

Lisbeth Ott-Ebbesen

**Knækægsprojektet IV.
Laboratiemålinger af æggeskallens styrke, relateret til knækægsprocenten i praksis**

Laboratorial measurements of the strength of the egg shell related to the percentage of cracked eggs under field conditions

With English summary and subtitles



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

Trykt i Frederiksberg Bogtrykkeri 1986

FORORD

Til måling af æggeskallens styrke er der blevet udviklet en række målemetoder. Metoderne kan opdeles i to hovedgrupper alt efter, om det er muligt at måle skalstyrken på det intakte æg, eller om det er nødvendigt at slå ægget ud for at kunne veje æggeskallen eller måle dens tykkelse.

Efter vurderingen af de forskellige målemetoder, der er beskrevet i 554. Beretning *Æggeskallens styrke*, skønnedes, at den bedste metode til beskrivelse af de forskellige årsager til brud på æggenes skal var iagttagelse af hyppigheden samt arten af knæk.

For om muligt at etablere sammenhæng mellem de i litteraturstudiet beskrevne metoder til vurdering af æggeskallens styrke og iagttagelserne af knæk blev under KNÆKÆGSPROJEKTET gennemført en række laboratoriemålinger.

Æggene til undersøgelsen blev indsamlet af *vid.ass. Susanne Therkildsen*, og laboratoriemålingerne blev gennemført af *vid.ass. Lisbeth Ott-Ebbesen* samt *vid.ass. Susanne Therkildsen* og *agronomstuderende Birgit Lauridsen*.

Forsøgsdata til EDB-beregning på NEUCC ved brug af SAS-programmer blev indtastet af *assistent Harriet Mikkelsen*, der tillige har opsat og renskrevet manuskriptet.

Undersøgelserne er gennemført af *Lisbeth Ott-Ebbesen* og *Susanne Therkildsen*, førstnævnte har endvidere udarbejdet beretningen; og undersøgelserne er en del af projektet "Nedsættelse af knækægsfrekvensen" under aktivitetsnummer 1351, der blev finansieret ved hjælp af bevilling fra Ægudvalget.

Ægudvalget takkes for den bevilling, der gjorde det muligt for gennemførelse af undersøgelsen, og derudover takkes forsøgsværterne for deres støtte til undersøgelsen.

København, februar 1986

J.Fris Jensen

INDHOLDSFORTEGNELSE

	Side
FORORD	3
SAMMENDRAG	5
SUMMARY	6
 1 INDLEDNING	 8
 2 MATERIALE	 9
2.1 Stalden	9
2.2 Buranlæg og burbunde	10
2.3 Høner	11
2.4 Klima og lysforhold	11
2.5 Fodersammensætning	14
2.6 Blodprøveanalyser	14
2.7 Æglysningslampe	14
2.8 Vægt	15
2.9 Mikrometer	15
2.10 Statestik og EDB	15
 3 METODE	 17
3.1 Knæktyper	17
3.2 Forsøgsplan	21
3.3 Beregningsformler	21
 4 RESULTATER	 22
4.1 Ægydelse	22
4.2 Knækægsprocent	23
4.3 Resultater, opdelt efter knækkede og hele æg	23
4.4 Resultater, opdelt efter knæktyper	31
4.5 Resultater af den målte og beregnede skaltykkelse ..	33
 5 DISKUSSION	 36
 6 KONKLUSION	 40
 LITTERATUR	 41

SAMMENDRAG

Hos en ægproducent med et buranlæg med plads til ca. 5.000 høner blev gennemført et forsøg, hvor forskellige laboratoriemålinger og beregninger af ægparametre blev relateret til knækægsprocent, målt i ægrenden.

9 gange, fra hønerne var 36 til 74 uger, blev udtaget hvert 3. æg i den midterste burrække. Æggene blev vejede og gennemlyst, hvorved knækæg og knæktyper blev registreret. Dernæst blev æggene slået ud, og æggeskallerne blev vasket og tørret. De tørrede æggeskaller blev vejede, og skaltykkelsen blev målt med et fjederbelastet mikrometer. mg skal pr. cm² overflade, skalprocent og skaltykkelse blev lige som alle statistiske analyser beregnet ved hjælp af EDB.

Der blev i alt indsamlet 3.487 æg, hvoraf 343 var knækæg. Alle beregnede og målte værdier blev igennem hele produktionsperioden opdelt efter hele og knækkede æg, og derudover blev knækæggene delt op efter knæktype.

Vedrørende hele og knækkede æg viste der sig ingen forskel på ægvægten, men for de øvrige målte og beregnede værdier fandtes for hele æg en signifikant ($P \leq 0,001$) højere værdi end for knækkede æg. Imidlertid var intervallet af samtlige værdier så stort, at værdierne overlappede hinanden for knækkede og hele æg.

Af de 5 forskellige knæktyper blev af hensyn til den statistiske sikkerhed kun gennemført beregninger for æg med linie- og stjerneknæk samt for æg med knappenålshuller. Resultatet af beregningerne for æg med de 3 knæktyper viste, at ægvægten for æg med knappenålshuller var signifikant lavere ($P \leq 0,001$) end for æg med linie- og stjerneknæk, men der kunne ikke registreres forskel på knæktyperne, når det gjaldt skalvægt samt skaltykkelse. Med hensyn til mg skal pr. cm² overflade og skalprocent lå æg med stjerneknæk signifikant ($P \leq 0,001$) lavere end æg med linieknæk og knappenålshuller.

Ved hjælp af en formel (Tyler og Geake, 1961) blev beregnet skal-

tykkelse for alle æg. Den målte værdi var signifikant ($P \leq 0,001$) højere end den beregnede, og dette gjaldt både for hele og knækkede æg.

Konkluderende kan siges, at de målte og beregnede værdier undtagen ægvægt var signifikant forskellige for hele og knækkede æg, men da intervallerne for de forskellige parametre overlappede hinanden, kan man ikke umiddelbart forudsige eller opgøre den aktuelle knækægsprocent ved hjælp af laboratoriemålinger, men må ved hjælp af gennemlysning af æggene konstatere knækægsprocenten direkte.

SUMMARY

By an egg producer with cages to approximately 5.000 hens, an investigation took place. Various laboratorial measurements and calculations upon egg parameters were related to the percentage of cracked eggs, as it was registered in the egg channel.

Nine times when the hens were from 36 to 74 weeks old every 3rd egg in the middel row was collected for investigations. The egg was weighed, and by candling the percentage of cracked eggs and crack types were found. Thereby the egg was broken and the egg shell washed and dried. The dried egg shell was then weighed and the shell thickness measured by a spring suspended vice calliper. The mg shell per cm^2 surface, the percentage of shell and the shell thickness were as all the statistical analyses calculated by EDB.

3.487 eggs were collected, of which, 343 were cracked eggs. All the measured and calculated values were divided into intact and cracked eggs through the production period. Furthermore the cracked eggs were divided into crack types.

Upon the egg weight for intact and cracked eggs no differences were obtained, but for all the other measured and calculated parameters there were significantly ($P \leq 0,001$) heigher values for the intact eggs than for the cracked eggs. The interval of all values, however, overlapped each other for the intact and the cracked eggs.

The statistical analyses of the crack types were only carried out for eggs with line- and starcrack and for eggs with pinholes. The result of the calculations with the three crack types showed a significantly ($P \leq 0,001$) lower egg weight for eggs with pinholes than for eggs with line- and starcrack. No differences were registered between crack types for shell weight and shell thickness. Eggs with starcrack had a significantly ($P \leq 0,001$) lower percentage of shell and mg shell per cm^2 surface than eggs with linecrack and pinholes.

By using a formula of Tyler and Geake (1961) there was calculated a shell thickness for all eggs. The measured values for the shell thickness were significantly ($P \leq 0,001$) heigher than the calculated values for the shell thickness both for intact and cracked eggs.

Conclusively it can be said that the measured and calculated values, except for the egg weight, showed a significant difference between intact and cracked eggs, but when the intervals of the various values overlapped each other for intact and cracked eggs, it is not possible to predict the percentage of cracked eggs by using laboratorial measurements, but it is nessesary to candle the eggs to find percentage of cracked eggs.

1 INDLEDNING

I tidens løb er blevet anvendt adskillige målemetoder for at udtrykke æggets skalstyrke. Disse målemetoder er blevet beskrevet i en beretning (Kristensen, 1983), udgivet under projektet: "Nedsættelsen af frekvensen af knækæg", som denne undersøgelse er en del af og vil derfor ikke blive yderligere omtalt her.

Af beretninger, der yderligere er udgivet under projektet, foreligger 3: Ott-Ebbesen og Therkildsen (1986), Therkildsen (1986) og Ott-Ebbesen og Andersen (1986).

Frank et al. (1964) fandt, at skalvægt, æggets vægtfylde, skalprocent og skaltykkelse var korreleret til skalstyrken under forsøgsbetingelser, men endnu i 1982 efterlyste Hamilton målemetoder, der under praktiske forhold kunne forudsige knækægsprocenten. Dette blev forsøgt af Thompson et al. i 1985 med en speciel vaskeundersøgelse, kombineret med laboratorieforsøg, uden at der blev fundet en klar sammenhæng mellem de målte størrelser og knækægsprocenten.

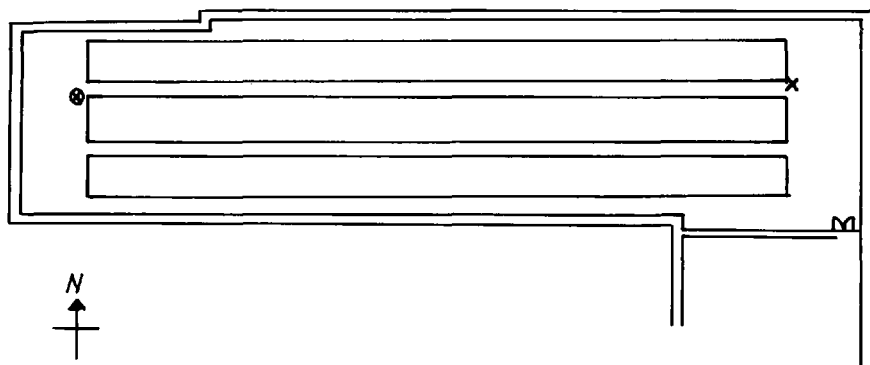
Formålet med denne undersøgelse var at belyse, om der var en sammenhæng mellem knækægsprocenten, som den opgøres i dette projekt, og skaltykkelse, skalvægt, ægvægt, skalprocent og mg skal pr.cm^2 overflade; desuden ønskedes undersøgt, om resultaterne af disse målinger var forskellige for hele og knækkede æg, ligeledes om der igennem tiden skete ændringer med hensyn til forholdet mellem hele og knækkede æg. Begrundelsen for at udføre forsøget i en almindelig besætning hos en ægproducent var at undersøge, om man kunne finde en metode, der i praksis kunne forudsige knækægsprocenten ved at undersøge forskellige ægparametre.

