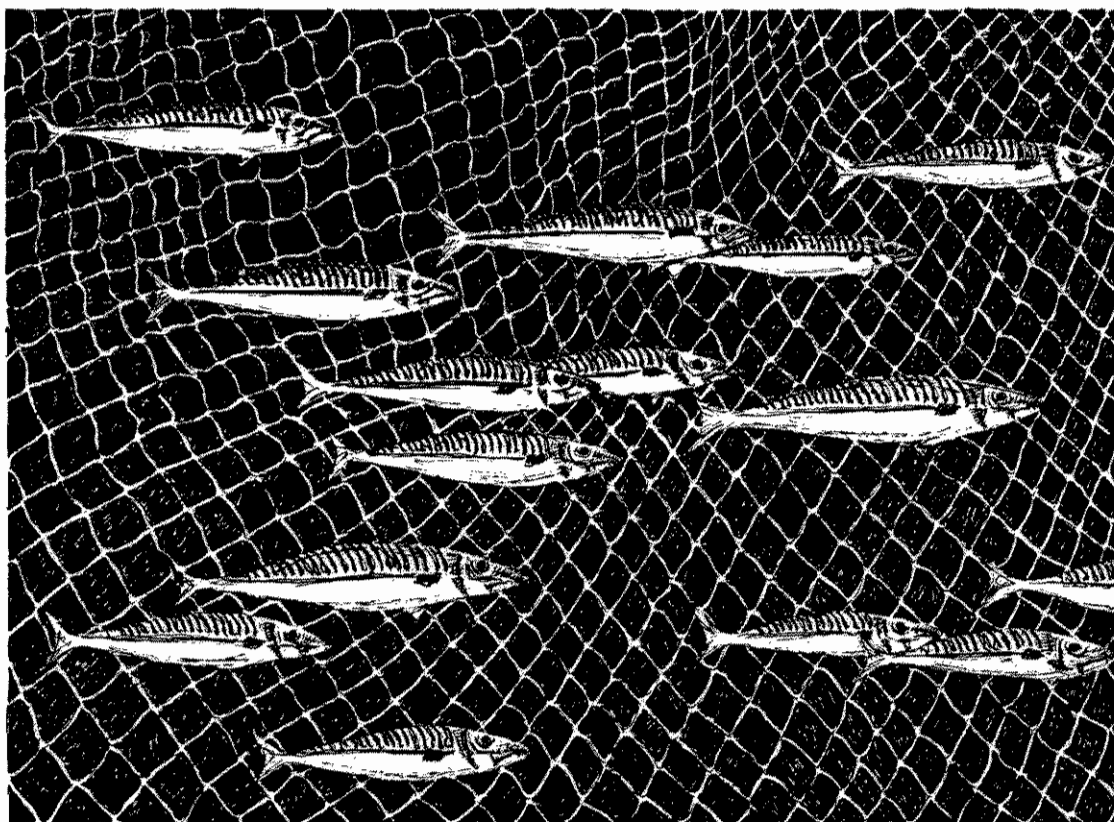


NORSK RINGNOTFISKE  
ETTER NORDSJØMAKRELL.  
EN SAMMENLIGNING AV  
ULIKE FANGSTSTRATEGIER.



AV

LEIF LONGVA

FISKERIKANDIDATOPPGAVE

IFF

UNIVERSITETET I TROMSØ.

HØSTEN 1985.

## FORORD.

Denne oppgaven leveres nå som besvarelse av kandidatoppgaven innen fiskerifagstudiet ved Institutt for Fiskerifag, Universitetet i Tromsø.

Oppgaven tar for seg det norske ringnotfisket etter Nordsjømakrell. Ved hjelp av en bioøkonomisk simuleringsmodell har jeg forsøkt å sammenligne alternative måter å forvalte denne ressursen på. Sammenligningskriteriet har først og fremst vært det samfunnsøkonomiske utbyttet av alt fremtidig fiske, redusert til nåverdi.


Arbeidet med denne oppgaven har vært interessant, utfordrende, tungt, frustrerende og fortvilende i varierende blanding. Ansvarlig veileder amanuensis Ola Flåten har gitt stø veiledning gjennom arbeidet, og jeg takker så mye for hjelpen. Jeg burde nok ha søkt dine rettleidende råd oftere, Ola, når arbeidet gikk som tyngst.

Sigfus Kristmannsson, tidligere forsker ved FTFI, Tromsø, var svært så behjelpelig med dataprogrammeringen til oppgaven. Jeg er full av beundring for den arbeidskapasitet Kristmannsson representerer. En ekstra takk går også til "the busy bee" Edgar Henriksen for hjelp til simuleringsprogrammet og til kostnads-kapittelet i oppgaven.

Jeg vil takke Sissel Fredriksen for den fine forsidetegningen og Ellen Fredriksen for figurtegninger og praktisk hjelp ved den avsluttende snekringen av oppgaven og for alt det andre.

Og med dette ser det ut til at en innholdsrik (om enn litt for lang) studietid nærmer seg slutten. Av det positive innholdet vil jeg særlig fremheve de mange fine personlige kontakter jeg har fått. Jeg er stor takk skyldig til alle som har ydet støtte (i ulike former) i medgang som i motgang. Og takk (likevel) til alle som har bidratt med vel anvendte tidsforstyrrelser under arbeidet.

Tromsø, 9. 10. 1985.



Leif Longva.

## I N N H O L D S F O R T E G N E L S E

---

1. INNLEDNING.....	1
1.1. Nordsjømakrellfisket; en kort historikk.....	1
1.2. Dagens makrellflåte.....	3
1.3. Oppgavens problemstilling.....	3
1.4. Angrepsmåte.....	4
2. BIOØKONOMISK TEORI.....	4
2.1. Biologi.....	5
2.1.1. Schaefer-modellen og den logistiske vekstfunksjon.	5
2.1.2. Bestanden utsatt for fiske.....	6
2.1.3. Beverton & Holts bestandsmodell.....	7
2.1.4. Beverton & Holts bestandsmodell med fiske....	11
2.2. Produktfunksjonen.....	13
2.2.1. Substitusjonsforholdet mellom produksjonsfaktorene E og W.	15
2.2.2. Produktfunksjonens proporsjonalitet overfor E og W.	17
2.2.3. "The backward bending yield curve.".....	18
2.3. Økonomi.....	20
2.3.1. Inntekter.....	20
2.3.2. Fangstkostnader.....	21
2.3.3. Naturressursens alternativkostnad.....	22
2.4. Tilpasning i fiske.....	23
2.4.1. Tilpasning på kort sikt.....	23
2.4.2. Tilpasning på lang sikt.....	25
2.4.3. Bioøkonomisk likevekt.....	26
2.4.4. Fiskerier uten bioøkonomisk likevektspunkt...	26
2.4.5. Fiskerens dilemma. Hvorfor fritt fiske gir ugunstig tilpasning.	28
2.5. Optimalt fiske.....	29
2.5.1. Autonom og lineær modell.....	29
2.5.2. Ikkeautonom og lineær modell; sesongfiske....	32
2.5.3. Autonom og ikkelineær modell.....	36

<b>3. NORDSJØMAKRELLEN</b> .....	<b>39</b>
3.1. Bestandstilhørighet.....	39
3.2. Arssyklus.....	39
3.3. Bestandsstørrelsen i biomasse.....	41
3.3.1. Total biomasse.....	41
3.3.2. Gytebiomasse.....	42
3.4. Individvekt.....	42
3.4.1. Tørrstoff og fett.....	45
3.5. Naturlig dødelighet.....	46
3.6. Rekruttering.....	47
<b>4. FISKET</b> .....	<b>50</b>
4.1. Produktfunksjonen.....	53
4.1.1. Båtstørrelse.....	53
4.1.2. Antall turer.....	54
4.1.3. Seiling.....	54
4.1.4. Leting og fangsting.....	57
4.1.5. Lossing.....	60
4.2. Fangstmengde pr periode.....	60
<b>5. INNTEKTER</b> .....	<b>61</b>
5.1. Konsummakrell.....	62
5.1.1. Pris som funksjon av kvantum.....	62
5.1.2. Pris som funksjon av tiden.....	63
5.1.3. Pir.....	64
5.1.4. Konsumprisfunksjonen i modellen.....	65
5.2. Makrell til mel- og oljeanvendelse.....	66
5.2.1. Eksterne faktorerers betydning for pris på sildemel og fiskeolje.	68
5.2.2. Prisreguleringsfondet for sild.....	68
5.2.3. Prisavtaler og priskalkyleskjemaet.....	68
5.2.4. Prisfunksjonen for mel- og oljeanvendelse i modellen.	70
5.3. Bestandens restverdi.....	72
<b>6. KOSTNADER</b> .....	<b>73</b>
6.1. Kapitalkostnader.....	74
6.2. Mannskapskostnader.....	75

6.3.	Drivstoffkostnader.....	77
6.4.	Diverse driftskostnader.....	78
<b>7.</b>	<b>MODELLSIMULERINGEN.....</b>	<b>79</b>
7.1.	Dynamo.....	79
7.2.	Simuleringsprogrammet.....	80
7.3.	Programstyrt simulering.....	81
7.3.1.	Begrensninger i programstyrt simulering.....	82
<b>8.</b>	<b>ANALYSER AV SIMULERINGSRESULTATER.....</b>	<b>82</b>
8.1.	Sesongvekst.....	83
8.2.	Tidsavhengige enhetspriser og -kostnader.....	85
8.2.1.	Båttype 1.....	88
8.2.2.	Båttype 2.....	89
8.2.3.	Båttype 3.....	89
8.3.	Kvantumsavhengige priser.....	91
8.4.	Innsatsavhengig produktfunksjon.....	91
8.5.	Bestandsavhengig produktfunksjon.....	92
8.6.	Optimal fangststrategi.....	92
8.7.	Utfisking eller oppbygging?.....	93
8.7.1.	Optimal bestand uten tetthetseffekt.....	94
8.7.2.	Optimal bestand med tetthetseffekt.....	96
8.8.	Fiske med båttype 1.....	98
8.9.	Fiske med båttype 2.....	103
8.10.	Fiske med båttype 3.....	105
<b>9.</b>	<b>DISKUSJON OG SENSITIVITETSANALYSER.....</b>	<b>107</b>
9.1.	Sensitivitetsanalyse for konsumprisen.....	107
9.2.	Nødvendig merpris for konsummakrell.....	109
9.3.	Sensitivitetsanalyse for kapitalkostnadene for	
	båttype 1.....	111
9.4.	Avsluttende diskusjon.....	113
9.4.1.	Oppbygging av bestanden.....	113
9.4.2.	Vedvarende fiske etter oppbygging.....	114
9.5.	Noen kritiske bemerkninger.....	115
9.5.1.	Konsumprisen.....	115
9.5.2.	Valgmuligheter mellom konsum- og	
	oppmalingsleveranse.....	115
9.5.3.	Driftsuavhengige kapitalkostnader.....	116

9.5.4. Den totale flåtestrukturen i	
	"sildefiskeriene". 117
9.5.5. Simuleringsperiodens lengde.....	117

<b>REFERANSELISTE.....</b>	<b>118</b>
----------------------------	------------

APPENDIX 1: Symbolliste.

APPENDIX 2: Simuleringsprogrammet "MAKRDY".

APPENDIX 3: Exogene og endogene verdier.

## 1. INNLEDNING.

### 1.1. Nordsjømakrellfisket; en kort historikk.

Makrell har gjennom lange tider vært en viktig fiskeressurs for sørnorske fiskere. I "Fiskets Gang" nr 50, 1912, gjengis en tabell over "Saltet makrel for hele verden fra 1878 - 1911 inklusive". Denne tabellen kommer fra USA, og her kommer Sverige og Norge med i en felles kolonne fra og med året 1887 med 10.000 "cwts". Ifølge "Fiskets Gang" nr 9, 1948, er en "cwt" lik 50,8 kg. 10.000 "cwts" er da lik 508 tonn. Tabellen omfatter handelen med (eksporten av) saltet makrell. At Sverige og Norge her er slått sammen i en felles kolonne er naturlig. Mange svenske makrellfiskere landet sine fangster fra Nordsjøen på Sørlandet.

Fisket etter makrell har for en stor del vært drevet langs kysten av Sørnorge, i hovedsak fra Bergen til svenskegrensen. Enkelte år har kystfisket strekt seg lenger nordover, og det har hendt at seisnurpere i Nordland har fått seg overraskende makrellkast. Makrellens utbredelse nordover har nok i første rekke med temperaturen å gjøre. Makrellen er relativ varmekjær.

Drivgarn og håndsnøre er de eldste fangstredskaper i makrellfisket. Etterat dampmaskinen gjorde sitt inntog i fiskeflåten ble det også vanlig å bruke dorg. Da snurpenota kom i de første årene etter 1900. ble den tatt i bruk også i fisket etter makrell.

Makrellfisket har som regel vært et sommerfiske. I mellomkrigsårene tok drivgarnfisket vanligvis til omkring 1. mai og varte til begynnelsen eller midten av juli. Fisket med not og dorg kom i gang senere, men varte lenger utover sommeren, som regel til månedsskiftet august / september. Etterhvert har makrellsesongen på kysten blitt utvidet. Allerede i de første årene etter den andre verdenskrig drev fiskerne etter makrell med not langs kysten til midten av oktober. Drivgarnfisket varer i våre dager til begynnelsen av september, og dorgfisket varer gjerne til slutten av oktober.

Kvanta fra kystmakrellfisket var i årene før første verdenskrig omlag 3 - 5.000 tonn, i mellomkrigsårene 5 - 10.000 tonn, og kvantumet steg jamnt til 20 - 25.000 tonn i 60-årene. I 70-årene dabbet kystmakrellfisket av, og den årlige fangstmengden sank til under 10.000 tonn, for siden igjen å stige til 17 - 18.000 tonn i 80-årene.

I to ulike perioder har det vært drevet fiske etter makrell i områder langt til havs. Den første perioden begynte rundt århundreskiftet og varte til og med sommeren 1927. Det var dampdrevne og motoriserte fartøy som drev dorgefiske i Nordsjøen. Dette fisket hadde sin sesong fra slutten av juli til midten av oktober, og de leverte sin fangst saltet i tønner. Mesteparten var flekket og saltet for "det amerikanske marked", som det het i Fiskets Gang. Eksempelvis ble det i årene like før den første verdenskrig landet i Norge (av norske og svenske fiskere) omlag 50.000 tønner årlig fra dette fisket.

Den andre perioden med havmakrellfiske begynte etter at kraftblokka ble vanlig ombord i snurperne. Ettersom doryene ble overflødige i fiskeoperasjonen kunne båtene gå lenger ut fra land på leiting etter fangstbare stimer. Etterhvert ble båtene større og kraftigere, notredskaper ble større og leiteutstyret ble mer effektivt. I disse første årene med kraftblokkfiske blottla fiskerne store forekomster av makrell i Nordsjøen. De norske makrellfangstene økte fra 17.000 tonn i 1962 til rekordkvantumet 868.000 tonn i 1967. Ringnotflåten, som de større snurperne etterhvert ble hetende, stod for 97% av dette rekordkvantumet. Det aller meste av de store makrellfangstene i 60- og deler av 70-årene ble levert til sildoljeindustrien. Den økte effektivitet som kraftblokka representerte gjorde at sesongen for fiske med not ble utvidet ganske kraftig. I tillegg til det vanlige sommer- og høstfisket ble det nå i tillegg fisket makrell også i perioder om vinteren og våren i Nordsjøen. I figur 3.3. (kapittel 3.) vises grafisk den årlig fangstmengde fra Nordsjøen.

Etterhvert ble det iverksatt strenge reguleringer i dette fisket for å motvirke den nedgang i gytebiomasse som ble observert. Havforskerne har siden 1980 anbefalt stopp i fisket på Nordsjø-



makrell. Likevel har Norge og EF, som deler forvaltningsansvaret for Nordsjømakrellen, hvert år blitt enig om en kvote. Totalkvoten for Nordsjømakrell er for 1985 36.200 tonn, hvorav Norges andel utgjør 26.200 tonn. De norske konsesjonspliktige ringnotbåtene disponerer 10.500 tonn mens ringnotbåter under konsesjonsgrensen disponerer 2.500 tonn av Norges andel.

### 1.2. Dagens makrellflåte.

Det skilles vanligvis mellom kystflåten og ringnotflåten når en snakker om Norges makrellflåte. Kystflåten består av mindre fartøyer som fisker med drivgarn, dorg og not. Innen notfiske-riene eksisterer det en flytende overgang mellom kystbåter og det en vil kalle havgående båter. Vanligvis regnes bare de konsesjonspliktige ringnotbåtene med blandt den havgående makrellbåtene. Imidlertid er notbåter som i størrelse ligger under konsesjonsgrensen på 90 fots lengste lengde og 1.500 hl lastekapasitet, også svært ofte havgående fartøyer.

For alle båttypene gjelder at makrellfisket bare utgjør en begrenset andel av det totale driftsgrunnlaget.

### 1.3. Oppgavens problemstilling.

Nordsjømakrellbestanden har en utpreget sesongvekst, og fisket foregår sesongvist. I denne oppgaven vil jeg ved hjelp av samfunnsøkonomiske betraktninger forsøke å finne ut om denne bestanden kan forvaltes på en bedre måte enn slik som nå. Dette vil jeg gjøre ved å sammenligne alternative fangststrategier.

Imidlertid vil jeg begrense oppgaven til bare å omfatte ringnotflåten. Jeg velger å forutsette at kystflåten fisker et visst kvantum årlig, og jeg vil ikke regne noe på økonomien for denne flåten. Oppgaven begrenser seg dermed til å finne en god måte å forvalte ringnotflåtens kvoteandel på.

Jeg vil sammenligne økonomisk utbytte fra konsumfiske kontra fiske til oppmaling, og jeg vil sammenligne resultater fra en

flåte bestående av store båter kontra små båter. Dette er aktuelle spørsmålsstillinger i makrellfisket, såvel som i debatten angående strukturen i ringnotflåten.

#### 1.4. Angrepsmåte.

Jeg vil benytte bioøkonomisk teori som utgangsvinkel for oppgaven. Som hjelpemiddel for å gjennomføre de ovenfornevnte sammenligningene vil jeg benytte en simuleringsmodell. Denne modellen vil inneholde biologiske parametre for bestanden, samt nødvendige parametre for simulering av et fiske.

Ved å neddiskontere alt fremtidig økonomisk utbytte fra fisket til nåverdi, vil jeg så kunne sammenligne de ulike fangststrategier i økonomisk henseende.

Simuleringsmodellen vil bli formulert i et dataspråk som gjør det mulig å benytte datamaskin til utføringen av regneoperasjonene i modellen.

## 2. BIOØKONOMISK TEORI.

Emnet bioøkonomi omhandler problemene ved økonomisk utnyttelse av fornybare ressurser, og er vel anvendt på levende biologiske ressurser som fiskebestander.

For å finne en god økonomisk utnyttelse av en biologisk ressurs, er det hensiktsmessig å lage en modell som på en enkel måte beskriver samhandlingen mellom de aktuelle biologiske og økonomiske parametre. På den måten kan en finne ut hvilke innsatsfaktorer som best kan benyttes og hvordan, i utnyttelsen av ressursen. Grunnmuren i en slik modell vil være den biologiske delen. Denne skal beskrive ressursens relevante indre biologiske egenskaper, samt dens følsomhet overfor ulike aktuelle ytre betingelser.

Naturen er mangfoldig. Endring i størrelsen av en bestand vil få

følger for andre bestander. I første rekke gjelder det de bestander som er denne førstnevnte bestandens predatorer eller bytte, samt bestander som har nærliggende økologisk nisje.

Bioøkonomiske modeller er som oftest enbestandsmodeller. En neglisjerer da de følger som manipulering med den ene bestanden får for omgivelsene. Dette er opplagt en grov forenkling og feil ved modellen. Men modellbygging innebærer nettopp forenkling av virkeligheten slik at modellen blir lett tilgjengelig og brukelig.

Det er to ulike bestandsmodeller som er dominerende i bioøkonomisk teori. Den ene er Schaefer-modellen og den andre er Beverton & Holts bestandsmodell. Jeg skal i det følgende diskutere bioøkonomisk teori med utgangspunkt i hver av disse to modeller. (For nærmere litteraturhenvisninger om de ulike modellene, se Eliassen, 1982, s. 67.)

## 2.1. Biologi.

### 2.1.1. Schaefer-modellen og den logistiske vekstfunksjon.

Schaefer-modellen er en bioøkonomisk modell som har fått navn etter den person som utformet modellen. Den biologiske delen av denne modellen bygger på den såkalte Verhulst-Pearl logistiske vekstfunksjon som uttrykker den relative vekstrate:

$$g(W) = k(W_{\infty} - W) \quad (1)$$

der  $k$  og  $W_{\infty}$  er bestandsspesifikke konstanter.  $k$  angir bestandens vekstegenskaper.  $W_{\infty}$  er den maksimale størrelse bestanden ( $W$ ) kan oppnå. Denne begrenses av bæreevnen til bestandens økologiske nisje.

En ubeskattet bestand blir i teorien tillagt størrelsen  $W = W_{\infty}$ . I virkeligheten vil størrelsen til en ubeskattet bestand kunne svinge fra år til år. Dette blir neglisjert i Schaefer-modellen som er en deterministisk enbestandsmodell.

Vi ser at den relative vekstrate i ligning (1) er en monotont

avtagende funksjon av bestandsstørrelsen  $W$ . Den absolutte tilvekst som funksjon av  $W$  finner vi ved å multiplisere ligning (1) med  $W$ . Vi får da følgende tilvekstfunksjon:

$$F(W) = g(W)W$$

$$\Downarrow$$

$$F(W) = Wk(W_{\infty} - W) \quad (2)$$

Dette er en annengradsligning, en parabel, hvis grafiske form vises i figur 2.1.

### 2.1.2. Bestanden utsatt for fiske.

Den logistiske vekstfunksjon forteller hvor mye bestanden vokser (pr tidsenhet) ved de ulike bestandsnivåer. Dersom en vil opprettholde det eksisterende bestandsnivå, må en (hvert år) fiske nøyaktig tilveksten. Av figur 2.1. ser en at en bestand (selvsagt) ikke har noen tilvekst ved det naturlige likevektsnivå. En ubeskattet bestand må derfor først reduseres til et nivå  $0 < W < W_{\infty}$ , slik at bestanden produserer en tilvekst.

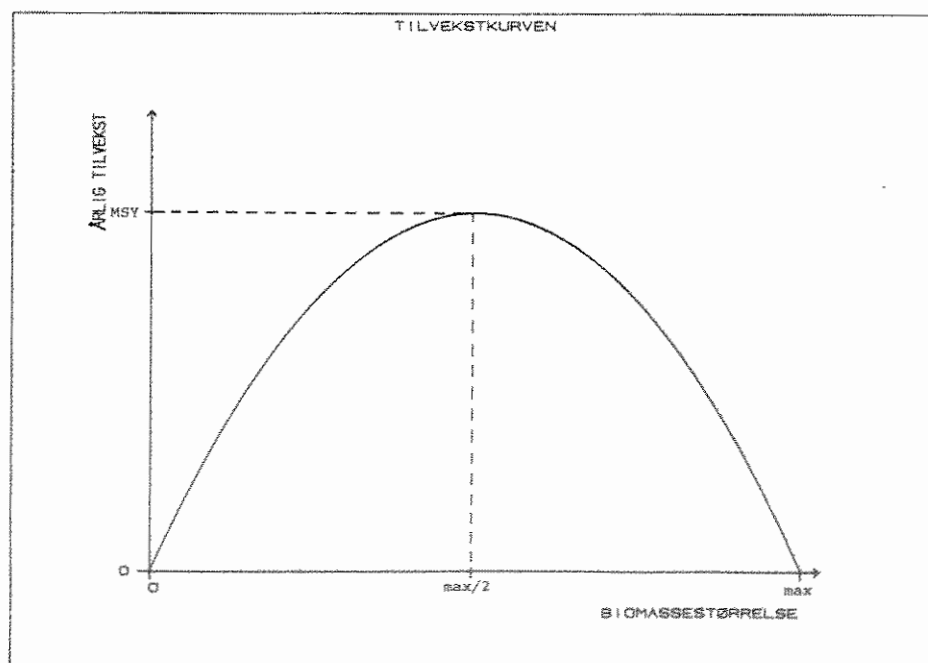


Fig. 2.1. Bestandens tilvekst (pr tidsenhet) som funksjon av bestandsstørrelsen.

Ved å fiske nøyaktig den årlige tilveksten til bestanden vil altså bestandsnivået holde seg konstant fra år til år. Den årlige tilveksten, og dermed fangstutbyttet vil da også være konstant år etter år. Fangstutbyttet pr tidsenhet (f.eks. pr år) blir betegnet med  $Y$ , som er forkortet av det engelske ordet "yield". En fangstmengde som kan holdes konstant i uendelig lang tid ved at nøyaktig tilveksten blir fisket, blir betegnet som  $SY$ , forkortet av "sustainable yield". Vedvarende utbytte,  $SY$ , er altså lik den årlige tilveksten:

$$SY = F(W) = kW(W_{\infty} - W) \quad (3).$$

Dersom det blir fisket mer eller mindre enn hva ligning (3) tilsier, vil det endre bestandsstørrelsen ( $W$ ) og i neste omgang (neste år) gi en endret tilvekst.

Ved å derivere ligning (2) m.h.p.  $W$  og sette den deriverte ligningen lik null, vil vi finne den bestandsstørrelsen som gir størst tilvekst. Denne bestandsstørrelsen betegnes  $W_{msy}$ , og finnes ved hjelp av ligningene (4) og (5):

$$F'(W) = kW_{\infty} - 2kW \quad (4);$$

$$\begin{aligned} kW_{\infty} - 2kW_{msy} &= 0 \\ W_{msy} &= W_{\infty}/2 \end{aligned} \quad (5).$$

Vi ser at maksimal tilvekst oppnås når bestanden er halvparten av størrelsen ved naturlig likevekt. Maksimal tilvekst vil da også tilsvare det maksimale vedvarende utbytte ( $MSY$ ), og dette finnes ved innsetting av ligning (5) i (3):

$$MSY = (W_{\infty}/2)^2 k \quad (6).$$

### 2.1.3. Beverton & Holts bestandsmodell.

Beverton & Holts bestandsmodell, som jeg heretter vil kalle B & H modellen, går mer detaljert til verks for å beskrive en bestands biomasseutvikling. En fiskebestand består som regel av flere årsklasser. B & H modellen beskriver utviklingen til en årsklasse slik:

$$W_i(t) = w_i(t)N_i(t) \quad (7); \text{ der}$$

$w_i(t)$  er biomasse for årsklasse  $i$  ved tidspunkt  $t$ ,

$w_i(t)$  er gjennomsnittlig individvekt i årsklasse  $i$  ved tidspunkt  $t$ , og

$N_i(t)$  er antall individer i årsklasse  $i$  ved tidspunkt  $t$ .

Total biomasse i bestanden blir da:

$$W_{\text{tot}}(t) = \sum_{i=1}^n w_i(t) \quad (8); \text{ der}$$

$W_{\text{tot}}(t)$  er bestandens totale biomasse ved tidspunkt  $t$ , og  $n$  er antall årsklasser i bestanden.

B' & H modellen beskriver altså biomasseutviklingen ved hjelp av to tidsfunksjoner,  $w(t)$  og  $N(t)$ . Hver enkelt bestand vil ha sine særegne funksjoner for individvekt og antall individer. Von Bertalanffy (1938) har beskrevet en generell individvekstkurve for fisk slik:

$$w(t) = w_{\infty}(1 - e^{-s(t-t_0)})^3 \quad (9); \text{ der}$$

$w_{\infty}$  er den teoretisk maksimale individvekt når  $t$  går mot uendelig,  $s$  er en bestandskonstant, og  $(t-t_0)$  angir fiskens alder.

En individvektligning er grafisk illustrert i figur 2.2.

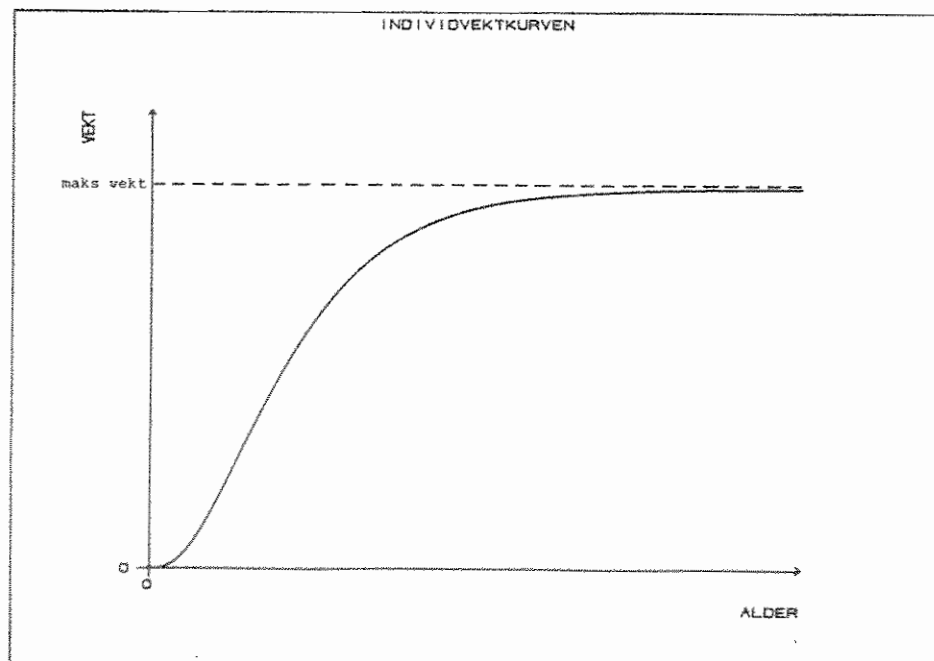


Fig. 2.2. Individvekt som tidsfunksjon, basert på von Bertalanffy's vekstfunksjon.

Utviklingen i antall individer blir i B' & H modellen beskrevet ved hjelp av begrepene rekruttering og dødelighet. I en ubeskattet fiskebestand vil tidsfunksjonen for antall individer i en årsklasse være bestemt av antall rekrutter samt den såkalte naturlige dødelighet.

I Beverton & Holts rekrutteringskurve er antall rekrutter en jevnt stigende funksjon av størrelsen på gytebiomassen. De aktuelle verdier på rekrutteringskurven vil naturlig nok variere fra bestand til bestand.

En annen vanlig rekrutteringskurve er Rickers kurve. Denne er stigende opp mot et toppunkt ved en viss størrelse på gytebiomassen, for så å avta ved større verdier av gytebiomassen. Dette forklares, ifølge Shepherd (1982), med kannibalisme eller nedbeiting av yngelens føde fra foreldrebestandens side.

Hos enkelte bestander kan det være grunn til å anta at det eksi-

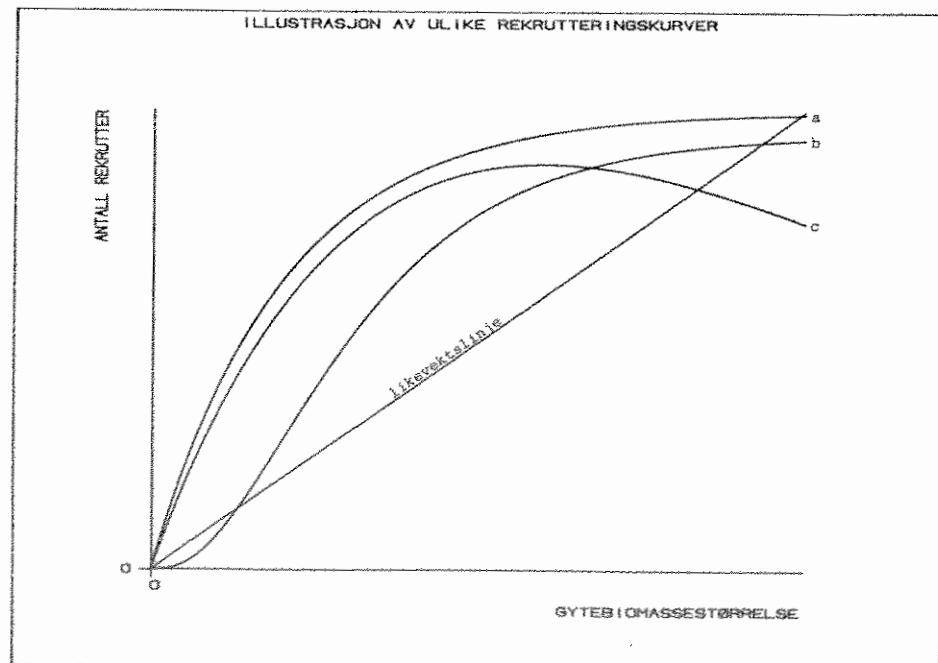


Fig. 2.3. Tre vanlige rekrutteringskurver: Kurve a illustrerer Beverton & Holts rekrutteringsfunksjon, kurve b viser en sigmoid kurve som har en kritisk minsteverdi på gytebestandsstørrelsen og kurve c illustrerer Rickers rekrutteringsfunksjon. "Likevektslinjen" angir den nødvendige rekrutteringen for å opprettholde bestandsstørrelsen.

sterer et kritisk minstenivå for bestandsstørrelse med hensyn til rekruttering. En gytebestand mindre enn dette kritiske nivået vil da ikke være i stand til å produsere årsklasser som er store nok til å opprettholde bestandsnivået. Ifølge en slik rekrutteringsfunksjon vil altså bestanden dø ut av seg selv, etter at den først er blitt redusert til under det kritiske nivå.

I figur 2.3. er disse ulike rekrutteringskurvenes egenskaper illustrert.

Naturlig dødelighet beskrives på følgende måte, hentet fra Gulland (1969):

$$dN/dt = -MN \quad (10); \text{ der}$$

$M$  er den momentane naturlige dødelighetsrate som forutsettes å være konstant fra det øyeblikk årsklassen rekrutteres til bestanden. Rekruttere til bestanden gjør de individene i årsklassen som overlever yngelstadiet, der den naturlige dødelighetsrate er langt høyere enn  $M$  hos den voksne bestand.

Antall individer i årsklassen til enhver tid vil da være de som ikke dør:

$$N(t) = N(0)e^{-Mt} \quad (11); \text{ der}$$

$N(0)$  er antall individer som rekrutteres til bestanden, og  $t$  angir den tiden der bestanden har vært utsatt for en dødelighet lik  $M$ .

Grafisk er funksjonen for  $N$  illustrert i figur 2.4.

$B$  &  $H$  modellen har nå beskrevet en normal utvikling for en årsklasse uten fiske. Ved å summere alle alderstrinn vil en så finne størrelsen på bestanden ved det aktuelle tidspunkt.

I  $B$  &  $H$  modellen vil totalbestandens tilvekst da være bestemt av tre forhold. Det er størrelsen på den nye årsklassen som rekrutteres til bestanden på et gitt tidspunkt hvert år, dødelighetsraten for bestanden og individvekstfunksjonen.



