betydelig interesse at undersøge, om der er nogen effekt af linie, køn og/eller foder på kyllingens vand- og proteinindhold med samme fedtningsgrad. Til dette formål er vand- og proteinindholdet korrigeret til det gennemsnitlige fedtindhold på 14,89% på grundlag af de regressionskoefficienter, der er fundet i foranstående, anførte opstilling; disse er dog nivelleret sådan, at én procents forøgelse af fedt reducerer:

$$\text{Vandindhold med } \frac{0,901}{0,901 + 0,555} = 0,619$$

$$\text{Proteinindhold med } \frac{0,555}{0,901 + 0,555} = 0,381$$

Det således redefinerede procentiske indhold af vand og protein er herefter analyseret på grundlag af model (4.8) med det i tabel 4.20 viste resultat.

Tabel 4.20 Variansanalyse af effekt af linie, køn og foder med forskelligt proteinindhold på indhold af vand og protein i kyllinger efter korrektion for varierende fedtindhold.

Table 4.20 Analysis of variance of effect of line, sex and diet (various protein) on the content of water and protein in chickens corrected for varying fat content.

Årsag Source	Fr. DF	Protein - Protein			Vand - Water		
		middel- kvadrat MS	F	P	middel- kvadrat MS	F	P
			F	P		F	P
Linie Line	2	$1,49 \times 10^0$	14,91	0,0001	$9,80 \times 10^{-1}$	3,80	0,0398
Køn Sex	1	$9,09 \times 10^0$	90,88	0,0001	$4,22 \times 10^0$	16,40	0,0006
Foder Diet	1	$1,07 \times 10^0$	10,73	0,0038	$7,77 \times 10^{-1}$	3,02	0,0978
Rest Error	20	$1,00 \times 10^{-1}$			$2,56 \times 10^{-1}$		

For protein ses der at være en betydelig effekt af køn, en lidt mindre af linie og en lidt svagere effekt af foder; det sidste er meget væsentligt, fordi det viser, at den foretagne korrektion er rimelig i henseende til at eliminere den meget væsentlige indflydelse, som foderet har på fedtaflejring og dermed indirekte på proteinprocenten i totalkyllingen. Den fundne linie- og kønseffekt kan på dette grundlag fremhæves at være én af fedtaflejringen uafhængig forskel; fremstillingen i fig. 4.18 viser, at linie 66 aflejrer ca. 0,6 procentenheder mere protein end linie 67, medens der ikke er forskel på linie 67 og linie 68, kønsforskellen er 1,3 procentenheder i favør af hunkønnet.

4.4 Andre egenskaber

Selektionsforsøget gav anledning til en række specifikke undersøgelser for linieforskelligheder, hvoraf én gav anledning til en selvstændig publikation (Sørensen et al., 1983). Årsagerne til disse undersøgelser var enten forventning om, at sådanne forskelligheder kunne opstå mellem linier (ædeadfærd, proteinstofskifte), eller observationer under selektionsforsøget viste, at linieforskel var opstået (ægstørrelse, befjering).

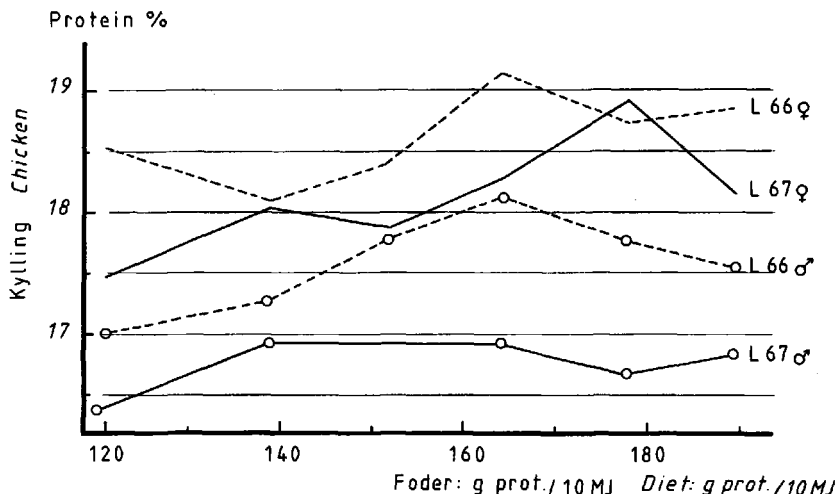


Fig. 4.18 Indflydelse af linie, køn og foderets proteinindhold på aflejring af protein på kyllinger, aflivet ved 1550 g levende vægt. Aflejret protein er anført som procent af en kylling, indeholdende 14,89% fedt.

Influence of line, sex and protein concentration of the diet on deposition of protein in chickens at 1550 g live weight. Deposited protein is given as percentage of protein in a chicken containing 14.89% fat.

4.4.1 Befjering

Det er almindeligt accepteret, at et lavt proteinniveau i foder og især lavt indhold af aminosyrerne »methionin« og »cystin« forsinket og reducerer fjersætningen hos kyllinger. Aflejret protein i fjer inden for aldersperioden »4–6 uger« udgør 30–40% af den totalt aflejrede mængde protein, hvilket kan udledes af arbejder af Edwards et al. (1973) og Håkansson et al. (1978), idet der tages hensyn til, at dagligt tab af fjer og skel udgør ca. 1 g protein, samt at fjerdragten i denne periode er i stærk udvikling.

Pym og medarbejdere fandt i deres selektionsforsøg med kyllinger af broiler-type, at den linie, der blev selekteret for høj foderoptagelse, havde en svagere befjering end kyllinger fra andre linier, selekteret for enten god foderudnyttelse eller høj vægt. Pym (1978) påpegede, at denne linievariation blev etableret som følge af polymorfi på K-locus for befjeringsgrad i basispopulationen samt det forhold, at der var relativt koldt i testperioden (5–9 uger), således at foderudnyttelse og vækstevne blev præfereret af en god fjerdragt, medens kyllinger med høj foderoptagelse måske havde en fordel gennem en dårligere befjering, så de lettere kunne slippe af med den producerede varme.

Den basispopulation, der dannede grundlag for nærværende selektionseksperiment, var overvejende normalbefjeret, d.v.s. besad det recessive k-gen

(Sørensen et al., 1978), men gentagne gange blev observeret, at kyllinger, opdrættet på foder med lavt proteinindhold, havde en dårligere befjeringsgrad, hvorfor det blev besluttet at undersøge, om der var sket nogen genetisk betinget ændring af fjersætningsgraden.

I generation »9« blev de 3 linier opdrættet sammen, således som beskrevet i afsnit 4.1.2; og fra det rum, i hvilket kyllingerne havde fri adgang til normalblandingen, blev ved 40-dages-vejningen udtaget 15 hønekylninger fra hver linie tættest muligt på liniens gennemsnit for hønekylninger. På slagteriet blev kyllingerne efter afblødning og skoldning taget af transportbøjerne og håndplukket; hver linie á 15 kyllinger blev holdt for sig uden forsøg på opdeling af individuelt bidrag, og håndplukningen efterlod vægtmæssigt mindre end 1% af fjerene på kyllingen. Efter plukning blev fjerene vasket og renskyttet for blod og fæces, hvorefter de tørredes til konstant vægt ved 60°C i vakuumtørreovne. Efter tøringsprocessen blev fjerene henstillet ved 20°C samt 70% relativ luftfugtighed for at opnå ligevægt med det omgivende miljø, og herigennem optog fjerene i gennemsnit 10% vand.

Der var nogen linieforskel, hvad angår kropsvægt, hvorfor det af sammenligningsgrunde er nødvendigt at korrigere fjermængden herfor. Fjer er knyttet til overfladen, hvorfor det antages, at mængden af fjer pr. cm² overflade er det mest relevante udtryk for befjeringsgrad; i mangel af nøjagtig viden om overfladens størrelse har man ræsonneret, at den bedst mulige korrektion ville være at beregne overfladens relative forøgelse gennem en korrektion af levende vægt til 1500 g. Med små forøgelser af rumfanget af en terning kan det vises, at overfladen forøges med 2/3 af den relative forøgelse, hvormed rumfanget forøges, og dette holder med rimelighed i det interval, der her er på tale. I tabel 4.21 er anført såvel de aktuelt fundne som den vægtkorrigerede mængde af fjer pr. kylling.

Tabel 4.21 Befjering, målt som g fjer pr. kylling ved 42 dages alder, for kyllinger, fodret med det normale foder. Gennemsnit af 15 hønekylninger pr. linie.

Table 4.21 Feathering measured as g feather per chick at 42 days measured on chickens fed the normal diet. Average of 15 female chickens per line.

Linie	Vægt ved 40 dage	Fjer, g pr. kyll.		Fjer, % af totalvægt
		Målt	korrigeret til 1500 g	
Line	Weight at 40 days	Feather, g/chick		Feather, g as percentage of body weight.
		recorded	correct. to 1500 g	
66	1392	41,8	43,9	2,93
67	1497	49,0	49,0	3,27
68	1540	46,5	45,7	3,05

Hvad angår linie 66, så peger forskellen på linier i den forventede retning, idet selektion for høj vækstevne på grundlag af foder med lavt proteinindhold kan tænkes at præferere kyllinger med et mindre proteinbehov til fjerdragten og dermed også en svagere udviklet befjering, og i så fald er der tale om en selektionseffekt, beroende på andre loci end det allerede beskrevne K-locus.

4.4.2 Ædeadfærd

Gennem adfærdsstudier har man fået noget kendskab til ædeadfærd hos æglæggende høns (Savory, 1980), og de viser, at indtil 80–90% af tiden tilbringes omkring truet alt afhængigt af daglængde, indretning af bure m.m. Undersøgelser af ædeadfærd hos slagtekyllinger, opdrættet med 24 timers lys pr. døgn, er yderst sparsomme, dog har Savory (1976) præsenteret nogle undersøgelser.

Den særlige form for selektion for vækstevne, der er gennemført i linie 68, kan meget vel føre til, at linien på en eller anden måde har ændret sin ædeadfærd. Af afsnit 3.1.2 fremgår, at der hele vækstperioden igennem var draget omsorg for, at alle kyllinger kunne være omkring ædetruget på samme tid; og det var den gennemgående observation i alle generationer, at denne mulighed blev udnyttet af alle kyllinger, og dermed er chancen for forekomst af en indirekte selektion for dominans blevet reduceret ganske betragteligt. I afsnit 4.1.2 er vist, at linie 68 under et restriktivt fodertildelingssystem i fællesrum med de øvrige to linier havde en så meget større tilvækst, at den kun kan forklares med en større foderoptagelse. Det mest nærliggende er derfor at antage, at linie 68-kyllinger er genetisk tilpasset at optage deres daglige ration hurtigere end de to øvrige linier.

For at studere disse forhold i detaljer blev der i juli-august 1980 på kyllingestationen Favrholt gennemført et studium over ædeadfærd, der primært havde til hensigt at bestemme den tid, som de enkelte kyllinger tilbragte omkring ædetruget.

Undersøgelse 1

Fra linierne 67 og 68 blev i små rum á ca. 1,5 m² indsat 20 kyllinger pr. linie og køn eller i alt 80 kyllinger i 4 rum. Hvert rum var udstyret med en fodersilo, og for at opnå samme trugkapacitet som under ordinære opdrætningsforhold med fri adgang til foder blev 2/3 af truet afblændet således, at maksimalt 6 kyllinger (eller 1/3) kunne være der samtidig. Fig. 4.19 viser forsøgsopstillingen ved alderstrinnet 14 dage, og i samme position blev hvert rum overvåget i 30 minutter med en videooptager og overført til et billedbånd med henblik på senere analyse.

Efter opstilling af kamera hengik 20 minutter, inden den egentlige optagelse begyndte, for at få bragt kyllingerne til ro. Alle optagelser blev foretaget i tidsrummet kl. 12.00 til 16.30, og optagelserne er foretaget ved følgende aldre: 14;



Fig. 4.19 Videooptagelse af 20 kyllinger i et lille rum ($1,5 \text{ m}^2$) med én fodersilo, der har $2/3$ af trugpladsen afblændet. Formålet var at registrere, hvor lang tid kyllinger tilbringer ved fodertruget.

Video recording of 20 chickens in a small pen (1.5 m^2) with one feeding silo where $2/3$ of the trough was covered. The purpose was to study how much time chickens spend eating at the trough.

21; 28 og 35 dage. Bortset fra de her nævnte indgreb foregik opdrætningen som normalt for slagtekyllinger på Afkomsprøvestationen for Slagtekyllinger, d.v.s. lys døgnet rundt; fri adgang til normalt slagtekyllingefoder etc.

Under den efterfølgende analyse af videobåndet er den enkelte kyllings besøg ved fodertruget registreret med begyndelses- og sluttidspunkt, således at man kender besøgets varighed af de individuelle kyllinger; en midlertidig afbrydelse af et besøg på mindre end 5–10 sekunder blev ikke registreret. Det var ikke muligt at identificere de enkelte kyllinger i perioder, hvor de ikke var ved fodertruget, hvorfor det inden for den givne tidsramme på 30 minutter ikke er muligt at angive den individuelle kyllings totale ædetid samt antal besøg ved ædetruget, men blot det rumvise antal besøg og disses varighed.

Undersøgelse 2

For nærmere at klarlægge variationen for den enkelte kylling med hensyn til antal besøg og varighed blev samtidig med *Undersøgelse 1* gennemført en overvågning af 10 hanekyllinger fra hver af linierne 67 og 68, de var anbragt i enkelt-

dyrbure og med fodertruget anbragt således, at man uden besvær kunne se på videobåndet, hvornår kyllingen i et bestemt bur var beskæftiget med at æde. Disse kyllinger, der blev opdrættet på gulv, indtil de ved en alder af 21 dage er placeret i bure, er overvåget i 7 timer i tidsintervallet kl. 17.00 til 24.00 ved en alder på henholdsvis 28 og 35 dage. Forsøgssopstillingen er vist i fig. 4.20; pr. definition registreres en kylling for en ædeaktivitet, når den har haft sit hoved i truget i mere end 30 sekunder.

4.4.2.1 Resultater. I tabel 4.22 er anført ædetiden i procent af totaltiden for kyllingerne i de 4 rum i *Undersøgelse 1*, baseret på ca. 30 minutters observation.



Fig. 4.20 Videoptagelser af kyllinger i enkeltdyrbure med henblik på at undersøge den enkelte kyllings ædemønster.

Video recording of chickens in individual cages used to study the eating pattern of the individual chicken.

Tabel 4.22 Tid ved fodertrug i % af totaltid (x); besøglængden i minutter (y) og standardafvigelsen herpå (s_y) samt antal besøg pr. kylling pr. time (z).

Table 4.22 Time spent at the feeders as percentage of total time (x); length of visits, minutes, (y) and standard deviation (s_y), and number of visits at the feeders per chick per hour (z) at different ages.

Linie Line	Køn Sex	15 dage – 15 days				21 dage – 21 days				28 dage – 28 days				35 dage – 35 days			
		x	y	s_y	z	x	y	s_y	z	x	y	s_y	z	x	y	s_y	z
68	♂♂	3,6	0,73	0,69	2,95	5,6	1,00	0,68	3,36	5,9	1,08	0,98	3,28	9,6	2,83	1,84	2,03
	♀♀	3,0	1,04	1,41	1,73	8,7	1,13	0,88	4,62	12,3	2,94	1,91	2,51	7,2	2,32	2,36	1,83
67	♂♂	9,7	1,76	1,77	3,30	15,2	2,22	2,21	4,11	19,2	2,97	2,47	3,88	25,3	3,40	2,94	4,46
	♀♀	11,9	1,92	1,62	3,71	12,6	2,15	1,86	3,51	15,3	2,89	1,77	3,17	12,4	2,88	1,96	3,79

Endvidere er anført den gennemsnitlige længde af et besøg samt standardafvigelsen herfor og endelig det gennemsnitlige antal besøg pr. kylling i én time.

Der er en helt åbenbar linieforskel, fordi kyllinger fra linie 68 i gennemsnit tilbragte 7,0% af tiden ved fodertruget, medens linie 67-kyllinger anvendte 15,2% eller mere end den dobbelte tid. Et t-test på denne linieforskel uden eliminering af køns- og alderseffekt blev stærkt signifikant ($P < 0,005$).

Medens der ingen kønsforskel er i linie 68, hvad angår tid ved fodertruget, er der en tydelig bevægelse henimod, at linie 67 haner tilbringer længere tid end høner imod slutningen af perioden.

Den linieforskel, der kan observeres, beror dels på, at et enkelt besøg varede længere for linie 67-kyllinger, dels at de foretog flere besøg ved fodertruget i et givet tidsrum; for linie 68 relativt til linie 67 udgør besøglængden 64% og antal besøg 74%.

I tabel 4.23 er anført resultater af observationer på 10 haner fra hver linie ved alderen 4 og 5 uger med en observationstid på 7 timer i tidsrummet fra kl. 17.00 til 24.00 (*Undersøgelse 2*).

Tabel 4.23 Tid ved fodertrug (A), besøgets længde (B) og antal besøg pr. time (C) for hane-kyllinger i bure.

Table 4.23 Time spent at the feeders (A), length of the visits (B) and number of visits per hour (C) for caged male chickens.

Egenskab <i>Trait</i>	Alder <i>Ages</i>	Linie 67 – Linie 67		Linie 68 – Linie 68		Diff.	t^a	P
		$\bar{X}$	s_x	$\bar{X}$	s_x			
A, %	28	15,38	6,46	6,43	2,38	8,95	4,22	<0,005
	35	9,25	4,83	10,77	7,33	-1,52	0,25	>0,500
B, minut.	28	3,49	1,86	1,49	0,56	2,00	3,31	<0,001
	35	1,72	0,47	2,05	1,67	-0,33	0,62	>0,500
C, besøg/ time	28	3,01	1,44	2,79	1,17	0,22	0,37	>0,500
	35	3,29	1,43	3,49	1,67	-0,20	0,29	>0,500

^{a)} Se fodnote til tabel 4.9 ; ^{a)} See footnote to Table 4.9

Med alderen 28 dage er der en signifikant forskel på linier, svarende til, hvad man observerede på gulv; denne linieforskel kan ikke genfindes en uge senere. Det er bemærkelsesværdigt, at linie 67 kyllingerne i bure anvender mindre tid ved fodertruget end observeret for de tilsvarende kyllinger under gulvdrift. En anden forskel på kyllingers ædeadfærd på henholdsvis gulv og i bure er, at det for sidstnævnte system alene synes at være længden af et besøg ved fodertruget, der varierer mellem linier og alder, medens antallet af besøg er ret konstant – 2,8–3,5 besøg pr. time. Disse observationer kunne tyde på, at det bagvedliggende »drive« i ædeadfærd er noget forskelligt alt afhængigt af, om kyllingerne går frit på gulv eller holdes i enkeltdyrbure.

Den af Hughes (1971) definerede »allelomimetrisk« ædeadfærd er meget betydelig, uanset om kyllingerne går på gulv, eller de er i bure, i hvilke de kan se hverandre. I fig. 4.21 er gengivet et typisk forløb af en 7-timers-overvågningsperiode af haner i bure; af dette ses, at kyllingernes ædeaktivitet har en afsmittende virkning på naboen, således at der inden for en sådan gruppe kyllinger er en særlig stor ædeaktivitet i 5–10 minutter pr. time. Et dagligt forløb af ædeadfærden er fremstillet på grundlag af *Undersøgelse 2* og er vist i fig. 4.22, idet hver søjle i diagrammet, summeret over linier og aldre, repræsenterer, hvor meget af tiden i den pågældende time kyllingerne har tilbragt med at æde.

4.4.2.2 *Diskussion.* Savory (1980) påpeger i sin reviewartikel, at den mest betydningsfulde »Zeitgeber« til optræning af høners døgnrytme er æglægning, efterfulgt af skiftet mellem lys og mørke, medens andre døgnrytmegivende faktorer kan være temperaturvariationer samt støj og lyde, der følger en bestemt døgnrytme.

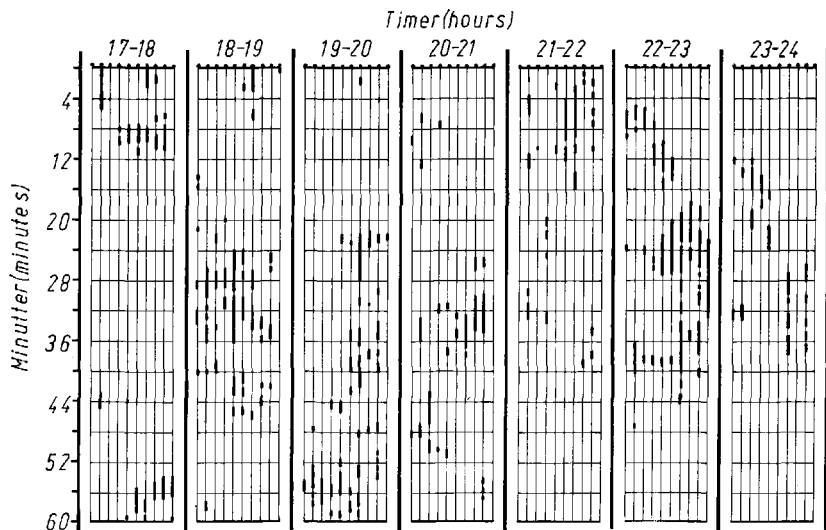


Fig. 4.21 Registrering af 10 kyllingers ædemønster i en 7-timers periode fra kl. 17.00 til 24.00, delt op i 7 »timesøjler«. Når en kylling havde tilbragt mere end 30 sekunder med hovedet i trug, blev på den tynde streg markeret en kraftig streg; længden af denne udtryk for, hvor lang tid besøget varede.

Measurement of the eating pattern of 10 chickens within a 7-hour period from 5 p.m. to midnight. When a chicken spent more than 30 seconds eating at the trough the thin line of that chicken was altered to a thick line, the length of which expresses the length in minutes of the bird's visit to the trough.

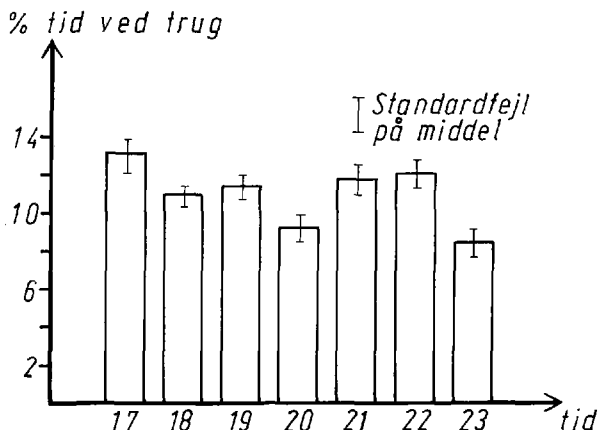


Fig. 4.22 Diurnalt forløb af ædeadfærd, målt på 20 kyllinger i individuelle bure i tidsintervallet »kl. 17.00 til 24.00«. Den tid, der tilbringes ved trug (ædetid), er anført i procent af observationstiden.

Diurnal pattern of eating measured for 20 chickens placed in individual cages for 7 hours. The time spent at the trough (eating time) is stated as percentage of observation time.

Den hønerne påførte døgnrytme udløser bl.a. et dagligt ædemønster og således, at ædeaktiviteten er høj ved begyndelsen og slutningen af en dag (Bessei, 1977, and Fujita, 1973).

Siegel (1962) fandt hos 8-uger-gamle slagtekyllinger, der er holdt under et 16 timers lysprogram, at der var en svag tendens til højere ædeaktivitet ved begyndelsen og mod slutningen af dagen, medens Savory (1976) hos slagtekyllinger med kontinuerligt lys ikke fandt antydning af varierende ædeaktivitet, hvorfor han sit review (Savory, 1980) påpeger, at de mindre betydningsfulde døgnrytmeudløsere – så som varierende temperaturer og støj – ikke er tilstrækkelig til at bringe slagtekyllinger, opdrættet på kontinuerligt lys, over i et ædemønster med varierende aktivitet alt afhængigt af tidspunktet.

Disse iagttagelser og konklusioner er i god overensstemmelse med, hvad der er fundet i nærværende undersøgelse, og i øvrigt en forudsætning for *Undersøgelse 1*, idet de 4 hold er overvåget på forskelligt tidspunkt om eftermiddagen. Fig. 4.22 viser en ikke-signifikant variation i følge en timevis opgørelse i 7 timer, summeret over 4 døgn, og en af disse 7-timers videooptagelser er fremstillet mere udførligt i fig. 4.21 og viser ædemønstret under forhold, hvor alle kan komme til truget samtidig. Den tilsyneladende forskel på gulvkyllingers og burkyllingers ædeadfærd, som man kunne iagttage, kan meget vel bero på det forhold, at gulvkyllinger, der ikke alle kan få adgang til fodertruget samtidig, når de endelig finder plads, bliver dér i længere tid, end de ville have gjort, såfremt der havde været plads hele tiden.

De fundne parametre for ædeaktivitet er vanskelige at sammenligne med andre forfattere, fordi flertallet af disse har anvendt mængden af optaget foder som kriterium, men dog anvendte Siegel et al. (1962) et system, der tåler sammenligning, idet han med fotocelle registrerede ankomst og afgang fra truget, og på dette grundlag kunne beregnes, at kyllingerne aflagde mellem 4 og 5 besøg pr. time i en 16-timers-dag; dette svarer meget godt til, hvad der er fundet i *Undersøgelse 1*. Det er bemærkelsesværdigt, at æglæggende høner i bure anvender væsentlig mere tid omkring fodertruget; Bessei (1977) fandt således, at med 13-timers-lys pr. døgn tilbragte hønerne 35–40% af tiden med at æde, og Fujita (1973) gjorde endog observationer, der viste, at æglæggende høner anvendte 60–80% af tiden ved ædtruget. Forfatteren er ikke bekendt med, at der skulle foreligge andre arbejder, i hvilke slagtekyllingers ædetid er undersøgt, men nærværende arbejde viser, at slagtekyllinger har en væsentlig større foderoptagelseshastighed end æglæggende høner.

Hovedsigtet med dette studium over ædeadfærden var at undersøge, om linie 68 afveg fra linie 67, og på grundlag af resultaterne i tabeller 4.22 og 4.23 må det konkluderes, at linie 68 har undergået en genetisk tilpasning til det særlige selektionsmiljø, som den har været udsat for gennem 7 generationer, og derfor under ad libitum fodring tilbringer betydelig mindre tid ved fodertruget; denne information, sammenholdt med resultaterne i afsnit 4.1.2 giver grundlag for den påstand, at foderoptagelseshastigheden er væsentlig større for linie 68.

4.4.3 Reproduktionsegenskaber

Gennem hele selektionsforsøget blev potentielle avlsdyr, der var selekteret omkring 39–40 dages alder, overført til et opdrætningsprogram, der skulle tilsikre avlsdyr med den bedst mulige reproduktionskapacitet. Sammenlignet med den opdrætningspraksis, der anvendes til almindeligt opdræt af rugeægshøner, har de i forsøget opdrættede høner et alvorligt handicap, da de indtil en alder af 40 dage skal udnytte deres vækstkapacitet maksimalt, hvilket uværgelig vil skade deres æglægningskapacitet. Dette forhold er belyst i talrige publicerede og ikke-publicerede undersøgelser (Costa, 1981); de fleste opdrætningsprogrammer begynder en restriktiv fodertildeling af hønekyllinger fra 21-dages-alderen, således at de 6 uger gamle vejer omkring 600–800 g og ved 20-ugers-alderen ikke over 2 kg. Af disse grunde kan man ikke få noget klart billede af de enkelte liniers æglægningskapacitet under de opdrætningsprogrammer, der anvendes i den almindelige rugeægproduktion, men alligevel har man en interesse i at følge de enkelte linier under de givne forhold, fordi de kan give et fingerpeg om, hvorvidt der med tiden sker en divergens af linierne.

4.4.3.1 Læggeintensitet. Læggeprocent i de første 19 uger, fra linien i gennemsnit har ydet 40% lægning, er vist i fig. 4.23. Linie 67 viser et systematisk fald,

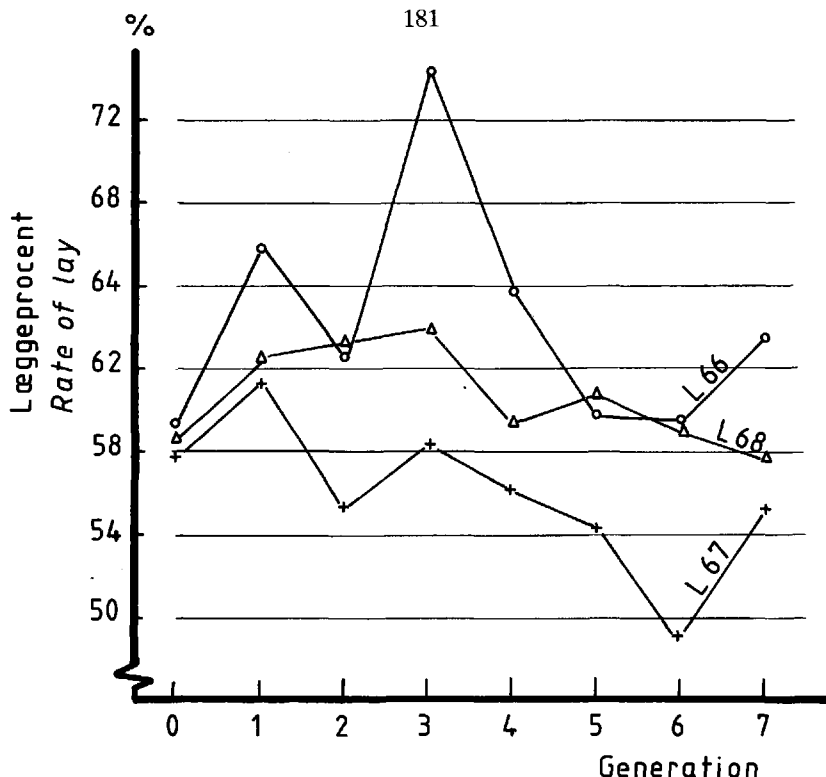


Fig. 4.23 Læggeprocent, målt fra 1. æg og 19 uger frem, som afhængig af generation for linierne 66, 67 og 68.

Rate of lay recorded from the 1st egg laid and the following 19 weeks as dependent on generation within lines 66, 67, and 68.

der, relateret til den akkumulerede selektionsdifferentiale (tabel 3.10), giver en reduktion på $0,6 \pm 0,08$ procentenheder pr. 100 g selektionsdifferentiale, d.v.s. den udjævnede nedgang for linie 67 over hele perioden er 7 procentenheder. Antages, at der ikke har været noget »trend« i de miljøfaktorer, der har betydning for læggekapaleteten, således at den observerede nedgang alene skyldes en genetisk korreleret sammenhæng med vækstevne, kan størrelsesordenen af denne beregnes af ligning (4.10).

$$r_g = \frac{CR_y}{R_x} \cdot \frac{\sigma_{Ax}}{\sigma_{Ay}} \quad (4.10)$$

hvor CR_y = korreleret ændring

R_x = direkte ændring

σ_{Ax} = additiv genetisk standardafvigelse af x

σ_{Ay} = additiv genetisk standardafvigelse af y

$$\text{d.v.s. } r_g = \frac{-7}{210} \cdot \frac{59}{8} = -0,25.$$

Linie 68 viser et forløb, der i en mere afdæmpet form ligner linie 67 ($b = -0,27 \pm 0,75$), dog med en betydelig afstand mellem de to linier. Linie 66 har en meget stor variation mellem generationer, især fremtvinget i generation 3; ses bort fra denne, er der et næsten vandret forløb, idet regressionen af generationsgennemsnit på akkumuleret selektionsdifference er beregnet at være $b = -0,02 \pm 0,2$.

Det almindeligt fundne, at selektion for vækstevne blandt slagtekyllingelinier resulterer i en korreleret nedgang i ægdylsen, kan således bekræftes, når selektionen foregår på grundlag af et normalt foder. Genetisk betinget fremgang for vækstevne, opnået under suboptimale fodringsmiljøer, berører tilsyneladende læggeintensiteten i mindre omfang.

4.4.3.2 Ægstørrelse. I avlen med slagtekyllinger har æggets størrelse ikke nogen egentlig betydning, men under den rutinemæssige måling og bedømmelse af æggenes kvalitet som rugeæg indgår også en vægtbestemmelse. Efter nogle få generationers selektion viste der sig en tydelig tendens til, at linie 68 lagde større æg end de øvrige to linier, og denne afvigelse synes tiltagende, hvilket er illustreret i fig. 4.24. Linierne 66 og 68 er i figuren præsenteret som afvigelse fra linie 67 for at udjævne variationer mellem generationer, der skyldes, at vægtbestemmelse er foretaget ved forskellig alder, varierende fra 37 uger i generation 6 til 45 uger i generation 0. Regressionsanalyse af afvigelsen på akkumuleret selektionsdifference gav følgende resultat:

Linie 66; $y = -0,67 + 0,170 \cdot \Sigma \Delta S$; $s_b = 0,120$; $P < 0,25$

Linie 68; $y = 0,81 - 0,249 \cdot \Sigma \Delta S$; $s_b = 0,091$; $P < 0,05$

Der er således en signifikant stigende afvigelse på ægvægt mellem linierne 68 og 67, svarende til ca. 3 g i sidste generation, medens der ikke er forskel på linierne 66 og 67. De informationer, der danner grundlag for fig. 4.24, er registreret på høner, der i aldersperioden 0–6 uger er opdrættet i det særlige fodringsmiljø, der er fastlagt for de enkelte linier (jfr. afsnit 3.1), det kan ikke udelukkes, at denne differens i opdrætningsmiljø kan medvirke til de observerede linieforskelligheder, hvad angår ægstørrelse. Efter selektionseksperimentets ophør blev ca. 60 høner pr. linie opdrættet i endnu 2 generationer for at få mulighed for supplerende undersøgelser; disse høner blev opdrættet med henblik på produktion af rugeæg og er derfor behandlet ens helt fra klækning. I den første af disse generationer blev pr. høne udtaget 1–2 æg til bestemmelse af ægvægt, blommevægt og formtal; resultaterne af disse målinger er præsenteret i tabel 4.24, og heraf fremgår, at den difference på ægvægt, der var oparbejdet mellem linier 68 og 67, manifesterede sig med endnu større styrke, da hønerne blev opdrættet under samme program. Blommevægten er ens for linierne 66 og

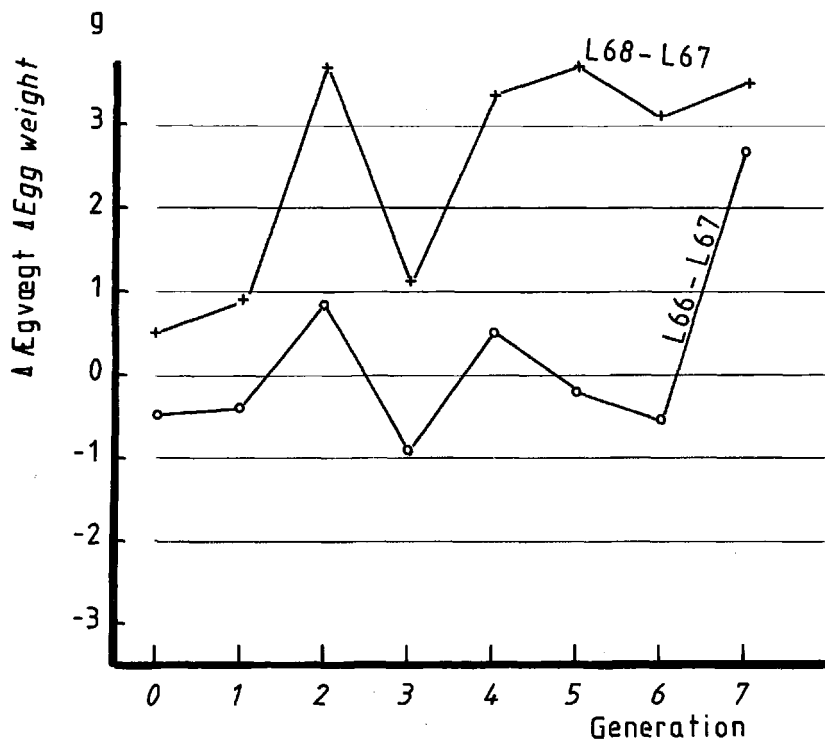


Fig. 4.24 Ægvægt. Afbigelsen af linierne 66 og 68 fra linie 67 som afhængig af generation.
Egg weight. The deviation of lines 66 and 68 from line 67 as dependent on generation.

67, medens den er næsten 10% større i linie 68; det er velkendt, at relationen mellem blommevægt og ægvægt inden for populationer er en krum linie med en funktion, der kan beskrives ved hjælp af et 2. grads polynomium med et negativt 2. grads led.

Tabel 4.24 Ægvægt, blommevægt og æggets formtal (bredde / længde), målt på 45 uger gamle høner i »8.« generation.

Table 4.24 Egg weight, yolk weight, and size index (width to length) recorded on eggs from 45-week-old hens uniformly reared from hatch.

Linie Line	Ægvægt Egg weight	Blommevægt Yolk weight	Formtal Size index
66	68,6	20,4	74,6
67	65,7	20,3	75,3
68	74,3	22,1	74,5

I dette materiale af Hvid Plymouth Rock oprindelse er fundet, at der inden for linier sker en reduktion af blommens andel af ægvægt på 1,7 procentenheder $\pm 0,3$, når ægvægt øges med 10 g, hvilket er fundet ved en statistisk analyse af model (4.11).

$$y = \mu + L_i + b \cdot \text{ægvægt} + e \quad (4.11)$$

hvor y = blommevægt i procent af ægvægt
 μ = intercept
 L_i = effekt af den i^{te} linie
 b = regression af y på ægvægt
 e = uforklaret rest.

Ekstrapoleret til samme ægvægt, var der signifikant forskel på linier, hvad angår blommeprocent ($P < 0,0035$), hvilket udelukkende skyldes en lavere værdi i linie 66, medens der ikke var nogen signifikant forskel på blommeprocent mellem linierne 67 og 68. Marion et al. (1964) fandt i forskellige linier af Hvid Italiener i en tilsvarende statistisk analyse, at reduktion af blommens andel af ægvægt var 1,9 procentenheder pr. 10 g stigning i ægvægt, hvilket svarer ret nøje til det her fundne; formtallet var uberørt af såvel ægvægt som linieeffekt.

Der kan ikke herske tvivl om, at ægstørrelsen er øget ganske betragteligt i linie 68, sammenholdt med linie 67, og intet tyder på en reduceret ægstørrelse i linie 67; den forøgede blommemasse i linie 68 er yderligere et bevis på, at den korrelerede effekt af selektion for høj vækstevne under rationeret fodertildeling har virket generelt på hele ægdannelsens forløb. Den her fundne forskel på 9 g, sammenholdt med 3 g, fundet i fig. 4.24, retfærdiggør en ansættelse af linieforskellen på ægvægt til 6 g, hvilket svarer til 2,1 gange den additive genetiske varians på ægvægt. Dette, sammenholdt med en direkte effekt af selektion på $\frac{\Delta R}{\sigma_A} = \frac{224}{61} = 3,7$ (se KAPITEL III), betyder ved en umiddelbar betragtning, at den realiserede genetiske korrelation mellem vækstevne og ægvægt er

$r_g = \frac{\Delta CR}{\sigma_{A2}} \cdot \frac{\sigma_{A1}}{\Delta R} = 2,1/3,7 = 0,57$. Dette, sammenholdt med en ikke-påviselig realiseret, genetisk korrelation for de samme to egenskaber i linie 67, betyder, at de gener, der ligger bag variationen i ægstørrelse, er langt færre, end tilfældet er for vækstintensitet, og den forholdsvis høje sammenhæng mellem vækstintensitet i de to selektionsmiljøer, antyder, at der kan være tale om en »major« geneffekt; alternativt kan der også være tale om en sammenhæng mellem ædeadfærd og ægstørrelse.

4.4.4 Livskraft

Livskraft er gennem hele forsøget målt som proportionen af overlevende inden for de forskellige aldre og sædvanligvis angivet som procent døde. Livskraften af befrugtede rugeæg angives som klækkeprocenten, der er udtryk for proportionen af befrugtede æg, der klækker på tilfredsstillende måde.

Rugeæggene gennemlyses i forrugerer på 7. dagen, og æg uden synlige tegn på embryovækst bliver frasorteret som ubefrugtede; denne procedure betyder, at tidlig fosterdød ikke klassificeres under klækkeprocent. Kyllinger, døde i 1. leveuge, klassificeres i en gruppe for sig, idet der ofte sker dødsfald her som følge af forhold, der ikke skyldes kyllingens konstitution. Alle dyr, døde efter 1. leveuge, er blevet obduceret. Gennem generationerne 0–3 var der en betragtelig afgang af høner omkring begyndende æglægning som følge af lymfoid leukosis, og tilmed var der visse indikationer på en linieforskel; bortset herfra har livskraften været rimelig høj, hvorfor det ikke blev fundet hensigtsmæssigt at anføre de differentierede dødsårsager. Af praktiske årsager opgøres livskraften i 5 livsafsnit – fra befrugtet æg og frem til en alder af 50 uger. Disse livsafsnit og den gennemsnitlige værdi af de enkelte linier er anført i tabel 4.25.

Tabel 4.25 Livskraft, målt som procent overlevende i de forskellige livsafsnit fra befrugtning og frem til en alder af 50 uger. Gennemsnit af 8 generationer.

Table 4.25 Viability given as percentage of survivors in the various phases of life from embryo to 50 weeks. Average of eight generations.

Linie	Klækkeprocent	1. uge	2.–6. uge	6.–24. uge	24.–50. uge
Line	Hatchability	1st week	2nd–6th week	6th–24th week	24th–50th week
66	75,0±2,0	98,1±0,3	98,5±0,2	98,3±0,3	90,8±2,1
67	73,1±2,5	97,7±0,5	97,1±0,5	96,9±0,6	86,5±2,2
68	71,3±2,5	95,7±0,5	97,5±0,4	98,1±0,5	90,3±2,6

I de livsafsnit, der følger efter 1. leveuge, er der en konsistent bedre livskraft i de to linier, der i aldersperioden 0–6 uger er opdrættet i et restriktivt fodringsmiljø og dermed har en mindre vægt ved 6 ugers alder; disse linieforskelligheder er dog ikke statistisk signifikante. De livsafsnit, der begynder med det befrugtede æg og ender med udgangen af 1. leveuge, er i høj grad præget af det miljø, som ægget giver, hvilket er identisk med en maternal effekt, og det fremgår også med stor tydelighed, at linie 68-hønerne bibringer deres afkom dårligere betingelser end de øvrige linier, hvilket for »livskraft i 1. uge« er statistisk signifikant. I fig. 4.25 kan ses, at livskraften i de 2 første afsnit viser nogle meget svingende tendenser, hvilket især skyldes dårlige klækkeresultater i 3. generation, men samtidig kan man se, at den svagere livskraft, som linie 68 i gennemsnit viste, hovedsagelig skyldes de senere generationer; på den anden side var livskraften i denne linie særdeles god i begyndelsen af selektionseksperimentet.

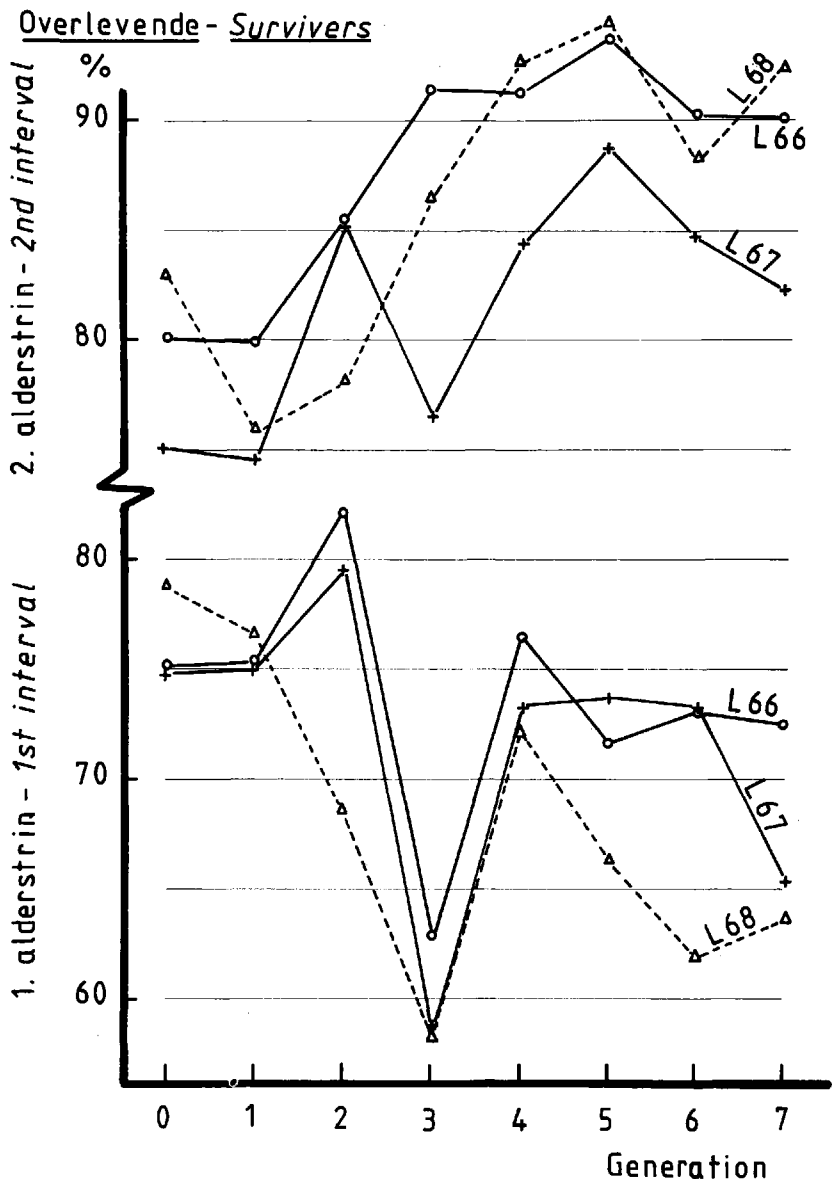


Fig. 4.25 Livskraft, angivet som procent overlevende dyr, i intervallerne: befrugtet æg - 7 dage; og 7 dage til ca. 350 dage som afhængig af generation.

Viability presented as percentage survivors in the intervals: Fertile eggs - 7 days; and 7 days to 350 days respectively as dependent on generation.

Disse iagttagelser fører frem til den konklusion, at der i linie 68 er oparbejdet et genetisk potentiel, der svækker den maternelt afhængige livskraft, og her er det meget nærliggende at antage, at de store æg fra linie 68 er årsagen.

Medens der igennem selektionsforsøget har været en forringelse af livskraften i det første livsafsnit, synes der at være en modsatrettet effekt af selektionen på livskraften i de efterfølgende livsafsnit, hvilket kan ses af de øverste kurver i fig. 4.25. Noget af årsagen hertil skal dog søges i det forhold, at mange høner døde som følge af lymfoid leukose i de første 3-4 generationer, hvorefter denne sygdom praktisk taget forsvandt. Hansen og Sørensen (1977) undersøgte dette mere detaljeret og fandt, at linierne 67 og 68 i gennemsnit af 4 generationer viste en dødelighed på 10,4% over stationens middeldødelighed med lymfoid leukose som årsag, medens det tilsvarende tal for linie 66 var 5,5%. Stationens middeldødelighed som følge af lymfoid leukose var 4,4% i pågældende 4 generationer.

Der er ingen direkte forklaring på disse forhold, men lavproteinmiljøet har tydeligvis haft en dæmpende effekt på leukosen i linie 66, idet linieforskellen var tydelig allerede i generation 0, i hvilken de 3 linier havde fælles forældre, derfor er der snarere tale om, at foder med højt proteinniveau i den tidlige vækstfase udløser lymfoid leukose end en genetisk betinget forskel mellem disse linier. Uden at der på nogen måde blev grebet ind, forsvandt dødelighed med lymfoid leukose som årsag stort set fra hele avlsstationen efter 3. generation.