Foruden den her omtalte undersøgelse blev der i samme stald udført et andet forsøg, hvis formål var at undersøge forskellige bundtypers indflydelse på knækægsfrekvensen. Ønskes mere detaljerede oplysninger om forsøgsomstændighederne, se da Therkildsen (1986).

2 MATERIALER

2.1 Stalden

Stalden er en ombygget kostald med høloft ovenover; tegning af stalden fremgår af figurerne 2.1 og 2.2. Forsøget omfattede kun den midterste burrække.



- X Markerer normal temperaturmålingssted (i 1,7 m højde)
 (X) Markerer ekstra temperaturmålingssted (i 1,7 m højde)

Fig. 2.1 Skitse af stalden og buranlægget,
 (modificeret efter Therkildsen, 1986)

Fig. 2.1 *Draft of the stable and the cage system*

3 B	2 B	1 B
2 A	1 A	3 A

Fig. 2.2 Skitse over placeringen af burbundene i forsøgsrækken,
 (Therkildsen, 1986)

Bund 1 A+B: Masker 1x1,5", tråddiameter 2,45 mm
 Bund 2 A+B: Masker 1x1,5", tråddiameter 2,05 mm
 Bund 3 A+B: Masker 1x2" , tråddiameter 2,45 mm

Fig. 2.2 *The place of the different cage floors in the middle row*

2.2 Buranlægget og burbundene

Buranlægget er et 5-år-gammelt 3-etagers Big Dutchman Universa 178 uden automatisk ægindsamling. Burstørrelsen er 48,6 x 45 cm og bundhældningen 7°. Beskrivelse af de 3 afprøvede bunde fremgår af tabel 2.1. Ved beregningerne af bundenes masse er bundene målt ud til ægrendens begyndelse, og derfor er ægrendens masse ikke inkluderet i tallene i nævnte tabel. Trådens masse er beregnet ud fra det af Anderson og Carter (1972) opgivne, der nævnte, at en 2,05 mm tyk tråd vejer 24,6 g pr.m.

Tabel 2.1 Beskrivelse af bundtyperne

Table 2.1 Description of the different types of cage floors

	Bund 1	Bund 2	Bund 3
Alder, år	5	0	0
Tråddimension, mm	2,45	2,05/2,45*	2,45
Maskestørrelse	1 x 1,5"	1 x 1,5"	1 x 2"
Antal bure/bundsektion	4	4	4
Antal tværtråde/bund	20	20	20
Antal længde-tråde/bund	12	11	9
Bundmasse, g	556,3	433,6	505,1
Ægrende **	gammel	ny	ny

*) Tværtråd/længdetråd ; **) Se figur 2.3

Af figur 2.3 fremgår, at forskellen på de 2 typer ægrender især drejer sig om en mindre "stejl" væg for den nye type, samt at bunden heri er lidt mere flad. Som forsøget var opbygget, er det ikke muligt at bedømme den nye ægrendes indflydelse på knækægsfrekvensen.

Ophænget for alle 3 bundtyper var ens. Under fodertruget sad 5-bøjler, medens der ved skillerummene sad 2 plastclips, og bagtil var bundene fæstnet i bagvæggen ved hjælp af ombøjjet ståltråd, dog var der i øverste etage anvendt metalclips.

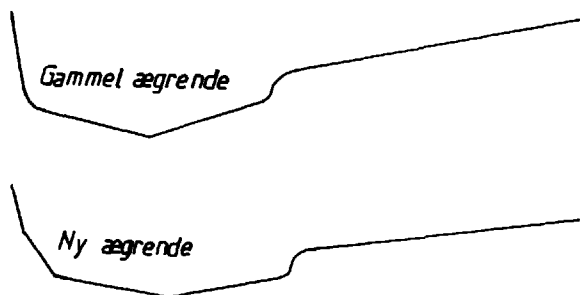


Fig. 2.3 Skitsen viser forskellen mellem den gamle og nye ægrende

Fig. 2.3 The draft showing the difference between the old and new egg cradle

2.3 Høner

De anvendte høner i forsøget var af afstamningen Shaver Starcross 288 og blev opdrættet i bure. Under opdrætningen døde 2,6 % af de indsatte kyllinger; de blev vaccineret mod infektiøs bronchitis 3 gange ved følgende aldre: 1.dag, 3 uger, 10 uger samt mod avian encephalomyelitis ved 12-ugers alderen.

Hønerne blev indsat den 2. februar 1984, 17 uger gamle, og i forsøgsrækken indsattes 1800 høner, fordelt med 5 i hvert bur. Ved 21-ugers alderen blev skiftet til æglægningsfoder, og på det tidspunkt var læggeprocenten ca.20.

2.4 Klima- og lysforhold

Staldtemperaturen målttes jævnlig på et bestemt sted (se figur 2.1); endvidere målttes temperaturen 3 gange i den modsatte ende af stalden, og af figur 2.4 fremgår, at der er forskel på temperaturen i de 2 staldender. Temperaturforskellen kan formentlig til en vis grad forklares med uhensigtsmæssig placering af indsugningsventiler og ventilatorer. Den gennemsnitlige staldtemperatur var ret lav, 19,5°, med en variation fra 15-26°C.

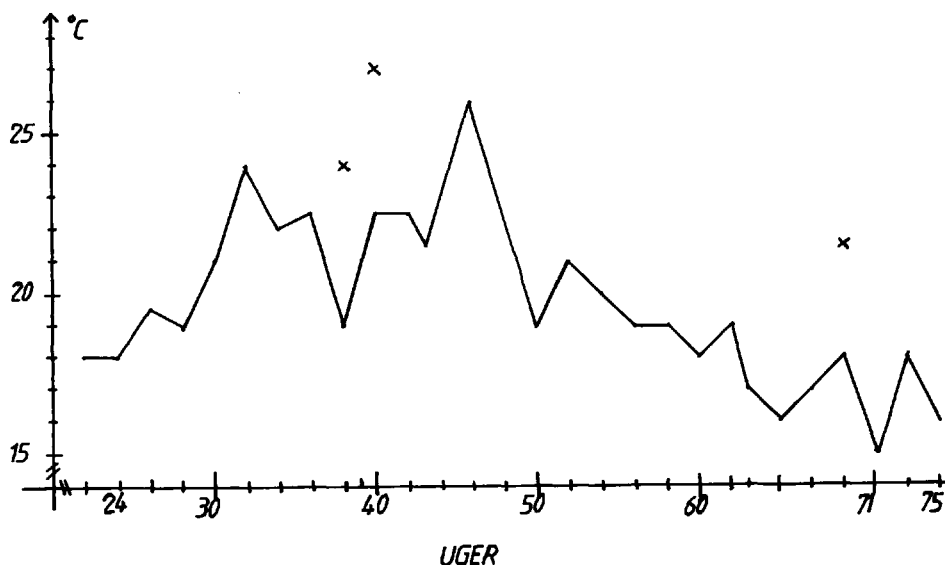


Fig. 2.4 Den målte Staldtemperatur.

X = Markerer temperaturen i den nederste ende af stalden; se i øvrigt fig. 2.1 (efter Therkildsen)

Fig. 2.4 The measured temperature in the house.

X = The temperature in the lower end of the house; see also fig. 2.1

Lysprogrammet og fodringstidspunkter i forsøgsperioden er beskrevet i figur 2.5.

Da hønerne var 59-60 uger gamle, var der strømsvigt 3 gange i løbet af én uge, og i samme periode svigtede vandværket derfor én gang. Vandbeholderen til stalden blev tømt, men der var ikke vandmangel. I vandbeholderen har der tilsyneladende været urenheder, der kom ud i vandslangerne, fordi tilførelsen til visse bure i nederste etage af A-rækken næste dag var stoppet; der var især problemer i enderne af rækken. Første dag med konstateret vandmangel døde 4 høns, medens der den næste dag døde 3. Samme dag var der endvidere begyndende problemer i midterste etage af B-rækken, men her blev det opdaget i tide.

Strømsvigtene bevirkede, at fodertidspunkt og lysprogram blev ændret i den efterfølgende tid, hvilket fremgår af figur 2.5. Problemerne med vandtilførelsen bevirkede, at de berørte høner gik i fældning, så ægdydelsen og måske også skalkvaliteten kunne være blevet påvirket.

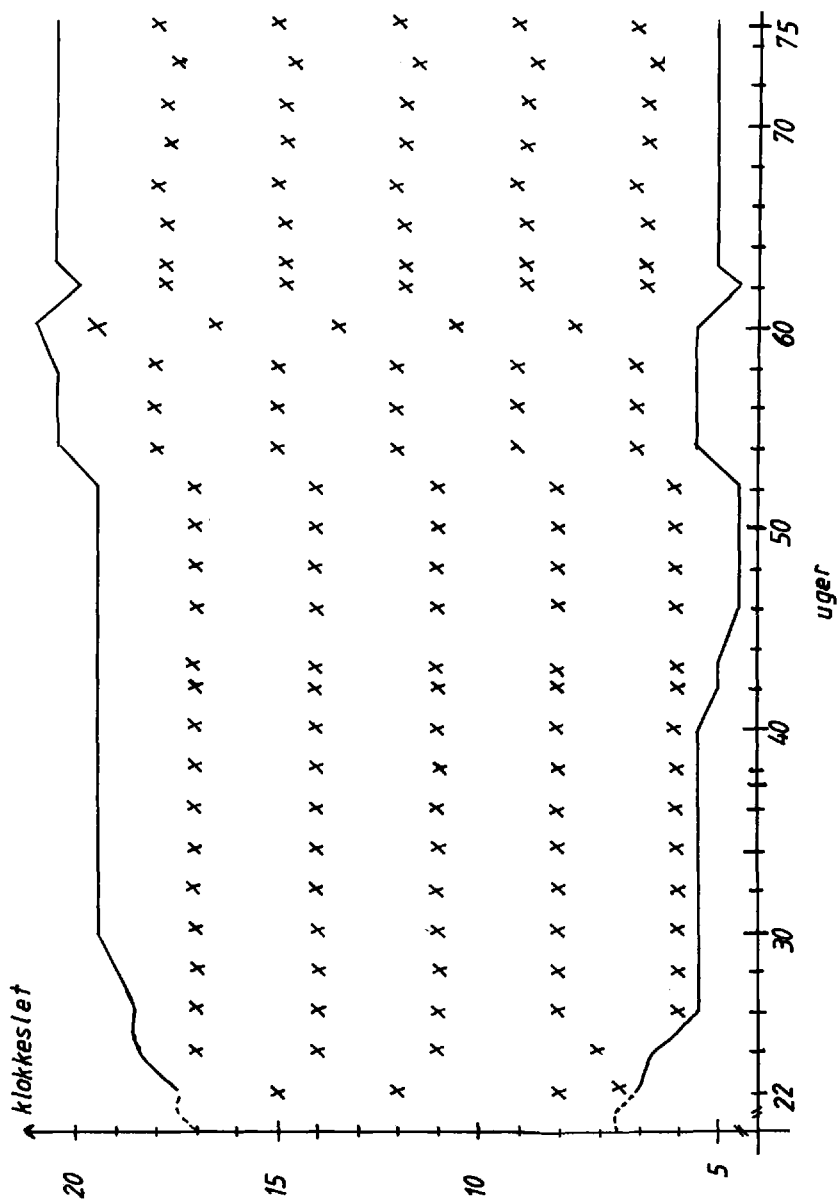


Fig. 2.5 Daglængde (—) og fodringstidspunkter (x) i æglægningsperioden

Fig. 2.5 The length of the day (—) and the feeding times (x) in the laying period

2.5 Fodersammensætning

Sammensætningen af de foderblandinger, der blev anvendt i forsøgsperioden, fremgår af tabel 2.2. Østersskallerne, anvendt i perioden 50-68 uger, blev af foderstoffirmaet fyldt oven i foderet efter læsning af tankbil. Fodringshyppigheder og -tidspunkter fremgår af figur 2.5.