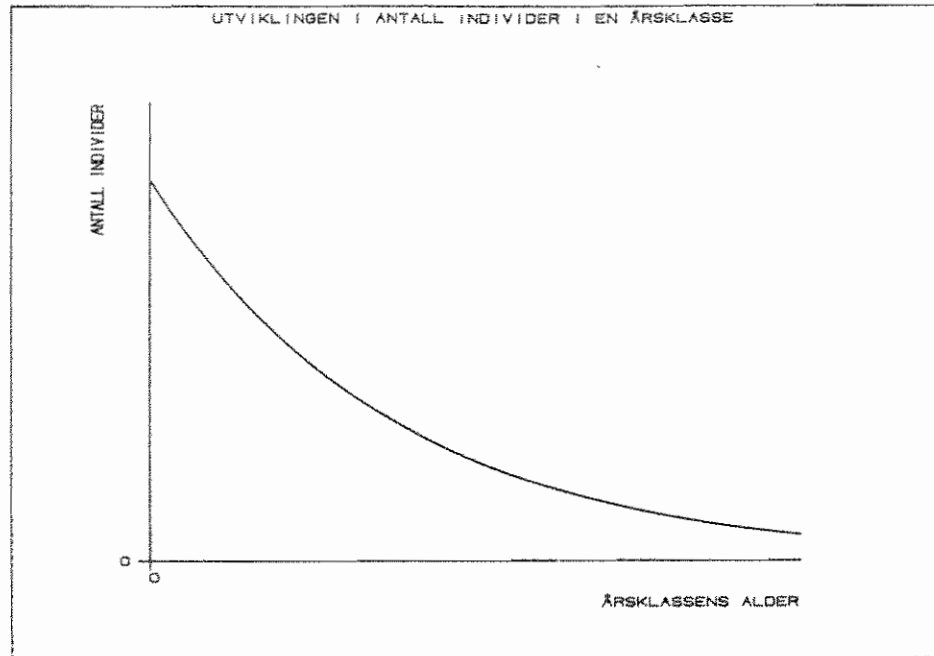


Fig. 2.4. Antall individer i en årsklasse, som tidsfunksjon.

#### 2.1.4. Beverton & Holts bestandsmodell med fiske.

Fiske vil inngå i modellen som en økning i dødeligheten. Dødelighet som skyldes fiske kalles fiskedødelighet, og betegnes  $F$ .  $F$  vil da være en kontrollvariabel i bestandsligningen, og ligning (10) kan endres til:

$$\frac{dN}{dt} = -(M+F(t))N \quad (12),$$

og ligning (11) kan endres til:

$$N(t) = N(0)e^{-(M+F(t))t} \quad (13).$$

Den momentane fangstraten i vekt blir som følger:

$$Y = F(t)N(t)w(t) \quad (14).$$

I en periode fra  $t_0$  til  $t_1$  med konstant fiskeinnsats vil fangstmengden  $Y(t_1-t_0)$  kunne uttrykkes slik, hentet fra Hannesson (1978):

$$Y(t_1-t_0) = \int_{t_0}^{t_1} FN(t)w(t) dt \\ = F/(F+M)N(t_0)(1-e^{-(F+M)(t_1-t_0)})w(t) \quad (15);$$

der faktoren  $F/(F+M)$  uttrykker forholdet mellom momentan fiskedødelighet og momentan total dødelighet. Dette forholdet blir gjerne kalt beskatningsgraden.

B & H modellen beskriver en årsklasses vekst, i motsetning til Schaefermodellen som beskriver veksten i den totale biomasse. Maksimering av fangstutbytte på basis av B & H modellen vil derfor bety å fiske selektivt på den årsklassen som har nådd sitt biomassemaksimum. En årsklasse har sitt biomassemaksimum når den tidsderiverte av ligning (7) er lik null. Vi får da:

$$W' = w'N + wN' \quad (16), \text{ der}$$

$$W' = dW/dt, w' = dw/dt \text{ og } N' = dN/dt.$$

Av ligning (10) og (16) følger at

$$W' = w'N - wMN$$

$$= Nw((w'/w) - M) \quad (17).$$

Vi ser at  $W' = 0$  når  $w'/w = M$ , altså når den naturlige dødeligheten oppveier individveksten. Ifølge Clark m. fl. (1973) er  $w'/w$  en monotont avtagende tidsfunksjon for alle vekstkurver av von Bertalanffy-typen. Ettersom  $Nw$  ikke kan få negativ verdi, ser vi at ligning (17) vil være positiv for alle  $t < t_{(w'/w=M)}$ , og negativ for alle  $t > t_{(w'/w=M)}$ .

For å finne tidspunktet  $t = t_{(w'/w=M)}$ , der maksimum inntreffer, må en kjenne tidsfunksjonene  $w(t)$  og  $N(t)$  for den aktuelle bestanden. For enkelthets skyld defineres tidspunktet til  $t = t_{\max}$ , og maksimal fangstmengde av denne ene årsklassen kan da uttrykkes slik:

$$MSY = W_{j\max} = 1/Mw'(t_{\max})N(t_{\max}) \quad (18).$$

For å oppnå denne fangstmengde må hele kvantumet fiskes nøyaktig ved tidspunkt  $t = t_{\max}$ . B & H modellen er i likhet med Schaefermodellen en deterministisk modell. Det vil si at en ser bort fra tilfeldige variasjoner i modellens biologiske parametre. Dermed vil en, i følge B & H modellen, oppnå maksimalt utbytte fra enhver årsklasse ved tidspunktet  $t = t_{\max}$ .  $t_{\max}$  refererer seg vel og merke til alderen på årsklassen.

## 2.2. Produktfunksjonen.

Larsen (1981) sier: "En produktfunksjon beskriver den tekniske sammenhengen mellom innsats av produksjonsfaktorer og produksjonsresultatet (eller produktkvantum)." Det er vanlig å fremstille denne slik:

$$X=f(V_1, V_2, \dots, V_n) \quad (19); \text{ der}$$

$X$  er produsert kvantum (produksjonsresultatet),

$V_1, V_2$  og  $V_n$  er innsats av produksjonsfaktorene h.h.v. nr 1, 2 og  $n$ , og

$f$  er det vanlige funksjonssymbol.

I klassisk økonomisk teori blir produksjonsfaktorene inndelt i arbeidskraft og kapital. I fiske er det vanlig med en todeling av produksjonsfaktorene på en litt annen måte. Som den ene faktoren kommer ressurgrunnlaget som utgjøres av den aktuelle fiskebestanden. Som den andre faktoren blir både arbeidskraft og produsert produksjonskapital slått ihop og kalles fiskeinnsatsen. Produksjonen i fiske kan da uttrykkes slik:

$$Y=f(W, E) \quad (20); \text{ der}$$

$Y$  er produksjonsresultatet som i fiske vil være fangstresultatet.  $W$  og  $E$  er betegnelse for de to produksjonsfaktorene, h.h.v. fiskebestanden og fiskeinnsatsen.

Hvordan produktfunksjonen ser ut matematisk vil variere fra det ene fiskeriet til det andre. En vanlig matematisk fremstilling er denne:

$$Y=qEW \quad (21); \text{ der}$$

$q$  er en fiskerispesifikk konstant eller en funksjon av  $E$  og / eller  $W$ .

Dersom vi forutsetter at  $q$  er en konstant, ser vi av ligningene (7), (14) og (21) at:

$$F=qE \quad (22).$$

Larsen (op. cit.) beskriver videre den såkalte Cobb-Douglas funksjonen slik:

$$X=AV_1^\alpha V_2^\beta \quad (23); \text{ der}$$

$A$ ,  $\alpha$  og  $\beta$  er parametre som bestemmer sammenhengen mellom  $X$ ,  $V_1$  og  $V_2$ .

Denne produktfunksjonen er av en såkalt nyklassisk type. Disse forutsetter, fortsatt ifølge Larsen (op. cit.), at "produksjonsfaktorene står i et substitusjonsforhold til hverandre."

Dersom vi skal uttrykke produktfunksjonen for et fiske som Cobb-Douglas funksjonen, blir denne seende slik ut:

$$Y = AE^\alpha W^\beta \quad (24).$$

Parameterverdiene for  $A$ ,  $\alpha$  og  $\beta$  vil være spesifikke konstanter for hvert fiskeri.  $\alpha$  og  $\beta$  kan dog vise seg å ha en funksjonell sammenheng med størrelsen av h.h.v.  $E$  og  $W$ . Dette kommer jeg tilbake til i kapittel 2.2.2.

Av ligning (21) og (24) får vi nå at:

$$q = AE^\alpha - lW^{\beta-1} \quad (25).$$

Av ligning (22), (24) og (25) får vi nå at:

$$F = qE = AE^\alpha W^{\beta-1} \quad (26).$$

$E$  er kontrollvariabelen i utbyttefunksjonen (ligning (24)). Ved hjelp av denne kan vi oppnå det utbytte,  $Y$ , som vi måtte ønske. Av ligning (24) ser vi at den momentane fangstrate er proporsjonal med  $E^\alpha$ . Men fangstmengden i en tidsperiode (ligning (15)) vil derimot ikke ha samme proporsjonalitet med fiskeinnsatsen. Fangsten er en funksjon av bestandsstørrelsen for alle  $\beta \neq 0$  (jamfør ligning (24)). Så sant bestandsstørrelsen  $W$  ikke holdes konstant, vil også den momentane fangstraten endres med tiden, selv om fiskeinnsatsen  $E$  holdes konstant. Fangstmengden i en periode, som er integralet av den momentane fangstraten, vil dermed ikke være proporsjonal med  $E^\alpha$ .

Ligning (24) kalles også for korttids produktfunksjonen. Dersom tidsperioden er svært liten vil fangstmengden i perioden være tilnærmet proporsjonal med  $E^\alpha$ .

## 2.2.1. Substitusjonsforholdet mellom produksjonsfaktorene E og W.

Substitusjonsforholdet mellom E og W (isokvant-funksjonen) blir:

$$E = (Y(0) / (AW^\beta))^{1/\alpha} \quad (27).$$

Dette er altså en isokvantkurve for en gitt produktmengde  $Y(0)$ . Dersom vi erstatter  $Y(0)$  i ligning (27) med  $SY(W)$ , gitt i ligning (3), får vi uttrykt mengden av innsatsfaktorene E og W ved ethvert mulig likevektsfiske. Vi får da, utledet av ligningene (3) og (27):

$$E = ((k/A)W^{(1-\beta)} / (W_\infty - W))^{1/\alpha} \quad (28).$$

Med  $\alpha = \beta = 1$  blir substitusjonsligningen enklere:

$$E = (k/A) (W_\infty - W) \quad (29).$$

Ettersom  $k$ ,  $A$  og  $W_\infty$  er konstanter vil E være en lineær avtagende funksjon av W. Vi ser at  $E=0$  når  $W=W_\infty$ . Når  $W=0$  har vi maksimal E, d.v.s. den mengde E der den marginale innsatsenhet medfører at bestanden fiskes ut. (Negativ bestandsstørrelse er meningsløst.) Vi får da:

$$E_{\max} = (k/A)W_\infty \quad (30), \text{ når } W=0.$$

Vi kan fastslå at for enhver  $E > E_{\max}$  er det kun et tidsspørsmål før utfisking er et faktum.

Fiskeinnsatsmengden som gir utbytte lik MSY finner vi ved innsetting av ligning (5) i ligning (29) (vi har fortsatt at  $\alpha = \beta = 1$ ):

$$E_{\text{msy}} = W_\infty k / (2A) \quad (31).$$

Vi ser at  $E_{\text{msy}} = E_{\max} / 2$  (jamfør ligning (30)).

I figur 2.5. illustreres sammenhengen fra substitusjonsforholdet mellom E og W, via korttids produktfunksjonen til langtids produktfunksjonen ved likevektsfiske, når  $\alpha = \beta = 1$ .

Den lineære sammenhengen i figur 2.5.a mellom  $(W_\infty, 0)$  og  $(0, E_{\max})$  er en illustrasjon av ligning (29) som angir de kombinasjonene av E og W som gir likevektsfiske.  $E_{\max}$  er den fiskeinnsatsmengden der den marginale innsatsenheten medfører null i vedvarende utbytte.

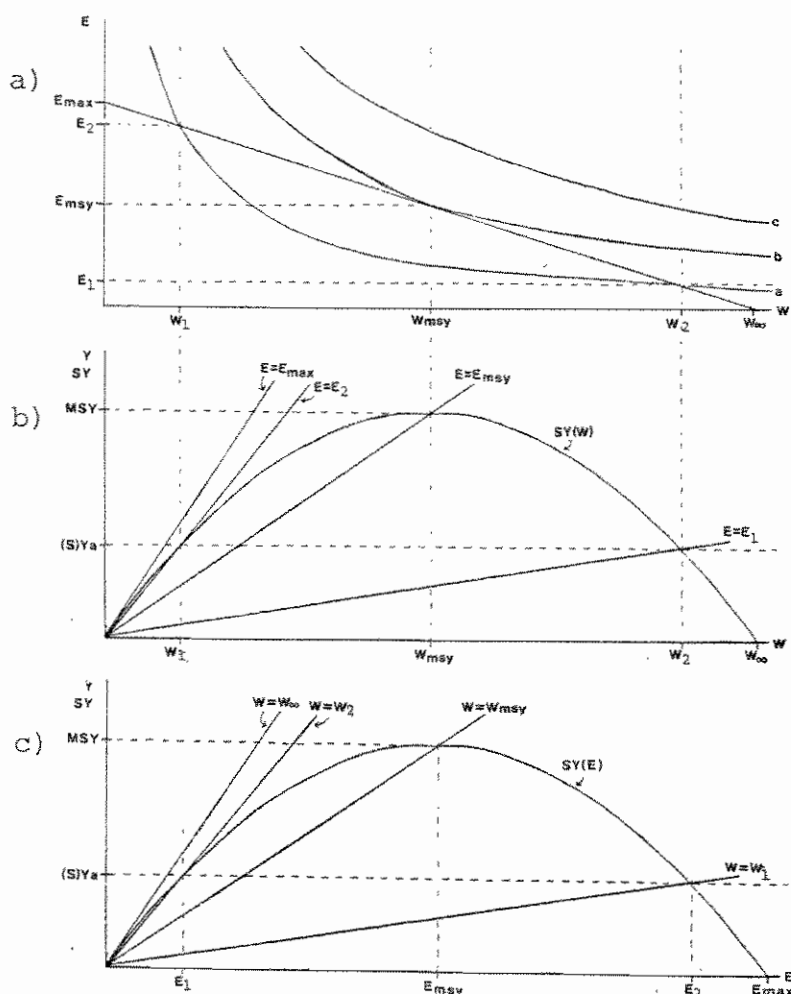


Fig. 2.5. Sammenhengen fra substitusjonsforholdet mellom fiskeinnsatsen  $E$  og bestandsstørrelsen  $W$ , via korttidsproduktfunksjonen til langtidsproduktfunksjonen ved likevektfiske når  $\alpha=\beta=1$ . Figur a viser tre ulike linjer (a, b og c) med kombinasjoner mellom  $E$  og  $W$  som hver gir en viss fangstmengde pr tidsenhet. Den lineære kurven angir kombinasjonene som vil gi utbytte på vedvarende basis. Figur b viser 4 korttidsfunksjoner med ulike  $E$ , samt det vedvarende utbyttet som funksjon av bestandsstørrelsen ( $SY(W)$ ). Figur c viser det vedvarende utbyttet som funksjon av fiskeinnsatsen ( $SY(E)$ ), samt sammenhengen mellom korttidsutbyttet ( $Y$ ) og  $E$  ved fire ulike bestandsstørrelser.

Ligning (27) angir kombinasjonsmulighetene av  $E$  og  $W$  for en gitt fangstmengde  $Y=Y(0)$ . Med  $\alpha=\beta=1$  blir denne ligningen enklere:

$$E=Y(0)/(AW) \quad (32).$$

$E$  er altså en hyperbolsk funksjon av  $W$  når fangstmengden er gitt.

Tre ulike slike funksjoner, bestemt av produksjonsmengdene  $Y_a$ ,  $Y_b$  og  $Y_c$ , er inntegnet i figur 2.5.a.

I figur 2.5.b har jeg inntegnet tilvekstfunksjonen i Schaefer-modellen. Denne utgjør altså det vedvarende utbytte,  $SY$ , ved de ulike bestandsnivå. I figur 2.5.b er også noen korttids produktfunksjoner med ulik fiskeinnsats ( $E$ ) inntegnet. Vi ser at ethvert nivå av vedvarende utbytte  $SY < MSY$  kan fiskes med to ulike kombinasjoner av produksjonsfaktorene  $E$  og  $W$ . Dette kan en også lese av figur 2.5.a, for alle isokvantkurver under b.

Figur 2.5.c viser utbytte som funksjon av fiskeinnsatsen  $E$ .

### 2.2.2. Produktfunksjonens proporsjonalitet overfor $E$ og $W$ .

I ligning (25) er  $q$  i produktfunksjonen uttrykt.  $A$ ,  $\alpha$  og  $\beta$  er altså fiskerispesifikke konstanter, der  $\alpha$  og  $\beta$  avgjør produktfunksjonens følsomhet overfor endring i h.h.v.  $E$  og  $W$ . Virkningene på produktfunksjonen for de ulike verdier av  $\alpha$  kan listes opp slik:

$\alpha > 1$  medfører at  $Y$  er overproporsjonal med størrelsen av  $E$ .

$\alpha = 1$  medfører at  $Y$  er proporsjonal med størrelsen av  $E$ .

$0 < \alpha < 1$  medfører at  $Y$  er underproporsjonal med størrelsen av  $E$ .

$\alpha = 0$  medfører at  $Y$  er uavhengig av størrelsen av  $E$ .

$\alpha < 0$  medfører negativ sammenheng mellom størrelsene  $Y$  og  $E$ .

Den samme opplistingen kan en foreta for  $\beta$  ved å bytte ut  $\alpha$  og  $E$  ovenfor med h.h.v.  $\beta$  og  $W$ .

Når kan en tenke seg at korttids produktfunksjonen vil være overproporsjonal med  $E$ ? Dersom hver fiskeinnsatsenhet (f. eks. hver båt) har gjensidig nytte av de andre enhetenes tilstedeværelse, vil vi kunne få en slik overproporsjonalitet. Dette kan gjelde dersom de enkelte innsatsenheter har god hjelp av hverandre med å lokalisere fiskeforekomstene. Dersom  $E$  består av få enheter (båter) kan en tenke seg en slik effekt. Når  $E$  vokser vil imidlertid "den marginale lokaliseringshjelpen" reduseres, og det kan istedet oppstå trengselsproblemer, slik at  $Y$  blir underproporsjonal med  $E$ . I et sådan fiskeritilfelle vil  $\alpha$  ikke lenger være

en konstant, men en funksjon av  $E$ . Korttids produktfunksjonen kan således svinge fra overproporsjonalitet ved liten  $E$  til underproporsjonalitet ved større  $E$ . Vi vil da få en sigmoid kurve for korttids produktfunksjonen  $Y(E)$ .

Dersom lokalisering av fiskeforekomstene er et problem forstår vi også at fiskebestanden ikke er jevnt spredd over et stort område. Vi har da å gjøre med en fiskebestand med mer eller mindre tilbøyelighet til stimdannelse. Ulltang (1976) har undersøkt fangst pr innsatsenhet for det norske ringnotfisket etter atlanto-skandisk sild. Dette er en utpreget stimfisk. Ulltang (op. cit.) finner at  $\partial q / \partial N < 0$ . Han benytter altså antall individer som mål på bestandsstørrelsen. Når  $\partial q / \partial N < 0$  betyr det at  $q$  er større når bestanden er liten enn når bestanden er stor. Av ligning (22) ser vi at fiskedødeligheten øker når  $q$  øker, d.v.s. at hver fiskeinnsatsenhet fisker en større andel av bestanden når  $q$  er stor. Og ifølge Ulltang (op. cit.) er  $q$  større jo mindre bestanden er når det er tale om en stimfisk.

Jeg har benyttet biomasse som mål på bestandsstørrelsen.  $q$  er uttrykt i ligning (25). Dersom den aktuelle bestanden har stimtilbøyelighet må altså den deriverte av ligning (25) m.h.p.  $W$  være mindre enn null:

$$\partial q / \partial W = A E^{(\alpha-1)} (\beta-1) W^{(\beta-2)} < 0 \quad (33); \text{ der} \\ A, E^{(\alpha-1)} \text{ og } W^{(\beta-2)} \text{ alle er } > 0.$$

For at ligning (33) skal være  $< 0$  må derfor:  $\beta - 1 < 0$ , og dermed  $\beta < 1$ .

Med  $0 < \beta < 1$  blir korttids produktfunksjonen som nevnt underproporsjonal med bestandsstørrelsen  $W$ . Dersom  $\beta = 0$  er produktfunksjonen uavhengig av bestandsstørrelsen  $W$ , og dersom  $\beta < 0$  er produktfunksjonen stigende med avtagende  $W$ .

### 2.2.3. "The backward bending yield curve."

Dersom  $0 < \beta < 1$ , vil  $E(W)$ -funksjonen i ligning (28) ikke lenger være monotont avtakende slik tilfellet er når  $\alpha = \beta = 1$ .  $E(W)$ -funksjonen vil få et toppunkt. En lavere  $E$  enn dette toppunktet kan gi to



likevekts bestandsstørrelser; et stabilt og et ustabil nivå. Dette er den såkalte "backward bending yield curve", og denne illustreres i figur 2.6.

At vi har en stabil og en ustabil del av utbyttekurven er lett å se av figur 2.6. Anta at bestanden er lik  $W_{ii}$ . Tilveksten  $SY_{ii}$  fiskes med innsatsmengden  $E_i$ . Av figur 2.6.a ser vi at dersom bestandsstørrelsen av en eller annen grunn blir redusert, vil en med  $E=E_i$  ikke klare å fiske hele tilveksten. Dermed øker

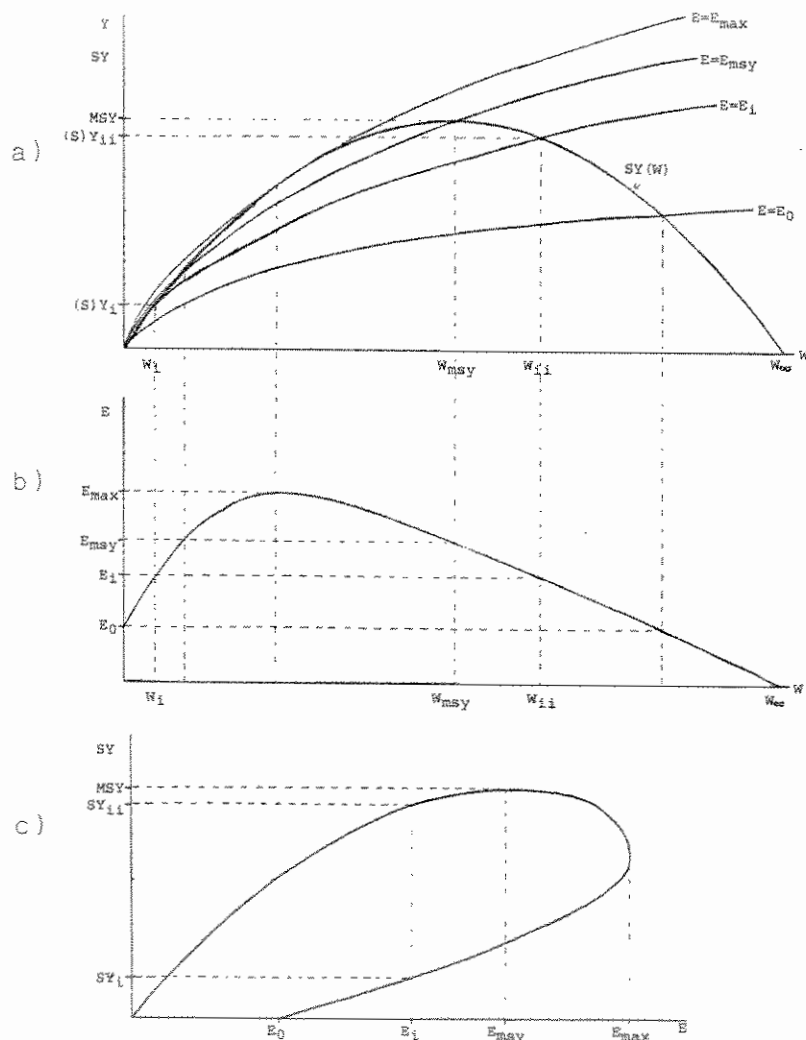


Fig. 2.6. "The backward bending yield curve." Sammenheng mellom korttids og langtids produktfunksjonen når  $0 < \beta < 1$ . Figur a viser korttidsutbyttet ved fire ulike innsatsmengder av  $E$ , samt det vedvarende utbyttet som funksjon av  $W$ . Figur b viser de kombinasjonsmulighetene av  $E$  og  $W$  som gir vedvarende utbytte. Figur c viser det vedvarende utbyttet som funksjon av fiskeinnsatsen ( $E$ ).

bestandsstørrelsen igjen. Likeså ser vi at en uforutsett økning i bestandsstørrelsen utover  $W_{ij}$  vil medføre at  $E=E_i$  fisker mer enn tilveksten og dermed bestandsstørrelsen ned igjen til likevektspunktet.

Anta så at  $W=W_i$  med tilhørende tilvekst lik  $SY_i$  som også blir fisket med  $E=E_i$ . Dersom bestanden nå uforutsett blir redusert, vil  $E=E_i$  fiske mer enn tilveksten, og reduksjonen av  $W$  vil fortsette. Dersom bestanden i motsatt fall får en økning fra nivået  $W_i$ , vil ikke  $E=E_i$  være i stand til å fiske hele tilveksten, og bestanden vil fortsette å vokse. Om  $E$  holdes konstant lik  $E_i$ , vil bestanden vokse til  $W=W_{ij}$ . Disse resonnementene kan lett leses av figur 2.6.a.

Dersom i tillegg  $\beta < 0$  vil vi få en negativ sammenheng mellom  $Y$  og  $W$ . Økende bestandsstørrelse medfører da reduserte fangster. En slik sammenheng kan en få dersom redskapene ødelegges av for store mengder fisk. Det ble sagt at i kraftblokk- eller ringnotfiskets unge år, da de store makrellforekomstene i Nordsjøen nettopp var oppdaget, kunne en risikere å måtte lete i dagevis etter makrellstimer som var små nok til å kaste på. Dette har naturligvis sin årsak i at fangstredskap og båter ikke var dimensjonert for de store, kraftige makrellstimene. Ligning (24) (produktfunksjonen) er jo i hvert enkelt tilfelle relatert til et fiskeri med sin spesifikke teknologi.

### 2.3. Økonomi.

#### 2.3.1. Inntekter.

Inntektene i et fiskeri vil normalt være en funksjon av fangstmengden. Dersom alle enhetene av fangstmengden gir like stor pris til fisker, vil de totale inntektene være proporsjonal med fangstmengden slik ligning (34) uttrykker:

$$TR=pY \quad (34), \text{ der}$$

$TR$  er totale inntekter pr tidsenhet,  
 $p$  er pris pr kvantumsenhet og  
 $Y$  er kvantum fisk pr tidsenhet.

Et produkt har som regel en fallende etterspørselskurve. Det vil si at markedet vil betale mindre pr enhet av en vare ved omsetting av store kvanta enn ved små kvanta. Dersom produsentene (tilbyderne) er mange og små, vil ikke den enkelte produsents kvantum påvirke det totale tilbud, og følgelig heller ikke påvirke prisene.

Den ekstreme motsetning til mange og små produsenter er en produsent og tilbyder på et marked, d.v.s. en monopolist. For en sådan vil produktets priselastisitet direkte gjenspeile seg i produsentens inntektsfunksjon, der enhetsprisen blir kvantumsavhengig. En monopolists totale inntekter kan uttrykkes slik:

$$TR=p(Y)Y \quad (35).$$

Dersom produsentleddet består av få og store enheter, har vi et såkalt oligopol. Den enkelte produsent vil kunne påvirke prisene i noen grad gjennom sitt produksjonskvantum. Prisene vil være en funksjon av det totale tilbud av et produkt på markedet, mens den enkelte produsent kan påvirke det totale tilbud bare i begrenset grad.

### 2.3.2. Fangstkostnader.

Kostnadene i et fiskeri er ofte en stigende funksjon av fiskeinnsatsen. Denne utgjøres ofte av en broget samling enheter. En nøyaktig kostnadsfunksjon for et fiskeri kan da bli svært så komplisert. I en teoretisk fremstilling er det enkleste å forutsette at fiskeinnsatsen lar seg måle i antall identisk like enheter, slik jeg har gjort i kapittel 2.2. om produktfunksjonen. Dersom de totale fangstkostnadene er proporsjonal med antallet av disse enhetene får vi følgende totalkostnadsfunksjon:

$$TC=cE \quad (36), \text{ der}$$

$TC$  er de totale fangstkostnader,  
 $c$  er kostnader pr fiskeinnsatsenhet og  
 $E$  er antall fiskeinnsatsenheter.

Dersom  $\alpha=1$  ser vi av ligning (24) at vi får totale kostnader som er proporsjonale med korttidsutbyttet:

$$TC=c_y Y \quad (37); \text{ der}$$

$c_y$  er fangstkostnadene pr enhet fangstmengde.

En annen tenkelig totalkostnadsfunksjon har enhetskostnader som er avhengig av total fiskeinnsatsmengde:

$$TC=c(E)E \quad (38).$$

Det er nå lett å se (av ligning (24)) at de totale kostnader ikke er proporsjonale med fangstmengden:

$$TC=c_y(Y)Y \quad (39).$$

Innbefattet i kostnadsfunksjonene over er også lønninger til ansatte samt krav til kapitalforrentning.

Vi betrakter alle fangstkostnader som variable. Dette kan vi tillate når vi benytter et tilstrekkelig langsiktig tidsperspektiv (Munthe, 1979). Dette innebærer at alle investeringer i samfunnet er lett reversible; d.v.s. at realkapital og arbeidskraft kan flyttes fra den ene virksomheten til den andre uten omkostninger.

### 2.3.3. Naturressursens alternativkostnad.

Den andre produksjonsfaktoren, fiskebestanden, har også sin pris. Den har imidlertid ingen markedspris å vise til. I et sådan tilfelle må vi, ifølge Christiansen (1975), fastsette en skyggepris på fiskebestanden. Denne skal tilsvare samfunnets verdsetting av fiskebestanden i naturtilstand. Alternativet til å fiske, og dermed ta i bruk produksjonsfaktoren "fiskebestanden", er å la fisken være i havet. Som Christiansen (op. cit.) viser er det bestandens skyggepris som rettferdiggjør en offentlig regulering av et fiske. Et såkalt fritt fiske der aktørene gis frie tøyler vil ikke ta hensyn til denne skyggeprisen.

Skyggeprisen på fiskebestanden er bestemmende for hvor mye vi skal bruke av denne fornybare produksjonsfaktoren. Ettersom det er en fornybar ressurs kan vi benytte denne produksjonsfaktoren på vedvarende basis, og av den grunn er det nødvendig å beholde en del av bestanden i naturtilstand.

Skyggeprisen på den marginale bestandsenhet blir bestemt av bestandens vekstegenskapen, inntekts- og kostnadsfunksjonene og rentenivået i samfunnet. I tillegg må en ta med en beskyttelsesfaktor. Samfunnet vil av økologiske grunner være interessert i å opprettholde i det minste en viss størrelse av alle bestander. Dette medfører at skyggeprisen på den marginale bestandsenhet øker ekstra når bestanden blir liten. Prisen på de siste enhetene av en bestand som produksjonsfaktor vil (bør) derfor være svært høy.

#### 2.4. Tilpasning i fiske.

Jeg har nå uttrykt inntektene i et fiskeri som funksjon av fangstmengde, fangstkostnadene som funksjon av fiskeinnsatsmengden samt alternativkostnaden ved å fiske. På bakgrunn av dette skal jeg nå drøfte hvordan et fiskeri vil tilpasse seg med hensyn til fangst- og fiskeinnsatsmengde på kort og på lang sikt.

##### 2.4.1. Tilpasning på kort sikt.

Optimal tilpasning i en produksjon har vi når de marginale inntekter er lik de marginale kostnader. Dersom vi antar at prisen er konstant for alle produksjonsmengder, blir de totale inntekter proporsjonal med fangstmengden; som uttrykt i ligning (34). De marginale inntektene med hensyn til fangstmengde blir da konstant lik enhetsprisen:

$$dTR/dY=p \quad (40).$$

Fangstkostnadenes funksjonelle sammenheng med korttidsutbyttet er avhengig av formen på korttids produktfunksjonen i ligning (24). Av ligning (24) er ligning (27) utledet. Ligning (27) gir fiskeinnsatsmengden  $E$  som funksjon av bestandsstørrelsen  $W$  for en gitt fangstmengde pr tidsenhet  $Y(0)$ . Ved å bytte ut den spesielle fangstmengden  $Y(0)$  med korttids eller momentant utbytte  $Y$ , får vi:

$$E=(Y/(AW^\beta))^{1/\alpha} \quad (41).$$

Ved innsetting av (41) i (36) og derivering får vi uttrykt de marginale fangstkostnadene m.h.p. korttidsutbyttet som vist i ligning (42) under. Vi betrakter nå korttids eller momentant utbytte, og bestandsstørrelsen er da gitt.

$$\partial TC / \partial Y = \frac{c(Y/K)^{(1/\alpha)-1}}{\alpha K} \quad (42); \text{ der}$$

$$K = AW^\beta.$$

Dersom  $\alpha=1$  ser vi at ligning (42) blir konstant. I så fall vil en ikke få noen tilpasningspunkt i fangstmengden idet både ligning (40) og (42) er konstant og dermed ikke vil skjære hverandre. Den enkelte aktør vil enten fiske, dersom enhetsprisen er høyere enn de marginale kostnadene. I motsatt fall vil en la være å fiske. Selv om  $\alpha \neq 1$ , vil den enkelte aktør ved ethvert tidspunkt stå overfor valget fiske eller ikke fiske. Med  $0 < \alpha < 1$  vil imidlertid de marginale fangstkostnader være en funksjon av den momentane fangst, og vi kan da få skjæring mellom grafene for ligningene (40) og (42).

Dette var et statisk resonnement. Mengden fiskeinnsatsenheter er gitt, og resultatet av (ligning (40) minus ligning (42)) med hensyn til endring i innsatsmengden blir først belyst når vi tar med tidsaspektet. Dette kommer jeg tilbake til i kapittel 2.5.2.

Så sant rangstmengden ikke nøyaktig tilsvarende tilveksten, vil bestandsstørrelsen endre seg. Anta at enhetsprisen er høyere enn de marginale kostnadene i ligning (42), slik at aktørene fisker for fullt. Bestandsstørrelsen vil da sannsynligvis reduseres med tiden. Dette betyr at  $K$  i ligning (42) øker og at ligning (42) øker i verdi. Når de marginale kostnadene i ligning (42) på denne måten har overskredet enhetsprisene vil fisket stanse opp, og bestanden vil igjen vokse. Dersom ligning (42) ikke vil overskride enhetsprisene selv om bestandsstørrelsen blir svært liten, vil fisket fortsette inntil bestanden er oppfisket. Dersom  $\beta$  er lik eller svært nær null ser vi at bestandsstørrelsen har liten eller ingen betydning for de marginale kostnader. Den foran nevnte selvregulerende effekten når bestanden nedfiskes vil da bortfalle. Med en  $\beta$  som er markant lavere enn 1, er det stor sannsynlighet for at vi har med en stimfisk å gjøre. Vi har mange eksempler på at stimfiskbestander er svært sårbar for fritt

eller tilnærmet fritt fiske.

Gjennom fiskebestandens skyggepris vil myndighetene ha argument for å gripe inn i utøvelsen av fisket og i det minste hindre at en bestand blir utfisket. I et langsiktig perspektiv kan skyggeprisen gi myndighetene grunnlag for reguleringer som ikke bare skal beskytte bestanden fra utrydding, men også vil øke utbyttet fra fisket utover det et fritt fiske vil gi.

#### 2.4.2. Tilpasning på lang sikt.

I en dynamisk modell vil vi være interessert i å uttrykke endring i de ulike variable som funksjon av tiden. Fiskeinnsatsmengden vil kunne endre seg med tiden. Som forklart i kapittel 2.5.1., vil den enkelte aktør velge å delta i fisket eller ikke på bakgrunn av om enhetsprisen er høyere enn de marginale kostnader m.h.p. momentan fangst. I løpet av en tidsperiode vil så innsatsmengden øke eller avta som reaksjon på dette.