KAPITEL V

5 Individuel foderoptagelse og vægt og mål af indre organer

McCarthy og Siegel (1983) påpeger i deres review om den genetiske og fysiologiske effekt af selektion i kødtyperacer, at til trods for en dramatisk forøgelse af vækstevnen er kendskabet til den biologiske natur af de ændringer, der er sket samtidig hermed, af meget begrænset omfang.

I forrige kapitel af nærværende afhandling blev behandlet og diskuteret korrelerede ændringer som følge af selektion, og især blev fokuseret på tilfælde, hvor selektionsmiljøet havde bidraget til variation i korrelerede ændringer; Sørensen et al. (1983) har i en selvstændig publikation beskrevet undersøgelser af energi- og proteinstofskiftet på to af de tre linier, der indgik i selektionsforsøget. Det karaktertræk, der mere end noget andet ændrer sig med stigende vækstevne, er appetitten, der mest bekvemt måles som »daglig foderoptagelse under ad libitum-fodring«, for at kunne studere dette i detaljer er det imidlertid nødvendigt at have kyllinger i særlige installationer (bure), som muliggør en individuel måling af foderoptagelse under fri adgang til foder.

På grundlag af de erfaringer, der opnåedes i et pilotforsøg, blev med støtte fra Det Jordbrugs- & Veterinærvidenskabelige Forskningsråd fremstillet 480 bure, der installeredes på Avlsstationen Strynø med det formål:

- 1) at måle individuel foderoptagelse af de tre til selektionsforsøget hørende linier
- 2) at videreudvikle prototypen, så den ville kunne anvendes i det kommercielle avlsarbejde.

Førstnævnte formål vil blive behandlet i detaljer i dette kapitel, medens punkt 2) tidligere er blevet beskrevet af Sørensen et al. (1980).

Med henblik på at undersøge, hvorvidt den gennemførte selektion i de forskellige fodringsmiljøer kan have ændret væsentlige indre organer – så som lever, hjerte og tarmsystem –, blev der efter slagtning foretaget en række målinger på et udsnit af de kyllinger, der blev undersøgt for foderudnyttelse.

På den måde var det samtidig muligt at relatere disse organmål til fodereffektiviteten, og for at komplettere disse undersøgelser blev ydermere foretaget en bestemmelse af fedtindhold, dels bugfedtmængden, dels totalmængden.

I de foregående kapitler er anvendt betegnelsen »foderudnyttelse« for at tilkendegive mængden af foder pr. kg tilvækst, og der er oftest set bort fra det forhold, at kyllingerne vejer 40 g som daggamle, således at betegnelsen også dækker mængden af foder pr. kg kylling. I dette kapitel er det nødvendigt at skærpe begreberne, således at betegnelsen »fodereffektivitet« er udtryk for relationen »kg tilvækst pr. kg foder«, medens betegnelsen »foderudnyttelse« er den in-

verse af fodereffektivitet, d.v.s. kg foder pr. kg tilvækst, hvorimod betegnelsen »foderforbrug pr. kg kylling« anvendes for relationen »kg foder pr. kg kylling«.

5.1 Principper ved måling af foderoptagelse

I 1972 rapporteredes fra USA om et bursystem til slagtekyllinger, i hvilket det var muligt at måle individuel foderoptagelse i aldersperioden 4–8 uger (Guill and Washburn, 1972), og senere (Guill and Washburn, 1974) publiceredes resultaterne af 3 generationers selektion for foderudnyttelse. En betydelig effekt af den gennemførte selektion var opnået, hvilket må tages som udtryk for, at det anvendte bursystem havde fungeret tilfredsstillende, hvad angår sikkerheden i målingen af individuel foderoptagelse.

I midten af 1970-erne i forbindelse med overvejelserne om, hvorledes et buranlæg til måling af foderoptagelse skulle udformes, forelå der fra Vesttyskland informationer om måling af foderoptagelse i bure, beregnet til flere kyllinger, i aldersperioden 0–6 uger. Hensigten var at selekttere for bedre foderudnyttelse på grundlag af gennemsnit for halvsøskendegrupper, men det gav 2 problemer, (hvilke resultater senere er blevet publiceret af Flock and Marahrens, 1979; Marahrens und Flock, 1980; og Hartmann and Flock, 1979), og disse var:

- a) Relativ stor dødelighed, hvilket nødvendiggjorde korrektion for det enkelte bur
- b) Meget forøget frekvens af benlidelser, der reducerede såvel selektionsintensiteten som vækstevne.

Det tyske system har de fordele, at arbejdsbyrden reduceres i forhold til det af Guill og Washburn skitserede system, hvilket er af stor betydning, når dets anvendelse i en kommerciel avlsvirksomhed skal vurderes. Endvidere er systemet med flere kyllinger i samme aflukke nærmere de forhold, hvorunder slagtekyllingeproduktionen foregår, og derfor vil en eventuel genotype-miljø-vekselvirkning ikke kunne reducere en genetisk betinget effekt, der især kunne tænkes at være under påvirkning af allelomimetrisk ædeadfærd. De ulemper, der er forbundet med den større usikkerhed på grund af korrektion for døde dyr, er imidlertid fundet at være så alvorlige, at dette alene taler for at lade gruppesystemet ude af betragtning, da sikkerheden i måling af foderoptagelsen er det helt afgørende element, med hvilket der ikke kan gås på akkord. I stedet er valgt udvikling af bure med enkeltdyrrum, hvor sikkerheden i måling af foderoptagelse er høj og kan gennemføres rimelig hurtigt.

Enkeltdyrbure, der kan fungere som sådanne, helt fra kyllingen er nyklækket, synes kompliceret at konstruere, specielt hvad angår forsyning af vand og foder. Et andet forhold, der ligeledes taler for at undlade at holde de helt små kyllinger i bure, var, at hovedparten af benvaghederne udvikles omkring 14 dages alderen, og dispositioner herfor bliver langt mere fremhævet i bure (Haye and Simons, 1978). På denne baggrund besluttedes at indrette et system,

hvor i daggamle kyllinger indsættes på gulv for ved en alder af 2–3 uger at lade dem overføre til et bursystem og forblive her til en alder af 40–42 dage, svarende til en maksimal vægt på 2 kg.

5.1.1 Anvendte burtyper

Bure til enkelt dyrkontrol af slagtekyllinger kan ikke købes på markedet, og der foreligger kun sparsomme informationer i litteraturen om hensigtsmæssige indretninger. I 1976/77 blev der ved Statens Husdyrbrugsforsøg påbegyndt nogle pilotforsøg med henblik på at give forslag til en relevant udformning af burinstallationer til kontrol af individuel foderoptagelse, og som det vil være muligt

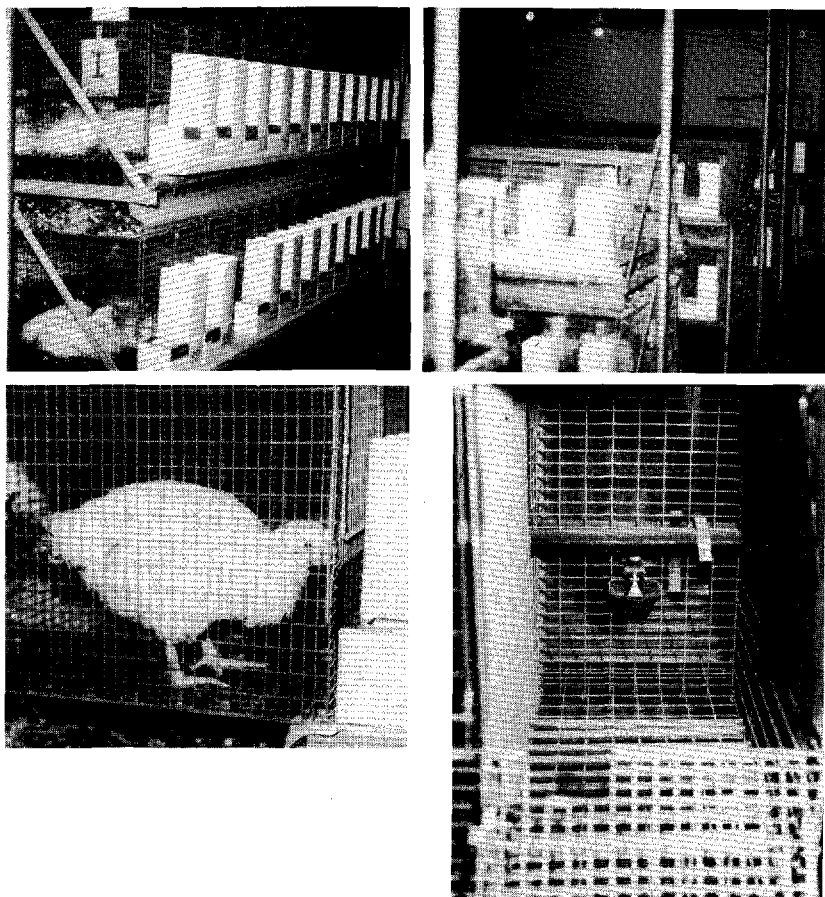


Fig. 5.1 Fotomontage af bursystem, bestående af 2 etager og 10 blokke.
Photomontage of a cage system consisting of two storeys and 10 sections.

at anvende i det kommercielle avlsarbejde; med støtte fra ASA CHICK A/S, Frederikshåb, blev der fremstillet en prototype til 50 kyllinger.

Efter nogle orienterende forsøg, dels med indretning af bure – herunder især konstruktion af bund, dels med vand- og foderforsyningen og endelig med alder på indsættelsestidspunktet, blev der i 1978 etableret et buranlæg på Strynø til 480 kyllinger.

Fig. 5.1 viser ved hjælp af en række fotos, hvorledes bursystemet blev indrettet. Burene er opbygget i sektioner med 24 enkeltdyrerum i hver, idet to rum er placeret med bagsiden mod hinanden. Den øverste halvdel af fronten er en bundhængslet låge; sektionen hviler i begge sider på de inderste 2 cm af en 15 cm-bred-spånplade, hvorpå fodertrug og -silo er placeret. Ud for hvert bur anbringes det kombinerede fodertrug og -silo, fremstillet af 2 stk. 2 l mælkekarton'er. Burene er fremstillet af 1,7 mm punktsvejset tråd med en maskevidde på $\frac{1}{2}'' \times 1''$, og bunden er belagt med 12 tværgående plastslanger, – udvendig diameter 9 mm; vandforsyningen sker med en vandkop med flyder, anbragt på et plastrør bagest i buret. Detaljer vedrørende buranlægget er udførligt beskrevet af Sørensen et al. (1980).

5.2 Metoder ved måling af foderoptagelse i enkeltdyrbure

Ved måling af foderoptagelse i enkeltdyrbure under ad libitum fodring er der 2 typer fejl, der hver for sig kan være af et sådant omfang, at de registrerede tal er ubrugelige i det videre forløb. Den første af dem er *foderspild*, forårsaget af kyllingen; hovedbetingelsen for at undgå foderspild er et trug med en indadbøjet kant samt en lav foderstand i truget. To stk. 2 l mælkekarton'er synes næsten at være ideel til formålet (fig. 5.2). Efter forskellige ændringer viste det sig, at trugåbningen skulle være 6×6 cm, hvilket efterlod en 1,5 cm bred kant hele vejen rundt og sikrede dermed, at kyllingen ikke ved at danne bro med foderet var i stand til at skrabe dette ud af truget. Trugets foderstand reguleredes gennem højden på det udklip, der foretoges i den tilhørende fodersilo, og med et 3 cm højt udklip nederst i den, vil truget under almindelige forhold være ca. halvt fyldt med foder.

Af 1900 kyllinger har mindre end 10 kyllinger haft et væsentligt spild, d.v.s. mere end 30–50 g, svarende til 1–1,5% af det optagne foder, og de omhandlende kyllinger er udeladt af materialet. Det skal dog tilføjes, at det spild, der opstår ved, at kyllingen tager piller/korn i næbbet og trækker det ind i buret, hvorefter det spildes igennem netgulvet, ikke er registreret; men indtrykket er, at denne andel var meget beskeden. Foderets struktur har nogen indflydelse på omfanget af spild, da der er en klar tendens til mere spild, jo mere finkornet strukturen er, derfor blev granuleret foder anvendt hele forsøgsperioden igennem.

Den anden type fejl, der kan forekomme, opstår ved, at nogle kyllinger æder



Fig. 5.2 Kombineret fodertrug og -silo, fremstillet af to stk. 2-liter-mælkekarton'er.
 Combined feeding trough and feeding silo composed of two 2-litre milk cartons.

foder, som bliver tilskrevet naboen, og her igen er der to muligheder for, at sådanne fejl kan opstå, – den første mulighed er, at kyllingerne »stjæler« hinandens foder, og den anden mulighed er *fejlregistrering*. Den førstnævnte mulighed er udelukket, med mindre kyllingen forlader buret (se fig. 5.2). Omfanget af fejlregistrering kan i sagens natur aldrig efterprøves, men den er minimeret bl.a. ved den måde, hvorpå foderet tildeles den enkelte kylling, idet hver kylling ved indsættelse i buret tildeles 2 kg foder, der udvejes i siloen; herefter påfyldes 1,5 kg foder én gang. Registreringsfejl, der opstår ved, at kyllingen enten har fået 1,5 kg mere eller mindre, end registreret, er lette at opdage.

Kyllinger, om hvilke der hersker usikkerhed, udelades.

5.3 Dyremateriale og metoder ved 4 afprøvninger

I generationerne 6 og 7 er der opdrættet så mange kyllinger i hver af rugningerne 1 og 5, at der ved 3 ugers alder kunne indsættes 480 kyllinger for hvert hold i burene, og samtidig aflivedes yderligere 16 kyllinger med henblik på kemisk analyse. I tabel 5.1 er opstillet en oversigt over antal dyr i de i alt 4 hold, der er afprøvet i buranlægget, samt den videre disposition efter slagtning. De 3 hold, fodret med blanding I, blev holdt 19–22 dage i buranlægget, medens kyllinger, der tildeltes blanding II med det lavere proteinindhold, blev holdt 26 dage i anlægget.

Tabel 5.1 Oversigt over antallet af kyllinger i buranlægget og den efterfølgende anvendelse af dyrene.

Table 5.1 Age and number of chickens placed in cages, and number of chickens used for chemical and anatomical investigations.

Hold	Gene-ration	Linie	Alderved		Antal vej. *)	Foder **)	Antal kyll. v.		Antal kyll.	
			inds.	afslut			inds.	afslut	kem. analy.	organ. under.
Batch	Genera-tion	Line	Age at		No. of weighings*)	Diet **)	No. of chicks		No. of chicks	
			start	end			start	end	chem. analys.	anat. inv.
			days	days						
1	6	66	21	42	7	I	241	237	23	–
1	6	68	21	42	7	I	237	227	19	–
2	6	66	21	47	9	II	240	236	23	–
2	6	68	21	47	9	II	239	229	23	–
3	7	67	20	39	7	I	240	234	25	69
3	7	68	20	39	7	I	238	231	26	74
4	7	67	18	41	9	I	222	219	26	161
4	7	68	18	41	9	I	257	255	26	183

*) Såvel kyllinger som fodersilo. *Chickens and feed consumption (silo) were weighed*

**) jfr. betegnelse i tabel 3.2. *Referring to Table 3.2*

Der er foretaget vejning af kyllingerne ved indsættelse i bure, ved afslutning på forsøget samt herimellem mindst 5 gange med 2–4 dages interval; og samtidig er det individuelle foderforbrug blevet bestemt. Hermed er det blevet muligt at opføre foderudnyttelse såvel til fast alder som til fast vægt.

Alle kyllinger er blevet stammærket og kønsbestemt, således at relevante statistiske analyser med genetisk sigte er mulig at gennemføre. Sammensætningen af de anvendte foderblandinger fremgår af tabel 3.2, og det aktuelle kemiske indhold kan aflæses af tabellerne 3.3 og 3.4 for generationerne 6 og 7.

På afslutningsdagen aflivedes 16–24 kyllinger fra hver linie, ligeligt fordelt på køn og inden for køn i vægtintervallet $\bar{x} \pm s_x$ med henblik på kemisk analyse.

Aflivningsformen samt behandlingen forud for den kemiske analyse var, som beskrevet i afsnit 4.3, og alle dyr blev analyseret for indhold af råprotein, råfedt og vand med metoder, der ligeledes er beskrevet i afsnit 4.3.

I forbindelse med de ordinære slagtninger på Forsøgsfjerkræslagteriet i Hillerød af holdene 3 og 4 blev indmad + tarmsæt individuelt udtaget og nedpakket i dybfryser med kyllingevingemærket som identifikation; under udtagningen blev yderligere medtaget de fedtflommer, der under den almindelige slagteproces bliver hængende på slagtekroppen bagest i bughulen.

Længden af tyndtarmen (duodenum, jejunum og ileum) er målt fra sit udspring i kråsen til blindtarmenes vedhæftningssted, idet duodenumslungen er rettet ud. Hele tyndtarmen blev strakt en smule, lagt på en bordplade og fik herefter lov at trække sig lidt sammen, inden målingen blev foretaget. Hjertets vægt blev bestemt efter afskæring af den store arterieåre ved basis, medens leverens vægt blev bestemt, efter at galdeblæren var fjernet.

5.4 Gennemsnit og standardafvigelse på foderoptagelse, vækstevne, kropsammensætning og organstørrelse

Hovedvægten i dette afsnit er lagt på en analyse af foderoptagelse og forskellige måder at udtrykke effektivitet på samt deres relation til alder. Endvidere bringes resultater af målinger af organstørrelse samt kropsammensætning, og i det omfang, der ikke i tidligere kapitler er foretaget analyser af effekt af linier, foder og køn, gennemføres disse for de respektive egenskaber.

5.4.1 Vækstevne og foderoptagelse

Alderstrin og delperiodens længde er anført i tabel 5.2 for hvert af de 4 hold, og i de efterfølgende 2 tabeller er anført gennemsnit og standardafvigelse for hver delperiode for egenskaberne: Daglig tilvækst og daglig foderoptagelse, medens der i tabel 5.5 er anført levende vægt. Kyllinger med mindre end 5 g daglig tilvækst samt kyllinger, der har haft en daglig foderoptagelse på mindre end 20 g foder, er udeladt i den pågældende delperiode. Yderst til højre i tabellerne 5.3 og 5.4 er anført daglig tilvækst og daglig foderoptagelse, beregnet på grundlag af hele testperiodens længde; og her er alle kyllinger repræsenteret, forudsat, at de var i live ved afslutningen af 5. periode.

Sammenligninger inden for hold mellem linier og køn viser forskel på tilvækstevne, som det blev påvist i KAPITEL IV; specielt ses, at linie 68 voksede bedre end linie 66 i hold 1, fodret med normalt foder, medens rangeringen er omvendt i hold 2, fodret med et lavprotein foder. Linie 68 har deltaget i alle 4 hold, og det skal bemærkes, at denne linie i hold 1 havde 5% lavere vækst end i holdene 3 og 4.

I hold 1 blev det observeret, at adskillige kyllinger havde besvær med at finde vandforsyningen, hvilket manifesterede sig ved et væggtab, som det senere viste

Tabel 5.2 Alderstrin (dage) for 5 delperioder ved registrering af vægt og foderoptagelse.
Table 5.2 Interval of age (days) in five part-periods at registration of weight and feed consumption.

Hold nr. Batch No.	Delperiode, nr. Part-periods, No.				
	1	2	3	4	5
1	21-26	26-30	30-34	34-37	37-40
2	21-28	28-35	35-37	37-40	40-44
3	20-25	25-29	29-32	32-36	36-39
4	18-25	25-28	28-32	32-35	35-39

Tabel 5.3 Gennemsnit ($\bar{x}$) og standardafvigelse (s_x) for daglig tilvækst i 5 delperioder i aldersinterval 18-40 dage (jfr. tabel 5.2) samt variationskoefficient (CV).

Table 5.3 Average ($\bar{x}$) and standard deviation (s_x) for daily gain in five part-periods and coefficient of variation (CV).

Hold Batch	Køn Sex	Linie Line	Delperiode, nr. Part-periods, No.										1-5	
			1	s_x	2	s_x	3	s_x	4	s_x	5	s_x		
1	1	66	39,6	9,3	51,8	10,8	53,3	13,0	58,1	15,2	50,6	14,3	48,8	7,0
1	2	66	33,9	8,5	46,2	7,8	46,3	9,1	50,8	10,6	41,8	9,6	41,4	6,2
1	1	68	38,1	12,2	53,0	11,3	56,4	13,2	57,8	12,9	56,1	12,3	49,8	7,6
1	2	68	35,2	8,4	45,6	9,7	46,5	10,0	49,2	9,4	47,8	9,5	42,5	5,7
CV			26,1		19,7		22,2		22,1		23,3		14,5	
2	1	66	35,6	8,8	50,7	7,3	56,7	13,0	55,0	11,4	54,5	10,8	47,3	6,0
2	2	66	30,4	7,1	44,9	5,8	48,2	11,4	50,4	8,7	45,0	7,2	41,2	4,8
2	1	68	31,3	9,3	47,7	7,0	43,9	12,6	55,7	11,8	53,2	9,8	44,4	6,1
2	2	68	29,1	7,5	45,0	6,6	41,5	8,6	52,0	9,3	45,1	7,3	40,5	4,8
CV			26,0		14,2		24,0		19,3		17,6		12,5	
3	1	67	47,4	9,6	56,7	11,0	57,8	11,9	61,6	12,9	55,4	14,8	54,7	7,0
3	2	67	39,7	10,4	52,9	9,4	50,7	10,2	51,2	10,8	46,5	11,1	47,7	6,3
3	1	68	43,2	10,3	53,8	11,7	55,4	12,4	60,6	9,9	53,8	12,0	52,3	7,0
3	2	68	36,3	7,1	48,2	7,1	49,7	8,2	50,5	8,0	45,2	8,9	45,1	4,6
CV			22,5		18,4		20,0		18,6		23,1		12,4	
4	1	67	44,0	7,1	52,3	8,6	60,1	11,1	58,5	10,7	58,9	14,2	53,3	6,9
4	2	67	38,0	6,9	49,2	8,8	52,3	8,5	51,3	8,6	50,0	11,1	46,2	5,8
4	1	68	42,7	5,9	51,3	8,3	60,4	9,0	57,5	12,9	57,5	12,7	52,0	6,2
4	2	68	34,9	6,1	44,0	8,2	50,7	8,0	49,0	8,2	47,8	9,1	43,5	5,7
CV			16,4		17,3		16,4		18,6		21,8		12,6	

sig umuligt for dem at indhente gennem kompensatorisk vækst. Under gennemførelse af de efterfølgende afprøvninger blev der derfor foretaget foranstaltninger, som skulle lette kyllingerne i deres søgning efter vand, og det viste sig, at blot vandforsyningsenheden i buret var identisk med den, de havde haft

Tabel 5.4 Gennemsnit ($\bar{x}$) og standardafvigelse (s_x) for daglig foderoptagelse i 5 delperioder i aldersinterval 18–40 dage (jfr. tabel 5.2) samt variationskoefficient (CV).

Table 5.4 Average ($\bar{x}$) and standard deviation (s_x) for daily food intake in five part-periods and coefficient of variation (CV).

Hold Batch	Køn Sex	Linie Line	Delperiode, nr. <i>Part-periods, No.</i>											
			1		2		3		4		5		1–5	
			$\bar{x}$	s_x	$\bar{x}$	s_x	$\bar{x}$	s_x	$\bar{x}$	s_x	$\bar{x}$	s_x	$\bar{x}$	s_x
1	1	66	83,4	15,2	103,5	14,4	116,3	20,0	126,4	22,3	123,5	21,5	107,7	12,8
1	2	66	73,0	17,9	93,1	12,4	104,7	14,8	119,0	17,3	111,0	16,5	96,1	14,4
1	1	68	76,5	17,3	102,4	17,6	108,5	16,5	130,6	20,9	129,6	18,7	105,7	12,7
1	2	68	72,5	16,1	93,9	13,7	99,3	13,6	115,7	18,4	120,0	14,6	96,2	11,7
CV				21,9		14,8		15,1		16,0		14,7		12,8
2	1	66	73,5	15,0	111,7	10,6	119,6	18,6	130,4	16,5	136,7	19,7	107,5	11,4
2	2	66	65,9	11,8	101,9	10,2	107,1	11,8	120,6	12,4	123,8	11,0	97,2	9,5
2	1	68	63,4	14,6	100,2	12,6	102,9	14,4	121,7	16,2	124,5	14,6	96,3	11,7
2	2	68	60,1	11,7	95,5	9,9	100,0	13,1	116,9	13,1	115,9	13,4	91,4	10,2
CV				20,2		10,6		13,4		11,9		11,6		10,9
3	1	67	84,2	10,8	113,7	16,1	126,1	17,3	129,7	18,1	129,3	19,0	113,6	11,6
3	2	67	74,2	10,5	104,8	12,7	114,2	14,5	116,9	16,8	114,0	15,6	102,3	10,9
3	1	68	79,5	12,4	107,0	16,3	116,5	16,2	124,3	19,2	124,2	15,1	107,8	11,8
3	2	68	72,9	9,8	100,1	11,1	109,4	11,9	115,1	13,7	110,2	16,3	99,3	9,1
CV				14,0		13,2		12,8		13,9		13,8		10,2
4	1	67	84,6	11,2	97,3	12,0	127,3	13,6	128,6	13,7	144,7	20,1	112,5	11,2
4	2	67	75,7	11,4	92,2	11,1	116,8	12,5	117,0	13,1	132,2	18,7	102,6	10,2
4	1	68	82,0	10,7	100,5	12,7	122,7	13,1	127,6	16,6	135,4	17,4	108,4	12,0
4	2	68	74,0	9,9	89,2	12,0	110,3	13,8	115,1	16,3	122,2	15,9	97,9	11,1
CV				13,7		12,6		11,1		12,3		13,5		10,6

under den forudgående opdrætning på gulv, var der ingen problemer, hvilket bl. a. kom til udtryk ved, at kyllingerne på 2. dagen efter indsættelse havde haft en gennemsnitlig tilvækst på over 80 g, og at ingen kyllinger havde lidt vægttab.

Vægtkurvens form for ordinære slagtekyllinger, opdrættet på gulv, er praktisk taget retliniet fra en alder af 3 uger og de følgende 4–5 uger (Jensen, 1982). For alle hold ses der at være en tendens til en vis depression af væksten i sidste periode. Den daglige tilvækst i 5. periode er for de 3 første hold 90% af den daglige tilvækst i 4. periode, medens der i 4. hold allerede findes en vækstdepression i 4. periode. Denne vækstdepression er mest udtalt hos hønekyllinger (87% mod 93% hos hanekyllinger), hvilket, sammenholdt med tabel 5.5, lader formode, at det ikke er kyllingens størrelse, der er afgørende for, hvornår vækstdepressionen sætter ind. Det forhold, at 4. hold er startet 3 dage tidligere i burene end de 2 første hold, antyder, at det snarere kunne være et udtryk for opholdets varighed, der var afgørende.

Tabel 5.5 Gennemsnit ($\bar{x}$) og standardafvigelse (s_x) af vægt ved begyndelsen af hver delperiode og ved afslutning af 5. delperiode samt variationskoefficient (CV).

Table 5.5 Average ($\bar{x}$) and standard deviation (s_x) of weight at the start of five part-periods, and at the end of the fifth period; coefficient of variation (CV).

Hold Batch	Køn Sex	Linie Line	Antal Nos.	Delperiode, nr. Part-periods, No.										Slut (5) End (5)	
				1		2		3		4		5			
				$\bar{x}$	s_x	$\bar{x}$	s_x	$\bar{x}$	s_x	$\bar{x}$	s_x	$\bar{x}$	s_x	$\bar{x}$	s_x
1	1	66	119	618	50	806	94	1016	99	1223	137	1397	146	1546	158
1	2	66	122	548	50	694	106	874	116	1058	133	1206	149	1334	146
1	1	68	121	631	79	802	110	1021	113	1249	129	1420	150	1577	177
1	2	68	113	570	60	723	106	907	102	1093	115	1238	127	1379	141
CV				10,1		13,8		11,3		11,2		10,9		10,7	
2	1	66	116	438	54	668	102	1032	109	1145	119	1310	127	1526	152
2	2	66	120	420	43	628	75	942	89	1039	96	1190	104	1368	126
2	1	68	113	380	59	595	112	932	134	1018	145	1186	161	1401	179
2	2	68	121	381	56	578	95	891	116	977	120	1133	133	1312	147
CV				13,2		13,9		11,9		11,5		10,9		10,8	
3	1	67	119	555	58	792	86	1016	102	1185	122	1432	138	1595	157
3	2	67	121	503	51	701	74	912	85	1064	104	1268	133	1409	143
3	1	68	117	530	67	746	93	957	115	1132	116	1362	151	1523	163
3	2	68	123	488	43	668	67	861	72	1011	84	1213	95	1346	105
CV				10,5		11,0		9,9		9,6		9,8		9,6	
4	1	67	112	392	68	697	99	854	105	1096	135	1275	148	1511	186
4	2	67	109	366	63	628	95	775	97	985	118	1139	126	1337	159
4	1	68	126	437	56	734	80	888	85	1127	111	1300	133	1521	176
4	2	68	131	402	46	646	67	779	75	981	92	1126	112	1315	138
CV				14,7		12,7		11,0		10,9		10,7		11,6	

Daglig foderoptagelse, relateret til kropvægten, sådan som det præsenteres i tabel 4.10, kan medvirke til opklaring af nogle af de bagved liggende problemer. I fig. 5.3 er med kraftig linie fremstillet kurveforløbet for prøve 79-3, hvis kyllinger blev vejede hver ugedag; med et punkt er der for hvert alderstrin markeret gennemsnit af linierne 67 og 68, og det kan ses, at daglig foderoptagelse, relateret til kropvægt, ligger på en svag konveks kurve. Holdene 3 og 4 er med brudt linie markeret for det aldersinterval, i hvilket de blev målt i bursystemet. For hold 3 gælder, at der ved første vejning 5 dage efter indsættelsen kan konstateres en mindre relativ foderoptagelse end forventet, hvilket kyllingerne tilsyneladende kompenserer for på et senere tidspunkt, men at der hen imod slutningen sker en reduktion, hvilket også direkte kan aflæses af tabel 5.4, hvorfra ses, at den daglige foderoptagelse er uændret fra 4. til 5. periode.

For hold 4 er forholdet noget anderledes, da alle målepunkter konsekvent

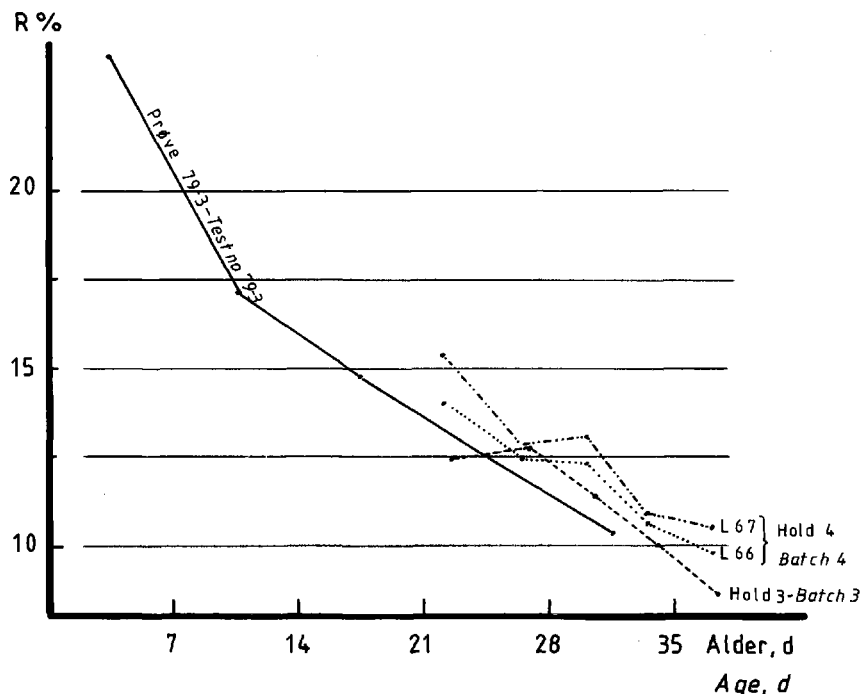


Fig. 5.3 Daglig foderoptagelse i procent af kropsvægt (R) som afhængig af alder. Linierne 67 og 68, fodret på 100% foder, i prøve 79-3 samt holdene 3 og 4.

Daily food intake as percentage of body weight (R) as dependent on age. The data used are based on chickens from lines 67 and 68 fed on the 100% diet in Test 79-3 and batches 3 and 4.

ligger højere end for prøven 79-3 og på nær ét punkt også højere end hold 3; den mest sandsynlige årsag hertil er en lavere indsættelsesvægt især for linie 67.

For 3. og 4. hold er det for linie 67-kyllinger muligt at foretage direkte sammenligning på vægt ved 40 dage, opnået i bure og på gulv, idet kyllinger fra generation 7 i tabel 3.II har samme forældre som 3. og 4. hold, og de har endvidere fået tildelt foder fra samme parti.

I tabel 5.6 er foretaget en opstilling, der viser, at burkyllinger med 40 dages alderen vejer 3–4% mindre end deres helsøskende, opdrættet på gulv, en forskel, der givetvis skyldes den allerede påviste vækstdepression hos burkyllinger i de nærmest foregående dage.

Uanset hvilke årsager der ligger til grund for det her observerede, er det vigtigt at få belyst, hvorvidt den genetiske korrelation mellem vækstevne, opnået under gulvdrift og i bure, afviger fra 1, herunder især en vækstevne i bure, der strækker sig ind i den periode, hvor der kan observeres en vækstdepression; sådanne analyser vil blive gennemført i afsnit 5.6.

Table 5.6 Vægt ved 40 dage af kyllinger fra linie 67, opdrættet i bure (hold 3 og hold 4) samt ved ordinært opdræt på gulv i generation 7.

Table 5.6 Weight at 40 days of chickens of line 67 reared in cages and on floor, respectively.

Opdrætningsform: <i>Rearing system</i>	Haner ♂♂			Høner ♀♀		
	N	$\bar{x}$	SD	N	$\bar{x}$	SD
Bure (Hold 3) cage	117	1648 g	163	117	1459 g	150
Bure (Hold 4) cage	110	1614 g	173	109	1398 g	158
Gulv (Tabel 3.11) floor	180	1696 g	181	201	1477 g	140
Differens (Gulv-bure)		65 g			48 g	
<i>Difference (Floor-cages)</i>						

I tabellerne 5.3 og 5.4 er som et gennemsnit af hold anført variationskoefficienter (CV) for hver delperiode samt for hele testperioden. Det fremgår, at den relative variation er størst i 1. periode, men er i øvrigt gennemgående større i delperioder end i den samlede testperiode. Medvirkende hertil er:

- 1) Fejlaflysning af vægt. Jo kortere interval mellem 2 vejninger desto større betydning har denne for daglig tilvækst og daglig foderoptagelse
- 2) Ved vejning af kyllinger spiller defækationsgraden en rolle
- 3) Foderspild
- 4) Ujævn vækst kan med så korte intervaller som 2–3 dage medføre større variation.

Vægtbestemmelsen af kyllingen vil være mere berørt af punkterne 1) og 2) end vægtbestemmelsen af foderoptagelsen; til gengæld berører punkt 3) alene foderoptagelsen. Alle 3 punkter vil bidrage til at forøge variationskoefficienten, ikke alene for daglig foderoptagelse og -tilvækst i delperioder, men også for foderudnyttelsen i delperioder; derimod vil ujævn vækst alene berøre variationen for de 2 førstnævnte egenskaber.

Foderspild antages at have så lille en betydning, at den lades ude af betragtning, da den er under kontrol.

Ser man på hele testperioden under ét, viser hold 1 et atypisk billede med en højere variationskoefficient på omkring 2 procentenheder end de øvrige hold for såvel daglig vækst som daglig foderoptagelse. Årsagen hertil er uden tvivl de allerede nævnte problemer med drikkevand i burene.

I holdene 2–4 er der en meget høj grad af overensstemmelse i den relative variation, idet CV for vægt er 12,4–12,6% og 10,2–10,9% for foder, og som det generelt findes (f.eks. Sørensen et al., 1980), er der en større relativ variation på vægt hos hanekyllinger – 12,9% – mod 12,1% hos hønekylinger, og denne kønsdimorfi genfindes i daglig foderoptagelse ($CV_{\sigma} = 10,8\%$ og $CV_{\phi} = 10,3\%$).

Det forhold, at kyllingerne inden for hold og køn viser større ensartethed med hensyn til daglig foderoptagelse end daglig tilvækst, kan skyldes 2 forhold:

- 1) Den større usikkerhed, der er forbundet med vejning af levende dyr, giver automatisk en større relativ variation på kropvægten.
- 2) Dyrenes appetit og dermed deres »drive« for at optage foder beror ikke udelukkende på deres aktuelle vægt.

Det førstnævnte forhold kan afprøves gennem bestemmelse af den relative variation over de 5 delperioder for hvert individ for sig, da man må antage for givet, at foderoptagelse og dens udnyttelsesgrad for vækst er uændret for det enkelte individ, når der tages højde for det stigende vedligeholdelsesbehov med stigende vægt. Følgende ligning er benyttet:

$$CV = \frac{\sqrt{[\sum (X'_i - \bar{X}')^2] / 4}}{[\sum X'_i] / 5} \times 100$$

hvor X'_i = individuel observation i den i^{te} delperiode;
og følgende gennemsnitscifre blev opnået for holdene 2-4:

	CV_{σ}	CV_{ϕ}
Daglig tilvækst	22,3	22,8
Daglig foderoptagelse	22,6	23,2

Den forventning, der kunne stilles til, at den daglige tilvækst viste større relativ variation, fordi måleteknikken eventuelt var mere usikker, kan ikke bekræftes, hvorfor det er mere sandsynligt, at udsagn nr. 2 er forklaringen på, at den relative variation mellem individer er større for vækst end for foderoptagelse, det vil med andre ord sige, at dyrene er mere ens, hvad angår appetit eller udnyttelsen af denne i form af foderoptagelse. Man må her være opmærksom på den i afsnit 4.2.2 nævnte »allelomimetriske« ædeadfærd, der betyder, at der er en tendens til, at kyllinger i samme område tilbringer den samme tid ved ædetruget; det kan medføre, at kyllinger med et mindre behov, fordi de vokser langsommere, får et overforbrug af foder, der enten deponeres som fedt, eller direkte giver anledning til en dårligere udnyttelse af det optagne foder.

De anførte gennemsnitsværdier af den relative variation over delperiode giver også anledning til at bemærke, at de er næsten dobbelt så store som variationen mellem individer, hvilket giver anledning til at anføre, at kyllinger ikke har en jævn æde- og vokserytme, samt at disse ujævnheder opfanges, når vægtbestemmelser foretages med intervaller på 3 døgn eller mindre.

Blandt de 4 punkter, der blev anført i indledningen til dette afsnit om årsager til relativ variation, må det på det her nævnte grundlag fastslås, at tekniske fejl spiller en underordnet rolle med hensyn til en forklaring på de observerede va-

riationer, medens på den anden side meget tyder på, at en ujævn vækstrytme bidrager betydeligt til variationerne.

5.4.2 Gennemsnit og standardafvigelse på foderudnyttelse

Foderudnyttelse og fodereffektivitet (FU_A og FE_A) fra indsættelse i bure til afslutning af 5. delperiode, og de samme 2 egenskaber til en fast vægt (FU_V og FE_V) er anført i tabel 5.7. I samme tabel er endvidere præsenteret to begreber, der her benævnes FU_{Ved} og FE_{Ved} , og som er afledt af henholdsvis FU_A og FE_A , idet disse er gjort uafhængige af den andel af foderet, som forventes at ville medgå til vedligehold. I følge Thorbek og Henkel (1976) er energibehovet til vedligehold for voksende kyllinger udtrykt i kg joule $- 460 \cdot V^{0.75}$, hvor V = vægt, angivet i kg. I afsnit 4.1.3.3 diskuteredes en begrundelse for, at denne er

Tabel 5.7 Gennemsnit ($\bar{x}$) og standardafvigelse (s_x) for foderudnyttelse (FU) og fodereffektivitet (FE), beregnet på 3 forskellige måder.

Table 5.7 Average ($\bar{x}$) and standard deviation (s_x) for food conversion ratio (FU) and food efficiency (FE) calculated by three different methods.

Hold Batch	Køn Sex	Linie Line	Konstant alder Constant age				Konstant vægt*) Constant weight*)				Konstant alder/vedligehold Constant age/maintenance			
			FU_A		FE_A		FU_V		FE_V		FU_{Ved}		FE_{Ved}	
			$\bar{x}$	s_x	$\bar{x}$	s_x	$\bar{x}$	s_x	$\bar{x}$	s_x	$\bar{x}$	s_x	$\bar{x}$	s_x
	1	66	2,21	0,17	0,45	0,033	2,12	0,17	0,48	0,036	1,44	0,13	0,70	0,060
	2	66	2,34	0,15	0,43	0,026	2,23	0,18	0,45	0,035	1,52	0,13	0,66	0,060
	1	68	2,14	0,23	0,47	0,045	2,03	0,23	0,50	0,051	1,37	0,15	0,74	0,081
	2	68	2,27	0,18	0,44	0,032	2,17	0,20	0,46	0,041	1,45	0,13	0,69	0,060
CV %	:		8,19				9,16				9,37			
	1	66	2,28	0,13	0,44	0,024	2,19	0,16	0,46	0,030	1,55	0,10	0,65	0,039
	2	66	2,35	0,10	0,43	0,018	2,23	0,11	0,45	0,021	1,58	0,08	0,63	0,032
	1	68	2,18	0,16	0,46	0,029	2,11	0,12	0,47	0,026	1,48	0,16	0,68	0,052
	2	68	2,26	0,13	0,44	0,021	2,17	0,10	0,46	0,022	1,51	0,08	0,67	0,032
CV %	:		5,76				5,63				6,91			
	1	67	2,08	0,17	0,48	0,035	1,97	0,15	0,51	0,038	1,40	0,17	0,72	0,065
	2	67	2,17	0,19	0,46	0,036	2,02	0,16	0,50	0,041	1,45	0,18	0,70	0,068
	1	68	2,08	0,22	0,48	0,043	1,99	0,16	0,51	0,040	1,38	0,18	0,73	0,075
	2	68	2,21	0,16	0,46	0,031	2,10	0,13	0,48	0,030	1,37	0,15	0,69	0,061
CV %	:		8,69				7,44				11,95			
	1	67	2,12	0,18	0,47	0,035	2,01	0,15	0,50	0,036	1,49	0,15	0,68	0,058
	2	67	2,22	0,16	0,45	0,032	2,08	0,16	0,48	0,036	1,55	0,14	0,65	0,053
	1	68	2,10	0,18	0,48	0,036	1,99	0,12	0,50	0,030	1,43	0,12	0,70	0,056
	2	68	2,24	0,14	0,45	0,027	2,14	0,13	0,47	0,028	1,53	0,12	0,66	0,050
CV %	:		7,63				5,41				8,83			

) ♂♂ = 1200 g ; ♀♀ = 1040 g .

20% højere for kyllinger, målt i aldersintervallet 0–5 uger, opdrættet under gulvforhold. I nærværende undersøgelse er aldersintervallet 3–6 uger og med begrænset aktivitetsmuligheder, hvorfor den af Thorbek og Henkel fundne værdi er benyttet. Den endelige ligning til beregning af foder, der er medgået til produktion, har da følgende udseende:

$$\text{Foder}_{\text{Prod.}} = \text{Foderoptagelse} - \sum_{i=1}^{\text{dage}} \frac{460}{E} \cdot \text{Vægt}_i^{0.75} ;$$

hvor $E = 12,97 \text{ kJ (tabel 3.3)}$

dage = antal dage fra indsættelse i bure til afslutning

vægt_i = kropsvægt på den i^{te} dag efter indsættelse i bure

Afvigende dyr er udeladt i henhold til følgende regler:

Hvis FU_A er større end 3,5 kg foder pr. kg tilvækst, og hvis den gennemsnitlige daglige foderoptagelse har været mindre end 40 g.

Foderudnyttelsen fra indsættelse i bure og frem til en konstant alder, der for hold 1 er 40 dage, hold 2 44 dage og holdene 3 og 4 39 dage, ligger i gennemsnit på 2,12 for hanekyllinger og 2,24 for hønekyllinger, når der ses bort fra hold 2, der fik en foderblanding med lavt proteinindhold. Den absolutte størrelse af denne er naturligvis stærkt afhængig af det aldersinterval, i hvilket den måles; af hensyn til sammenligning med det almindeligt anførte foderforbrug pr. kg kylling er dette i tabel 5.8 præsenteret sådan, som det sædvanligvis opgøres. Forskellen på de i gennemsnit 2,18 fra holdene 3 og 4, fundet i tabel 5.7, og det tilsvarende gennemsnitstal 1,95 fra tabel 5.8 beror hovedsagelig på, at sidstnævnte opgørelsesmetode også omfatter vækstperioden op til alderstrinnet 20 dage, i hvilken periode vedligeholdelsesbehovet er ganske lavt.

Tabel 5.8 Foderforbrug pr. kg kylling (0–39 dage).
Table 5.8 Food intake per kg chick (0–39 days of age).

Linie Line	Hold nr. Batch No.			
	1	2*)	3	4
66	1,94	2,08	–	–
67	–	–	1,91	2,01
68	1,87	2,05	1,91	1,97

*) Foder med lavt proteinindhold

*) Low protein diet.

Et andet problem, der medvirker til at forøge afstanden mellem de 2 opgørelsesmetoder, beror på matematisk/statistiske forhold, idet metoden bag tabel 5.7 beregner en foderudnyttelse for hvert individ, hvorefter disse »pooles«, medens den almindeligt anvendte metode baserer sig på hele rummets (holdets)

foderforbrug, relateret til den totalt producerede kyllingemasse. Såfremt der var uafhængighed mellem foderudnyttelse og henholdsvis vægt og foderoptagelse, ville de to opgørelsesmetoder give identiske tal, men der er en klar tendens mod en negativ sammenhæng mellem foderudnyttelse og vægt (se tabel 5.17), hvilket betyder, at små kyllinger får høje tal for foderudnyttelse og belaster dermed gennemsnitsstallet mere end med holdopgørelsesmetoden.