Tabel 2.2 Sammensætning af de anvendte foderblandinger, g/kg

Table 2.2 Composition of the diets used, g/kg

Foderblanding:	A	B	B+S	C
Hønealder, uger:	21-31	31-50	50-68	68-75
Sojaskrå, toasted	175	144	144	63
Solsikkeskrå, del.afsk.	10	-	-	20
Rapsskrå, dobbeltlav	-	-	-	35
Byg	100	171	171	180
Hvede	235	300	300	300
Majs	277	200	200	200
Fiskemel, askefattigt	23	20	20	15
Kød-benmel, askefattigt	43	40	40	50
Grønmel	20	20	20	20
Vegetabilsk fedt	25	18	18	23
Dikalцийfosfat	2	2	2	2
Kridt+østersskaller	85	80	80	88
Østersskaller, ekstra	-	-	25	-
Salt	2	2	2	2
DL-Methionin	1	1	1	1
Forblanding	3	3	3	3
Deklareret råproteinindhold	180	170		160
Deklareret energiindhold, MJ/100 kg	1110	1110		1085

Efter hvert foderskift og ellers med 4-ugers mellemrum blev udtaget foderprøver. Resultatet af foderanalyserne viste en god overensstemmelse mellem det deklarede og fundne indhold af råprotein, fosfor og kalcium.

2.6 Blodprøveanalyser

Blodprøver, udtaget fra hønerne 8 gange i forsøgsperioden, viste intet tegn på sygdomsproblemer i besætningen.

2.7 Æglysningslampe

Lampen, der blev anvendt ved gennemlysning af æggene, var en af-skærmet 40-watts-pære af mærket: "America".

2.8 Vægte

Ved vejning af hele ægget og den tørrede æggeskal blev anvendt en analysevægt, der kunne veje med 0,001 g nøjagtighed. Vejerresultatet blev aflæst med 0,1 g nøjagtighed.

2.9 Mikrometer

Ved måling af skaltykkelse blev anvendt et fjeder-belastet mikrometer med viser. Instrumentets målepunkter var udformet efter rundingen på æggeskallen (figur 2.6).

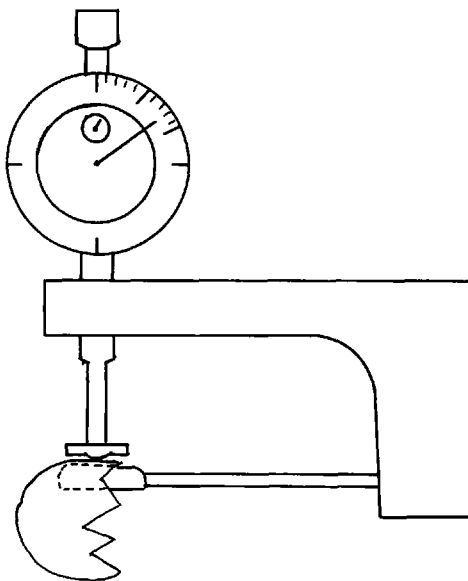


Fig. 2.6 Tegning af mikrometerinstrument

Fig. 2.6 Draft of the micrometer

2.10 Statistik og EDB

Ved de statistiske beregninger, om æggets tilstand (helt eller knækket) havde indflydelse på de beregnede og målte ægparametre, blev anvendt følgende model (Rudemo, 1981):

$$X_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j + \gamma_{ij} + \epsilon_{ijk} ;$$

$$i = 1, \dots, a; \quad j = 1, \dots, b; \quad k = 1, \dots, n;$$

hvor $\{\epsilon_{ijk}\}$ er uafhængig og $N(0, \sigma^2)$ og

$$\Sigma \alpha_i = \Sigma \beta_j = \Sigma \gamma_{ij} = 0$$

hvor

$$\mu = \text{Middelværdien}$$

$$\alpha_i = \text{Effekten af tiden (målt i uger)}$$

$$\beta_j = \text{Effekten, om ægget var knækket eller helt}$$

$$\gamma_{ij} = \text{Vekselvirkning mellem tiden, og om ægget var knækket eller helt}$$

$$\epsilon_{ijk} = \text{Residualen}$$

Ved de statistiske beregninger, om de forskellige knæktyper havde indflydelse på de målte og beregnede ægparametre, blev følgende model anvendt (Rudemo, 1979):

$$X_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j + \gamma_{ij} + \epsilon_{ijk} ;$$

$$i = 1, \dots, a; \quad j = 1, \dots, b; \quad k = 1, \dots, n;$$

hvor $\{\epsilon_{ijk}\}$ er uafhængig og $N(0, \sigma^2)$ og

$$\Sigma \alpha_i = \Sigma \beta_j = \Sigma \gamma_{ij} = 0$$

hvor

$$\mu = \text{Middelværdien}$$

$$\alpha_i = \text{Effekten af tiden (målt i uger)}$$

$$\beta_j = \text{Effekten af knæktyperne}$$

$$\gamma_{ij} = \text{Vekselvirkning mellem tiden og knæktyperne}$$

$$\epsilon_{ijk} = \text{Residualen}$$

De statistiske beregninger blev foretaget ved hjælp af SAS (SAS, 1982; Freund og Littell, 1981).

3 METODE

3.1 Knæktyper

Et knækæg defineres som et æg med brudt skal.

De knækkede æg, der blev fundet ved hjælp af gennemlysningen, blev registreret i nedennævnte kategorier:

- Vindæg: Æg med blød skal.
- Smadrede æg: Æg med hulskader større end én cm i diameter. Endvidere medregnes tomme skaller, hvis over halvdelen af skallen er til stede; endelig henregnes kvaste æg også under denne kategori (se figur 3.1). *)
- Trådskeer: Æg med aflange eventuelt åbne brud i skallen; disse brud er tydeligvis opstået ved fald mod burbundens tråd under lægningen eller ved, at hønerne har trådt dem ned mod burbunden (se figur 3.2). *)
- Huller: Æg med hulskader under én cm i diameter. Ved de mindste huller er der kun brud på skallen, medens de større huller omfatter brudt skalhinde *). Mange huller opstår rimeligvis på grund af hak fra næb eller kløer, og de findes for det meste i en af æggets ender (se figur 3.3).
- Knappenålshuller: Små huller i æggeskallen - 1-2 mm i diameter -. De fleste af hullerne findes ved en af æggets ender; deres opståen er uklar, men en del skyldes formentlig det undertryk, der dannes, når ægget afkøles efter lægning, og som derved kan "suge" et stykke skal ind, men kan eventuelt også skyldes påvirkning af kløer eller fremspringende metalstumper (se figur 3.4).
- Stjerneformede knæk: Æg med stjerneformede skader i skallen. Der må ikke forekomme brud på hinden. En del kan kun ses ved gennemlysning; de skyldes formentlig sammenstød f.eks. mellem 2 æg (se figur 3.5).
- Linieformede knæk: Æg med linieformede skader. En del kan kun ses ved gennemlysning. De opstår formentlig på grund af trykpåvirkninger, men er i øvrigt ofte tegn på svage skaller (se figur 3.6).

*) Æg med brudt skalhinde er ikke anvendt ved disse undersøgelser.