De marginale kostnader m.h.p. momentan fangst vil være de samme for alle aktører. Prisene vil være de samme for alle, hva enten de er konstante eller en funksjon av fangstmengden. Samtlige aktører vil derfor komme til det samme resultat, fiske eller ikke fiske. Dette betyr at den enkelte aktør ikke betrakter de marginale inntekter og kostnader m.h.p. fiskeinnsatsmengde, men derimot de gjennomsnittlige inntekter og kostnader for hver fiskeinnsatsenhet. Så lenge de gjennomsnittlige inntekter er høyere enn de gjennomsnittlige kostnader vil fiskeinnsatsmengden øke. Dersom det ikke eksisterer noen begrensninger med hensyn til deltakelsen i fisket, har vi et såkalt fritt fiske. Et sådan fiske vil tilpasse sin innsatsmengde slik at de gjennomsnittlige inntekter er lik de gjennomsnittlige kostnader. Dette er illustrert i figur 2.7., ved  $E=E_{ff}$ . Med denne fiskeinnsatsmengden vil fisket gi null i vedvarende økonomisk utbytte.

Av figur 2.7. ser en at fisket vil kunne gi nettoutbytte dersom en benytter en mindre fiskeinnsats. Maksimalt vedvarende økonomisk utbytte, kalt **MEY** av engelsk forkortelse, får en ved å benytte den  $E$  der de marginale inntekter er lik de marginale

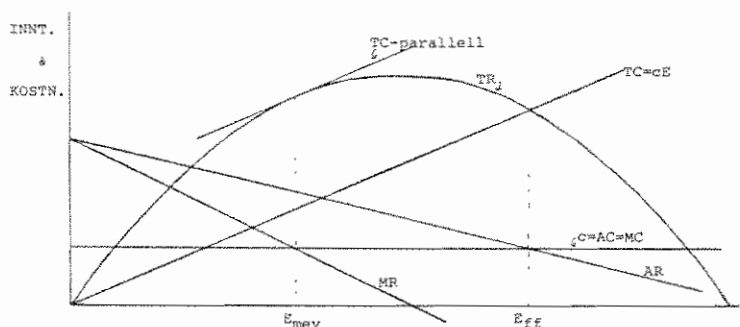


Fig. 2.7. Kostnader og inntekter som funksjon av fiskeinnsats med  $\beta=1$ .  $TR$  er totale inntekter,  $AR$  er gjennomsnittlige inntekter,  $MR$  er marginale inntekter (med hensyn på fiskeinnsatsen),  $TC$  er totale kostnader,  $AC$  er gjennomsnittlige kostnader og  $MC$  er marginale kostnader (med hensyn på fiskeinnsatsen).

kostnader m.h.p. fiskeinnsatsmengde.

#### 2.4.3. Bioøkonomisk likevekt.

Fritt fiske vil, i det tilfelle som er illustrert i figur 2.7., ikke medføre at bestanden utfiskes. Siden prisen er konstant, er  $TR(E)$  proporsjonal med  $SY(E)$ , og vi får et biologisk sett positivt vedvarende utbytte ved  $E=E_{ff}$ . Dette betyr at bestanden opprettholdes på et visst (lavt) nivå. Dette kan forklares ved å betrakte produktfunksjonen i ligning (24). Det illustrerte eksempelet i figur 2.7. er et fiskeri med  $\beta=1$  i ligning (24). Fangstmengden er altså direkte proporsjonal med bestandsstørrelsen. Dersom en forutsetter at fiskeinnsatsmengden reagerer raskt på det økonomiske resultatet i fiske, vil vi få et stabilt likevektspunkt ved bestandsstørrelsen  $W_{ff}$  som vist i figur 2.8. Når bestanden holdes konstant ved at nøyaktig tilveksten blir fisket, samtidig som  $TR=TC$ , har vi såkalt bioøkonomisk likevekt.

#### 2.4.4. Fiskerier uten bioøkonomisk likevektspunkt.

I kapittel 2.2.3. diskuterte jeg kortsiktig og langsiktig utbytte når  $0 < \beta < 1$ , og illustrerte den såkalte "backward bending yield curve" i figur 2.6.c. Dersom prisen er konstant for alle fangst-



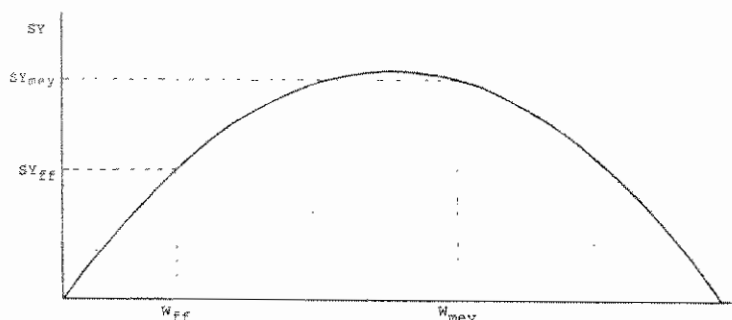


Fig. 2.8. Vedvarende utbytte som funksjon av bestandsstørrelsen.

kvanta, vil **TR**-kurven få samme form som **SY**-kurven i figur 2.6.c. I figur 2.9. er **TR**-kurven inntegnet sammen med de øvrige kurvene som er med i figur 2.7.

Fritt fiske vil gi tilpasning der **AR=MC**. Den tilhørende innsatsmengde (**E<sub>ff</sub>**) er inntegnet i figur 2.9. Vi ser at ved denne innsatsmengden har vi to ulike **TR**-verdier, avmerket i figur 2.9. som **a** og **b**. Den største av disse to **TR**-verdiene gir positivt nettoutbytte lik (**b-a**). Dette betyr at flere innsatsenheter vil tilføres fisket, og **E** vil vokse utover **E<sub>ff</sub>**. Vi ser at fra stadiet **TR=b** ved **E=E<sub>ff</sub>** vil en økning i **E** medføre at de totale inntekter (**TR**) går raskt nedover. Ved **E=E<sub>max</sub>**, d.v.s. der

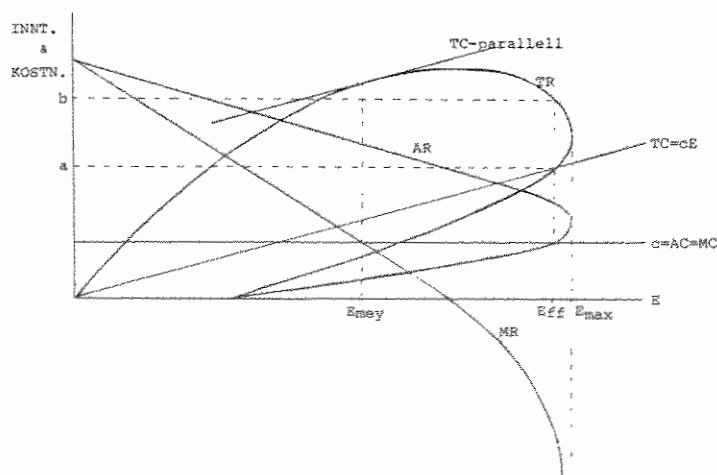


Fig. 2.9. Kostnader og inntekter som funksjon av fiskeinnsatsen når  $0 < \beta < 1$ . Forklaring til navnene på kurvene er gitt i figurteksten til figur 2.7.

tangenten til TR-kurven er loddrett, får vi stadig et positivt økonomisk nettoutbytte fra fisket.  $E$  vil altså vokse også utover  $E_{\max}$ . Men med  $E > E_{\max}$  finnes det ikke lenger noe tilhørende likevekts bestandsstørrelse. Selv om fiskeinnsatsen holdes konstant ved  $E = (E_{\max} + 1)$  vil ikke noe nytt likevekts bestandsnivå etableres.

I figur 2.6.a er korttids produktfunksjonen ved noen ulike fiskeinnsatsmengder inntegnet. Ettersom  $0 < \beta < 1$  vil ikke korttidsutbyttet i fisket endres i samme takt som bestandsstørrelsen. Når bestanden desimeres som følge av for stor  $E$ , vil korttidsutbyttet likevel gi grunnlag for å opprettholde en for stor  $E$ . Dersom en har med å gjøre en bestand og et tilhørende fiskeri som kan beskrives som i figur 2.6. og 2.9., er det nødvendig med en aktiv regulering av fiskeinnsatsen for å hindre utfisking av bestanden.

#### 2.4.5. Fiskerens dilemma. Hvorfor fritt fiske gir ugunstig tilpasning.

Den enkelte aktør har ikke noe insitament til å innkalkulere fiskebestandens skyggepris som alternativkostnad ved å fiske. Dersom samfunnet som helhet innkalkulerer skyggeprisen som alternativkostnad, vil samfunnet tjene på det. Dersom en enkelt eller noen få aktører innkalkulerer bestandens skyggepris og alle de andre lar være, vil disse få eksentrikerne komme dårligere ut enn dersom også de lot være å ta hensyn til skyggeprisen. Innkalkulering av skyggeprisen vil kreve et forpliktende samarbeid fra samtlige aktører som er eller som kan bli deltakere i et fiskeri. Det vil m.a.o. si at hele samfunnet må inngå samarbeid. Det enkleste da er at de offentlige myndigheter fastsetter regler som bestemmer at skyggeprisen skal innkalkuleres. Slike regler er blitt mer og mer vanlig i økonomisk viktige fiskerier, og mange ulike regler er og har vært virksomme. For nærmere diskusjon av ulike offentlige reguleringsformer viser jeg til Flåten (1983a).

## 2.5. Optimalt fiske.

Hva som er den optimale utnytting av en fiskebestand er et tema for økonomisk og politisk debatt. Et vanlig optimumskriterium er å maksimere nåverdien av utbyttet av alt fremtidig fiske. Denne nåverdien fremkommer slik:

$$\begin{aligned} NV &= \int_0^{\infty} e^{-\delta t} (TR - TC) dt \\ &= \int_0^{\infty} e^{-\delta t} (p - c_Y(W)) Y dt \quad (43); \text{ der} \end{aligned}$$

$\delta$  er samfunnets diskonteringsrate, og  $c_Y(W)$  er gitt i ligning (44):

$$c_Y(W) = TC/Y = TC/(AW^\beta) \quad (44),$$

når altså  $E^\alpha = 1$  (jamfør ligning (24)).

$c_Y(W)$  uttrykker altså de totale fangstkostnadene pr fangstenhet. Uttrykket  $p - c_Y(W)$  kan vi kalle for "enhetsprofitten".

I det følgende vil jeg nå diskutere dette optimumskriterium for tre ulike modelltyper.

### 2.5.1. Autonom og lineær modell.

Vi forutsetter nå at prisen på fisk og enhetskostnadene er konstante med tiden. Videre forutsettes at prisen på fisk er uavhengig av kvantum og at de totale fangstkostnadene er proporsjonal med fiskeinnsatsen. Vi har da en autonom og lineær modell. På kostnadssiden har vi lineæritet med kontrollvariabelen som er innsatsmengden  $E$ , som vist i ligning (36). Dersom  $\alpha = 1$  er kostnadene lineær også med fangstmengden. Dette ser vi lett dersom uttrykket for  $E$  gitt i ligning (41) innsettes i totalkostnadsfunksjonen i ligning (36).

Under disse forutsetningene for autonom og lineær modell, viser Clark og Munro (1975), via "the maximum principle", at den optimale  $W$  i ligning (43) implisitt er gitt ved ligning (45):

$$\frac{(d/dW) ((p - c_Y(W)) F(W))}{\delta} = p - c_Y(W) \quad (45); \text{ der}$$

$F(W)$  er gitt i ligning (2).

("The maximum principle" kommer jeg ikke nærmere inn på her. Ifølge Clark og Munro (op. cit.) er det basert på Pontrjagin m. fl. (1962).)

Venstre side av ligning (45) uttrykker nåverdien av det marginale vedvarende utbytte med en marginal endring i bestandsstørrelsen. Høyre side uttrykker det marginale utbytte fra nåværende fiske. Maksimal nåverdi har en altså når det marginale utbytte ved en endring i fiskeinnsatsen i dag blir oppveid av endret fremtidig utbytte.

Ved å utføre derivasjonen på venstre side og ordne uttrykket får vi:

$$F'(W) - \frac{c_Y'(W)F(W)}{p - c_Y(W)} = \delta \quad (46); \text{ der}$$

$F'(W) = dF/dW$  og

$c_Y'(W) = dc_Y/dW$ .

Ligning (46) sier altså at den marginale fysiske vekst i bestanden, minus den marginale tetthetseffekt skal tilsvare forrentningskravet til det beste alternative investeringsobjektet i samfunnet.

Ved å utføre derivasjonen  $dc_Y/dW$  og innsette uttrykket gitt i ligning (44) for  $c_Y(W)$ , får vi følgende uttrykk for den marginale tetthetseffekt:

$$-\frac{(TC\beta/A)W^{-(\beta+1)}F(W)}{p - TC/(AW^\beta)}$$

Nevneren forteller om netto pengeverdi av den marginale fangst-enhet. Dette er da verdien som en i første omgang går glipp av ved å la være å fiske denne og dermed investere den i bestanden. Vi ser nå at hele venstre side av ligning (46) uttrykker det marginale vedvarende økonomiske utbyttet med hensyn på bestandsendring, dividert med enhetsprisen på den marginale investerings-enhet i bestanden. Tetthetseffekten er, som vi ser avhengig av  $\beta$ . Dersom  $\beta=0$  vil hele tetthetseffekten bortfalle.

Dersom  $\delta=0$  vil den optimale bestandsstørrelse være den som maksimerer det økonomisk vedvarende utbytte, altså  $W_{mev}$  som er vist i

figur 2.8. Med positiv diskonteringsrate ser vi at den optimale bestandsstørrelsen blir mindre enn  $W_{mey}$ . Dette er lett å se ettersom  $F'(W)$  er en monotont avtagende funksjon av bestandsstørrelsen (jamfør ligning (4)).

Med positiv diskonteringsrate vil en legge større vekt på de økonomiske resultatene som ligger nært i tid enn de som er fjernere. Jo mindre likevektsbestand jo større blir fangstene, eventuelt kortere blir oppbyggingsperioden før likevektsnivået for bestandsstørrelsen er nådd.

Jo større diskonteringsrate er jo mindre vil den optimale bestandsstørrelsen være. Dersom diskonteringsrate er svært høy eller bestandens fysiske tilvekst er svært liten, vil den optimale bestandsstørrelse ut fra dette resonnementet være  $W_{ff}$  som vist i figur 2.8. Dersom det aktuelle fiskeri er uten bioøkonomisk likevektspunkt, slik som beskrevet i kapittel 2.4.4., innebærer dette at det optimale vil være å fiske ut bestanden. Da spør det om samfunnet setter høy nok skyggepris på de siste bestandsenhetene slik at det likevel blir "ulønnsomt" å fiske ut bestanden.

Clark og Munro (1975) viser at for en lineær modell vil den optimale veien fra dagens bestandsnivå,  $W(0)$ , til det optimale bestandsnivå,  $W_{opt}$ , være en såkalt bang - bang løsning:

$$Y_{opt}(t) = Y_{max} \text{ når } W(t) > W_{opt} \\ = 0 \text{ når } W(t) < W_{opt} \quad (47); \text{ der}$$

$Y_{max}$  er den største fangstmengde som er praktisk gjennomførbar.

Straks  $W=W_{opt}$  skal fisket opprettholdes på vedvarende basis, d.v.s.  $Y(t)=F(W,t)$ .

Denne bang - bang løsning forutsetter naturligvis at alle investeringer i samfunnet er lett reversible, noe som er forutsatt i kapittel 2.4.2.

### 2.5.2. Ikkeautonom og lineær modell; sesongfiske.

En modell blir ikkeautonom, ifølge Clark og Munro (1975), dersom en innfører priser og / eller enhetskostnader som er tidsvariable. En variabel diskonteringsrate med tiden vil også gi ikkeautonom modell. De lineære forutsetninger om kvantumsuavhengige priser og innsatsproporsjonale fangstkostnader beholdes.

Clark og Munro (op. cit.) viser at den optimale bestandsstørrelse for en ikkeautonom modell implisitt er gitt ved ligning (48):

$$F'(W) - \frac{c_Y'(W)F(W)}{p(t) - c_Y(W)} = \delta - \frac{p'(t) - \phi'(t)c_Y(W)}{p(t) - \phi(t)c_Y(W)} \quad (48); \text{ der}$$

$p(t)$  er enhetsprisen som en tidsvariabel,

$p'(t) = dp/dt$ ,

$\phi(t)$  er en faktor som angir enhetskostnadenes eventuelle tidsvariasjon og

$\phi'(t) = d\phi/dt$ .

Det siste leddet på høyre side av ligning (48) uttrykker relativ endring av enhetsprofitten ved hvert tidspunkt. Dersom dette leddet har positiv verdi vil høyre side av ligning (48) bli mindre enn  $\delta$ . I kapittel 2.5.1. ble det fastslått at stor  $\delta$  medfører liten optimal bestandsstørrelse. Dette innebærer at en positiv relativ endring av enhetsprofitten gir et positivt bidrag til den optimale bestandsstørrelse. Positiv verdi av  $p'(t)$  gir følgelig et positivt bidrag mens positiv verdi av  $\phi'(t)$  gir et negativt bidrag til den optimale bestandsstørrelsen.

Dersom  $p'(t)$  endres fra null til en positiv verdi, medfører det at den optimale bestandsstørrelsen stiger. For å følge den optimale lei for bestandsstørrelsen må fangstene derfor reduseres i en periode. Senere når prisene er blitt større er dermed bestanden også blitt større, og fangstmengden kan økes slik at en nyter ekstra godt av de høyere prisene.

Clark og Munro (op. cit.) kaller ligning (48) en nærsynt regel ettersom den kun tar hensyn til den någjeldende relative prisendring, og ikke forsøker å forutsi forløpet av prisfunksjonen. Ligning (48) er likevel holdbar så lenge tidsfunksjonen for den optimale bestandsstørrelsen  $W = W_{opt}(t)$  kan holdes ved hjelp av

kontrollfunksjonen  $Y(t)$ . Imidlertid har  $Y(t)$  maksimums og minimums verdier. Fangstene kan bare variere mellom 0 og  $Y_{\max}$ . Dersom dette ikke er tilstrekkelig til å holde  $W=W_{\text{opt}}(t)$  som gitt i ligning (48), er ligning (48) ikke lenger holdbar.

Dersom en kan forutsi en rask endring i prisene (eller i kostnadsfunksjonen), slik at  $W_{\text{opt}}(t)$  gitt i ligning (48) ikke kan følges, vil det optimale være å benytte en bang - bang løsning i en periode inntil  $W_{\text{opt}}(t)$  i ligning (48) igjen er nådd. I figur 2.10. er dette illustrert for en plutselig prisstigning (eller kostnadsreduksjon) ved  $t=T$ . En tid i forveien, ved  $t=t_1$ , vil en da avbryte alt fiske. Ved  $t=T$  vil en så øke fiskeinnsatsen til det størst mulige, slik at  $Y=Y_{\max}$  inntil det nye bestandsoptimum er nådd. Det optimale tidspunktet for å avbryte alt fiske er gitt der det marginale utbytte fra å utsette tidspunktet er like stort som nåverdien av fremtidig tapt fangstutbytte ved å gjøre så.

Ikkeautonom modell har vi også dersom tilvekstfunksjonen ikke bare er en funksjon av bestandsstørrelsen som i ligning (2), men også er en tidsfunksjon. Flåten (1983b) beskriver den logistiske vekstfunksjon med tidsvariabel indre vekstrate således:

$$dW/dt = F(W) = k(t)G(W) \quad (49); \text{ der}$$

$G(W) = W(W_{\infty} - W)$ , og

$k(t)$  er en tidsvariabel faktor for bestandens indre vekstegenskaper.

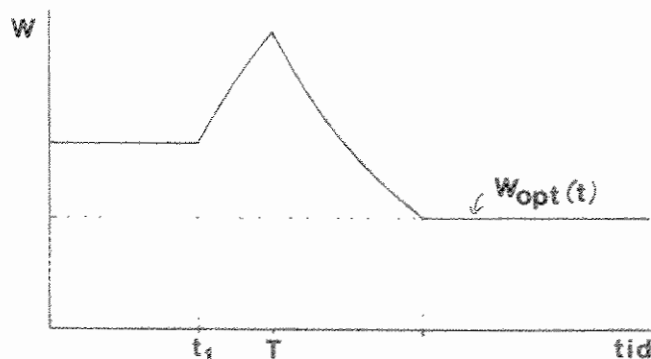


Fig. 2.10. Optimal bestandsstørrelse som funksjon av tiden ( $W_{\text{opt}}(t)$ ) når en viss prisstigning (eller kostnadsreduksjon) er forutsigbar og inntreffer ved  $t=T$ .

$k(t)$  kan vi beskrive nærmere således:

$$k(t) = k(nT+t) \quad (50); \text{ der}$$

$n$  er et heltall  $> 0$  som skifter en gang pr år.  $T$  angir begynnelsen av hvert år. Svingningene i veksten er altså definert å være årvisse.

Flåtens utledning er basert på at  $\alpha = \beta = 1$ . Med  $\beta = 1$  har vi som kjent proporsjonalitet mellom fangstmengde og bestandsstørrelse. Medmindre det aktuelle fisket utøves kostnadsritt, vil derfor bestanden være beskyttet mot utfisking, slik som forklart i kapittel 2.4.3.

Dersom vi gjenopptar forutsetningene om tidsuavhengige priser samt fangstkostnader som er innsatsproporsjonale, vil den optimale bestandsstørrelsen være implisitt gitt ved følgende ligning:

$$G'(W_{opt}) - \frac{c_Y'(W_{opt})G(W_{opt})}{p - c_Y(W_{opt})} = \gamma(t) \quad (51); \text{ der}$$

$$c_Y'(W_{opt}) = dc_Y/dW_{opt}$$

$$G'(W_{opt}) = dG/dW_{opt}$$

$$\gamma(t) = \delta/k(t).$$

Vi ser nå at størrelsen på  $k(t)$  har motsatt effekt på  $W_{opt}$  av det  $\delta$  har. Stor verdi av  $k(t)$  medfører stor optimal bestandsstørrelse og omvendt. Ettersom  $k(t)$  er svingende vil altså den optimale bestandsstørrelsen også være svingende.

Vi forutsetter at  $k(t)$  er en kjent tidsfunksjon slik at modellen er fullstendig deterministisk. Flåten (op. cit.) viser da at den optimale fangststrategi vil være en bang - bang løsning for å bringe bestanden fra det opprinnelige til det optimale nivå, som vist i (47). Deretter skal så bestanden holdes på det optimale nivå ved ethvert tidspunkt. Fangstmengden som tidsfunksjon kan da uttrykkes slik:

$$Y_{opt}(t) = k(t)G(W_{opt}) - dW_{opt}/dt \quad (52); \text{ der}$$

det siste leddet angir endring i den optimale bestandsstørrelse (som følge av endring i  $k(t)$ ).

Flåten (op. cit.) viser videre at dersom  $k(t)$  går mot null, slik at  $(t)$  går mot uendelig, vil  $W_{opt}(t)$  bli lik  $W_{ff}$ .  $W_{ff}$  er forklart i kapittel 2.4.3. og angir altså bestandsstørrelsen ved



fritt fiske. En mindre bestandsstørrelse enn dette gir ikke økonomisk grunnlag for å fortsette fisket. Gitt nå at  $W_{opt}(t)$  blir mindre enn  $W_{ff}$  for en viss periode som følge av at  $k(t)$  er negativ i denne perioden. Dette medfører at den optimale fangststrategi blir å følge  $W_{opt}(t)$  så lenge  $W_{opt}(t) > W_{ff}$  og avbryte fisket i den perioden der  $W_{opt}(t) < W_{ff}$ . Vi får da et regulært sesongfiske som den optimale løsning. Et slikt fiske er illustrert i figur 2.11. Fiskesesongene begynner ved  $nT+t_E$  og varer til  $nT+t_0$  hvert år. Bortsett fra den første fiskesesongen vil sesongene være nøyaktig like fra år til år, så sant  $k(t)$  er den eneste ikkeautonome variabelen.

$t_M$  i figur 2.11. angir tidspunktet for maksimal verdi av  $k(t)$ , mens  $t_0$  angir tidspunktet der  $k(t)$  er lik null. Etter at fisket avbrytes ved  $t=nT+t_0$  vil bestanden fortsette å avta som følge av at  $k(t)$  da får negativ verdi. Ved tidspunktet  $nT$  er  $k(t)$  igjen lik null og deretter vokser bestanden igjen. Når bestanden så har vokst seg like stor som  $W_{opt}(t)$  (ved  $t=nT+t_E$ ), begynner neste fiskesesong som forløper slik at bestanden følger  $W_{opt}(t)$ -grafene inntil  $W_{opt}(t)=W_{ff}$ .

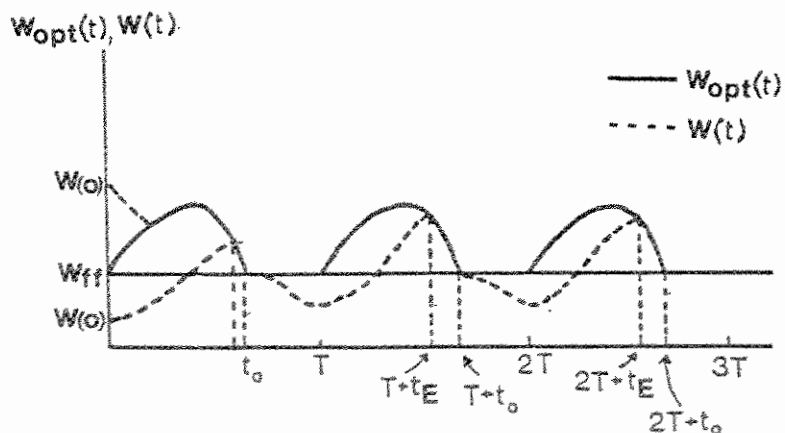


Fig. 2.11. Optimal bestandsstørrelse som funksjon av tiden ( $W_{opt}(t)$ ) når tilveksten er tidsvariabel og svinger mellom positive og negative verdier.  $W(t)$  viser bestandens utvikling når bestanden er mindre enn den optimale størrelse.

### 2.5.3. Autonom og ikkelineær modell.

Dersom en innfører i modellen priselastisk etterspørsel etter produktet "fisk", og / eller fangstkostnader som ikke er proporsjonale med fiskeinnsatsen, har vi en såkalt ikkelineær modell.

Clark og Munro (1975) viser til Copes (1970) som viser at en med ikkelineær modell ikke kan finne samfunnsmessig optimalitet bare på bakgrunn av det økonomiske utbyttet i fisket. En må i tillegg til produsentoverskuddet også ta med konsumentoverskuddet som da vil inntreffe.

I figur 2.12. er konsument- og produsentoverskuddet illustrert. Med fallende etterspørselskurve vil den gjeldende enhetspris ikke gjenspeile konsumentenes samlede nytte. Dersom fangstkostnadene ikke er proporsjonal med fiskeinnsatsen vil hver omsatt produkt-enhet ikke gi identisk dekningsbidrag. Dette vil gjelde selv om enhetsprisen er konstant (jamfør kapittel 2.3.2).

Total nytte blir arealet under etterspørselskurven, til venstre for det aktuelle kvantum:

$$U(Y) = \int_0^{Y_i} p(Y) dY \quad (53); \text{ der}$$

$U$  er total nytte for samfunnet, og

$Y_i$  er den aktuelle fangstmengde.

Optimalitet får vi ved å maksimere nåverdien av samfunnets netto

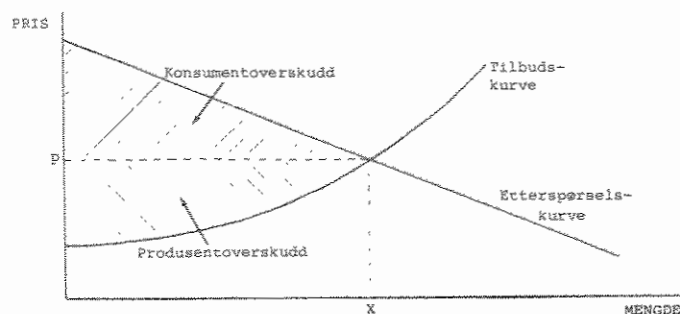


Fig. 2.12. Tilbud og etterspørsel som funksjon av mengde. Illustrasjon av konsument- og produsentoverskudd.

nytte (d.v.s. total nytte minus fangstkostnadene) av å fiske:

$$NV = \int_0^{\infty} e^{-\delta t} (U(Y) - c_Y(W, Y)Y) dt \quad (54); \text{ der}$$

$NV$  er nåverdi,

$c_Y(W, Y)$  er fangstkostnadene pr enhet fangstmengde som funksjon av  $W$  og  $Y$ .

Vi ser nå at ligning (54) er en ikkelineær funksjon av kontrollvariabelen  $Y$ . Dette gjelder selv om bare den ene forutsetningen for ikkelineær modell er til stede.

Ettersom vi nå tar med konsumentoverskuddet må vi modifisere modellen noe for den delen som eksporteres ut av den isolerte økonomien vi betrakter.

Clark og Munro (1975) viser via "the maximum principle" at en ikkelineær modell kan få flere optimumspunkt for bestandsstørrelsen, og at løsningen derfor vil være avhengig av bestandsstørrelsen i utgangspunktet. Jeg skal her nøye meg med å vise at priselastisk etterspørsel kan føre til svingende inntektskurve og marginalinntektskurve. For enkelhets skyld forutsetter jeg at  $\alpha = \beta = 1$ .

De marginale inntektene er gitt som følger:

$$MR = \partial TR / \partial E = ((dp/dY)Y + p(Y)) \partial Y / \partial E \quad (55).$$

Av ligning (29) har vi at:

$$W = W_{\infty} - EA/k \quad (56).$$

Det vedvarende utbytte er gitt i ligning (3), og innsetting av (56) i (3) gir:

$$SY = (W_{\infty} - EA/k)EA \quad (57).$$

Det marginale vedvarende utbytte blir da:

$$\partial SY / \partial E = W_{\infty}A - 2EA^2/k \quad (58).$$

Ettersom  $W_{\infty}$ ,  $A$  og  $k$  er konstanter, ser vi at  $dSY/dE$  vil være en lineær avtagende funksjon av  $E$ .

Vi betrakter langtidslikevektsutbyttet, og  $Y$  i ligning (55) byttes da med  $SY$ . Vi ser av ligning (58) at

$$\partial SY / \partial E > 0 \text{ når}$$

$$E < W_{\infty} k / (2A) = E_{msy} \text{ (jamfør ligning (31))}.$$

Ligning (55) får dermed fortegnskift ved  $E = E_{msy}$ . Imidlertid er  $MR$ -funksjonen også avhengig av uttrykket inne i parentesene. Som følge av den fallende etterspørselskurve er  $dp/dY < 0$  for alle  $Y$ . Vi har da at

$$(dp/dY)Y + p > 0 \text{ når}$$

$$Y < -p / (dp/dY).$$

Dersom  $MSY > -p / (dp/dY)$  vil  $MR$ -funksjonen få fortegnskift ved fangstmengden  $Y = -p / (dp/dY)$ . Husk at  $dp/dY < 0$  for alle  $Y$ , slik at  $(-p / (dp/dY))$  alltid vil være et positivt uttrykk.

$dp/dY$  betegner priselastisiteten for fisk. Stor priselastisitet medfører at forholdet  $(-p / (dp/dY))$  blir lite. Sannsynligheten for at  $MSY > -p / (dp/dY)$  er altså større jo større priselastisiteten er.

I figur 2.13. vises et tilfelle der  $dp/dY < 0$  og  $MSY > -p / (dp/dY)$ . Vi ser at  $MR$ -funksjonen får tre fortegnskift. Dersom priselastisiteten ikke er tilstrekkelig stor, vil  $TR(E)$ -funksjonen beholde sin kuppelform. Så lenge  $dp/dY < 0$  vil imidlertid  $TR(E)$ -funksjonen få en mer flattrykt kuppelform enn dersom prisen er konstant.

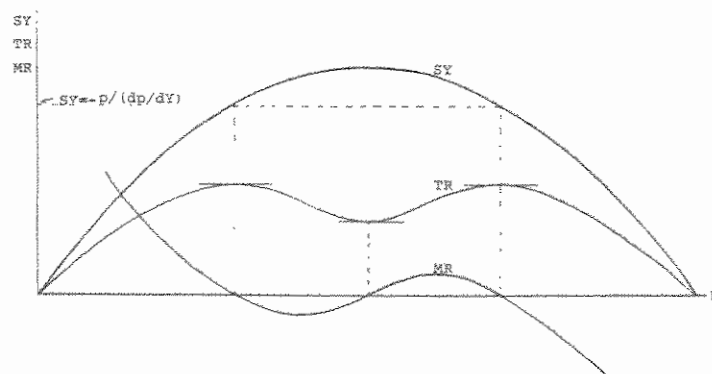


Fig. 2.13. Totale og marginale inntekter når prisen er en fallende funksjon av mengden; og  $MSY > -p(Y) / (dp/dY)$ .

### 3. NORDSJØMAKRELLEN.

#### 3.1. Bestandstilhørighet.

Utbredelsesområdet for makrell, Scomber Scombrus L., er i hovedsak fra Biscayabukta i sør og nordover rundt de britiske øyer, i Nordsjøen og Skagerak, og utenfor Norskekysten. Om sommeren brer den seg nordover og kan finnes helt nord til sørkysten av Island og i Lofotenområdet (Hamre, 1980).

Makrellen lever pelagisk og er stadig svømmende. Den mangler muskulatur i hjellelokkene og er derfor avhengig av å være i bevegelse for å få vanngjennomstrømming ved hjellene.

Makrellens mobile vesen har gjort at den er vanskelig å splitte opp i ulike bestander. Imidlertid er det enighet om en todeling av makrellen i det nordøstlige Atlanterhav. Denne todelingen er basert på makrellens gyteområder. Den ene bestanden er den såkalt "vestlige" makrellen som har sitt hovedgyteområde i Celtic-sjøen sør for Irland. Gyting foregår imidlertid også i Biscayabukta og i områdene vest for Skottland og Irland. All denne makrellen blir klassifisert som "vestlig" makrell. Den andre bestanden er Nordsjømakrellen med gytefelt i Nordsjøen og i Skagerak (se illustrasjon i figur 3.1.). I beiteperioden blander de to bestandene seg til en viss grad med hverandre i de nordlige beiteområdene.