Jo ældre kyllinger, desto større foderforbrug pr. kg kylling – er en generel regel, og på de officielle slagtekyllingepøver med liniekombinationsprøverne på Favrholm er der gentagne gange fundet, at foderforbruget pr. kg kylling forøges med 0,019 for hver dag, de bliver ældre, i intervallet 35–63 dage og endda næsten lineært – dog med en lille tendens til et konkavt kurveforløb, svarende til en lille stigning med alderen. Fig. 5.4 viser foderudnyttelsen fra klækning til en variabel alder af 25–42 dage på grundlag af data fra holdene 3 og 4. Regressionen af foderudnyttelse på alder er fundet at være:

$$\text{♂♂: } Y = 1,296 + 0,0166 \cdot \text{alder} ; s_b = 0,0020 ; R^2 = 0,77.$$

$$\text{♀♀: } Y = 1,431 + 0,0166 \cdot \text{alder} ; s_b = 0,0019 ; R^2 = 0,78.$$

I det betragtede interval findes intet tegn på »non-linearitet«. De fundne regressionskoefficienter er identisk for køn, men en smule lavere end fundet på Favrholm på lidt ældre kyllinger; denne forskel afspejler mest sandsynligt den foran anførte tendens, d.v.s. at kyllinger på 60 dage tvinger kurven en smule op. Intercept er, såfremt regressionen er lineær helt ned til nul dage, et udtryk

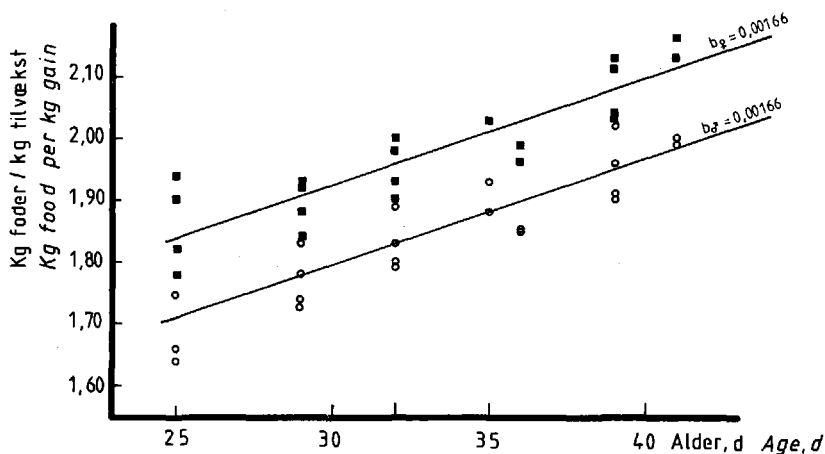


Fig. 5.4 Foderudnyttelse, målt fra klækning til en variabel alder (25–40 dage), som afhængig af alder.

Food conversion ratio measured from hatch to a variable age (25–40 days) regressed on age.

for foderudnyttelsen den første dag kyllingerne lever, og er dermed også udtryk for en laveste grænse for foderudnyttelse hos kyllinger.

For fuldstændighedens skyld skal anføres, at energi- og næringsstofkoncentrationen i foderet næsten var identisk for holdene 3+4 samt Favrholmkyllingerne (12,9 MJ OE pr. kg foder).

Ved at sammenholde den gennemsnitlige foderoptagelse i tabel 5.4 med den gennemsnitlige tilvækst, præsenteret i tabel 5.3, og sætte dem i forhold til hinanden vil man finde, at dette tal konsekvent ligger 0,1 til 1% lavere end den i tabel 5.7 præsenterede værdi for foderudnyttelse; med andre ord sker der en overvurdering af foderudnyttelse på ca. 0,5% med den individuelle opgørelsesmetode i sammenligning med den rumvise opgørelsesmetode til trods for, at de langsomtvoksende kyllinger er udeladt.

Den individuelle variation i foderudnyttelse er i tabel 5.7 præsenteret som standardafvigelse, og med en enkelt undtagelse ses, at hanekyllinger har den største spredning, d.v.s. 0,18 kg foder pr. kg tilvækst mod 0,15 hos hønekyllinger; årsagen er sandsynligvis, at hanekyllinger har en større variation i vækstevne, medens variationen i foderoptagelsen næsten er identisk for de to køn. Det skal bemærkes, at hold 2 har en lavere variation end de øvrige hold, hvilket også kommer til udtryk gennem en tydelig lavere variationskoefficient.

Men også en linieforskel på linierne 66 og 68 kan iagttages, da linie 68 i gennemsnit af hold 1 og hold 2 har en standardafvigelse på 0,18 mod 0,14 for linie 66. Den mest nærliggende forklaring på de her fundne forhold er graden af fedt-aflejring, idet der fra afsnit 4.3 vides, at linie 66 aflejrer mere fedt end linie 68, og ydermere, at foder med lavt proteinindhold betinger større aflejring af fedt.

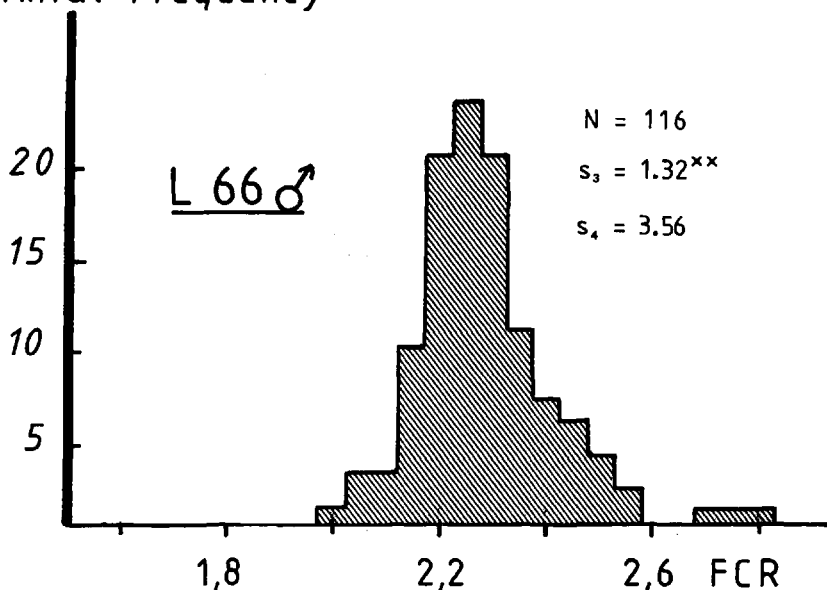
Fordeling af foderudnyttelsen for hold 2 er vist i fig. 5.5; til sammenligning er i figurerne 5.6 og 5.7 vist fordelingerne for de to køn, pooled over holdene 3 og 4. Ved at sammenholde fig. 5.5 med de to efterfølgende figurer, hvad angår fordeling af foderudnyttelse, ses, at der tilsyneladende mangler en hale til venstre, og det postuleres derfor, at i populationer af kyllinger med stor fedt-aflejring, hvad enten den er genetisk betinget eller forårsaget af foderet, findes der ikke kyllinger med en virkelig god fodereffektivitet.

Nærmere studier af figurerne 5.6 og 5.7 viser, at selv om disse, hvad angår foderudnyttelsen, har en hale til venstre, som det forventes i et normalt fordelt materiale, er der en endnu større hale til højre, og den er til gengæld så omfattende, at skævhedsparameteren:

$$S_3 = \frac{\sum (X - \bar{X})^3}{s^3}$$

er større, end hvad der statistisk kan accepteres i en normalfordeling. Ved at transformere til den inverse, d.v.s. fodereffektivitet, ses, at normalfordelings-

Antal Frequency



Antal Frequency

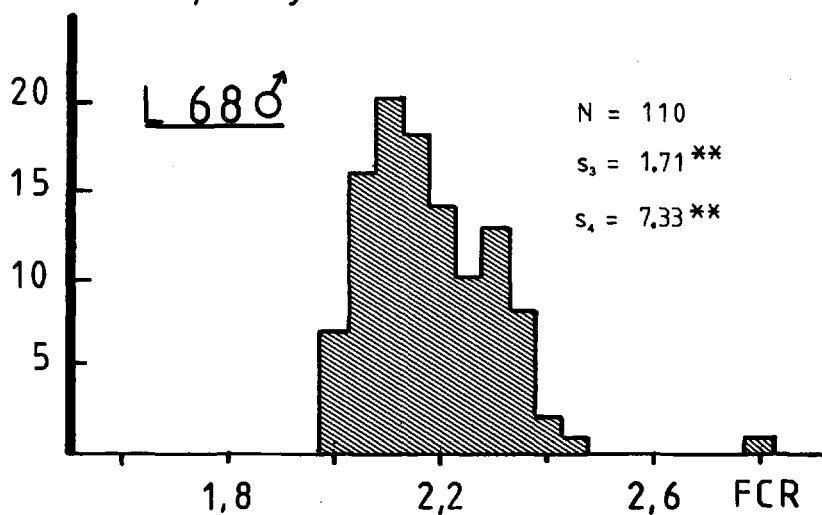
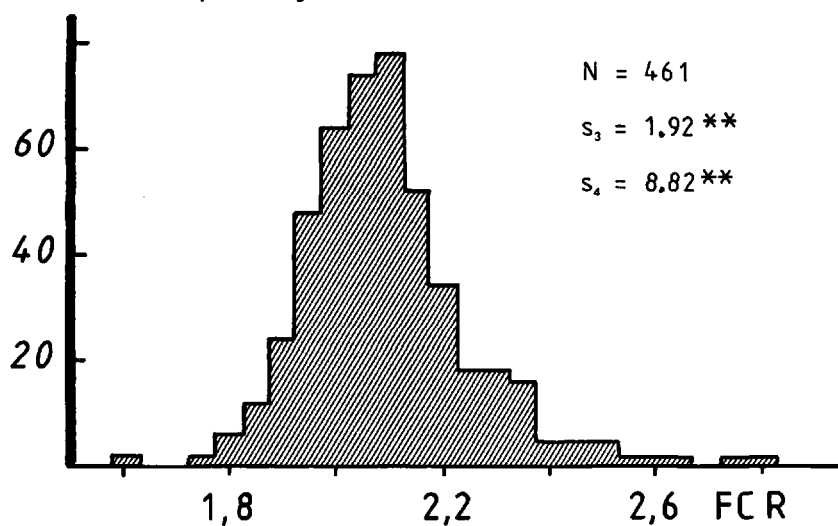


Fig. 5.5 Fordelingshistogram vedrørende foderudnyttelse for haneekyllinger af linierne 66 (øverst) og 68 (nederst), fodret på et lavprotein-foder. Fordelingsparametrene: skævhed (s_3) og kurtosis (s_4) er angivet i figuren. Signifikante afvigelser er markeret med * ($P < 0.05$); ** ($P < 0.01$); *** ($P < 0.001$).

Histogram of distribution of FCR for male chickens of lines 66 and 68 fed on a low-protein diet. The skewness (s_3) and the kurtosis (s_4) of the distribution parameters are indicated. Significant deviations are marked as follows: * ($P < 0.05$); ** ($P < 0.01$); *** ($P < 0.001$).

Antal Frequency



Antal Frequency

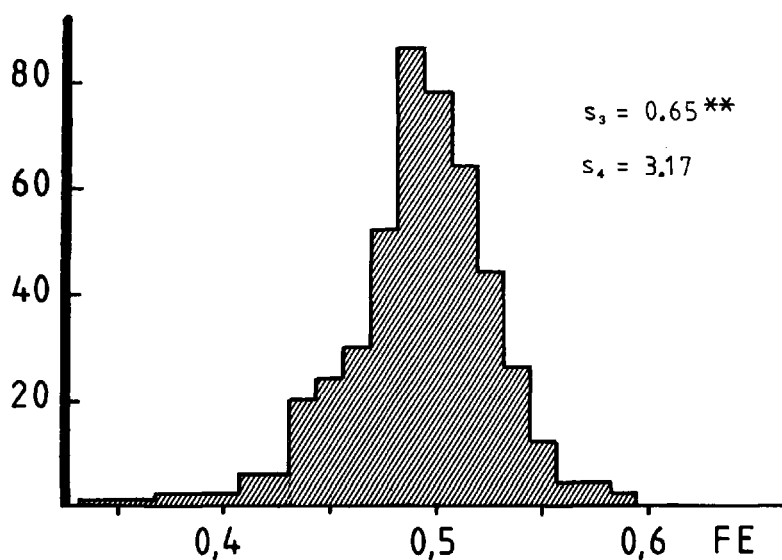
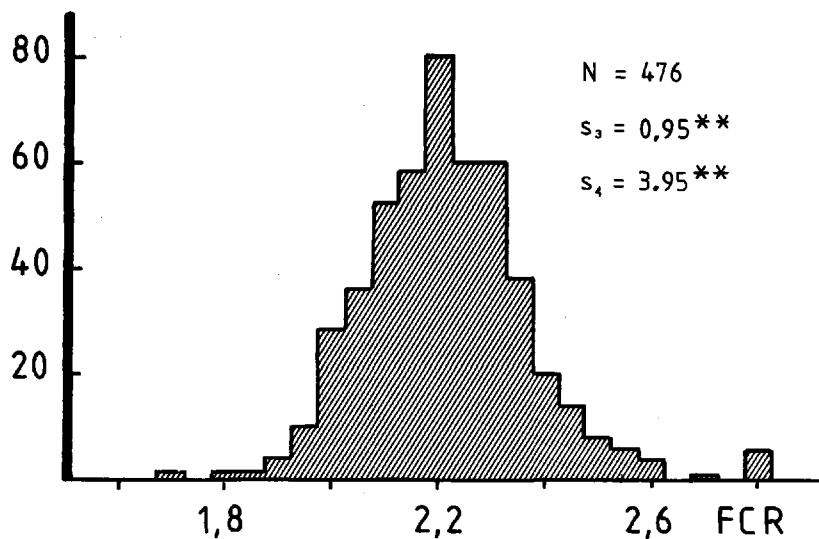


Fig. 5.6 Fordelingshistogram vedrørende foderudnyttelse (øverst) og fodereffektivitet (nederst) for haneekyllinger fra holdene 3 og 4. Fordelingsparametre som i fig. 5.5.
Histogram of distribution for FCR and the feed efficiency of the male chickens from batches 3 and 4. The parameters of the distribution are shown as for Fig. 5.5.

Antal *Frequency*



Antal *Frequency*

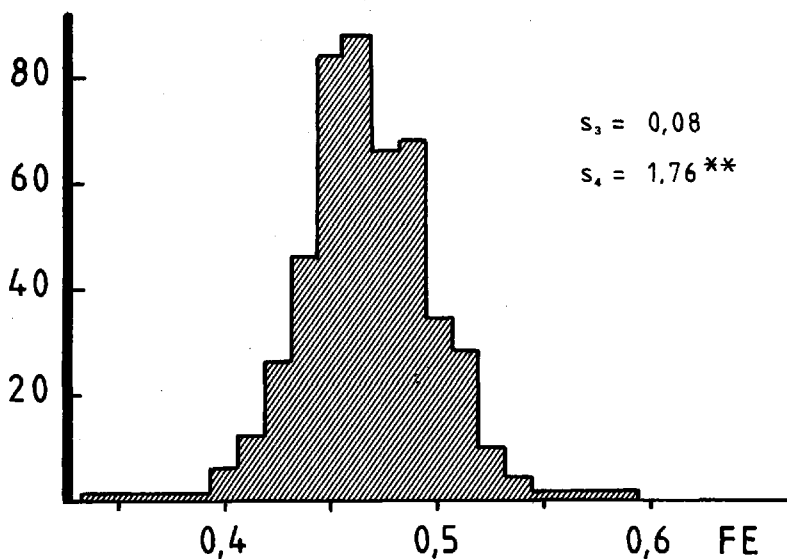


Fig. 5.7 Fordelingshistogram vedrørende foderudnyttelse (øverst) og fodereffektivitet (nederst) for hønekyllinger fra holdene 3 og 4. Fordelingsparametre som i fig. 5.5.

Histogram of distribution for FCR and the feed efficiency of the female chickens from batches 3 and 4. The parameters of the distribution are shown as for Fig. 5.5.

kriteriet kan accepteres ved brug af skævhedsparameteren. Det her viste forhold er en væsentlig årsag til, at *fodereffektivitet* også inddrages i nærværende kapitel, fordi de genetisk/statistiske analyser forudsætter normalfordeling.

I diskussionen om foderudnyttelse i relation til tabel 5.7 og tilhørende figurer er alene fokuseret på foderudnyttelse til fast alder. Foderudnyttelse til fast vægt er ikke et almindeligt anvendt begreb i forbindelse med slagtekyllinger, men fortjener en vis opmærksomhed især i studiet af relationen til andre egenskaber, fordi den er gjort mere uafhængig af vækstevnen. Det valgte niveau (1200 g for haner og 1040 g levende vægt for høner) betyder, at ca. 3% af de langsomst voksende kyllinger er udeladt. Som det kan forventes, er foderudnyttelsen, beregnet på denne måde, lavere, og, hvad der er mere væsentligt, den relative variation er også reduceret.

Det sidst anførte udtryk for foderudnyttelse (tabel 5.7) er en fysiologisk mere korrekt måde at eliminere effekten af vægt på, således at dette tal alene er udtryk for foderomkostningerne ved den egentlige produktion af tilvækst uafhængigt af, hvilken vægt kyllingen har, og uafhængigt af, hvor lang tid der medgår. Metoden har desværre den indbyggede usikkerhed, at den empirisk fundne faktor for behov til vedligehold kun kan bestemmes på voksende dyr under faste; i forbindelse med studiet af sammenhængen mellem udnyttelse og kropsvævets sammensætning er der mulighed for nærmere at analysere dette forhold.

5.4.3 Kemisk sammensætning – ved 20 og 40 dages alder

Den kemiske sammensætning er bestemt på individuelle dyr, aflivet uden forudgående faste, og der blev draget omsorg for, at tab af blod, fjer og vanddampe var det mindst mulige, hvorfor de fundne analyseresultater er et udtryk for dyrenes kemiske sammensætning i aflivningsøjeblikket; sammensætningen er differentieret i vand, fedt og protein, der anføres som procent af vægten. I KAPITEL IV, afsnit 4.3, er givet en fuldstændig analyse af effekt af linier, køn og foder på den kemiske sammensætning af kyllinger ved ca. 1550 g i forbindelse med prøve 79-3 på Favrholm. Nærværende afsnit indskrænker sig derfor til en præsentation af 20-dage-gamle kyllingers kemiske sammensætning, svarende til en levende vægt på omkring 500 g, og af kyllinger efter et ophold i en periode på 19–23 dage i enkeltdyrbure; sidstnævnte data tjener endvidere formålet at blive relateret til foderforbrug.

I tabel 5.9 er foretaget en opstilling af de fundne resultater. Vand, fedt og protein udgør 97,0% af kyllingen med en tydelig tendens til lavere værdi for hold 2-kyllinger, fodret med lavt indhold af protein; resten udgøres af aske og kulhydrater, og sammenholdt med tabel 4.19 er der en rimelig god overensstemmelse, hvad angår denne rest.

Aldersmæssigt er der en tydelig markering af et lavere fedt- og proteinindhold ved den lavere alder, idet der for begge komponenters vedkommende sker

Tabel 5.9 Individuelt undersøgte kyllingers indhold af vand, fedt og protein i totalkylling, inklusiv blod og fjer.

Table 5.9 Number of chickens individually investigated for contents of water, fat, and protein at start and end of cage period. The mass examined included blood and feathers.

Hold Batch	Køn Sex	Linie Line	20 dage 20 days				39-41 dage*) 39-41*) days			
			N No.	Vand Water %	Fedt Fat %	Protein Protein %	N No.	Vand Water %	Fedt Fat %	Protein Protein %
1	1	66	4	69,46	11,34	16,87	7	67,62	10,98	18,71
1	2	66	4	68,60	11,59	17,00	9	64,10	15,15	18,16
1	1	68	3	70,22	9,23	17,28	7	67,31	10,78	19,13
1	2	68	3	71,03	9,30	16,84	5	66,63	12,52	18,56
2	1	66	4	64,96	17,34	14,98	8	63,02	16,21	17,32
2	2	66	4	66,25	16,57	14,63	7	61,90	17,52	17,14
2	1	68	4	68,37	13,04	15,56	8	64,59	14,80	17,38
2	2	68	3	67,68	14,05	14,94	8	62,56	16,70	17,60
3	1	67	5	70,12	9,98	16,62	10	68,73	10,22	18,25
3	2	67	3	69,98	10,18	16,79	12	66,89	12,10	18,12
3	1	68	5	67,92	11,75	17,66	12	68,48	10,45	18,16
3	2	68	3	67,75	12,00	17,50	10	66,88	12,19	18,00
4	1	67	4	72,03	8,02	16,14	12	68,07	10,76	18,50
4	2	67	4	71,69	8,92	15,87	12	65,82	13,52	18,14
4	1	68	4	70,61	9,18	16,64	12	68,57	10,40	18,22
4	2	68	4	69,84	10,38	16,59	12	66,78	12,29	18,31
Gns.	Hold 3 + 4				10,05	16,73			11,49	18,21
	Hold 1 + 2, linie 66				14,21	15,87			14,96	17,83
	Hold 1 + 2, linie 68				11,41	16,16			13,70	18,16
Average	Batch	line								

*) Hold 2 dog først ved 47 dages alder

*) Batch 2: at 47 days

en forøgelse på ca. 1,5 procentenheder eller relativt 14,3% fedt og 8,8% protein, og omregnet til energi: 11,6% mere energi i 40 dages kyllingen end i 20 dages kyllingen. Disse betragtninger gælder linierne 67 og 68, fodret med normalt foder. Når der gives foder med lavt indhold af protein (hold 2) ses, at fedningsgraden er høj allerede ved 20 dages alderen, og for linie 66, der genetisk er tilpasset et sådant foder, ses endda, at fedningsgraden er næsten identisk på de 2 alderstrin, medens linie 68-kyllinger viser det samme alderstrin, som hvis de fodres med et normalt foder.

I afsnit 4.3 er vist, at det totale fedtindhold lader sig beskrive gennem den relative mængde af bugfedt ($R^2 = 0,85$) ved hjælp af et andengradspolynomium. For at øge antallet af kyllinger med information om fedtningsgrad foretog man i holdene 3 og 4 et ganske betragteligt antal bestemmelser af bugfedtmængden;

Tabel 5.10 Bugfedt i procent af vægt før slagtning (B) og heraf beregnet totalt fedtindhold. ($T=4,63+5,37 \cdot B-0,42 \cdot B^2$).

Table 5.10 Abdominal fat as percentage of live weight (B) and total fat content (T) calculated through the equation ($T = 4.63 + 5.37 \cdot B - 0.42 \cdot B^2$).

Hold Batch	Linie Line	♂♂				♀♀			
		B			T	B			T
		N	$\bar{x}$	SD		N	$\bar{x}$	SD	
3	67	46	1,08	0,46	9,94	45	1,59	0,53	12,11
	68	48	1,10	0,44	10,02	48	1,63	0,55	12,26
4	67	77	0,98	0,40	9,49	84	1,66	0,54	12,39
	68	83	1,08	0,52	9,94	100	1,64	0,54	12,34

i tabel 5.10 er anført resultaterne samt omregning til totalt fedtindhold under benyttelse af den i afsnit 4.3 fundne ligning.

Becker (1978) fandt i sine undersøgelser af den lineære sammenhæng mellem mængden af bugfedt og kropsvægt, at intercept var signifikant negativt, hvorfor han advarede mod anvendelse af procentværdier i statistiske analyser, også fordi de ofte vil afvige fra normalfordelingen, og han anfører, at anvendelse af bugfedt-vægten, udjævnet med regression til samme levende vægt, er en langt bedre måde i statistiske undersøgelser at frigøre bugfedtmængden fra påvirkning af vægten. I nærværende undersøgelse gav den lineære regression af bugfedt på vægt ved slutningen af testperioden følgende prediktionsligninger:

$$\begin{aligned} \text{♂♂} \quad \text{Fedt}_{\text{g}} &= -0,40 + 0,0102 \cdot \text{Vægt}_{\text{g}} ; & s_b &= 0,0028 \\ \text{♀♀} \quad \text{Fedt}_{\text{g}} &= -0,81 + 0,0153 \cdot \text{Vægt}_{\text{g}} ; & s_b &= 0,0033 \end{aligned}$$

Regressionskoefficienterne er stærkt signifikante ($P < 0,0003$), medens intercept i intet tilfælde afviger signifikant fra nul.

5.4.4 Indre organers størrelse

For nærmere at undersøge, hvorvidt størrelsen af de indre organer kan have nogen indflydelse på den effektivitet, med hvilken foderet omsættes til tilvækst, blev der fra 3. og 4. hold foretaget måling og vejning af hjerte, lever og fordøjelseskanaal med de i afsnit 5.3 beskrevne metoder på ialt 487 kyllinger. På det, der slagteriteknisk betegnes indmad + tarmsæt, og som ud over de 3 nævnte organer omfatter kro, kråse, ca. $\frac{1}{2}$ spiserør, blindtarms og bugfedt, er der foretaget vægtbestemmelse. Den på linie 68 foretagne selektion har, sammenlignet med linie 67, et islet af effektivitet; og med nærværende undersøgelse er der skabt grundlag for at drage sammenligninger mellem disse linier, hvad angår netop dette forhold.

Den aktuelle vægt af hjerte og lever samt længden af tyndtarm er anført i ta-

Tabel 5.11 Indre organers størrelse ved en alder af 40 dage. Gennemsnit og standardafvigelse.

Table 5.11 Size of internal organs at of 40 days. Length of intestine, weight of heart, and weight of liver given as results recorded as well as relative to body weight.

Linie <i>Line</i>	Køn <i>Sex</i>	Antal <i>Nos.</i>	Para- meter <i>Param.</i>	Absolutte mål <i>Registered Units</i>			Relativt til kropvægt <i>Related to body weight</i>			
				Tarmlg. cm <i>Intestine length</i>	Hjerte g <i>Heart</i>	Lever g <i>Liver</i>	Tarmlg. cm/dg ^{0.75} <i>Intestine length</i>	Hjerte % <i>Heart</i>	Lever % <i>Liver</i>	Indmad + tarmsæt % <i>Giblets + intestine set</i>
67	♂♂	113	$\bar{x}$	132	8,7	33,5	2,95	0,54	2,09	11,51
			SD	10,6	1,4	3,7	0,29	0,09	0,21	1,37
67	♀♀	117	$\bar{x}$	124	7,4	30,4	2,99	0,51	2,11	11,99
			SD	9,4	1,1	3,4	0,25	0,07	0,22	1,11
68	♂♂	119	$\bar{x}$	133	8,6	33,7	2,93	0,52	2,08	11,14
			SD	13,0	1,3	4,1	0,29	0,08	0,21	1,38
68	♀♀	138	$\bar{x}$	122	7,2	29,5	2,98	0,51	2,09	12,35
			SD	10,8	1,1	3,2	0,23	0,07	0,17	0,98

bel 5.11; endvidere de 2 førstnævnte organers vægt samt indmad + tarmsæt, sat i relation til vægten. Tyndtarmens længde er relateret til kropvægt på følgende måde:

$$L = L'/V^{0.75};$$

hvor L' = længde af tyndtarm i cm

V = kropvægt i decagram før slagtning.

Kyllingernes alder ved slagtning var, som det fremgår af tabel 5.2, 39 dage i hold 3 og 41 dage i hold 4. Denne alderseffekt er der i tabel 5.11 taget højde for ved simpelt gennemsnit af de 2 hold, hvorefter de anførte værdier repræsenterer, hvad der vil være gældende for 40 dages kyllinger med en levendevægt på 1500 g.

De forskelle på absolutte mål, der kan påvises, følger i store træk vægten, men, som det kan ses i højre halvdel af tabel 5.11, når de forskellige mål relateres til vægten, er der en tendens til en kønsforskel. Ved statistisk analyse af modellen:

$$J_{ijk} = \mu + L_i + K_j + e_{ijk}; \quad (5.1)$$

hvor J_{ijk} = organstørrelse relativt til kropvægt for det k^{te} individ i den i^{te} linie og det j^{te} køn

L_i = effekt af linie (67 og 68)

K_j = effekt af køn

e_{ijk} = uforklaret rest.

Ved hjælp af en LS-analyse (SAS, 1979) fandtes de i tabel 5.12 viste F-værdier. Hjertets vægt er, relativt til kropsvægten, signifikant større for haneekyllinger, medens høneekyllinger har signifikant mere indmad + tarmsæt samt en »næsten« signifikant længere tyndtarm, relateret til den metaboliske vægt (vægt^{0.75}). Der er i intet tilfælde antydning af en forskel på de to linier.

Tabel 5.12 Variansanalyse af effekt af linier (67 og 68) og køn på indre organers relative størrelse (%).

Table 5.12 Analysis of variance regarding the effect of line and sex on the relative size of internal organs.

Årsag Source*)	Fr DF	Tarmlængde <i>Length of intestine</i>			Hjerte <i>Heart</i>			Lever <i>Liver</i>		
		MS	F	P	MS	F	P	MS	F	P
Linie	1	$5,13 \times 10^{-2}$	0,71	0,3992	$1,44 \times 10^{-3}$	0,19	0,6600	$3,44 \times 10^{-2}$	0,75	0,3878
Køn	1	$2,30 \times 10^{-1}$	3,19	0,0748	$5,47 \times 10^{-2}$	7,33	0,0070	$2,88 \times 10^{-2}$	0,63	0,4293
Rest	484	$7,21 \times 10^{-2}$			$7,47 \times 10^{-3}$			$4,60 \times 10^{-2}$		
<i>Indmad + tarmsæt GIBLETS + intestine set</i>										
Linie	1	$3,29 \times 10^0$	2,09	0,1486						
Køn	1	$5,63 \times 10^1$	35,79	0,0001						
Rest	484	$1,57 \times 10^0$								

*) See Table 5.15 for translation

Med henblik på nærmere at undersøge kropsvægtens indflydelse på organernes absolutte mål blev gennemført en statistisk analyse af følgende model:

$$J_{jk} = \mu + K_j + b_j \cdot V_k + e_{jk}; \quad (5.2)$$

hvor b_j = lineær regression af organstørrelse på kropsvægt i det j^{te} køn

V_k = vægt umiddelbart før slagtning af den k^{te} kylling

J_{jk} = organstørrelse (absolut) for det k^{te} individ og j^{te} køn

Øvrige symboler som for (5.1).

Såvel levervægten som længden af tyndtarm har et stærkt positivt intercept; det kan fortolkes således, at udviklingen af disse organer ikke løber parallelt med den generelle udvikling af dyret, men at disse to organer i de tidligste faser af udviklingen har en langt hurtigere vækst end på senere tidspunkter (tabel 5.13).

Det er velkendt, at slagteudbyttet stiger med alderen, og at denne stigning skyldes, at den relative vægt af tarmsæt + indmad formindskes med alderen. Dette forhold bidrager også til det anførte, som dog alene er baseret på vurdering af 40 dage gamle kyllinger. Som ventet, påvirker vægten alle 3 organer me-

Tabel 5.13 Statistisk analyse af vægtens indflydelse (g) på indre organers størrelse ved en alder af 40 dage med anvendelse af ligning (5.2).

Signifikansniveau: a<0,05; b<0,01; c<0,001; d<0,0001.

Table 5.13 Statistical analysis, by use of equation (5.2), of the influence of body weight on the size of internal organs at 40 days.

Levels of significance: a<0.05; b<0.01; c<0.001; d<0.0001.

Egenskab	Køn	μ^{**}	s_{μ}	K^*	s_k	b^{**}	s_b	R^2
Lever, g	♂♂	13,71 ^d	3,19	0,04	4,47	0,0131 ^d	0,0019	0,20
	♀♀	13,71 ^d	3,19	-0,04	4,47	0,0124 ^d	0,0022	
Hjerte, g	♂♂	0,474	0,862	0,57	1,21	0,00428 ^d	0,00052	0,16
	♀♀	0,474	0,862	-0,57	1,21	0,00475 ^d	0,00060	
Tarmlængden, cm	♂♂	72,07 ^d	6,65	10,20 ^a	9,28	0,0249 ^d	0,00399	0,30
	♀♀	72,07 ^d	6,65	-10,20 ^a	9,29	0,0356 ^d	0,00464	

*) Testhypotesen: $K_{\sigma} = K_{\phi}$,
(hypothesis)

**) Testhypotesen: $\mu = 0$; $b = 0$
(hypothesis)

get stærkt og, som det fremgår af højre kolonne, forklarer den anvendte model fra 16 til 30% af den totale individuelle variation.

Fedtsyntesen er knyttet til leveren; man kunne derfor forestille sig, at fede kyllinger havde en relativ større lever, enten denne fedme var genetisk betinget (linie 66) eller skyldtes det tildelte foder (lavt protein). Undersøgelser af leverens størrelse på kyllinger fra 1. og 2. hold viser, at denne hypotese kan anes, når linier sammenlignes; men det beskedne antal kyllinger kan ikke mobilisere en signifikant større relativ levervægt i linie 66 (tabel 5.14). Gennemgang af tabellen viser, at blandt de 4 mulige sammenligninger har linie 66-kyllinger fra 0,10 til 0,17 procentenheder større lever end linie 68-kyllinger. Sammenligninger mellem 1. og 2. hold viser, at 2. hold har en tendens til mindre lever, hvilket er i direkte modstrid med det forventede, da 2. hold har en klar tendens til større fedtaflejring som følge af foder (tabel 5.9); dette 2. hold var ganske vist

Tabel 5.14 Levervægt, relativ til kropvægt, på kyllinger, aflivet ved 42 dage (hold 1) og 47 dage (hold 2).

Table 5.14 Weight of liver relative to body weight in chickens killed by cervical dislocation at 42 d (batch 1) and 47 d (batch 2).

Linie Line	Hold Batch	♂♂			♀♀		
		N	$\bar{X}, \%$	SD	N	$\bar{X}, \%$	SD
66	1	7	3,12	0,47	9	3,14	0,45
68	1	7	2,96	0,29	5	3,02	0,30
66	2	8	2,69	0,37	7	2,87	0,15
68	2	8	2,59	0,37	8	2,70	0,30

5 dage ældre, men havde samme gennemsnitsvægt som 1. hold, og det må derfor fastslås, at foder, der udløser større fedtaflejring, ikke påvirker leverens størrelse i opadgående retning.

Dette aspekt vedrørende en eventuel genetisk betinget forskel på leverstørrelse, affødt af selektionsmiljøet, blev yderligere undersøgt i et efterfølgende eksperiment. Forsøgsplanen herfor er beskrevet i afsnit 4.1.2. under beskrivelsen af afprøvninger i »9«. generation.

I alt 75 kyllinger fra den del af eksperimentet, der var opdrættet under rationeret tildeling af et normalt slagtekyllingefoder, blev ved slagtingen specielt behandlet med henblik på bestemmelse af levervægt og bugfedt. Blandt 40 kyllinger fra linie 66 udgjorde leveren 3,13% af totalvægten, medens der blandt 35 kyllinger, fordelt over de 2 øvrige linier, fandtes, at leveren udgjorde 2,91%.

Tabel 5.15 Variansanalyse af effekt af linie og køn på levervægt og bugfedt, relativ til kropsvægt, på kyllinger, opdrættet under rationeret fodertildeling.

Table 5.15 Analysis of variance for effect of line and sex on liver weight and abdominal fat weight as relative to body weight. During rearing the food was restricted to 70% of anticipated ad libitum intake.

Årsag Source	Fr DF	Lever Liver			Bugfedt Abdominal fat		
		MS	F	P	MS	F	P
Linie Line	2	$9,71 \times 10^{-1}$	7,81	0,0009	$5,10 \times 10^{-2}$	0,24	0,7895
Køn Sex	1	$6,27 \times 10^{-3}$	0,10	0,7518	$1,62 \times 10^{-1}$	1,51	0,2239
Rest Residual	74	$6,22 \times 10^{-2}$			$1,07 \times 10^{-1}$		

En efterfølgende statistisk analyse af effekten af linie og køn på såvel lever som bugfedt på grundlag af ligning (5.1) gav de i tabel 5.15 viste resultater. Det fremgår, at under forhold, hvor fedtningsgraden er meget lille (bugfedt mindre end 0,5%), har linie 66 en signifikant større lever end de øvrige linier; ca. 2/3 af disse levere blev underkastet kemisk analyse vedrørende indhold af vand, protein og fedt og gav følgende resultat:

Linie	N	Vand, %	Protein, %	Fedt, %
66	25	$70,26 \pm 0,17$	$23,07 \pm 0,24$	$4,71 \pm 0,18$
67	10	$70,19 \pm 0,48$	$22,40 \pm 0,56$	$5,62 \pm 0,57$
68	22	$69,54 \pm 0,25$	$22,28 \pm 0,26$	$6,13 \pm 0,26$

Indholdet af fedt i lever fra linie 66 er signifikant mindre end i de øvrige linier. Det må således konkluderes, at linie 66 afviger fra de to øvrige linier i det for-

hold, at leveren udgør en relativ større andel, og at denne andel ikke skyldes fedtlever, men er et reelt udtryk for mere levervæv.

5.4.5 Slagtekvalitet

I dette afsnit anføres gennemsnit af resultater fra partering af 177 kyllinger, hidrørende fra hold 4, fordelt på linierne 67 og 68 og på begge køn; parteringsmetoder er detaljeret beskrevet i afsnit 4.2, hvor også er beskrevet, hvorledes de enkelte linier divergerer.

I tabel 5.16 er anført gennemsnit og standardafvigelser for hvert køn og hver linie vedrørende de 4 parteringsandele; rest inkluderer i denne undersøgelse hals, halsskind og skrog.

Tabel 5.16 Parteringsresultater, angivet som procentandel af eviscereret kylling, (inklusive hals og halsskind), for kyllinger, hørende til hold 4.

Table 5.16 Results of cutting the chickens into 5 parts. Stated as percentage of weight of eviscerated chicken (including neck and neck skin).

Linie Line	Køn Sex	Parameter Parameter	Brystfilet Breast	Underlår Drumstick	Overlår Thigh	Vinge Wing
67	1	$\bar{X}$	19,36	14,61	21,59	12,35
		SD	1,56	0,61	1,10	0,62
	2	$\bar{X}$	19,22	13,68	22,07	12,17
		SD	2,04	0,75	1,07	0,64
68	1	$\bar{X}$	18,79	14,88	21,41	12,36
		SD	1,50	0,64	1,07	0,54
	2	$\bar{X}$	19,35	13,63	21,86	12,10
		SD	1,92	0,74	1,48	0,73

5.5 Samvariation mellem foderoptagelse og mål og vægt på kyllingen

Den simpleste måde at beskrive en samvariation på er at benytte korrelationen, der i ét tal angiver kvadratroden af den proportion af variationen i 2 egenskaber, der er fælles for dem. Produktmomentkorrelationen er anvendt i tilfælde, hvor de 2 egenskaber er rimeligt normalfordelt, og ellers anvendes rank-korrelationen.

5.5.1 Korrelationer mellem FE og daglig foderoptagelse og -tilvækst

De 3 udtryk for fodereffektivitet, anført i afsnit 5.4.2, er korreleret til daglig foderoptagelse, som den defineres i tilknytning til tabel 5.4, for alle 5 delperioder og den tilsvarende egenskab »daglig tilvækst«, præsenteret i tabel 5.3; resultaterne af denne korrelationsanalyse er anført i tabel 5.17. Det er vel dokumenteret, at fodereffektivitet er rimeligt normalfordelt (fig. 5.6 og fig. 5.7), og tilsvarende fordelinger er fundet for daglig tilvækst og daglig foderoptagelse.

Tabel 5.17 Produkt-moment-korrelation mellem fodereffektivitet og daglig foderoptagelse og daglig tilvækst.

Signifikansniveau som for tabel 5.13.

Table 5.17 Product-moment correlations between feed efficiency and daily gain, and daily feed intake.

Levels of significance as for table 5.13.

Hold Batch	Egenskab Trait	$\sigma\sigma$			$\varphi\varphi$		
		FE _A	FE _V	FE _{Ved}	FE _A	FE _V	FE _{Ved}
	D. tilvækst						
	D. gain						
1		0,65 ^d	0,49 ^d	0,19 ^b	0,51 ^d	0,42 ^d	-0,01
2		0,44 ^d	0,55 ^d	0,19 ^b	0,39 ^d	0,41 ^d	0,08
3		0,64 ^d	0,45 ^d	0,38 ^d	0,67 ^d	0,57 ^d	0,43 ^d
4		0,66 ^d	0,58 ^d	0,45 ^d	0,52 ^d	0,54 ^d	0,25 ^d
	D. foderoptagelse						
	D. feed intake						
1		0,13 ^a	-0,02	-0,34 ^d	0,04	0,02	-0,44 ^d
2		0,02	0,15 ^a	-0,21 ^b	-0,04	0,04	-0,33 ^d
3		0,17 ^b	-0,03	-0,08	0,22 ^c	0,09	-0,03
4		0,13 ^b	0,06	-0,10	0,01	0,04	-0,27 ^d

Som det kunne forventes, er der en stærk positiv sammenhæng mellem tilvækst og effektivitet til konstant alder og en næsten lige så sikker sammenhæng med fodereffektivitet, beregnet til samme vægt (FE_V), hvilket er helt naturligt, fordi større tilvækst er ensbetydende med mindre foder til vedligehold.

Det bør understreges, at i det tilfælde, hvor vedligeholdelsesandelen af foderet er fjernet før beregning af effektivitet (FE_{Ved}), viser dette mål også en overvejende positiv sammenhæng med daglig tilvækst; forklaringen herpå er enten, at vedligeholdelsesandelen ikke er fuldstændig fjernet eller også, at de hurtigst voksende dyr anvender mindre foder pr. g aflejret væv. Sidstnævnte mulighed er næsten identisk med mindre aflejring af fedt, og dette forhold vil blive belyst senere i afsnit 5.5.

Daglig foderoptagelse viser ingen eller kun en svag positiv sammenhæng med de 2 første udtryk for fodereffektivitet, men derimod en signifikant negativ sammenhæng med FE_{Ved}. Disse relationer kan forklares ved at betragte FE_A (og FE_V) som værende under påvirkning af, dels vækstevne, dels sammensætning af det aflejlrede væv; her vides, at øget vækstevne er positivt korreleret med effektivitet, men også med daglig foderoptagelse. Med hensyn til sammensætningen af det aflejlrede væv er det sådan, at større fedtaflejring kræver mere energi pr. g aflejret væv, og det forringer effektiviteten, men forøger kravet til daglig foderoptagelse, og hermed er ringen sluttet, fordi FE_{Ved} er frigjort for virkningen af vækstevne.

5.5.2 Korrelationer mellem FE og daglig foderoptagelse samt organstørrelse og bugfedtmængde

Fordelingen af organstørrelse viser, at vurderet under anvendelse af skævheds- og kurtosis parametrene, er der ingen alvorlige afvigelser fra en normalfordeling, og det samme gælder for mængden af bugfedt.

Resultaterne af korrelationsberegningerne er anført i tabel 5.18, og det skal pointeres, at såvel organstørrelse som bugfedt er korrigeret for indflydelse af levende vægt under anvendelse af de regressionskoefficienter, der er anført i tabel 5.13 og under afsnit 5.4.3.

Tabel 5.18 Produkt-moment korrelation mellem henholdsvis fodereffektivitet og daglig foderoptagelse og indre organers størrelse, korrigeret for effekt af vægt.

Signifikansniveau som for tabel 5.13.

Table 5.18 Product-moment correlations between feed efficiency and daily feed intake and size of internal organs corrected for effect of body weight.

Level of significance as for table 5.13.

Køn Sex	Egenskab Trait	FE _A	FE _V	FE _{Ved}	D. foderoptagel. D. feed intake
♂♂	Hjerte Heart, g	-0,24 ^c	-0,17 ^b	-0,36 ^d	0,05
♀♀	—	-0,17 ^b	-0,13 ^b	-0,29 ^d	0,01
♂♂	Lever Liver, g	0,03	0,00	0,01	0,08
♀♀	—	-0,03	0,04	-0,03	0,14 ^a
♂♂	Tarmlæng. Intestine, cm	0,02	0,07	0,05	-0,01
♀♀	—	0,03	0,10	0,03	-0,01
♂♂	Bugfedt Abdominal fat, g	-0,17 ^b	-0,26 ^d	-0,22 ^c	0,22 ^c
♀♀	—	-0,30 ^d	-0,31 ^d	-0,32 ^d	0,20 ^d

Vægt af hjertet synes at have en negativ effekt på effektiviteten; uden at kunne dokumentere det med kemiske analyser er der meget, der tyder på, at denne effekt alene skyldes aflejring af en del fedt på hjertet.

Hverken vægt af lever eller længde af tyndtarm øver nogen form for indflydelse på effektiviteten i omsætning af foder, og det samme gør sig gældende for foderoptagelseskapaleteten; dermed være ikke sagt, at de 2 organer ikke øver nogen indflydelse, men det er i så tilfælde gennem andre karakteristika, der ikke berører vægt af lever og længde af tyndtarm. Korrektionen til samme vægt har nok fjernet noget af variationen, men variationskoefficienterne er dog alligevel 15,6 og 7,9% for henholdsvis levervægt og tyndtarmslængde, hvilket eksempelvis betyder, at i 95% konfidensintervallet varierer tyndtarmens længde mellem 107 cm og 147 cm, medens de tilsvarende tal for vægt af lever er 23 g og 43 g.

Bugfedt viser en meget overbevisende negativ sammenhæng med effektivitet, hvilket supplerer de overvejelser, der fandt sted i forrige afsnit. At korrelationen er højere for hønekyllinger end for hanekyllinger skyldes højst sandsynlig alene det forhold, at førstnævnte køn har en større aflejring af fedt.

5.5.3 Generel vurdering af egenskaber med indflydelse på FE

Blandt de i dette kapitel undersøgte egenskaber synes der at være en særlig interesse i nærmere at klarlægge relationerne mellem fedningsgrad, vækst og foderoptagelse, samt hvorledes disse indbyrdes influerer på effektiviteten i omsætning af foder til kød; den generelle model herfor har følgende udseende:

$$FE_{ij} = \mu + K_j + b_1 \cdot D_{ij} + b_2 \cdot DFO_{ij} + b_3 \cdot Fedt_{ij} + e_{ij} \quad (5.3)$$

hvor FE_{ij} = er et af de 3 udtryk for fodereffektivitet, defineret i afsnit 5.4.2, for det i^{te} dyr i det j^{te} køn

K_j = effekt af det j^{te} køn

D_{ij} = daglig tilvækst af det i^{te} dyr i det j^{te} køn

DFO_{ij} = daglig foderoptagelse for det i^{te} dyr i det j^{te} køn

$Fedt_{ij}$ = bugfedt, g, korrigeret for vægt, fundet i det i^{te} dyr fra det j^{te} køn

e_{ij} = uforklaret rest

Denne model er anvendt i holdene 3 og 4 uden at inddrage effekt heraf eller af linie, idet begge har beskedne effekter på FE; de få dyr med information om bugfedt fra holdene 1 + 2 er udeladt.

Statistisk varians-kovariansanalyse er gennemført ved hjælp af »least square«-metoden (SAS, 1979). Resultaterne af denne analyse er præsenteret i tabel 5.19, og heraf fremgår, at effektivitet til en fast alder næsten er fuldstændigt determineret med model (5.3), hvilket også var at forvente, da FE_A opstår fra proportionen af tilvækst og foderoptagelse. De to øvrige mål for fodereffektivitet er på forskellig måde delvis frigjort fra den nævnte proportion, og det giver nogen nedgang i determinering af modellen ($R^2_{FEV} = 0,77$; $R^2_{FEVed} = 0,92$), og det er i begge tilfælde så meget, at der også bliver plads for fedningsgraden til at få en signifikant indflydelse, sådan som det kunne forventes i følge de simple korrelationer (tabel 5.18). Der er en systemtisk forskel på køn, hvad angår størrelsesorden af regressionskoefficienterne, idet hønekyllinger har en numerisk højere værdi. Dette forhold lader sig forklare ved, at hønekyllinger generelt har en mindre variation, hvad angår vækstevne, end hanekyllinger.

De enkelte regressionskoefficienter er bundet af den eksisterende variation, hvorfor de estimerede værdier ikke siger meget om, med hvilken andel de enkelte regressionsled bidrager til den samlede determinering af fodereffektivitet. Path-koefficientprincippet, således som det fremstillede af Wright (1921)

Tabel 5.19 Statistisk analyse af model (5.3) Signifikansniveau som for tabel 5.13.
Table 5.19 Statistical analysis according to model (5.3) Level of significance as for Table 5.13.