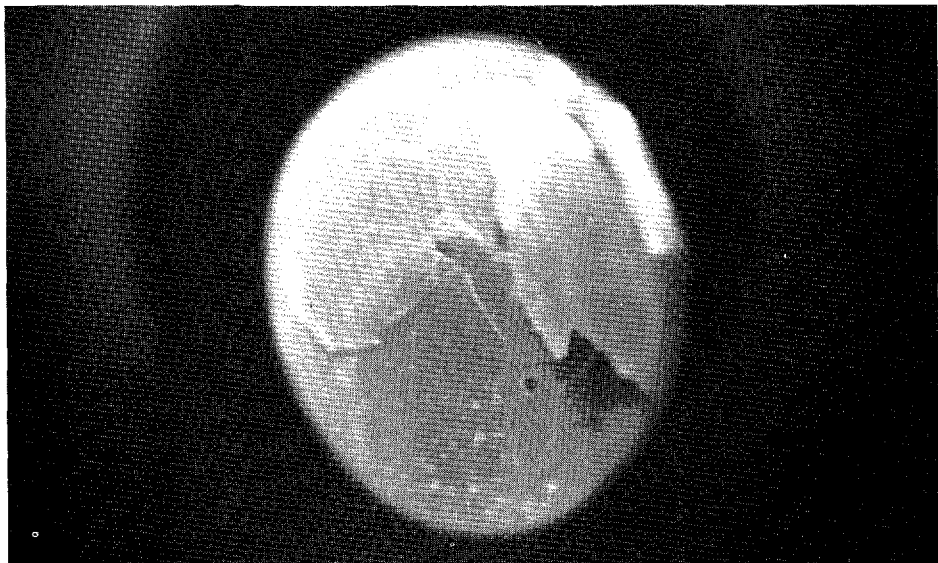


Fig. 3.1 Eksempel på et smadret æg

Fig. 3.1 An example of a smashed egg

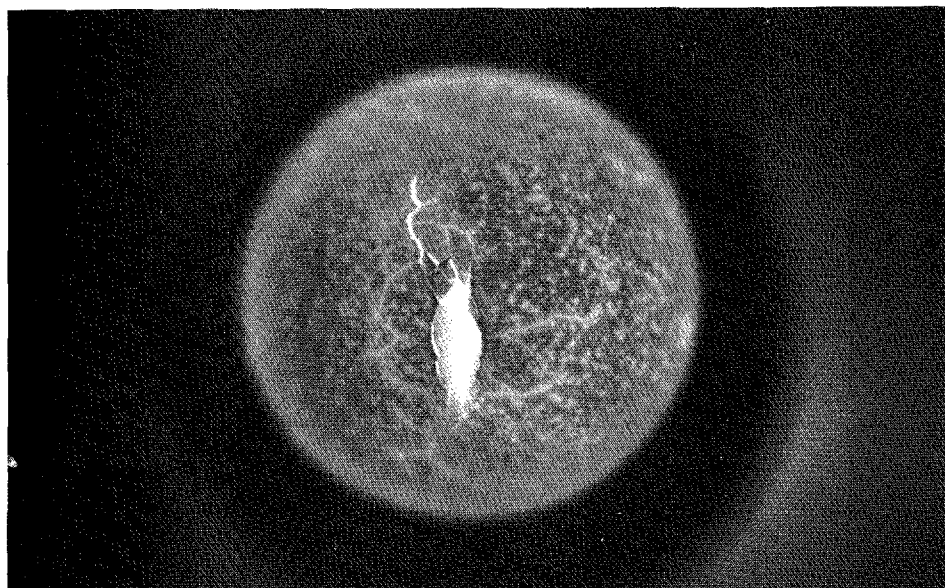


Fig. 3.2 Eksempel på et æg med trådskaade

Fig. 3.2 An example of an egg with a wiredamage

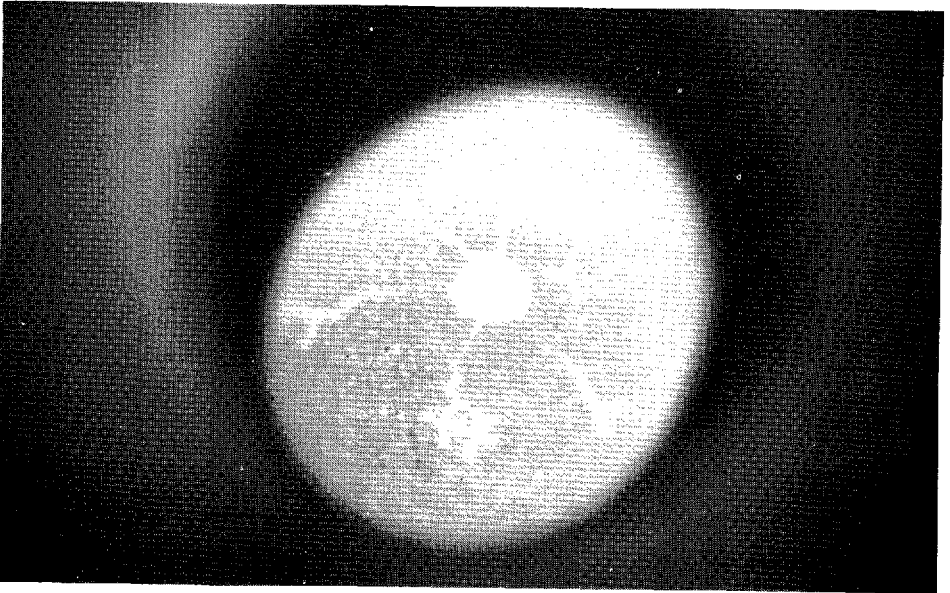


Fig. 3.3 Eksempel på et æg med hulskade

Fig. 3.3 An example of an egg with a hole damage

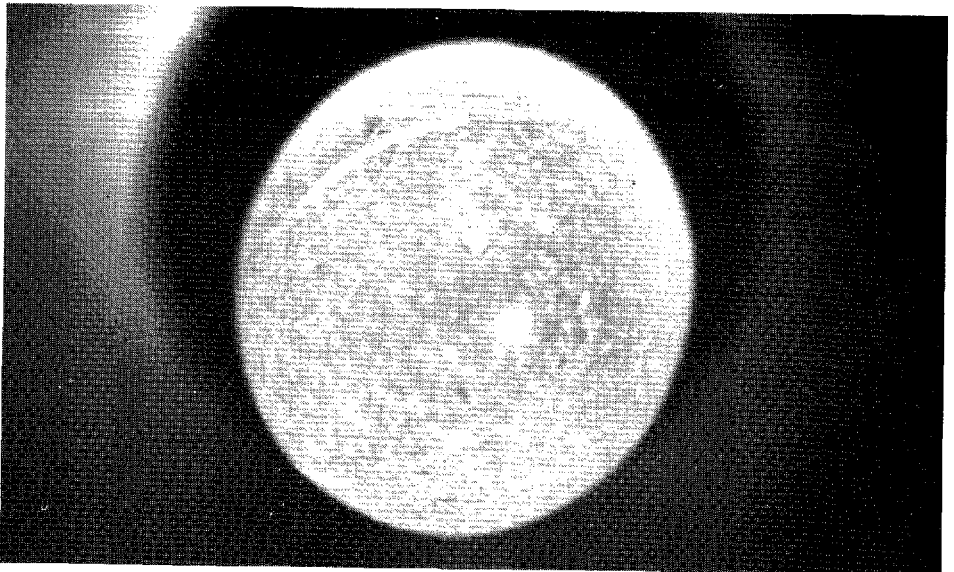


Fig. 3.4 Eksempel på et æg med et knappenålshul

Fig. 3.4 An example of an egg with a pinhole

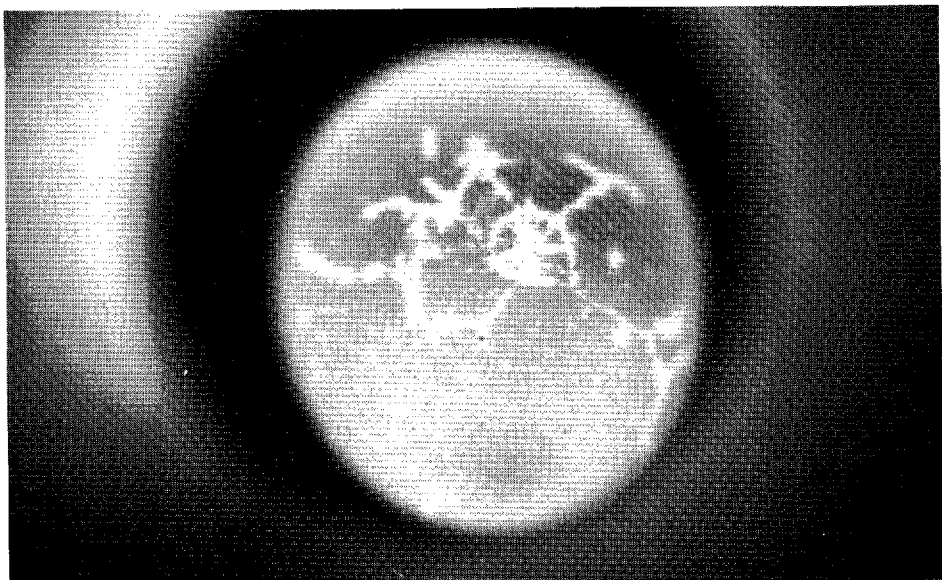


Fig. 3.5 Eksempel på et æg med stjerneknæk

Fig. 3.5 An example of an egg with a star crack

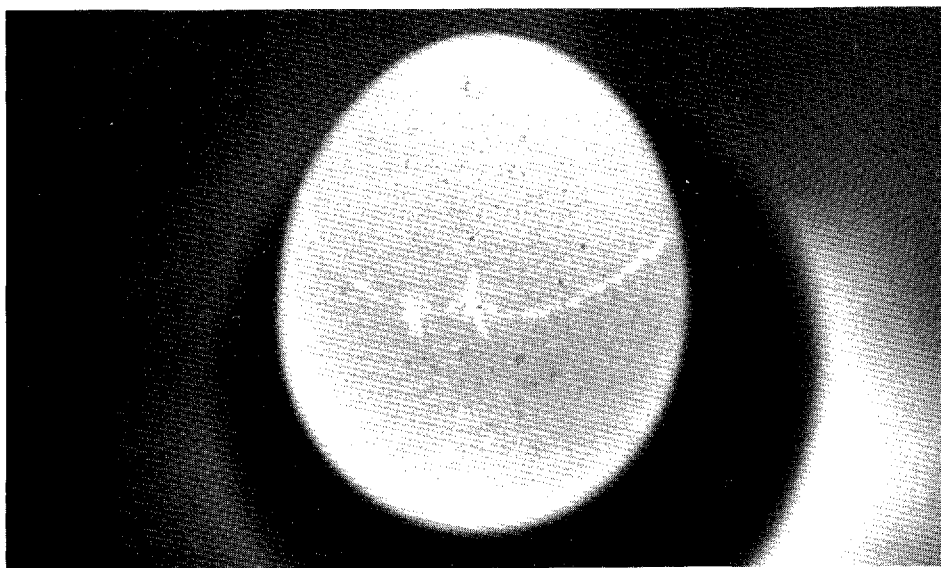


Fig. 3.6 Eksempel på æg med linie- og stjerneknæk og knappenålshul

Fig. 3.6 An example of an egg with a hair crack and star crack and a pinhole

3.2 Forsøgsplan

9 gange, fra hønerne var 36 til 74 uger gamle, blev hvert 3.æg indsamlet fra ægrenden, og det blev registreret, fra hvilken forsøgsbehandling og gentagelse ægget stammede. Hvis ægget, der skulle have været indsamlet, var for ødelagt eller ruskallet, blev det æg, der lå næst i rækkefølgen, indsamlet.

Straks efter indsamlingen blev æggene vejjet, og ægvægten blev registreret for hvert enkelt æg.

Dagen efter blev æggene håndlyst enkeltvis, og antallet af knækæg og knæktyper blev registreret. Efter gennemlysning blev æggene slået ud og skallerne skyllet i koldt vand, og det blev tilstræbt, at skalhinderne forblev på skallen. Efter lufttørring af skallerne blev disse vejjet efter samme retningslinier som for hele ægget.

Da skallerne var blevet vejjet, blev de to skalhalvdele rettet til således, at der sad en skalhinde hele vejen rundt om æggeskallens ækvator, hvorefter skaltykkelsen blev målt. Målingerne blev foretaget 5 steder langs ækvator på hver skaldel, da variationer i skaltykkelsen har vist sig at være mindre her end ved polerne (Shroorl og Borsma, 1962). En gennemsnitsberegning af de 10 målinger for hvert æg blev foretaget således, at der for hvert æg fremkom ét tal for skaltykkelsen.

3.3 Beregningsformler

Ved hjælp af formlen

$$S = 4,67 \times W^{2/3}$$

hvor

$$S = \text{Æggets overfladeareal}$$

$$W = \text{Ægvægten i g,}$$

kunne overfladearealet beregnes (Mueller og Scott, 1940).

Ud fra skalvægt og overfladeareal blev mg skal pr.cm² overflade (A) beregnet:

$$A = \text{Skalvægt/overfladeareal}$$

Ved hjælp af formlen

$$T = 3,98 M + 16,8$$

hvor

$$M = \text{Skaltykkelsen excl. skalhinder, } \mu$$

$$T = \text{Skalvægten, mg pr.cm}^2$$

fremkom en beregnet skaltykkelse (Tyler og Geake, 1961).

De indsamlede værdier blev beregnet ved hjælp af EDB, og de statistiske analyser af data blev foretaget ved brug af SAS-variansanalyse og ligeledes ved hjælp af EDB.