#### 3.2. Arssyklus.

Nordsjømakrellen gyter pelagisk i de sentrale og østlige deler av Nordsjøen samt i Skagerak. Gyteperioden varer vanligvis fra midten av mai til midten av juli (Anon, 1984f). I figur 3.2. er eggproduksjonen i Nordsjøen i 1982 illustrert (kilde: Anon., 1984f, s. 56). Etter gyting beiter makrellen over store deler av Nordsjøen. Mye makrell trekker nordover til områdene rundt Shetland, og ifølge ICES' Mackerel Working Group (Anon., 1985a) består omlag 10% av fangstene i Norskehavet (nord for 62 ON br) av Nordsjømakrell. I september samler makrellen seg i tette

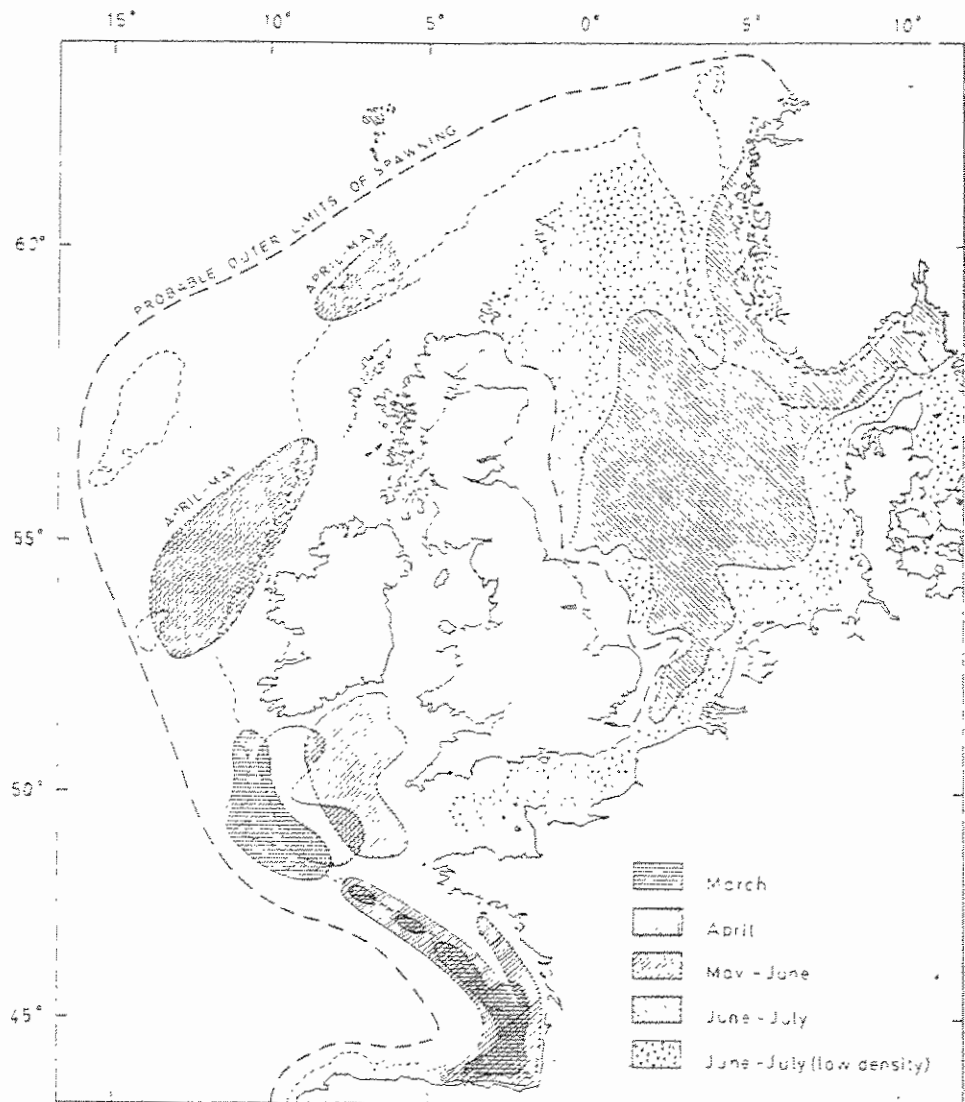


Fig. 3.1. Gyteområder og -tid for makrell. (Kilde: Hamre, 1980a)

stimer og begynner vandringen til overvintringsområdene. Om vinteren blir temperaturen i det øverste vannlaget for lav for makrellen. Den søker derfor ned til dypere vannlag i Norskerenna og vest for den shetlandske kontinentalsokkelen hvor den tilbringer vinteren. I april og mai når temperaturen ved overflaten igjen overstiger temperaturen i de dypere vannlag, kommer den opp til overflaten og begynner å vandre mot gyteområdene.

Makrellyngelen og den umodne ungfisken blander seg lite med den voksne delen av bestanden. Moden og umoden makrell opptrer som regel i separate stimer.

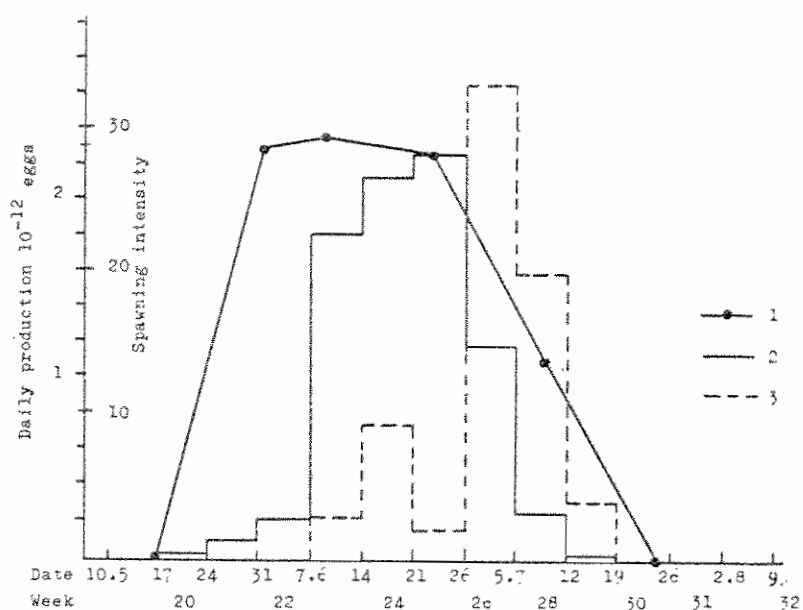


Fig. 3.2. Eggproduksjonen i Nordsjøen i 1982. (1) angir data fra norsk og nederlandsk måletokt. (2) er målinger fra Ekofisk og (3) er målinger fra Cod i Nordsjøen. (Kilde: Anon., 1984f)

Jeg har i modellen inndelt året i 26 perioder. De tidsvariable ligningene er derfor ikke kontinuerlige, men endrer seg sprangvis ved hvert periodeskift.

### 3.3. Bestandsstørrelsen i biomasse.

#### 3.3.1. Total biomasse.

Jeg har inndelt bestanden i 16 årsklasser, fra 0-gruppe som årsklasse nummer 1 til makrell som er 15 år og eldre som grupperes i årsklasse nummer 16.

Antall makrell ved simuleringens begynnelse har jeg hentet fra ICES (Anon., 1985a). Der er det angitt antall individer i hver årsklasse ved 1. januar 1985. Jeg har så benyttet naturlig og fiske- dødelighet for å finne antall individer i hver årsklasse ved 1. januar 1986, som er starttidspunktet for min simulering. I den anledning har jeg anslått fiskedødeligheten for 1985 til

den samme som for 1984, det vil si  $F=0,51$ .

ICES sine bestandsmålinger baserer seg på såkalt VPA analyse. Av denne grunn har ICES ingen beregninger av årsklassene 1983 og yngre (jamfør kapittel 3.6.). ICES benytter ingen rekrutteringsfunksjon, men gjør istedet pessimistiske anslag for de yngste årsklassene i sine fremtidsretta bestandsberegninger. Jeg har imidlertid i min modell laget en rekrutteringsfunksjon der antall rekrutter som ettåringer pr. 1. januar er en funksjon av gytebiomassen medio juni året før (jamfør fortsatt kapittel 3.6.). Denne rekrutteringsfunksjonen, samt data for naturlig og fiske-dødelighet har jeg så benyttet for å anslå antall individer i årsklassene 1983, 1984 og 1985 ved 1. januar 1986.

Bestandens biomasse blir beregnet som antall individer av hver årsklasse i den aktuelle perioden, multiplisert med individvekten ved det aktuelle alderstrinn, og summering av alle alderstrinn.

### 3.3.2. Gytebiomasse.

Makrellen blir gytemoden som to- eller treåring. Tidligere var det vanlig å klassifisere makrell som gytemoden ved treårsstadiet. I de senere årene er det funnet en del gytemoden to år gammel makrell. Dette kan være en mekanisme hos makrellen som kompensasjon for redusert gytebestand. I ICES's bestandsmodell for Nordsjømakrellen blir 37% av toåringene tillagt den gytemodne del av bestanden. Denne prosentatsats benytter også jeg i min modell, uavhengig av gytebiomassens størrelse. I figur 3.3. er gytebiomassestørrelsen i tiden 1961 - 1984 illustrert.

### 3.4. Individvekt.

Makrellen vokser ikke jevnt over hele året. Veksten foregår så godt som utelukkende i sommerhalvåret. I løpet av april måned kommer makrellen vanligvis opp til overflaten etter overvintringen. Tidspunktet for dette kan variere fra år til år. Det bestemmes i første rekke av sjøtemperaturen. Den begynner nå straks å beite heftig, noe som medfører vektøkning. Makrellen



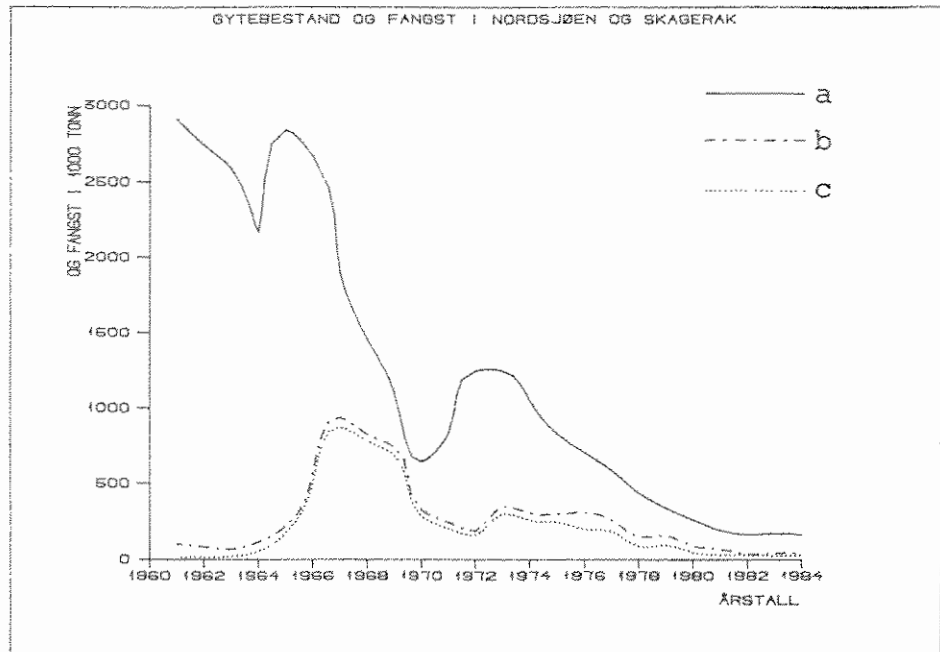


Fig. 3.3. Gytebestand og fangstmengde av makrell i Nordsjøen og Skagerak 1961 - 1984. Kurve a viser gytebestanden, kurve b viser total årlig fangstmengde og kurve c viser norsk fangstmengde pr år. (Kilde: De årlige rapporter fra "ICES' mackerel working group.")

spiser for det meste dyreplankton og småfisk. Den opptrer også som kannibal og spiser makrellyngel.

For den gytemodne del av bestanden foregår gonadeutviklingen i tiden fra mars til gyting omkring juni måned. Den største veksten i lengde og vekt foregår i tiden fra juli til september (Castello og Hamre, 1969).

I Nordsjøen er det to årlige oppblomstringer av primærprodusenter. I tillegg til hovedoppblomstringen som skjer på vårparten, skjer det en oppblomstring også på sensommeren og høsten. Dette får sin innvirkning også på makrellen som beiter dels på dyreplankton. Individvekten får dermed en ny positiv oppsving på høsten.

Makrellen vokser raskt i sine første leveår inntil den blir gytemoden, vanligvis som 3 1/2 år gammel. Senere avtar den årlige tilveksten (lengde-veksten), men sesongvariasjonene i veksten (fettlagringen) opprettholdes.

Individveksten kan være påvirket av totalbestandens størrelse, slik at den enkelte makrell vokser raskere når bestanden er liten enn når den er stor. En slik effekt kan forklares med tilgangen på føde for det enkelte individ. Hamre (1978) sammenlignet årsklassene 1962 og 1969 ved 3, 4 og 5-årsstadiet. Disse to årsklassene var omlag like store. 62-årsklassen vokste opp sammen med en stor totalbestand mens 69-årsklassen vokste opp sammen med en langt mindre totalbestand (jamfør figur 3.3.). Hamre fant at kondisjonsfaktoren (et forhold mellom vekt og lengde) var høyere for 69-årsklassen enn for 62-årsklassen.

Jeg har ikke funnet noe mer å basere en tetthetsavhengig vekst på. Derfor velger jeg å utelukke tetthetsavhengig individvekst i min modell.

Individvekten ved hvert alderstrinn har jeg opplistet i tabellform i simuleringsmodellen. Jeg får da en tabell med 416 verdier. Disse verdiene er basert på data fra ICES' Mackerel Working Group (Anon, 1978a og 1982a) Castello og Hamre (1969) og Postuma (1972). Modellens vekt ved alder er også grafisk illustrert i figur 3.4.

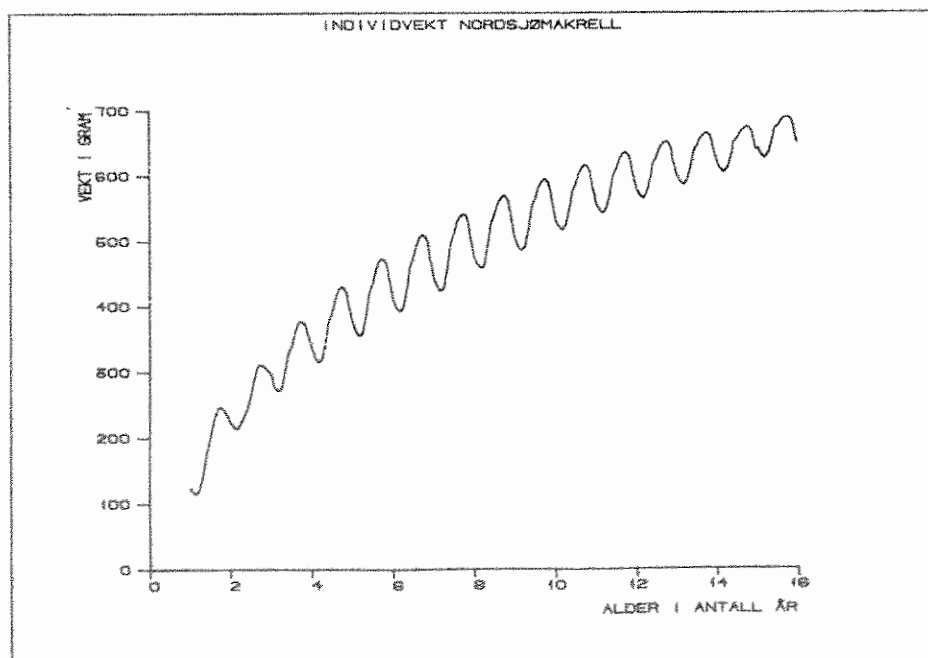


Fig. 3.4. Individvekt ved alder. Kurven gjengir de verdier som benyttes i modellen. Dataene er tilpasset etter data-materialet i Anon., 1978a, Anon., 1982a, Castello og Hamre, 1969 og Postuma, 1972.

### 3.4.1. Tørrstoff og fett.

Fiskens innhold av tørrstoff og fett har stor betydning for råstoffets verdi ved produksjon av mel og olje. Dette kommer jeg tilbake til i kapittel 4.2.2.

Makrellen hører til i gruppen av fete fisker. Dens høye fettinnhold har gjort den til en attraktiv ressurs for den norske sild-oljeindustrien. I tillegg til det (til rette tid på året) høye fettinnholdet gir makrell også et høyt utbytte av førsteklases mel. Ved siden av silda er makrellen det råstoff med høyest egenverdi for produksjon av sildolje og -mel, dersom den fanges på den "fete" årstiden (Anon., 1984a).

Det normale årlige forløp i fettinnhold er en kraftig økning i sommermånedene juni, juli og august, kuliminasjon i september og deretter forholdsvis jevn nedgang til bunnivået i mai. Ved hjelp av fettprøver av makrellfangster som Fiskeridirektoratets Kontrollverk har foretatt, har jeg laget en årskurve over makrellens normale fettinnhold. Der varierer fettinnholdet fra 8,0% på det laveste i slutten av mai, til toppnivået på 27,6% i måneds-skiftet august / september. Dette er normaltall. Makrellens fettinnhold til de ulike tider på året kan variere fra år til år. I min modell er fettinnholdet for hver periode opplistet i tabellform. Det blir ikke gjort noe skille mellom årsklassene med hensyn til fettinnhold.

Med tørrstoffinnhold menes fettfritt tørrstoff. Denne har mindre variasjon i løpet av året enn hva som er tilfelle for fettinnholdet. Som naturlig er har makrellen sitt høyeste prosentvise tørrstoffinnhold på samme tid som fettinnholdet er lavest, og sitt laveste tørrstoffinnhold når fettinnholdet er på topp.

På bakgrunn av det samme kildematerialet som for fettdataene har jeg laget en kurve for tørrstoffutviklingen over året, og listet de periodevise gjennomsnittstall opp i en tabell. Innholdet av tørrstoff varierer der mellom 16,1% og 19,6%.

I figur 3.5. er fett- og tørrstoffinnholdets utvikling gjennom året illustrert.

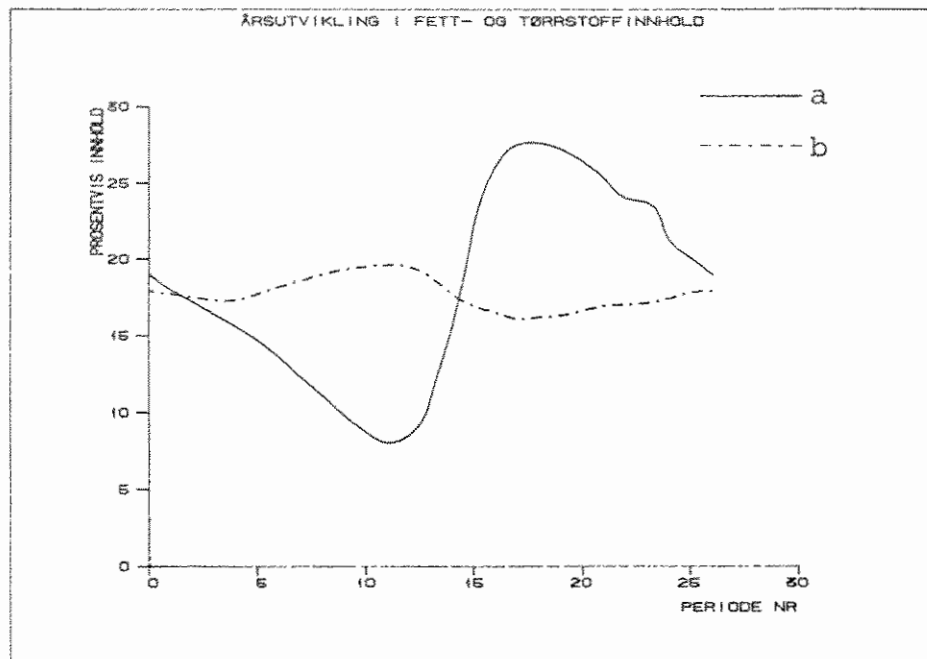


Fig. 3.5. Utviklingen av fett- og tørrstoffinnhold over året for Nordsjømakrell. Kurvene gjengir de verdier som benyttes i modellen, der kurve a gjelder for fettinnholdet og kurve b gjelder for tørrstoffinnholdet. Kurvene er tilpasset ut fra prøver som Fiskeridirektoratets Kontrollverk har foretatt.

### 3.5. Naturlig dødelighet.

Antall individer i hver årsklasse er utsatt for naturlig dødelighet og reduseres derfor jevnt, jmfør ligning (9) i kapittel 2.1.3. Den årlige naturlige dødelighet ( $M$ ) for Nordsjømakrell er 0,15, som oppgitt fra Havforskningsinstituttet. Denne naturlige dødelighets-rate gjelder for all makrell som er ett år eller eldre. 0-gruppens naturlige dødelighet blir ignorert, ettersom rekrutteringsfunksjonen gir antall rekrutter som ettåringer pr 1. januar hvert år.

$M=0,15$  er den kontinuerlige dødelighetsraten. I mitt simuleringsprogram blir dødeligheten beregnet 26 ganger i løpet av ett år, og ikke kontinuerlig. Dette fører til at en årsklasse blir redusert med 0,04% for mye i løpet av et år. Dette er en oversebar feil.

### 3.6. Rekruttering.

Som nevnt i kapittel 2.1.3. er det to ulike rekrutteringsfunksjoner som er dominerende i fiskebestandsmodeller. Det er altså Beverton & Holts samt Rickers rekrutteringsfunksjoner. Disse to funksjonenes egenskaper er omtalt i kapittel 2.1.3. og illustrert i figur 2.3.

ICES opererer ikke med noen matematisk rekrutteringsfunksjon i sine modeller for Nordsjømakrell. I min modell vil jeg nødvendigvis trenge en rekrutteringsfunksjon for å kunne gjøre fremtidige beregninger på bestanden.

I figur 3.6. har jeg tegnet inn årsklassene fra 1962 til 1982 sin styrke som antall overlevende ved første årsskiftet etter gyting, og foreldrebestandens størrelse ved gyting. Disse dataene er hentet fra "ICES' Mackerel Working Group" sine årlige rapporter, og baserer seg på såkalt VPA-analyse. Denne analysen bygger på alderssammensetningen i fangstene. Dette betyr at sikre data om

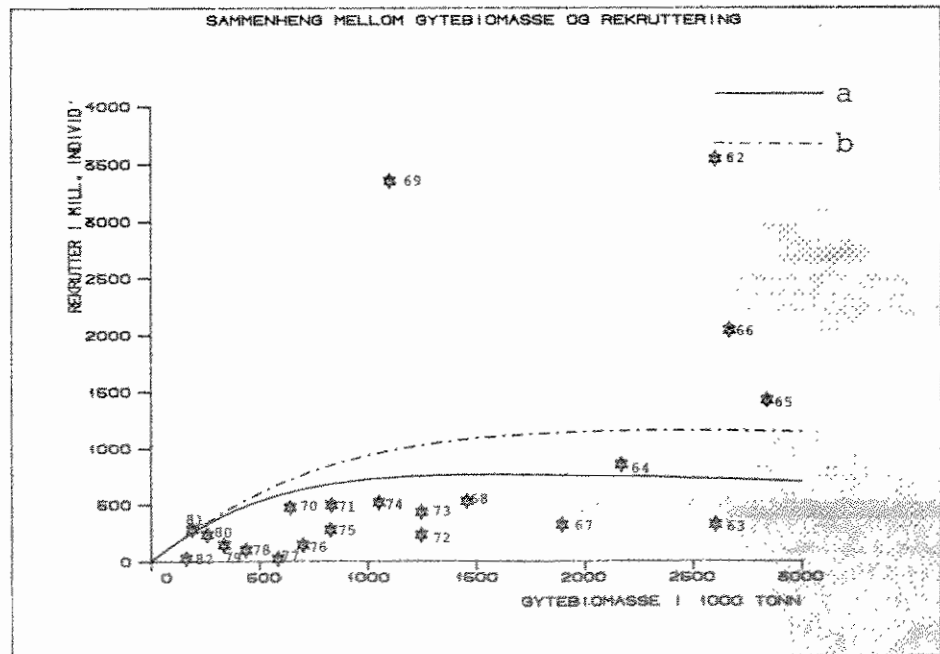


Fig. 3.6. Størrelsen på årsklassene 1962 - 1982, og størrelsen på den tilhørende foreldrebestand. Kurve a viser en Shepherd-type rekrutteringsfunksjon basert på samtlige årsklasser i figuren. Kurve b viser en Shepherd-type rekrutteringsfunksjon basert på årsklassene 1962 - 1974. (Kilde: De årlige rapporter fra ICES' mackerel working group.)

årsklassenes styrke først kan gis etter at årsklassene er rekrut-  
tert til fisket, og av den grunn kan ICES ikke si noe sikkert om  
styrken til de aller yngste årsklassene.

Som det fremgår av figur 3.6. har årsklassene vært av svært vari-  
abel størrelse. Det kan videre se ut som det er liten sammenheng  
mellom gytebiomasse og rekruttering. Vi ser at rekrutteringen  
har vært dårlig gjennom hele 70-tallet. Dette til tross for at  
bestandsstørrelsen inntil slutten av 70-åra har vært av brukbar  
størrelse.

Lockwood (1983) stiller spørsmål om Nordsjømakrellen nå er kommet  
under et kritisk nivå, som omtalt i kapittel 2.1.3., slik at  
bestanden er i ferd med å dø ut av seg selv. Havforsker Erling  
Bakken (1985) uttalte også at Nordsjømakrellbestanden nå er ved  
et kritisklavt nivå. Jeg velger imidlertid å benytte en rekrutt-  
eringsfunksjon uten noe kritisk minsteverdi på gytebiomassen.  
Den funksjonen jeg benytter i modellen har jeg laget på bakgrunn  
av Shepherd (1982). Der beskrives en enkel rekrutteringsfunksjon  
således:

$$R = aW_g / (1 + (W_g/L)^B) \quad (59); \text{ der}$$

R er antall rekrutter ved første årsskifte etter gyting,  
a er en konstant som angir rekrutteringsfunksjonens stignings-  
forhold nær origo,

$W_g$  er gytebiomassens (gjennomsnittlige) størrelse ved gyting,  
L er en konstant som forteller hvilken gytebiomassestørrelse som  
gir  $R = aW_g/2$ , og

$B$  er en konstant som bestemmer krummingen på rekrutteringsfunk-  
sjonen.

Ifølge Shepherd (op. cit.) estimeres a ved å trekke en rett linje  
gjennom origo i gytebiomasse-rekruttering-diagrammet, og slik at  
10% av rekrutteringsdataene blir liggende til venstre for denne  
linje. Jeg finner da at  $a = 1429$  rekrutter/tonn gytebiomasse.

$B$  vil variere fra bestand til bestand. Med  $B > 1$  får vi en kvasi-  
Ricker-kurve; det vil si at rekrutteringskurven får et toppunkt.  
(I Rickers kurve er  $B$  ikke konstant men en stigende funksjon av  
gytebiomassen.) Med støtte av Lockwood (1983) velger jeg  $B = 1,5$  i  
min rekrutteringsfunksjon.

L estimeres, fortsatt ifølge Shepherd (1982), ved å plukke ut et "typisk" punkt på gytebiomasse-rekruttering-diagrammet, hvor det er av stor sannsynlighet at rekrutteringskurven vil passere. De gjennomsnittlige verdier av tilgjengelige data om antall rekrutter og gytebiomasse behøver ikke å være det beste valg for et slikt punkt. L finnes da gjennom følgende ligning:

$$L = W_g^* / (aW_g^* / R^* - 1)^{(1/B)} \quad (60); \text{ der}$$

$W_g^*$  er den gytebiomassestørrelse som gir  
 $R^*$  antall rekrutter.

Det gjenstår altså å bestemme punktet ( $W_g^*$ ,  $R^*$ ) på rekrutteringsfunksjonen. Dersom jeg velger de gjennomsnittlige verdier for årsklassene fra og med 1962 til og med 1982 får jeg  $W_g^* = 1,23$  millioner tonn og  $R^* = 749$  millioner rekrutter. Videre blir  $L = 1,01$  millioner tonn og rekrutteringsfunksjonen (ligning (59)) blir:

$$R = \frac{1429W_g}{1 + \left(\frac{W_g}{1.010.000}\right)^{1,5}}$$

Denne rekrutteringsfunksjonen er inntegnet i figur 3.6. som kurve a. Med denne kurven gir min modell en maksimal biomasse av Nordsjømakrell på 2,10 millioner tonn, og en maksimal årlig tilvekst på 106.000 tonn, ved en totalbiomasse på omlag en million tonn. Disse verdiene for maksimal biomasse og tilvekst synes lave.

Ifølge Hamre (1980a) svingte Nordsjømakrellbestanden omkring 2,5 millioner tonn før ringnotfisket satte inn for alvor på midten av 1960-tallet. Videre beregnet Hamre (op. cit.) det maksimale vedvarende årlige utbyttet til 250.000 tonn forutsatt at det fiskes om høsten. Dette ble gjort på bakgrunn av den gjennomsnittlige rekruttering for årsklassene fra 1962 til 1971.

Årsklassene som kommer etter dette, især i siste halvpart av 70-årene, har gjennomgående vært svake. Jeg mener derfor det ikke er riktig utelukkende å benytte 60-årenes rekruttering som grunnlag for min modell. Som et kompromiss vil jeg i min modell velge å anslå punktet ( $W_g^*$ ,  $R^*$ ) som gjennomsnittstallene for årsklassene fra 1962 til og med 1974. Jeg får da  $W_g^* = 1,72$  millioner tonn og  $R^* = 1.115$  millioner rekrutter. Via ligning (60) finner jeg så at  $L = 1,52$  millioner tonn. Rekrutteringsfunksjonen blir

da:

$$R = \frac{1429W_g}{1 + \left(\frac{W_g}{1.520.000}\right)^{1,5}}$$

Denne rekrutteringsfunksjonen er inntegnet i figur 3.6. som kurve b. Med denne kurven gir modellen en maksimal biomasse på 3,17 millioner tonn, og en maksimal årlig tilvekst på 160.000 tonn, ved en totalbiomasse på omlag 1,5 millioner tonn. Selv med denne sistnevnte kurve får jeg altså en langt lavere MSY enn den Hamre (op. cit.) beregnet for Nordsjømakrellen.

La gå med det. Nå har jeg bygget en biologisk modell for Nordsjømakrellbestanden. Det neste steg blir da å innlemme i modellen produksjonsmessige og økonomiske data for et fiske.

#### 4. FISKET.

Som nevnt i kapittel 1.2. blir makrell fisket av flere ulike typer fartøy og redskap. Det er vanlig å skille mellom kystflåten og den havgående ringnotflåten. I denne oppgaven tar jeg for meg ringnotflåten. Kystfisket inngår med en eksogent gitt årlig fangstmengde.

Imidlertid finner jeg det riktig å gjøre kystfiskekvantumet til en funksjonell størrelse av bestanden, når bestanden er liten. Dette gjøres dels fordi kystfisket også vil være påvirket av bestandsstørrelsen, og dels fordi nordsjømakrellbestanden nå er så liten at et normalt årskvantum fra kystflåten er tilstrekkelig til å utsette en eventuell oppbygging av bestanden i betydelig grad. Jeg finner det riktig også å belaste kystflåten ved en eventuell oppbygging av bestanden, til tross for at jeg ikke gjør noen økonomiske beregninger for kystflåten.

Kystfangstkvantumet i modellen er en funksjon av bestandsstørrelsen så lenge den fangstbare delen av bestanden er mindre enn 400.000 tonn. Ved større bestand enn dette settes det årlige kystfangstkvantumet til 18.000 tonn, som er et normalt godt kystfangstkvantum. I figur 4.1.a er modellens kystfangstkvantum som



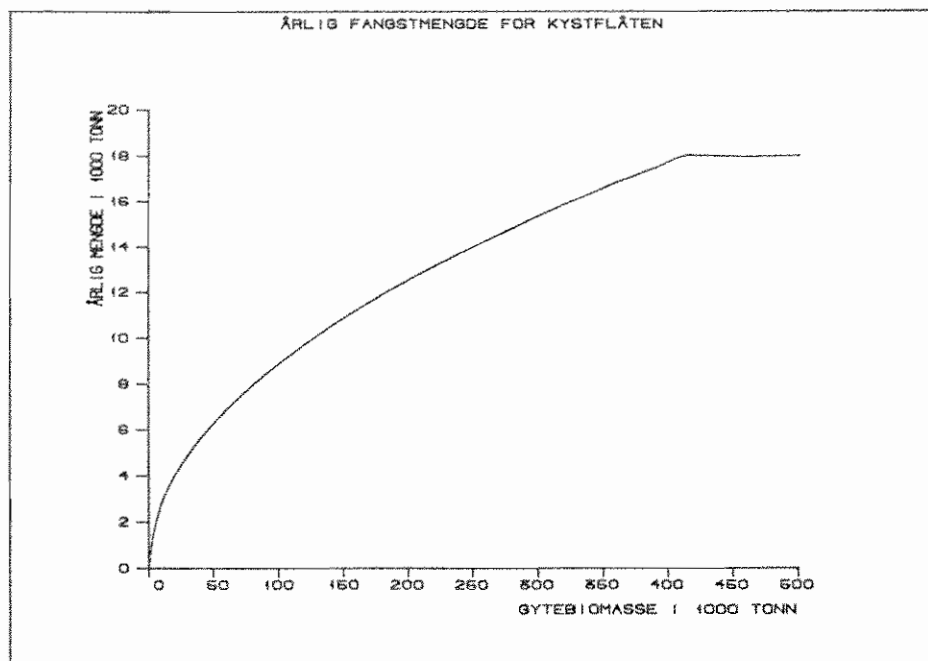


Fig. 4.1.a Modellens årlige kystfangstkvantum som funksjon av gytebiomassen.

funksjon av gytebiomassen illustrert.

Kystfisket foregår for det meste om sommeren og høsten. På bakgrunn av Norges Makrelllags årsmeldinger for årene 1982, '83 og '84 (Anon., 1982b, 1983b og 1984c) har jeg laget en tabell for kystkvantumet pr periode. Denne er naturligvis en funksjon av årskvantumet i kystfisket. I figur 4.1.b er kystfiskekvantumet pr periode illustrert. Det er der forutsatt at årskvantumet for kystfisket er 18.000 tonn.

Den konsesjonspliktige del av den norske ringnotflåten består i dag av omlag 150 fartøyer av ulik størrelse og alder (Anon., 1984d). De nyeste ringnotbåtene har en lastekapasitet på omlag 10.000 hl. For de fleste av disse båtene utgjør makrellfisket en svært liten del av total driftstid. Dette fremgår av lønnsomhetsundersøkelsen for fiskefartøyer (Anon., 1983a). Det er hovedsaklig lodde og kolmule som er grunnlaget for disse båtens fiske, og rederne har ansett det som rasjonelt å bygge båtene forholdsvis store.

Imidlertid ser vi i dag at det blir bygget noen små snurpere som er under konsesjonsgrensen på 90 fot og 1.500 hl. Disse båtene

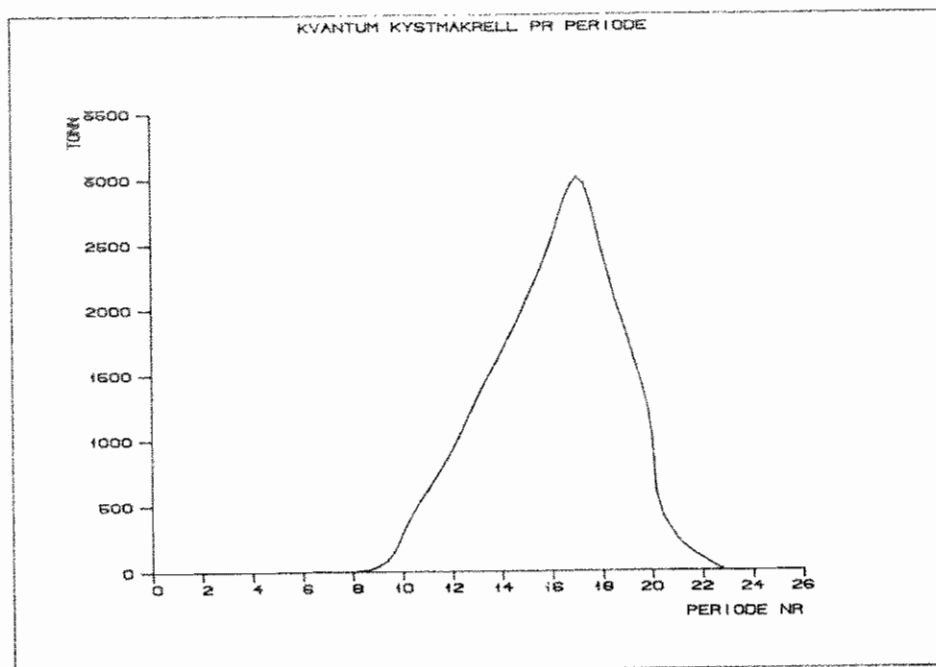


Fig. 4.1.b Modellens periodevise kystfangstkvantum når det årlige kystfangstkvantumet er lik 18.000 tonn.

som regnes med blandt kystflåten, baserer sin drift på lodde- makrell- og sildefiske til konsumanvendelse.

Selv om disse småsnurperne ikke regnes med blandt ringnotflåten, er fangstteknologien så godt som nøyaktig lik den de større ringnotbåtene benytter. Jeg har derfor forsøkt å sammenligne mellom makrellfiske med to ulike fartøystørrelser, en type små og en type store ringnotbåter. Størrelsen i lastekapasitet, d.v.s. konsesjonskapasitet, til de to båttypene er lik den gjennomsnittlige størrelsen hos den minste og den største gruppen ringnotbåter som benyttes i publikasjonen "Lønnsomhetsundersøkelser for fiskefartøyer" (Anon., op. cit.). På denne måten kan kostnadsdata fra "Lønnsomhetsundersøkelsen" lett benyttes.