A Variansanalyse Analysis of variances

Årsag Source	DF	FE _{alder} FE _{age}			FE _{vægt} FE _{weight}			FE _{vedligehold} FE _{maintenance}		
		MS	F	P	MS	F	P	MS	F	P
Køn Sex	1	$1,79 \times 10^{-4}$	16,97	0,0001	$8,00 \times 10^{-4}$	2,47	0,1165	$4,05 \times 10^{-4}$	1,47	0,2286
Daglig tilvækst, g Daily gain	2	$1,78 \times 10^{-1}$	16830,05	0,0001	$2,18 \times 10^{-1}$	674,00	0,0001	$3,54 \times 10^{-1}$	1270,40	0,0001
Daglig foderopt., g Daily feed intake	2	$1,04 \times 10^{-1}$	9841,88	0,0001	$1,08 \times 10^{-1}$	333,31	0,0001	$4,59 \times 10^{-1}$	1647,67	0,0001
Fedt, g Abdominal fat	2	$1,56 \times 10^{-5}$	1,47	0,2316	$3,80 \times 10^{-3}$	11,74	0,0001	$1,47 \times 10^{-3}$	5,26	0,0056
Rest Residual	384	$1,06 \times 10^{-5}$			$3,23 \times 10^{-4}$			$1,79 \times 10^{-4}$		

B Estimerede regressionsparametre Estimated regression parameters

	Køn Sex	μ	k	b_1	b_2	b_3	R ²
FE _{alder}	♂♂	0,451 ^d	0,0078 ^b	$9,34^d \times 10^{-3}$	$-4,35^d \times 10^{-3}$	$-4,14 \times 10^{-5}$	0,991
FE _{age}	♀♀	0,451 ^d	-0,0078 ^b	$9,78^d \times 10^{-3}$	$-4,41^d \times 10^{-3}$	$3,79 \times 10^{-5}$	
FE _{vægt}	♂♂	0,420 ^d	0,0140	$8,55^d \times 10^{-3}$	$-3,53^d \times 10^{-3}$	$-6,42^d \times 10^{-4}$	0,768
FE _{weight}	♀♀	0,420 ^d	-0,0140	$9,82^d \times 10^{-3}$	$-3,79^d \times 10^{-3}$	$-3,73^b \times 10^{-4}$	
FE _{vedligehold}	♂♂	0,769 ^d	0,0118	$1,49^d \times 10^{-2}$	$-7,97 \times 10^{-3}$	$-4,73^b \times 10^{-4}$	0,918
FE _{maintenance}	♀♀	0,769 ^d	-0,0118	$1,57^d \times 10^{-2}$	$-8,17 \times 10^{-3}$	$-2,70 \times 10^{-4}$	

og senere forklaredes af Li (1975), er et fortrinligt værktøj til anskueliggørelse af den styrke, hvormed de enkelte regressionsled bidrager til den samlede determinering. I fig. 5.8 er der fremstillet 6 path-diagrammer, svarende til den i tabel 5.19 opstillede koefficientmatriks.

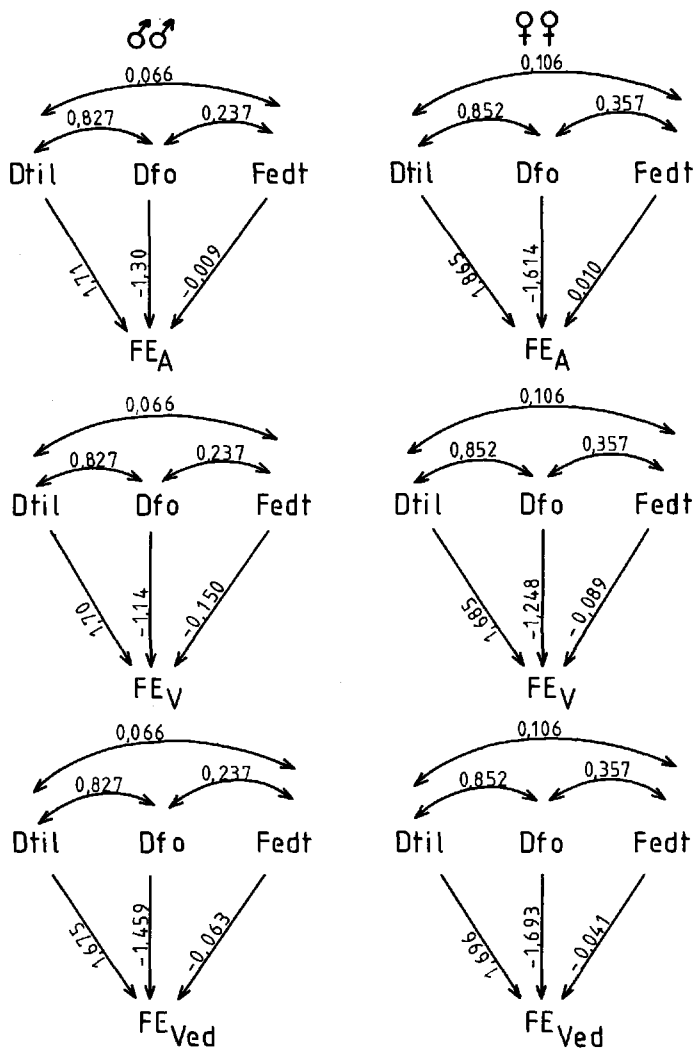


Fig. 5.8 Pathdiagram af årsag/virkningsforholdet for fodereffektivitet, angivet på 3 måder på daglig tilvækst, daglig foderoptagelse og indhold af bugfedt for de to køn.

Path diagram of feed efficiency given in three ways as dependent on daily gain, daily feed intake and fat content for both sexes.

Kort skitseret gælder det, at tallene, knyttet til en dobbelthovedet pil, er produktmoment-korrelationen mellem de to variable, der peges på, hvorimod en enkelthovedet pil er den såkaldte path-koefficient, der er retningsbestemt, og udtrykker kvadratroden af den andel af variationen i den afhængige variable, der er bestemt af den pågældende årsag, når de øvrige årsagskilder holdes konstant. Det skal bemærkes, at en path-koefficient kan være såvel negativ som positiv. Path-koefficienter kan beregnes fra en almindelig multiple regressionsligning ved at normere alle variable ($\hat{x} = (x - \bar{x}) / s_x$).

Lad a, b og c symbolisere de 3 path-koefficienter, og da gælder, at determineringen af variation i den afhængigt variable er:

$$R^2 = a^2 + b^2 + c^2 + 2abr_{ab} + 2acr_{ac} + 2bcr_{bc}$$

Metoden har visse tillempninger, som gør, at determineringen godt kan overstige 1.

Daglig tilvækst har den største direkte effekt på foderudnyttelse – dog med daglig foderoptagelse med en næsten lige så høj indflydelse. Fedt har i forhold hertil en meget ringe direkte indflydelse, men har via foderoptagelsen en indflydelse. Hvad angår foderudnyttelse til fast vægt (FE_v), bidrager fedt direkte med 2% til den samlede determinering, men også via de to øvrige led med yderligere ca. 5%.

Som en slutning på dette afsnit skal anføres resultatet af analyser af fedtfraktionens afhængighed af foder, linie, køn og vægt. Sådanne statistiske analyser blev gennemført for de 3 førstnævnte effekters vedkommende i KAPITEL IV, men da kyllingerne blev aflivet ved samme vægt, var der ingen mulighed for at analysere vægtens indflydelse på fedtningsgraden. Den gruppe af kyllinger, der danner grundlag for diskussion i dette kapitel, blev aflivet ved en alder af 39–42 dage bortset fra hold 2, der blev fodret med et lav-proteinfoder og først aflivet ved en alder af 47 dage (jfr. tabel 5.1), og der er på intet tidspunkt sigtet mod at nå en given vægt.

Den statistiske model, der anvendtes til analysen, var:

$$J_{ijkl} = \mu + B_i + L_j + S_k + b \cdot \text{vægt}_{ijkl} + e_{ijkl};$$

hvor J_{ijkl} = mængde af bugfedt eller % totalfedt

B_i = effekt af det i^{te} foder; $i = 1$ og 2

L_j = effekt af den j^{te} linie; $j = 66, 67$ og 68

S_k = effekt af det k^{te} køn; $k = 1$ og 2

b = regression af fedt på vægt;

vægt_{ijkl} = vægt ved aflivning;

e_{ijkl} = uforklaret rest for en kylling, fodret med det i^{te} foder, hørende til den j^{te} linie og det k^{te} køn.

I tabel 5.20 er anført resultatet af en variansanalyse på foran anførte model.

Tabel 5.20 Statistisk analyse af effekten af foder, linie, køn og vægt på henholdsvis mængden af bugfedt og procent totalfedt for kyllinger, holdt i bure.

Table 5.20 Statistical analysis of the effect of diet, line, sex, and body weight on amount of abdominal fat and percentage of total fat for chickens kept in cages.

Variansanalyse Analysis of variances

Årsag Source	DF	Bugfedt Abdominal fat			Totalfedt Total amount of fat		
		MS	F	P	MS	F	P
Foder Diet	1	$8,82 \times 10^3$	144,4	0,0001	$2,85 \times 10^2$	109,8	0,0001
Linie Line	2	$4,49 \times 10^2$	7,35	0,0007	$2,41 \times 10^1$	9,2	0,0002
Køn Sex	1	$5,67 \times 10^3$	92,8	0,0001	$9,07 \times 10^1$	34,9	0,0001
Vægt Weight	1	$2,08 \times 10^3$	34,1	0,0001	$5,42 \times 10^{-2}$	0,0	0,8855
Rest Residual	635*)	$6,11 \times 10^1$			$2,60 \times 10^0$		

*) for totalfedt DF = 145 ;for total fat DF = 145 .

De estimerede regressionskoefficienter af fedt på vægt ved aflivning var:

	b	s_b
Bugfedtmængde:	0,0128	0,0022
Totalfedt:	0,00019	0,00136

Den estimerede regression for bugfedtmængde svarer nøje til det tidligere fundne (afsnit 5.4.3), hvilket også skulle være tilfældet, da det er de samme kyllinger, der anvendes. Det væsentligste resultat er imidlertid, at når kyllingens fedtindhold udtrykkes som procent, er der overhovedet ingen sammenhæng med vægt, og dette forhold støtter ikke den hypotese, der blev givet i afsnit 5.5.1, at de hurtigst voksende dyr forbruger mindre foder pr. g aflejret væv, når vedligeholdelsesandelen er fratrullet. De øvrige, stærkt signifikante effekter, fundet i analysen, er fuldstændig på linie med, hvad der blev fundet i KAPITEL IV, og kræver derfor ingen yderligere bemærkninger.

5.6 Genetiske parametre

En væsentlig opgave i nærværende kapitel er at vurdere, i hvilket omfang de specielle, målte egenskaber har en arvelig baggrund, samt hvordan de genetisk er korreleret med hverandre. Statistiske analyser af den art, der er nødvendig

at gennemføre, kræver et betydeligt antal individer for at give rimelig sikre parameterestimater, derfor vil de egenskaber, der inddrages, være følgende:

DT	=	Daglig tilvækst (1.-5. periode)	}	Afsnit 5.4.1
DFO	=	Daglig foderoptagelse (1.-5. periode)		
FE _A	=	Fodereffektivitet til fast alder	}	Afsnit 5.4.2
FE _V	=	Fodereffektivitet til fast vægt		
FE _{Ved}	=	Fodereffektivitet, renset for effekt af vægt		
Fedt	=	Bugfedt, korrigeret for vægt		Afsnit 5.4.3
Tarm	=	Længde af tyndtarm, korrigeret for vægt	}	Afsnit 5.4.4
Lever	=	Vægt af lever, korrigeret for vægt		
Hjerte	=	Vægt af hjerte, korrigeret for vægt		

De 5 førstnævnte egenskaber er repræsenteret med fuldstændige registreringer på 1.835 kyllinger, fordelt på alle 4 hold; de resterende 4 egenskaber er repræsenteret i 3. og 4. hold med ca. 500 kyllinger. De 450 kyllinger fra hold 2 er analyseret adskilt fra det øvrige materiale, da der tidligere har vist sig betydelig vekselvirkning mellem vækstevne og det fodermiljø, der blev anvendt i henholdsvis 1. og 2. hold.

Ydermere blev det fundet, at 1. hold på forskellig måde havde været udsat for stress, så de genetiske effekter meget vel kunne tænkes påvirket heraf; de statistiske analyser gennemføres derfor i 3 populationer, idet 3. og 4. hold slås sammen, da der ikke beregnes separate estimater for de enkelte linier og køn.

Estimering af vekselvirkning mellem genotype og driftform for vækstevne kan gennemføres i linie 67 for holdene 3 + 4, opdrættet i bure, og rugning 2 og 6, opdrættet under ordinære gulvforhold.

5.6.1 Statistiske modeller

De to første hold er afkom efter forældrene til 6. generation af det i KAPITEL III beskrevne selektionsforsøg, medens holdene 3 og 4 på samme måde tilhører 7. generation.

I hver af de to generationer blev til første hold anvendt én avlshane til 8-10 avlshøner, hvorefter avlshanen blev udskiftet, inden rugeæg til næste hold indsamledes. Denne parringsstruktur betyder, at en konventionel hierakisk model ikke kan anvendes. Op imod 30% af rugeæggene hidrører fra høner, der lagde deres æg på gulvet uden for kontrolreden; ved beregning af moreffekt er det derfor nødvendigt at udelade disse.

Estimering af h^2 og r_{A1A2} på grundlag af far- og moreffekter er foretaget ved hjælp af »least square«-analyse af følgende modeller:

$$\text{FAR: } y_{ijkl} = \mu + S_k + LH_i + F_{ij} + e_{ijkl} \quad (5.4)$$

$$\text{MOR: } y_{ijklm} = \mu + S_k + L_m + H_i + M_{mj} + e_{ijklm} \quad (5.5)$$

hvor: y = afhængig variabel

S_k = fast effekt af det k^{te} køn

LH_i = fast effekt af den i^{te} linie $\times$ holdkombination

F_{ij} = tilfældig effekt af den j^{te} far inden for den i^{te} linie $\times$ holdkombination

L_m = fast effekt af den m^{te} linie

H_i = fast effekt af det i^{te} hold

M_{mj} = tilfældig effekt af den j^{te} mor inden for den m^{te} linie

Den videre fortolkning er, som anført i afsnit 3.6.1, idet dog korrektion for selektion blandt fædre og mødre er anset at være unødvendig, da de egenskaber, der her betragtes, ikke forventes at være stærkt korreleret med vægt ved 6 uger bortset fra daglig tilvækst.

Estimering af vekselvirkningskomponenten og den deraf afledede beregning af genetisk korrelation mellem 6-ugers-vægt på gulf og i bure er gennemført, som beskrevet i afsnit 4.1.1; der er benyttet såvel interaktionsmetoden som kovariansmetoden.

Følgende modeller er anvendt:

Interaktionsmetoden

$$y_{ijkl} = \mu + S_k + D_i + P_j + D \times P_{ij} + e_{ijkl} ; \quad (5.6)$$

hvor S_k = fast effekt af det k^{te} køn

D_i = fast effekt af den i^{te} driftform

P_j = tilfældig effekt af den j^{te} far

$D \times P_{ij}$ = tilfældig effekt af den i^{te} driftform og j^{te} far

e_{ijkl} = tilfældig rest

$$\text{og } y_{kjl} = \mu + S_k + P_j + e_{kjl} \quad (5.7)$$

med samme betydning af effekter som for (5.6).

Den videre udledning af et udtryk for den genetiske korrelation mellem vægt ved 40 dage på gulf og i bure er, som anført i afsnit 4.1.1.

Kovariansmetoden

$$r_g = \frac{\text{Cov}_{A_1 A_2}}{\sigma_{A_1} \sigma_{A_2}} \quad (5.8)$$

$$\text{hvor } \text{Cov}_{A_1 A_2} = \frac{1}{r^a} \times \text{Cov}(\bar{P}_{j1}, \bar{P}_{j2})$$

og

$$\text{Cov}(\bar{P}_{j1}, \bar{P}_{j2}) = \sum w_j (\bar{P}_{j1} - \bar{\bar{P}}_1) (\bar{P}_{j2} - \bar{\bar{P}}_2) / \sum w_j ;$$

for yderligere forklaring – se Sørensen (1977b).

5.6.2 Estimer af h^2 og genetiske korrelationer

I alt 1835 kyllinger havde fuldstændige informationer vedrørende de 5 førstnævnte egenskaber – herunder også, at den daglige foderoptagelse oversteg 40 g, samt at foderudnyttelsen var mindre end 3,5 kg foder pr. kg tilvækst. På grund af mangel på oplysning om mødre reduceredes det antal kyllinger, der kunne anvendes ved analyse for moreffekt, til 1302 kyllinger.

I tabel 5.21 er anført de estimerede h^2 -værdier. Daglig tilvækst har nogle

Tabel 5.21 Estimer af h^2 for 5 egenskaber, målt på kyllinger i bure i intervallet 18–40 dage. (Model 5.4–5.5).

*Table 5.21 Estimates of h^2 for 5 traits**) on chickens kept in cages measured in the interval 18–40 d. (Model 5.4–5.5).*

Hold Batch	Komponent Component	Egenskaber Traits									
		DT		DFO		FE_A		FE_V		FE_{Ved}	
		h^2	s_{h^2}	h^2	s_{h^2}	h^2	s_{h^2}	h^2	s_{h^2}	h^2	s_{h^2}
1	Far–Sire	0,04	0,07	0,32	0,14	0,24	0,12	0,45	0,17	0,00	–
	Mor–Dam	0,37	0,14	0,42	0,14	0,46	0,14	0,41	0,14	0,58	0,14
2	Far–Sire	0,58	0,19	0,63	0,20	0,29	0,13	0,46	0,17	0,25	0,12
	Mor–Dam	0,53	0,10	0,60	0,10	0,22	0,10	0,33	0,10	0,27	0,10
3 + 4	Far–Sire	0,07	0,05	0,15	0,06	0,24	0,08	0,27	0,09	0,20	0,08
	Mor–Dam	0,12	0,09	0,09	0,09	0,17	0,09	0,20	0,09	0,21	0,09
Gennemsn. *)	Alle–All	0,15	0,05	0,26	0,05	0,25	0,05	0,33	0,05	0,26	0,05
Average	Mor–Dam	0,32	0,07	0,34	0,07	0,24	0,07	0,29	0,07	0,30	0,07

*) Jfr. ligning (3.24) – In accordance with the equation (3.24)

**) Abbreviations:

DT = daily gain; DFO = daily food intake; FE_A = feed efficiency to a fixed age;

FE_V = feed efficiency to a fixed weight; FE_{Ved} = feed efficiency corrected for energy for maintenance

usandsynlig lave værdier, der især hidrører fra Far-komponenten i såvel 1. som 3.+4. hold; årsagen hertil skal sandsynligvis findes i det forhold, at forældrene, men især fædrene var stærkt selekteret for høj 6-ugers-vægt. I følge afsnit 3.6.1 vil det parentale bidrag til afkommets additivt genetiske variation for en given egenskab være reduceret, såfremt forældrene er selekteret for denne eller for en hermed stærkt korreleret egenskab; med andre ord vil skønnet for h^2 på daglig tilvækst være undervurderet. De øvrige egenskaber viser en noget mere balanceret overensstemmelse mellem enkeltestimater, hvorfor det vil være rimeligt at antage, at de fundne gennemsnit på 0,25–0,30 er centrale skøn på h^2 for disse.

De genetiske korrelationer mellem de 5 egenskaber er anført i tabel 5.22; den genetiske sammenhæng er høj mellem daglig tilvækst og daglig foderoptagelse.

Tabel 5.22 Estimater for genetiske korrelationer mellem 5 egenskaber, målt på kyllinger i bure.

Table 5.22 Estimates of genetic correlations between 5 traits) measured on chickens in cages.*

Hold Batch	Komponent Component	Egenskab Trait	Egenskaber Traits							
			DFO		FE _A		FE _V		FE _{Vcd}	
			$r_{A_1A_2}$	s_r	$r_{A_1A_2}$	s_r	$r_{A_1A_2}$	s_r	$r_{A_1A_2}$	s_r
1	S	DT	0,98	0,33	–1,00	0,46	–1,00	0,76	–	–
1	D		0,79	0,09	0,49	0,19	0,26	0,27	0,51	0,17
2	S		0,96	0,02	0,40	0,25	0,26	0,26	0,61	0,20
2	D		0,97	0,02	0,40	0,19	0,04	0,20	0,70	0,12
3 + 4	S		0,53	0,30	0,25	0,37	0,00	0,40	0,52	0,32
3 + 4	D		0,66	0,31	0,75	0,29	0,74	0,37	0,69	0,29
1	S	DFO			–1,02	0,18	–1,00	0,21	–	–
1	D				–0,16	0,25	–0,42	0,35	0,38	0,19
2	S				0,14	0,30	–0,02	0,28	0,50	0,24
2	D				0,17	0,22	–0,16	0,20	0,60	0,14
3 + 4	S				–0,69	0,29	–0,83	0,31	–0,31	0,31
3 + 4	D				–0,01	0,53	–0,04	0,54	–0,10	0,50
1	S	FE _A					0,95	0,07	–	–
1	D						1,02	0,07	0,24	0,20
2	S						0,95	0,04	0,54	0,27
2	D						0,78	0,09	0,55	0,23
3 + 4	S						0,94	0,03	0,79	0,11
3 + 4	D						0,99	0,03	1,00	0,10
1	D	FE _V							0,17	0,22
2	S								0,57	0,25
2	D								0,27	0,23
3 + 4	S								0,81	0,10
3 + 4	D								1,09	0,11

*) see footnote, Table 5.21

Ved nærmere analyse vil man se, at der for hold 2 eksisterer en næsten én-til-én sammenhæng, medens de øvrige hold som vejet gennemsnit har en korrelation på $0,77 \pm 0,14$; denne holdforskel, der givetvis skyldes, at hold 2 blev fodret med et proteinfattigt foder, er i overensstemmelse med de observationer, der viser, at et lavt proteinniveau i foderet resulterer i en mindre variation i foderudnyttelse (se tabel 5.7). Den genetiske sammenhæng mellem daglig tilvækst og de forskellige udtryk for fodereffektivitet er overvejende positiv, og når der ses bort fra Far-komponenten i hold 1, fås følgende vejede gennemsnit:

($r_{DT \times EA} = 0,46 \pm 0,12$; $r_{DT \times EV} = 0,21 \pm 0,14$; $r_{DT \times EV_{ed}} = 0,55 \pm 0,10$).

Med andre ord: en selektion for øget fodereffektivitet vil give en vis forøgelse af daglig tilvækst i intervallet 18–40 dage. På tilsvarende måde ses der at være en overvejende negativ sammenhæng mellem daglig foderoptagelse og fodereffektivitet, men dog således, at korrelationen mellem DFO og $FE_{V_{ed}}$ i gennemsnit er signifikant positiv. Det forekommer umiddelbart ulogisk, at en korrelation, der formelt kan skrives:

$$r_{y \cdot \frac{x'}{y}}$$

hvor effekten af » X «, d.v.s. vægt, er søgt elimineret gennem subtraktion af foder til vedligehold, er ændret i positiv retning, idet man skulle forvente, at denne gik mod minus 1. Det positive bidrag kommer især fra hold 2 og skal sandsynligvis ses i sammenhæng med den ekstremt høje genetiske korrelation mellem daglig tilvækst og daglig foderoptagelse.

Det her fundne viser, at det er uhyre vanskeligt at sige noget definitivt om, i hvilken retning de enkelte faktorer vil ændre sig i et avlsprogram, hvori effektivitet indgår, og endvidere, at justeringer af miljøforholdene meget vel kan påvirke disse retninger ganske drastisk.

Ikke overraskende er der en høj genetisk korrelation mellem de forskellige udtryk for fodereffektivitet dog således, at fodereffektivitet med fradrag for vedligehold afviger mest.

De genetiske parametre, estimeret på grundlag af organmål, er præsenteret i tabel 5.23; disse er baseret på 448 kyllinger, hvilket betyder, at kun de estimaterede skøn for heritabilitet er signifikante. Det fundne h^2 -skøn for bugfedtmængde er lavt, sammenlignet med det, der tidligere er fundet; Ricard et Rouver (1967 og 1969) fandt i 2 racer, at arvbarheden varierede omkring 0,5, når den udtryktes som mængde uden korrektion for vægt. Ved at korrigere for kropvægt fandt Becker (1978) en heritabilitet på 0,25 for hane- og 0,64 for hønekyl-linger; og Sørensen (1984) fandt ved hjælp af samme metode for hønekyl-linger af Hvid Cornish race en heritabilitet på 0,45 for bugfedtmængde. Der foreligger ikke – forfatteren bekendt – arbejder, der kan bekræfte størrelsesorden af heritabiliteter på de øvrige 3 mål.

Tabel 5.23 Estimer af h^2 for 4 mål på indre organer korrigeret for kropsvægt*) samt genetiske korrelationer mellem disse. Korrelation mellem nævnte 4 mål og 5 mål for vækst og foderforbrug i hold 3+4.

Simpelt gennemsnit af far- og mor-komponenter.

Table 5.23 Estimates of h^2 for four measurements on internal organs corrected for body-weight) and genetic correlations between these. Correlation between the above-mentioned 4 measurements and 5 measurements for growth and food consumption for batches 3+4.*

Average of sire and dam components.

Egenskab Trait	Organer*) Traits**)			
	Bugfedt	Tarmlængde	Lever	Hjerte
Bugfedt	0,19±0,09	0,34 ±0,29	(0,02)±0,33	(0,14)±0,45
Tarmlængde		0,49 ±0,11	0,33 ±0,18	(0,13)±0,27
Lever			0,31 ±0,10	(0,07)±0,31
Hjerte				0,16 ±0,10
DT	-0,39±0,49	(0,10)±0,34	-0,29 ±0,37	(-0,50)±0,60
DFO	-0,20±0,40	(0,06)±0,27	0,12 ±0,30	(-0,28)±0,41
FE _A	-0,39±0,49	(-0,12)±0,30	-0,59 ±0,38	-0,14 ±0,43
FE _V	-0,25±0,54	(-0,19)±0,44	-0,71 ±0,60	-0,08 ±0,52
FE _{Ved}	-0,26±0,40	(0,21)±0,21	-0,14 ±0,27	-0,25 ±0,37

*) h^2 er anført i diagonalelementerne; genetiske korrelationer i ikke-diagonale elementer. Hvis far- og mor-komponenterne afviger mere end standardfejlen, er gennemsnit angivet i parentes.

*) h^2 is placed in the diagonal and the genetic correlations in the off-diagonal.

**) Bugfedt = Amount of abdominal fat
 Tarmlængde = Length of intestine
 Lever = Weight of liver
 Hjerte = Weight of heart

Ingen af de anførte genetiske korrelationer er signifikant forskellige fra nul; dog skal det anføres, at bugfedt viser en homogen, negativ korrelation med alle 5 mål for vækst og foderforbrug, og hertil skal bemærkes, at den negative korrelation til daglig foderoptagelse ikke var forventet, medens de øvrige 4 estimer er i god overensstemmelse med, hvad der forventedes – jfr. tabel 5.18.

5.6.3 Vekselvirkning mellem genotype og driftform for 40 dages vægt

På de for hold(ruge)effekt eliminerede data er gennemført en »least square«-analyse i henhold til model (5.6) ved hjælp af LSML 76-programmets standard-model nr. 6 (Harvey, 1977). I alt 826 kyllinger, fordelt med 374 på gulv og 452 i bure opdrættede dyr, opfyldte kravet om inden for køn at ligge i intervallet $\pm 2,5 \times s_x$. Men kun 434 af disse kyllinger havde information om moder, hvorfor estimeringer udelukkende blev foretaget på grundlag af far-effekter.

Variansanalysen på (5.6) gav følgende resultat:

Årsag	DF	MK	Forventet sammensætning:
Køn	1	$7,73 \times 10^6$	
Drift	1	$1,75 \times 10^6$	
Far	23	$9,98 \times 10^4$	$\sigma_e^2 + 17,49 \times \sigma_{D \times P}^2 + 34,01 \times \sigma_p^2$
Far $\times$ Drift	22	$7,33 \times 10^4$	$\sigma_e^2 + 17,27 \times \sigma_{D \times P}^2$
Rest	778	$4,30 \times 10^4$	

En af fædrene havde kun afkom i det ene driftsystem.

Variansanalyse på model (5.7) resulterede i følgende estimater af h^2 :

$h_{\text{guld}}^2 = 0,245 \pm 0,130$; $h_{\text{bure}}^2 = 0,268 \pm 0,124$; og med de variansforhold, der eksisterer, gælder, at $\sigma_A = 79,0$ g, målt på guld, og $89,1$ g, målt i bure.

Skønnet på $\sigma_{D \times P}^2$ blev fundet at være 1758, d.v.s. $s_{D \times A}^2 = 1758 \times \frac{1}{0,27} = 6511$;

hvorefter det er fundet, at

$$r_g = 0,09 \pm 0,41$$

Ved kovariansmetoder er fundet, at

$$r_g = 0,42 \pm 0,29.$$

Begge metoder giver en klar indikation af, at det i vid udstrækning er forskellige gener, der har betydning for kyllingernes vækstevne, alt afhængigt af, om de vokser op i bure eller på guld. Bidrag til en afvigelse af r_g fra én er dog også, at bur- og gulvkyllinger hidrører fra forskellige rugninger; især skal bemærkes om et meget mildt forløbende angreb af nekrotiserende enteritis hos kyllinger fra 5. rugning, umiddelbart før de blev indsat i bure. Det er dog utænkeligt, at disse forhold kan fjerne den betragtelige vekselvirkning, som også direkte kan ses ved at sammenholde »least-square« middeltallene for de enkelte fædre.

KAPITEL VI

6 Sammenfattende diskussion

Under denne titel foretages en overordnet diskussion af emner og områder af genetisk art, der enten ikke er tilstrækkeligt behandlet i de enkelte kapitler, eller som kræver diskussion på tværs af de enkelte kapitler.

Det eksperimentelle check på genetisk variabilitet i behov for protein. Det gennemførte selektionsforsøg viser med stor tydelighed, at der eksisterer en genetisk variation i kravet til foderets koncentration af aminosyrer, hvad angår vækstevne; dette blev allerede påvist indirekte i basisgenerationen (tabel 4.1). Sørensen (1985) påpegede i et litteraturstudium det fænomen, at genetisk variabilitet har to aspekter af betydning, og de er illustreret i fig. 2.14, hvor kurverne A og B symboliserer, at behovet for en biologisk, optimal vækstevne kunne være forskelligt, medens kurverne A og C symboliserede det tilfælde, der blev beskrevet som forskel på homeostatisk kapacitet.

Sidstnævnte fænomen er meget tydeligt bevist i figurerne 4.1 samt 4.3–4.7, der viser, at linie 66, selekteret for vækstevne på foder med lavt proteinindhold, klarer sig betydelig bedre, hvad angår vækst, end linie 67, selekteret på foder med et for slagtekyllinger normalt proteinindhold. I tabel 3.11 er anført, at variationskoefficienten for 40 dages vægt i linie 66 er reduceret fra 12–15% i de første 3 generationer til det niveau, der er gældende for linie 67, hvilket er bevis for, at også linie 66 har tilpasset sig dette fodermiljø.

Det er mere usikkert, hvorvidt der er opstået linieforskel, hvad angår behov for protein til opnåelse af optimal vækst; for hanekyllinger er der en »næsten« sikker forskel, således at linie 67 har maksimal vægt – ca. 10 g råprotein/MJ længere til højre på abscissen – end linie 66. Hvad angår hønekyllinger, er kurven for linie 66 så flad (fig. 4.3–4.7), at »maxima« er meget usikkert bestemt. For yderligere diskussion henvises til Sørensen (1985).

Den genetiske kapacitet for fedtaflejring. Blandt de korrelerede effekter er især kyllingens fedtindhold iøjnefaldende. Det viste sig, at linie-66-kyllinger under alle former for afprøvninger aflejrede ca. 2,8% mere fedt end linie 67 i 6. generation (fig. 4.15).

En sideeffekt af den større fedtaflejringskapacitet i linie 66 er den lidt større lever, som disse kyllinger har, også når de opdrættes under rationeret fodertildeling. Da fedtsyntesen er knyttet til leveren, er der reelt tale om, at linie 66 har fået indbygget en genetisk kapacitet for større fedtaflejring, og det ser endog ud til, at kapacitet udnyttes i alle situationer, hvor der er fri adgang til foder.

Hood and Pym (1982) fandt ved in vitro undersøgelser, at aktiviteten af ace-

tyl Co A carboxylase var tæt forbunden med lipogenesen i leveren. Hood (1984) anfører, at acetyl Co A carboxylase er det begrænsende led i den cytoplasmatiske »pathway« af fedtsyresyntesen, og skriver videre, at variation i kapaciteten for fedtsyreproduktion opnås, dels gennem ændring af den cellulære koncentration af dette enzym, dels dets katalytiske effektivitet. Til denne bemærkning skal tydeligvis føjes – samt en volumenmæssig større lever –.

Såvel i Frankrig (Leclercq and Saadoun, 1982) som i England (Whitehead and Griffin, 1985) er påbegyndt selektionsforsøg med direkte selektion for og imod fedtindhold, men med forskellig måleteknik; foreløbig synes der i begge eksperimenter at være et stort og symmetrisk respons til selektionen.

I det franske forsøg anvendes måling af bugfedtmængde på hanekyllinger som selektionskriterium; efter 4 generationers selektion var der en faktor »4« som forskel på de to linier, hvad angår bugfedt; en faktor på 2,7 for subkutant fedt; medens indholdet af muskulært fedt i lårmusklerne var identisk for de to linier (Ricard et al., 1983). Dette forhold stemmer i øvrigt fuldstændigt med det i tabel 4.18 anførte, hvor proportionen af muskulært fedt i brystmusklerne er næsten uafhængig af mængden af bugfedt. Ved forsøg, der lignede prøve 79-3 (KAPITEL IV), fandt Leclercq (1983), at linien, selekteret for højt fedtindhold, voksede med samme intensitet, uanset at foderets proteinindhold varierede fra 15% til 21%; derimod reagerede linien med lavt fedtindhold ved at reducere vægten ved 8 uger med 13%. På dette felt er der således stort sammenfald med observationerne for linierne 66 og 67. I det engelske forsøg, der gennemføres i Edinburgh, anvendes »very low density lipoprotein« i blodet som selektionskriterium for fedningsgrad. Efter 3 generationers selektion var totalfedtindholdet i 49-dage-gamle-hønekyllinger på 16,1% og 21,1% i de to linier, selekteret for henholdsvis lav og høj VLDL, og bugfedt udgjorde henholdsvis 2,0% og 3,0%.

Det i KAPITEL 3 anførte selektionsforsøg viser, at det også er muligt gennem indirekte selektion at ændre den genetiske kapacitet for aflejring af fedt, men dog kun i én retning. I Australien har Pym og medarbejdere gennemført selektionsforsøg, hvori man over 10 generationer har selekteret for god foderudnyttelse (linie E), høj foderoptagelse (linie F) og høj tilvækst (linie W) i 3 forskellige linier; heraf fremgår, at den genetiske kapacitet for aflejring af fedt (Pym and Solwyns, 1979) efter 4 generationers selektion differentierede de to førstnævnte linier så meget, at linie E ved 1300 g havde aflejret 8,8% fedt, medens linie F aflejrede 14,1% eller 60% mere; linie W aflejrede 10,7% fedt eller det samme som den tilhørende kontrollinie, hvorfor det konkluderes, at fedningsgraden er reduceret til 82% i linie E.

Det i Danmark løbende selektionsforsøg for sammenlignende selektion af vækst og foderudnyttelse viste (Sørensen, 1984b), at proportionen af bugfedt blev reduceret til 2/3 af sit oprindelige niveau igennem kun 4 generationer ved

at anvende foderudnyttelse som selektionskriterium, hvilket svarer meget nøje til det australske resultat.

Hood and Pym (1982) fandt på de foran nævnte australske eksperimentlinier, at leveraktivitet, udtrykt som nmol glucose, omdannet til lipid pr. time pr. gram lever, var signifikant større (43%) for linie F, sammenholdt med linie E. Det var dog ikke muligt at fastslå, hvorvidt der var tale om en symmetrisk afvigelse fra kontrollinien, eller om den genetiske kapacitetsændring alene var knyttet til en af linierne. Der er således belæg for at påstå, at variationen i den genetiske kapacitet for fedtaflejring styres på 2 måder, nemlig dels gennem variation i effektivitet, dels af leverens størrelse.

Den genetiske baggrund for differentieringen mellem linie 66 og linier 67 og 68. Spekulationer over årsager til den observerede linieforskel, hvad angår fedtaflejring, vil naturligt tage sit udgangspunkt i, at jo lavere proteinindhold i foderet, desto større korrelation mellem vækst og fedtningsgrad. Denne hypotese holder imidlertid ikke ved nærmere undersøgelse af tabel 5.20, hvor regressionen af % totalfedt på vægt ikke er signifikant afvigende fra nul, uanset hvilket foder der er anvendt; dette betyder dog ikke, at den genetiske korrelation mellem de to egenskaber behøver at være identisk i de to fodringsmiljøer.

Det viser sig i to uafhængige undersøgelser, at linie 66 kyllinger, når de fodres på normalt foder, optager samme mængde foder som den/de linie(r), der sammenlignes med, men vokser mindre. Ved den første undersøgelse (tabel 4.10) er der ugevis foretaget en beregning af daglig foderoptagelse i procent af vægt; denne procent er som gennemsnit for alle 5 uger: 16,5 for linie 66 og 15,75% for linier 67 og 68, beregnet som gennemsnit over køn. Denne større relative foderoptagelse kan anvendes til at vokse hurtigere, sådan som det er tilfældet for hane-kyllinger, sammenlignet med hønekyllinger; men dette er ikke tilfældet, da linie 66 ved ca. 40 dage vejer 100 g mindre end de øvrige 2 linier. Af tabel 4.10 ses ydermere, at frem til en alder af 35 dage har linie 66 optaget 2480 g foder/dyr mod 2477 g/dyr for linier 67 og 68. I den anden undersøgelse, der er gennemført i bure, ses, at i perioden 18–40 dage har linie 66 på normalt foder haft en daglig optagelse på 102 g/dyr mod 101 g/dyr hos linie 68 (tabel 5.4).

Det hævdes ofte, at selektion for vækst er identisk med selektion for appetit, og at man ikke kan adskille de to komponenter. Det af Pym og medarbejdere gennemførte selektionsforsøg (refereret i forrige afsnit) viser, at den genetiske korrelation mellem disse to egenskaber var $+0,7 \pm 0,06$, d.v.s. nok høj, men dog signifikant mindre end 1 (Pym and Nicholls, 1979), og deres selektionsforsøg viste da også, at de to linier, selekteret for henholdsvis høj vækstevne og høj foderoptagelse, var meget forskellig, hvad angår en række forhold, heraf kan specielt fremhæves, at linie F havde en dårligere foderudnyttelse, højere aflejring af fedt og mindre forøgelse af vækstevne end linie W.

Hvis man ser på de i denne afhandling nævnte liniers reaktion over for et nor-

malt foder, er der på visse områder lighed mellem linie 66 og linie F i det australske forsøg, hvorfor det er nærliggende at antage, at den selektion for vækstevne, der er foretaget i linie 66 på grundlag af foder med lavt indhold af protein, overvejende manifesterer sig som en selektion for større foderoptagelse. En sådan selektionseffekt vil naturligt nok føre til en større fedningsgrad, hvilket også er bevist af Pym and Solwyns (1979) at være gældende for Linie F.

Det ovenfor anførte kan også uddrages af de forskelle i variation, der findes for individuel foderudnyttelse, når den måles på foder med henholdsvis normalt eller reduceret indhold af protein; variationskoefficienten er 5,8% på lavt proteinfoder mod 8,2% på normalt foder (tabel 5.7), hvilket pr. definition betyder en snævrere samvariation mellem vækstevne og appetit, hvilket med andre ord betyder, at den genetiske korrelation mellem vækst og appetit stiger med faldende koncentration af protein i foderet.

Effektiviteten i omsætningen af foder. Effektiviteten i omsætning af foder er et kardinalpunkt i produktionen; da 1 g aflejret fedt kræver 3–4 gange så megen energi som aflejring af 1 g andet væv, er den udvikling, som linie 66 udviste, meget uheldig, hvilket tydeligt ses af fig. 6.1, hvor data fra prøve 79-3 er anvendt til at vise fodereffektivitet for linier 66 og 67 under forskellig proteinforsyning. Der er et bemærkelsesværdigt sammenfald på linier, fodret med det laveste indhold af protein; såfremt effektiviteten i omsætning af foder i øvrigt er identisk for de to linier, skal der gælde, at de ca. 28 g fedt/kylling, som linie 66 aflejrer mere end linie 67 (fig. 4.15), skal modsvare de 4,25 dage, som linie 67 anvender mere på at opnå samme vægt som linie 66 (tabel 4.11). I følge afsnit 5.4.2 koster en dag ekstra 16,6 g foder eller 216 kJ, d.v.s. 918 kJ/kg kylling for 4,25 dage. Aflejring af ekstra 28 g fedt på kyllinger i linie 66 modsvares af en nedgang i proteinindhold på $28 \times 0,38 = 10,6$ g (afsnit 4.3.2). Da aflejring af 1 g af hver af de 2 typer væv fedt og protein – koster henholdsvis 51,0 og 46,9 kJ (Pedersen, 1969), vil linie 66 kyllinger have behov for:

$$28 \times 51,0 - 10,6 \times 46,9 = 930 \text{ kJ ekstra ;}$$

med andre ord – netop den mængde, som de sparede ved at vokse hurtigere. Konklusionen er altså, at der ikke er rørt ved den interne effektivitet i energiomsætningen.

Man kan på forskellig måde forsøge at udtrykke effektivitet – enten ved at eliminere effekten af vedligehold, som det er vist i figurerne 4,9–4.11, eller ved at udtrykke effektiviteten i energienheder eller proteinenheder, som det er gjort i figurer 6.2 og 6.3.

Af fig. 4.11 fremgår, at ved at eliminere vedligehold får man frem, at det koster ca. 90 g foder = 1160 kJ mere at producere 1 kg kylling i linie 66, og det svarer nogenlunde til omkostningerne til aflejring af de ekstra 28 g fedt, for hvilke der netop er redegjort.

FE %

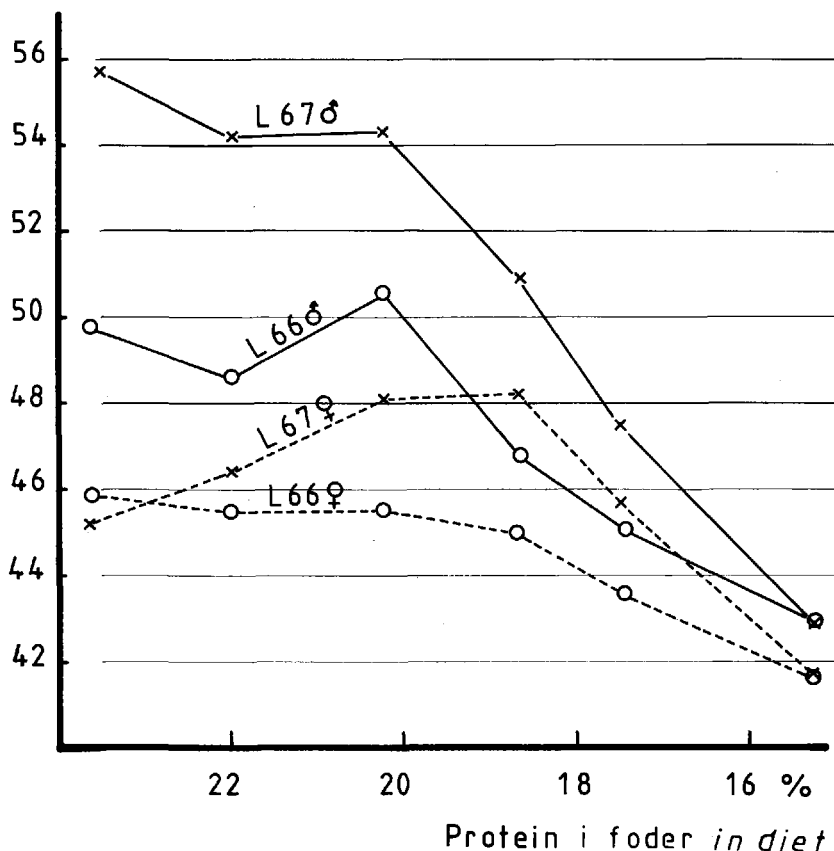


Fig. 6.1 Fodereffektivitet (kg kylling/kg foder) som afhængig af foderets råproteinindhold for isoenergetiske blandinger for køn og linier.

Feed efficiency (kg live chicken/kg feed) as dependent on concentration of crude protein in isoenergetic diets – for sexes and lines.

Effektiviteten i omsætningen af energi (fig. 6.2) viser et noget diffust billede, hvad angår linie- og kønsforskelligheder, hvorimod der er en klar tendens til, at den bedste effektivitet opnås med proteinniveau'er noget under den, der sikrer optimal vækst; det skyldes naturligvis den større tendens til fedtaflejrning med reduceret indhold af protein, og da linie 66 har en bedre evne til at udnytte denne mulighed, er det gennemgående træk da også, at linie 66 udnytter energien bedre end linie 67.

Effektiviteten i omsætning af protein (fig. 6.3) viser et tilsvarende billede, blot fortsætter denne stigningen næsten retlinet med faldende koncentration af

EE %

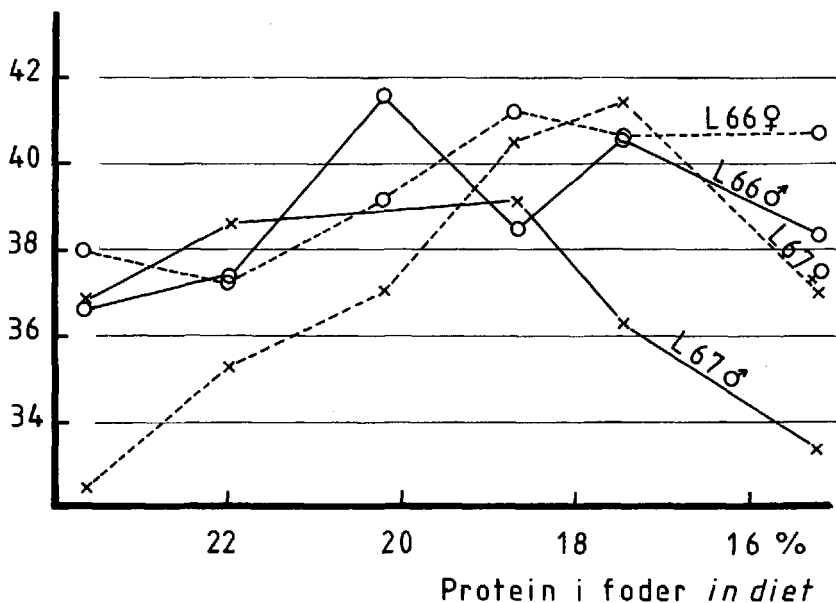


Fig. 6.2 Effektivitet i omsætning af energi (EE = energi i »1550 g« kylling/OE i foder) som afhængig af foderets proteinindhold for køn og linier.

Efficiency in conversion of energy (EE = energy in »1550 g« chickens/ME of diet) as dependent on concentration of crude protein in diet, for sexes and lines.

protein – med andre ord, proteinet udnyttes bedre, jo mindre der findes i foderet.

Uanset de interessante perspektiver i fig. 6.2 og fig. 6.3 er det sådan, at kyllingeproducenten sælger kyllinger efter kg og ikke efter indhold, og, hvad der er endnu mere væsentligt, forbrugeren ønsker kyllinger uden for meget fedt, derfor er fremstillingsmåden i fig. 6.1 den mest relevante.