4 RESULTATER

4.1 Ægydelsen

Der blev i alt indsamlet 3143 hele æg og 343 knækæg, og i tabel 4.1 ses fordelingen af de indsamlede æg på bundtyper.

Tabel 4.1 Fordelingen af antal æg på bundtyper

Table 4.1 The diviation of the numbers of eggs arranged after floor type

Bund- type	Antal hele æg	Antal knækæg	Æg i alt
1	1049	131	1180
2	1077	71	1148
3	1018	141	1159

Den totale mængde indsamlede æg var næsten ens for de 3 bundtyper, men færre knækæg blev indsamlet i bund 2 end i bund 1 og bund 3, det vil sige, at knækægsprocenten var lavere i bund 2 end i bund 1 og bund 3 (se figur 4.1). De nævnte knækægsprocenter skal tages med forbehold, da der, som tidligere nævnt, kun blev udtaget æg med hele skallen på.

Den gennemsnitlige ægvægt var lavest i bund 2 og signifikant mindre end for bund 1. I tabel 4.2 er den gennemsnitlige ægvægt opgjort for de 3 bundtyper, og da forskellen på ægvægten er under 1 %, vil de videre beregninger for de 3 bundtyper blive foretaget under ét. Det skal dog bemærkes, at ægvægten må formodes at have betydning for knækægsprocenten. Opgøres den gennemsnitlige ægvægt alene ud fra knækæggene, findes ingen forskelle, afhængig af bundtype (tabel 4.2).

4.2 Knækægsprocenten

I figur 4.1 er knækægsprocenten for de enkelte bundtyper gjort op, og ønskes en nærmere uddybning med hensyn til burbundens indflydelse på knækægsprocenten, henvises til Therkildsen, 1986. Det skal bemærkes, at de optegnede knækægsprocenter kun er gældende for de indsamlede æg og beskriver ikke den generelle knækægsprocent for besætningen.

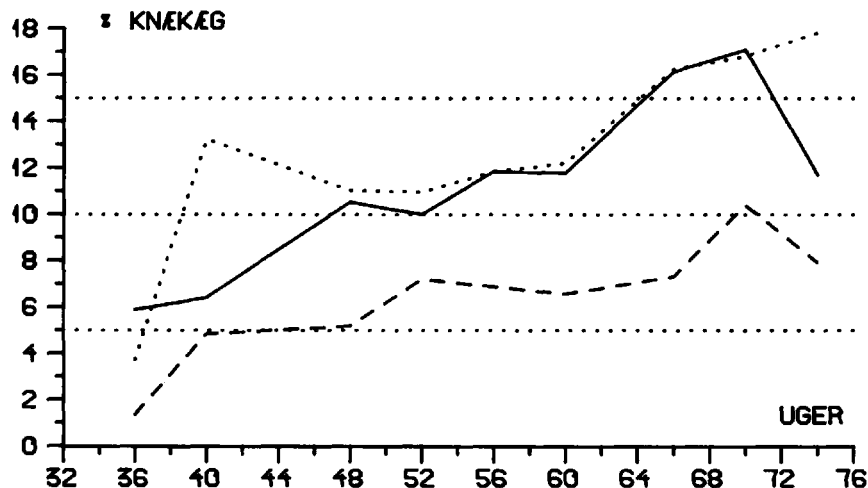


Fig. 4.1 Knækægsprocenten, opgjort for de tre bundtyper igennem tiden (uger).

Bund 1 = —, bund 2 = ----, og bund 3 = ...

Fig. 4.1 The percentage of cracked eggs for the three different floor types through time (weeks).

Floor 1 = —, floor 2 = ---- and floor 3 = ...

4.3 Resultater, opdelt efter knækkede og hele æg

I tabellerne 4.2 og 4.3 samt i figurerne 4.2 til 4.7 er resultaterne for de indsamlede æg opgjort efter, om æggene var knækkede eller hele.

Tabel 4.2 Den gennemsnitlige ægvægt for hele og knækkede æg, opgjort for hver bundtype

Table 4.2 The average weight of cracked and intact eggs divided into floor types

Bund- type	Gennemsnitlig ægvægt, g			
	knækæg	intakte æg	alle æg	
1	64,8	63,5	63,61	A*)
3	64,0	63,1	63,24	AB
2	64,0	62,9	63,01	B

*) Ægvægt med forskell. bogstav er signifikant forskellig ($P < 0,05$)

I tabel 4.3 er vist antallet af de indsamlede æg igennem produktionsperioden. Ved forsøgets start blev antaget, at de indsamlede æg var repræsentative for dagsproduktionen; vedrørende diskussionen af dette henvises til afsnit 5. Det må bemærkes, at når det gjaldt knækæg, var det fortrinsvis æg med linie- og stjerneknæk samt knappenåls-huller, der blev indsamlet, idet der ofte manglede skal på æg med huller og trådskeer.

Tabel 4.3 Antallet af indsamlede æg igennem produktionsperioden

Table 4.3 The number of eggs collected through the period of the production

Alder, uger	Antal hele æg	Antal knækæg
36	445	17
40	341	29
48	368	36
52	385	40
56	360	41
60	342	39
66	326	50
70	303	52
74	274	39

Ved den statistiske beregning blev forudsat, at de beregnede og målte størrelser var afhængige af hønealder, og om det aktuelle æg var helt eller knækket. Under disse forudsætninger blev fundet, at alle størrelser både de beregnede og målte ændrede sig med hønealderen (se figurerne 4.2 til 4.7). Man fandt ingen sikker forskel på den gennemsnitlige ægvægt for hele og knækkede æg, dog var der tendens til en højere ægvægt for knækæg, se tabel 4.4 og figur 4.2.

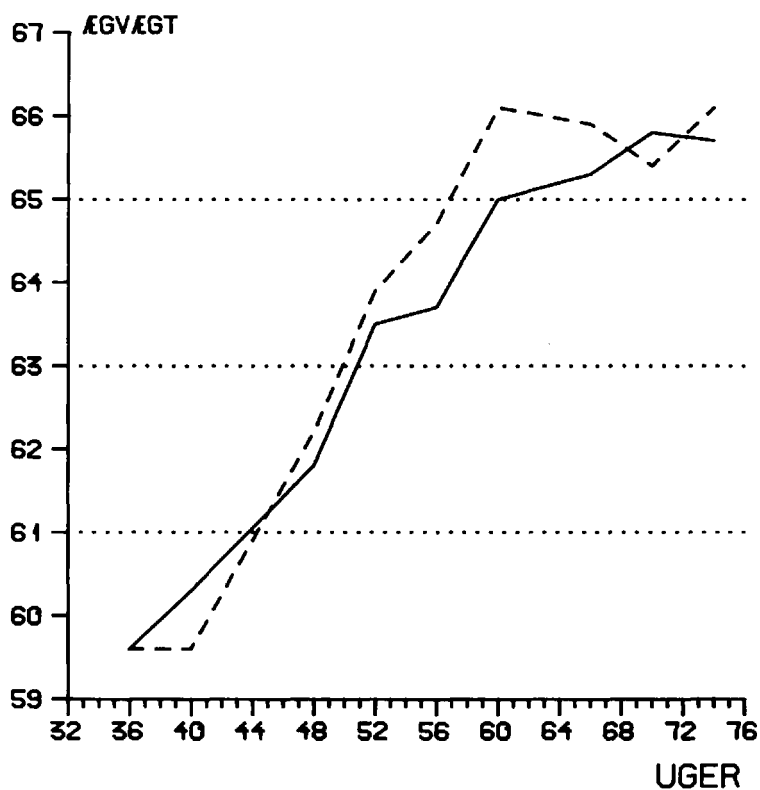


Fig. 4.2 Ægvægt (g) igennem produktionsperioden (uger) for hele (—) og knækkede (----) æg

Fig. 4.2 The egg weight (g) through the period of the production (weeks) for intact (—) and cracked (----) eggs

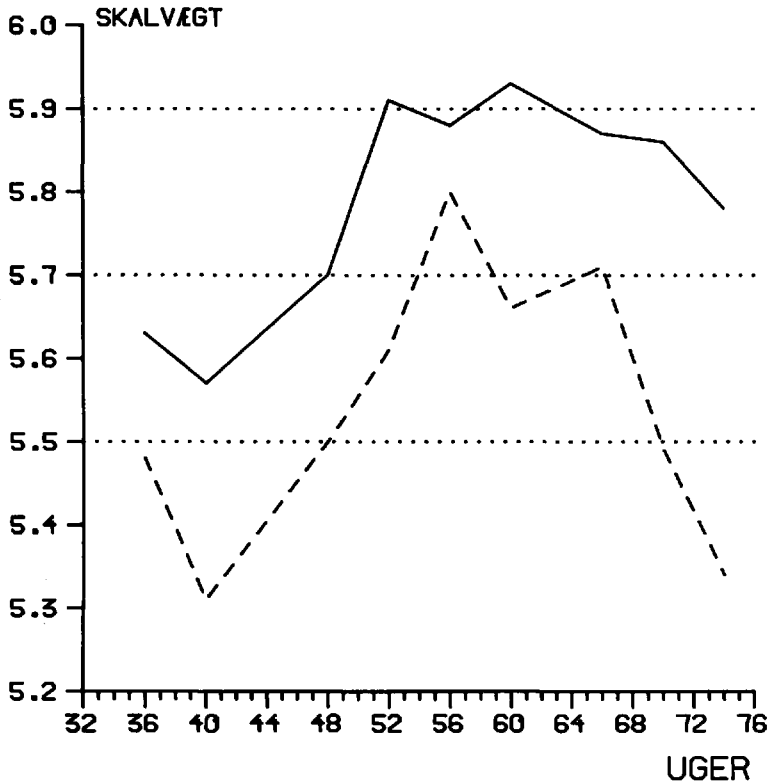


Fig. 4.3 Skalkvægt (g) igennem produktionsperioden (uger) for hele (—) og knækkede (----) æg

Fig. 4.3 The shell weight (g) through the period of the production (weeks) for intact (—) and cracked (----) eggs