Makrellens anvendelse kan deles i to: konsumanvendelse og mel- og oljeanvendelse. Konsumanvendelse er bedre betalt, men krever bedre kvalitet på råstoffet enn hva tilfellet er ved levering til oppmaling.

Jeg vil ved hjelp av min modell sammenligne ulike alternative fangststrategier. For å forenkle sammenligningen har jeg inndelt flåten i følgende tre båttyper:

Båttype 1: Små båter som fisker til konsumanvendelse.

Båttype 2: Store båter som fisker til mel- og oljeanvendelse.

Båttype 3: Store båter som leverer både til konsum og til mel- og oljeproduksjon fra samme tur.

Jeg vil altså ikke benytte små båter i et fiske til oppmaling, og jeg vil ikke benytte store båter i et direkte konsumfiske. Denne forenklingen gjør jeg ut fra en apriori antakelse av at oppmalingsfiske drives mest rasjonelt med store båter, og ettersom jeg har turkvote for konsumfiske (jmfør kapittel 4.1.1.) vil de store båtene ikke kunne utnytte sin kapasitet i et rent konsumfiske.

Nordsjømakrellen er en fellesbestand for Norge og EF. Norges andel av totalkvoten har vært omlag 70% i de senere årene. Denne prosentandelen benytter jeg derfor i simuleringen av fremtidig fiske. Jeg forutsetter at EF sine 30% blir fisket etter samme mønster som Norges 70%. Dette er nødvendig ettersom fiskemønsteret er med på å bestemme utviklingen til bestanden.

I de følgende underkapitler vil jeg beskrive nærmere produktfunksjonen, inntekter og kostnader for de tre båtgruppene.

#### 4.1. Produktfunksjonen.

Modellen er som sagt inndelt i 26 perioder. Fangstmengde pr periode blir beregnet som kvantum pr båt og tur multiplisert med antall turer pr båt og periode og multiplisert med antall båter.

##### 4.1.1. Båtstørrelse.

Kvantum pr tur er ulik for de tre båttypene:

Båttype 1: 200 tonn konsummakrell.

Båttype 2: 880 tonn bulklevering til mel- og oljeindustrien.

Båttype 3: 810 tonn hvorav 610 tonn i bulk og 200 tonn som konsummakrell.

200 tonn til konsum har jeg satt etter skjønn. De minste båtene (båttype 1) har gjerne ikke plass til mer. Når jeg ikke lar de store båtene (båttype 3) levere mer enn 200 tonn pr tur skyldes dette den begrensede innfrysingskapasiteten ved mottaksanleggene. Dessuten krever konsumleveringer at råstoffet er ferskt. Jo større kvantumet pr tur er jo lengre vil fangsttiden være. Inklusive gangtid til losseplass vil etter mitt skjønn 200 tonn være et passende gjennomsnittlig turkvantum med tanke på kravet om ferskt råstoff.

De store båtene har altså en bulkkapasitet på 880 tonn makrell. Dette tilsvarer 9.600 hektoliter som er det gjennomsnittlige konsesjonsvolumet for båter større enn 8.000 hl. Ved å velge denne størrelsen kan jeg benytte kostnadsdata fra samme størrelsesgruppe direkte. Kostnadsdata foreligger nemlig som gjennomsnitt for hver størrelsesgruppe. Dette kommer jeg tilbake til i kapittel 6.

#### 4.1.2. Antall turer.

Antall turer pr periode blir beregnet ved å dividere periodens lengde (14 dager) med tidsforbruket pr tur. En tur er igjen inndelt i tre faser. Det er seiling til og fra feltet, leting og fangsting på feltet og lossing inklusive bunkring, proviantering og andre nødvendige gjøremål i land. Tidsforbruket i de ulike operasjoner er anslått på grunnlag av samtaler med ringnotskippere og egne erfaringer.

#### 4.1.3. Seiling.

Tidsforbruket til seiling blir utregnet som seilingsdistanse dividert på fart. Seilingsdistansen tur/retur mellom fiskefelt og losseplass er satt uavhengig av makrellens årvisse vandringer. Dersom fiskefelt ved de ulike årstider er som illustrert i figur 4.2., vil ikke den gjennomsnittlige seilingsdistansen bli nevneverdig påvirket av årstiden. Det aller meste av mottaksapparatet sør for Stadt er lokalisert på Vestlandet. Dette gjelder både for konsum- og oppmalingsmakrell. Et vinterfiske på Viking-

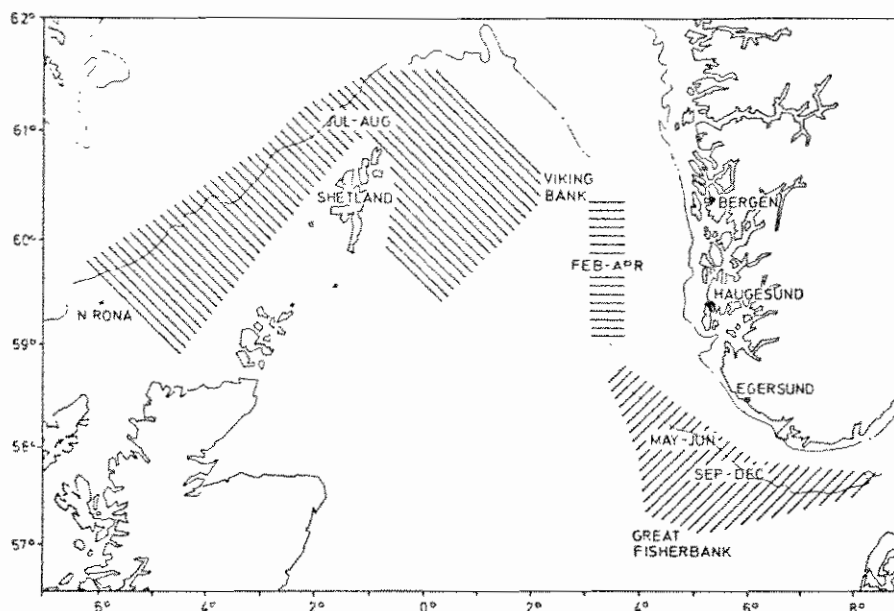


Fig. 4.2. Fiskefelt for ringnotfiske etter Nordsjømakrell ved de ulike årstider, slik fisket foregikk i 60- og tidlig i 70-årene. (Kilde: Hamre, 1978)

banken, langs kanten av Norskerenna, vil således være det eneste som vil få en noe kortere avstand til losseplass enn fiske til de andre tider av året. Jeg velger å se bort fra en sesongavhengig seilingsdistanse.

For båttype 1 og 3 som leverer til konsum vil seilingsdistansen være bestemt av kvantum konsummakrell i den aktuelle perioden og mottakskapasiteten i de ulike distrikt. Så lenge konsumkvantumet ikke overstiger mottakskapasiteten sør for Stadt, er seilingsdistansene konstant lik 440 nautiske mil tur retur mellom fiskefelt og losseplass. Mottakskapasiteten sør for Stadt er satt til 6.100 tonn pr periode. Dette er gjort på bakgrunn av mottaksstatistikken til Norges Makrellag som er offentliggjort i lagets årsmeldinger. Dersom konsumkvantumet, inklusive den delen av kystfiskets fangstmengde som landes sør for Stadt, overstiger 6.100 tonn, må enkelte båter dirigeres nord for Stadt for levering. Ifølge Årsmeldingene fra Norges Makrellag for 1982, '83 og '84 (Anon., 1982b, 1983b og 1984c) ble omlag 95% av kystfangstkvantumet landet sør for Stadt i disse årene. Jeg lar (disse 95% av) kystfiskebåtene som er svært små båter, få fortrinnsrett til å levere sør for Stadt. På bakgrunn av mottakskapasiteten i

distriktene nord for Stadt (igjen på bakgrunn av Norges Makrell-lags Årsmeldinger for de siste år) har jeg så tilpasset seilingsdistansene som funksjon av konsumkvantum.

En nøyaktig størrelsesangivning av mottakskapasiteten er vanskelig. Kapasiteten avhenger blandt annet av pågående fiske av andre fiskeslag (for eksempel sild) som belaster det samme mottaksapparatet.

Båttype 2 leverer altså bare til mel- og oljeindustrien. Jeg har inndelt seilingsdistansen i tre alternativ. Levering til fabrikkene sør for Stadt vil medføre 440 nautiske mil tur/retur mellom fiskefelt og losseplass. Levering til fabrikkene i Møre og Romsdal vil medføre 680 nautiske mil tur/retur og levering til fabrikkene i Trøndelag vil medføre 920 nautiske mil tur/retur for den enkelte båt. Også for oppmalingsleveringer gjelder naturligvis at makrellfiskerne må konkurrere med andre fiskerier om det samme mottaksapparatet. Det er derfor vanskelig å anslå en nøyaktig størrelse på mottaksapparatet i de tre nevnte distriktene.

Jeg benytter Arsberetning fra SSF for 1984 (Anon., 1984d) som bakgrunn for mottakskapasiteten for makrell til oppmaling i modellen. Der fremgår det at mottakskapasiteten for fabrikkene sør for Stadt pr l.l. 85 var 79.900 tonn pr 14-dagers periode. For fabrikkene i Midt-Norge (Møre og Romsdal og Trøndelag) var mottakskapasiteten 45.100 tonn pr periode.

I modellen velger jeg å redusere kapasiteten som følge av konkurranse om mottaksapparatet fra andre fiskerier. Dette gjøres på grunnlag av mottaksstatistikken for de aktuelle områder, som også er gjengitt i Anon (op. cit). Jeg gjør ingen forsøk på å fordele "konkurrerende" kvantum i takt med aktuelle sesongfiskerier. Jeg får dermed en konstant mottakskapasitet pr periode. Mottakskapasiteten i Midt-Norge inndeles mellom Møre og Romsdal og Trøndelag etter skjønn, slik at 60% tilfaller Møre og Romsdal. De aktuelle verdier for mottakskapasiteten som benyttes i modellen blir dermed 71000 tonn pr periode sør for Stadt og 23000 tonn i Møre og Romsdal. Det som er overskytende dette forutsetter jeg fabrikkene i Trøndelag er i stand til å motta.

For båttype 3 vil seilingsdistansen utelukkende være bestemt av konsumfangst og -mottak. Båttype 3 vil fylle opp konsummottaket lenge før oppmalingsmottaket. Og i simuleringene vil det ikke bli fisket med flere enn en båttype samtidig.

Båttype 1 benytter i min modell en stimingsfart på gjennomsnittlig 10 knop tur/retur mellom fiskefeltet og losseplass. Båttype 2 og 3 benytter i gjennomsnitt 11,5 knop i stimingsfart.

I modellen finner jeg altså samlet utseilt distanse for hver båtgruppe når alle båtene gjør en tur til og fra losseplass. Dividert på antall båter i hver gruppe gir dette gjennomsnittlig seilingsdistanse pr båt og tur. Når dette igjen divideres på båtens fart uttrykt i antall nautiske mil pr døgn, finner jeg det gjennomsnittlige tidsforbruket til seiling til og fra losseplass.

#### 4.1.4. Leting og fangsting.

Tidsforbruket til leting og fangsting varierer med årstid og med størrelsen på den fangstbare biomassen. Det er en kjent sak at makrellen ikke er like fangstbar hele året. Dette skyldes at makrellen har varierende stimtilbøyelighet og dybdepreferanse, jamfør Hamre (1980a) og Hamre (1980b).

Jeg har ikke funnet noen dokumentasjon for en sammenheng mellom fangstmengde pr fiskeinnsats og bestandsstørrelsen i ringnotfiske etter makrell. Imidlertid har Bjørndal (1985) gjort en sådan undersøkelse for ringnotfiske etter Nordsjøsild. Nordsjømakrell og Nordsjøsild har såpass lik oppførsel med hensyn til stimtilbøyelighet at jeg velger å bruke Bjørndal (op. cit.) som bakgrunn for en bestandsavhengig produktfunksjon.

Bjørndal (op. cit) regner ut verdiene for  $\alpha$  og  $\beta$  for produktfunksjoner med ulike forutsetninger. For to av produktfunksjonene er forskjellen at den ene er avhengig og den andre uavhengig av fartøystørrelsen. Disse to produktfunksjonene får ulik verdi for  $\beta$ . Jeg velger å benytte den  $\beta$  som Bjørndal (op. cit.) finner for

en produktfunksjon som er uavhengig av fartøystørrelsen. Dette gjør jeg fordi jeg i min modell har bygd opp produktfunksjonen på en annen måte enn Bjørndal (op. cit.). I min modell har jeg tre ulike produktfunksjoner; en for hver båttype. Ulikhetene med hensyn til båtstørrelse mener jeg på den måten er ivaretatt i modellen.

Jeg har tatt utgangspunkt i et tidsforbruk til leting og fangsting i den gode tid på året (august og september) og med en størrelse på gytebestanden lik 500.000 tonn. Jeg har da anslått at båttype 1 vil bruke 1,4 døgn til å ta sin turkvote. Dette er vel og merke en gjennomsnittsstørrelse som tar hensyn til at fangstforholdene i lange perioder kan bli vanskeliggjort av dårlig vær. Lete- og fangsttiden for båttype 2 og 3 må naturlig nok stå i forhold til disse båtenes lastekapasitet. Jeg har forutsatt at de store båtene fisker sitt oppmalingskvantum 1,4 ganger så raskt pr vektenhet fangstmengde som båttype 1 fisker sitt konsumkvantum. I konsumfisket til båttype 3 forutsetter jeg at de gjør denne operasjonen 1,2 ganger så raskt som båttype 1. Denne ulike tidsbruken begrunner jeg med at de store båtene gjennomgående har større notbruk og dessuten kraftigere maskineri og vinsjer som gjør at de kan berge større kast og fiske i dårligere vær enn de mindre båtene. Når "oppmalingsfiske" i modellen går raskere enn konsumfiske begrunner jeg dette med at konsummakrell krever skånsom behandling, noe som betinger tidkrevende håving eller forsiktig pumping av fangsten. For båttype 2 vil dermed tidsforbruket i denne delen av fisket bli 4,5 døgn på den gunstige årstiden med en gytebiomasse lik 500.000 tonn. For båttype 3 blir tidsforbruket under samme forutsetninger 4,3 døgn.

Tidsforbruket til leting og fangsting utregnes i modellen slik:

$$TLF_n = C_n * g(t) * W_y^{(-0,13)} \quad (61); \text{ der}$$

$TLF_n$  er tidsforbruket til leting og fangsting for båttype n,

$C_n$  er en spesifikk størrelse for båttype n,

$g(t)$  er en tidsvariabel som angir makrellens varierende fangstbarhet over året og

$W_y$  er den fangstbare delen av bestandens biomasse.

C blir bestemt ut fra utgangspunktet for tidsforbruket til leting



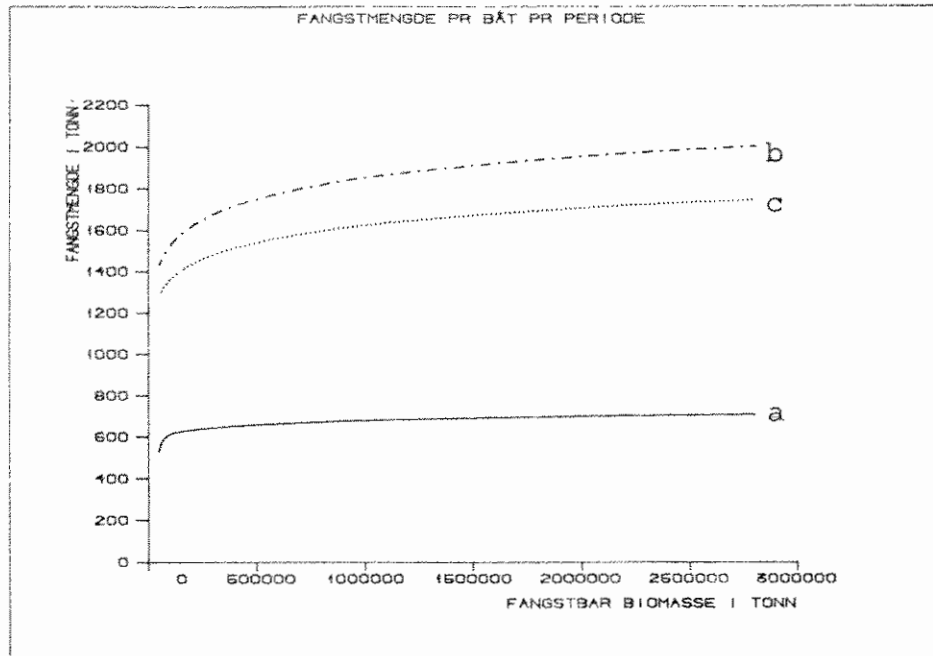


Fig. 4.3. Modellens fangstmengde pr båt og periode som funksjon av den fangstbare delen av biomassen, gitt at den sesongvariable fangstbarheten er på topp. Kurve a gjelder for båttype 1, kurve b gjelder for båttype 2 og kurve c gjelder for båttype 3.

og fangsting. For båttype 1 var dette et tidsforbruk på 1,4 døgn når bestandsstørrelsen var 500.000 tonn. C blir dermed lik 1,4 multiplisert med den inverse verdien av  $500.000^{(-0,13)}$ . Ved lavere bestandsstørrelser vil tidsforbruket da stige, mens det vil avta for større bestandsstørrelser. For båttype 2 og 3 blir C dermed den inverse verdien av  $500.000^{(-0,13)}$  multiplisert med h. h. v. 4,5 og 4,3. I figur 4.3. er fangstmengde pr båt og periode illustrert, som funksjon av størrelsen på den fangstbare biomassen. Det er forutsatt at den sesongvariable fangstbarheten er på topp, og at leveringene finner sted sør for Stadt.

$g(t)$  er listet i tabellform i modellen. Som illustrasjon på denne viser jeg til figur 4.4. som gjengir fangstmengde pr båt og periode, nå som funksjon av tiden på året. I figuren er det forutsatt at den fangstbare biomassen er lik 500.000 tonn, og at leveringene finner sted sør for Stadt.

Den fangstbare delen av biomassen ( $W_y$ ) bygger på ICES' data om fiskedødelighet. Jeg har i modellen forutsatt at denne utgjøres av 8% av ettåringene og 32% av toåringene i tillegg til 100% av

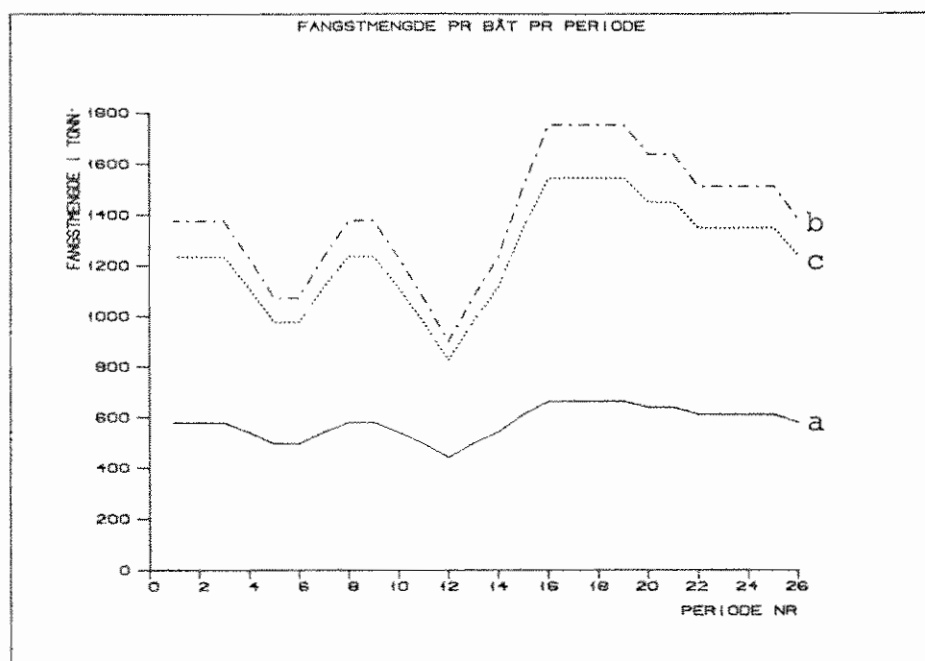


Fig. 4.4. Modellens fangstmengde pr båt og periode, gitt at den fangstbare biomassen utgjør 500.000 tonn. Kurve a gjelder for båttype 1, kurve b gjelder for båttype 2 og kurve c gjelder for båttype 3.

de eldre årsklassene.

#### 4.1.5. Lossing.

Til lossing samt andre nødvendige gjøremål som bunkring og proviantering har jeg etter skjønn fastsatt ett døgn pr tur for båttype 1 og 2, og halvannet døgn pr tur for båttype 3. Levering av konsummakrell krever lenger tid pr vektenhet enn levering til mel- og oljeanvendelse. Båttype 3 skal levere til begge anvendelser fra samme tur. Dette medfører gjerne to ulike leveringssteder med den ekstra tidshefting det medfører.

#### 4.2. Fangstmengde pr periode.

Nå har jeg funnet tidsforbruket pr tur for hver båttype. Fangstmengden pr periode blir da uttrykt slik:

$$Y_{n,i} = (14/T_n) * Y_{tur,n} \quad (62); \text{ der}$$

$Y_{n,i}$  er fangstmengde fra båttype  $n$  i periode  $i$  og

$T_n$  er samlet tidsforbruk pr tur i antall døgn for båttype  $n$ , utregnet som omtalt ovenfor, og  $Y_{tur,n}$  er kvantum pr tur for båttype  $n$ .

## 5. INNTEKTER.

Jeg har gjort en del undersøkelser angående pris til fisker for makrell. Jeg har forsøkt å finne frem til markedsbestemte priser til fisker, slik at modellen skal gi et bilde av verdiskapningen i ringnotfiske etter makrell.

For konsummakrell har prisinformasjon blitt innhentet fra Norges Makrellags årsmeldinger, de årlige støtteavtaler mellom Staten og Norges Fiskarlag samt samtaler med salgssjef S. Johnsen i Norges Makrellag.

For makrell til mel- og oljeanvendelse har informasjon blitt innhentet fra Norsildmels årsmeldinger (Anon., 1981b, 1982c, 1983c og 1984e), Samarbeidsutvalgets "grå hefte" (Anon., 1984a), samt samtaler med Falck Olsen (pers. medd.) og Enger (pers. medd.).

For alt kommersielt fiske blir det trukket en produktavgift fra prisen som betales til fisker. De seneste årene har produktavgiften vært 3,1% av brutto fangstverdi. Denne skal gå til dekking av fiskernes andel av folketrygden. Etttersom jeg innkalkulerer de sosiale utgifter forbundet med forbruk av arbeidskraft under "Mannskapskostnader" (jamfør kapittel 6.2.), vil det ikke være riktig også å trekke en produktavgift fra prisene til fisker.

## 5.1. Konsummakrell.

### 5.1.1. Pris som funksjon av kvantum.

Det viser seg at pris til fisker for konsummakrell er følsom for det tilbudte kvantum. Dette skyldes i liten grad norsk makrellkvantums innvirkning på verdensmarkedsprisene. Norsk kvantum av makrellfisk (innklusive hestmakrell, makrellstørje og andre vanlige substitutter for vanlig makrell) utgjør i så måte bare omlag 1% av verdens fangstmengde av makrellfisk (Anon, 1984b). Dette inkluderer også makrell som brukes til oppmaling.

Med 1% av verdens totale tilbud av makrell skulle man anta at enhetsprisen på produktet var kvantumsuavhengig. Når førstehåndsprisen likevel er synkende med stigende fangstmengde vil jeg forklare dette ut fra to forhold.

For det første eksisterer det et tilnærmet monopol på det godt betalende innenlandsmarkedet for fersk makrell. I henhold til kongelig resolusjon av 6. juni 1958 er det

"forbudt å innføre fra utlandet fersk makrell med mindre det ved innførselen forelegges for tollvesenet skriftlig erklæring fra Fiskeridepartementet om at dette samtykker i innførselen." (Platou, et. al., 1981.)

Slikt samtykke ble eksempelvis gitt i fjor vår da det norske fisket ikke maktet å dekke den innenlandske etterspørselen etter fersk makrell. Innenlandsomsetningen er samordnet under Norges Makrellag S/L, slik at fiskerne kan oppnå full uttelling for den monopolsituasjonen som eksisterer på innenlandsmarkedet for fersk makrell. Dette markedet er dog begrenset. Jo større fangstmengden i en periode er jo mindre vil andelen til fersk innenlandsforbruk være og jo lavere blir de gjennomsnittlige priser til fisker. Dette gjør at kjøperne presser prisene nedover når kvantumet er stort.

Det andre forholdet som jeg begrunner kvantumsavhengig pris med er økt lagringstid og -kostnader når makrellandingene er store og konsentrert i tid. Dette gjør at kjøperne presser prisene nedover når kvantumet er stort.

På bakgrunn av Norges Makrellags årsmelding for 1982 (Anon., 1982b) og støtteavtalen mellom staten og Norges Fiskarlag for 1982 (Anon., 1982d) samt Johnsen ( pers. medd.), har jeg laget en oversikt over månedlig kvantum og gjennomsnittlig pris til fisker inklusiv og eksklusiv eksklusiv prisstøtte, for prima konsummakrell fra kystflåten i 1982. Denne er gjengitt i tabell 5.1.

### 5.1.2. Pris som funksjon av tiden.

Det eksisterer også enkelte forhold som kan rettferdiggjøre å lage en tidsavhengig prisfunksjon for konsummakrell. Fersk makrell betraktes vanligvis som sommermat. Dette har naturlig nok sammenheng med at den vanlige fangstsesongen tradisjonelt har vært og fortsatt er i sommerhalvåret (jamfør kapittel 1.3). Dette vil da kunne gi bedre pris for fersk makrell om sommeren enn ellers i året.

Konkurrerende makrellnasjoner har også et utpreget sesongfiske etter makrell. Dette medfører at det er sesongvise svingninger i tilbudt kvantum av makrell og derfor sesongsvingende priser. Ifølge Johnsen (pers. medd.) eksisterer det som regel underdekning på markedet i perioder i første halvår. Som tegn på (eller følge av) dette eksisterer det ingen tollavgift på fersk og frossen makrell fra Norge til Det Europeiske Fellesmarkedet i perioden fra 15. februar til 15. juni.

Fettinnholdet i makrellen varierer som nevnt ganske kraftig i løpet av året. Markedene reagerer ulikt på fettinnholdet.

Tabell 5.1. Pris- og mengdeforløp for kystflåten 1982. Prisene gjelder for makrell større enn 200 gram. (Kilde: Anon., 1982b og 1982d samt Johnsen, pers. medd.)

Mnd:	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov
<b>Snittpris inkl. prisstøtte, kr/kg:</b>	5,25	4,50	3,35	2,65	2,55	3,00	3,30	3,30
<b>Snittpris ekskl. prisstøtte, kr/kg:</b>	5,12	4,37	2,58	1,19	0,98	1,54	1,84	1,84
<b>Kvantum tonn:</b>	6	865	2837	3578	6175	2744	732	51

Enkelte markeder foretrekker mager makrell mens andre foretrekker fet makrell.

For øvrig er størrelsen det viktigste kvalitetskriteriet på makrell. Markedene betaler bedre for stor makrell enn for liten makrell. Som illustrasjon på dette er gjennomsnittsprisene (inklusive prisstøtte) for kystflåten for tre ulike størrelsesgrupper i september 1984 vist i tabell 5.2.

Ifølge årsmeldingene fra Norges Makrellag for 1982 og 1983 (Anon., 1982b og 1983b) er ringnotfangstene om vinteren gjerne oppblandet med småmakrell. Dette kan forklares med at den store makrellen overvintrer på dypere vann enn småmakrellen og at småmakrellen derfor er lettest å fange med not. Dette kan medføre at vinterfanget ringnotmakrell må regne med å oppnå dårligere priser enn fangster til andre tider av året.

Disse forhold som jeg her har nevnt betyr, om de er reelle, at markedsbestemt pris til fisker for konsummakrell er tidsavhengig. For å benytte dette i en modell vil det kreve grundigere markedsundersøkelser for konsummakrell enn de jeg her gjort. Jeg har heller ikke funnet slike markedsundersøkelser noe annet sted. I min modell velger jeg derfor å se bort fra tidsavhengighet for pris til fisker for konsummakrell.

**Tabell 5.2.** Gjennomsnittspris inklusiv prisstøtte for makrell fra kystflåten i september 1983. (Kilde: Anon., 1983b)

Størrelsesgruppe	Pris, kr/kg
> 600 gram:	3,40
350 - 600 gram:	2,30
200 - 350 gram:	2,08

### 5.1.3. Pir.

Makrell mindre enn 200 gram kalles pir. Denne er noe etterspurt. Pir er makrell mindre enn ett år gammel. Et fiske etter pir vil

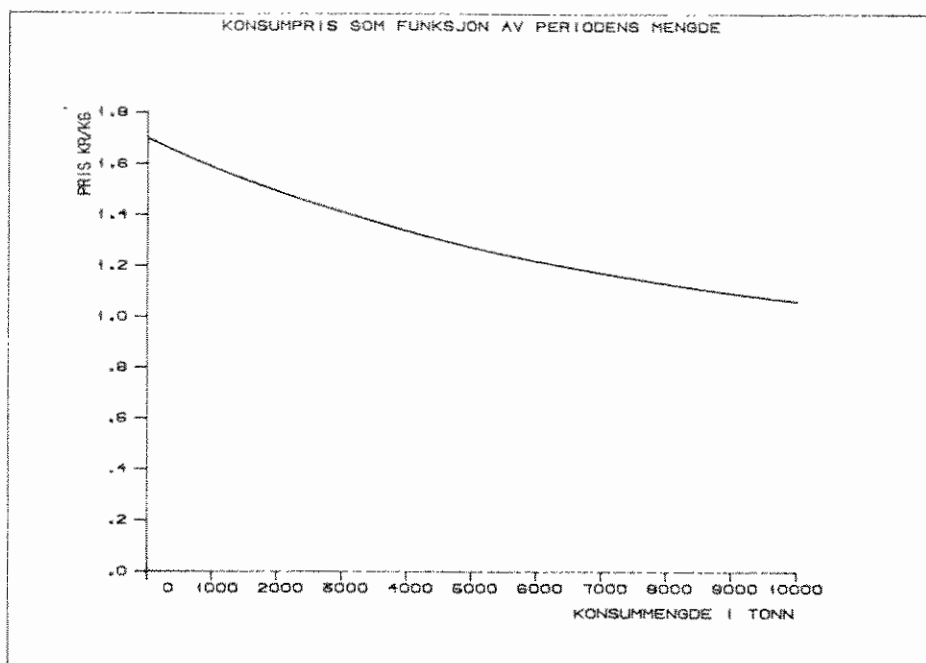


Fig. 5.1. Modellens pris til fisker for konsummakrell som funksjon av totalt konsumkvantum i den aktuelle perioden.

derfor være kritisk avhengig av hver årsklasses styrke. I min oppgave ser jeg bort fra etterspørsel etter pir.

#### 5.1.4. Konsumpriskonfunksjonen i modellen.

Til bruk i modellen har jeg laget en kvantumsavhengig (inklusive kystfiskets kvantum) funksjon for pris til fisker, basert på de ovenfor nevnte studier av pris til fisker for konsummakrell. Ettersom det eksogent gitte kystfiskekvantumet svinger over året, vil prisen til fisker også være en påvirket av når på året det fiskes. Matematisk får funksjonen følgende form:

$$P_{k,i} = P(0) \left( (1 - \text{ampl}) e^{(Y_i * kv)} + \text{ampl} \right) \quad (63); \text{ der}$$

$P_{k,i}$  er pris til fisker pr kvantumsenhet for konsummakrell i periode  $i$ ,

$P(0)$  er funksjonens skjæringspunkt med prisaksen, d.v.s.

maksimalpris som oppnås når fangstmengden er svært liten,

$\text{ampl}$  styrer pris til fisker slik at  $p = P(0) * \text{ampl}$  når fangstmengden er stor,

$Y_i$  er konsumfangstmengde inklusive kystfangstkvantumet i periode  $i$ , og

$kv$  er en konstant som forteller hvor raskt funksjonen faller mot

$p(0) \cdot \text{ampl.}$

Ligning (63) er illustrert i figur 5.1.

## 5.2. Makrell til mel- og oljeanvendelse.

Som navnet tilsier får makrell til denne anvendelse to hovedtyper salgsprodukter, nemlig sildemel og fiskeolje som er de korrekte navnene i dag. Alt salg av mel og olje, såvel innenlands som utenlands, foregår gjennom Norsildmel A/L (Norsk Sildolje- og Sildemelindustri Salgslag A/L). Fiskernes inntekter av råstoff til oppmaling er avhengig av de priser Norsildmel oppnår på sine salgsprodukter. For disse produkter eksisterer det skarp konkurranse på verdensmarkedet. I gjennomsnitt for årene 1980 - '84 utgjorde norsk produksjon av sildemel omlag 9% og produksjon av fiskeolje omlag 18% av verdens totale produksjon av henholdsvis sildemel og fiskeolje. I tillegg kommer konkurransen fra andre protein- og fettprodukter. I figur 5.2. er verdensproduksjonen

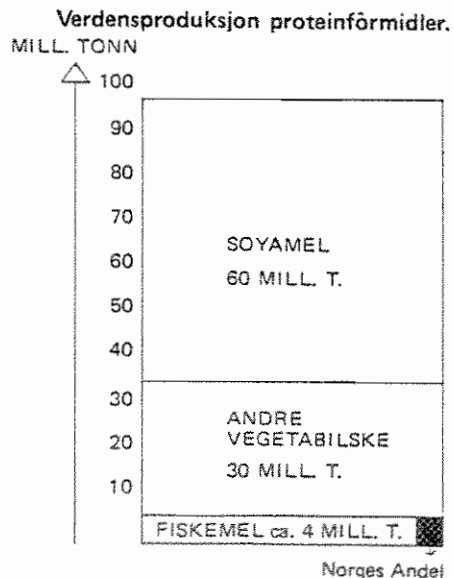


Fig. 5.2.a

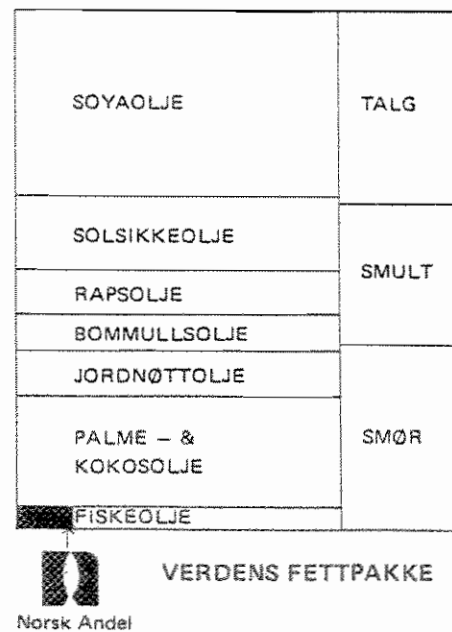


Fig. 5.2.b

Fig. 5.2.a Fordeling av verdens totale produksjon av proteirmel. (Kilde: Anon., 1981b)

Fig. 5.2.b Forholdet mellom verdens produksjon av ulike fettprodukter. (Kilde: Anon., 1981b)



av proteinfor og fett illustrert skjematisk.

Verdens totale tilbud på protein og fett kan variere kraftig fra år til år, og følgelig vil prisene på sildemel og -olje variere. Hansen (1980) tar for seg verdensmarkedet for fiskemel og dets krysspriselasitet m.h.p. substituerende produkter, og finner en klar tendens til krysspriselasitet mellom fiskemel og soya-protein. For en relativt liten tilbyder som Norsildmel vil prisen på sildemel og fiskeolje dermed være så godt som upåvirket av den mengden Norsildmel selv tilbyr.