Selektion og rationeret fodertildeling. Selektion for større vækst under rationeret fodertildeling har ikke givet et helt så klart billede, men der er dog overvægt af de tilfælde, hvor linien, selekteret under dette regime, har en bedre foderudnyttelse og en mindre fedtaflejring end linien, selekteret under normale omstændigheder. Vægtes de i tabel 4.15 fundne linieforskelle, hvad angår bugfedt, med den inverse varians på forskellen, er resultatet, at linie 68 aflejrer 0,14% mindre bugfedt end linie 67, og det falder også sammen med resultatet fra tabel 4.19, hvor totalfedt udgør 12,22% og 11,32% for henholdsvis linie 67 og linie 68, bestemt på kyllinger, fodret med normalt foder (100%). Endelig er i tabel 5.9 vist resultater, der vedrører kyllingerne, opdrættet i bure i alderspe-

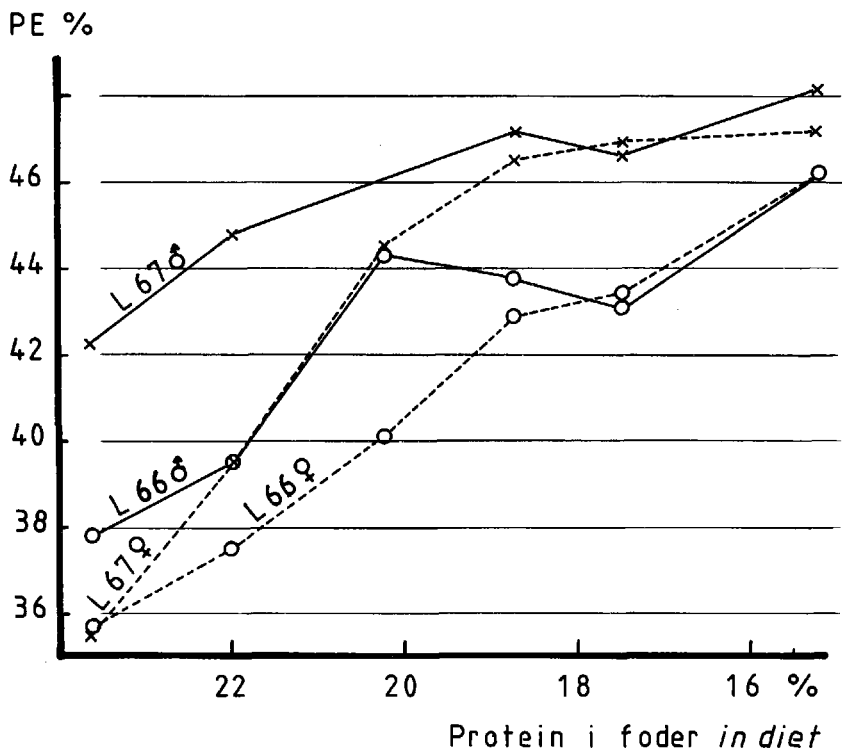


Fig. 6.3 Effektivitet i proteinomsætningen (PE = g protein i »1550 g« kylling / g protein i foder) som afhængig af foderets proteinindhold – for køn og linier.

Efficiency in conversion protein (PE = g protein in »1550 g« chicken / g protein in diets) as dependent on concentration of crude protein in diet – for sexes and lines.

rioden 20–41 dage, og her blev fundet, at totalfedt udgør 11,65% og 11,33% for de to linier i samme rækkefølge.

Ser man på foderforbrug pr. kg kylling fra de samme dyr, som blev målt for fedtindhold og i samme rækkefølge, er disse: Tabel 4.3: 1,94 og 1,89; tabel 4.11: 2,00 og 1,98; tabel 5.8: 1,95 og 1,94; sagt med andre ord – en lille, men dog konsekvent bedre foderudnyttelse for linie 68. Den midterste af disse sammenligninger er til samme vægt, medens de to andre er til en given alder. Navnlig i de midterste generationer af selektionsforsøget var der en tendens til, at linie 68 havde tabt lidt af sin vækstevne, sammenlignet med linie 67 (tabel 4.3).

Korrigeres foderudnyttelse til samme vægt, er det i gennemsnit af alle 3 informationskilder sådan, at linie 68 anvender 15 g mindre foder pr. kg kylling. Disse sammenligninger er gennemført ved 7 forskellige lejligheder med i gennemsnit

200 kyllinger pr. linie pr. afprøvning, men kun 12% – 15% af dyrene er udtaget til fedtbestemmelse.

Den mest iøjnefaldende linieforskel, der tydeligvis udspringer af den særlige opdrætningsmetode, der anvendtes for linie 68, er ændringen i ædemønstret. Linie 68-kyllinger brugte kun ca. halvdelen af den tid, som linie 67-kyllinger tilbragte ved fodertruget. Dette fænomen er blevet grundigt diskuteret og forklaret i afsnit 4.4.2.

En næsten lige så markant forskel er fundet for ægstørrelsen, som i linie 68 viste en konstant stigende afvigelse i forhold til linie 67 (fig. 4.24), således at forskellen i gen. 7 var på 3,5 g. I efterfølgende undersøgelser, hvor hønerne havde fulgt samme opdrætningsprocedure, forøgedes forskellen på linier sådan, at den ansloges at være 2 gange den additive genetiske standardafvigelse, hvilket ville svare til en realiseret genetisk korrelation mellem vækstevne under foderationering og ægvægt på 0,57 forudsat, at den tilsvarende korrelation er nul, når vækstevne måles under ad libitum fodring. Det forekommer usandsynligt, at den genetiske driftvarians kan have ansvar for en så omfattende ændring (jfr. afsnit 3.1.2), idet $\sigma_d^2 = 0,015 \times \sigma_A^2$; forudsat, at $h^2 = 0,5$, $N_e = 50$ og $M = 100$, d.v.s. $\sigma_d = 0,36$ g, og forskellen på linier er $16,3 \times \sigma_d$.

Den mest kontante effekt af de store æg, opnået i linie 68, er den tilsyneladende dårligere livskraft under klækning og i første leveuge, – et forhold, der bedst forklares med, at store æg og især æg, der i størrelse afviger fra de øvrige æg, giver fostrene dårlige betingelser i rugefasen og umiddelbart herefter i form af uresorberet blommesæk.

Sammenlignende selektionsforsøg, hvor restriktiv og ad libitum fodring blev anvendt, er i de senere år gennemført med mus i Australien (McPhee et al., 1980; Hetzel and Nicholas, 1982). Det førstnævnte forsøg løb over 6 generationer og havde til formål at teste den hypotese, at hvis dyr, fodret med samme mængde foder i en given tid, selekteres for hurtig vækst, ville resultatet blive en ændring i opdeling af den omsættelige energi mod mere protein og mindre fedt. Forsøget omfattede 2 linier, selekteret for 5–9 ugers tilvækst, og musene blev individuelt tildelt 83% af den mængde foder, som en tilhørende kontrollinie kunne æde med ad libitum fodring. Det hører endvidere med til forsøgsplanen, at 5–9 ugers tilvækst blev korrigeret til en gennemsnitlig 5 ugers vægt ved regression. Sidstnævnte tiltag anses af forfatterne (McPhee et al., 1980) at være årsag til, at den væsentligste part af vækstforøgelsen skete i alderstrinnet indtil 5 uger, og det er igen forklaringen på, at det gik modsat den opstillede hypotese, da de selekterede linier havde en større aflejring af fedt og en mindre aflejring af protein end kontrollinien til såvel samme alder som vægt.

Dette resultat bekræfter en anden hypotese, gående ud på, at selektion for vækst på et tidligt alderstrin overvejende er for appetit, idet fedtaflejringen endnu ikke er begyndt, medens selektion for høj vækstevne på et senere tids-

punkt vil præferere de dyr, der er i stand til at aflejre mere protein på bekostning af fedt, fordi dette er energetisk billigere (Robertson, 1977). Denne hypotese er også bekræftet af Hayes and McCarthy (1976) på mus. Den væsentligste lære af det af McPhee et al. (1980) gennemførte forsøg er, at man skal være endog meget varsom med at indføre korrektioner, som det kan være vanskeligt at overskue.

Det andet australske arbejde, som påkalder sig opmærksomhed, er gennemført og publiceret af Hetzel and Nicholas (1982; 1983 a; 1983 b) og er selektion for høj 3–6 ugers tilvækst hos mus på henholdsvis ad libitum fodring og 83% af, hvad en tilhørende kontrollinie kunne æde. Alle mus blev på alderstrinnet 3–6 uger holdt i enkeltdyrbure, og for ad libitum musenes vedkommende blev der holdt kontrol med foderoptagelsen. Efter 7 generationers selektion kunne man konstatere, at ad libitum linien havde øget sin 3–6 ugers tilvækst med 49%, fodereffektiviteten med 31% og foderoptagelsen med 14%; den tilsvarende linie, selekteret under restriktiv fodring, havde ved sammenligning med kontrollinie og under ad libitum fodring forøget de samme parametre med henholdsvis 12%, 17% og 0%.

Medens ad libitum linien havde forøget sit vækstpotentiale over alle alderstrin, viste restriktionslinien samme vægt som kontrollinien bortset fra 3 ugers vægten, der var reduceret for at give plads for den 12% forøgelse af 3–6 ugers tilvæksten. Baggrunden for denne detalje forklarer forfatterne med, at dyr, der 3 uger gamle er lettere, har et mindre behov for energi til vedligehold og kan følgelig anvende mere til tilvækst af den rationerede mængde, de har til rådighed; denne mulighed blev forhindret i det foregående eksperiment ved at korrigere 5–9 ugers tilvæksten for variation i 5 ugers vægt.

Hetzel and Nicolas (1983a) fandt en genotypemiljø-vekselvirkning, der, udtrykt som realiseret genetisk korrelation på tilvækst, i de 2 undersøgte miljøer var 0,28; og de fandt endvidere, at fedningsgraden var uændret i ad libitum linien, hvis sammenligning blev foretaget ved samme vægt, medens restriktionslinien havde reduceret sin fedningsgrad, hvilket gav dem anledning til at hævde, at anvendelse af et restriktivt fodringssystem havde udnyttet den arvelige variation i organismens opdeling af omsættelig energi til fedt og protein i retning af mindre fedt og mere protein.

Genetisk korrelation af 3–6 ugers tilvækst hos mus under henholdsvis ad libitum og restriktivt foderregime blev oprindeligt fundet at være lav i det af Falconer og Latyszewski (1952) publicerede arbejde og senere bekræftet af Falconer (1960) ligeledes på mus; lignende resultater er opnået af Fowler and Ensminger (1960) på svin og af Park et al. (1966) på rotter.

I basisgenerationen af nærværende arbejde fandtes en genetisk korrelation, der i gennemsnit af 2 metoder og 2 køn, vejret med den inverse fejlvarians, var (tabel 4.1):

$$r = 0,77 \pm 0,13 ;$$

og således er indikationen for en vekselvirkning væsentlig mindre. Det i afsnit 4.1.2 anførte test, hvor alle i selektionsforsøget deltagende linier opdrættes under henholdsvis ad libitum og 70% restriktion, viser dog en tendens, man kan fortolke som en vekselvirkning, der endog er stærkt signifikant (tabel 4.6). Her er dog tale om et typisk asymmetrisk tilfælde, hvor linie 68 er fuldt på højde med linie 67 under ad libitum fodring, hvorimod linie 67 (og linie 66) klarer sig væsentlig dårligere end linie 68 under foderrationering. En væsentlig del af denne forskel består i, at linie 68 ganske enkelt har en genetisk betinget, hurtigere foderoptagelse (tabeller 4.21 – 4.22). Det forhold, at variationskoefficienten er stigende fra ad libitum til rationeret fodertildeling for linierne 66 og 67, medens linie 68 kyllingerne stort set har samme lave variation i begge fodringsmiljøer, viser, at der for linie 68 er sket en genetisk tilpasning til et foderrationeringsprogram.

Der er dog ingen tvivl om, at det restriktionsprogram, der blev anvendt for linie 68, ikke kan ligestilles med ovennævnte museeksperimenter, hvor man tildele alle dyr en identisk mængde foder. Gennemførelsen af selektion for vækst blandt kyllingepopulationer under sådanne forhold vil kræve enkeltdyrbure lig med de, der er beskrevet i KAPITEL V; man skal da være opmærksom på, at der kan herske en betydelig vekselvirkning mellem genotype og driftform, hvilket kan betyde, at den genetisk betingede forøgelse af vækstevnen, der er skabt i selektionsmiljøet, ikke genfindes, når kyllingerne afprøves på ordinært gulvopdræt.

Generelle genetiske effekter. Den generelle situation for genetikken bag den meget betydelige ændring, som slagtekyllingepopulationerne har gennemgået over mere end 30 år, er behandlet i sidste afsnit af KAPITEL II. Det overvejdende indtryk af analysen i dette KAPITEL er, at den genetiske variation for vækstevne ikke synes at være reduceret så meget, som det skulle forventes, på grundlag af de erfaringer, der er gjort med langtidselektionsforsøg med laboratoriedyr. Udviklingslinierne på Strynø viste i sidste halvdel af 70-erne en realiseret heritabilitet på 0,3 (Fig. 2.11, 2.12), hvilket kan sammenholdes med en gennemsnitsværdi på 0,4, angivet af Kinney (1969) på grundlag af 24 arbejder, publiceret i de nærmest foregående 10 år. En umiddelbar betragtning af foranævnte kunne tydes derhen, at der over et tidsrum af ca. 15 år (= 15–20 generationer) er sket en reduktion af arvbarheden til 75% af den oprindelige størrelse.

Det forhold, at der er fundet vekselvirkning mellem genotype og miljø, svarende til, at den genetiske korrelation på vægt i de undersøgte miljøer, er nede på 0,5, samt at der i tidens løb er sket miljømæssige tilpasninger, og endelig, at den alder, ved hvilken kyllingerne selekteres for vækst, er blevet reduceret, gør det nærmest illusorisk at diskutere et »genetisk loft«, baseret på ophør af genetisk variabilitet.

Regression ved ophør af selektion

Den tydelige reduktion af vækstevne, der er observeret i adskillige tilfælde hos de hurtigtvoksende slagtekyllinger ved ophør af selektion, er blevet meget detaljeret diskuteret i afsnit 2.6.1. De bagved liggende årsager er vanskelige at fastlægge med sikkerhed, men der er to, som man kan få øje på, og som tilsammen måske kan forklare de 20–30 g reduktion pr. generation af 6 ugers vægten, der er fundet.

Den første af disse årsager er *naturlig selektion*, og den kan i visse populationer og for visse egenskaber have en meget betydelig effekt (Falconer, 1981). Den type af bevidst selektion, der sker i husdyrbruget, skal man imidlertid være opmærksom på bliver fulgt op af »tilpasninger« – eksempelvis foderrationering af avlsdyr i slagtekyllingeavl – og derfor er det formentlig ikke den store effekt, man skal forvente af naturlig selektion.

I slagtekyllingepopulationer vil der, sådan som der drives avl på f.eks. Strynø, være mulighed for at få en effekt af naturlig selektion, dels gennem en differentieret reproduktion, dels med differentieret livskraft. Af tabellerne 3.7 til 3.10 samt figurerne 3.4 og 3.5 kan man danne sig et indtryk af betydningen af naturlig selektion. Af tabel 3.9 fremgår, at der er en negativ sammenhæng mellem forældrenes vækstevne og antallet af afkom til stede ved 6 ugers alderen. Den effekt, som denne relation har på den genetisk betingede fremgang i vækstevne, kan direkte ses ved at sammenholde selektionsintensiteten, beregnet på grundlag af de udvalgte avlsdyr (i_e), og den aktuelle selektionsintensitet, beregnet gennem vægtning med antal afkom ved 6 uger (i_a). Blandt de 3 linier findes den største forskel på de to udtryk i linie 67 ($1,15 - 1,10 = 0,05$).

Der kan intet definitivt siges om denne differens ($i_e - i_a$), såfremt forældrene var valgt uden tanke på deres vækstkapacitet, d.v.s. $E(i_e) = 0$. Falconer (1981) antyder gennem, hvad han betegner som »fitness« profiler, at der for egenskaber som vækstevne vil være en maksimal fitness ved populationens middel. Set i sammenhæng med nærværende diskussion, vil Falconers definition af middelværdi være det middel, der gælder for de/den population, der danner grundlag for de selekterede linier, der har bevæget sig ca. 22 genetiske standardenheder, og således vil formentlig alle kyllinger i moderne linier ligge til højre for nævnte middel. Der kan derfor fastslås at være en entydig sammenhæng mellem vækstevne og fitness, forstået på den måde, at for disse selekterede linier vil større vækstevne være forbundet med reduceret fitness.

Blandt de selekterede forældre i linie 67 blev fundet en sammenhæng, der resulterede i en forskel på 0,05 mellem forventet og aktuel selektionsintensitet, men der er intet bevis for, at den fundne sammenhæng er retlinet over hele linies vækstkapacitet. En eventuel kurvilinear effekt af vækstkapacitet på fitness må i følge Falconer (1981) altid give en kurve, der vender sin hulhed nedad, og det betyder, at de anførte 0,05 er et overestimat af den forskel, der vil være

uden selektion for vækst. Man kan derfor beregne den maksimale naturlige selektion, der skyldes differentieret reproduktionskapacitet og livskraft indtil 6 uger, til følgende:

$$\Delta G = h^2 \cdot \sigma_p = -0,05 \cdot 0,4 \cdot 150 = -3 \text{ g.}$$

Af figurerne 3.4 og 3.5 fremgår, at de preselekterede og de aktuelt anvendte avlsdyr fordeler sig på en måde, så det ikke er muligt at tale om, at livskraften i dette livsafsnit (6 uger – 22 uger) afhænger af vækstevnen; derfor er ovenanførte 3 g den maksimale negative effekt pr. generation af den naturlige selektion, sådan som den her er defineret, og disse 3 g udgør kun ca. 10% af den observerede reduktion pr. generation.

Den anden årsag til forklaring af den observerede reduktion med ophør af selektion for vækst er *epistatisk effekt*.

Diskussionen i KAPITEL II afslører, at epistatisk effekt højst sandsynlig udgør en ikke-ubetydelig andel af den genetiske effekt på vækstevne i slagtekyllingepopulationen, selekteret over mange generationer for større vækstkapacitet.

Denne hypotese bygger på adskillige observationer, under hvilke ophør af selektion for vækstevne er resulteret i en reduktion af denne, som er væsentlig større, end naturlig selektion kan forklare. Baggrunden herfor vil være, at selektionen for vækstevne ikke alene ophober en positiv additiv geneffekt, der antages at være stabil, men også ophober epistatisk effekt. Denne ophobning af epistatisk effekt beror på, at visse kombinationer af gener på 2 eller flere loci er specielt gunstige for øget vækstevne; denne særlige effekt er stabil i populationer, hvor de involverede gener opnår fiksering på de respektive loci.

Med to eller flere allelle gener på hvert locus vil der mellem loci opstå koblingsuligevægt allerede efter én generations selektion uanset, om selektionseffekten alene beror på additiv genvirkning eller denne i kombination med epistatisk effekt og uanset, om de betragtede loci ligger på samme kromosom eller ej. Med ophør af selektion og tilfældig parring vil koblingsuligevægten langsomt vende tilbage til en ligevægtstilstand, såfremt etableringen af koblingsuligevægten er sket samtidig med, at selektionseffekten har indeholdt epistatiske elementer, vil disse reduceres i takt hermed.

Det er uhyre vanskeligt at opstille generelle modeller, der er i stand til at beskrive, hvorledes epistatisk effekt er influeret af koblingsuligevægt, dels fordi man kun kan gisne om, hvilke typer af epistaci der er fremherskende, dels at man ikke for husdyrenes vedkommende har haft mulighed for at udskille epistatisk effekt fra andre genetiske effekter (Barker, 1979).

Et eksempel på, hvad der kan ske, vil fremgå af følgende: Antag 2 moderat koblede loci – A og B – hver med 2 allelle gener; A₁-genet har en selektiv fordel, medens de to B-gener er neutrale over for den foretagne selektion, men en sær-

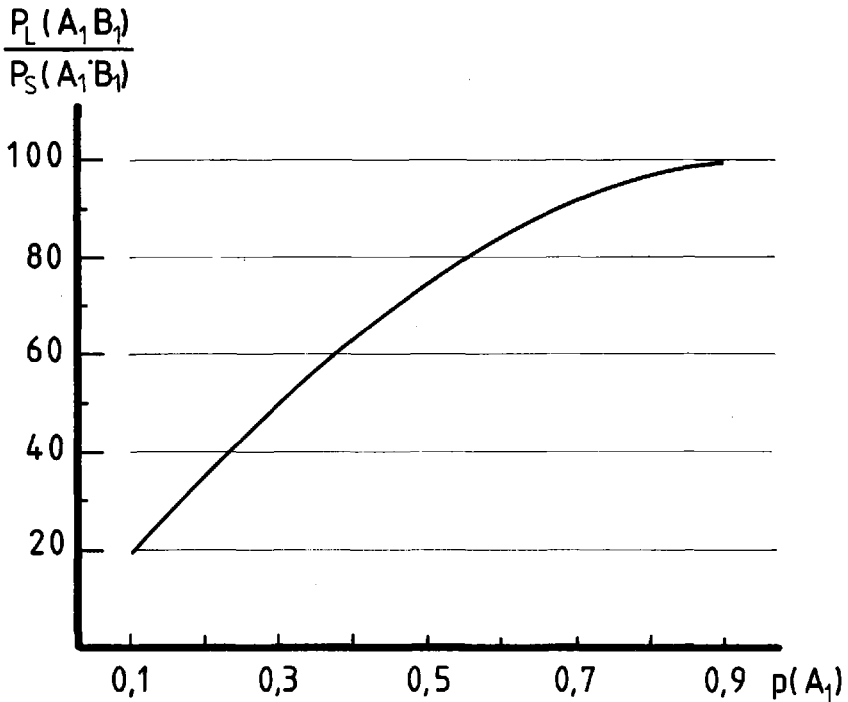


Fig. 6.4 Frekvensen af A_1B_1 gameter ved koblingsligevægt [$p_L(A_1B_1)$] i proportion af samme gamettype ved ophør af stærk selektion [$p_S(A_1B_1)$] som afhængig af frekvensen af A_1 gener [$p(A_1)$].

Frequency of A_1B_1 gamets at linkage equilibrium [$p_L(A_1B_1)$] as proportion of identical gametes at the time of cessation of selection [$p_S(A_1B_1)$] as dependent on frequency of A_1 -genes [$p(A_1)$].

lig kombinationseffekt af A_1B_1 har haft til resultat, at B_1 ved ophør af selektion på gametform kun findes i denne kombination. I fig. 6.4 er vist, hvilken reduktion der sker, når koblingsuligevægten forsvinder efter et antal generationer. Eksempelvis gælder, at for $p(B_1) = 0,5$ og $p(A_1) = 0,6$ vil 75% af alle individer ved ophør af selektion have A_1B_1 -gameten, men denne vil efter indtrådt ligevægt være reduceret til 63% eller 85% af den oprindelige andel. Den gennemførte beregning viser, at under de givne omstændigheder skal man regne med at tabe 25–30% af den eksisterende epistatiske effekt fra ophør af selektion, til koblingsligevægt er indtrådt.

Når det i denne afhandling er følt nødvendigt at diskutere begrebet »epistatisk effekt« så indgående, som tilfældet er, har det sammenhæng med, at der i 2 ubeslægtede linier af slagtekyllinger og med 2 forskellige metoder er fundet forhold, der bedst lader sig forklare med, at disse populationer gennem mange generationers selektion for vækstevne har ophobet en såvel stabil, positiv addi-

tiv geneffekt som en mere labil epistatisk effekt. I KAPITEL II er både den fysiologiske og den populationsgenetiske baggrund for epistaci diskuteret og delvis på baggrund af adskillige observationer af en tilbagegang i vækstevne efter ophør af selektion, som vanskeligt lader sig placere på andre måder.

Det forhold, at der i linie 67 er fundet en betragtelig afvigelse mellem den realiserede heritabilitet og de gennem forældre/afkomsregression og halvsøsken-deanalyse estimerede værdier, antages at skyldes epistatisk effekt (tabel 3.29 og diskussion heraf i afsnit 3.6.2). Baggrunden herfor er en regredering af vækstevnen af en vis størrelsesorden pr. generation som følge af henfald af kombinationseffekt; denne tilbagegang på 20–30 g (jfr. KAPITEL II) skal først indhentes, og det er grunden til, at den realiserede h^2 vil afhænge af selektionsstyrken i linien.

Forudsættes en genetisk variabilitet fra additiv geneffekt og part af epistatisk varians, der kan transmitteres til afkomsgenerationen, svarende til, at $h^2 = 0,4$ og en regredering på 30 g/generation, får man den i fig. 6.5 viste afhængighed af selektionsstyrken.

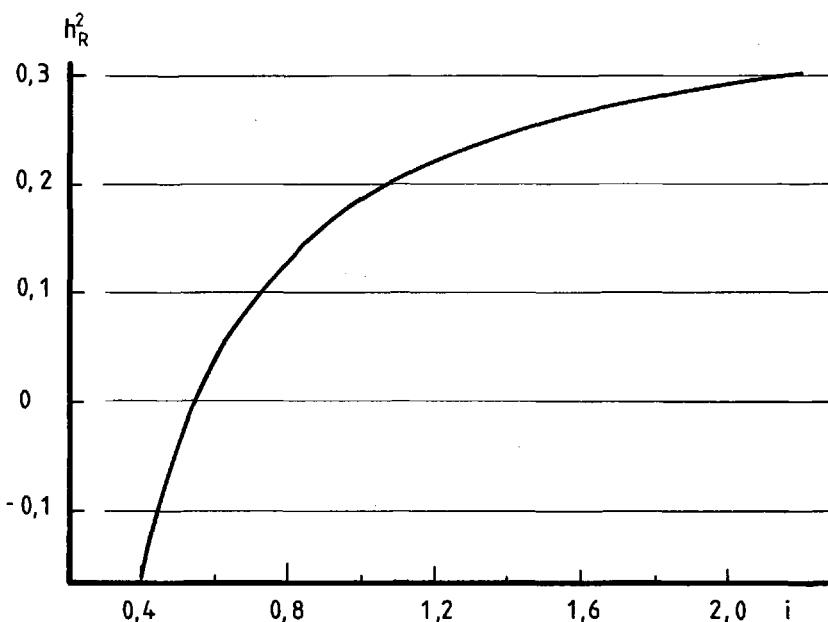


Fig. 6.5 Forventet realiseret heritabilitet (h_R^2) for vægt ved 6 uger, forudsat en regredering på 30 g/generation og et $h^2 = 0,4$ som afhængig af selektionsintensiteten (i).

Expected, realised heritability (h_R^2) for a 6 week body weight assuming a regression of 30 g per generation and $h^2 = 0.4$ as depending on selection intensity (i).

Det fremgår af fig. 6.5, at der skal en selektionsintensitet på $i = 0,5$, for at holde status quo, og at en selektionsintensitet på 1,15 (som er fundet for linie 67) svarer til, at $h^2_R = 0,21$.

Som afslutning på diskussionen om eventuel epistatisk effekt skal pointeres, at der hele vejen igennem er tale om en sandsynliggørelse, hvorimod det ikke er muligt at tale om noget endeligt bevis.

Heritabilitet for vægt i de 3 linier. I tabellerne 3.26–3.29 er anført estimerede værdier af heritabiliteten for vægt ved 6 uger, fundet med forskellige metoder. Regressions- og halvsøskendemetoden er linievis næsten sammenfaldende, og bemærkelsesværdigt er det, at de to linier, holdt under suboptimale forhold, viser estimerer på 0,27 til 0,33, medens linie 67 ligger væsentlig højere (0,44). Denne observation er helt i tråd med den gamle opfattelse, at geneffekten kun slår fuldstændig igennem, når miljøet er optimalt (Hammond, 1947).

Selv om der ofte ses en stigning af variationskoefficienten, når en population bevæges fra optimale til suboptimale forhold (f.eks. linie 66, tabel 3.11), er dette ikke alene forklaringen på lavere h^2 under suboptimale forhold; et væsentligt bidrag kommer også fra den tidligere nævnte vekselvirkning mellem genotype og miljø. Eksempelvis kan man meget vel forestille sig, at de gener, der har speciel betydning for den ekstremt hurtige vækst, ikke manifesterer sig i linie 68 – ganske enkelt, fordi foderrationeringen ikke tillader dette, og hermed er der sket en reduktion af den genetiske variation.

De her nævnte forhold skal suppleres med andre observationer fra litteraturen, idet Marks and Brittan (1978) ved selektion for 8 ugers vægt på kyllinger på 3 forskellige foderproteinniveauer (22, 18 og 14%) fandt en meget reduceret h^2 på det laveste proteinniveau, hvorimod de to øverste var identiske. Det skal tilføjes, at såvel denne som andre lignende eksperimenter (jfr. Sørensen, 1985) er gennemført med kyllinger, der havde en lav vækstenergi, sammenlignet med den i denne afhandling anvendte population. I et af de meget få eksisterende arbejder vedrørende sammenlignende selektion med henholdsvis ad libitum og rationeret fodring fandt Hetzel and Nicholas (1982) på 3–6 ugers tilvæksten hos mus, at h^2 i basispopulationen var 0,33 og 0,22 for henholdsvis ad libitum og rationering, og disse bekræftedes af den realiserede h^2 gennem 7 generationers selektion.

Tvivl om disse forhold skyldes, at det først publicerede arbejde på området (Falconer and Latyszewski, 1952) fandt det omvendte forhold, d.v.s. at det var mest fordelagtigt at selekttere for vækst på, hvad de definerede som restriktiv fodring; efterfølgende studier på svin (Fowler and Ensminger, 1960); rotter (Park et al., 1966); og mus (Korkman, 1961) viste, at heritabiliteten for kropvægt eller tilvækst konsekvent var større, når der anvendtes et ad libitum system uden restriktive elementer. Den sandsynligste årsag til den signifikant lavere realiserede heritabilitet i linie 67 er allerede diskuteret i afsnittet om epi-

statisk effekt; her skal blot tilføjes, at for de to linier, selekteret under suboptimale forhold, er der stor overensstemmelse mellem h^2 og det gennem variansregressionsanalyse fundne estimat.

Problemer ved estimering af h^2 i selekterede populationer. Beregning af skøn for h^2 , som den gennemføres i KAPITEL III for vækstevne ved hjælp af forældre/afkomsregression og søskendeanalyser, lider under det forhold, at forældrene er stærkt selekterede for den egenskab, for hvilken der estimeres h^2 . For begge metoders vedkommende er konsekvensen, at fejlvariansen på estimatet forøges betydeligt; endvidere er h^2 gennem søskendeanalysen underestimeret, fordi den genetiske variation, som estimeringen baserer sig på, er den selekterede gruppe af forældre. Med henblik på at rette denne underestimering er udarbejdet et sæt korrektionsfaktorer for henholdsvis halv- og helsøskendeanalyser (Appendix C); disse forudsætter imidlertid ren additiv genvirkning, og meget tyder på, at helsøskendeanalysen inkluderer såvel dominans som epistatisk effekt.

Konklusion er derfor, at forældre/afkomsregressionen må anses at være den bedste metode til estimering af h^2 , når forældrene er selekterede, fulgt af halv-søskendeanalyse, når blot man foretager den tilbørlige korrektion. Helsøskendeanalysen må frarådes anvendt og ligeledes den hierarkiske analyse, fordi det er umuligt at adskille far- og moreffekter. Sluttelig skal tilføjes, at forældre/afkomsregressionen kan forbedres meget væsentligt ved at lade nogle få fædre/mødre blive repræsenteret med afkom fra den dårlige ende; herigennem ville K i tabel 3.25 blive reduceret meget betragteligt.

Kemiske og anatomiske ændringer. Det er uhyre vigtigt ved eventuelle ændringer af enten selektionskriteriet eller det miljø, i hvilket selektionen foregår, at være opmærksom på, om ændringer sker, der kan betyde en forringelse af kvaliteten af slagtekroppen.

Fedningsgraden. Det er allerede meget indgående diskuteret, at selektion for vækst under fodringsforhold med lavt proteinniveau forøger den genetiske kapacitet for aflejring af fedt, og det er mindre sikkert vist, at linie 68 er en smule mindre fed end linie 67. Bugfedtet udgør et særligt problem, fordi det delvis fjernes under slagteprocessen og er derfor med til at påvirke slagteudbyttet; det kunne i den sammenhæng være nyttigt at vide, at der er en svagt kvadratisk sammenhæng mellem proportionen af bugfedt og den totale mængde fedt, også udtrykt som proportion af kropvægt (fig. 4.17); f.eks. vil en forøgelse af bugfedt fra 2 til 3% af levende vægt betyde, at det totale fedtindhold stiger fra 13,7 til 17,0, d.v.s. at 30% af det ekstra aflejrte fedt i dette interval er bugfedt, og at dette stiger til 40% i det efterfølgende interval, men var 24% i intervallet fra 1 til 2% bugfedt.

Protein, vand og fedt. Forannævnte udgør tilsammen ca. 97% af kyllingen ved 1500 g levende vægt. Fedtindholdet kan variere meget betydeligt, og det er

da sådan, at en enheds ændring i fedtprocent i gennemsnit fordeles med 2/3 på vandindhold og 1/3 på proteinindhold. Justeres de gennem kemisk analyse fundne indhold til samme fedtindhold, finder man en kønsforskel på 1,3%, hvad angår protein, således at hønekyllinger aflejrer 1,3% mere protein end hane-kyllinger, men også en linieforskel optræder og således, at linie 66 aflejrer 0,6% mere protein end linie 67; begge forskelle er fundet at være statistisk signifikant. Det bør også nævnes, at stigende proteinindhold i foder forøger proteinaflejringen, men mindre sikkert end i de 2 førstnævnte tilfælde. Ved vurdering af proteinindholdets variation skal man være opmærksom på, at fjerdragten spiller en ikke-uvæsentlig rolle, da den udgør ca. 3% af levende vægten (tabel 4.21), hvoraf hovedparten er protein, så at omkring 1/6 af det aflejrede protein hidrører fra fjerdragten.

På tidligere alderstrin udgør vandfraktionen 3–4% mere, hvilket fremgår af tabel 5.9, hvor kyllinger ved 20 dage på normalt foder aflejrer protein, svarende til 16,73% mod 18,21% ved 40 dage. En del af denne forskel skyldes formentlig en meget svag befjering ved 20 dage; fedtfraktionen er ligeledes 1,5% mindre ved 20 dage. Linie 66 udgør dog også her en undtagelse, da disse kyllinger allerede ved 20 dage har en fedtningsgrad på samme niveau som ved 40 dage, når de fodres med et lav-proteinholdigt foder.

Parteringsandele og slagteudbytte. I tabellerne 4.12–4.14 og figurerne 4.12–4.13 er der givet en fremstilling, der viser, at de to linier, selekteret under suboptimale forhold, tabte en smule i forhold til linie 67. For linie 68 tyder noget på, at den reducerede fedtandel har givet et lidt højere slagteudbytte, men samtidig et lidt skarpere bryst, hvilket har forøget frekvensen af kyllinger med brystblærer.

Sammenligning af linierne 66 og 67 ved samme vægt viser, at linie 66 har en statistisk sikker mindre andel af underlår. Brystkødets andel af opskåret kylling viser nogle tendenser, der kan tolkes på den måde, at linie 67, fodret med normalt proteinniveau i foder, har en tydelig større andel brystkød end linie 66, der til gengæld på det nærmeste er omvendt på lavt proteinniveau, således at linie 66 kyllinger har større andel brystkød end linie 67. Med lineær regression af % brystkød på foderets proteinindhold får man, at for hver gang, proteinindholdet reduceres 10%, reduceres brystkøandelen med 0,24%, medens det tilsvarende tal er 0,45% for linie 67. I samme analyse (tabel 4.14) er fundet en meget sikker vekselvirkning mellem køn og linie, hvad angår andel af underlår og mindre, men stadig signifikant, hvad angår brystkød. Ved nærmere analyse (fig. 4.13) viser det sig, at de to køn er mere ens i linie 66 end i linie 67, og i følge Moran (1981) er det kønsforskellen for linie 67, der er mest almindelig at finde.

Foderudnyttelse. Ved en umiddelbar sammenligning af figurerne 2.3 og 2.4 får man det indtryk, at »vækstevne« er behæftet med langt færre ikke-kontrollede ændringer end foderudnyttelsen. Om årsagerne hertil kan man kun gisne, og det ligger uden for denne afhandlings område at gå i detaljer herom, men

konsekvenser er, at der overalt i afhandlingen er afstået fra at sammenligne foderudnyttelsesinformationer over generationer.

Gennem hyppige målinger/vejninger af det individuelle foderforbrug samt kropvægten er det muligt at få en indsigt i forhold vedrørende foderoptagelse og -effektivitet, som man ellers ingen mulighed har for at få; og dette er grundlaget for de eksperimenter, der ligger bag KAPITEL V. Der er allerede gjort brug af informationerne fra dette kapitel i betydeligt omfang i den foregående diskussion; tilbage står nogle få ting, der ønskes nærmere behandlet.

Med de statistiske analyser af sammenhængen mellem fodereffektivitet (FE) og henholdsvis daglig tilvækst og daglig foderoptagelse ses en korrelation på +0,5 mellem daglig tilvækst og FE, medens den kun er svagt positiv mellem daglig foderoptagelse og FE (tabel 5.18).

For at bryde de autokorrelationer, der ligger mellem daglig tilvækst og daglig optagelse, er foretaget en simultan regression af såvel disse to som fedningsgrad på FE, som derpå er standardiseret og sat op i et path-diagram; herigennem ses, at de to variable har en nogenlunde lige stor direkte indflydelse på FE, som man også skulle forvente – dog således, at daglig tilvækst determinerer 50% mere af FE end daglig optagelse.

Fodereffektivitet forringes med stigende alder, og da kyllingernes slagtealder på langt sigt styres af deres vægt, er det mest hensigtsmæssigt at sammenligne ved samme vægt, derfor er der beregnet et FE_v til samme vægt (1200 g). En anden måde at eliminere effekten af alder fra FE er at subtrahere den del af foderet, der kan beregnes at udgøre vedligeholdelsesandelen fra det optagne foder og herefter beregne et FE_{ved} , der skulle være uafhængig af vedligehold. Intet af de 2 omregnede udtryk for fodereffektivitet giver dog afgørende andre sammenhænge.

Det fremtidige avlsarbejde med slagtekyllinger. I denne afhandling er kun behandlet en lille del af de mere end 20 egenskaber (Sørensen et al., 1982), der indgår i et moderne avlsprogram for slagtekyllinger, men denne lille del udgjorde kvantitativt mere end halvdelen af det samlede selektionstryk og forventes også fremover at ville spille en betragtelig rolle; derfor forekommer det hensigtsmæssigt også at udstrække diskussionen af afhandlingens resultater og analyser til, hvilken indflydelse disse må forventes at få på den løbende diskussion om justeringer af avlsprogrammet for slagtekyllinger.

Det forhold, at den genetiske variabilitet for vækstevne ikke synes at være blevet nævneværdig formindsket, er ved første øjekast en tryghed, der imidlertid lider nogle skår med informationen om, at den opnåede vækstevne i et vist omfang er labil og derfor kræver et »vedligehold«. Dette problem gælder ikke mindst opformeringsleddene, der i slagtekyllingeavlens oftest udgør 3 generationer, hvorfor de stærkest selekterede linier godt kan risikere at tabe 60–100 g i vækstevne, såfremt der ikke foretages en vis grad af selektion også i disse led.

Det eksperimentelle forsøg på at fremavle vækstevne under andre miljøfor-

hold end de for tiden anvendte viste, at der, dels blev genereret ny genetisk variation, dels at den labile epistatiske effekt var opløst. Det ekstreme miljø, der blev anvendt, skal man nok ikke i praktisk avl begive sig ud i, med mindre der i produktionen stilles krav, der kun kan honoreres på denne måde; derimod vil det på langt sigt være en fordel at »pendle« mellem flere miljøforhold for at skabe ny genetisk variation og for at reducere den ustabile epistatiske effekt. Med flere miljøforhold tænkes her i meget brede vendinger; et oplagt område ville være at selekttere for vægt ved en anden alder end den gennem adskillige år anvendte 6 uger.

Uanset, hvordan man vender problemet, må det erkendes, at selektion for større vækstevne i hovedsagen gennemføres for at reducere foderudnyttelsen, og det er meget klart dokumenteret, at på et eller andet tidspunkt vil det være mere fordelagtigt direkte at selekttere for foderudnyttelse. Samtidig med ophør af selektion for vækstevne slipper man også nogle af de uheldige følger af den større vækstenergi, der i de senere år har meldt sig med stigende styrke.

Pym og James (1979) foretog en sammenligning af de økonomiske konsekvenser af fortsat avl for vækstevne med et index af følgende udseende:

$$I = \text{Vægt} - k \times \text{foderforbrug}$$

I en maksimeringsprocedure fandt man en »k« faktor på 0,3 ved almindeligt accepterede parameterværdier og endvidere, at dette indeks forøgede den økonomiske gevinst i avlsarbejdet med 20%, sammenlignet med konventionel avl for vækst; men dette betød samtidig, at forøgelsen af vækstevne ville blive reduceret med 30%, hvorimod foderoptagelsen skulle forblive status quo.

Man skal også være opmærksom på en vekselvirkning mellem driftform og genotype, som i nærværende undersøgelse var ret høj, derfor vil et avlssystem, hvori alle kyllinger prøves i enkeltdyrbure, være uheldigt, såfremt der ønskes en vis form for selektion for vækstevne. Der er yderligere en alvorlig vanskelighed i at skifte avlsmålet så drastisk, og det ligger i den allerede i KAPITEL I nævnte fremmedgjorthed, som slagtekyllingeproducenterne har over for avlsarbejdet; de har gennem flere årtier været så vant til, at kyllingerne voksede en smule hurtigere for hvert år (jfr. fig. 2.3), at de vil få vanskeligt ved at omstille sig til at skulle vurdere effekten af avlsarbejdet på grundlag af foderudnyttelseskurver, der ligner fig. 2.4.

Det vil naturligvis også være vanskeligt for en avlsvirksomhed at leve med, at der tilsyneladende ikke kan registreres nogen effekt af det gennemførte avlsarbejde i 4 år, sådan som tilfældet var i to 4-årsperioder i 70-erne.

Lad disse tre nævnte forhold stå som eksempler på områder, der vil indgå i den løbende diskussion om avlsmål, og samtidig slutte dette afsnit med en liste af kendsgerninger, der fremgår af afhandlingen, og som det ligeledes vil være nyttigt at vide under fastlæggelse af avlsmål og løbende justering af avlsplanen.

Den i KAPITEL II gennemførte analyse af avlsarbejdet med slagtekyllinger kan sammenfattes i følgende:

- a) Vækstevnen er forøget med en faktor 2,3
- b) Fodereffektivitet er næsten fordoblet fra 0,33 til 0,60
- c) Reproduktion (æggydelsen) faldt jævnt til under 100 æg/høne i 1969/1972, hvorefter den efter fælles indsats af management og avl steg til over 150
- d) Kropform og kvalitet af slagtekrop er meget forbedret i de seneste 10–15 år

Den genetiske analyse af disse forhold viser:

- 1) Næsten uændret genetisk variabilitet for hovedegenskaben »vækstevne«
- 2) Labilt niveau af vækstevne på grund af antagonistisk rettet naturlig selektion og epistatisk effekt, som uden selektion medfører en tilbagegang på 20–30 g/generation af 6 ugers vægten
- 3) Stigende problemer med antagonistisk forbundne egenskaber f.eks. æglægning, brystblærer, bensvaghed
- 4) Aftagende merudbytte ved selektion for stigende vækstevne gælder uanset slagtevægt
- 5) Større krav til foderets næringskoncentration.

Fra de efterfølgende kapitler kan suppleres med:

Genotype/miljøvekselvirkning – let at introducere

Selektion for vækstevne på foder med lavt proteinniveau introducerer overfedme

Fedningsgraden kan reduceres ved:

Selektion direkte for mindre fedt

Selektion for bedre foderudnyttelse

Selektion for høj vækst under rationeret fodring

Reduktion af depotfedt har næsten ingen indflydelse på muskulært fedt

Selektion for vækst i et andet miljø kan (måske) eliminere den ophobede epistatiske effekt og give en større fremgang end ved fortsat avl i samme miljø

Heritabiliteten for vækst er over 0,30

Vekselvirkning på vækstevne er fundet mellem genotype og driftform (gulv eller bure)

Indavlseffekt eksisterer selv på populationer med meget svage stigninger og på egenskaber; for vægt ved 6 uger er den –2% pr. 10% stigning i F

Genetisk korrelation mellem vækstevne og æglægning er –0,30

Estimering af genetiske parameter i selekterede populationer gøres bedst ved forældre/afkomsregression.

7 Sammendrag

I KAPITEL I er som introduktion til afhandlingen anført en række af de kræfter, der har virket i et samspil, og som har givet avlsarbejdet dets nuværende struktur. En vis fremmedgjorthed over for avlsarbejdet synes at gøre sig gældende blandt fjerkræproducenter, dels som følge af den meget kraftige strukturrationalisering, der betyder, at der er lang vej fra avlscenter til producent, dels fordi producenten ikke har fået nævneværdig andel i den gevinst, der er en følge af avlsarbejdet, fordi hovedparten er overført til hele samfundet i form af lavere priser.

Teorien bag den kvantitative genetik, kombineret med elektronisk databehandling, har i de seneste 30 år givet mulighed for en næsten eksplosionsagtig ændring af de populationer, der anvendes til produktion af slagtekyllinger. Denne udvikling har en pris, der kort kan formuleres i 3 punkter:

1. Stigende krav til foderets indhold af essentielle næringsstoffer samt miljø i øvrigt.
2. Det aftagende merudbyttes lov gør sig gældende på den måde, at uændret indsats for at forøge vækstevnen resulterer i et stadig mindre merudbytte
3. Omfanget af uheldigt forbundne egenskaber tager til både i antal og styrke.

Afhandlingen er centreret om et selektionseksperiment, der belyser væsentlige aspekter af førstnævnte punkt; forskellige aspekter af punkt 2 er diskuteret, og eksperimenter er gennemført med henblik på at anviser alternative selektionskriterier. Reproduktion og fedningsgrad er typiske eksempler på egenskaber med negativ effekt som følge af den stærkt øgede vækstevne.

I KAPITEL II er foretaget en analyse af det avlsarbejde, der er gennemført med slagtekyllinger over en periode på 25 år. Specialiseret avl for slagtekyllingeegenskaber påbegyndtes i midten af 50-erne og var fordelt på ca. 30 avlscentre. Over de næstfølgende 15 år reduceredes dette antal til kun ét avlscenter, der til gengæld havde kapacitet til at dække landets behov på omkring 80 mill. kyllinger/år. I det efterfølgende årti gennemførtes et yderst intensivt avlsarbejde, der resulterede i, at man i begyndelsen af 80-erne havde et avlsmateriale af så høj en kvalitet, at det gennemførte avlsarbejde dannede grundlag for det dobbelte af produktionen i Danmark, da avlsdyr (forældre- eller bedsteforældredyr) eksporteredes til et meget stort antal lande jorden over.

Officielle afprøvninger af slagtekyllingernes vækst, foderforbrug og slagtekvalitetsegenskaber er blevet gennemført siden 1955 på skiftende steder indtil 1965, hvorefter alle prøver er blevet gennemført på Afkomsprøvestationen for

Slagtekyllinger, Favrholm, og slagte kvalitetsbedømmelsen på Forsøgssjækræslagteriet FAVRHOLM siden 1968. Indtil omkring 1970 var det, som navnet antyder, en afkomsprøve af avlshaner. I årene 1966 til 1973 skete en gradvis overgang til liniekombinationsprøver, og den sidste afkomsprøve afvikledes i 1974.

I begyndelse af tresserne oprettedes en karantænestation for at lade indslusning af udenlandsk avlsmateriale foregå på betryggende vis. Samtidig opførtes en helt ny avlsstation ved Middelfart, hvortil nyt avlsmateriale overførtes og viderefordeltes til avlerne efter grundig afprøvning. Der er til stadighed blevet foretaget import af avlsmateriale fra udlandet, dels for at sikre kontrol med kvaliteten af det danske avlsarbejde, dels for at have en større genetisk bredde i genbanken af udviklingslinier.