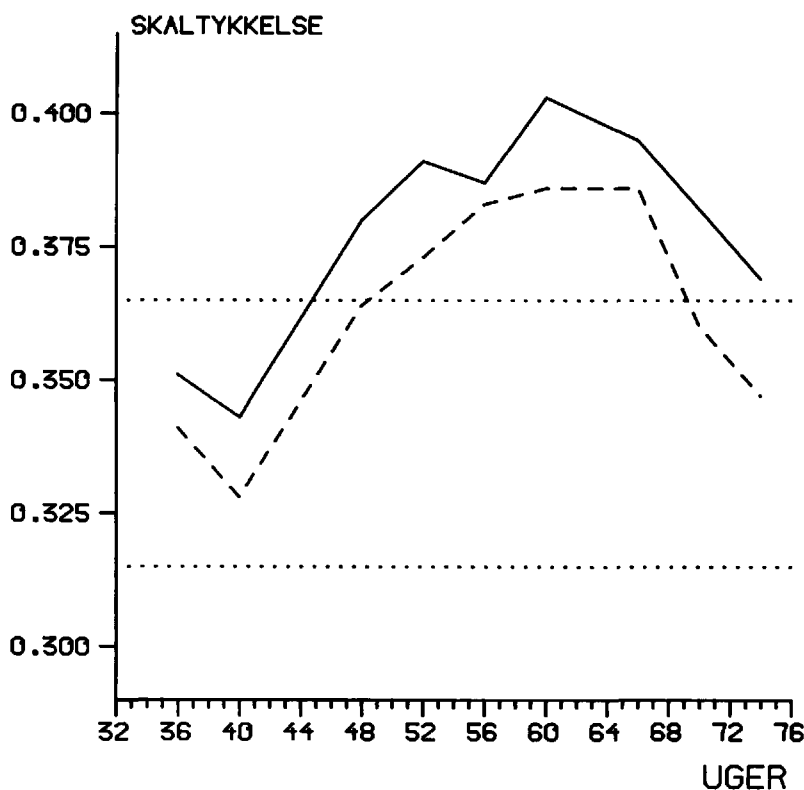


Fig. 4.4 Den målte skaltykkelse (mm) igennem produktionsperioden (uger) for hele (—) og knækkede (----) æg

Fig. 4.4 The measured shell thickness (mm) through the period of the production (weeks) for intact (—) and cracked (----) eggs

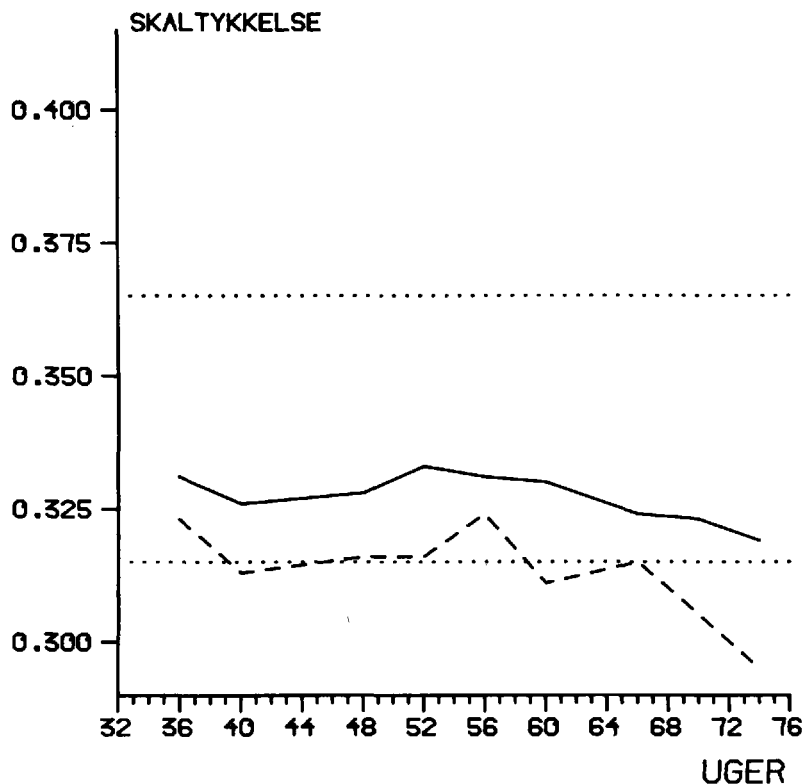


Fig. 4.5 Den beregnede skaltykkelse (mm) igennem produktionsperioden (uger) for hele (—) og knækkede (----) æg

Fig. 4.5 The obtained shell thickness (mm) through the period of the production (weeks) for intact (—) and cracked (----) eggs

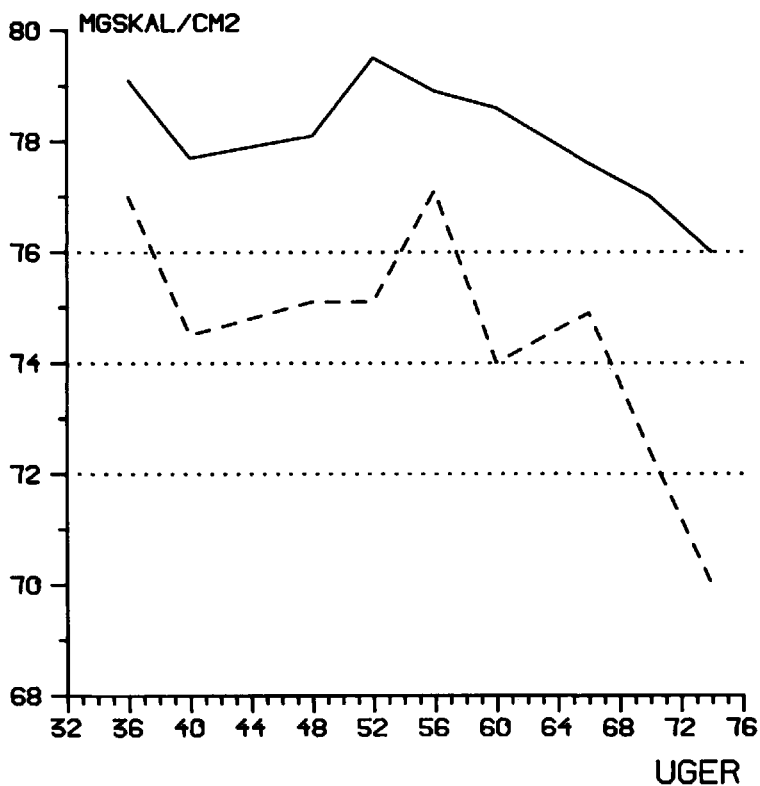


Fig. 4.6 mg skal pr. cm^2 overflade igennem produktionsperioden (uger) for hele (—) og knækkede (----) æg

Fig. 4.6 mg. shell per cm^2 surface through the period of the production (weeks) for intact (—) and cracked (----) eggs

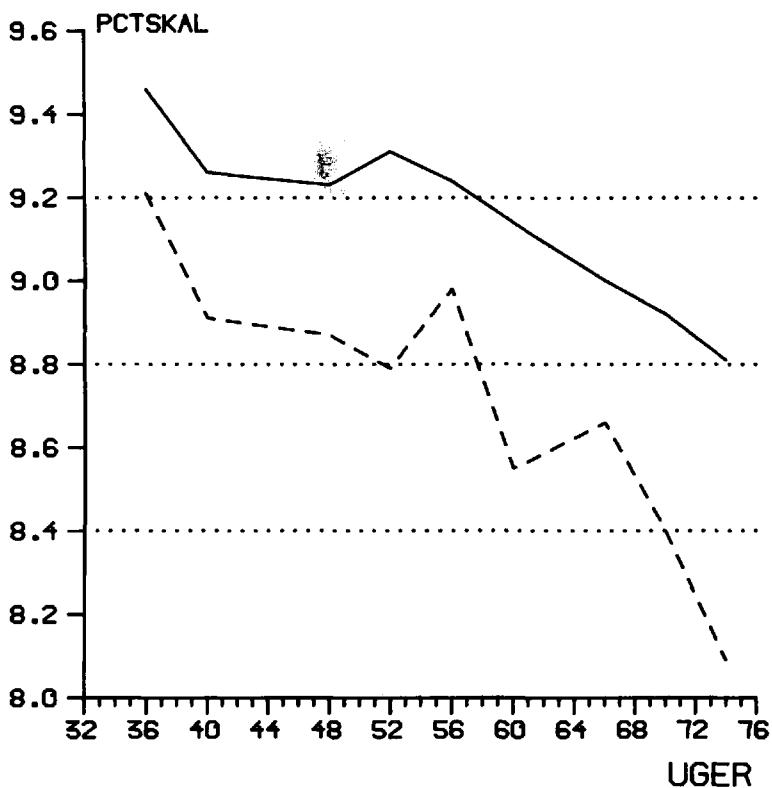


Fig. 4.7 procent skal igennem produktionsperioden (uger) for hele (—) og knækkede (----) æg

Fig. 4.7 The percentage of shell through the period of the production (weeks) for intact (—) and cracked (----) eggs

For de øvrige målte og beregnede størrelser: Skalvægt, målt og beregnet skaltykkelse, skalprocent og mg skal pr.cm² overflade blev fundet en signifikant forskel ($P < 0,05$) på hele æg og knækæg. De hele æg viste en højere skalvægt, skaltykkelse og skalprocent samt mere skal pr.cm² overflade end de knækkede æg, (i øvrigt henvises til figurerne 4.3 til 4.7 og tabel 4.4).

Tabel 4.4 Gennemsnit af de beregnede og målte størrelser, opdelt efter hele æg og knækæg

Table 4.4 The average of the values obtained and measured for intact and cracked eggs

		Hele æg	Knækæg
Ægvægt	g	63,18	64,27
Skalvægt	g	5,79	5,56
Målt skaltykkelse	mm	0,38	0,37
Beregnet skaltykkelse	mm	0,33	0,31
Skalprocent		9,18	8,67
mg skal/cm ² overflade		78,17	74,24

Det må dog bemærkes, at intervallerne for de her opgivne værdier for hele og knækkede æg overlappede hinanden (tabel 4.5).

Tabel 4.5 Intervallerne for de målte og beregnede værdier, opgjort efter hele og knækkede æg

Table 4.5 The intervals of the values measured and obtained for intact and cracked eggs

		Hele æg		Knækkede æg	
Ægvægt	(g)	48,8	100,0	49,6	92,5
Skalvægt	g	3,1	8,0	3,3	7,1
Målt skaltykkelse	mm	0,25	0,49	0,24	0,45
Beregnet skaltykkelse	mm	0,21	0,40	0,20	0,39
Skalprocent		5,9	11,7	5,5	11,3
mg skal/cm ² overflade		47,6	97,3	47,1	93,9

4.4 Resultater, opdelt efter knæktyper

Knækæggenes blev opdelt i forskellige knæktyper, men der blev kun foretaget beregninger på linie- og stjerneknæk samt på knappenålshuller af hensyn til beregningssikkerheden (tabel 4.6).

Tabel 4.6 Antallet af knækæg, fordelt på knæktyper

Table 4.6 *The number of cracked eggs distributed according to types of cracks*

Knæktype:	Antal æg
Linieknæk	88
Stjerneknæk	112
Knappenålshuller	100
Huller	33
Trådskeer	10

Der blev registreret en signifikant ($P < 0,001$) lavere gennemsnitlig ægvægt for æg med knappenålshuller end for æg med stjerne- og linieknæk, medens den gennemsnitlige skalvægt og skaltykkelse ingen forskel viste mellem knæktyperne (tabel 4.7); dog var der tendens til en lavere skaltykkelse for æg med stjerneknæk end for de to øvrige knæktyper. Med hensyn til skalprocent og mg skal pr. cm² overflade lå æg med stjerneknæk signifikant ($P < 0,005$) lavere end æg med linieknæk og knappenålshuller.