For pris til fisker kan det eksistere andre forhold som gjør at enhetsprisen blir påvirket av fangstkvantumet. Et eksempel er kvalitetsreduksjon når båtene må seile langt og / eller vente lenge på å få losse. I modellen velger jeg imidlertid å la enhetsprisen til fisker for oppmalingsråstoff være upåvirket av kvantum.

Det er ikke mulig å fastslå noen sesongvis svingning i prisutviklingen på mel og olje. Dette gjelder særlig for olje der oppkjøperne er store, og er i stand til å forutsi og motarbeide sesongvise produksjons- og prissvingninger (Enger, pers. medd.). En bør altså regne med stabile priser på mel og olje, gitt stabile eksterne faktorer.

Pris til fisker som gis pr kvantumsenhet er altså avhengig av salgsresultatet for mel og olje. Det er da klart at mel- og oljeutbyttet pr kvantumsenhet råstoff vil være en viktig faktor for pris til fisker. Mel- og oljeutbyttet er direkte avhengig av råstoffets innhold av henholdsvis fettfritt tørrstoff og fett. For en fisk som makrellen er innholdet av tørrstoff og i særlig grad fett forutsigbart svingende over året. Dette betyr at pris til fisker vil være påvirket av når på året det fiskes. Modelens fett- og tørrstoffkurve er illustrert i figur 3.5.

### 5.2.1. Eksterne faktorerers betydning for pris på sildemel og fiskeolje.

Eksterne faktorer, d.v.s. faktorer som blir marginalt påvirket av norske beslutninger, kan medføre til dels sterke svingninger i verdensmarkedets priser på sildemel og fiskeolje. Slike eksterne faktorer er for eksempel verdens totale produksjon av sildemel og fiskeolje og av substitutter som vegetabiliske melproteiner og oljer. Produksjonskvantaene kan variere sterkt, blandt annet som følge av biologiske svingninger. En annen viktig ekstern faktor er dollarkursen. Prisene på verdensmarkedet for protein- og fettprodukter noteres nemlig ofte i US \$.

### 5.2.2. Prisreguleringsfondet for sild.

Prisreguleringsfondet for sild er opprettet i henhold til lov av 19. juni 1970 nr 55 "om prisutjevning i sildenæringen". I loven heter det at fondet skal ha til formål "å minske de uheldige virkninger for sildenæringen av konjunkturmessige prissvingninger for sildolje og sildemel." Prisutjevningen skal skje gjennom lån eller tilskudd fra fondet eller gjennom avgifter til fondet. Denne prisutjevningen er basert på at både Sildemelfabrikkenes Landsforening og fiskernes salgsorganisasjoner er enig om ordningen. Gjennom prisreguleringsfondet forsøker en så å motvirke de sterke svingningene i verdensmarkedsprisene som kan oppstå på grunn av de nevnte eksterne forhold.

### 5.2.3. Prisavtaler og priskalkyleskjemaet.

Pris til fisker for de ulike råstoff blir ved hvert års begynnelse fastsatt gjennom forhandlinger mellom Samarbeidsutvalget for sildesalgslagene og Sildemelfabrikkenes Landsforening. På bakgrunn av de priser Norsildmel kan forvente å oppnå i løpet av året, blir det fastsatt en avregningspris for mel og olje. Denne skal så deles mellom fabrikk og fisker.

De ulike råstoffslagene gir ulike kvaliteter av mel og olje. Sildemel inndeles i kvalitetsklasser etter proteinmengde, og

sildolje kvalitetsgraderes etter mengde frie fettsyrer. Forhandlingspartene blir så enig om prisgraderingen i avregningen for de ulike kvaliteter, en gradering som står i forhold til de respektive salgsprisene på verdensmarkedet. For pris til fisker kommer en så frem til en basispris pr hektoliter for de ulike råstoffslag. Denne refererer seg til en viss tørrstoff- og fettprosent. For avvik fra basisprosenten gis det så et tillegg eller fradrag i prisen, tilsvarende verdidifferansen for råstoffet.

I tabell 5.3. er priskalkyleskjemaet gjengitt. Linje G og L er de avtalte avregningsprisene, justert for kvalitetsgraderingen. I kalkyleskjemaet i tabell 5.3. er det regnet med de opprinnelig avtalte priser for 1985. Som vi ser der opereres det altså ikke med noen tørrstoffreguleringssats for makrell. Dette har sin årsak i hva som er praktisk tjenlig. Tørrstoffinnholdet i makrell varierer såpass lite i løpet av året (se figur 3.6.), at det ikke er bryet verdt å foreta tørrstoffmåling ved hver landing. I stedet benyttes et skille mellom første og andre halvår for basis tørrstoffprosent, slik at tørrstoffsvingningene oppfanges svært grovt.

**Tabell 5.3. Priskalkyleskjemaet for råstoff til sildemelindustrien. I skjemaet er prisene basert på de avtalte avregningspriser ved inngangen til 1985. (Kilde: Anon., 1985c)**

Kalkylegrunnlag	Vinter- vode	Sommer- vode	Polar- torsk	Kor- mule	Korn- vngel	Tobis	Tobis- yngel	Øyepa- ol	Øns- ling	Silo	Makrell		hest- makr
											før 1/7	fra 1/7	
A Basis tørrstoff-prosent	14.50	13.50	15.20	17.80	19.20	18.70	18.00	19.20	17.50	17.60	19.00	17.20	15.80
B Egenvekt råstoff ( $\frac{\text{Fett}}{100}$ )	1.00	1.00	0.99	0.99	1.00	1.00	1.00	1.00	0.97	0.97	0.92	0.92	0.92
C Utvinnbar %-del tørrstoff	99.00	98.00	95.00	97.50	92.00	95.00	92.00	94.00	97.00	97.00	97.00	97.00	97.00
D Fettfritt tørrstoff i mel, %	82.70	82.20	85.70	85.70	85.70	84.70	84.70	84.70	82.70	82.70	84.70	84.70	84.70
E Melmengde, kg pr. hl ( $\frac{\text{Mel}}{\text{hl}}$ )	17.36	16.09	16.68	20.05	20.61	20.97	19.55	21.31	19.91	20.02	20.02	18.12	16.65
F Melklasser	70% 3	30% 2	75% 4	50% 3	80% 4	3	4	60% 3	70% 2	1	1	1	4
"	30% 4	70% 3	25% 5	50% 4	20% 5			40% 4	30% 3				
G Melpris pr. kg	3.52	3.60	3.32	3.49	3.34	3.57	3.40	3.50	3.63	3.73	3.73	3.73	3.40
H Basis fett-prosent	12.00	18.00	2.40	2.40	6.00	7.00	7.00	6.00	13.00	18.00	18.00	22.00	18.00
I Ikke utvinnbart fett, -fr-%	2.40	2.40	2.40	2.40	2.40	2.40	2.40	2.40	2.40	2.40	2.40	2.40	2.40
J Øltemengde, kg pr. hl ( $\frac{\text{Øl}}{\text{hl}}$ )	9.60	15.60	-	-	3.60	4.60	4.60	3.60	10.28	15.13	14.35	18.03	14.35
K FFA, olje, prosent	4.00	4.50	4.00	6.00	7.00	6.50	6.50	7.00	4.00	4.00	5.00	5.00	4.00
L Ølpris pr. kg	2.48	2.46	2.48	2.43	2.41	2.42	2.42	2.41	2.48	2.48	2.45	2.45	2.48
Kalkyle, kr pr hl													
M Melinntekt (ExG)	61.08	57.89	55.38	69.87	68.76	74.88	66.47	74.62	72.33	74.69	74.67	67.59	56.60
N Oljeinntekt (JxL)	23.76	36.42	-	-	8.68	11.13	11.13	8.68	25.45	37.45	35.16	44.18	35.52
O Produksjonskostgjærelse	31.51	30.39	30.91	33.90	34.40	34.72	33.46	35.02	33.78	33.88	33.87	32.19	30.88
P Lagsavgift	1.05	1.29	0.48	0.71	0.84	1.01	0.87	0.95	1.25	1.53	1.49	1.56	1.20
Q Til råstoff (M+N-O-P)	52.28	64.62	23.99	35.26	42.19	50.28	43.28	47.33	62.75	76.73	74.47	78.02	60.04
R Beregnet prs, avrundet <sup>1)</sup>	52.30	64.60	24.00	32.25	42.20	50.30	43.30	47.35	62.75	76.75	74.45	78.00	60.05
S Tørrstoffreguleringssats	3.09	3.16	-	-	2.89	2.87	2.96	2.85	2.94	-	-	-	-
T Fettreguleringssats	2.43	2.41	2.40	2.36	2.36	2.37	2.37	2.36	2.35	2.35	2.21	2.21	2.23

<sup>1)</sup> etter fradrag av lagsavgift.

I min modell har jeg, som nevnt i kapittel 3.4.1., laget en tørrstoffkurve og gjort pris på makrell til oppmaling avhengig av denne. Jeg er jo interessert i å finne den riktigst mulige verdien av makrellfangstene som går til mel- og oljeanvendelse.

Avregningsprisene som er gitt i linje G og L i priskalkyleskjemaet, er de som gjelder for de ordinære mel- og oljeproduktene. Imidlertid har det de siste årene blitt produsert og solgt stadig større kvanta av spesialprodukter. Det er særlig ekspansjonen innen fiskeoppdrett som har gitt grunnlag økt produksjon av spesialprodukter. I 1984 var 12% av totalt produsert kvantum mel og olje såkalte spesialprodukter (Anon., 1984e). Spesialproduktene oppnår bedre priser enn de vanlige produktene. Dette medfører høyere avregningspriser og dermed høyere priser til fisker.

#### 5.2.4. Prisfunksjonen for mel- og oljeanvendelse i modellen.

Som grunnlag for den prisfunksjon jeg benytter i modellen, har jeg beregnet de gjennomsnittlige markedsbestemte priser til fisker for årene fra 1980 til og med 1983, regnet i 1983-kroner. All form for statlig støtte er luket bort, og fiskers andel av positivt eller negativt driftsresultat i prisreguleringsfondet er saldert mot prisene til fisker.

I modellen regulerer jeg som sagt prisene for tørrstoffinnhold. Det har derfor ingen hensikt å benytte ulik basispris for første og andre halvår slik som det gjøres i priskalkyleskjemaet. Jeg benytter samme fett- og tørrstoffbasis som dette skjemaet har for andre halvår. Disse basisprosentene er 17,2% for tørrstoff og 22% for fett. De gjennomsnittlige markedsbestemte priser til fisker for årene fra 1980 til og med 1983, regnet i 1983-kroner, gir da en gjennomsnittlig basispris på kr 66,74 pr hl.

For 1985 gis fisker et gjennomsnittlig pristillegg på kr 0,35 pr kg spesialmel. Omregnet til 1983-kroner blir tillegget på kr 0,31 pr kg, og dette tilsvarer kr 5,63 pr hektoliter makrell med tørrstoffinnhold lik basis; 17,2%. I 1984 var 12% av produksjonskvantumet spesialprodukter. Jeg vil kalkulere med en viss

stigning i etterspørselen og følgelig produksjonen av spesialprodukter. Derfor forutsetter jeg at 15% av makrellfangstene til mel- og oljeanvendelse går til produksjon av spesialmel og -olje. Dette medfører at basispris til fisker blir  $(66,74+5,63*0,15)=67,58$  kr pr hl.

Reguleringssatsene for fett- og tørrstoff settes i samsvar med denne basisprisen. Jeg får da en fettreguleringssats lik 1,89 kr pr prosentenheter. Dette gjelder for fettinnhold inntil 22%. For det overskytende fettinnhold gis det bare 9/10 av denne satsen:  $1,89*0,9=1,70$  kr pr prosentenheter. Dette sistnevnte skyldes produksjonstekniske forhold som gjør det vanskelig å nyttiggjøre seg alt fett når råstoffet er svært fettrikt.

For makrell eksisterer det altså ingen tørrstoffreguleringssats. Til bruk i modellen regner jeg ut denne via melprisen og melutbyttet og fratrukket mertilknyttet produksjonsgodtgjørelse til fabrikkene. Deretter settes reguleringssatsen i samsvar med modellens basispris. Jeg får da en tørrstoffreguleringssats lik 2,58 pr prosentenheter.

I modellen får jeg da følgende kvantumsuavhengige funksjon for enhetsprisen:

$$P_{mo} = P_{bas} + (FETT_i - FETT_{bas}) * P_{fett} + (TS_i - TS_{bas}) * P_{ts} \quad (64);$$

der  $P_{mo}$  er pris pr hl for makrell til mel- og oljeanvendelse,  $P_{bas}$  er basispris pr hl for makrell til mel- og oljeanvendelse, i modellen lik 67,58 kr,

$FETT_i$  er makrellens fettinnhold i periode i,

$FETT_{bas}$  er basis fettprosent, i modellen lik 22,

$P_{fett}$  er fettreguleringssats, i modellen lik kr 1,89 eller kr 1,70 pr prosentenheter når makrellen henholdsvis har mindre enn eller mer enn 22% fett,

$TS_i$  er tørrstoffinnhold i periode i,

$TS_{bas}$  er basis tørrstoffprosent, i modellen lik 17,2, og

$P_{ts}$  er tørrstoffreguleringssats, i modellen lik kr 2,58 pr prosentenheter.

I figur 5.3. har jeg fremstilt utviklingen av pris til fisker for makrell til oppmaling over året. Kurven er beregnet ut fra de verdier for tørrstoff- og fettinnhold som er lagt inn i modellen.

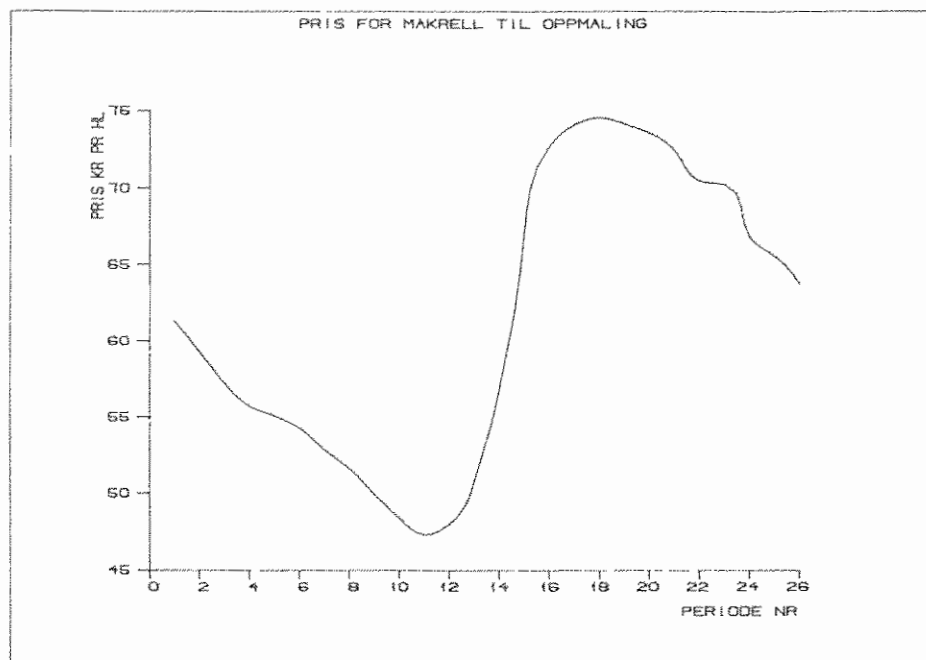


Fig. 5.3. Modellens pris til fisker for makrell til oppmaling; utviklingen over året i takt med modellens varierende fett- og tørrstoffinnhold.

### 5.3. Bestandens restverdi.

Simuleringsperiodens lengde er satt til 50 år. Som kompensasjon for at simuleringen ikke har uendelig tidshorizont beregnes en restverdi som tillegges i slutten av simuleringsperioden. Denne beregnes ved å neddiskontere et tenkt evigvarende fiskeresultat tilsvarende resultatet i simuleringsperiodens siste år. Matematisk vil dette bli uttrykt slik:

$$\begin{aligned}
 Rv &= \lim_{T \rightarrow \infty} \int_{t=t_2}^T \text{Res} (e^{-\delta t}) dt \\
 &\Downarrow \\
 &= \text{Res} (1/\delta) e^{-\delta t_2} \quad (65); \text{ der}
 \end{aligned}$$

$Rv$  er bestandens restverdi,

$\text{Res}$  er det økonomiske fiskeresultatet i simuleringsperiodens siste år,

$t_2$  er simuleringsperiodens lengde,

$T$  er den øvre tidsgrense og

$\delta$  er diskonteringsfaktoren.

Imidlertid må en være observant for at resultatet i simuleringsperiodens siste år kanskje ikke kan oppnås til evig tid. Dette vil være tilfelle dersom bestandsstørrelsen er på vei nedover ved simuleringsperiodens slutt. I så fall vil modellens restverdi bli for høyt vurdert.

## 6. KOSTNADER.

Ringnotbåtene driver som regel flere fiskerier, og har gjerne alternative driftsmuligheter i store deler av året. Et fiske etter Nordsjømakrell vil gjerne bare være et av mange driftsalternativer for en ringnotbåt. Jeg forutsetter derfor at de fartøyene som benyttes i fiske etter Nordsjømakrell vil være i drift 300 dager pr år uansett hvor lenge de benyttes i makrellfisket.

Alle kostnadsfaktorene forbundet med å fiske blir betraktet som variable d.v.s. driftsavhengige, ettersom det benyttes et langsiktig tidsperspektiv (jmfør kapittel 2.3.2.), og ettersom det forutsettes at båtene drifter 300 dager pr år uansett lengden på makrellsesongen.

Dataene som kostnadspostene bygger på er hentet fra Edgar Henriksens arbeider om samfunnsøkonomiske kostnader for ringnotfiske. Resultatene av disse arbeidene er gjengitt i Henriksen (1984). Som datagrunnlag har han hovedsaklig benyttet publikasjonen "Lønnsomhetsundersøkelser for fiskefartøyer 13. m. 1. 1. og over" for årene 1978 - 1981 (Anon., 1978b, 1979, 1980a og 1981a). Kostnadstallene som benyttes i modellen er indeksregulert etter "Produsentprisindex for produksjon av verkstedprodukter" som er oppgitt i Statistisk Arbok (Anon., 1980b og 1983d).

Jeg har i modellen inndelt kostnadene i fire poster. Av disse er tre direkte proporsjonal med tiden (antall perioder) i fisket. Disse tre postene er kapitalkostnader, mannskapskostnader samt diverse kostnader. Den fjerde posten er drivstoffkostnader. Disse siste varierer etter tidsforbruket i de ulike operasjoner,

slik disse er beskrevet i kapittel 4.1.2.

Modellen har tre ulike båttyper. De ulike båttypene har naturlig nok ulike kostnadsposter. Kostnadspostene for båttype 1 er basert på "Lønnsomhetsundersøkelsenes" data for de minste ringnotbåtene; d. v. s. båter mindre enn 4.000 hektoliter konsesjonsvolum. Båttype 2 og 3 er begge av samme størrelse (jmfør kapittel 4.1.1.). For både båttype 2 og 3 blir kostnadspostene beregnet på grunnlag av dataene for ringnotbåter større enn 8.000 hektoliter konsesjonsvolum.

### 6.1. Kapitalkostnader.

Som kapitalkostnader regnes alle kostnader som er forbundet med investering i og vedlikehold av realkapital. Kapitalkostnadene utgjøres av tre poster. Det er kapitalslit, alternativkostnad på kapital og forsikringer.

Kapitalslit utgjøres igjen av vedlikeholdskostnader og avskrivninger. Vedlikeholdskostnadene benyttes direkte fra "Lønnsomhetsundersøkelsene", der de gjennomsnittlige tall for de tre foregående år er gjengitt for hver båtstørrelsesgruppe.

Avskrivningene er i "Lønnsomhetsundersøkelsene" beregnet ut fra driftsmiddelets gjenanskaffelseskost. Avskrivningssatsene er i størrelsesorden 5,3 til 6,4 prosent, hvilket betinger en avskrivningstid på 16 til 19 år. Dette synes som en svært lang avskrivningstid. Vassdal (1977) gir en rekke avskrivningsprosent etter den lineære avskrivningsmetoden. Der gis fartøyer en avskrivningsprosent på mellom 5 og 8 prosent, og maskiner, instrumenter og redskaper gis en avskrivningsprosent på mellom 10 og 25 prosent. På bakgrunn av disse satser settes en generell avskrivningssats for all investert kapital på 10%.

I "Lønnsomhetsundersøkelsene" benyttes tall for kalkulatoriske renter på egenkapital pluss betalte gjeldsrenter. De betalte gjeldsrentene inneholder også relativt billige lån fra Statens Fiskarbank. Kapitalsiden kan også være noe subsidiert gjennom Distriktenes Utbyggingsfond. Det synes derfor riktigere å



benytte et rentekrav for all investert kapital. Kartevoll m. fl. (1980) argumenterer for en reell avkastningssats på 7% som kapitalens samfunnsøkonomiske alternativkost. Denne blir brukt i min modell.

Forsikringer er en kostnadspost som angir kostnaden det medfører å fordele alt tap på realkapitalen mellom alle aktørene i fisket. Med den eiendomsstruktur vi har i dag i ringnotflåten, med mange og (relativt) små enheter, vil det være riktig å betrakte forsikringspremiene som en samfunnsøkonomisk kostnad for å sikre den enkelte mikroenhet mot store tap.

På bakgrunn av det ovenfor nevnte, blir kapitalkostnadene for de to aktuelle båttypene som gitt i tabell 6.1. I tabellen er kapitalkostnadene også utregnet pr dag. Jeg har da gått ut fra at båtene drifter 300 dager pr år og fordelt kapitalkostnadene etter dette.

Tabell 6.1. Kapitalkostnadene som benyttes i modellen. Kapitalkostnadene pr dag er utregnet under forutsetning av at båtene drifter i 300 dager pr år.

Båttype:	1	2 & 3
Kapitalkostn. pr år, kr:	3.221.647	6.501.814
Kapitalkostn. pr dag, kr:	10.739	21.672

## 6.2. Mannskapskostnader.

For fiskeflåten utgjør mannskapskostnadene ofte en viss prosentandel av fartøyets fangstinntekter, fratrukket visse kostnadsposter som avtalt i tariffene for det aktuelle fiskeriet.

I min modell finner jeg det formålstjenlig å benytte alternativkostnaden for arbeidskraft. Denne alternativkostnaden skal angi verdien av den best mulige alternative anvendelsen av arbeidskraft i samfunnet. Med stor arbeidsledighet kan det dermed argumenteres for å sette arbeidskraftens alternativkostnad lik null. Med stor arbeidsledighet vil det være overflod av produk-

sjonsfaktoren "arbeidskraft". Det vil derfor ikke være noe offer for samfunnet å gjøre bruk av mer arbeidskraft. Dersom det i motsatt fall ikke eksisterer arbeidsledighet, vil bruk av arbeidskraft i enhver sammenheng gå på bekostning av annen arbeidskrafttrengende virksomhet.

Selv om det eksisterer reell (og stor) arbeidsledighet, vil det etter min mening være uriktig å benytte null som alternativkostnad for arbeidskraft. Dersom dette prinsippet gjennomføres i alle samfunnsøkonomiske kalkyler, vil en overhode ikke kostnadsberegne bruk av arbeidskraft. Jeg finner det riktig å anse arbeidskraft som en produksjonsfaktor hvis bruk må kostnadsbelegges.

Jeg velger å benytte den gjennomsnittlige industriarbeiderlønn pluss de indirekte sosiale utgifter forbundet med bruk av arbeidskraft som arbeidskraftens alternativkostnad i min modell. I 1983 beløp dette seg tilsammen til 162.800 kroner pr år. Med 300 driftsdøgn blir dette 543 kroner pr mann pr dag.

Mannskapskostnadene blir dermed kroner 543 multiplisert med mannskapsstørrelsen og multiplisert med antall døgn i drift. Det vil imidlertid ikke være mulig for et rederi å skaffe seg et mannskap som er villig til å stå ombord 300 dager i året til vanlig industriarbeiderlønn. Til denne betalingen forutsetter jeg at mannskapet bare er villig til å arbeide det samme antall timer pr år som det ordinære i industrien. Istedenfor å benytte den normale mannskapsstørrelsen som er oppgitt i "Lønnsomhetsundersøkelsene", vil jeg justere antall ansatte i forhold til antall timeverk som utføres i fiske.

Det normale antall arbeidstimer pr årsverk i industrien er 2080 (Henriksen, 1984). Av "Lønnsomhetsundersøkelsene" fremgår det at den normale arbeidstid pr døgn i ringnotfiske for årene fra 1979 til 1982 var 12,1 timer for min båttype 1, og 13,1 timer for båttype 2 og 3. "Lønnsomhetsundersøkelsene" gir videre antall årsverk pr båt, totalt antall driftsdøgn og antall døgn i sjøen. Den normale arbeidstid pr døgn refererer seg til den tiden båten er i sjøen. Når båten ligger i land velger jeg skjønnsmessig å fastsette arbeidstiden til 4 timer pr dag. Under disse forut-

setninger kan jeg nå regne ut antall arbeidstimer som vil bli utført ombord i en båt som drifter 300 dager pr år. Dividert med den ordinære arbeidstiden pr årsverk i industrien, finner jeg så antall normale årsverk pr båt. Jeg finner dermed at båttype 1 vil gjøre bruk av 12,5 årsverk, og båttype 2 og 3 vil gjøre bruk av 19,6 årsverk.

Ved å multiplisere antall årsverk med arbeidskraftens alternativkostnad pr dag, og å multiplisere med antall døgn i fiske etter Nordsjømakrell, finnes så mannsakapskostnadene i modellen.

### 6.3. Drivstoffkostnader.

Drivstoffkostnadene vil som nevnt variere med tidsforbruket i de ulike operasjoner. Disse operasjonene er stiming til og fra feltet, leting og fangsting på feltet samt lossing og andre gjøremål i land (jmfør kapittel 4.1.2.). Drivstoffkostnadene vil under alle operasjoner være sammensatt av to komponenter. Det er hovedmaskinens forbruk og hjelpemaskineriets forbruk, som heretter vil bli kalt sekundærforbruket.

Henriksen (1984) har beregnet hovedmaskineriets normale drivstofforbruk som funksjon av båtens størrelsesgruppe og fart, basert på de gjennomsnittlig installerte hovedmaskinerier. For båttype 1 forutsetter jeg at den vil benytte en stimingsfart på gjennomsnittlig 10 knop til og fra feltet. Dette medfører et gjennomsnittlig drivstofforbruk på 10,6 liter pr nautisk mil. For båttype 2 og 3 forutsetter jeg en gjennomsnittsfart på 11,5 knop. Drivstofforbruket blir for disse båtene blir da 23,2 liter pr nautisk mil i gjennomsnitt. I tillegg kommer sekundærforbruket. Henriksen (op. cit.) har beregnet dette til 18,9 og 40,8 liter pr time henholdsvis for båttype 1 og båttype 2 og 3. Med den i min modell forutsatte fart blir sekundærforbruket henholdsvis 1,9 og 3,5 liter pr nautisk mil. Gjennomsnittlig totalt oljeforbruk pr nautisk mil under stiming blir dermed 12,5 liter for båttype 1, og 26,7 liter for båttype 2 og 3.

Under lete og fangstfasen forutsettes det at båtene benytter 40% av den installerte maskinkraft. Videre forutsetter jeg at hoved-

maskineriet vil være i drift i 75% av lete- og fangstfasen. I makrellfisket er det nemlig vanlig med en stille periode om natten, da makrellen er lite fangstbar. Under disse forutsetninger blir det totale oljeforbruk under lete- og fangstfasen lik 61,4 liter pr time for båttype 1, og 168,6 liter pr time for båttype 2 og 3.

Den tiden båten ligger i land for lossing og andre nødvendige gjøremål har jeg forutsatt at båtene kun benytter hjelpemaskineriet. Oljeforbruket vil da bli utregnet som sekundærforbruket pr tidsenhet multiplisert med tidsforbruket under land.

Som drivstoffkostnad regnes også forbruket av smøreolje. Ifølge Digernes (1981) utgjør smøreoljeforbruket omlag 1 til 2 prosent av drivstofforbruket.

Ifølge Kjerstad (pers. medd.) kostet den vanlige drivstoffoljen (gassolje) 2,11 kr pr liter i 1983. Smøreolje er omlag tre ganger så dyr som gassolje. På bakgrunn av forbruket av og prisen på smøreoljen oppjusteres oljeprisen til drivstoff med 5%. I modellen får jeg da en drivstoffpris på 2,22 kr pr liter.

De totale drivstoffkostnadene pr periode i fiske blir da utregnet som oljeforbruket i de ulike operasjonene multiplisert med antall turer pr periode og multiplisert med oljeprisen.

#### 6.4. Diverse driftskostnader.

Herunder kommer følgende poster fra "Lønnsomhetsundersøkelsene": Is, salt og emballasje, leid arbeidshjelp, telefon samt havneavgift etc. Sosiale utgifter tas ikke med ettersom disse er med under arbeidskraftkostnader. De gjennomsnittlige verdiene indexregulert til 1983-priser gir 341 kroner pr dag i diverse driftskostnader for båttype 1, og 794 kroner pr dag for båttype 2 og 3.

## 7. MODELLSIMULERINGEN.

I kapitlene 3, 4, 5, og 6 har jeg beskrevet de biologiske, produksjonsteknologiske og økonomiske forutsetninger og sammenhenger som jeg benytter i modellen. Ved hjelp av et simuleringsprogram og en datamaskin (regnemaskin) vil så modellen kunne simuleres og resultatene avleses. Disse hjelpemidlene gjør det forholdsvis enkelt å sammenligne resultatene fra ulike utregninger av modellen med varierende input.

### 7.1. Dynamo

Simuleringsprogrammet er formulert i programmeringsspråket Dynamo - F, versjon 4.11. På grunnlag av Kristmannsson (1980) vil jeg kort beskrive dette språket.

Ved hjelp av modellen er jeg altså interessert i å følge utviklingen over tid for biologiske og økonomiske parametre. I Dynamo må dette gjøres trinnvis fra periode til periode. Dersom året inndeles i svært mange perioder vil utviklingen over tid bli tilnærmedesvis kontinuerlig. Mange perioder medfører imidlertid at regnemaskinen vil kreve lengre tid for å utføre en simulering. Valget av antall perioder pr år må derfor bli et kompromiss mellom ønsket om nøyaktighet og tidsforbruket.

En Dynamo ligning må følge denne oppskriften:

Forskrift Variabel=Uttrykk

Forskriftene betegner ligningstype. Disse kan listes opp slik:

L	betegner tilstandsligning,
R	" rateligning,
A	" hjelpeligning,
N	" begynnesverdi for en tilstandsligning,
C	" konstant,
T	" tabell og
S	" supplerende ligning.

Regneoperasjonene utføres en gang for hver periode. Variabel-

navnene må gis en etterskrift som forteller fra hvilken periode variabelverdien er beregnet. I Dynamo er det tilstrekkelig med navngiving av tre perioder. Det er forrige periode, nåværende periode og neste periode. Periodenavnene er henholdsvis .J, .K og .L. Rateligningene har etterskriften .KL (dersom det gjelder en beregning for nåværende periode). Disse ligningene skal angi en endring fra nåværende til neste periode. Begynnelsesverdier, konstanter og tabeller skal ikke ha noen etterskrift.

Følgende eksempel illustrerer en tilstandsligning i Dynamo:

L BIOMASSE.K=BIOMASSE.J+DT\*VEKST.JK

"BIOMASSE" er altså en variabel som beregnes ved hjelp av en tilstandsligning. I tilstandsligningen blir størrelsen "BIOMASSE" fra forrige periode korrigert for endringen fra forrige til nåværende periode gjennom størrelsen "VEKST", som for seg blir beregnet gjennom en rateligning. "DT" angir periode-lengden. Gjennom hele perioden "DT" vil altså "VEKST" være konstant. Jo kortere "DT" er jo oftere vil verdien for "VEKST" bli utregnet.

Det er også verdt å merke seg rekkefølgen som utregningene i Dynamo skjer etter. Først beregnes tilstandsvariablene. Deretter beregnes alle hjelpeligninger. Dersom en hjelpeligning skal beregnes på grunnlag av en annen hjelpeligning blir denne sistnevnte beregnet først. To hjelpeligninger kan ikke være gjensidig avhengig av hverandre. Til slutt blir alle rateligninger beregnet. Deretter blir samme prosedyren gjentatt for neste tidsperiode "DT".

For nærmere beskrivelse og veiledning i bruk av Dynamo viser jeg foruten til Kristmannsson (op. cit.) også til Pugh III (1980) og Lensberg (1977).

## 7.2. Simuleringsprogrammet.

I appendix 2 er simuleringsprogrammet (MAKRDY) gjengitt. De aktuelle input-verdiene som jeg har benyttet er forklart i kapitlene 3, 4, 5 og 6. I simuleringsprogrammet er det også noe

forklarende tekst.

Ved hjelp av programmet "MAKRDY" og CYBER regneanlegg her ved Universitetet i Tromsø utføres så de ønskede beregninger. Programmet kan kjøres med den kombinasjon av variable som er ønskelig. Den eller de variablene en vil ha utregnet verdien for får en så presentert ved å be om utprinting eller utplotting av denne (disse). Utprinting (-plotting) kan en få for hver enkelt periode "DT" eller med de tidsintervall en måtte ønske.

Programmet kan utvides og gjøres mer detaljert enn det er nå, dersom det er ønskelig. Dette må i så fall veies opp mot det økte tidsforbruket både til formulering av ligningene i programmet og til kjøringen av programmet.

Programmet "MAKRDY" har en simuleringstid på 50 år. Dette er ment å være tilstrekkelig for å finne en stabil forvaltning av Nordsjømakrellen. Etersom modellen er deterministisk kan vi fastslå at den beste forvaltning på lang sikt vil være stabil fra år til år. Hva denne stabile løsning innebærer og hvordan en skal komme dit vil så være mulig å finne ved å sammenligne flere ulike forvaltningsforslag.

### 7.3. Programstyrt simulering.

Det er utarbeidet programmer 1) som foretar gjentatte kjøringer av programmet "MAKRDY" med ulike kombinasjoner av variable, og deretter ordner disse resultatene i en egen resultatfil. "Resultatene" vil i dette tilfelle si nåverdien av alt fremtidig økonomisk resultat, årlig fangstmengde til de to ulike anvendelser samt gytebiomassens størrelse ved simuleringens slutt. Disse resultatene kan avleses i tabellform i denne resultatfilen, eller de kan, ved hjelp av et eget program, presenteres i tredimensjonale figurer der to av de mest interessante variablene

- 1) Disse programmene er laget med god hjelp av Sigfus Kristmannsson, tidligere ansatt ved Fiskeriteknologisk Forskningsinstitutt i Tromsø.

varieres på X- og Y-aksen.

Før denne programstyrte simuleringen settes igang leses de ulike variablene som kan og skal varieres inn i en egen datafil.

### 7.3.1. Begrensninger i programstyrt simulering.

Naturlig nok eksisterer det begrensninger for variasjonsmulighetene av de ulike input-variablene. Som nevnt kan programmet "MAKRDY" utvides slik at variasjonsmulighetene blir flere. For den nevnte programstyrte simulering eksisterer det dog noen praktiske begrensninger i variasjonsmulighetene.

Begrensningene gjelder i første rekke variasjonsmulighetene for antall båter som skal benyttes i fisket og når på året de kan benyttes. Når det gjelder antall båter kan simuleringsperioden (på 50 år) bare deles i to. Jeg kan altså ikke øke antall båter gradvis dersom jeg skulle ønske det, uten å endre selve programmet. Fangstsesongen(e) må være lik i hele simuleringsperioden. Endring av fiskeinnsatsmengden ved et bestemt tidspunkt kan altså bare skje gjennom endring av antall båter.