Udviklingsforløbet for de populationer af høns, der er anvendt til produktion af slagtekyllinger, er vist for hele perioden 1958/1983 for egenskaberne: Vækstevne og foderudnyttelse og i delperioder for slagte kvalitet og ægproduktion. Vækstevnen er mere end fordoblet, således at 1400 g levende vægt i 1984 blev opnået på 33 dage mod 80 dage i 1958; samtidig er foderforbruget pr. kylling reduceret fra mere end 3 kg til omkring 1,9 kg foder/kg kylling. Brystkødets andel af slagtekroppen synes forøget med ca. 4% til 22%, og over en periode på 15 år er brystvinklen forøget fra 75° til 85°. I begyndelsen af 70-erne var den gennemsnitlige ægydelse for de høner, der anvendtes til produktion af rugeæg, dalet til lidt under 100 æg pr. høne, men gennem fælles anstrengelse af avlerne og rugeægsproducenterne forøgedes denne til over 150 æg pr. høne.

I perioden 1974-80 blev fundet, at HPR-linierne på Strynø, hvad angår vækstevne, udviste en realiseret heritabilitet på 0,32, medens den tilsvarende parameter for HC-linierne i gennemsnit var 0,30.

Med forholdsvis simple overvejelser er det sandsynliggjort, at en konstant forøgelse af vækstevnen med f.eks. 50 g/år ved samme slagtevægt gradvis reducerer merudbyttet; over en periode på 10 år – fra 1974 til 1984 – er denne reduktion beregnet at være 25%; dette merudbytte fremkommer som mindre forbrug af foder til vedligehold samt mindre husleje. Iagttagelse af foderudnyttelse i den betragtede periode viser en udvikling, der er gunstigere end forventet.

Gentagne observationer viser, at den betragtelige forøgelse i vækstevne, der er opnået i slagtekyllingepopulationerne, ikke er stabil, eftersom der kan iagttages en reduktion af 40-42 dages vægten på 20-30 g pr. generation over nogle generationer, når selektionspresset på vækstevne ophører. Blandt mulige årsager til den manglende stabilitet peges især på, at dele af den genetiske effekt, der ligger bag den forøgede vækstevne, er af ikke-additiv natur, og meget tyder på, at epistatisk effekt i kombination med koblingsuligevægt spiller en ikke-uvæsentlig rolle.

De populationer af høns, der anvendes til produktion af slagtekyllinger, har

i 1984 en vækstevne, der, sammenholdt med de ikke-selektede racer, hvorfra de udspringer, viser, at forædlingen har ændret dem med 22 genetiske standardenheder. Det forhold, at den genetiske variation kun i begrænset omfang er reduceret, tages som udtryk for, at den genetiske variabilitet, der var til stede i grundpopulationerne, er blevet suppleret med ny genetisk variation.

I KAPITEL III beskrives et selektionsforsøg, der løb over 7 generationer med 3 linier, afledt fra samme population. Selektionsforsøget påbegyndtes i 1974 på Avlsstationen STRYNØ, og grundpopulationen havde en vækstevne, svarende til den, der på det tidspunkt var gældende for de kommercielle handelskyllinger. De 3 linier selekteredes alle for høj vægt ved 40 dages alder, informationskilder var udelukkende egen »performance«, og eneste forskel på linier var:

Linie 66 havde fri adgang til et foder med reduceret proteinindhold

Linie 67 havde fri adgang til et normalt foder

Linie 68 havde grupperationering med et normalt foder.

Som kontrol af miljøbetingede variationer mellem generationer benyttedes de samtidige udviklingslinier på stationen. Kemisk analyse af det anvendte foder viste et energiindhold og et råproteinindhold, der svarede til det forventede indhold for hver af de to anvendte foderblandinger.

Selektionsintensiteten var i gennemsnit af syv generationer 1,10–1,17 for de 3 linier, beregnet på grundlag af selektionsdifference, vægtet med antal afkom, og som simpelt gennemsnit af køn.

Variationskoefficienten for haners vægt stiger, og proportionen af vægten af høne- og hanekyllinger reduceres, når miljøet afviger fra det optimale. Den genetisk betingede forøgelse af vægt ved 6 ugers alder, udtrykt som regressionen af generationsmiddel på den akkumulerede selektionsdifference, er fundet at være 0,30, 0,18 og 0,23 for linierne 66, 67 og 68, og i alle 3 tilfælde statistisk signifikant forskellig fra *nul*. Standardfejlen, anvendt til gennemførelse af nævnte test, er sammensat af en part, der skyldes de observerede generationsgennemsnits afvigelser fra regressionslinien, og en særlig del, der skyldes, at de fundne punkter ikke er uafhængige. Denne rest, der skyldes genetisk driftvarians, udgør 5–15% af den totale fejlvarians for regressionslinierne.

Metoder til beregning af indavl og genetisk drift i ikke-ideale populationer er diskuteret. Med P-generationen som basis blev fundet en gennemsnitlig stigning i indavlsgrad på 0,82% til 0,95% pr. generation, beregnet på grundlag af stamtavler og med korrektion for manglende aner.

Til trods for den beskedne stigning i indavlsgrad var der dog en så tilpas stor individuel variation i indavl, at det var muligt at beregne en indavlsdepression. På grundlag af 7.000 kyllinger med fri adgang til foder er der for 40 dages vægt

fundet en vækstreducerende effekt på 32 g pr. 10% stigning i indavl. Afkomets indavl reducerer klækbarheden med 2–10% pr. 10% stigning i indavl, medens mødrenes indavl via maternal indflydelse ikke synes at berøre klækbarheden. Ægvægt og høners udvoksede vægt reduceres med ca. 2% pr. 10% stigning i indavl, medens læggeprocent reduceres med 5 procentenheder, og kønsmodenheden forsinkes i 3 dage.

Det effektive populationstal, der danner grundlag for beregning af genetisk driftvarians, er fundet at ligge mellem 60 og 70 for de 3 linier, sammenholdt med ca. 85%, hvis der havde hersket idealtilstande.

Estimering af graden af arvbarhed for vægt ved 40 dages alder er foretaget under anvendelse af tre metoder. Estimer af h^2 på grundlag af variansanalyse af forældreffekter er korrigeret for de selekterede forældres mindre genetiske variation; således korrigeret er skøn for h^2 , beregnet på grundlag af far-effekter i en halvsøskendeanalyse, fundet at være tæt på 0,3 for linierne 66 og 68, medens linie 67 lå på 0,44.

Tilsvarende værdier blev opnået med afkom-forældre regression. Den realiserede heritabilitet for linierne 66 og 68 var tæt på de 0,3, medens den for linie 67 var signifikant lavere end estimerterne for h^2 , fundet ved variansanalyse og afkom-forældre regression. For linier 67 og 68 er der fundet en signifikant kønsdimorfi, hvad angår h^2 , idet hønekyllingerne har den højeste værdi. Medens den materielle effekt synes uden betydning, tyder meget på, at helsøskendestimatet af h^2 indeholder en betydelig dominanseffekt, ligesom genotype-generationsvekselvirkningen reducerer afkom-forældre regressionens estimat for h^2 . Endelig tyder meget på, at de genetiske effekter i linie 67 i nogen udstrækning er baseret på epistasi.

I KAPITEL IV foretages en nærmere analyse af de korrelerede ændringer som følge af selektion for vækst i forskellige fodringsmiljøer. Ved prøve 79-3 på Afkomsprøvestationen for Slagtekyllinger, Favrholm, blev linierne 66 og 67 afprøvet for vækstevne m.m.; linierne var på afprøvningstidspunktet i 6. generation af selektionsforsøget. Det fodringsmæssige grundlag var isokaloriske foderblandinger, der varierede i proteinindhold, svarende til, at de mest begrænsende aminosyrer var til stede i koncentrationer på fra 60 til 110% af behovet. På alle alderstrin er der ved udjævning med et 2. grads polynomium fundet et maksimumpunkt for vægt, der svarer til den proteinkoncentration, der giver maksimal vækst. For hanekyllinger var der en tydelig, men dog insignifikant forskel på linier, hvad angår maxima, idet toppunktet for linie 67 konsekvent lå 8–30 g råprotein/10 MJ OE højere end linie 66.

Alderen ved 1550 g levende vægt varierer omvendt proportionalt med foderets proteinkoncentration; i det undersøgte område steg alderen for linie 67 med 34% (fra 38 til 52 dage), hvorimod den tilsvarende stigning for linie 66 kun

var 16% (fra 39 til 46 dage). »Foderudnyttelse« efter subtraktion af forventet energibehov til vedligehold er analyseret såvel i relation til varierende protein-koncentration i foder som til linier; større fedningsgrad kan i hovedtrækkene gøre rede for den fundne effekt på »Foderudnyttelse«. Der er indikation for, at haneekyllinger har et større energibehov til vedligehold end høneekyllinger.

Slagtekvantitet er undersøgt i 2., 4. og 5. generation, hvad angår brystvinkelmål og karakter for helhedsindtryk, og der var en insignifikant tendens mod, at linie 67 havde både højere vinkelmål og en bedre karakter end de to øvrige linier. Under forannævnte prøve 79-3 blev 12 kyllinger fra hvert rum parteret, og herunder viste det sig, at linie 67 havde en større procentandel underlår og, hvis fodret med normalt foder, tillige en større andel brystfilet.

Kyllingernes fedningsgrad er undersøgt, dels gennem vægtbestemmelse af bugfedt, dels gennem æterekstraktion af den aflivede og homogeniserede kylling. Relationen mellem de to mål er non-lineær, hvilket fremgår af, at bugfedt ved lave fedningsgrader udgør 12–14% af den totale fedtmængde, medens bugfedtet hos fede kyllinger udgør over 20%. Linie 66 viser en markant større fedt-aflejring, der kvantitativt er i størrelsesorden 2–3 procentenheder større end for linie 67 i 6. generation. Linie 68 har en tendens til lidt mindre fedningsgrad end linie 67. Hver gang foderets råprotein-koncentration reduceres med 10 g/10 MJ OE, stiger kyllingens totale fedtindhold med 1 procentenhed og aflejringen af bugfedt med ca. 4 g for en kylling, der vejer 1,5 kg.

Korrigeret af kyllingens vand- og proteinindhold til samme fedtindhold viser, at linie 66 har en signifikant større proteinaflejring end linie 67, og dette gælder ligeledes for høneekyllinger, sammenholdt med haneekyllinger. Stigende proteinkoncentration i foder øger kyllingens proteinindhold. Selv efter korrektion til samme fedtindhold viser haneekyllinger et signifikant større vandindhold, medens hverken linie eller foder viste nogen indflydelse herpå.

I brystmuskulaturen fandtes 2% fedt og 24% protein, og der var ingen sammenhæng mellem brystmuskulaturens fedningsgrad og dyrets generelle fedningsgrad.

Befjeringsgraden for linie 66 syntes lidt mindre end for linie 67.

Kyllinger fra linie 68 tilbringer væsentlig mindre tid ved fodertruget (7% af observationstiden) end kyllinger fra linie 67 (15,2%), hvilket er statistisk signifikant, og som direkte sættes i forbindelse med den særlige selektionsprocedure i linie 68, således at denne linie simultant er selekteret for højere vækstevne og større ædehastighed.

Læggeintensiteten, målt som læggeprocent i 19 uger fra det første, lagte æg, viser for linie 67 et fald på 7 procentenheder, svarende til en genetisk korrelation mellem vægt ved 40 dage og læggeintensitet på $-0,25$. De øvrige to linier viser ingen tilsvarende sammenhæng.

Linie 68 viser en i forhold til linie 67 stærkt forøget ægvægt, der i sidste gene-

ration var 6 g, og der antydes, at dette kunne bero på en major geneffekt. De store æg i linie 68 knyttes sammen med en lavere klækbarhed og mindre livskraft i 1. levedage, sammenlignet med linie 67.

I KAPITEL V beskrives udviklingen af et buranlæg til måling af individuel foderoptagelse for kyllinger i aldersintervallet 18–40 dage. Efter forskellige justeringer af foderforbruget blev foderspildet reduceret så meget, at mindre end 10 kyllinger ud af 2.000 havde et spild, der oversteg 1,5% af den optagne fodermængde.

I 4 afprøvninger af de i kapitel 3 anførte tre linier i deres 6. og 7. generation af selektionsforsøget er i alt blevet afprøvet ca. 1.900 dyr. Med henblik på kemisk analyse af kroppens sammensætning er undersøgt ca. 250 kyllinger, og gennem anatomisk undersøgelse er der på 487 kyllinger målt længde af tyndtarm samt vægt af hjerte og lever. Overgang fra gulv til bure ved 18–20 dages alder skete uden afbæk i væksten, hvorimod der ses en reduktion i væksten i de sidste 3–5 dage i bursystemet, sammenholdt med ordinær gulvdrift.

Den individuelle variation i foderudnyttelse, udtrykt som standardafvigelse, fandtes at være 0,16 kg foder pr. kg tilvækst; lidt højere for hanekyllinger end for hønekylinger og konsekvent lavere for linie 66, sammenholdt med linie 68. Den kemiske sammensætning af kyllingen, bestemt ved henholdsvis 20 og 40 dage, viser stigende indhold af såvel fedt som protein med alderen (1,5 – 2,0 procentenheder for begge komponenter); dette gælder dog ikke linie 66, der allerede ved 20 dage har en meget høj fedtningsgrad.

Indre organers størrelse er anført absolut og som relativ til vægt. De to linier 67 og 68 øver ingen indflydelse, medens der er en signifikant effekt af køn på såvel hjertets vægt som på vægten af indmad + tarmsæt, begge dele er relativ til kropvægten, idet hjertet hos hanekyllinger er relativt større end hos hønekylinger, medens det forholder sig omvendt, hvad angår indmad + tarmsæt. Linie 66 er fundet at have signifikant mere levervæv, samt at dette ikke skyldes fedtlever.

Samvariationsanalyser mellem forskellige mål for fodereffektivitet og relativ vægt af lever og længde af tarm viser, at intet af disse organmål har nogen indflydelse på effektivitet i omsætningen af foder, derimod er der en overbevisende negativ korrelation mellem fodereffektivitet og mængden af bugfedt.

Samvariationen mellem vægt ved aflivning og fedtindhold, udtrykt som procent, er nul, når effekten af køn, foder og linie er fjernet.

Heritabiliteten for daglig foderoptagelse er fundet at være 0,3, medens de 3 mål for fodereffektivitet har en heritabilitet på 0,25 til 0,31; for bugfedtmængde, tarmlængde, lever- og hjertevægt er fundet en h^2 på 0,19; 0,49; 0,31 og 0,16.

Der synes at være en betydelig vekselvirkning mellem genotype og driftform (gulv versus bure), da den genetiske korrelation på vægt, målt i de to driftformer, var 0,26 med en standardafvigelse på 0,25.

8 Summary

Study of the effect of selection for growth in meat type chickens

Chapter I

Introduction

When discussing the objectives to be set for broiler breeding programmes in the context of the successes achieved in breeding over the past thirty years, there are 3 central issues to be considered:

- 1) Increasing demands on the environment,
- 2) The law of diminishing returns, and
- 3) The accumulating impact of negatively correlated traits.

The *first central issue* concerns the complex of problems arising from the general condition that better performance demands a better environment, the latter term being used in its broadest connotation. Expressed in slightly simplified form, the highly important environmental factor which feedstuffs represent can be divided into a fraction required for maintenance and the remainder for actual production, i.e. deposits of water, protein, fats and minerals. During the earliest growth phase, when gain consists mainly of water and protein, the requirement for the composition of the "production feed" is greater than for the maintenance feed simultaneously provided. The high requirement for composition of the (production) feed refers in particular to the amino acid/protein content, but probably also applies to a number of mineral substances embedded in bones.

Considered in an evolutionary perspective, the domestic hen may be regarded as deriving from ancestors which have adapted to ecological niches in which they have managed to survive on feed with a considerably lower protein content than that which is currently regarded as optimal.

There is ample documentation to show that in hens there is a heritable variation in protein conversion. Thus if in these original hen populations there has been no fixation of genes with coding for maximal protein conversion, it must be assumed that the genes with coding for a poorer protein conversion are in some other respect valuable for the population.

Selection for higher weight gain in an environment which ensures maximal growth is not in any sense a means of preference for genes with coding for maximal protein conversion, as protein is available in ample quantities, and the

evolutionary aspect referred to can very well be the factor causing genes with coding for a poorer protein conversion to be preferred. Thus in all probability the result will be populations which place constantly increasing demands on the feed, if their genetic capacity for growth is to be fully exploited. Another factor to be feared is that the reaction against feed with reduced nutrition value will be far greater. These perspectives formed the basis of a selection experiment commenced in 1974 at Strynø Poultry Breeding Station in Denmark. Detailed descriptions and analyses of this experiment, which was concluded in 1982, are presented in Chapters III and IV.

The general impression prevailing among broiler producers that the quality of breeding stock is closely related to growth rate exerts considerable pressure on breeders, who feel obliged to remain competitive by offering day-old chicks with constantly increasing genetic capacity for growth. In this situation it is easy to ignore the *second central issue*, as – in the short term – it can hardly be registered: each generation in a breeding programme represents a reduction of the gain in yield. This question is discussed in Chapter II.

The *third central issue* is apparent in many contexts, but is most clearly evident as the consequence of the relationship between growth rate and appetite in breeder stock, which have, of course, also a voracious appetite. These birds would grow into amorphous mountains of fat, if allowed access to all the food they could consume. It is thus necessary to subject these birds to an especially restrictive feed allocation if reasonable reproduction traits are to be achieved. This issue is dealt with in Chapter V.

Chapter II

Analysis: 25 years of genetical improvement, meat-type hens

Breeding centres for broilers

In January 1958, with the aim of promoting interest in breeding broilers, the Danish National Committee for Poultry and Eggs introduced "Inspection of breeding stocks for broilers". The programme was intended to choose stocks which, through breeding work based on pedigreed breeding, wingbanding of day-old chickens, and control of the single chicken's growth and plumage, were suitable for improving broiler quality.

Despite the sweeping changes in the structure of the poultry sector, this inspection programme has been so far retained (i.e. August 1985), although the actual inspection process has undergone major changes. The sweeping changes mentioned above are best illustrated in a figure (*Fig. 2.1*)*. The figure in ques-

* The numbering of Tables, Figures, equations, and models designates chapters and sequences within chapters; e.g. Table 5.3 is the third Table in Chapter V. No. numerical distinction is made between equations and models.

tion shows the number of approved breeder farms and the number of strains per farm from 1958 to 1984.

Official testing

Since 1965 progeny tests and line combination tests have been continuously conducted at the Favrholm Broiler Progeny Testing Station in Denmark.

Breeding station

Figure 2.2 is a chronological presentation of broiler type lines at the breeding stations, and of their composition as achieved via imports and crossbreeding.

The objectives laid down for Strynø Poultry Breeding Station were:

- 1) to assist major breeding firms in developing new and improved lines,
- 2) to conduct breeding experiments – so as to determine the most secure methods of selection etc., and
- 3) to serve as a gene bank.

Among the tasks carried out at Strynø Poultry Breeding Station during the period 1974/1984, which have had and will continue to have an influence on breeding in Denmark, the following merit particular mention:

- a) Selection experiments over seven generations for growth rate in various feeding regimes,
- b) Development of assessment methods for abnormal bones and related selection experiments,
- c) Development of methods for measurement of the fat content of live chickens,
- d) Development of methods for individual measurement of feed intake – selection experiments for feed conversion,
- e) Incorporation of lines developed at Strynø as a parent line in ASA-314, and
- f) Development of a set of lines which produce sex-determinable chicks when crossbred.

Growth rate

Direct comparisons of broilers produced in 1983 with chickens of various heavy breeds bought in 1980 from “hobby” breeders in various parts of Denmark showed that at an age of 63 days the former weighed 2.3 times as much as the “hobby” strains (Jensen et al., 1984).

From 1958 to 1984 the market weight for broilers has risen from 1400 g to 1550 g, i.e. only slightly, as compared with the increase in growth rate. And as no actual control line has been maintained, the most appropriate method of assessing the development is to study age at a given weight.

The sources used are:

- 1) Demonstration farms (later Economic Statistics farms) under the Danish National Committee for Poultry and Eggs, and
- 2) The Official Progeny Testing Programme (later *Line* Combination Testing Programme) under the Danish National Institute of Animal Science.

It is useful to draw on both of the above sources, as the first reflects the improvements achieved in breeding programmes and in other factors related to chickens' growth rate, while the second source over certain periods reflects only alterations in the birds' genetic capacity.

The age of slaughter has been corrected to the expected age at 1400 g liveweight by applying equation (2.1). The factor "1.3" is used to express that the daily weight gain in the region of the market weight is 30% higher than the average daily weight gain from hatching, ignoring the fact that the day-old chick weighs 35–40 g.

The curves in Figure 2.3 show the age at 1400 g, on the basis stated above. Over the period of some 25 years covered by the figure, the age at 1400 g has been reduced by more than half, to a point in 1984 where this weight is reached at the age of 35–37 days – a situation which would probably have been regarded as utopian in 1960.

Feed conversion

Feed conversion deteriorates with increasing age, and the Official Progeny Testing Programme in Favrholm produced results showing that feed conversion increases by 0.019 kg per kg chicken for each extra day in the interval 35–63 days. Chapter V reports a slightly lower value in the earliest rearing period. Comparisons of feed conversion over time can be made for the same age or the same period from 1960 to 1984, and it has thus been found most appropriate to correct the feed conversion determined for 1400 g liveweight, an adjustment similar to that applied for Fig. 2.3 (for age).

The correction has been made by applying the equation (2.2).

During the period under review feed density has varied considerably, with a particularly high increase of energy concentration. Within certain limits the organism does not pay any attention to how large a volume of feed must be eaten to meet a specific need for metabolisable energy, and it has thus been found best to correct the amount of feed to energy concentration: 12.55 MJ/kg (= 3000 kcal). This correction can be applied only to results produced by the Official Progeny Testing Programme, as the data on feed consumed in the efficiency-control primary production units (i.e. units which record and report consumption, growth, mortality etc.) is inadequate.

In Fig. 2.4 feed conversion is shown as related to year in accordance with the correction principle described above.

Carcase quality

From 1969 to 1983 the breast angle was measured, as part of the Official Testing Programme. When measuring the breast angle, calculations were simultaneously made of the percentage of chickens with black diaphragm and breast blisters. The trend for these 3 measurements is shown in Fig. 2.5 over the time interval indicated.

Tests of birds of the same origin, slaughtered at various ages, showed that the difference in weight in itself means an increase of the angle measurement of maximum 4°. Thus the difference, eliminating the age-effect, is limited to approximately 10°, and the implications of this are shown in Fig. 2.6, photos of 2 chickens of equal weight, but with breast angle measurements of 75° and 85° respectively.

Cutting-up results from production lines in 1983/1984 show that breast meat amounts to 22–24% of the total. One of the means of achieving this increase has been selection for the breast angle measurement, although this procedure was abandoned in practical breeding work in favour of subjective evaluation (palpation).

Production of hatching eggs

For the first ten years of broiler breeding, reproduction – and especially production of hatching eggs – was regarded as a secondary property, deserving little attention. When the Danish National Committee for Poultry and Eggs commenced in 1968 to compare annual results for hatching egg production per placed hen, the figure was about 100 eggs (cf. Fig. 2.7), and it remained at that level for the next 6–7 years. Following the setting up of ASA CHICK, a breeding firm, in 1972, with subsequent imports of parent stock from international breeding firms, it became apparent that Danish breeding stocks lagged behind in terms of egg production. A joint effort based on setting up a feed rationing programme and on far greater emphasis in selection on egg production increased the yield over a period of 10 years by 45%, as can be seen from Fig. 2.7.

Effects of selection for higher growth rate at Strynø Poultry Breeding Station

Figures 2.11 and 2.12 show how the single lines reacted to a) the selection conducted and b) the environment.

With regard to the environmentally related variations the point of departure is that these reveal a swing from generation to generation without being directional.

The regression of weight on the accumulated difference is an estimate of the realised heritability. For the WPR lines this is 0.32 and for the WV lines 0.30.

The average progress per generation has been 46.7 g for the WPR lines, and 51.5 g for the WC lines.

Diminishing returns with increase in growth rate

Irrespective of the fact that the increase in growth rate seems to continue at the same level, simple considerations indicate that the constant increase in growth rate probably fails to yield a correspondingly constant improvement in terms of savings in feed for maintenance and reduced housing costs.

Fig. 2.13 shows the paths of growth curves for broilers up to a weight of 1400 g for "1958" chickens, the latter curve drawn on the basis of measurements provided by Favrholt Broiler Progeny Testing Station.

At 1400 g liveweight feed consumption for the "1958" broilers was 4114 g, and for the "1978" broilers 2842 g. The difference (1428 g) represents the advantages derived from breeding programmes and other measures introduced to improve feed conversion. The theoretically calculated difference, estimated by applying equation (2.3), for the two years in question, converted to 12.53 MJ/kg, is 1121 g. The theoretically calculated reduction in feed intake thus amounts to approximately 80% of the reduction actually achieved.

The growth curve for the interval shown in fig. 2.13 is concave, and can be described as a 3rd degree polynomial. The corresponding curve for metabolic weight ($W^{0.75}$) has a weaker curvature, and in reality the area under this curve nearly forms a trapezium, for which the area equals $\frac{1}{2} \cdot (h_1 + h_2) b$, where h_1 and h_2 are the metabolic weight at hatching and market weight respectively, while b is the number of days taken to reach the final weight. This expression must finally be multiplied by k , so that the reduced expression for energy requirement for maintenance can be approximately as equation (2.4), which for $k = 44.7$ and $n =$ respectively 40 and 80 days gives 1230 g and 2460 g, thus producing an overassessment of the two values by respectively 10.9% and 12.1%, as compared with the value determined by equation (2.3). The equation used (2.4) can thus be applied to illustrate the significance of increasing the rate of growth, i.e. of reducing the time taken to reach the market weight.

An increase in growth rate corresponding to that required for the bird to reach market weight one day earlier would mean a reduction of 31 g for the maintenance requirement.

For the "1978" birds this 31 g was overassessed by 10.9%, so that the reduction would be 28 g per chicken or 20 g per kg chicken.

Expressed in other terms, this means a reduction in feed intake per kg chicken of 0.020 g for each day less it takes the bird to reach 1400 g, and this reduction, as demonstrated earlier, is constant over a very large interval of the growth capacity.

Results from the Favrholt Broiler Progeny Testing Station show that the chickens have increased their growth rate by approximately 50 g per year. In 1974 1400 g liveweight was reached in 44 days and the 50 g increase at 1400 g meant that the birds reached this weight 1.21 days earlier.

Ten years later, in 1984, 1400 g was reached in 33 days; a further increase of 50 g in growth rate would mean that in the subsequent generation the chickens would reach 1400 g liveweight 0.91 days earlier.

Thus one year's breeding work, which increases the growth rate by 50 g in 1984, reduces the costs of feed and housing for production of one chicken to 75% of the cost reduction noted for 1974.

Concentration of nutrients and genetic variability in requirement of essential nutrients

Figure 2.14 shows a so-called dose-response curve for 3 hypothetical populations of broilers. If the curve for A is taken as a realistic dose-response curve for a broiler strain, the peak of the curve represents that strain's requirement. Genetic variation in strains with regard to requirement is exemplified by the path traced by strains A and B, as the latter demands a higher concentration of protein to achieve maximum utilisation of the genetic capacity for growth.

Another important aspect is illustrated by the curves for strains A and C, for which it will be noted that at a low dose the C strain manages better than strain A; the situation for strains A and C would in this case be one in which strain C has a greater homeostatic capacity than strain A.

Sørensen (1985) has compiled a complete literature review of genetic variability in conversion of feedstuffs for growth in hens; the review shows that various studies of amino acids, arginine, methionine and lysine, report genetic variability in the conversion, making it possible via selection experiments to differentiate strains with regard to homeostatic capacity.

Regression following termination of selection programme

Longterm selection experiments with laboratory animals (mice, tribolea) lead to the general observation that in the event of relaxed selection there occurs a considerable regression to the level of the original base population (Bell, 1982).

In 1975 a control line was established at STRYNØ Poultry Breeding Station, designated "Line 69", following crossing of 2 existing lines (cf. Figure 2.2). For each generation this control line was reproduced from 100 females and 50 males via artificial insemination, with the greatest possible measures taken to ensure that all parents were represented by progeny in the subsequent generation so as to avoid the influence of various degrees of fitness linked to growth rate. Despite these precautions, there was a gradual regression of 20–30 g per generation in the subsequent 5 generations (Sørensen et al., 1980).

This and other similar observations led to the conclusion that the generally held impression, that the genetically determined improvements – once realised – were permanent, is not true of the growth rate, in light of such significant reported changes. The genetic mechanism behind this regression is not especially

clear, but one factor is certain: the additive gene effect cannot alone explain the phenomenon reported, and there is much evidence to suggest that, in addition to natural selection, the epistatic effect in combination with the linkage disequilibrium plays an important part.

The growth rate in populations which have been bred with a view to producing broiler populations has increased to such an extent that modern broilers weigh approximately 2900 g at the age at which nonselected breeds have reached a weight of approximately 1250 g (Jensen et al., 1984). The difference of 1650 g corresponds to 22 genetical standard deviations assuming that the phenotypic standard deviation is 111 g (coefficient of variation = 9%) and that $h^2 = 0.45$.

Chapter III

Selection for increased growth rate in a suboptimal feeding environment

The selection experiment described in this chapter is based on the idea that continued selection for higher growth rate results in a constantly increasing requirement for the most essential nutrients so as to ensure maximal utilisation of the genetic growth rate, as discussed in Chapter II.

In late 1973 at the British Poultry Breeders Round Table some experiments on mice were reported, supporting the theory that selection for high growth rate with rationed allocation of feed would result in a genetically determined lower tendency towards fat deposits than if selection were conducted under ad lib. feeding (Robertson, 1973).

There were thus two ideas which provided ample justification for attempting to determine the effects, both based on the same principle: to conduct selection for growth rate under sub-optimal conditions. It thus seemed natural to link the two concepts in a single project.

Base population: Establishing 3 sublines

The base population used for the three experimental lines was a strain of White Plymouth Rock strain, whose history can be partly traced back to 1960, as shown in Figure 3.1. The line's progenitors are assumed to have been subjected to selection for high growth capacity since early 1960, as in comparison with corresponding strain material available in Denmark it was fully up to par, in terms of growth capacity and carcase properties, as described in Table 3.1.

Duration of selection programme

When deciding the duration of a selection experiment, the main consideration is to reach a stage at which it is possible to draw reasonably certain conclusions within a practical time schedule.

When determining how few generations will suffice, the principle applied is

the certainty that the response curve's dependency on the intensity of selection is increased as the number of generations increases; Figure 3.2 shows the expected response and the related certainty of the response curve. Figure 3.2 has been drawn up on the following assumptions:

Effective population figure	$(N_e) = 50$
Heritability	$(h^2) = 0.4$
Selection intensity	$(i) = 1.2$
Number of chickens per strain	$(M) = 800$

Thus the conclusion is that a selection experiment based on this structure and scope should run for 5–7 generations.

Control of genetic changes

The main objective of the experiment is to study the extent to which strains selected for high growth rate on the basis of various sub-optimal feeding environments develop differently in genetic terms, with regard to a number of properties. The changes which occur are controlled in 2 areas:

- a) So as to determine the genetically determined changes which occur during selection in sub-optimal environments, it is necessary to have a reference to the changes that would occur during selection in a *normal feeding environment*
- b) Elimination of the variations between generations attributable to variation in *environmental factors*.

With regard to a), it was obvious that when establishing 2 selection lines on the basis of high growth rate under low protein access and restricted feeding, respectively, selection should be conducted for the same property under a normal feeding regime. With regard to b), a major difficulty was the demand that if the base population should have a genetically determined growth capacity corresponding to the ordinary level for contemporary commercial broiler strains, an actual control line having the same growth capacity would have to be used. Difficulties in keeping such a control line is discussed in section 2.6.1. As control for measurement of generally non-controllable environmental variations, use was made instead of the 5–7 development lines which were bred simultaneously at the breeding station, and for which the expected genetic changes in growth capacity were known in detail.

Rearing and reproduction

Individual weighing of birds was conducted at 38 days, and at this stage the number of animals was reduced to approx. 1/4 of the original number, by carrying out pre-selection for high weight. In the 4th to 7th generations this weighing was not conducted until the birds were 40 days old.

Final selection was conducted at an age of 20 weeks, after which 130–140 hens per line were placed, divided in 12 breeding pens, each of which was allocated one male. A 2nd set of males, not necessarily sibs, was also maintained. These “duplicated” males were placed in a special cockerel compartment, along with some reserve males.

The lighting regime is shown in Figure 3.3.

The breeding pens were fitted with trap-nests, so that hens nesting before laying could not escape before supervisory staff had found an egg or possibly established that the hen had *not* laid an egg. Some eggs were laid outside the nest, on the floor, and thus omitted from the control implemented for the single hen.

Collection of hatching eggs commenced at a hen-age of 35 weeks, and eggs were placed in the incubator at intervals of at least 7 days. Four batches of eggs in generations “1–7” were placed, and 5 batches for 0 generation. The interval between the 2nd and 3rd batch was 3 weeks, and this time was used to replace cockerels, so that the 2nd set of males was exchanged for the 1st set, and thus as parents for each line a total of 24 cockerels and 130–144 hens per generation were used.

Diet and feeding procedures during rearing

The basic feature of this experiment was that the 3 lines were subjected to various treatments in the rearing period “0–6 weeks”. The treatment for the single line was as follows:

- Line 66: Free access to feed with a low concentration of amino acids: lysine, arginine, methionine, and threonine; the mixture used is referred to as “Special II”. The amino acid levels were kept at 70% of NRC (1971) norms.
- Line 67: Free access to a feed with normal concentration of all known nutrition components (Special I), in accordance with NRC (1971).
- Line 68: Restricted access to the mixture referred to as “Special I”.

The feed mixtures shown in Table 3.2 met these specifications.

A calculation of the mixtures’ metabolisable energy was conducted on the basis of chemical content of crude protein, crude fats and carbohydrates.

Tables 3.3 and 3.4 present a) results of the feedstuffs analysis and b) the amino acid content determined, expressed in relation to 10 MJ metabolisable energy.

The restricted access to feed for chickens from line 68 was practised throughout the entire selection experiment so that daily food intake in line 67 was controlled; 70% of the amount allowed to the line 68 chickens. The daily feed ration was provided in 3 portions, and steps were taken to ensure that all chickens had simultaneous access to the trough.

Selection methods

At an age of 38–40 days all chickens were weighed. Twice the final number of breeding animals was retained, while the remainder were slaughtered, the criterion being the weight of the animal at 6 weeks.

At an age of 20 weeks the final selection of breeding stock was conducted, the criterion for selection being the same, i.e. weight at 6 weeks, but only animals with sufficient viability were retained. The scope of this selection for superior viability, which is applied mainly to ensure a reasonably high rate of reproduction, was as shown in Table 3.6.

Intensity of and differential in selection

The selection differential (ΔS) and selection intensity (i) were calculated for each line, sex, and generation, as expressed in equations (3.1) and (3.2).

The line average was calculated as the simple average of the two sexes. In Table 3.7 selection parameters thus calculated are shown.

By comparing the distribution area for animals preliminarily selected with those finally selected, it is seen, Figure 3.5, that approximately 25% of hens preselected were rejected as breeders.

The corresponding figures for cockerels, Figure 3.4, show that the rejection of animals preselected is far higher – about 60–70%.

In cases where the number of animals preselected is the same as the number used as breeders, i.e. if the rate of rejection is *nil*, the intensity of selection is obviously higher. Table 3.8 shows the hypothetical intensity of selection, with the actual intensity as a percentage of the hypothetical level.

When assessing the effects of selection, due attention must be paid to the fact that there can be a correlation between the breeding value of the single animal with respect to weight and its capacity for reproduction; this relationship is explained by an analysis conducted on the basis of equation (3.3).

The results of the analysis are presented in Table 3.9.

All the regressions are negative, which must be regarded as showing that high growth intensity reduces the capacity for reproduction.

As a consequence of the influence of intensity of selection on the capacity for reproduction, the actual selection intensities, weighted with the number of offspring for each parent, has been calculated for use in evaluating the effects achieved via selection. The formula used for the calculation is as expressed by equation (3.4). The weighted selection intensities are given in Table 3.10.

Increase of growth, genetic progress

Table 3.11 shows the direct results of selection for weight at 38–40 days.

So as to allow comparison of like with like, generations 0–3 have been subjected to a correction to weight at 40 days by applying equation (3.5).

Distribution of weight

Figures 3.6 and 3.7 show the distribution of standardised 6-week weight, revealing a distinct skewness with a long left tail.

While the test for normality can be conducted in various ways, as in this case a visual appraisal reveals a certain skewness, it seems obvious to apply the 3rd and 4th moments about the mean, which in standardised form are designated skewness and kurtosis. The results of this analysis are shown in Table 3.12.

Exponential transformation showed that the skewness can be reduced to *nil* by entering exponent = 2.3.

Neutralisation of systematic environmental effect

Figures 2.11 and 2.12, shown in Chapter II, presenting the effect of breeding work carried out at Strynø in the period 1972–80, are used in estimating the specific influence of the single generation on weight at 42 days. The regression coefficients entered for each line indicates the calculated progress as a result of selection, and the deviations derived from these for the single generations are attributable to a) random errors and b) effect of systematic environmental factors – including feed. Table 3.13 is a survey of the size of the deviation of the single strains from the calculated regression coefficient.

The basis for correction given here, which is to replace an actual control line, is summed up in Table 3.14, where each of the two bases for correction is stated as a percentage change in weight at 42 days.

Genetic progress

The genetic progress achieved can be assessed by considering the regression of the corrected generation average of the accumulated selection difference shown in Table 3.14.

Figure 3.8 shows the position of the single generations in relation to the accumulated selection difference, and the estimated regression equation for each line.

The average drift variance (s_d^2) and the sample variance (s_e^2) related to the corrected average are calculated on the basis of equations (3.9a and 3.9b).

The factor “3.2” for $N_{e(v)}$ under the control line is the harmonic mean of the number of development lines, and M_s and M_k are the harmonic means of the number of weighed chickens at the age of 6 weeks. The phenotype variance s_p^2 was calculated from Table 3.11 as the simple average of generations. Taking $h^2 = b$ and $M_k = 10,000$, Table 3.15 has been drawn up to show estimates of drift variance and sample variance, applying the basis referred to for each line.

Table 3.16 shows the results of calculation of standard error for the regression lines shown in Figure 3.8.

All experimental lines show a statistically significant increase for the regres-

sion line, corresponding to a significant level of the estimates reached for realised heritability.

Inbreeding and genetic drift

In a breeding experiment such as that described here it is essential to know both the extent of inbreeding and the genetic drift in order to evaluate any influence of inbreeding depression and error on the genetically determined progress.

Calculation of average degree of inbreeding

Using the parents of 0 generation as the basis, for each full sib group a pedigree has been drawn up in accordance with the principles outlined in an earlier project on an EDP programme for calculation of inbreeding (Sørensen, 1971).

The lack of information on the chickens hatched from floor eggs presents a particular problem. As the inbreeding calculation worked out on the basis of incomplete pedigrees will result in an underestimate, a correction has been conducted for each full sib group by applying equation (3.16).

This equation is dealt with in greater detail in *Appendix B*.

Table 3.17 shows the degree of inbreeding F with the parent generation for 0 generation as base, applying the pedigrees devised and correcting for missing ancestors. The mating system applied precludes mating between full/half sibs so that inbreeding can occur at the earliest in the 2nd generation.

When comparing the three lines on the basis of information taken from the pedigrees, the P-generation assumes a special position, as the progeny of each parent is distributed over the 3 lines' 0 generation, and this makes it possible to investigate the extent to which the individual parents from the P-generation are represented in the various lines. For the sake of clarity and simplicity it was decided to investigate males only, and Figure 3.9 presents a diagram showing the share by which the individual sires of the 0 generation are represented as ancestors when they reach the 7th ancestor generation, indicating that in each pedigree table they occupy 64 ancestor placings.

Table 3.18 shows the correlations of the P-generations sire's share of ancestor placings in the 3 lines in the 6th generation.

Effect of inbreeding

Equation (3.17) is used as the statistical model for estimating the inbreeding effect during simultaneous elimination of batch and generation effect.

Inbreeding depression on weight at 40 days for chickens with ad libitum access to feed based on approximately 7,000 chickens from lines 66 and 67 is -31.9 ± 10.1 per 10 percentage units increase in the degree of inbreeding, determined in a population with a slightly increasing degree of inbreeding or a 2.1% reduction in weight at 40 days per 10% increase in inbreeding (Table 3.20).

The hatching percentage, which expressed how big a share of the fertilised eggs have developed into healthy day-old chickens, is one of the group of properties which may be expected to be affected by inbreeding, as an essential percentage of the recessive ailments are lethal and result in death before the chicken is hatched.

Table 3.21 shows the results reached via statistical analyses. The significant positive effect in line 67 remains unexplained. Pooling of the 3 lines produces a depression of -3.9 percentage units in hatching for each 10% increase in inbreeding.

The influence which the dam's inbreeding has on the hatching result is minimal and can be neglected.

Properties measured on the egg-laying hen and their dependence on the degree of inbreeding are shown in Table 3.22.

Calculation of effective population size

When calculating the individual contributions in equation (3.14) it is necessary to decide how selected breeders hatched from floor eggs are to be treated. As it is impossible to distinguish individual dams as nest layers with absolute certainty, it has been found appropriate to distribute "floor egg animals" randomly over all dams in the breeding pen, although fully aware that this method results in an overestimate of the size of the effective population.

Table 3.23 has $N_{e(v)}$, calculated in accordance with the principle outlined above, and also shows the selected number of breeders.

Detailed analysis of the origins of genetic variance is presented in Table 3.24.

Estimation of heritability for weight – analysis of genetic improvement

The precondition for a genetically determined improvement via selection is that the heritability should be greater than *nil*. In this experiment 3 methods have been applied to estimate h^2 ; two of these are presented in the following as:

- a) parents – progeny – regression
- b) variance analysis of parental effects.

Model (3.18) has been applied in estimating h^2 . As the selection narrows the parental contribution to the progeny's additive, genetic variance, and as it is precisely this variance that forms the basis for estimation of h^2 , it can be directly stated that the heritability estimated on the basis of (3.18) will be undervalued. Correction for this point is developed in *Appendix C*, applying equations (3.20) and (3.21).

The model for calculation of the estimate of h^2 on the basis of regression of progeny on parents is as expressed for equation (3.22).

The weighting factor (W_{ij}) takes into account the number of progeny and also the intra-class correlation, as expressed by equation (3.23).

Estimate of the heritability on the basis of daughter/dam and son/sire regression was conducted by applying the equation $h^2 = 2 \times b$; equation (3.25) is valid for the daughter/sire and son/dam regressions.

The precondition for (3.25) is that the difference in additive genetic variance between sexes is attributable to a multiplicative gene effect.

In the case of specific loci it may be that their genes manifest themselves in one sex only, which is expressed via the genetic correlation between the sexes. The author is not aware of any evidence to suggest that the genetic correlation is less than that valid for the rate of growth of broilers, where this is noted in (3.25) as equal to 1.

Table 3.25 shows the reduction of the phenotype variance among parents occurring as a result of selection, pooled over all generations.

The estimates for h^2 calculated by applying model (3.18) are shown in Table 3.26 with and without correction for reduced genetic variance among parents. The corrected estimates from the half-sib analysis are 0.33–0.39, due to selection, with a single estimate of 0.48 and another of 0.21.

The estimates reached in the analysis of full sibs are – if taken by sex – nearly consistently significantly higher than the corresponding estimate for half sibs, as is shown in Table 3.27. There is thus a strong indication that the full sibs component contains a significant effect of respectively dominant and/or maternal origin.

The results of the regression analyses via application of equation (3.22) are shown in Table 3.28. Detailed consideration of the individual generation shows, as a point deserving particular attention, that in the 2nd and 7th generations there are respectively 4 and 5 negative estimates out of 14.

Female chickens show a higher heritability than the males, a feature which is revealed most clearly for lines 67 and 68, estimated from both parent-progeny-regression and from the half-sib analysis, with the difference " $h^2_{\Omega\Omega} - h^2_{\sigma\sigma}$ " as average of the two methods of estimation as respectively 0.17 and 0.15 for the two lines, which is statistically significantly different from *nil* for each of the two lines.

The conflict these observations reveal in comparison with the large number of references in Kinney's summary (Kinney, 1969) – which like the average showed that the heritability for weight at 8 weeks is the same for both sexes – can be explained by the large alteration in growth rate that has occurred in the meantime, so that to a certain extent it is genes from other loci that are of importance for genetic variance in growth rate.

Table 3.29 shows a summary of estimates for heritability for weight, applying various methods, although omitting the full sib analysis.

Table 3.30 is a survey (based mainly on Dickerson, 1969) showing the effects included in the variance components and regression coefficients applied.

The two regression models deviate with respect to the maternal effect. The weighted average shows that the two models give identical estimates, thus leading to the conclusion that the maternal effect cannot be of great importance for the chickens' growth rate.

The essential features in Table 3.29 are that the 3 estimates for h^2 show a satisfactory level of agreement with regard to the two lines selected for growth rate under unfavourable conditions, while, on the contrary, line 67 shows a distinct difference for realised heritability and h^2 estimated respectively from the regression and half sib analyses.

Chapter IV

Investigations of correlated changes

This chapter will focus on the correlated changes which occurred as a result of the selection for high growth rate under various feeding environments as described in Chapter III. The chapter contains an analysis of a) how the 3 lines involved reacted during rearing in the 3 specified feeding environments with respect to growth rate, feed intake, feed conversion and fat deposits, and b) of changes in a large number of other properties and characteristics.

Determination of genotype-environment interaction was conducted in the 3 following steps:

- 1) Statistical/genetic analyses in generation 0 on the basis of sire effects
- 2) Testing in each of generations 3, 4, 5, 7, and "9"* of the various lines in each others' feeding environments
- 3) Testing of all 3 lines on feed with varying content of protein in the 6th generation.

Statistical/genetic analyses in generation 0

The methods applied when establishing the 3 sublines from the base generation made it possible to carry out a statistical/genetic analysis of sire effects via 2 different methods, designated Interaction and Covariance.

The two methods make use of model (4.1) and the covariance method based on its original definition.

The results of the analyses conducted by applying model (4.1) are presented in Table 4.1 in summary form.

The values for the genetic correlation estimated by the covariance method are presented in Table 4.2.

* Although the experiment was terminated at the 7th generation, the lines were retained for further investigations.

Testing in generations 3, 4, 5, 7, and "9"

In each of generations 3, 4, and 5 all lines were tested with the two feed mixes, fed ad libitum, while in the 7th generation only lines 66 and 67 were thus tested.

Weight at 40 days was determined individually, while feed intake was measured on a pen basis. Table 4.3 presents the results of a) weight and b) the corresponding registration of feed intake.

There is distinct evidence of an interaction between line and feed, which is demonstrated in a more convincing manner in Figure 4.1.

The variance analysis conducted to test the effect of line, sex, and feed on weight at 40 days was conducted on the basis of model (4.2).

The results of the statistical analysis is presented in Table 4.4, showing that the 3 main effects have a very significant influence on weight. Interaction between line and feed is strongly significant and shows an increasing F-value, generation by generation, as an expression of an increasing distance between lines when tested on each others' feed.

In the 2nd generation, upon termination of the actual selection experiment, i.e. the "9th" generation, a test was conducted of the 3 lines' growth rate on ordinary broiler feed.

The chickens from all 3 lines were mixed and divided into 2 pens, one of which allowed ad libitum access to feed, while the chickens in the other pen were fed a restricted diet, corresponding to 70% of the amount consumed in the "ad libitum" pen.

Weight and standard deviation are given in Table 4.5 for each line in each treatment. Statistical analysis for the effect of line, treatment, sex, and interaction are expressed in accordance with model (4.2), while the results are given in Table 4.6.

The fact that line 68 chickens cope better on a restricted diet than line 67 is probably attributable to genetic adaptation, and may have been the result either of the chickens reaching a genetically determined faster feed intake during selection and/or better utilisation of feed consumed.