Tabel 4.7 De målte og beregnede værdier, opgjort efter knæktype og hele æg

Table 4.7 *The measured and obtained values divided into crack type and intact eggs*

		Knæktype			
		hele æg	linie	stjerne	knappenål
Ægvægt	(g)	63,2	64,6a	65,4a	62,6b *)
Skalvægt	(g)	5,8	5,7c	5,5c	5,6c
Skaltykkelse, målt	(mm)	0,38	0,37d	0,36d	0,37d
Skalprocent		9,2	8,8f	8,5g	9,0f
mg skal/cm ² overflade		78,2	75,5h	72,9i	76,3h

*) Tallene på samme linie er signifikant ($P < 0,05$) forskellige, hvis de har forskellig bogstavindeks

Ligesom det gjaldt for knækkede og hele æg, overlapper intervallerne for de målte og beregnede værdier for de forskellige knæktyper.

Tabel 4.8 Intervallerne for de målte og beregnede værdier, opgjort efter knæktype

Table 4.8 The intervals of the values measured and obtained for various type of crack

		Linieknæk	Stjerneknæk	Knappenåls-huller
Ægvægt	g	51,9-78,4	51,9-92,5	49,6-74,2
Skalvægt	g	3,4- 7,1	3,4- 7,0	4,0- 6,9
Skaltykkelse, målt	mm	0,24-0,44	0,26-0,44	0,27-0,44
Skalprocent		5,5-11,0	5,7-10,4	6,9-10,5
mg skal/cm ² overflade		47,1-93,0	48,1-89,0	58,6-88,2

Igennem produktionsperioden blev der ikke fundet en sikker vekselvirkning mellem de forskellige knæktyper og de målte og beregnede værdier.

Der var dog en tendens til, at, medens de forskellige omtalte værdier ikke med tiden ændredes for knappenålshuller, så var der en ændring for stjerne- og linieknæk, og denne ændring skete hurtigere med tiden.

4.5 Resultater af den målte og beregnede skaltykkelse

I figurerne 4.8 og 4.9 er optegnet resultaterne af den målte og beregnede skaltykkelse for hele og knækkede æg.

Som det ses af kurverne, er der ikke god overensstemmelse mellem den målte og beregnede skaltykkelse, hverken når det gælder hele eller knækkede æg. Den målte skaltykkelse er inklusive membraner, hvis tykkelse er 0,02 til 0,03 mm (Tyler og Geake, 1961), og den beregnede skaltykkelse er uden membraner, hvilket kan forklare niveauforskydningen af de to kurver, men ikke forklare forskellighederne på kurveformen.

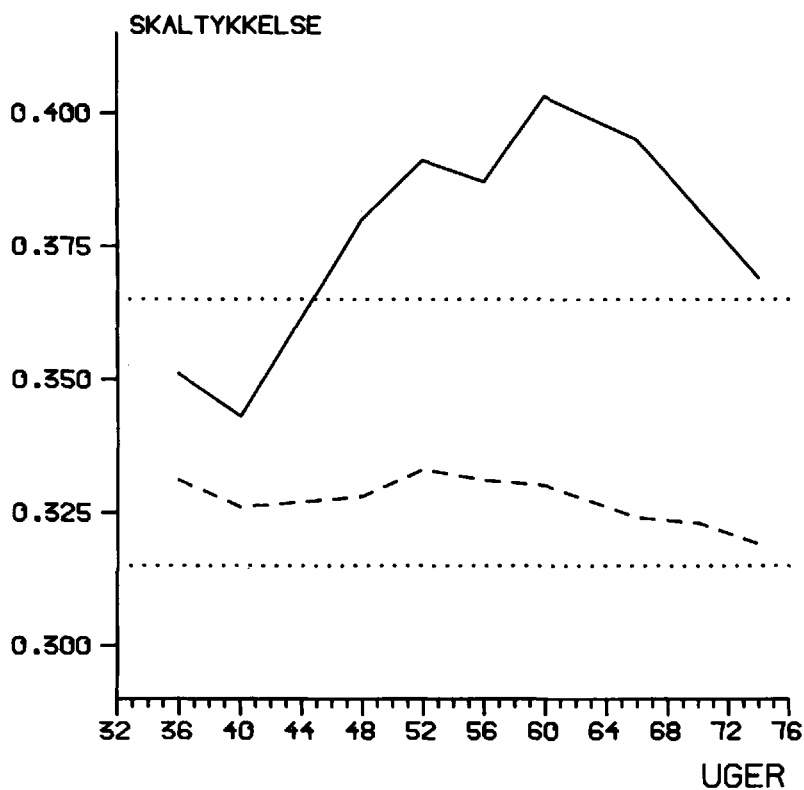


Fig. 4.8 Den målte (—) og beregnede (----) skaltykkelse for hele æg

Fig. 4.8 The measured (—) and obtained (----) shell thickness for intact eggs

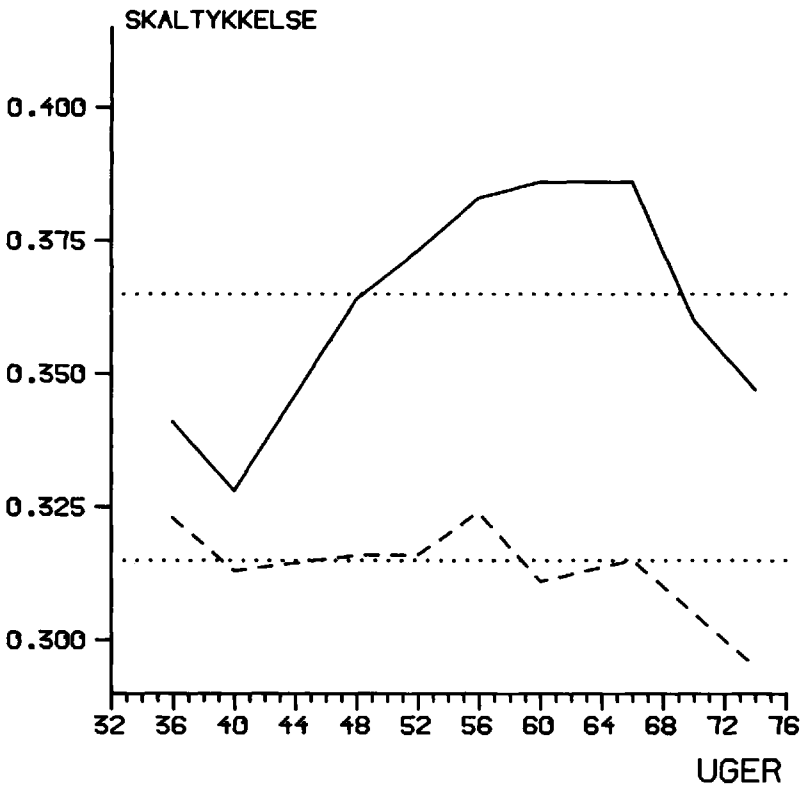


Fig. 4.9 Den målte (—) og beregnede (----) skaltykkelse for knækkede æg

Fig. 4.9 The measured (—) and obtained (----) shell thickness for cracked eggs

5 DISKUSSION

Da forsøgets formål var at undersøge sammenhæng mellem forskellige ægparametre og knækægsprocenten i praksis, kan man naturligvis ikke forvente at komme til at arbejde under idelle forsøgsbetingelser. Det blev forsøgt at registrere så mange relevante data vedrørende stald, buranlæg og høner som muligt, og det er et spørgsmål, om det kunne have været gjort meget bedre, når forsøgspersonalet ikke havde sin daglige gang i stalden, og der på forsvarlig økonomisk vis skulle produceres æg.

Der blev 9 gange udtaget en tredjedel dagsproduktion.

Spørgsmålet er, om den mængde udtagne æg var repræsentativ for dagsproduktionen, og ligeledes om den valgte dag var repræsentativ for perioden omkring udtagningsdagen. Det er vist, at der blandt de enkelte dyr er store individuelle forskelle på de undersøgte ægparametre (Tyler og Geake, 1960, og Belyavin og Boorman, 1980 og 1986), men med hensyn til knækægsprocenten og ægydelsen, opdelt efter de tre bundtyper, er tendensen i tallene i overensstemmelse med, hvad der blev fundet, når hele dagsproduktionen blev undersøgt (Therkildsen, 1986).

Foruden kun at udtage en tredjedel dagsproduktion blev æg med manglende eller deform skal heller ikke udtaget. En del af de æg, der blev frasorteret på grund af deformitet, kan have været "body-checked", og da knækægsprocenten er større blandt "body-checked eggs" (Roland, 1982) end blandt normalt formede æg, kan dette og de andre nævnte forhold betyde, at det ikke er den faktiske knækægsprocent, der blev fundet.

Hvad angår den valgte dags repræsentation for perioden, kan det diskuteres, om det er den rigtige metode kun at vælge en enkelt dag i en periode i stedet for at vælge så mange dage, at en sekvens af æg er blevet lagt (Belyavin og Boorman, 1986). Hvordan dette forhold influerer på ægkvaliteten, er ikke fuldt ud klarlagt, men noget tyder på, at forsøgsresultaterne ville være blevet mere repræsentative, hvis de byggede på sekvenser af æg.

Det blev tilstræbt at tage målene for skaltykkelse rundt om ækvator, da det har vist sig, at variationen i tykkelse netop her er min-

dre end ved polerne (Tyler, 1958). Da der blev målt skal inklusive membraner, blev skallen rettet til, således at der var membran overalt, hvor skallen blev målt. Dette forhold og det, at deling af ægget ikke altid skete lige omkring ækvator, er muligvis resulteret i, at der på nogle skaller er blevet målt nærmere polerne end på andre. På trods af dette viste variationen sig at være lille på de ti målinger, der blev foretaget på samme æg.

Det bliver ofte antaget, at det er æg med en høj ægvægt, der er grunden til knækæg, men det er kun rigtigt til en vis grad. Man ved, at med stigende hønsealder stiger såvel ægvægt som knækægsprocent, men hvis man på et givet tidspunkt undersøger knækægsprocenten, er der ikke i dette forsøg fundet en større knækægsprocent blandt æg med en høj ægvægt end blandt æg med en lavere ægvægt. Dette resultat bekræftes af bl.a. Thompson et al. (1985), der fandt, at forskellen på knækkede og hele æg kun ses blandt andre parametre. Det gælder skalvægt, mg skal pr.cm² overflade, og den målte og beregnede skaltykkelse samt skalprocent. På disse parametre blev fundet signifikant forskel ($P = 0,001$) for hele og knækkede æg.

Det forholder sig dog således, at variationen af samtlige målte og beregnede parametre overlapper hinanden for de hele og knækkede ægs vedkommende, d.v.s. at selv om gennemsnittet af en aktuell parameter er forskellig for hele og knækkede æg, er det ikke muligt, når man tager et enkelt æg og måler f.eks. mg skal pr.cm² overflade, at sige, om ægget var knækket eller ej.