Slike praktiske begrensninger er naturlig nok en svakhet med opplegget. Imidlertid vil de ulike løsningsforslagene måtte begrenses for at arbeidet med simuleringene ikke skal bli altfor omfattende og uoversiktlig.

## 8. ANALYSER AV SIMULERINGSRESULTATER.

Visse forhold i modellen vil kreve eksplisitt drøfting med hensyn til en optimalisering av fangststrategien: Nordsjømakrellen har som tidligere omtalt en sterk sesongmessig vekst. I modellen opereres det med noe tidsvarierende kostnader og i større grad med tidsvarierende produktfunksjon. Produktfunksjonen er også avhengig av fangstmengden (eller innsatsmengden), og av bestandsstørrelsen. Dette får naturligvis innvirkning på de totale kostnadene pr fangstenhet. For konsummakrell gjelder at pris til



fisker er kvantumsavhengige, og for makrell til oppmaling er pris til fisker tidsavhengig som følge av det varierende innhold av fett og tørrstoff.

Disse forhold drøftes i kapitlene fra 8.1. til 8.5. Dernest vil jeg forsøke å finne den best mulige fangststrategien for hver av de tre båttypene. Dette gjøres ved å sammenligne resultater fra ulike fangststrategier. For å begrense sammenligningen vil jeg bare simulere fiske med en båttype av gangen. Til sist vil jeg så gjøre et par sensitivitetsanalyser og beregne indifferensverdier for noen aktuelle variable.

### 8.1. Sesongvekst.

Modellen har innebygget en sterk sesongvekst. Dette illustreres i figur 3.4. for individvekten og i figur 8.1. for gytebiomassen. Figur 8.1. er tillaget ut fra modellen etter at bestanden har fått vokse til omlag en million tonn. I løpet av året skjer det ingen nyrekruttering til gytebiomassen. Dette skjer bare ved

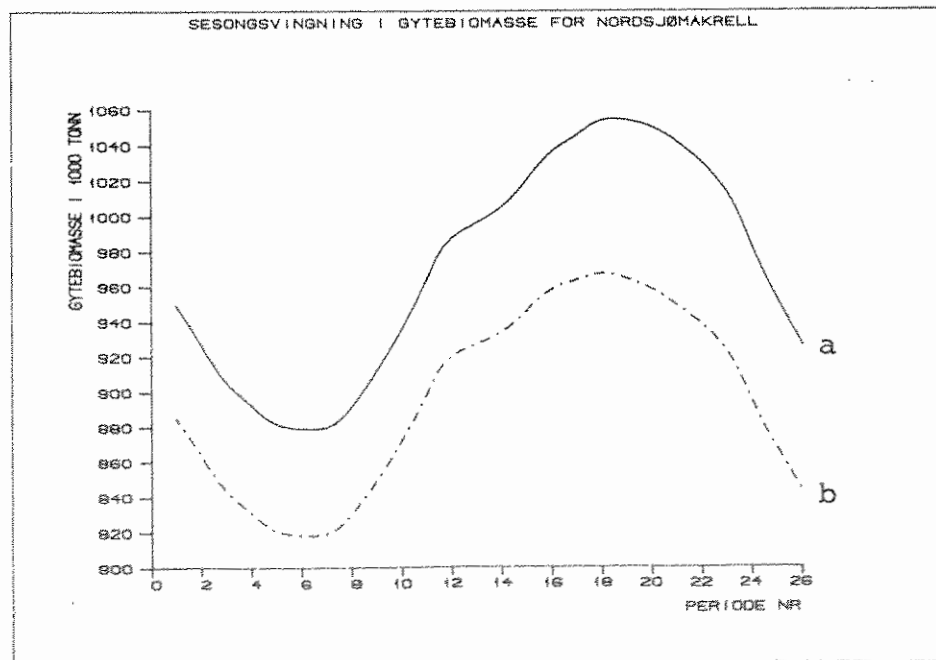


Fig. 8.1. Gytebiomassens svingende størrelse over året, når gytebiomassen er omlag 1 mill. tonn. Kurve a viser sesongsvingningene helt uten fiske. Kurve b viser sesongsvingningene når kystflåten fiske slik som vist i figur 4.1.b.

hvert årsskifte. Antall individer reduseres iløpet av året som følge av dødelighet. I figur 8.1. er det to kurver. Den øverste er gytebiomasseutviklingen helt uten fiske. Den nederste er utviklingen når kystfisket foregår som forutsatt i modellen (jamfør figur 4.1). I denne oppgaven vil jeg altså simulere et ringnotfiske. Kystfisket er en eksogen størrelse, og ringnotfisket i modellen må derfor tilpasse seg en sesongutvikling med kystfiske. De ulike utgangspunktene i periode 1 for de to kurvene er tilfeldige.

I kapittel 2.5.2. om ikkeautonome modeller ble fiske på en bestand med sesongvekst diskutert. Under forutsetning av at prisene var konstante både med hensyn til mengde og tid ble det slått fast at et optimalt vedvarende fiske på en sådan bestand ville være et sesongvis fiske. Av figur 2.11 fremgår det at den optimale sesong vil ligge i perioden mellom tidspunktet der den sesongbetingede veksten er på topp og der den er lik null. Ved slutten av fiskesesongen skal bestanden være redusert gjennom fisket til det nivå der det ikke lenger lønner seg å drive fiske. Dette nivå er forklart i kapittel 2.4.3., og vist i figur 2.8. som  $W_{ff}$ .

Figur 8.2. viser veksten fra periode til periode for gytebiomassen. Denne figuren er beregnet ut fra svingningene i gytebiomassen når det drives kystfiske, slik som det vises i figur 8.1. Vi ser at tilveksten er på topp i periode nr 10 og er positiv til og med periode nr 17. Vi ser dog at den sesongvise veksten har et mindre toppunkt også ved periode 14 og 15. Dette skyldes at makrellen får en ekstra vekst i takt med høstoppløstringen av planktonorganismer i Nordsjøen (jamfør kapittel 3.4.).

Dersom vi sammenligner med figur 2.11. som er drøftet i kapittel 2.5.2. vil den optimale biomassestørrelsen for min modell svinge i takt med figur 8.2. Et optimalt fiske skal videre være sesongvis og begynne tidligst ved begynnelsen av periode 10 og vare til sesongveksten er lik null, altså ved slutten av periode 17.

Det eksempelet som ble drøftet i kapittel 2.5.2. inneholdt en rekke forutsetninger som gjør at det skiller seg fra min modell. For det første inneholdt eksempelet i kapittel 2.5.2. en forut-

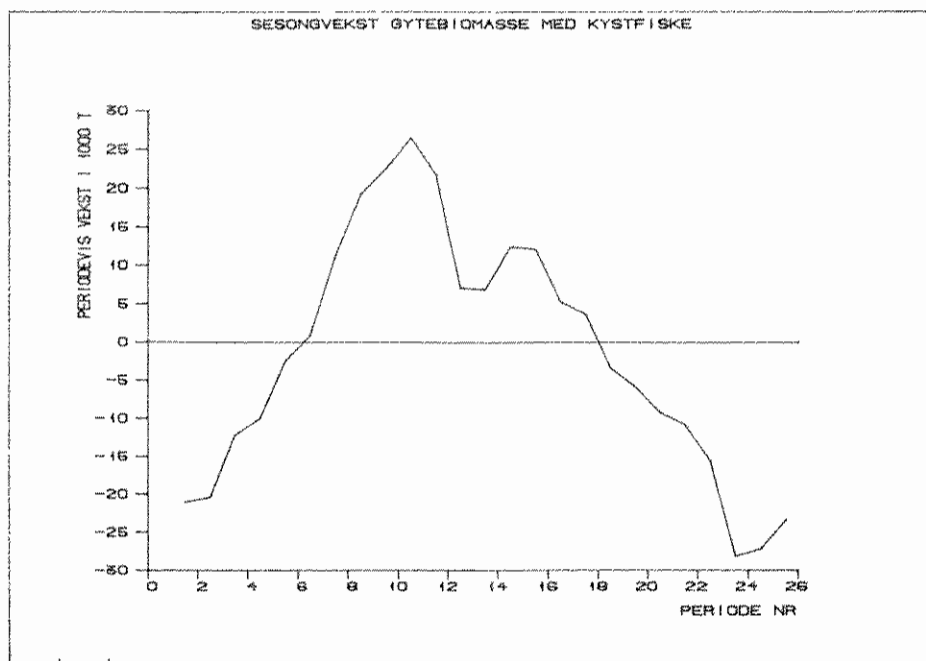


Fig. 8.2. Periodevis tilvekst til gytebiomassen, basert på kurve **b** i figur 8.1.

setning om at  $\beta=1$ . I min modell er som kjent  $\beta=0,13$ . Dessuten er ikke enhetsprisene i min modell konstante. For båttype 1 og 3 er de hverken konstante med hensyn på tiden eller med hensyn på kvantum, mens båttype 2 har priser som er tidsvariable (jmfør kapittel 5.).

Den biologiske sesongveksten vil derfor bare være en av mange faktorer som påvirker en optimal forvaltning.

## 8.2. Tidsavhengige enhetspriser og -kostnader.

På kostnadssiden eksisterer det en tidsavhengighet. Dette skyldes den varierende fangstbarheten over året. Med lengre tidsforbruk til leting og fangsting blir fangstkostnadene pr fangstenhet større.

For prisene til oppmaling har modellen en tidsavhengighet. Dette skyldes variasjonen av fett- og tørrstoffinnhold. For prisene til konsummakrell har vi også en viss tidsavhengighet i og med at det eksogene kystkvantumet påvirker prisene.

Disse forhold svarer også til forutsetningene for en ikkeautonom modell, som omtalt i kapittel 2.5.2. Der ble det fastslått at den optimale bestandsstørrelse vil være svingende. Svingningene vil skje i takt med den relative endring i den såkalte enhetsprofitten. I en periode der den optimale bestandsstørrelse er stigende, må fangstmengden reduseres slik at den aktuelle bestandsstørrelsen kan følge den optimale lei. I en periode der den optimale bestandsstørrelse er avtagende må fangstene økes i den samme hensikt. En forutsetning for en slik strategi er at fangstgrensene  $Y=0$  og  $Y=Y_{\max}$  er tilstrekkelig til at bestandsstørrelsen kan følge den optimale lei. Hvis ikke, og endringene i pris og / eller enhetskostnader er forutsigbar, må en endre fangstmengden en tid i forveien av at den relative endringene i enhetsprofitten skjer. Dette er som sagt drøftet i kapittel 2.5.2.

Den optimale bestandsstørrelse vil stige dersom prisene begynner å stige eller enhetskostnadene begynner å synke. Da bør en altså redusere eller avbryte fisket. Så lenge prisene er jevnt stigende (eller enhetskostnadene er jevnt avtagende), vil den optimale bestandsstørrelsen være konstant stor. Dersom prisene (eller enhetskostnadene) flater ut, vil den optimale biomassen få et negativt skift. Da bør altså fisket økes. Dersom prisene begynner å synke (eller enhetskostnadene begynner å stige) vil den optimale biomassen få nok et negativt skift og fisket bør igjen økes. Denne regelen tilsier altså økt fiske etter at prisene er sluttet å stige og i det samme de begynner å synke (eller omvendt for enhetskostnadene). Dette impliserer altså at fisket bør være størst når prisene er på topp (og / eller når kostnadene er som lavest), hvilket synes svært så selvfølgelig.

Clark og Munro (1975) kaller selv denne metoden for å fastslå den optimale biomassen for en nærsynt regel. Ettersom prisene og kostnadene i min modell beregnes en gang pr periode, og dermed ikke er kontinuerlige funksjoner, vil den optimale biomassestørrelsen heller ikke bli en kontinuerlig funksjon. Det vil dermed være umulig å la biomassestørrelsen følge den optimale lei. Ettersom pris- og kostnadsutviklingen er årvisst og forutsigbar skulle det ikke være nødvendig å følge en sånn nærsynt regel. En kan like gjerne se på enhetsprofittens utvikling over

året, og derav finne de periodene der en bør fiske mest og minst, som følge av prisenes og enhetskostnadenes tidsavhengighet.

De totale kostnader pr fangstenhet for alle tre båttyper er illustrert i figur 8.3. Disse enhetskostnadene vil være gjeldende så lenge fangstmengdene ikke gjør det nødvendig å øke seilingene til nord for Stadt. Vi ser der at enhetskostnadene er lavest i periodene fra nr 16 til nr 19. Dette svarer naturligvis til de periodene der den sesongvariable fangstbarheten er på topp (jmfør figur 4.4.). De høyeste enhetskostnadene får vi i periode 5 og 6 og i periodene 11, 12 og 13. Det vil selvsagt være i de periodene der fangstbarheten er på topp at det er størst sannsynlighet for at fangstmengdene gjør det nødvendig også å levere Nordsjømakrell nord for Stadt. Dette vil i så fall øke enhetskostnadene.

Pris til fisker for makrell til oppmaling er illustrert i figur 5.3. Vi ser der at prisene er lavest i periodene 10, 11 og 12, og at prisene er høyest i periodene fra nr 16 til nr 21.

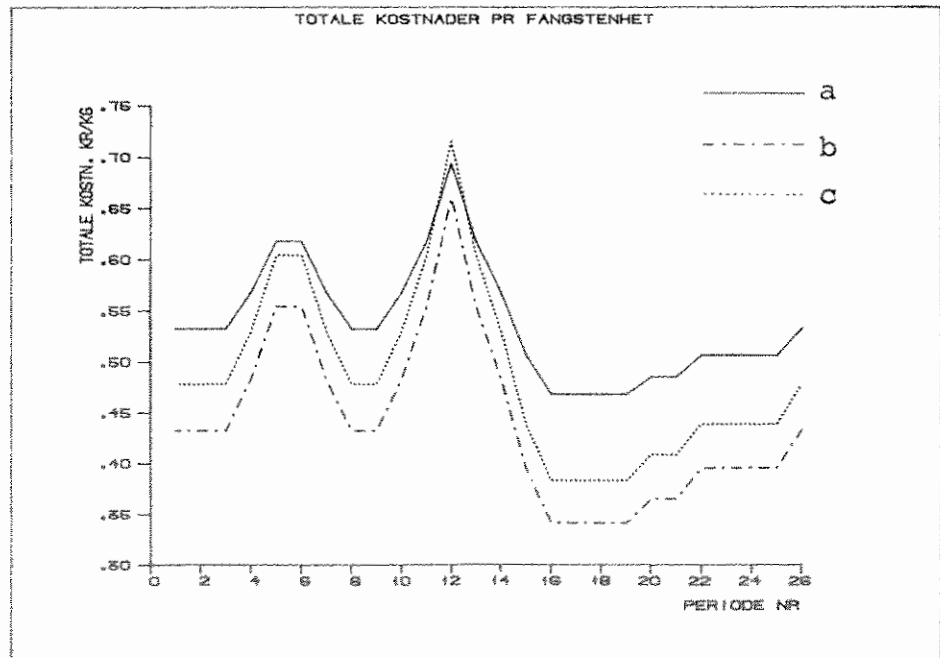


Fig. 8.3. Totale kostnader pr fangstenhet i hver periode, forutsatt at gytebiomassen er 500000 tonn og at ingen båter må levere nord for Stadt. Kurve a gjelder for båttype 1, kurve b gjelder for båttype 2 og kurve c gjelder for båttype 3.

Prisene til fisker for konsummakrell er som nevnt også påvirket av tiden på året. I figur 4.1.b er kystfangstkvantumet pr periode illustrert. Det er dette som medfører tidsavhengigheten for konsummakrellprisene. Hvor mye prisene vil endre seg som følge av kystfisket er avhengig av det endogene ringnotkvantumet til konsumanvendelse. Av figur 4.1.b kan en imidlertid se at prisene begynner å synke fra og med periode nr 9. Prisene vil nå sitt minimum i periode 17 da konsumfisket er på topp. Deretter vil prisene stige igjen inntil kystfisket avsluttes i periode nr 21, og konsumprisene er da tilbake på sitt maksimale nivå. Kystfisket taler altså til fordel for et konsumfiske fra ringnotflåten i tidsrommet fra periode nr 22 på høstparten til periode nr 9 på våren.

Vi kan nå sammenfatte de økonomiske dataene for hver båttype, og finne enhetsprofitten for hver båttype. Etersom prisen til fisker for konsummakrell også er påvirket av kvantumet til denne anvendelse, er det nødvendig å forutsette størrelsen på konsumkvantumet før enhetsprofitten beregnes. De beregningene som nå følger er derfor basert på et konsumkvantum pr periode på 3.000 tonn fra "min" flåte. Av kostnadshensyn er det også nødvendig å forutsette at ingen båter må dirigeres nord for Stadt for levering.

### 8.2.1. Båttype 1.

I figur 8.4.a er enhetsprofitten ( $p(t) - c_y(t)$ ) for båttype 1 illustrert. Jeg har som nevnt forutsatt at konsumkvantumet er 3000 tonn pr periode, i tillegg til kystflåtens kvantum. Vi ser da at enhetsprofitten er størst i periode nr 21, og holder seg nesten like stor til og med periode nr 25. De tidsavhengige prisene og enhetskostnadene argumenterer altså for fiske i disse periodene. Vi ser imidlertid at det hele året er en brukbar størrelse på enhetsprofitten.

### 8.2.2. Båttype 2.

I figur 8.4.b er enhetsprofitten for båttype 2 illustrert. Vi ser at denne er sterkere svingende for båttype 2 enn for båttype 1. I periodene 11, 12 og 13 er enhetsprofitten endog negativ, slik at et eventuelt fiske i disse periodene vil være direkte tapsbringende. Den største enhetsprofitten oppnås i periode nr 18, mens både perioden før og etter denne har nesten like stor verdi på enhetsprofitten. Den sterke svingningen for enhetsprofitten hos båttype 2 vil gi et sterkere argument for sesongfiske enn hva som var tilfelle for båttype 1.

### 8.2.3. Båttype 3.

Enhetsprofitten for båttype 3 er illustrert i figur 8.4.c. Vi ser at enhetsprofitten svinger fra bunnivået i periode nr 12, som er samme bunntidspunkt som for de to andre båttypene, til toppnivået i periode nr 19. Vi ser at for båttype 3 som fisker både til konsum og til oppmaling vil toppunktet for enhetsprofitten komme mellom toppunktet for båttype 1 og båttype 2. Enhetspro-

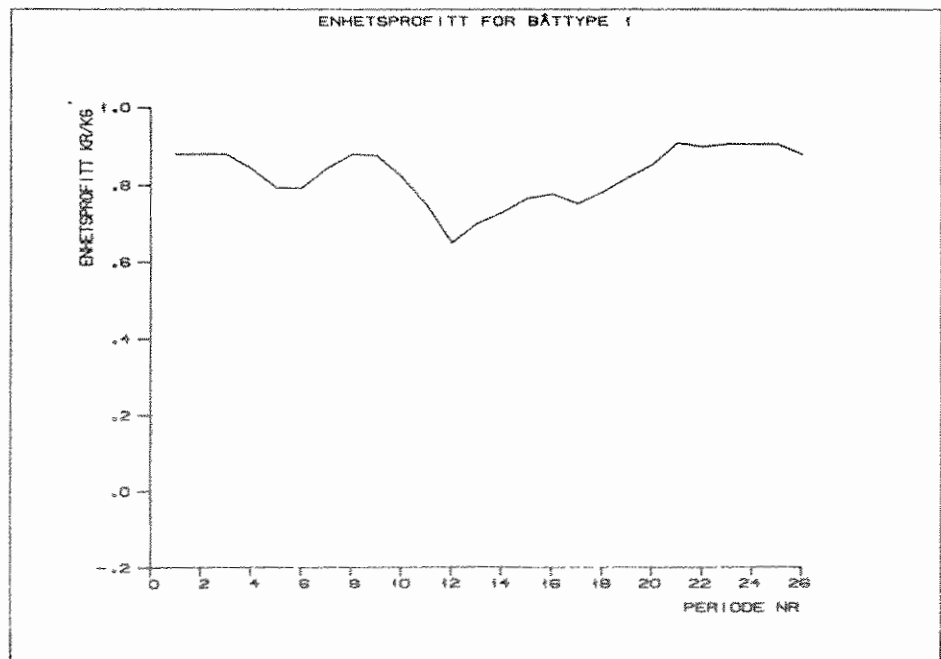


Fig. 8.4.a Enhetsprofitten i hver periode for båttype 1, forutsatt at gytebiomassen er 500000 tonn og at ingen båter må levere nord for Stådt.

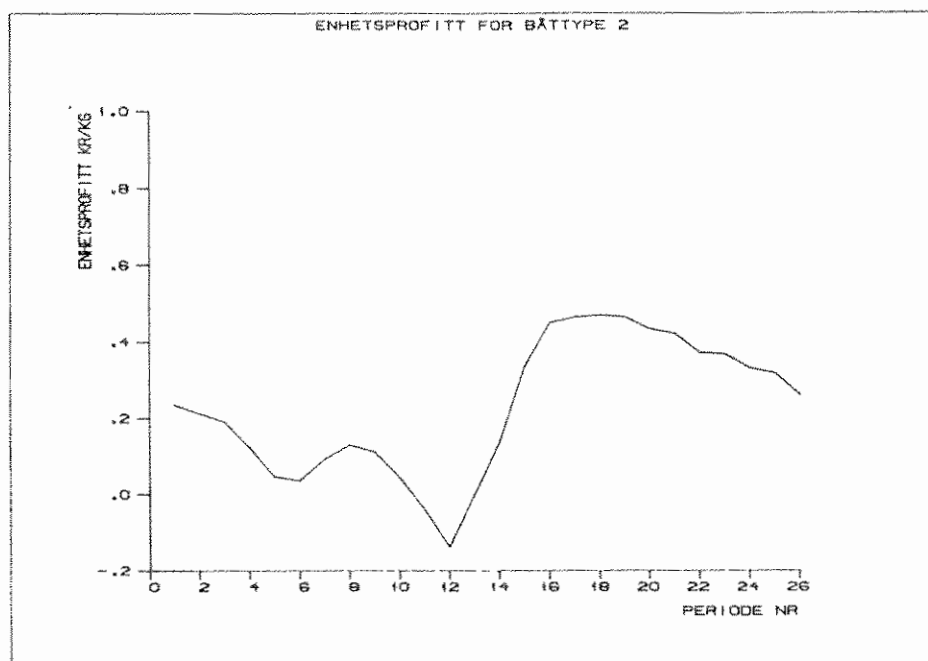


Fig. 8.4.b Enhetsprofitten i hver periode for båttype 2, med samme forutsetninger som i figur 8.4.a.

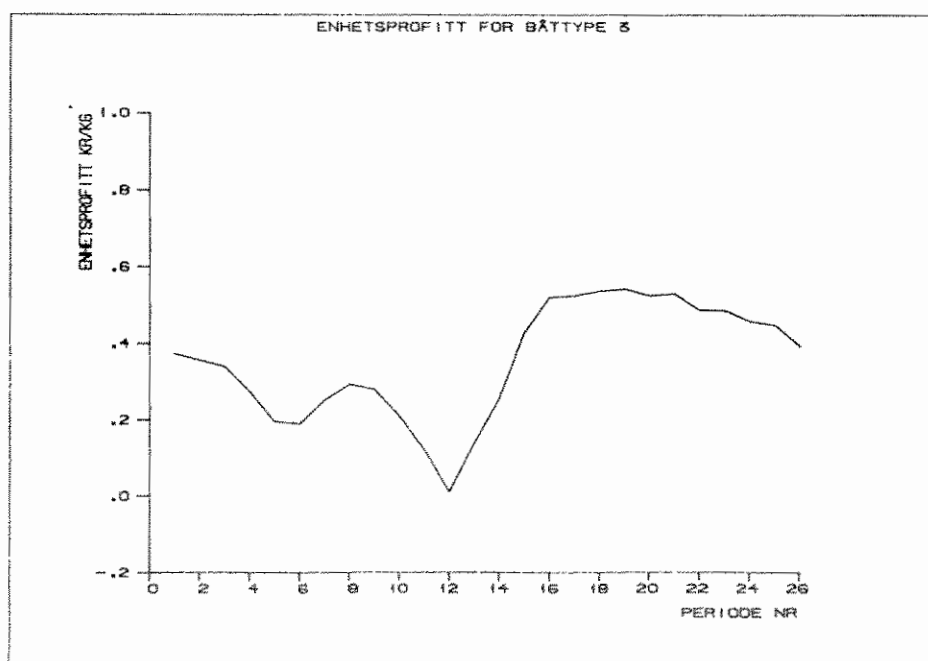


Fig. 8.4.c Enhetsprofitten i hver periode for båttype 3, med samme forutsetninger som i figur 8.4.a.

fittens svingninger er også sterkere enn hos båttype 1 men svakere enn hos båttype 2.



### 8.3. Kvantumsavhengige priser.

For konsummakrell har jeg forutsatt at prisene vil være kvantumsavhengige. Dette er illustrert i figur 5.1. Dette forhold er diskutert i kapittel 2.5.3. om ikkelineære modeller. Jeg finner dog ingen grunn til å trekke konsumentoverskuddet inn i analysen. For det første begrunnes den kvantumsavhengige prisen (i kapittel 5.1.1.) delvis i det nevnte monopolet på det godt betalende markedet for fersk makrell. Fra dette marked trekker Norges Makrellag ut en stor del av merprisen. Hvor mye som da er igjen som rent konsumentoverskudd har jeg intet grunnlag for å tallfeste.

Makrellagets kjøpere utgjøres for det aller meste av næringsdrivende tilvirkere. Disse er konkurrenter, slik at konsumentoverskuddet altså ikke vil tilfalle konsumentene direkte.

De kvantumsavhengige priser for konsummakrell gjør at fiskeflåten sett under ett må forholde seg til en fallende etterspørselskurve, slik som vist i figur 2.12. Optimal produksjonsmengde (fangstmengde) vil dermed bli ved en lavere mengde enn dersom prisene var konstant lik utgangspunktet.

### 8.4. Innsatsavhengig produktfunksjon.

På grunn av den begrensede mottakskapasiteten vil fangstmengden ikke være proporsjonal med fiskeinnsatsen. Når fangstmengdene overskrider mottakskapasiteten sør for Stadt, vil seilingsdistansene øke. Fangstmengden blir dermed underproporsjonal med fiskeinnsatsen, og de totale kostnadene pr fangstenhet vil være stigende med stigende fiskeinnsats, og dermed også stigende med stigende fangstmengde. Dette er også et forhold som vil medføre ikkelineær modell. Når enhetskostnadene er stigende med stigende fangstmengde, medfører det at tilbudskurven i figur 2.12 er stigende. Vi ser dermed at optimal tilpasning vil skje ved en mindre produsert mengde enn dersom enhetskostnadene var konstant lik utgangspunktet.

### 8.5. Bestandsavhengig produktfunksjon.

I kapittel 2.5.1. diskuteres en autonom og lineær modell. Der omtales den såkalte tetthetseffekten. Etersom min modell har bestandsavhengig produktfunksjon (jamfør kapittel 4.1.4.), vil tetthetseffekten gjøre seg gjeldende. Som vist i kapittel 2.5.1. vil tetthetseffekten medvirke til at den optimale bestandsstørrelse blir større enn dersom produktfunksjonen er uavhengig av bestandsstørrelsen.

### 8.6. Optimal fangststrategi.

De forhold som er omtalt i de fire foregående underkapitler må så sammenholdes, slik at den best mulige fangststrategien kan velges. For å finne denne benytter jeg den i kapittel 7.3. omtalte programstyrte simuleringen av dataprogrammet "MAKRDY". Ulike kombinasjoner av antall båter og sesonglengde blir forsøkt inntil jeg finner den kombinasjonen som gir det beste resultatet i form av den høyeste nåverdien. Disse resultatene blir så sammenlignet for de tre ulike båttypene.

Et spørsmål er hvor stor biomassen skal være før et vedvarende årlig fangstutbytte blir høstet. For det første må en finne ut om det ut fra den økonomiske verdisetting som modellen har, er grunnlag for å drive et vedvarende fiske etter nordsjømakrell. I kapittel 8.2. såg vi at modellen ga muligheter for et positivt økonomisk resultat for et ringnotfiske etter nordsjømakrell. Imidlertid er det en mulighet for at en rask nedfisking av bestanden med relativt store fangster i et eller noen få år vil gi det beste resultatet. I modellen har vi ikke med noen beskyttelsesbegrunnet skyggepris på de siste eksemplarene av nordsjømakrellbestanden slik at bestanden skal være beskyttet mot utfisking. En sådan skyggepris vil en kunne argumentere for dersom denne oppgaven gir til resultat at en utfisking vil være den økonomisk sett gunstigste løsning.

### 8.7. Utfisking eller oppbygging?

Dersom vi nå ser bort fra alle ikkeautonome og ikkelineære faktorer, kan vi finne den optimale bestandsstørrelsen som beskrevet i kapittel 2.5.1. Der ble det fastslått at vi har maksimal nåverdi når biomassen er ved den størrelsen der det marginale utbyttet i det nåværende fisket tilsvarer det marginale vedvarende fremtidige utbyttet. Vår avgjørelse om å fiske eller ikke fiske i dag vil ha innvirkning på bestandsstørrelsen i morgen og dermed også på et fremtidig fiske på vedvarende basis.

Den optimale bestandsstørrelse for en autonom og lineær modell er implisitt gitt ved ligning (46) i kapittel 2.5.1. Der ble det fastslått at den marginale fysiske vekst i bestanden, minus den marginale tetthetseffekt skal tilsvare forrentningskravet til det beste alternative investeringsobjektet i samfunnet.

Dersom ligning (46) ikke oppfylles for noen verdi av bestandsstørrelsen, vil vi ikke finne noen optimal likevekts bestandsstørrelse. Det vil da ikke være grunnlag for å benytte samfunnets ressurser i form av arbeidskraft og kapital i et vedvarende fiske. Disse ressursene kan da heller settes inn i en annen produksjonsvirksomhet som gir avkastning lik normal diskonterings-sats.

Venstre side av ligning (46) består av to ledd; den marginale fysiske vekst i bestanden og den marginale tetthetseffekt. Det førstnevnte leddet er en monotont avtagende funksjon av  $W$ , og skifter fra positiv til negativ verdi ved  $W=W_{\max}/2$  (jamfør ligning (4)). Den marginale tetthetseffekten består av flere funksjoner. Det mest dramatiske utslaget for denne vil en få dersom enhetsprofitten i nevneren er tilnærmet lik null. Dersom enhetsprofitten er positiv men svært liten, og  $c_y'(W) < 0$  for alle  $W$ , vil den marginale tetthetseffekt nærme seg minus uendelig, og hele venstre side av ligning (46) vil nærme seg pluss uendelig. Dette vil kunne medføre at venstre side av ligning (46) vil være større enn høyre side for alle verdier av  $W$ , til tross for at den marginale fysiske vekst i bestanden er monotont avtagende med økende  $W$ .

Det vil dog være mer troverdig at en mangelfull oppfyllelse av ligning (46) vil skyldes at venstre side er mindre enn høyre side for alle verdier av  $W$ . Dette kan imidlertid ikke skje dersom enhetsprofitten skifter fortegn ved en viss størrelse av  $W$ . Som ovenfor nevnt vil venstre side av ligning (46) gå mot pluss uendelig dersom enhetsprofitten er like under null i verdi. Dermed kan en fastslå at dersom ligning (46) ikke oppfylles for noen verdi av bestandsstørrelsen, vil fortegnet på enhetsprofitten avgjøre om det økonomisk sett vil være gunstigst å fiske ut bestanden en gang for alle og investere nettoutbyttet i annen virksomhet, eller om en skal neglisjere bestanden i fiskerisammenheng.

I modellen benytter jeg 7% som forrentningskrav (diskonterings-sats). I kapittel 2.5.1. ble det også fastslått at dersom  $\beta=0$ , slik at fangstmengden pr innsatsenhet er upåvirket av bestandsstørrelsen, vil den marginale tetthetseffekt bortfalle. Den optimale bestandsstørrelse for modellen med autonome og lineære forutsetninger vil da være gitt der den marginale fysiske vekst er lik 7%.

#### 8.7.1. Optimal bestand uten tetthetseffekt.

I figur 8.5.a vises den årlige tilveksten til gytebiomassen, som funksjon av gytebiomassen. Figuren er laget på grunnlag av utviklingen av gytebiomassen i modellen fra simuleringsperiodens start til slutt, når en forutsetter at det bare er kystfisket som beskatter bestanden. Kystfiskets mengde er vist i figur 4.1., og den omtalte bestandsutviklingen er vist i figur 8.6. Figur 8.5.a baserer seg videre på biomassestørrelsen i periode nr 18, som er den tid på året da biomassen er størst. Figurens uregelmessige tilvekst ved liten gytebiomassestørrelse skyldes noe ujevn tilvekst til bestanden i simuleringsperioden første år.

Figur 8.5.b viser så den marginale årlige tilveksten som funksjon av gytebiomassen, basert på figur 8.5.a. Vi ser at den marginale årlige tilveksten er lik modellens diskonterings-sats (0,07) når gytebiomassen er tilnærmet lik 920.000 tonn.

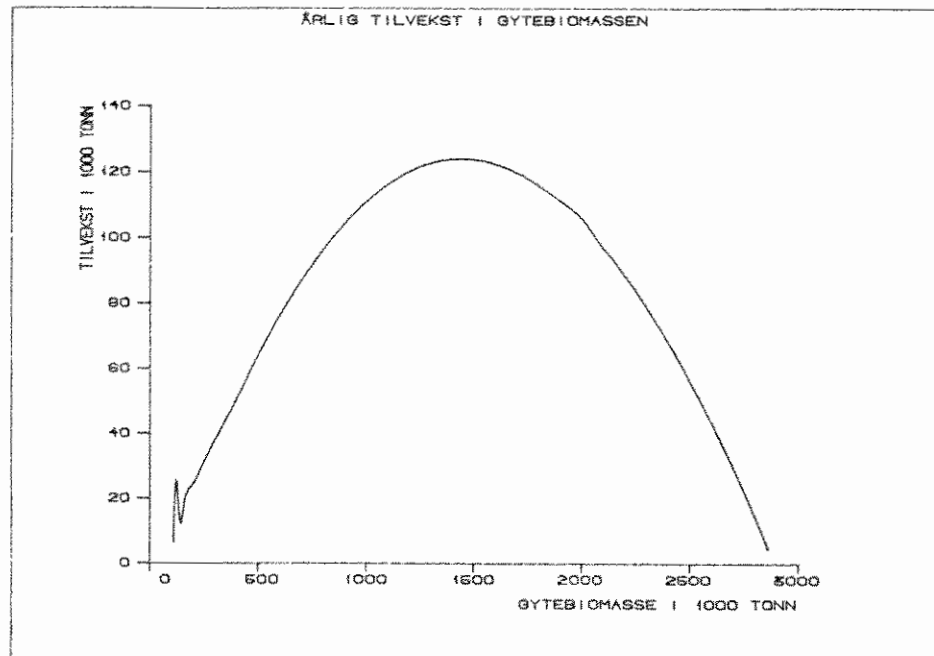


Fig. 8.5.a Arlig tilvekst til gytebiomassen som funksjon av gytebiomassstørrelsen. Kurven er laget på grunnlag av biomasseutviklingen i modellen, med kystfiske som forutsatt i figur 4.1.