Testing of 6th generation at Favrholm

With the aim of examining in greater detail how the 3 selected lines reacted to a varying content of protein with regard to a wide range of properties, of which this section deals in particular with growth rate, feed intake and feed conversion – both at fixed age and fixed weight – a large scale experiment was conducted at Favrholm.

150 chickens per pen were placed, as shown in Figure 4.2, which shows that lines 66 and 67 were each tested separately in 12 pens, distributed by sex and 6 various feed mixtures while line 68 was tested in 6 pens all of which were fed mixture II.

On every week-day from placing as day-old chicks a whole-pen assessment was made of the chickens' weight and feed intake. From the age of 35 days the chickens were weighed 2–3 times per week – again on a whole-pen basis – so as to reach as far as possible a whole-pen average weight of 1550 g.

The 6 mixtures shown in Table 4.7 were formulated on the assumption that the most limiting essential amino acids should be available in an amount corresponding to 60, 70 80, 90, 100, and 110% of the NRC (1977) norms for feed for broilers aged 0–3 weeks.

The weight from hatching up to an age of 35 days (in intervals of 7 days) is shown in Figures 4.3 to 4.7 where the weight from the individual lines and sexes, fed on various feed mixtures, is equalised by a 2nd degree polynomial.

In terms of date, the basis for each of the statistical analyses is the batch weight for 150 chickens, and the related curve as presented in Figures 4.3 to 4.7 was produced on the basis of the values of μ , b_1 and b_2 , reached by applying model (4.3).

The quantitative expressions for b_1 and b_2 and their related probability for H_0 , the proportion of variance which is explained by the model (T^2), the analysis F-test and the curve's maximum ($\bar{X}$), determined by differentiation, are shown in Table 4.8.

A point of particular interest is the individual curves' maximum, i.e. the concentration of crude protein which gives the maximal growth, as these contribute towards information on the extent to which the so-called need for crude protein varies between the two lines. As an introduction to these considerations it can be seen from Figure 4.8 that there is a systematic reduction of $\bar{X}$ by age for each line and sex which can be interpreted as suggesting that the need for protein – to ensure maximal growth intensity – is reduced with age.

Table 4.9 shows the statistical t-test for comparison of sex difference within lines with respect to the level of the maximum point.

Table 4.10 shows the daily feed intake for chickens fed with mixture "100%".

The amount of feed consumed for a given weight of 1550 g was determined for each batch on the basis of individual weighing of each animal as close as possible to the target weight, corrected to exactly 1550 g by applying the individual batch's feed intake and weight gain around this date.

The feed intake for weight 1550 g thus corrected and the age at which this weight was reached are shown in Table 4.11.

A more detailed analysis of the reasons for the difference in line and sex, with respect to feed conversion, seems called for in view of the discussion on dividing feed into a maintenance portion and a production portion as referred to in Chapter II, as there is a very considerable difference – cf. Figures 4.3 to 4.7 – among chickens depending on which mixture they had access to. Against this background feed conversion for each of the 5 weighing ages (1st to 5th

weeks) has been calculated on the basis of feed for production per kg weight gain with deduction of the maintenance portion by applying model (2.3) where $k = 45$ g feed.

Figures 4.9 to 4.11 show the feed conversion calculated as the relationship between feed for production ($\text{Feed}_{\text{Prod}(n)}$) and weight gain ($\text{Weight}_n - \text{Weight}_{0 \text{ days}}$) at the age of 1, 3, and 5 weeks as depending on the crude protein content of the feed mixture.

Carcase quality – properties

There is an especially fortunate correlation between weight gain and essential carcase quality properties, so that it is thus not necessary to have any organisation to take care of these properties in the course of the breeding programme similar to that required in pig breeding programmes. When evaluating other breeding objectives it is thus very important to state how these influence carcase quality, as an unfortunate correlation would inevitably require a permanent progeny/full sib testing programme for a considerable number of chickens every year.

In generations 2, 4, and 5, from each of the 3 lines, 1–2 batches each of 150–200 chickens were sent to the ordinary series of tests of line combinations conducted at the Broiler Progeny Testing Station at Favrholm. The properties shown in Table 4.12 were measured and assessed.

Both the breast angle measurement and the score for the overall assessment show that selection for growth rate under optimal conditions probably produces a positive, correlated effect, as compared with selection conducted under sub-optimal conditions. The deviations are not statistically significant.

Chickens selected from generations 3–7 were carved. The relative amount of breast meat with skin on 60–120 chickens per generations was measured for generations 3, 4, 5, and 7, while 360 chickens from the 6th generation were fully carved.

Results: Table 4.13 shows the average and standard deviation for percentage breast meat for each sex, fed, respectively, normal and low-protein feed in generations 3–7, although only normal feed for line 68.

Table 4.14 shows the statistical test of model (4.6) for the relative parts carved: breast meat, drumstick, thigh and wings at the same weight in chickens from the 6th generation.

All batches, i.e. line, feed, and sex level, were slaughtered at the same liveweight, and in the cases where a batch deviated from this weight – with a carving yield of 1150 g – a correction was made for percentage breast meat and wings.

The feed is seen to have a marked effect on all parts, because a decreasing protein content means a reduction both in breast meat and drumstick, while the

thigh is increased, as is clearly shown in Figure 4.12. This figure also shows a distinct line difference with respect to drumstick.

Moran (1981) has shown that the influence of sex on breast meat is considerable, and this is borne out by the investigation reported here (Figure 4.13), if line 67 is considered in isolation, while line 66 shows the same level for both sexes. Similarly, it is noted that this trend in meat deposition, found in line 66, is towards equalisation of the two sexes, while in line 67 there is still a distinct difference between the two sexes.

Chemical composition of chickens

In recent years the degree of fatness of chickens has attracted growing interest, mainly because it seems to have increased.

Abdominal fat refers to the fat depots along the abdominal walls, which upon carving are left as two cushions of fat at the rear of the abdominal cavity and as a layer around the gizzard.

Chemical analysis: For each of the 30 batches in *Test No. 79.3*, 8 chickens were slaughtered as close as possible to a liveweight of 1550 g, for chemical analysis of the entire carcass.

The breast muscle fat content in the 4th generation was investigated in 15 cockerels.

The results of measurement of the amount of abdominal fat in generations 3-7 are shown in Table 4.15, as a percentage of liveweight 1-2 days before slaughter.

Line 66 shows a distinctly greater deposit of abdominal fat, for both levels of feed, but most marked in the case of feed with a low protein content. Line 68 seems not to deviate from line 67 on normal feed, although a single generation showed a significantly lower deposited amount.

The results of the chemical analysis conducted in the 6th generation to determine total fat in 192 chickens from lines 66 and 67 are shown in Figure 4.15, which clearly shows that the line difference at the same liveweight is almost constant over the whole range of feed mixtures.

The results of the statistical test of the effects of line, sex, and feed, applying model (4.8), as shown in Table 4.17, reveal all 3 effects as having a significant influence on the degree of fatness, a point confirmed by Figures 4.15 and 4.16.

The relationship between abdominal fat and total fat is shown in Figure 4.17, while the corresponding regression curve was drawn on the basis of an estimate of the parameters used in model (4.9).

All estimated parameters are highly significant, as clearly revealed in the bending of the curve at points where there are high concentrations of abdominal fat.

A straight line correlation has been found for the same feed, and these re-

gression curves are shown in Figure 4.17, within a variation area for the single protein level in feed.

While there is thus a fairly high correlation between abdominal fat and total fat, no correspondingly high relationship has been found between fat in the breast muscle and abdominal fat, as is clear from Table 4.18.

While the fat content of chickens shows a wide range of variation, the other chemical components which together constitute a chicken vary far less, and this explains why chemical analyses have not been carried out on the individual birds, but only on samples of 8 chickens from every batch. The results of these analyses are compared in Table 4.19.

It is often maintained that depositing of fat leads to a loss of a corresponding amount of water so that the weight remains unchanged.

These investigations showed that variation in the fat content significantly alters both the water content and protein content so that 1 g of fat corresponds to 0.62 g water and 0.38 g protein.

The content of water and protein, corrected to the same fat content, were then analysed for effect of line and sex on the basis of model (4.8) with the results presented in Table 4.20.

The significant line and sex effects shown represent variation in protein deposits that is independent of fat deposits; Figure 4.18 shows that line 66 deposits approximately 0.6 percentage units more protein than line 67, while there is no difference between lines 67 and 68. The sex difference shows a figure of 1.3 percentage points higher for the females.

Plumage

It is generally accepted that a low protein content in feed and especially a low level of amino acids methionine and cystine delay and reduce feathering in chickens.

In generation "g" 3 lines were reared together, and 15 cockerels from every line were taken at the 40-day weighing from the pen in which the chickens had free access to the normal mixture.

The chickens were handplucked at the processing plant, keeping the 15 chickens from each line separate.

As the feathers are attached to the body surface it is assumed that the amount of feathers per cm² surface is the most relevant indicator of the extent of feathering.

Table 4.21 shows both the actual and corrected amount of feathering per chicken.

Feeding behaviour

The special form of selection for growth rate carried out in line 68 can have caused the line to alter its feeding behaviour.

So as to examine this in greater detail, a study of feeding behaviour was conducted with the primary aim of determining the time the individual chickens spent at the feeding trough.

From lines 67 and 68 20 chickens per line and sex – or a total of 80 chickens – were placed in small pens of approximately 1.5 m^2 . Each pen had a feed silo, and so as to reach the same trough capacity as under normal rearing conditions with free access to feed, 2/3rds of the trough was sealed off so that a maximum of 6 chickens (or 1 out of 3) could use the trough simultaneously. Figure 4.19 shows the experimental set-up at age 14 days, and in the same position each pen was observed for 30 mins., being recorded on video tape for later analysis.

Table 4.22 shows the “time spent feeding” as percentage of total time for the chickens in the 4 pens based on the 30 mins. observation.

There is a clearly evident line difference, as chickens from line 68 on average spent 7.0% of the time at the trough, while line 67 chickens spent 15.2% or more than twice the time.

So as to reach a clearer explanation of the variation for the individual chicken with respect to the number and duration of visits to the trough, 10 cockerels from each of lines 67 and 68 were observed in single cages. The experimental set-up is shown in Figure 4.20. A chicken was registered as having performed a feeding activity when it had kept its head in the trough for more than 30 seconds.

Table 4.23 shows the results of observations of the 10 cockerels from each line at age 4 and 5 weeks with an observation time of 7 hours – from 5 p.m. to midnight.

At age 28 days there is a significant difference between the lines, corresponding to that found in birds kept on the floor. This difference could not be detected a week later.

Figure 4.22 shows a non-significant variation over time resulting from four 7-hour periods of observation. One of these 8-hour video recordings is reported in greater detail in Figure 4.21, showing feeding pattern under conditions which allowed all birds simultaneous access to the trough.

The main aim of this study of feeding behaviour was to investigate whether line 68 deviated from line 67, and on the basis of the results presented in Tables 4.22 and 4.23 it must be concluded that line 68 has undergone a genetic adaptation to the specific selection environment to which it has been exposed for 7 generations.

Laying intensity

Figure 4.23 shows the rate of lay for the first 19 weeks from the date on which the line yielded a 40% rate. Line 67 shows a systematic decrease related to the accumulated selections differential (Table 3.10), resulting in a reduction of 0.6 ± 0.08 percentage points per 100 g selection differential.

Line 68 shows a sequence which in a more restrained form resembles line 67 although with a marked distance between the two lines. Line 66 has a very large variation between generations, especially pronounced in generation 3. If this is ignored the path is nearly horizontal.

The general finding – that selection for growth rate in broilers results in a correlated reduction in egg yield – can thus be confirmed, when selection is conducted on the basis of normal feed. Genetically determined increase in growth rate achieved under suboptimal feeding environments apparently has a lesser influence on the rate of lay.

Egg size

After a few generations of selection there was a clear tendency for line 68 to lay larger eggs than the two other lines and this deviation appears to increase, as shown in Figure 4.24.

In the 8th generation 1–2 eggs per hen were removed to determine egg weight, yolk weight, and form factors. The results are presented in Table 4.24 which shows that the difference in egg weight which had developed between lines 68 and 67 manifested itself on an even greater scale when the hens were reared under the same programme.

Viability

Throughout the whole experiment viability was measured as the proportion of survivors in the various age-groups and usually expressed as the percentage of dead birds.

A post mortem examination was conducted on all animals which died after the first week of life. In generations 0–3 there was considerable mortality among hens coming into lay, as a result of lymphoid leukosis, in addition to certain indications of a line difference.

For practical reasons viability is divided into 5 periods of life – from fertilised egg up to an age of 50 weeks. These periods of life and the average value of the individual lines are shown in Table 4.25.

During the periods of life following the first week of life there is a consistently higher viability in the two lines reared from age 0–6 weeks in a restricted feed environment, and thus a lower weight at age 6 weeks.

Chapter V

Individual feed intake – weight and measurements of inner organs

On the basis of experience gained from a pilot experiment, 480 cages were produced and installed at the Strynø Breeding Station with the aim of measuring individual feed intake for the 3 lines used in the selection experiment.

With a view to investigating the extent to which the selection conducted in the various feeding environments can have altered vital inner organs – liver, heart, and intestinal system – a number of measurements was made after slaughtering on a sample of the chickens examined for feed conversion.

This made it possible at the same time to relate these organ measurements to feed efficiency and to complete these investigations. The fat content – abdominal and total – was also determined.

Figure 5.1 shows a series of photos of the cage system. The main feature designed to prevent feed waste is a trough with a rim turned inwards, along with a low level of feed in the trough. Two 2-litre milk cartons seem to have been the ideal solution (Figure 5.2).

Parent Stock, methods applied in 4 tests

In generations 6 and 7 so many chickens were reared in each of hatchings 1 and 5 that at chicken age of approximately 3 weeks 480 chickens could be placed in the cages for each batch, while at the same time slaughtering 16 chickens for chemical analysis. Table 5.1 presents a survey of the number of animals in the total of 4 batches tested in the cage system.

Growth rate and feed intake

Table 5.2 shows age and phase duration for each of the 4 batches, and the following 2 tables show the average and standard deviation for each part period for daily weight gain and daily feed intake. Table 5.5 shows liveweight. Chickens with less than 5 g daily weight gain and chickens which had a daily feed intake of less than 20 g were omitted from the relevant part period.

All batches show a tendency towards a certain depression in growth during the final period.

The daily weight gain in the 5th part period for the first 3 batches is 90% of the gain for the 4th period, while a weight depression was determined in the 4th batch as early as the 4th period. This weight depression is most pronounced in females (87% as against 93% for the males), which in comparison with Table 5.5 leads to the assumption that chicken size is not the factor governing the stage at which weight depression commences.

In the case of the 3rd and 4th batches for line 67 chickens it was possible to make a direct comparison on weight at 40 days in the cages and on the floor, as chickens from generation 7 in Table 3.11 have the same parents as batches 3 and 4, and have also been allocated feed from the same consignment.

Table 5.6 shows that the caged chickens at age 40 days weighed 3–4% less than their full sibs reared on the floor – a difference probably attributable to the weight depression described above in caged chickens in the days immediately preceding this age, i.e. 40 days.

Average and standard deviation in feed intake

Feed conversion and feed efficiency (FU_A and FE_A) from placing in cages up to the end of the 5th part period, and the same two properties at a fixed weight (FU_V and FE_V) are shown in Table 5.7. The same table also presents two concepts designated FU_{ved} and FE_{ved} , derived respectively from FU_A and FE_A , as these are made independent of the share of the feed expected to be used for maintenance.

The older the chickens the worse the feed conversion is a general rule, and it has repeatedly been found in official testing programmes of line combinations at Favrholt that feed consumption per kg chicken is increased by 0.019 for every day of life from 35–63 days.

Figure 5.4 shows the feed conversion from hatching to a variable age of 25–42 days on the basis of data from batches 3 and 4.

The individual variation in feed conversion is presented in Table 5.7 as standard deviation, and it is noted – with a single exception – that the cockerels show the widest standard deviation, i.e. 0.18 kg feed per kg weight gain as against 0.15 for females.

It should be noted that batch 2 had a lower variation than the other batches, which may also be expressed as a lower coefficient of variance.

The distribution of feed conversion for batch 2 is shown in Figure 5.5. To allow comparison, Figures 5.6 and 5.7 show the distributions for the two sexes pooled over batches 3 and 4. By comparing Figure 5.5 with the two subsequent figures with respect to distribution of feed conversion, it is seen that a tail seems to be missing on the left, and it has thus been postulated that in populations of chickens with a large fat deposit, whether genetically determined or caused by the feed, there are no chickens with really good feed efficiency.

Chemical composition – age 20 and 40 days

The chemical composition was determined on individual animals, killed by cervical dislocation. The composition was differentiated into water, fat, and protein, expressed as a percentage of weight.

Table 5.9 presents the results. Water, fat, and protein constitute 97.0% of the chicken with a clear tendency towards lower values for batch 2 chickens, fed with a low protein content.

In terms of age there is a clear evidence of a lower fat and protein content in younger birds, as for both components an increase of approximately 1.5 percentage points occurs – or relatively 14.3% fat and 8.8% protein – and converted into energy 11.6% more energy in 40 day chickens than in 20-day chickens.

Size of inner organs

So as to investigate in greater detail the influence which the inner organs may have on efficiency, and which feed is converted into weight gain, a total of 487

chickens from batches 3 and 4 were measured and weighted: heart, liver, and small intestine (duodenum, jejunum, and ileum).

The actual weight of heart and liver, and the length of the small intestine are shown in Table 5.11, which also shows the weight of heart and liver, along with the weight of giblets + intestine set, related to total weight. The length of the small intestine is related to metabolic body weight.

With the aid of an LS-analysis (SAS, 1979) on model (5.1), the F-values presented in Table 5.12 were found. Heart weight, relative to body weight, is significantly higher for cockerels, while the females have significantly more giblets + intestine set, along with a "nearly" significantly longer small intestine, related to metabolic body weight. In no case was there a suggestion of any difference between the two lines.

Statistical analysis (model 5.2) of the influence of body weight on organs showed that both the length of the small intestine and liver weight have a strongly positive intercept. This may be interpreted as suggesting that development of these organs is parallel to the general development of the bird, but that these two organs have a far more rapid growth in the earliest stages of development than during later stages (Table 5.13).

Fat synthesis is associated with the liver; it might thus be imagined that fat chickens have a relatively large liver.

Investigations of liver size in chickens from batches 1 and 2 show that this hypothesis can be detected when lines are compared; but the small number of chickens cannot mobilise a significantly higher relative liver weight in line 66 (Table 5.14).

This aspect, pertaining to a possible genetically determined difference in liver size, caused by the feeding environment, was subjected to further investigation, in a study where 75 chickens were reared with restricted access to normal broiler feed.

Among the 40 chickens from line 66, the liver represented 3.13% of total weight, while among the 35 chickens from the other two lines it was found that the liver represented 2.91%. A subsequent statistical analysis of the effect of line and sex on both liver and abdominal fat, by applying equation (5.1), produced the results shown in Table 5.15. The results suggest that under conditions where the degree of fat deposition is low (abdominal fat less than 0.5%), line 66 had a significantly larger liver than the other lines.

The fat content in the liver from line 66 is significantly lower than in the other lines.

Correlations between FE and daily feed intake and gain

The 3 expressions for feed efficiency are correlated to daily feed intake, which is defined in connection with Table 5.4, for all part periods and the correspond-

ing property "daily gain", as presented in Table 5.3. The results of the correlation analysis are shown in Table 5.17.

As might have been expected, there is a strongly positive correlation between weight gain and efficiency at constant age and an almost equally strong correlation with feed efficiency calculated to the same weight (FE_v), which is obvious, as greater gain means less feed for maintenance.

Correlations between FE and daily feed intake, organ size, and abdominal fat

The results of the correlation calculations are shown in Table 5.18, and it should be noted that both organ size and amount of abdominal fat were corrected for the influence of liveweight by applying the regression coefficients given in Table 5.13.

Neither liver weight nor the length of the small intestine exert any form of influence on the efficiency of feed conversion, and this also applies to feed intake capacity.

Abdominal fat shows a very convincing negative correlation with efficiency, thus supporting the views expressed in the previous section.

General assessment of properties influencing FE

Among the properties considered in this chapter, one which seems to require particular attention is the relationship between fatness, growth rate and feed intake, along with the reciprocal influence of these factors on the efficiency of converting feed into meat; the general model applied is equation (5.3).

The results of this statistical analysis are presented in Table 5.9, which shows that the efficiency at a fixed age is almost wholly determined by model (5.3).

Figure 5.8 shows 6 path diagrams corresponding to the coefficient matrix presented in Table 5.19.

Genetic parameters

Estimation of h^2 and $r_{A_1A_2}$ via sire and dam effects was carried out by applying the "least square" analysis of models (5.4) and (5.5).

A total of 1835 chickens yielded complete data on 5 properties. Lack of data on the dams reduced the number of chickens that could be used in the analysis of dam effect to 1302 birds.

Table 5.21 shows the estimated h^2 values. Daily gain shows some unusually low values, deriving especially from the sire component in both batch 1 and batches 3 and 4; the probable explanation is that the parents, but especially the sires, were selected for high 6-week weight.

The other properties show a somewhat more balanced agreement between single estimates, thus making it reasonable to assume that the average found – 0.25–0.30 – is the central estimate of h^2 for these properties.

The genetic correlations between the 5 properties are shown in Table 5.22; the genetic correlation is high between daily gain and daily feed intake. The genetic correlation between daily gain and the various expressions for feed efficiency is generally positive.

Expressed in other terms, selection for increased feed efficiency will produce a certain increase in daily weight gain in the interval 18–40 days.

The genetic parameters, estimated on the basis of organ measurements, are presented in Table 5.23. These are based on 448 chickens, which means that only the estimates for heritability are significant. The h^2 estimate for the amount of abdominal fat is low in comparison with earlier estimates.

The author is not aware of any work which can confirm the extent of heritability for the other 3 measurements (length of intestine, weight of liver and heart).

In order to study the genotype versus floor-cage system interaction for growth rate a total of 826 chickens, distributed as 374 on the floor and 452 reared in cages, met the requirement of remaining in the interval $\pm 2.5 \cdot s_x$ within sex.

The variance analysis of these data using model (5.6) showed a strong interaction, as did the covariance method.

Both methods give a clear indication that it is to a considerable extent different genes that are of significance for the growth rate of chickens, all depending on whether they have been reared on the floor or in cages.

Chapter VI

Discussion

The selection experiment conducted shows very clearly that, with respect to growth rate, there is a genetic variation in the amino acid concentration requirement of the feed.

In a literature study, Sørensen (1985) stated that there are two aspects of genetic variability to be considered, and these are illustrated in Figure 2.14, where curves A and B indicate that the need for a biological, optimal growth rate can vary, while curves A and C represent the case described as the difference in homeostatic capacity.

The latter phenomenon is very clearly shown in Figures 4.1 and 4.3–4.7 where line 66, selected for growth rate on feed with a low protein content, copes considerably better in terms of gain on the range of mixtures than line 67, selected on feed with a normal protein content for broilers.

It is less certain whether a line difference has occurred with respect to the protein requirement for optimal growth. While for male chickens there is a “nearly” certain difference, (so that line 67 has a peak on the curve, approximately 10 g crude protein/MJ farther to the right than line 66), for the females

the curve – line 66 – is so flat (Figures 4.3–4.7) that the “maxima” are not determined with any certainty.

The chickens' fat content is one of the most striking correlated effects. Whatever the form of test conducted, line 66 chickens deposited approximately 2.8% more fat than line 67 in the 6th generation (Figure 4.15).

In experimental Australian lines selected for higher feed intake (line F) and for higher feed efficiency (line E), respectively, (Pym and Solwyns, 1979), Hood and Pym (1982) found that liver activity, expressed as n mol glucose, converted into lipid per hour per g liver, was significantly higher (43%) for line F than line E, and an investigation of the fat content showed that the F-line deposited 60% more fat than the E-line.

While liver activity has not been determined in the work reported here, it has been found that line 66 had a larger liver than line 67, even under conditions in which fat deposition was minimal.

There is thus a basis for maintaining that the variation in the genetic capacity for deposition of fat is a dual phenomenon: a) the variation in efficiency and b) size of the liver.

Genetic background for differentiation between line 66 and lines 67–68

Any examination of the observed line difference with regard to fat deposits will obviously deal initially with the fact that the lower the protein content of the feed, the higher the correlation between growth rate and the degree of fattening.

This hypothesis is not, however, borne out by a closer examination of Table 5.20, where the regression of percentage total fat does not deviate significantly from *nil*, irrespective of which feed is used, although this does not mean that the genetic correlation between the two properties must be identical in the two feeding environments.

It is often maintained that selection for growth is identical with selection for appetite, and that the two components cannot be separated. The selection experiment conducted by Pym and co-workers shows that the genetic correlation between these two properties was +0.70.06, i.e. admittedly high, but nevertheless significantly lower than 1.

When examining the reaction of the lines dealt with in this work to normal feed, it will be noted that in certain areas line 66 is similar to line F in the Australian experiment, thus suggesting that selection for growth rate, conducted in line 66 on the basis of a low protein content, manifests itself overwhelmingly as a selection for higher feed intake.

The above can also be adduced from the differences in variation found for individual feed conversion, when the feed is measured respectively for normal and reduced protein content. The variation coefficient is 5.8% for low protein

feed as against 8.2% for normal feed (Table 5.7), which by definition means a narrower covariance between growth rate and appetite.

Expressed in other terms, the genetic correlation between growth rate and appetite rises as the concentration of protein in the feed falls.

Selection for growth on restricted diet

Line 68, selected under this regime, has a slightly better feed conversion (15 g feed per kg gain) and a slightly lower fat deposition than line 67 selected under normal conditions.

The most striking line difference, which very clearly derives from the special rearing method applied to line 68, is the change in eating pattern. Line 68 chickens spent only half as much time at the feed trough as line 67 chickens.

The difference in egg size is almost as striking. Egg size in line 68 shows a constantly rising deviation in relation to line 67 (Figure 4.24), so that the difference in the 7th generation was 3.5 g.

An interesting experiment on mice, conducted and published by Hetzel and Nicholas (1982; 1983 a; 1983 b) deals with selection for high 3–6 weeks gain in mice, fed respectively *ad libitum* and 83% of the amount a corresponding control line could eat. Hetzel and Nicholas (1983a) found a genotype environment interaction of 0.28, expressed as realised genetic correlation for growth in the two environments investigated. They also found that the degree of fattening was unchanged in the *ad libitum* line when conducting the comparison at the same weight, while the restricted line had reduced its degree of fattening, thus leading the authors to maintain that application of a restrictive feed system has exploited the hereditary variation in the organism's allocation of metabolisable energy into fat and protein in the direction of less fat and more protein.

In the base generation of the series of experiments discussed here, a genetic correlation was found, which on an average of 2 methods and 2 sexes, weighted with the inverse error variance, turned out as (Table 4.1):

$$r = 0.77 \pm 0.13$$

This indicates that the interaction is considerably less. There is, however, no doubt that the restrictive programme used for line 68 cannot be equated with the mice experiment referred to above, where all animals were fed an identical amount of feed. Selection for growth rate among chicken populations under such conditions would require single (one animal) cages, such as those described in Chapter V. It should be noted that there may be a considerable interaction between genotype and management form, which may have the result that the genetically determined increase in growth rate, created in the cages system, is not found again when the chickens are tested under ordinary floor-rearing conditions.

General genetic effects

The more general aspects of genetics, i.e. as affecting the very considerable changes to which broiler populations have been subjected over the past 30 years, are dealt with in the last section of Chapter II. The main impression remaining after a perusal of Chapter II is that the genetic variation for growth rate does not seem to have been reduced so much as might have been expected, on the basis of experience gained from long-term selection experiments with laboratory animals. The development lines at Strynø Poultry Breeding Station in Denmark showed, in the late 70s, a realised heritability of 0.3, which can be compared with an average value of 0.4, reported by Kinney (1969) on the basis of 24 studies, published in the 60s. An immediate appraisal of the above could be interpreted as suggesting that over a period of some 15 years (=15–20 generations) there has been a reduction of heritability to 75% of the original size.

The fact that an interaction has been found between genotype and environment, corresponding to a genetic correlation for weight in the environments investigated of 0.5, and environmental adaptations over time, along with a reduction in the age at which the chickens are selected for weight, makes it almost illusory to discuss a selection limit based on a cessation of genetic variability.

The discussion in Chapter II reveals that an epistatic effect most probably represents a not negligible share of the genetic effect on growth rate in the broiler population selected over many generations for higher growth capacity. This finding with regard to the epistatic effect is based on the fact that in 2 unrelated populations using 2 different methods, relations were found which may be best explained as indicating that these populations, through many generations of selection for growth rate, have accumulated both a stable, positive additive gene effect and a less stable epistatic effect, as it seems improbable that natural selection can result in a reduction of approximately 30 g per generation upon termination of selection over 5–6 generations.

Broiler breeding – the future

The fact that the genetic variability for growth rate does not appear to be reduced to any worthwhile extent, while initially welcome, is nevertheless marked by the realisation that the growth rate achieved is to a certain extent unstable, thus requiring “*maintenance*”. This problem applies in particular to the multiplying programme, which usually represents 3 generations in broiler breeding, so that the strongest selected lines can easily risk losing 60–100 g in growth gain if a certain measure of selection is not also practised in the links.

The experimental attempt to breed for growth rate under environmental conditions other than those currently used showed that a) *a new genetic variation had been generated* and b) *the unstable epistatic effect had disappeared*. The extreme environment used is not at all suitable for practical breeding program-

mes, unless the production lays down requirements which can be met solely in such an environment. In the longer term, however, it may be an advantage to make use of several different environments, so as to create a new genetic variation and to reduce the unstable epistatic effect. In this context the term "environment" is used in the broadest possible sense; one obvious measure would be to select for weight at an age different from the 6 weeks which has now been in use for several years.

Regardless of the angle from which the issue is approached it must be conceded that selection for growth rate is conducted mainly to reduce feed conversion, at a fixed market weight, and it has been very clearly documented that at some stage or other *it will become more beneficial to select directly for feed conversion*. Cessation of selection for growth rate will simultaneously mean an end to some of the less fortunate consequences of the greater growth energy, which have become more and more pronounced in recent years.

Attention should, however, be paid to an *interaction between housing form and genotype*, which reached a rather high level in the investigations reported here. Thus a breeding system in which all chickens are tested in single (one animal) cages would be very unsuitable, if the aim is to select for growth rate.

Litteratur

- Agricultural Research Council, 1973. *The Nutrient Requirements of Farm Livestock. No. 1. Poultry A. R. C., London.*
- Allard, R. W., 1975. The mating system and microevolution. *Genetics*, 79: 115–126.
- Andresen, E. and Christensen, K., 1981. Physiological explanation of heterosis. *32nd Animal Meeting of EAAP, Zagreb, 1981. Commission on Genetics*, pp 1–8.
- Barker, J. S. F., 1979. Inter-locus interactions: A review of experimental evidence. *Theoretical Population Biology*, 16: 323–346.
- Barrot, H. C., Byerly, T. C., and Pringle, E. M., 1936. Energy and gaseous metabolism of normal and deutectomized chicks between 10 hours and 100 hours of age. *Journal of Nutrition*, 11: 191–210.
- Becker, W. A., 1978. Genotypic and phenotypic relationships of abdominal fat in chickens. *Proceedings of the 27th Annual National Breeders Roundtable, Kansas City, 1978*: pp 1–26.
- Becker, W. A., Spencer, J. V., Mirosh, L. W., and Verstrate, J. A., 1979. Prediction of fat and fat free live weight in broiler chickens using backskin fat, abdominal fat, and live body weight. *Poultry Science*, 58: 835–842.
- Bell, A. E., 1974. Genetic modelling with laboratory animals. General report. *Proceedings of 1st World Congress on Genetics Applied to Livestock Production. Vol. I*: 413–424.
- Bell, A. E., 1982. The tribolium model in animal research. *Proceedings of 2nd World Congress on Genetics Applied to Livestock Production. Vol. V*: 26–42.
- Bell, A. E. and Moore, C. H., 1972. Reciprocal recurrent selection for pupal weight in tribolium in comparison with conventional methods. *Egyptien Journal of Genetics and Cytology*, 1: 99–119.
- Bessei, W., 1977. Einige wichtige Verhaltensweisen bei Legehennen und ihre tagesperiodischen Abläufe. *Archiv für Geflügelkunde*, 41: 62–71.
- Bulmer, M. G., 1971. The effect of selection on genetic variability. *American Naturalist*, 105: 201–211.
- Chambers, J. R., Gavora, J. S. and Fortin, A., 1981. Genetic changes in meat-type chickens in the last twenty years. *Canadian Journal of Animal Science*, 61: 555–563.
- Christensen, K., 1969. Det intramuskulære fedts dannelse og aflejring i relation til svinekødets kvalitet. *Licentiatafhandling ved Den kgl. Veterinær- og Landbohøjskole*; pp 1–96.

- Christensen, L. G., 1970. Progeny testing of dairy sires based on field and test-station data. I Phenotypic and genetic relations. *Acta Agriculturae Scandinavica*, 20: 293–301.
- Clayton, G. A. and Robertson, A., 1957. An experimental check on quantitative genetical theory. II The long-term effects of selection. *Journal of Genetics*, 55: 152–170.
- Cochran, W. C., 1951. Improvement by means of selection. *Proc. 2nd Berkeley. Symp. Math. Statist. Probab.* 1950: 449–470.
- Costa, M. S., 1981. Fundamental principles of broiler breeders nutrition and the design of feeding programmes. *World's Poultry Science Journal*, 37: 177–192.
- Cox, D. R. and Snell, E. J., 1981. *Applied Statistics: Principles and Examples*. Chapman and Hall.
- Crow, J. F. and Kimura, M., 1970. *An Introduction to Population Genetics Theory*. Harper and Row.
- Davidson, D., 1955. *Beretning om Landsudvalget for Fjerkræavlens konkurrence mellem hele hønsehold og konkurrence mellem kalkun-, gåse- og andehold, 1954–55*. Bogtrykker Wichmann, København.
- Delpéch, P. et Ricard, F. H., 1965. Relation entre les dépôts adipeux viscéraux et les lipides corporels chez le poulet. *Annale de Zootechnique*, 14: 181–189.
- Dickerson, G. E., 1969. Techniques for research in quantitative animal genetics. In: *Techniques and Procedures in Animal Science Research*, ASAS, pp 36–79.
- Dickerson, G. E. and Mather, F. B., 1976. Evidence concerning genetic improvement in commercial stocks of layers. *Poultry Science*, 55: 2327–2342.
- Edwards, H. M., Jr., Denman, F., Abou-Ashour, A., and Nugara, D., 1973. Carcass composition studies. *Poultry Science*, 52: 934–948.
- Emsley, A., Dickerson, G. E. and Gowe, R. S., 1980. Inbreeding effects on layer performance at two levels of protein intake. *Poultry Science*, 59: 1155–1166.
- Enfield, F. D., 1977. Selection experiments in tribolium designed to look at gene action issues. In: *Proceedings of International Conferences on Quantitative Genetics*. pp 177–190.
- Falconer, D. S., 1952. The problem of environment and selection. *American Naturalist*, 86: 293–298.
- Falconer, D. S., 1954. Asymmetrical response in selection experiments, pp 16–41. In: *Symposium on Genetics of Population Structure*. Internat. Union Biol. Sci., Naples, Series B, No. 15.
- Falconer, D. S., 1955. Patterns of response in selection experiments with mice. *Cold Spring Harbour Symposium on Quantitative Biology*, 20: 178–196.
- Falconer, D. S., 1960. Selection of mice for growth on high and low planes of nutrition. *Genetical Research, Cambridge*, 1: 91–113.

- Falconer, D. S., 1981. *Introduction to Quantitative Genetics*. Longman, London.
- Falconer, D. S. and Latyszewski, M., 1952. The environment in relation to selection for size in mice. *Journal of Genetics*, 51: 67-80.
- Falconer, D. S. and King, J. W. B., 1953. A study of selection limits in the mouse. *Journal of Genetics*, 51: 561-580.
- Fisher, C. and Wilson, B. J., 1974. Response to dietary energy concentration by growing chickens. In: *Energy Requirements of Poultry. Proceedings of the 9th Poultry Science Symposium*. British Poultry Science, Ltd., pp 151-184.
- Flock, D. K. and Marahrens, F., 1979. Difficulties with the genetic improvement of feed efficiency in broiler lines using group cage information. *30th Annual Meeting of the EAAP (Commission on Animal Genetics)*. Harrogate, England 1979, pp 1-4.
- Foster, W. F. and Thompson, R., 1980. Random genetic drift in an egg-laying strain of poultry. *Genetical Research*, 35: 231-239.
- Fowler, S. H. and Ensminger, M. E., 1960. Interactions between genotype and plane of nutrition in selection for rate of gain in swine. *Journal of Animal Science*, 19: 434-449.
- Frankham R., 1980. Origin of genetic variation in selection lines. In: *Selection Experiments in Laboratory and Domestic Animals*. Ed. A. Robertson, CAB, Slough, UK.
- Fujita, H., 1973. The effect of length of daily light periods on diurnal feeding activity of laying hens. *Japanese Poultry Science*, 10: 123-127.
- Goodale, H. D. A., 1938. A study of the inheritance of body weight in the albino mouse by selection. *Journal of Heredity*, 29: 101-112.
- Gowe, R. S., Robertson, A. and Latter, B. D. H., 1958. Environment and poultry breeding problems. 5. The design of poultry control strains. *Poultry Science*, 38: 462-471.
- Griffing, B., 1960. Theoretical consequences of truncation selection based on the individual phenotype. *Australian Journal of Biological Science*, 13: 307-343.
- Guill, R. A. and Washburn, K. W., 1972. Cages and feed troughs for individual broiler feed consumption experiments. *Poultry Science*, 51: 1047-1048.
- Guill, R. A. and Washburn, K. W., 1974. Genetic changes in efficiency of feed utilization of chicks maintaining body weight constant. *Poultry Science*, 53: 1146-1154.
- Hammond, J., 1947. Animal breeding in relation to nutrition and environmental conditions. *Biological Review*, 22: 195-213.

- Hansen, H. C. and Sørensen, P., 1977. Frequency of LL and MD during nine generations in a breeding stock of broilers. Abstracts of a conference in the E.E.C. programme for coordination of research on avian leukosis. *Resistant Mechanisms in Marek's disease*. Vlissingen, Holland, pp 1-6.
- Hartmann, W. and Flock, D. K., 1979. Line *c* and family effects on the incidence of "twisted legs" in meat chickens. *XXI. British Poultry Breeders Roundtable*, Glasgow, England; pp 1-18.
- Harvey, W. R., 1977. *User's guide for LSML76. Mixed model least-square and maximum likelihood computer programme*. Ohio State University.
- Haye, U. and Simons, P. C. M., 1978. Twisted legs in broilers. *British Poultry Science*, 19: 549-557.
- Hayes, J. F. and McCarthy, J. C., 1976. The effects of selection at different ages for high and low body weight on the pattern of fat deposition in mice. *Genetical Research, Cambridge*, 27: 389-433.
- Hayman, B. I. and Mather, K., 1955. The description of genic interactions in continuous variation. *Biometrics*, 11: 69-82.
- Hetzel, D. J. S. and Nicholas, F. W., 1982. Direct and correlated response to selection for post-weaning weight gain on ad libitum or restricted feeding in mice. *Theoretical and Applied Genetics*, 63: 145-150.
- Hetzel, D. J. S. and Nicholas, F. W., 1983a. Results of selection for weight gain on ad libitum or restricted feeding in mice. I. Growth, food intake and efficiency of growth. *Genetical Research, Cambridge*; in press.
- Hetzel, D. J. S. and Nicholas, F. W., 1983b. Results of selection for weight gain on ad libitum or restricted feeding in mice. II. Body composition. *Genetical Research, Cambridge*; in press.
- Hill, W. G., 1972a. Estimation of realized heritabilities from selection experiments. I. Divergent selection. *Biometrics* 28: 747-765.
- Hill, W. G., 1972b. Estimation of realized heritabilities from selection experiments. II. Selection in one direction. *Biometrics*, 28: 767-780.
- Hill, W. G., 1972c. Estimation of genetic change. I. General theory and design of control populations. *Animal Breeding Abstracts*, 40: 1-15.
- Hill, W. G., 1972d. Estimation of genetic change. II. Experimental evaluation of control populations. *Animal Breeding Abstracts*. 40: 193-213.
- Hill, W. G., 1982. Rate of change in quantitative traits from fixation of new mutations. *Proceedings of National Academy Science, Washington*, 79: 142-145.
- Hood, R. L., 1984. Cellular and biochemical aspects of fat deposition in the broiler chicken. *World's Poultry Science Journal* 40: 160-169.
- Hood, R. L. and Pym, R. A. E., 1982. Correlated responses for lipogenesis and adipose tissue cellularity in chickens selected for body-weight gain, food consumption, and food conversion efficiency *Poultry Science*, 61: 122-127.

- Hughes, B. O., 1971. Allelomimetic feeding in the domestic fowl. *British Poultry Science*, 12: 359–366.
- Hutt, F. B. 1949. *Genetics of the Fowl*, New York. McCraw-Hill Book Co., Inc.
- Høj, F., Jensen, J. O., Pedersen, R., Svendsen, F. U. og Caspersen, C., 1983. Slagtekyllinger som ufrossent fjerkræ. 558. *Beretning fra Statens Husdyrbrugsforsøg*, pp 1–119.
- Håkansson, J., 1978. Inverkan av foderets energihalt på tillväxten och fodersmaltningsskanalens utveckling hos slaktkycklingar. *Report no. 44 from Department of Animal Nutrition, Swedish University of Agricultural Science*, pp 1–34.
- Håkansson, J., Eriksson, S., and Svensson, S. A., 1978. Influence of feed energy level on chemical composition of tissues and on the energy and protein utilization by broiler chicks. *Swedish University of Agricultural Sciences. Report 59*: 1–110.
- Jakobsen, P. E., 1964. *Lærebog i Dyrefysiologi*. DSR-Forlag – boghandel. Den kgl. Veterinær- og Landbohøjskole, pp 1–369.
- Jakobsen, P. E. and Weidner, K., 1973. *Chemistry of foodstuff and animals*. Compendium I, FAO-Faculty, Royal Veterinary and Agricultural University, Copenhagen. (DSR-boghandel).
- Jensen, A., 1958. Hvilken betydning har den hidtidige import af avlsdyr af »Slagteracer« haft for produktion af slagtefjerkræ. *Tidsskrift for Fjerkræavl*, 80: 205–206.
- Jensen, J. Fris, 1981. The influence of age at slaughter and the composition of diet on yield of slaughter chickens. *Quality of Poultry Meat. Proceedings of the Fifth European Symposium, Apeldoorn*.
- Jensen, O., 1982. Slagtekyllingers vægt, foderforbrug og slagteudbytte ved forskellig alder. *Medd. nr. 422, Statens Husdyrbrugsforsøg*, pp 1–4.
- Jensen, O., Jensen, J. Fris, og Stærk, B., 1984. Kvalitet af kød fra »1983 kyllinger« og fra »1953 kyllinger«. 561. *Beretning fra Statens Husdyrbrugsforsøg*, pp 1–33.
- Johnson, R. J., 1983. Energy metabolism of poultry. *Proceedings of the Nutrition Society of Australia*, 8: 72–82.
- Jones, L. P., Frankham, R., and Barker, J. S. F., 1969. The effects of population size and selection intensity in selection for a quantitative character in *Drosophila*. *Genetical Research, Cambridge*, 12: 249–266.
- Kempthorne, O. and Tandon, O. B., 1953. The estimation of heritability by regression of offspring on parent. *Biometrics*, 9: 90–100.
- Kinghorn, B., 1980. The expression of "recombination loss" in quantitative traits. *Zeitschrift für Tierzüchtung und Züchtungsbiologie*, 97: 138–143.
- Kinney, T. B., Jr., 1969. *A summary of reported estimates of heritabilities and of genetic and phenotypic correlations for traits of chickens*. U.S.D.A., A.R.S. Agricultural handbook, 369.

- Korkman, N., 1961. Selection for size in mice in different nutritional environments. *Hereditas* 47: 342-356.
- Landsudvalget for Fjerkræ, 1974. Indledning. *Beretning 1973-74*, pp 1-19.
- Landsudvalget for Fjerkræavl, 1965. *Beretning 1964-65*. Centraltrykkeriet, Slagelse, pp 1-100.
- Latter, B. D., 1959. Genetic sampling in a random mating population of constant size and sex ration. *Australian Journal of Biological Science*, 12: 500-505.
- Leclercq, B., 1983. The influence of dietary protein content on the performance of genetically lean or fat growing chickens. *British Poultry Science*, 24: 581-587.
- Leclercq, B., Blum, J. C., and Boyer, J. P., 1980. Selecting broilers for low or high abdominal fat: Initial observations. *British Poultry Science*, 21: 107-113.
- Leclercq, B. and Saadoun, A., 1982. Selecting broilers for low or high abdominal fat: Comparison of energy metabolism of the lean and fat lines. *Poultry Science*, 61: 1799-1803.
- Li, C. C., 1975. *Path Analysis - a Primer*. The Boxwood press, California.
- Liljedahl, L.-E., Kolstad, N., Sørensen, P., Maijala, K., 1979. Scandinavian selection and crossbreeding experiment with laying hens. I. Background and general outline. *Acta Agriculturae Scandinavica*, 29: 273-286.
- Marahrens, F. und Flock, D. K., 1980. Möglichkeiten und Probleme der genetischen Verbesserung der Futterverwertung beim Broiler auf der Grundlage von Gruppenkäfiginformationen. *Zeitschrift für Tierzüchtung und Züchtungsbiologie*, 97: 58-69.
- Marion, W. W., Nordskog, A. W., Tolman, H. S., and Forsythe, R. H., 1964. Egg composition as influenced by breeding, egg size, age, and season. *Poultry Science*, 43: 255-264.
- Marks, H. L., 1979. Growth rate and feed intake of selected and nonselected broilers. *Growth*, 43: 80-90.
- Marks, H. L. and Britton, W. M., 1978. Selection for 8-week body weight under different dietary protein levels. *Poultry Science*, 57: 10-16.
- Mason, V. C., Bech-Andersen, S., and Rudemo, M., 1980. *Tierphysiol., Tierernährung und Futtermittelkunde*, 43: 146-164.
- McCarthy, J. C., 1980. Morphological and physiological effects of selection for growth rate in mice. In: *Selection Experiments in Laboratory and Domestic Animals*. Ed. A. Robertson, CAB, Slough UK.
- McCarthy, J. C. and Siegel, P. B., 1983. A review of genetical and physiological effects of selection in meat-type poultry. *Animal Breeding Abstracts*, 51: 87-94.