I figur 4.7 er optegnet skalprocenten for hele og knækkede æg. Hvis man bruger skalprocenten som et udtryk for skalstyrken, er dette ikke korrekt, fordi et æg på henholdsvis 50 og 70 g med en opgiven skalprocent på 9 vil have henholdsvis 71,0 og 79,4 mg skal pr.cm² overflade, ligesom skaltykkelsen vil være ca. 11,2 % tykkere for det største æg (Tyler og Geake, 1961); derfor bør skalprocenten ikke anvendes i forbindelse med bedømmelse af skalstyrken.

Når kurverne i figurene 4.3 til 4.7 betragtes, kan man se, at der er forskel på de forskellige værdier for hele og knækkede æg. For at beregne mg skal pr.cm² overflade kræves en ægvægt og en skalvægt, og med anvendelse af den nævnte formel er dette udtryk bedre egnet til at beskrive skallens styrke end skalvægt, skalprocent og den målte og beregnede skaltykkelse.

Da skalvægten er inklusive membraner, kan forskellen på mg skal pr.cm² overflade vise sig at være endnu større for hele og knækkede æg,

da der måske er en tendens til, at knækkede æg har tykkere membraner end hele æg (Tyler og Geake, 1958). Det bedste ville være, hvis man enkelt kunne måle skaltykkelsen over hele ægget uden at ødelægge det. Man har forsøgt at anvende en back scatter (Forberg og Odsjød, 1983), der ved hjælp af røntgenstråler måler æggeskallens tykkelse dog uden, at der er fundet en tilfredsstillende sammenhæng mellem de af back-scatteren målte værdier og skalstyrken (Voisey og James, 1970; Scholtyssek, 1985).

Når kurverne i figurerne 4.3 til 4.7 betragtes, vil man se, at formerne på kurven ligner hinanden for de forskellige beskrevne parametre. Kurveformen kan ikke umiddelbart forklares; den kan ikke alene skyldes en årstidsvariation, da kurverne stiger allerede fra juli måned og falder før marts måned, d.v.s. at formen ikke alene skyldes temperatursvingninger.

Det er blevet fundet, at værdierne af de her omtalte parametre falder med hønernes alder, samt at variationen på parametrene stiger med hønernes alder (Belayvin og Boorman, 1980; Sørensen og Petersen, 1982), men dette forklarer dog ikke formen på kurverne, kun at det er naturligt, at de viser aftagende værdier mod slutningen af hønernes produktionsperiode.

En eventuel forklaring på kuvernes form kunne være den nævnte vandmangel, der fandtes, da hønerne var 59-60 uger gamle, men da der kun var tale om vandmangel i få bure, og de høner, der var påvirket, gik i fældning, så er dette næppe forklaringen. En anden mulig forklaring kan være, at hønernes evne til at danne skal simpelthen aftager med alderen, men da der ikke i den refererede litteratur er fundet data at sammenligne med, er det ikke muligt at sige, om kurveformen gælder for andre end de aktuelle høner.

Som det ses af figurerne 4.8 og 4.9, er der ingen overensstemmelse mellem kurverne for hele og knækkede æg, når det gælder den målte og beregnede skaltykkelse. Tykkelsen på membranerne er 0,02 til 0,03 μ (Tyler og Geake, 1961), og hvis dét tages i betragtning, er de to kurver sammenfaldende i begyndelsen af produktionsperioden, da den beregnede skaltykkelse, som før nævnt, er beregnet uden membraner, medens den målte er inklusive membraner. De fundne resultater tyder på, at den anvendte formel ikke er velegnet til at beskrive de i forsøget indsamlede æg.

Den lave ægvægt og den høje værdi for mg skal pr.cm² overflade for knappenålshuller indicerer, at æg med knappenålshuller ikke er et

helt almindeligt knækæg; der er tilsyneladende flere slags knappenålshuller (Therkildsen, 1985). På æg med skalkorn kan der i visse tilfælde, når man slår skalkornet af, dannes et knappenålshul, men der skal et skarpt instrument og nogen kraft til for at kunne slå skalkornet af. På andre æg er skallen omkring knappenålshullet buet indad, og dette kan skyldes, at knappenålshullet er opstået under skaldannelsen. For at komme til klarhed over, hvordan knappenålshuller opstår, kræves yderligere forsøg under vel kontrollerede forsøgsbetingelser og diagnostisk værktøj bl.a. i form af et elektronmikroskop.

Ligesom det gælder for de forskellige nævnte ægparametre, er der, når knæktyperne linie- og stjerneknæk betragtes, en tendens til en svækkelse af skallen, når hønen bliver ældre, foruden en øget variation, men dette er ikke tilfældet for æg med knappenålshuller.

6 KONKLUSION

Først må det konkluderes, at det viste sig vanskeligt at udføre forsøg under praktiske forhold, da man går glip af styringsfaktorer (lys, temperatur, fodring m.m.), der ville have været muligt at styre eller bare have klarhed over, hvis forsøget havde været udført under forsøgsbetingelser. Dette var dog forudset, da det var forsøgets formål under praktiske forhold at måle knækægsprocenten og sammenligne denne med laboratoriemålinger af forskellige ægparametre.

Der blev fundet forskel på knækkede og hele æg, når det gjaldt skalvægt, målt og beregnet skaltykkelse, mg skal pr.cm² overflade og skalprocent, men ingen forskel blev fundet på ægvægten for knækkede og hele æg.

Værdierne for mg skal pr.cm² overflade udtrykte lige så godt eller bedre forskellen på hele og knækkede æg som den målte skaltykkelse. At bruge mg skal pr.cm² overflade som et udtryk for skalstyrken er arbejdsbesparende i forhold til måling af skaltykkelsen.

Formlen, der blev anvendt til at beregne skaltykkelsen, viste sig ikke velegnet for de aktuelle æg. Det vil kræve flere undersøgelser at kunne fastslå, om formelen generelt ikke er egnet til at beskrive skaltykkelsen og derefter eventuelt opstille et nyt udtryk.

Selv om der viste sig signifikante forskelle på de forskellige ægparametre - undtagen ægvægten -, var spredningen på de enkelte parametre så stor, at det må antages, at det under praktiske forhold ikke vil være muligt at forudsige knækægsprocenten gennem måling af de her omtalte parametre i laboratoriet, og hvis man er interesseret i knækægsprocenten, må den findes ved hjælp af direkte lysning af æg.

LITTERATUR

- Anderson, G.B. and Carter, T.C., 1972. The hen's egg: shell cracking in eggs dropped on cage floors coated with plastic or zinc. *British Poultry Science* 13:115-112.
- Arafa, A.S., Hassanien, F.M., and Harms, R.H., 1982. Relationship between age of hens, egg specific gravity, and time of day to pimpling egg shells. *Poultry Science* 61:385-387.
- Belyavin, C.G. and Boorman, K.N., 1980. Decline in egg shell quality with age: Patterns for individuals compared with those of the flock. VI. European Poultry Conference, 107-112.
- Belyavin, C.G. and Boorman, K.N., 1986. Egg quality in individual birds (in press).
- Carter, T.C., 1975. The hen's egg: Estimation of shell superficial area and egg volume, using measurements of fresh egg weight and shell length and breadth alone or in combination. *British Poultry Science* 16:541-543.
- Forberg, S. and Odsj8, T., 1983. An x-ray back-scatter method for field measurements of the quality of bird egg shell during incubation. *Ambio*, a journal of the human environment.
- Frank, F.R., Swanson, M.H., and Burger, R.E., 1964. The relationships between selected physical characteristics and the resistance to shell failure of gallus domesticus eggs. *Poultry Science* 43:1228-1235.
- Freund, R.J. and Littell, R.C., 1981. SAS for linear models, a guide to the anova and glm procedures.
- Hamilton, R.M.C., 1982. Methods and factors that affect the measurement of egg shell quality. *Poultry Science* 61:2022-2039.
- Kristensen, B.M., 1983. *Æggeskallens styrke, litteraturstudie*. 554. Beretning fra Statens Husdyrbrugsforsøg, 85 pp.
- Mueller, C.D. and Scott, H.M., 1940. The porosity of the egg-shell in relation to hatchability. *Poultry Science* 19:163-166.
- Ott-Ebbesen, L. og Andersen, S., 1986. Knækægsprojektet II. Indflydelsen af transport fra producent til ægpakkeri på knækægsprocenten samt statistiske beregninger herover. Beretning fra Statens Husdyrbrugsforsøg (under udarbejdelse).
- Ott-Ebbesen, L. og Therkildsen, S., 1986. Knækægsprojekt I. Målinger og iagttagelser hos ægproducenter. 600. Beretning fra Statens Husdyrbrugsforsøg.

- Roland, D.A. Sr., 1982. Relationship of body checked eggs to photo-period and breaking strength. *Poultry Science* 61:2338-2343.
- Romanoff, A. and Romanoff, A., 1949. *The avian egg*. Wiley.
- Rudemo, M., 1981. *Statestatik A3a*. DSR Forlag.
- SAS Institute Inc. *SAS User's guide: Basics*, 1982, 2nd.ed. Gary, N.C.: SAS Institute Inc., 1982, 923 pp
- SAS Institute Inc. *SAS User's guide: Statistics*, 1982, 2nd.ed. Gary, N.C.: SAS Institute Inc., 1982, 584 pp
- Scholtyssek, S., 1985. Personlig meddelelse.
- Schoorl, P.; Boersma, M.Y., 1962. Research on the quality of the egg shell. (A new method of determination). 12th World's Poultry Congress, Sydney. 432-435.
- Sørensen, P. og Petersen, Aa., 1982. Skallstyrkemåling og knækægsprocent set i et avlsmæssigt perspektiv. Medd.nr.410 fra Statens Husdyrbrugsforsøg.
- Therkildsen, S., 1985. Personlig meddelelse.
- Therkildsen, S., 1986. Knækægsprojektet III. Burbundens indflydelse på knækægsfrekvensen. 601.Beretning fra Statens Husdyrbrugsforsøg.
- Thompson, B.K., Hamilton, R.M.G., and Grunder, A.A., 1985. The relationship between laboratory measures of egg shell quality and breakage in commercial egg washing and candling equipment. *Poultry Science* 64:901-909.
- Tyler, C., 1958. Studies on egg shells X. - A method for determining variations in characteristics in different parts of the same shell. *Journal of scientific food and agriculture*.
- Tyler C. and Geake, F.H., 1958. Studies on egg shells. IX. - The influence of individuality, breed and season on certain characteristics egg shells from pullets. *Journal Science Food Agriculture*, 9:473-483.
- Tyler, C. and Geake, F.H., 1960. Studies on egg shells. XIII. - Influence of breed, season and age on certain characteristics of egg shells. *Journal of Scientific food and agriculture* 11: 535-546.
- Tyler, C. and Geake, F.H., 1961. Studies on egg shells. XV. - Critical appraisal of various methods of assessing shell thickness. *Journal of Science Food Agricultural*, 12:281-289.
- Voisey, P.W. and James, P.E., 1970. Factors affecting the performance of the beta back-scatter egg shell measurement. *Canadian agricultural engineering*, 12:48-51.