- McPhee, C. P., Trappett, P. C., Neill, A. R., and Duncalfe, F., 1980. Changes in growth, appetite, food conversion efficiency and body composition in mice selected for high post-weaning weight gain on restricted feeding. *Theoretical and Applied Genetics*, 57: 49-56.
- Mitchell, H. H., Card, L. E., and Haines, W. T., 1927. The effect of age, sex, and castration on the basal heat production in chickens. *Journal and Agricultural Research*, 34: 945-960.
- Moore, S., Spackman, D. H., and Stein, W. H., 1958. Chromatography of amino acids on sulfonated polystyrene resins. An improved system. *Analytical Chemistry*, 30: 1185-1190.
- Moran, E. T., 1977. Growth and meat yield in poultry. In: *Growth and Poultry Meat Production*. Ed. Boorman and Wilson. Proceedings of the 12th Poultry Science Symposium. British Poultry Science, Ltd.
- Mueller, J. P. and James, J. W., 1983. Effect on linkage disequilibrium of selection for a quantitative character with epistasis. *Theoretical and Applied Genetics*, 65: 25-30.
- NCR, 1971. *Nutrient Requirements of Poultry*. The National Research Council. National Academy of Science. 6th ed.
- NCR, 1977. *Nutrient Requirements of Poultry*. The National Research Council. National Academy of Science. 7th ed. pp 1-62.
- Neimann-Sørensen, A., 1983. Husdyrforædlingens muligheder. *Nordisk Jordbrugsforskning* 65: 209-218.
- Nesheim, M. C., 1975. Genetic variation in nutritional requirements on poultry. In: *The Effect of Genetic Variance on Nutritional Requirements of Animals*. National Academy of Sciences, Washington D.C.: 47-87.
- Nordskog, A. W. and Hardiman, J., 1979. Inbreeding depression and natural selection as factors limiting progress from selection in poultry. In *Selection Experiments in Laboratory and Domestic Animals*. Edit. A. Robertson. CAB, Slough UK.
- Nordskog, A. W., Tolman, H. S., Casey, D. W., and Lin, C. Y., 1974. Selection in small populations of chickens. *Poultry Science*, 53: 1188-1219.
- O'Neill, S. J. B., 1971. Calorimetric studies on the effect of feathering and environmental temperature on heat production by the domestic fowl. *Ph. D. thesis*, Queens University, Belfast.
- Park, Y. I., Hansen, C. T., Chung, C. S., and Chapman, A. B., 1966. Influence of feeding regime on the effects of selection for postweaning gain in the rat. *Genetics*, 54: 1315-1327.
- Pedersen, C. B., 1969. Den omsættelige energis udnyttelse til fedtaflejring, proteinaflejring og vedligehold hos voksende kyllinger. *Forsøgslaboratoriets Årbog*: 236-242.

- Pedersen, O. K., 1979. Testing of breeding animals for meat production and meat quality in Denmark. *Acta Agriculturae Scandinavica. Supplementum*, 21: 122-135.
- Petersen, P. H., 1975. Genotype-environment interactions in milk production under Danish and Bulgarian conditions. *Animal Production*, 21: 101-108.
- Ponzone, R. W. and James, J. W., 1978. Possible bias in heritability estimates from intraclass correlation. *Theoretical and Applied Genetics*, 53: 25-27.
- Pym, R. A. E., 1978. Selection for food conversion efficiency in broilers. *Proceedings of XX. British Poultry Breeders Roundtable, Birmingham*.
- Pym, R. A. E. and James, J. W. 1979. Selection for food conversion in broilers: Predicted responses to selection for economic efficiency. *British Poultry Science*, 20: 99-107.
- Pym, R. A. E. and Nicholls, P. J., 1979. Selection for food conversion in broilers: Direct and correlated responses to selection for body-weight gain, food consumption and food conversion ratio. *British Poultry Science*, 20: 73-86.
- Pym, R. A. E. and Solvyns, A. J., 1979. Selections for food conversion in broilers: Body composition of birds selected for increased body-weight, food consumption and food conversion ratio. *British Poultry Science*, 20: 87-97.
- Pym, R. A. E. and Thompson, J. M., 1980. A simple caliper technique for estimation of abdominal fat in live broilers. *British Poultry Science*, 21: 281-286.
- Quist, F., 1977. Produktivitetsudviklingen i slagtekyllingeproduktionen - Hvad betyder den? *Dansk Erhvervsfjerkræ*, 6: 202-207.
- Ricard, F. H., 1974. Genetic modifications of growth pattern of chickens and some of their consequences. *Proceedings of the 16th British Poultry Breeders Roundtable*, Birmingham, UK.
- Ricard, F. H., 1983. Mesure de l'état d'engraissement chez le poulet. Variabilité d'origine biologique. *Proc. of Sixth Symposium on Quality in Poultry Meat*. Ploufragan, France. pp 49-68.
- Ricard, F. H., Leclercq, B. and Touraille, C., 1983. Selecting broilers for low or high abdominal fat: Distribution of carcass fat and quality of meat. *British Poultry Science*, 24: 511-516.
- Ricard, F. H. et Rouvier, R., 1967. Etude de la composition anatomique due poulet. I Variabilité de la repartition des différentes parties corporelles chez des coquelets Bresse Pile. *Annale de Zootechnique*, 16: 23-29.
- Ricard, F. H. et Rouvier, R., 1969. Etude de la composition anatomique due poulet. III Variabilité de la repartition des parties corporelles dans une souche de type Cornish. *Annales de Genetique et de Selection Animale*, 1: 151-165.

- Robertson, A., 1959. The sampling variance of the genetic correlation coefficient. *Biometrics*, 15: 469–485.
- Robertson, A., 1960. A theory of limits in artificial selection. *Proceedings of the Royal Society, London, B*, 153: 234–249.
- Robertson, A., 1961. Inbreeding in artificial selection programmes. *Genetical Research*, 2: 189–194.
- Robertson, A., 1973. Growth rate, appetite, body composition and efficiency. XV. *British Poultry Breeders Roundtable*, Birmingham, UK.
- Robertson, A., 1977. The effect of selection on the estimation of genetic parameters. *Zeitschrift für Tierzüchtung und Züchtungsbiologie*, 94: 131–135.
- Robertson, A., 1977. Genetic aspects of feed efficiency. *Intern note*.
- SAS, 1979. *User's Guide – 1979 Edition*. SAS Institute Inc. Raleigh, North Carolina, pp 1–494.
- Savory, C. J., 1976. Broiler growth and feeding behaviour in three different lighting regime. *British Poultry Science*, 17: 557–560.
- Savory, C. J., 1980. Diurnal feeding patterns in domestic fowls: A review. *Applied Animal Ethology*, 6: 78–82.
- Schmidt, M. K., Veum, T. L., Clark, J. L., and Krause, G. F., 1973. Chemical composition of crossbred swine from birth to 136 kg with two planes of nutrition from 53 to 136 kilograms. *Journal of Animal Science*, 37: 683–687.
- Scott, M. L., Nesheim, M. C., and Young, R. J., 1982. *Nutrition of the chickens*, Cornell University, New York.
- Seemann, G., 1981. The influence of age, sex, and strain on yield and cutting of broilers. *Quality of Poultry Meat. Proceedings of the Fifth European Symposium, Apeldoorn*.
- Sheridan, A. K., 1980. A new explanation for egg production heterosis in crosses between White Leghorns and Australorps. *British Poultry Science*, 21: 85–88.
- Sheridan, A. K., 1981. Crossbreeding and heterosis. *Animal Breeding Abstracts*, 49: 131–144.
- Sheridan, A. K. and Randall, M. C., 1977. Heterosis for egg production in White Leghorn-Australorp crosses. *British Poultry Science*, 18: 69–77.
- Siegel, P. B., 1978. Response to twenty generations of selection for body weight in chickens. *Proceedings of XVI. World's Poultry Congress*, 1761–1772.
- Siegel, P. B., Beane, W. L., and Kramer, C. Y., 1962. The measurement of feeding activity in chickens to 8 weeks of age. *Poultry Science*, 41: 1419–1422.
- Statens Foderstofkontrol, 1976. *Cirkulære »Beregning af handelsfoderstoffernes energetiske værdi«*.

- Statens Husdyrbrugsforsøg, 1981. Tabeller over fodermidlernes indhold af aminosyrerne: Lysin, methionin, cystin og treonin. 512. *Beretning fra Statens Husdyrbrugsforsøg*.
- Sørensen, P., 1975. Avlsarbejdet med høns af kødtype på Avlsstationen Strynø, 1974/75. *Meddelelse nr. 44 fra Statens Husdyrbrugsforsøg*, pp 1-4.
- Sørensen, P., 1977a. Fremtidsperspektiver i avlen med slagtekyllinger. *Meddelelse nr. 212 fra Statens Husdyrbrugsforsøg*, pp 1-4.
- Sørensen, P., 1977b. Genotype-level of protein interaction for growth rate in broilers. *British Poultry Science*, 18: 625-632.
- Sørensen, P., 1980a. Selection for growth rate in broilers fed on diets with different protein level. *Proceedings of the VI. European Poultry Conference, Hamburg 1980*, Vol. 2, pp 64-71.
- Sørensen, P., 1980b. Selection for growth rate on various feeding regimes in broilers. *XXII. British Poultry Breeders Roundtable*, pp 1-14.
- Sørensen, P., 1984a. Estimation of abdominal fat in live chickens by palpation. *Proceedings of XVII World's Poultry Congress*, pp 163-165.
- Sørensen, P., 1984b. Selection for improved feed efficiency in broilers. *Annales Agriculturae Fenniae*, 23: 238-246.
- Sørensen, P., 1985. Influence of diet on response to selection for growth and efficiency. In: *Poultry Genetics and Breeding*, pp 85-95. Ed. W. G. Hill, J. M. Manson and D. Hewitt. British Poultry Science Ltd.
- Sørensen, P., Ambrosen, T. og Kold, N., 1978. Avlsarbejdet med høns af kødtype på Avlsstationen Strynø, 1976-77. 471. *Beretning fra Statens Husdyrbrugsforsøg*, pp 1-79.
- Sørensen, P., Ambrosen T., and Petersen, Aa., 1980. Scandinavian selection and crossbreeding experiment with laying hens. IV. Results from the Danish part of the experiment. *Acta Agriculturae Scandinavica*, 30: 288-308.
- Sørensen, P., Ambrosen, T., and Petersen, Aa., 1980. Scandinavian selection and crossbreeding experiment with laying hens. V. Further results from the Danish part. *Acta Agriculturae Scandinavica*; in preparation.
- Sørensen, P., Chwalibog, A., and Eggum, B. O., 1983. Protein and energy metabolism in two lines of chickens selected for growth on high or low protein diets. *British Poultry Science*, 24. 237-250.
- Sørensen, P. and Harlou, B., 1984. Tibia disorder in broilers. Estimation of heritability and relation to clinical investigations. *Proceedings of XVII. World's Poultry Congress, Helsinki*, pp 163-165.
- Sørensen, P., Jensen, H. Askov og Kold, N., 1982. Avlsarbejdet med høns af kødtype på Avlsstationen for Fjerkræ, Strynø 1980-81. 536. *Beretning fra Statens Husdyrbrugsforsøg*, pp 1-70.
- Sørensen, P. og Kold, N., 1976. Avlsarbejdet med høns af kødtype på Avlsstationen Strynø, 1975. 439. *Beretning fra Statens Husdyrbrugsforsøg*, pp 1-30.

- Sørensen, P., Nielsen, V. og Kold, N., 1980. Avlsarbejdet med høns af kødtype på Avlsstationen Strynø, 1978-79. 505. *Beretning fra Statens Husdyrbrugsforsøg*, pp 1-115.
- Sørensen, P., Andersson, M., Kold, N., 1986. Sammenlignende afprøvning af minihøner og normale høner af kødtype. 604. *Beretning fra Statens Husdyrbrugsforsøg*, pp 1-56.
- Thomsen, M. G., 1982. *Personlig meddelelse*.
- Thonney, M. L., Touchberry, R. W., Goodrich, R. D., and Meiske, J. C., 1976. Intraspecies relationship between fasting heat production and body weight: a reevaluation of $W^{0.75}$ *Journal of Animal Science*, 43: 692-704.
- Thorbeck, G. and Henckel, S., 1976. Studies on energy requirement for maintenance in farm animals. *Proc. of the 7th Symposium on Energy and Metabolism*, Vichy; EAAP. Publ. 19: 117-120. G.de Bussac, Clermont Ferrand.
- Traberg, J., 1959. Import af avlsfjerkræ fra USA. *Tidsskrift for Fjerkræavl*, 81: 275-276.
- van Tien, W. F., 1977. Shell quality in poultry as seen from the breeder's view point. I. Improvement reached after four years of selection and the effect on productivity. *Poultry Science*, 56: 1107-1114.
- Verstrate, J. A., Spencer, J. V., Mirosh, L. W., and Becker, W. A., 1980. A comparison of methods for determining the fat content of broiler carcasses. *Poultry Science*, 59: 298-302.
- Washburn, K. W., 1979. Genetics and carcass composition. In: *Proceedings of the 1979 Georgia Nutrition Conference for the Feed Industry*. pp 34-43.
- Weidner, K. and Eggum, B. O., 1966. Proteinhydrolysis: A description of the method used at the Department of Animal Physiology in Copenhagen. *Acta Agriculturae Scandinavica*, 16: 115-119.
- Wenk, C. and van Es, A. J. H., 1976. Energy metabolism of growing chickens as related to their physical activity. *Proceedings of the 7th EAAP Symposium on Energy Metabolism* (ed. M. Vermonel). Clermont-Ferrand, G.de Bussac.
- Whitehead, C. C. and Griffin, H. D., 1985. Direct and correlated response to selection for decreased body fat in broilers. In: *Poultry Genetics and Breeding* pp 113-123. Ed. W. G. Hill, J. M. Mason and D. Hewitt. British Poultry Science Ltd.
- Wilson, B. J., 1977. Growth curves: Their analysis and use. In: *Growth and Poultry Meat Production*. Ed. Boorman and Wilson. British Poultry Science, Ltd., Edinburgh.
- Wright, S., 1933. Inbreeding and homozygosis involving sex-linked genes. *Proc. National Academy of Science*, 19: 411-420.
- Wright, S., 1921. Correlation and causation. *Journal of Agricultural Research*, 20: 557-585.

APPENDIKS

A Rearrangering af ligning til beregning af genetisk driftvarians

Ved beregning af den af Crow and Kimura (1970) anførte, såkaldte varians »effektive number« betegnet som $N_{e(v)}$, er der i populationer med kraftig selektion følgende tre forhold, der bidrager til en reduktion af det effektive populations-tal. Disse er:

- 1) Stor variation i antal afkom, der bliver udvalgt som avlsdyr
- 2) Positiv samvariation i antal avlsdyr af de to køn fra samme helsøskende-gruppe
- 3) Afvigelse fra Hardy-Weinbergs ligevægt.

De 2 førstnævnte punkter tages højde for med anvendelse af de almindeligt anvendte formler – f.eks. ligning 3.14. Hardy-Weinbergs »ligevægtsbegrebet« er knyttet til den genetiske variation på 1 locus, men under antagelsen af additiv genvirkning kan den også udstrækkes til at omfatte studier af polygenisk nedarvede egenskaber; problemet er blot, at det ikke lader sig gøre direkte at beregne en eventuel afvigelse fra Hardy-Weinberg-ligevægten. Indirekte kan man imidlertid få et skøn ved at anvende indavlsgraden som grundlag, idet stigende indavl er en af forudsætningerne for en afvigelse fra Hardy-Weinberg-ligevægten.

Idet proportionen af heterozygoter anføres som H , gælder,

$$\text{at} \quad H = 2 p_0 q_0$$

I den t^{te} generation gælder følgende:

$$H_t = 2 p_0 q_0 (1 - F_t) \quad (\text{Falconer, 1981})$$

$$\text{og} \quad H_t = 2 p_0 q_0 (1 - \alpha_{t-1}) \quad (\text{Crow and Kimura, 1970})$$

hvor α_{t-1} er afvigelsen fra Hardy-Weinberg-ligevægten i den $t-1^{\text{te}}$ generation.

Der er således sammenfald mellem indavlen i den t^{te} generation og α .

Den effektive population $N_{e(v)}$ skal korrigeres for α i henhold til følgende:

$$N' = \frac{2N}{\frac{s^2}{\bar{k}}(1 + \alpha) + 1 - \alpha} \quad (\text{Crow and Kimura, 1970})$$

hvor $s^2 = \frac{\sum (k - \bar{k})^2}{n - 1}$

k = antal afkom pr. forældre

Heraf ses,

at for: $s^2 < \bar{k}$ er der forøgende effekt af α på $N_{e(v)}$
 $s^2 = \bar{k}$ er der ingen effekt
 $s^2 > \bar{k}$ er der en reducerende effekt af α på $N_{e(v)}$

som følger:

α	$s^2 / \bar{k}$			
	2	4	6	8
0,1	3,2	5,7	6,6	7,2
0,2	6,3	10,7	12,5	13,5
0,4	11,8	19,4	22,2	23,7

Indavlen, beregnet som gennemsnit, når op på ca. 5%, og F er da et minimum; for α kan man gætte, at α vil ligge et sted mellem 5 og 10%, svarende til en reduktion af $N_{e(v)}$ på mindre end 3,2% under den forudsætning, at $s^2 \leq 2 \cdot \bar{k}$. Det skønnes derfor unødvendigt at inddrage denne korrektionsfaktor.

Såvel den af Hill (1972c) anførte formel til beregning af $N_{e(v)}$ som den tilsvarende formel, givet af Gowe, Robertson and Latter (1959), er begge udmærket, fordi de er gennemskuelige, men førstnævnte forudsætter samme antal avlsdyr i hver generation, medens sidstnævnte mangler kovariansandelen; de gennemførte beregninger af $N_{e(v)}$ er derfor foretaget ved hjælp af den af Latter (1959) anførte formel, der imidlertid lider af den mangel, at det er vanskeligt at gennemskue de enkelte kilders bidrag. I det efterfølgende er Hills (1972) formel ændret således, at det er muligt helt klart at skelne de enkelte årsagskilders bidrag, og er således grundlag for udarbejdelsen af tabel 3.24.

$$\frac{1}{N_{c(v)}} = \frac{1}{8M} \left[1 + \frac{\sigma_{m \rightarrow m}^2}{2} + \frac{M'}{F} \cdot \sigma_{(m \rightarrow m, m \rightarrow f)} + \frac{M \cdot M'}{F^2} \cdot \frac{\sigma_{m \rightarrow f}^2}{2} \right] \\ + \frac{1}{8F} \left[1 + \frac{\sigma_{f \rightarrow f}^2}{2} + \frac{M'}{F} \cdot \sigma_{(f \rightarrow f, f \rightarrow m)} + \frac{F \cdot F'}{M^2} \cdot \frac{\sigma_{f \rightarrow m}^2}{2} \right]$$

De anførte symboler og udtryk har følgende indhold:

M	=	totalt antal avlshaner
M'	=	antal fædre
F	=	totalt antal avlshøner
F'	=	antal mødre
$\sigma_{m \rightarrow m}^2$	=	variansen på antal avlshaner, grupperet efter fædre
$\sigma_{m \rightarrow m, m \rightarrow f}$	=	kovariansen på antal avlshaner og antal avlshøner, grupperet efter fædre

idet $\sigma_x^2 = s_x^2 \cdot \frac{n-1}{n}$ indsættes,

og visse rearrangeringer foretages,

$$\text{fås} \quad \frac{1}{N_{c(v)}} = \frac{1}{8} \left[\frac{1}{M} + \frac{M'(M'-1)}{2 \cdot M^2 \cdot M'} \cdot s_{m \rightarrow m}^2 + \frac{1}{F} + \frac{M'(M'-1)}{2 \cdot F^2 \cdot M'} \cdot s_{m \rightarrow f}^2 \right. \\ + \frac{F'(F'-1)}{2 \cdot M^2 \cdot F'} \cdot s_{f \rightarrow m}^2 + \frac{F'(F'-1)}{2 \cdot F^2 \cdot F'} \cdot s_{f \rightarrow f}^2 \\ \left. + \frac{M'(M'-1)}{M \cdot F \cdot M'} \cdot s_{(m \rightarrow f, m \rightarrow m)} + \frac{F'(F'-1)}{M \cdot F \cdot F'} \cdot s_{(f \rightarrow m, f \rightarrow f)} \right]$$

$$\text{idet f.eks. } s_{m \rightarrow m}^2 = \frac{\sum a_i^2 - \frac{M^2}{M'}}{M' - 1}$$

hvor a_i = antal avlshaner fra den i^{te} far, kan følgende omskrivning foretages:

Årsagskilde:

$$\frac{1}{N_{e(v)}} = \frac{1}{8} \left(\frac{1}{M} + \frac{1}{F} \right)$$

Sampling af gameter.

$$+ \frac{1}{8} \left(\frac{\sum a^2}{2M^2} - \frac{1}{2M'} \right) \text{ Far} \rightarrow \text{søn variation}$$

$$+ \frac{1}{8} \left(\frac{\sum b^2}{2F^2} - \frac{1}{2M'} \right) \text{ Far} \rightarrow \text{datter variation}$$

$$+ \frac{1}{8} \left(\frac{\sum c^2}{2M^2} - \frac{1}{2F'} \right) \text{ Mor} \rightarrow \text{søn variation}$$

$$+ \frac{1}{8} \left(\frac{\sum d^2}{2F^2} - \frac{1}{2F'} \right) \text{ Mor} \rightarrow \text{datter variation}$$

$$+ \frac{1}{8} \left(\frac{\sum ab}{M \cdot F} - \frac{1}{M'} \right) \text{ Far} \rightarrow \text{søn} \times \text{datter variation}$$

$$+ \frac{1}{8} \left(\frac{\sum cd}{M \cdot F} - \frac{1}{F'} \right) \text{ Mor} \rightarrow \text{søn} \times \text{datter variation}$$

En yderligere rearrangering til den af Latter (1959) viste form:

$$\frac{1}{N_{e(v)}} = \frac{1}{16} \left[\frac{4}{M} + \frac{4}{F} - \frac{4}{M'} - \frac{4}{F'} + \frac{2\sum a(a-1)}{M^2} + \frac{2\sum b(b-1)}{F^2} + \frac{\sum c(c-1)}{M^2} + \frac{\sum d(d-1)}{F^2} + \frac{\sum ab}{M \cdot F} + \frac{\sum cd}{M \cdot F} \right]$$

APPENDIKS

B Beregning af indavl på grundlag af ufuldstændige stamtavler

Baggrund

I bedsteforældregenerationen kan maksimalt 2 aner af hunkøn mangle, hvorfor der i de bagvedliggende anegenerationer kan mangle identifikation af indtil halvdelen af anerne i en anegeneration. Bidrag til indavl opstår, når man ved sammenligning af aner på mødresiden med aner på fædresiden finder identitet, og når denne identitet ikke på forhånd er givet af en aneidentitet, der ligger et slægtled nærmere forældrene (fig. B. 1); dette bidrag til den samlede indavl for et individ er $0,5^{2n+1}$, som anført i ligning (3.15).

Korrektionen har da som formål:

- at bestemme antallet af manglende anesammenligninger
- at bestemme sandsynligheden for, at en given anesammenligning er en aneidentitet
- at bestemme korrektionens størrelse ved at multiplicere manglende anesammenligninger med sandsynligheden for at finde en aneidentitet og med indavlsbidraget for den anegeneration, der behandles.

ad a) Grundlaget for at bestemme antallet af manglende anesammenligninger er at kende antallet af ukendte aner, og dette foreligger i nærværende arbejde som en optælling pr. anegeneration for hver stamtavle. Der er ikke differentieret mellem køn bortset fra, at »nye« ukendte altid er hundyr, og der er ej heller en differentiering af, om de ukendte aner er på mødreside eller på fædreside.

Betrakter man 2. anegeneration i stamtavlen (fig. B. 1), bestående af 4 handyr og 4 hundyr, ses, at i alt 4 sammenligninger pr. køn vil være nødvendig og tilstrækkelig til at afprøve alle muligheder; dette tal er generelt:

$$T = 2^{(I \cdot 2 - 2)}$$

hvor I = anegeneration,
d.v.s. at i 3. anegeneration (tipoldeforældre) er der 16 sammenligninger/køn, medens antallet af aner/køn pr. generation er:

$$A = 2^I ;$$

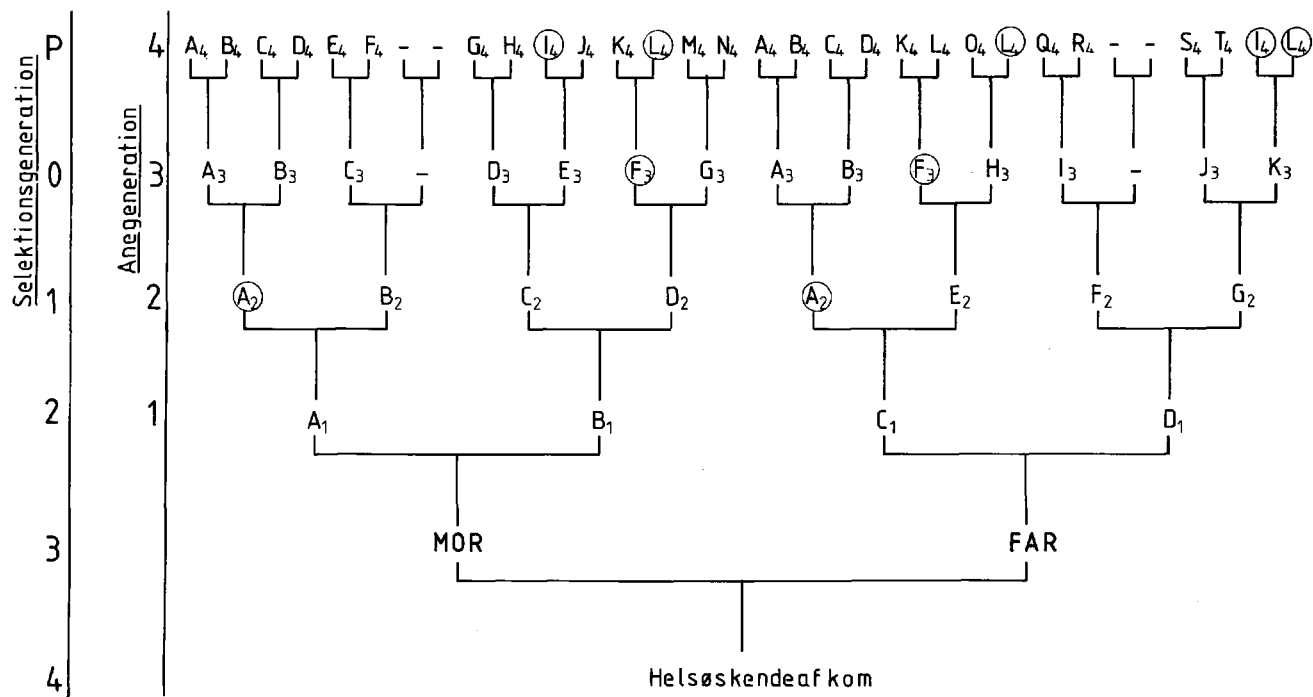


Fig. B 1 Stamtavle for en helsøskendegruppe i gen. 4 ($F = 4,49\%$). Manglende aner er angivet ved en streg. Aner, der første gang optræder som fællesaner for far og mor, er markeret med en cirkel.

Fig. B 1 Pedigree for a full-sib group of gen. 4 ($F = 4.99\%$). Missing ancestors are represented by a dash. Ancestors appearing for the first time as common ancestors for father and mother are circled.

manglende aner/køn i en generation:

$$M_I \leq 2^I ;$$

og antal manglende sammenligninger:

$$N_I \leq T$$

I 2. generation giver manglende aner anledning til følgende antal manglende sammenligninger:

Manglende aner	Manglende sammenligninger
1	2
2	3,33
3	4
4	4

Den første og de to sidste muligheder fremgår direkte af stamtavlen. Ved 2 manglende aner kan placeringen være på samme side i stamtavlen, og da vil 4 sammenligninger mangle; såfremt de to aner er placeret på henholdsvis mødresiden og fædresiden, vil 3 sammenligninger mangle. Under forudsætning af en tilfældig placering af manglende aner er sidstnævnte dobbelt så sandsynlig som førstnævnte,

$$\text{hvorfor} \quad N_{I,2} = \frac{1}{3} \cdot 4 + \frac{2}{3} \cdot 3 = 3,3$$

$$\text{eller generelt} \quad N_{I,k} = \sum_{j=1}^c fr_j \cdot n_{I,j}$$

hvor $N_{I,k}$ = manglende sammenligninger inden for køn i den I^{te} anegeneration og med k manglende aner

c = forskellige måder, hvorpå de k manglende aner kan anbringes

fr_j = frekvensen af den j^{te} måde at anbringe de k manglende aner på

n_{I,j} = antallet af manglende sammenligninger i den I^{te} anegeneration og den j^{te} kombination af k manglende aner.

I den efterfølgende oversigt er anført de beregnede cifre for de 4 første anegenerationer.

Generation:	Manglende aner	Manglende sammenligninger	Maksimalt antal sammenligninger
Bedsteforældre	1	1	1
	2	1	
Oldeforældre	1	2	4
	2	3,33	
	3	4	
	4	4	
Tipoldeforældre	1	4	16
	2	7,43	
	3	10,29	
	4	12,57	
	5	14,29	
	6	15,43	
	7	16	
	8	16	
Tip-tipoldeforældre	1	8	64
	2	15,46	
	3	22,40	
	4	28,80	
	5	34,67	
	6	40,00	
	.		
	.		
	13	62,40	
	14	63,46	
	15	64	
	16	64	

I fig. B. 2 er illustreret sammenhæng mellem frekvens af manglende aner og den tilhørende frekvens af manglende antal sammenligninger.

På absicseaksen er afsat manglende antal aner i relation til det maksimalt mulige i den 1^{te} anegeneration, og på ordinaten er på tilsvarende måde afsat manglende antal sammenligninger i relation til det maksimalt mulige.

Allerede 3. og 4. anegeneration ses at ligge tæt sammen, når de diskontinuerede kurver sammenlignes. Da der imidlertid er væsentlige bidrag fra 2. anege-

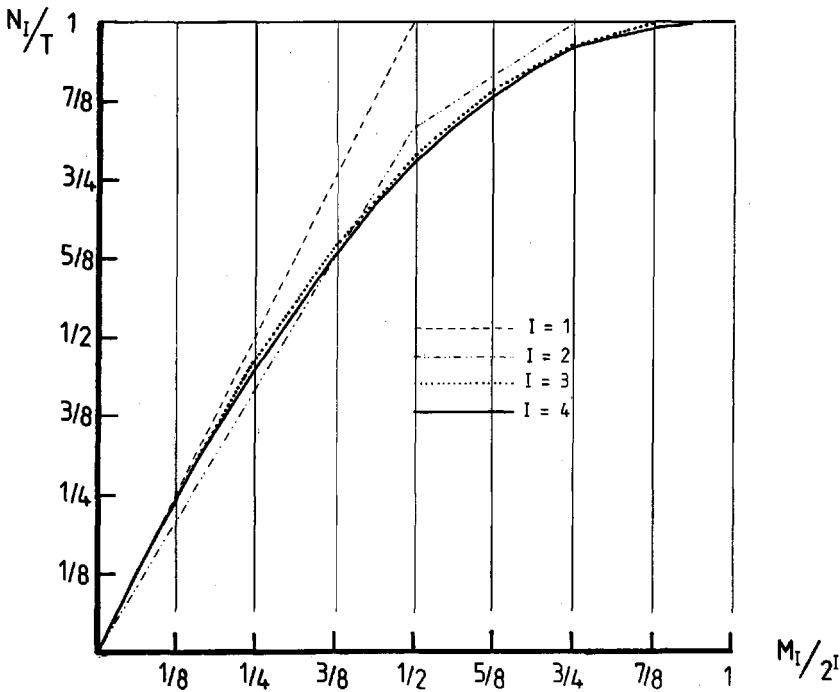


Fig. B.2 Proportion af manglende aneidentiteter (N_I/T) som afhængig af proportionen af manglende aner ($M_I/2^I$) for 1. til 4. anegeneration.

Fig. B.2 The proportion of missing ancestor identities (N_I/T) as dependent on the proportion of missing ancestors ($M_I/2^I$) for ancestor generations 1-4.

neration, er det fundet mest hensigtsmæssigt at finde en diskret funktion, der beskriver manglende antal sammenligninger, og denne er for det enkelte køn:

$$N_I = \sum_{j=1}^k 2^{(I-1)} \cdot (2^I - j) / (2^I - 1) \quad (B1)$$

Det her anførte N_I modsvarede N_{ij} i (3.16) for det j^{te} køn.

Manglende aner i den I^{te} anegeneration vil automatisk medføre det dobbelte antal manglende aner i den $I+1^{\text{te}}$ anegeneration, og disse vil fordele sig med lige mange af hvert køn, d.v.s.

$$\text{at } M_{I\sigma} = M_{I-1}$$

$$M_{I\varphi} = M_I - M_{I\sigma}$$

For $I=1$ gælder, at $M_{I\sigma} = 0$

ad b) Det antages, at der er homogenitet inden for anegeneration og køn med hensyn til sandsynlighed for at finde identitet gennem en anesammenligning. Sandsynligheden for at finde en identitet afhænger af antallet af avlsdyr, og for køn gælder, at der er ca. 4 gange så mange avlshøner som avlsheaner, hvilket betyder, at chancen for at finde en aneidentitet blandt handyr er 4 gange så stor som blandt hundyr –

$$\text{jvf. } \Delta F = \frac{1}{8} \cdot \left[\frac{1}{M} + \frac{1}{F} \right]$$

Det ikke-korrigerede bidrag (X_I) til indavlen fra den I^{te} anegeneration vil have følgende sammensætning:

$$X_I = Z_{I\varnothing} \cdot K_{I\varnothing} + Z_{I\sigma} \cdot K_{I\sigma} ;$$

hvor $Z_{I\varnothing}$ = sandsynligheden for, at en anesammenligning mellem anemødre er identisk

$$Z_{I\sigma} = 4 \cdot Z_{I\varnothing} \quad (\text{i følge ovenstående})$$

$$K_{I\varnothing} = \text{antal anesammenligninger mellem kendte mødreaner;} \\ \text{d.v.s. } 2^{2^{I-2}} - N_{\varnothing} .$$

$$K_{I\sigma} = \text{antal anesammenligninger mellem kendte fædreaner,} \\ \text{d.v.s. } 2^{2^{I-2}} - N_{\sigma} .$$

Heraf følger, at:

$$X_I = Z_{I\varnothing} (K_{I\varnothing} + 4 K_{I\sigma})$$

$\parallel$
v

$$Z_{I\varnothing} = \frac{X_I}{5 \cdot 2^{2^{I-2}} - N_{I\varnothing} - N_{I\sigma}} \quad (\text{B2})$$

Ved sammenligning med (3.16) modsvarende $Z_{I\varnothing}$ den i ligning (3.16) anførte Z_{ij} , hvor j her angiver det hunlige køn. Ved beregning af Z -værdierne benyttes populationsgennemsnit fra tabel 3.19.

Beregningseksempel. Antag den i figur B1 viste stamtavle, hvori der i 3. anegeneration findes 2 manglende mødreaner, medens der i 4. anegeneration findes 4 manglende mødreaner og 2 manglende fædreaner. Ved beregning af korrektionsleddets størrelse for den enkelte stamtavle tages ikke hensyn til den aktuelle placering af de manglende aner, men der beregnes et antal manglende anesammenligninger på grundlag af gennemsnitsværdier, hvorfor der med anvendelse af ligning (B1) fås følgende:

$$N_{3\varnothing} = \frac{2^2}{(2^3-1)} [2 \cdot 2^3 - 1 - 2] = 7,43$$

$$N_{4\varnothing} = \frac{2^3}{(2^4-1)} [4 \cdot 2^4 - 1 - 2 - 3 - 4] = 28,80$$

$$N_{4\sigma} = \frac{2^3}{(2^4-1)} [2 \cdot 2^4 - 1 - 2] = 15,46$$

Forinden beregning af Z-værdierne med benyttelse af ligning (B2) findes det gennemsnitlige antal manglende aner og det heraf følgende antal manglende anesammenligninger.

Anegeneration	Selektions-generation	$\bar{M}_{\sigma}$	$\bar{M}_{\varnothing}$	$\bar{N}_{\sigma}$	$\bar{N}_{\varnothing}$
1	2	0,00	0,12	—	0,12
2	1	0,12	1,00	0,24	2,00
3	0	1,00	1,88	4,00	7,02
4	P	1,88	7,40	14,56	46,50

$$Z_{3\varnothing} = \frac{0,79}{5 \cdot 2^4 - 4,00 - 7,02} = 0,01145$$

$$Z_{4\varnothing} = \frac{0,59}{5 \cdot 2^6 - 14,56 - 46,50} = 0,00228$$

$$Z_{4\sigma} = 4 \cdot 0,00228 = 0,00911$$

Og endelig ved hjælp af (3.16) fås korrektionsleddet:

$$\begin{aligned}
 & 7,43 \cdot 0,01145 \cdot 0,5^7 \\
 & + 28,80 \cdot 0,00228 \cdot 0,5^9 \\
 & + 15,46 \cdot 0,00911 \cdot 0,5^9 \\
 & = 0,001068 ; \\
 \text{eller som \%} & = 0,1068 .
 \end{aligned}$$

Ved sammenligning med tabel 3.19 ses, at for nærværende stamtavle er korrektionen for manglende aner kun ca. 1/5 af den gennemsnitlige korrektion, og det beror hovedsagelig på, at der ikke manglede information i 2. anegeneration.

Det fremgår tydeligt af fig. B.2, at der ikke er retlinethed mellem proportionen af manglende aner og proportionen af manglende aneidentiteter, hvorfor en rimelig korrektion kun kan foretages med metoder, der tager hensyn hertil.

Ud over allerede nævnte forudsætninger, der, så vidt det kan skønnes, ikke byder på problemer, hverken i nærværende populationer eller i andre husdyrpopulationer, skal nævnes endnu én forudsætning, der kort kan formuleres således, at homogenitet mellem kendte og ukendte aner med hensyn til sandsynlighed for aneidentitet forudsættes. Det skønnes ikke, at en beskeden arvbarhed, hvad angår redevillighed (Sørensen et al., 1987), vil kunne bryde denne forudsætning, og der kan ikke øjnes andre forhold, der kan bidrage hertil.

I populationer, hvortil der fra tid til anden migreres avlsdyr, må man være opmærksom på, at manglende aneinformation om sådanne dyr ikke opfylder den nævnte betingelse.

APPENDIKS

C Korrektion for selektion blandt forældre ved beregning af h^2

I populationer, hvor der selekteres for en given egenskab i begge køn, og hvor der kan ses bort fra maternel effekt, gælder følgende betragtninger:

$$\sigma_{V\sigma}^2 = \sigma_{V\sigma}^2 (1 - K_{\sigma}) ;$$

$$\sigma_{V\varphi}^2 = \sigma_{V\varphi}^2 (1 - K_{\varphi}) ;$$

Under forudsætning af, at selektionen foregår således, at man konsekvent anvender alle dyr, der har mere end en vis værdi »x«, gælder den velkendte formel:

$$K = i (i - x) ;$$

hvor i = selektionsintensiteten

x = det afskæringspunkt på abscissen i en $N(0,1)$ -fordeling, der modsvarer et givet i under selektion med afskæring.

Den anførte forudsætning er ikke opfyldt, hvorfor det var nødvendigt direkte at beregne den fænotypiske varians blandt avlsdyrene.

Hvis Z betegner den forventede middelværdi hos afkommet hos en forældre, så gælder for ikke-selekterede populationer følgende:

$$\sigma_Z^2 = \frac{1}{4} \cdot \sigma_A^2 = \frac{1}{4} \cdot h^2 \cdot \sigma_V^2 ;$$

da Z er identisk med den sande avlsværdi af en forældre, gælder, at korrelationen mellem selektionsobjektet (observeret vægt) og den forventede middelværdi hos afkommet er $\sqrt{h^2_V}$.

Cochran (1951) viste, at når der selekteres for en egenskab V , vil den proportionale reduktion af variansen i en korreleret egenskab Z være lig med den kvadrerede korrelation mellem V og Z , multipliceret med den proportionale reduktion af variansen på V ; derfor er variansen på den forventede middelværdi af afkom efter selekterede forældre.

$$\sigma_{Z(s)}^2 = \frac{1}{4} \cdot \sigma_A^2 (1 - K \cdot h^2_V)$$

Variansanalyse på grundlag af model (3.18) giver for henholdsvis halv- og helsøskende følgende sammensætning af varianskomponenter:

$$\begin{aligned}
 \sigma^2_{Ha} &= \underbrace{\frac{1}{4} \cdot \sigma^2_A (1 - K_{\sigma} \cdot h^2)}_{\text{fædre-bidrag}} + \underbrace{\left(r^G - \frac{1}{4}\right) \cdot \sigma^2_A (1 - K_{\varphi} \cdot h^2)}_{\text{mødre-bidrag}} \\
 &= r^G \cdot \sigma^2_A - \sigma^2_A \cdot h^2 \cdot \left(\frac{1}{4} \cdot K_{\sigma} + \left(r^G - \frac{1}{4}\right) \cdot K_{\varphi}\right) \\
 &= r^G \cdot \sigma^2_A \left[1 - \frac{\sigma^2_A}{r^G} \cdot h^2 \cdot \left(\frac{1}{4} \cdot K_{\sigma} + \left(r^G - \frac{1}{4}\right) \cdot K_{\varphi}\right)\right] \\
 \sigma^2_{He} &= \underbrace{\frac{1}{4} \cdot \sigma^2_A (1 - K_{\sigma} \cdot h^2)}_{\text{fædre-bidrag}} + \underbrace{\frac{1}{4} \cdot \sigma^2_A (1 - K_{\varphi} \cdot h^2) + \frac{1}{4} \cdot \sigma^2_D}_{\text{mødre-bidrag}} \\
 &= \frac{1}{2} \cdot \sigma^2_A - \frac{1}{4} \cdot \sigma^2_A \cdot h^2 (K_{\sigma} + K_{\varphi}) \\
 &= \frac{1}{2} \cdot \sigma^2_A \left[1 - \frac{1}{2} \cdot h^2 \cdot (K_{\sigma} + K_{\varphi})\right]
 \end{aligned}$$

Den fænotypiske variation blandt afkommet er reduceret med:

$$\frac{1}{4} \cdot \sigma^2_A \cdot h^2 \cdot (K_{\sigma} + K_{\varphi}) ;$$

$$\text{til} \quad \sigma^2_{Vs} = \sigma^2_V \cdot \left[1 - \frac{1}{4} \cdot h^2 \cdot (K_{\sigma} + K_{\varphi})\right]$$

Derefter foretages en estimering af skøn for h^2 , som følger:

$$h^2_{Ha} = \frac{1}{r^G} \cdot \frac{s^2_{Ha}}{s^2_{Vs}} \cdot \frac{\left[1 - \frac{1}{4} \cdot h^4 \cdot (K_{\sigma} + K_{\varphi})\right]}{\left[1 - \frac{h^2}{r^G} \cdot \left(\frac{1}{4} \cdot K_{\sigma} + \left(r^G - 0,25\right) K_{\varphi}\right)\right]} \quad (C1)$$

$$h^2_{He} = 2 \cdot \frac{s^2_{He}}{s^2_{Vs}} \cdot \frac{\left[1 - \frac{1}{4} \cdot h^4 \cdot (K_{\sigma} + K_{\varphi})\right]}{\left[1 - \frac{1}{2} \cdot h^2 \cdot (K_{\sigma} + K_{\varphi})\right]} \quad (C2)$$

Slægtskabskoefficienten r^G mellem halvsøskende er lidt højere end 0,25, fordi der optræder grupper af helsøskende blandt halvsøskende.

$$r^G = \frac{1}{4} \left[1 + \frac{\sum_{j=1}^h \sum_{i=1}^f n_{ij} (n_{ij} - 1)}{\sum_{j=1}^h \sum_{i=1}^f n_{ij} \sum_{i=1}^f n_{ij} - 1} \right]$$

n_{ij} = er antal i den i^{te} helsøskendegruppe under den j^{te} halvsøskendegruppe.

På grundlag af ligningen har man fundet, at $r^G = 0,27$ med meget små variationer, hvorfor denne værdi er antaget at gælde for hele materialet.

Ligningerne (C1) og (C2) kan omskrives til 2. grads polynomier af h^2 og får da følgende udseende:

$$h^4 - \frac{1}{K' - Z \cdot K \cdot \frac{1}{4}} \cdot h^2 + \frac{Z}{K' - Z \cdot K \cdot \frac{1}{4}} = 0 \quad (C1a)$$

hvor $K = K_{\varnothing} + K_{\sigma}$;

$$K' = \frac{1}{r^G} \left[\frac{1}{4} \cdot K_{\sigma} + (r^G - 0,25) \cdot K_{\varnothing} \right] ;$$

$$Z = \frac{1}{r^G} \cdot \frac{\sigma_{Ha}^2}{\sigma_{Vs}^2}$$

hvilket har følgende løsning:

$$h^2 = \frac{1}{2 \cdot K' - \frac{1}{2} \cdot Z \cdot K} - \sqrt{\frac{1 - Z \cdot 4 \cdot (K' - Z \cdot K \cdot \frac{1}{4})}{4 \cdot (K' - \frac{1}{4} \cdot Z \cdot K)^2}}$$

hvor h^2 , K_{σ} og $K_{\varnothing}$ er defineret i følgende intervaller:

$$0 \leq h^2 \leq 1$$

$$Z \leq h^2$$

$$0 < K_{\sigma} < 1$$

$$0 < K_{\varnothing} < 1$$

Endelig gælder, at udtrykket under kvadratrodstegnet skal være positivt, og her er det navnlig tælleren, der kan være kritisk.

For helsøskendes vedkommende er følgende omskrivning relevant:

$$h^4 - \frac{1}{\frac{1}{2} \cdot K (1 - \frac{1}{2} \cdot Z)} \cdot h^2 + \frac{Z}{\frac{1}{2} \cdot K (1 - \frac{1}{2} \cdot Z)} = 0 \quad (C2a)$$

$$\text{hvor } Z = 2 \cdot \frac{\sigma_{\text{He}}^2}{\sigma_{\text{Vs}}^2}$$

$$K = K_{\sigma^*} + K_{\varphi}$$

Ligningen har følgende løsning:

$$h_{\text{He}}^2 = \frac{1}{K (1 - \frac{1}{2} \cdot Z)} - \sqrt{\frac{1 - Z \cdot 2 \cdot K (1 - \frac{1}{2} \cdot Z)}{(K (1 - \frac{1}{2} \cdot Z))^2}}$$

og med samme begrænsninger som for løsning af (C1a).

Z_{max} blev fundet for (C2a) som afhængig af K ved hjælp af følgende ulighed:

$$1 - 2 \cdot K \cdot Z + K \cdot Z^2 \leq 0.$$

Af Fig. C. 1 fremgår, at alle værdier af Z kan anvendes til estimering af h^2 hos K -værdier mindre end 1; herefter sker en drastisk reduktion.

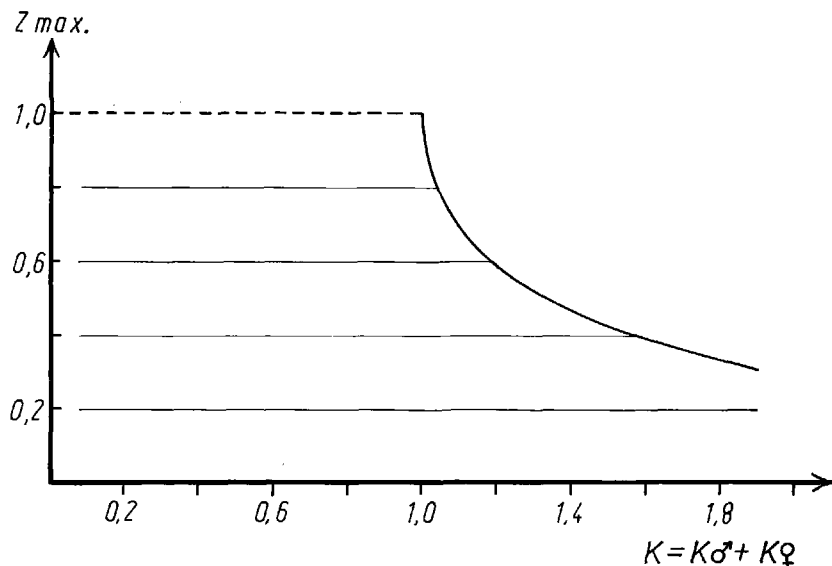


Fig. C 1 Løsningsrummet for $Z (= 2 \times \sigma_{\text{He}}^2 / \sigma_{\text{Vs}}^2)$ under varierende værdi af K .
Fig. C 1 The solution potential for $Z (= 2 \times \sigma_{\text{He}}^2 / \sigma_{\text{Vs}}^2)$ at varying values of K .