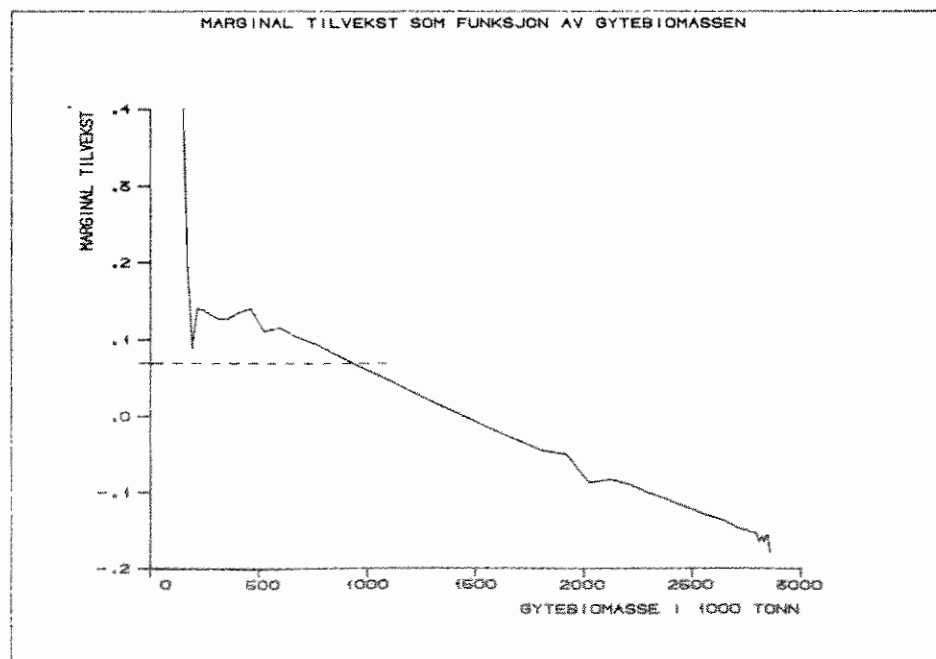


Fig. 8.5.b Marginal relativ tilvekst til gytebiomassen som funksjon av gytebiomassstørrelsen. Kurven er laget på grunnlag av figur 8.5.a.

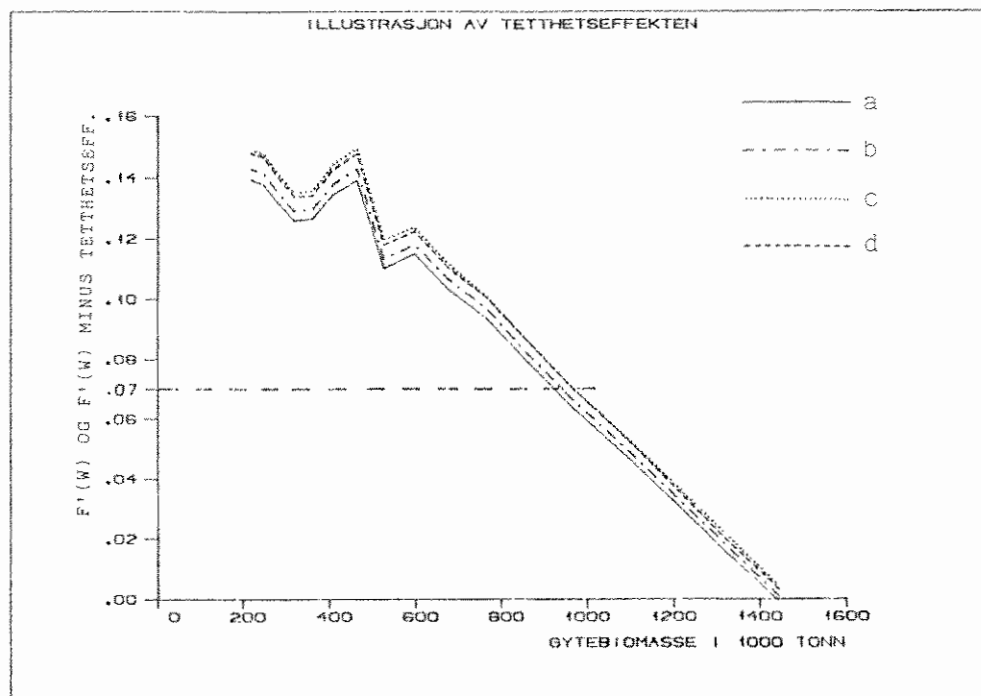


Fig. 8.5.c Kurve a er en forstørret del av figur 8.5.b. Kurvene b, c og d er den marginale relative tilvekst (kurve a) fratrukket den marginale tetthetseffekten for henholdsvis båttype 1, 2 og 3.

Bestandsutviklingen (utviklingen av gytebiomassen) fra simuleringsperiodens begynnelse i 1986 til slutten 50 år senere er vist i figur 8.6. I likhet med figur 8.5., viser figur 8.6. til periode nr 18 ved hvert år. Figur 8.6. viser utviklingen når kystfisket fisker slik som modellen forutsetter, mens ringnotflåten avstår fra å fiske. Vi ser at den biomassestørrelsen som gir marginal tilvekst lik 7%, altså 920.000 tonn, vil nås omkring år 2002 - 2003.

#### 8.7.2. Optimal bestand med tetthetseffekt.

For å beregne tetthetseffekten er jeg nødt til å gjøre forutsetninger om prisen til fisker for de ulike båttypene. For konsummakrell har jeg forutsatt en pris på kr 1,21 pr kg. Denne prisen tilsvarer den gjennomsnittlige pris til fisker eksklusiv prisstøtte for ringnotmakrell i 1983. For makrell til mel- og oljeanvendelse forutsetter jeg en pris på kr 0,735 pr kg råstoff. Dette tilsvarer modellens basispris som gjelder for makrell med 22% fett og 17,2% tørrstoff. For båttype 3 har jeg så regnet ut

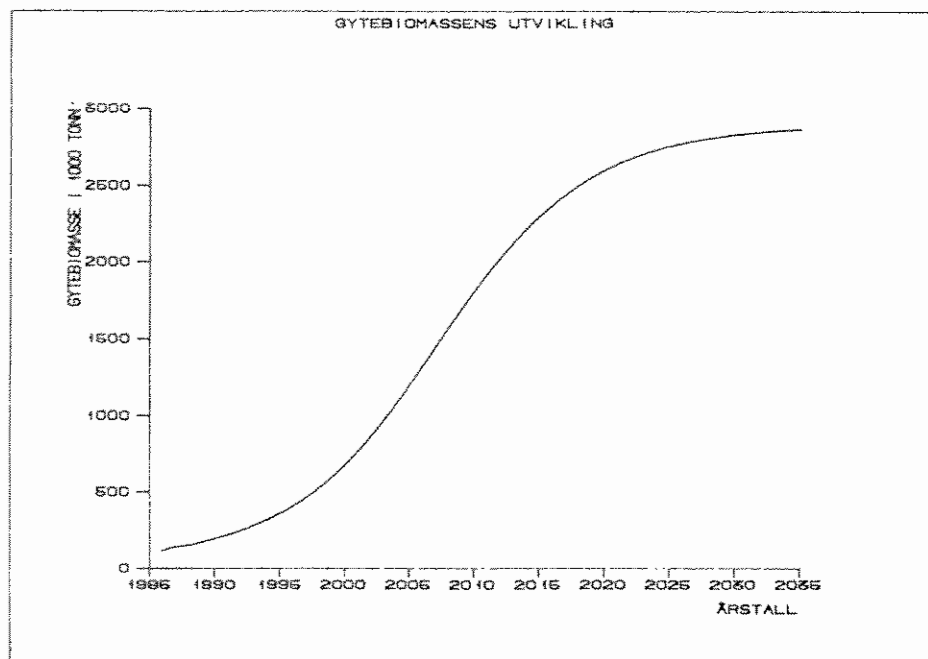


Fig. 8.6. Utviklingen i gytebiomassestørrelsen i modellen fra simuleringsperiodens start til slutt, når det bare fiskes med kystflåten og slik som forutsatt i figur 4.1.

en gjennomsnittspris basert på forholdet mellom mengde konsummakrell og oppmalingsmakrell fra hver tur.

Utrekningene av den marginale tetthetseffekt viser at denne er svært liten. I figur 8.5.c er tetthetseffekten illustrert ved at denne er trukket fra den marginale relative tilveksten, som fortsatt er beregnet på grunnlag av figur 8.5.a. Vi ser der at tetthetseffekten er størst for båttype 2 og 3, som er naturlig ettersom disse båtene har en lavere pris i beregningen av tetthetseffekten. Uten tetthetseffekt vil den optimale bestandsstørrelsen være omlag 920.000 tonn. Med tetthetseffekt ser vi at den optimale bestandsstørrelsen vil være omlag 940.000 tonn for båttype 1, og nærmere 970.000 tonn for båttype 2 og 3. Av figur 8.6. kan en se at en for alle tre båttypene må vente til omlag år 2003 før denne gytebiomassestørrelsen nås.

### 8.8. Fiske med båttype 1.

Modellens fiske med båttype 1 inneholder som tidligere omtalt både ikkelineære og ikkeautonome faktorer. De ikkeautonome faktorer vil trekke i retning av en konsentrert fiskesesong, mens de ikkelineære faktorer vil trekke i retning av en mer langvarig sesong.

Lengden på oppbyggingsperioden vil ikke nødvendigvis bli som omtalt i kapittel 8.7.1., ettersom fiskesesongen ikke nødvendigvis begrenser seg til periode nr 18. I kapittel 8.7.1. var det biomassens vekst fra periode nr 18 det ene året til samme tidspunkt neste år som var grunnlaget for omtaling av oppbyggingsperiodens lengde. Dersom det fiskes til andre tider på året vil dette, på grunn av den sesongsvingende veksten, påvirke bestandens tilvekst. Den beste oppbyggingsperioden vil derfor kunne bli forskjellig fra den som ble omtalt under kapittel 8.7.1.

I kapittel 8.7.2. ble det fastslått at tetthetseffekten ikke har noen praktisk betydning for oppbyggingsperiodens lengde. Derfor vil ikke de ikkeautonome og ikkelineære økonomiske faktorene få noen innvirkning på slutningen i kapittel 8.7.1.

For å illustrere den beste sesonglengden har jeg for hver båttype laget en kurve der det økonomiske resultatet for ett års fiske vises i 1983-kroner, ved sesonglengder fra 1 til 26 perioder. For båttype 1 er denne kurven gjengitt i figur 8.7.

Kurven bygger på at den fangstbare delen av biomassen er konstant lik 500.000 tonn hele året. For hver sesonglengde har jeg så ved hjelp av desimaltall tilpasset antall båter i fisket slik at et års samlet fangstmengde (eksklusive kystfisket) blir lik 60.000 tonn. Dette er en rimelig årsfangst når gytebiomassen er omlag 500.000 tonn. For hver av kurvens sesonglengder må jeg så bestemme starttidspunkt for fiskesesongen. Dette har jeg gjort på bakgrunn av båttypenes enhetsprofitt for de ulike periodene. For sesonglengde lik 1 periode velger jeg naturlignok den perioden som har den høyeste enhetsprofitten. Videre utvider jeg sesongen i den ene eller den andre enden alt etter hvor enhets-



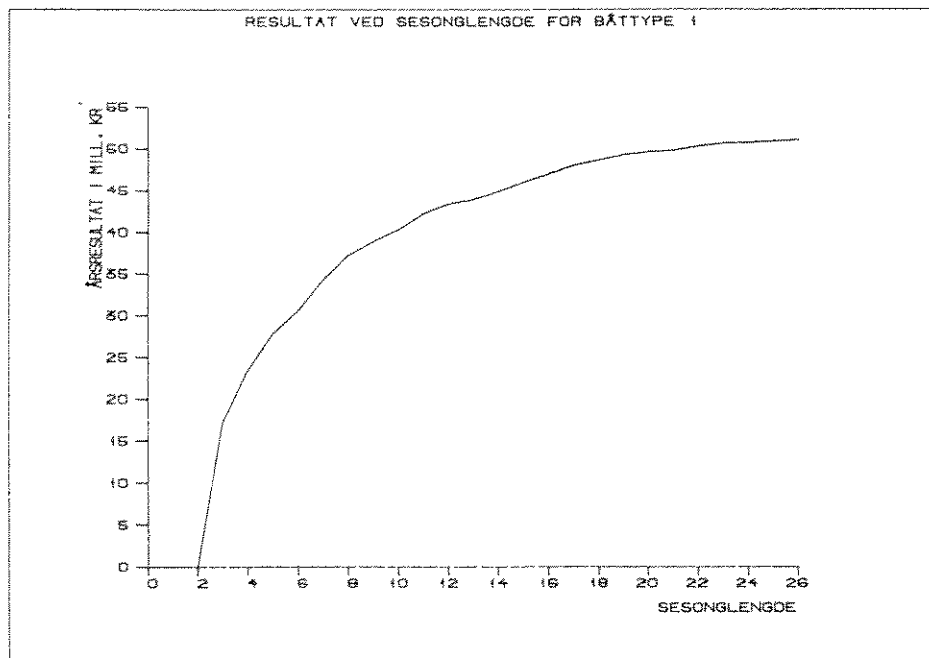


Fig. 8.7. Kurven viser en sammenligning av ulike reguleringsalternativ for båttype 1. Med kort sesonglengde må fisket foregå med mange båter, med lengre sesong kan årskvoten fiskes med færre båter. For nærmere forklaring, se tekst.

profitten er størst, når sesonglengdene øker langs ordinaten.

Med de ovenfornevnte forutsetninger ser vi av figur 8.7. at det for båttype 1 vil være en fordel med lang sesong. Kurven stiger faktisk hele veien, og indikerer dermed at fisket bør vedvare hele året.

I figur 8.8. har jeg så benyttet det gunstigste fiskemønsteret som jeg fant i figur 8.7., og laget en kurve der oppbyggingsperiodens lengde varierer langs ordinaten. I figuren vises det økonomiske resultat fra fisket i hele simuleringsperioden (inklusive restverdien) neddiskontert til nåverdi. Dette er resultatet dersom bestanden holdes konstant fra starten av fisket og resten av simuleringsperioden. I figur 8.8. vises også den årlige vedvarende fangstmengden ved de ulike starttidspunkt for fisket.

Figur 8.8. illustrerer nå hvor lang oppbyggingsperioden bør være. Vi ser at kurven indikerer at fisket bør begynne i år 2000 eller år 2001. Til sammenligning kan en avlese det økonomiske resultatet av å starte et vedvarende fiske allerede fra simulerings-

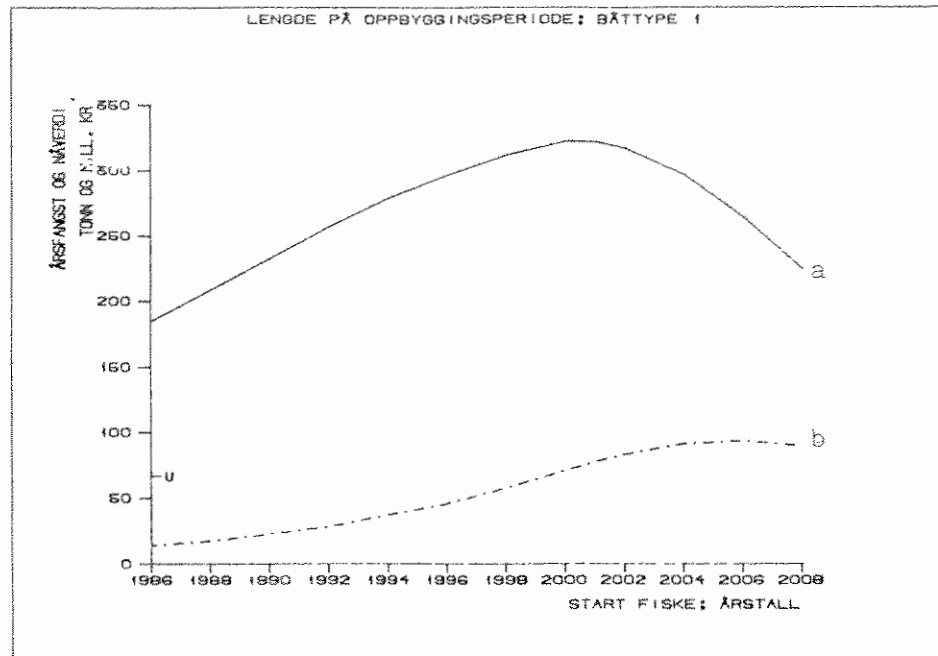


Fig. 8.8. Kurve a sammenligner det økonomiske resultatet i nåverdi for båttype 1, med ulik lengde på en oppbyggingsperiode der bare kystflåten fisker. Kurve b viser det årlige vedvarende fangstutbyttet som kan høstes etter at oppbyggingsperioden er slutt. U angir det økonomiske resultatet av en rask utfisking av bestanden med båttype 1.

periodens første år ved kurvens startpunkt ved abscissen.

De to stegene som er illustrert i figur 8.7. og 8.8. er en såkalt bang-bang løsning som er omtalt i kapittel 2.5.1. om autonome og lineære modeller. Til tross for at modellen inneholder ikke-lineære faktorer for alle tre båttypene, vil en ikke oppnå bedre økonomisk resultat fra fisket ved å beholde et redusert fiske frem til bestanden er oppbygget. Dette har jeg funnet (for alle tre båttypene) ved å kjøre programmet "MAKRDY" med slike alternative kombinasjoner av innsatsfaktorene. Dette er kanskje noe underlig ettersom modellen har en kvantumsavhengig prisfunksjon for konsummakrell. Forklaringen vil nok være at denne prisfunksjonen er forholdsvis flat.

Angående kjøring av "MAKRDY" i den hensikt å finne en optimal fangststrategi, vil jeg igjen minne om begrensningene som gjelder for den programstyrte simuleringen med hensyn til variering av fiskeinnsatsmengden i løpet av simuleringperioden. Disse

begrensningene er omtalt i kapittel 7.3.1.

For illustrasjonens skyld har jeg merket av i figur 8.8. det økonomiske resultatet av fisket som en ville oppnå ved en utfisking av bestanden i simuleringsperiodens første år.

Den programstyrte simuleringen er kjørt for en mengde ulike kombinasjoner av innsatsfaktorer. Jeg finner at den beste løsningen for båttype 1 er i stor grad i samsvar med den løsning som jeg fant via figurene 8.7. og 8.8. Som illustrasjon viser figur 8.9. en tredimensjonal figur med ulike kombinasjoner av antall båter og sesonglengde rundt den beste løsningen jeg fann. Denne (beste løsningen) innebærer en oppbygingsperiode som skal vare til år 2001 da fisket starter i årets første periode. Fisket varer så ved hele året igjennom med 5 deltakende båter. Dette vil gi en årlig fangstmende på 77.000 tonn, som i sin helhet skal gå til konsumanvendelse.

Av figur 8.9. ser vi at en kortere sesong med flere båter gir redusert økonomisk resultat.

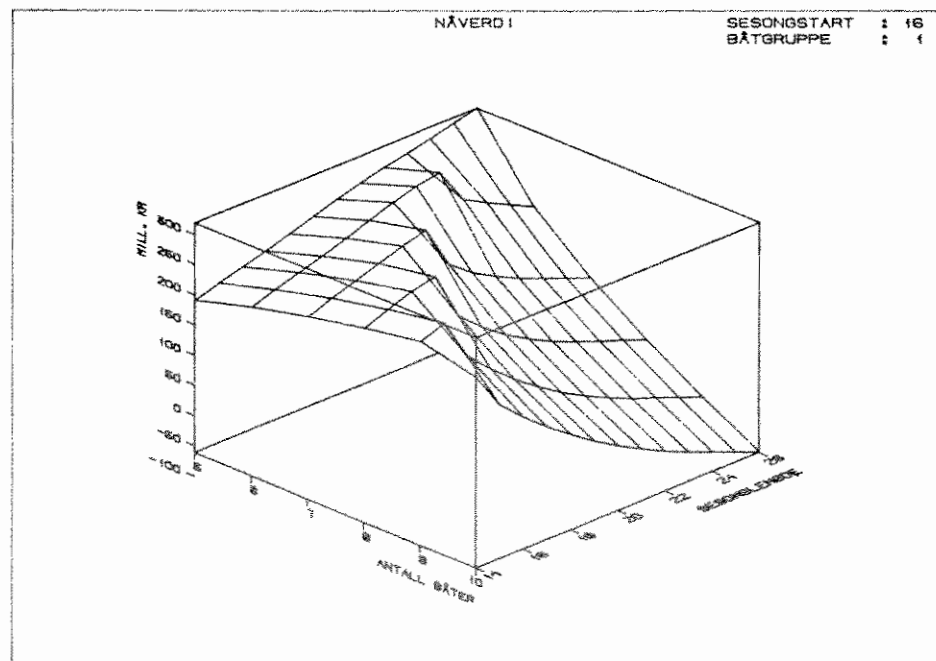


Fig. 8.9. Det økonomiske resultatet i nåverdi av fiske med båttype 1, ved ulike innsatsmengder fra oppbygingsperiodens slutt i år 2001.

Jeg har tidligere forutsatt at båtene drifter i 300 dager pr år, uansett hvor lang- eller kortvarig et makrellfiske i Nordsjøen vil være. De resterende 65 dager pr år er da ment å skulle dekke nødvendig tidsforbruk til puss og reparasjonsarbeid. Når jeg nå finner at båtene skal drive dette fisket hele året igjennom, er dette for såvidt ikke i strid med den tidligere forutsetningen. Løsningen vil imidlertid innebære at det opereres med en tårnordning for Nordsjømakrellfisket. Etersom jeg ikke opererer med noen form for omleggings- eller oppstartingskostnader i fisket, vil ikke dette påvirke resultatet. I henhold til det resultatet som er omtalt for båttype 1, vil totalt antall båter som er helårsbeskjeftiget med dette fisket da være  $5 \cdot 365 / 300 = 6,08$ . Det er ingen absurditet å operere med desimaltall for antall båter, ettersom tårnordningen ikke nødvendigvis må holdes blandt bestemte båter. Tårnordningskabalene trenger heller ikke å "gå opp" innenfor ett enkelt år. Imidlertid har jeg ikke benyttet desimaltall når jeg fant resultatet for båttype 1. Jeg avrunder derfor ved å si at det vil være behov for 6 båter i et helårsfiske ved benyttelsen av båttype 1.

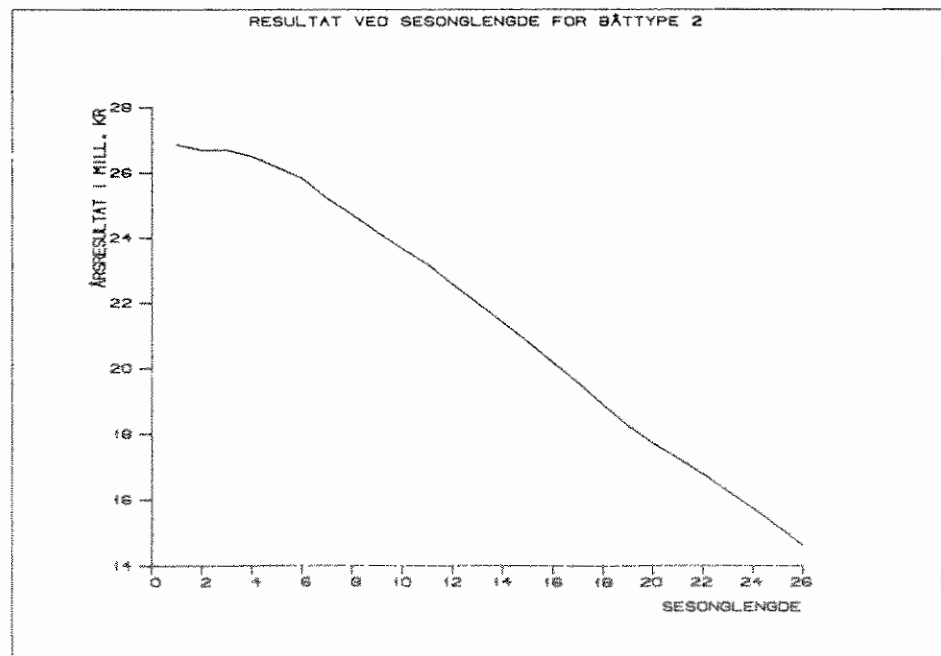


Fig. 8.10. Kurven viser en sammenligning av ulike reguleringsalternativ for båttype 2. Med kort sesonglengde må fisket foregå med mange båter, med lengre sesong kan årskvoten fiskes med færre båter. For nærmere forklaring, se tekst.

### 8.9. Fiske med båttype 2.

Figur 8.10. viser den samme kurven som figur 8.7., men nå for båttype 2. De samme forutsetninger om bestandsstørrelse og fangstinnsats gjelder, og sesongstart blir valgt på samme måte som for båttype 1. Vi ser at for båttype 2 vil en kort og hektisk sesong som bare står på i periode nr 18 være det gunstigste.

Figur 8.11. er den analoge til figur 8.8. for båttype 2. Vi finner her toppunktet for nåverdien ved år 2001 og 2002. Vi ser at et ved varende fiske fra og med 1986 gir langt dårligere resultat enn å la bestanden vokse, også for båttype 2. For illustrasjonens skyld har jeg også merket av det økonomiske resultatet fra en utfisking i løpet av 1986.

Også for båttype 2 finner jeg at den beste løsningen stemmer godt overens med den jeg fant via figurene 8.10. og 8.11. Denne beste

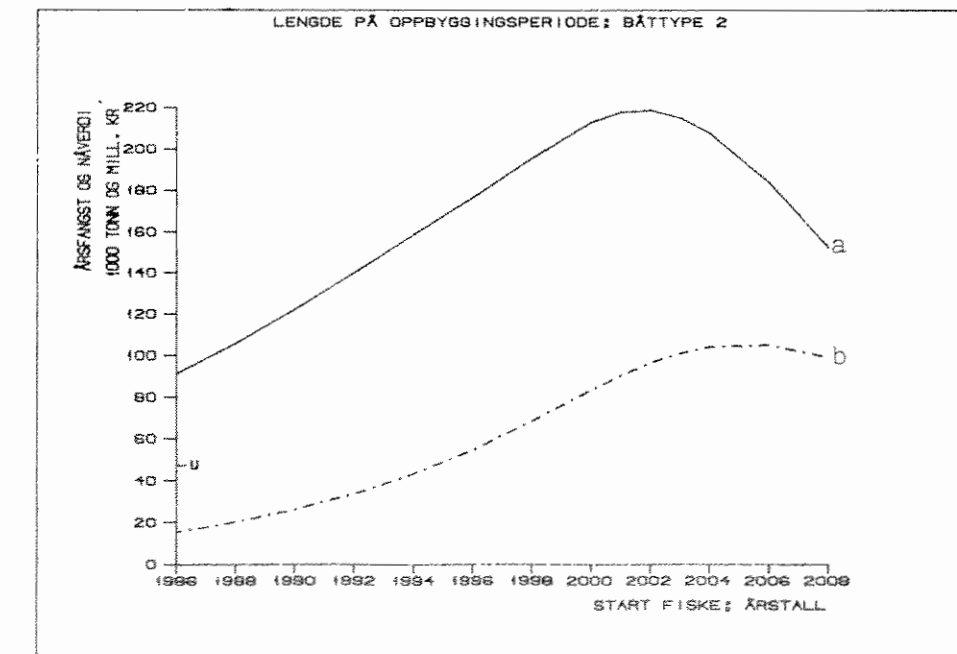


Fig. 8.11. Kurve a sammenligner det økonomiske resultatet i nåverdi for båttype 2, med ulik lengde på en oppbyggingsperiode der bare kystflåten fisker. Kurve b viser det årlige vedvarende fangstutbyttet som kan høstes etter at oppbyggingsperioden er slutt. U angir det økonomiske resultatet av en rask utfisking av bestanden med båttype 2.

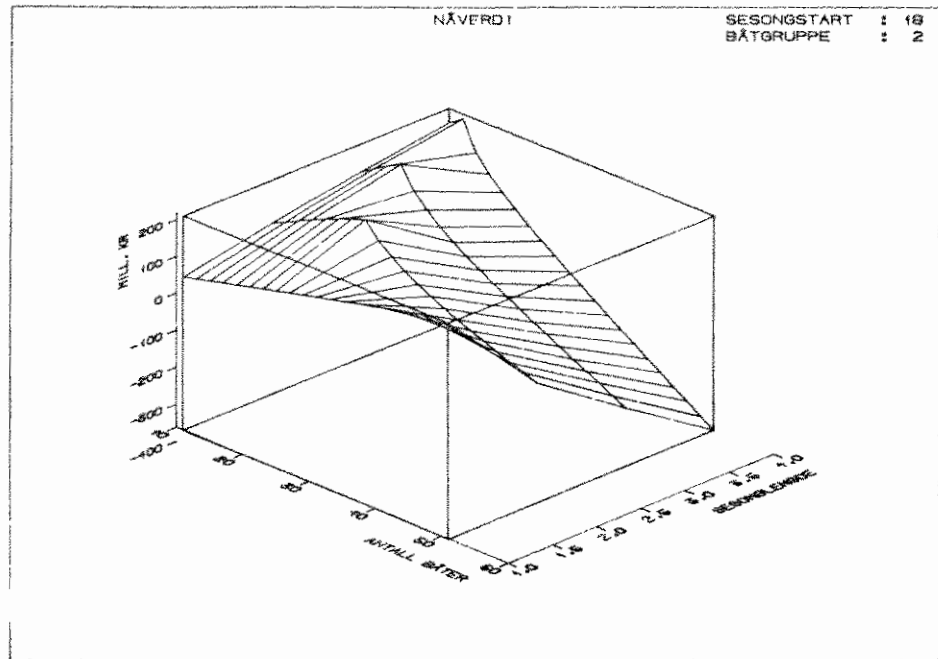


Fig. 8.12. Det økonomiske resultatet i nåverdi av fiske med båttype 2, ved ulike innsatsmengder fra oppbyggingsperiodens slutt i år 2001.

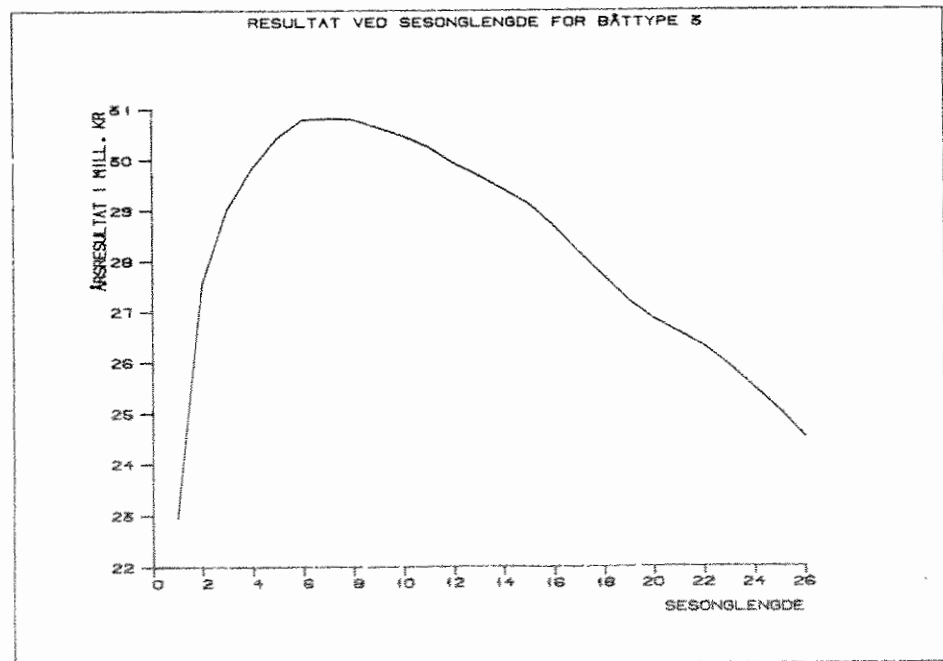


Fig. 8.13. Kurven viser en sammenligning av ulike reguleringsalternativ for båttype 3. Med kort sesonglengde må fisket foregå med mange båter, med lengre sesong kan årskvoten fiskes med færre båter. For nærmere forklaring, se tekst.

løsningen innebærer at fisket skal starte i år 2001. Hvert år skal det så fiskes med omlag 50 båter i en eneste periode, nemlig periode nr 18. Det årlige fangstutbyttet som går til mel- og oljeanvendelse blir da omkring 90.000 - 91.000 tonn.

En tredimensjonal figur med antall båter og sesonglengde rundt den beste løsningen er vist i figur 8.12.

### 8.10. Fiske med båttype 3.

Figur 8.13. viser sesonglengdesammenligning for båttype 3. Den beste fiskesesongen for båttype 3 vil ifølge figur 8.13. være en sesong som varer i 6, 7 eller 8 perioder. Som nevnt i kapittel 8.8. inneholder hver av sesonglengdene langs ordinaten i figur 8.13. en forutsetning om starttidspunktet, basert på enhetsprofiten som er vist i figur 8.4.c. Sesongstart vil være i periode 16 for alle de tre sesonglengdene 6, 7 og 8.

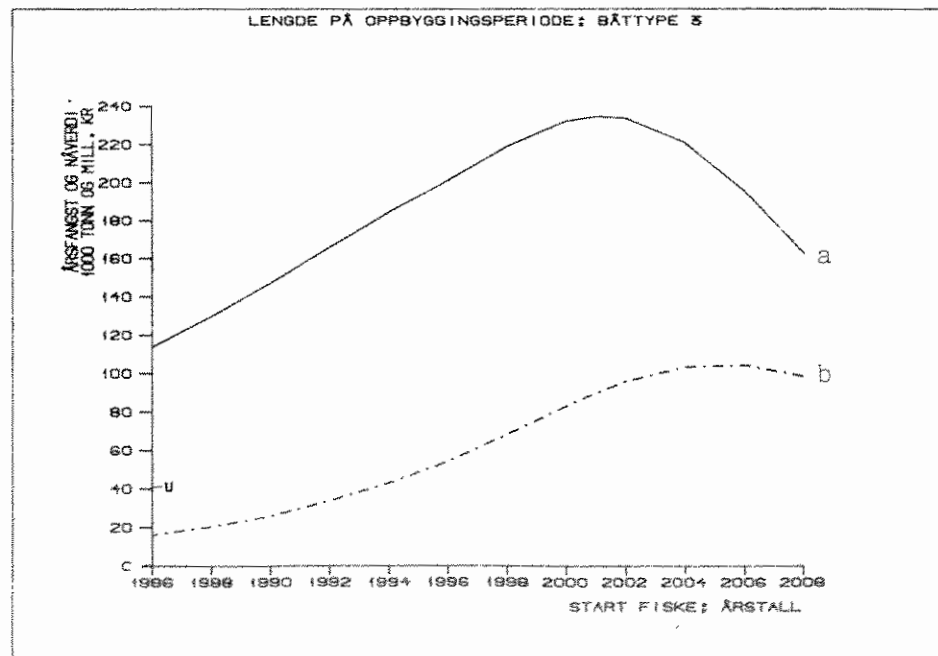


Fig. 8.14. Kurve a sammenligner det økonomiske resultatet i nåverdi for båttype 3, med ulik lengde på en oppbygningsperiode der bare kystflåten fisker. Kurve b viser det årlige vedvarende fangstutbyttet som kan høstes etter at oppbygningsperioden er slutt. U angir det økonomiske resultatet av en rask utfisking av bestanden med båttype 3. ...

Figur 8.14. viser så den beste oppbyggingsperioden, når vi forutsetter at fiskesesongen varer fra og med periode nr 16 til og med periode nr 22. Vi ser der at det også for båttype 3 vil være en fordel å avvente riskeinnsatsen. Den beste oppbyggingsperioden ser vi vil være en som varer til år 2001 eller 2002. I figur 8.14. har jeg, i likhet med de tilsvarende figurer for båttype 1 og 2, også merket av det økonomiske resultatet av en utfisking i løpet av 1986.

Den beste løsningen finner jeg, etter gjentatte kjøringar av programmet "MAKRDY", ved å starte fisket i år 2001. Sesongen skal så vare fra og med periode nr 16 til og med periode nr 20, og det skal fiskes med 11 båter. Dette gir en årlig fangstmengde på 89.000 tonn, hvorav 67.000 tonn går til oppmaling og de resterende 22.000 tonn går til konsumanvendelse. I figur 8.15. har jeg så vist den samme tredimensjonale figur som for båttypene 1 og 2.

Jeg finner en smule uoverensstemmelse mellom figur 8.13. og den ovenfornevnte beste løsning etter kjøringar av "MAKRDY", med hensyn til den beste sesonglengden. Av figur 8.13. fremgår det

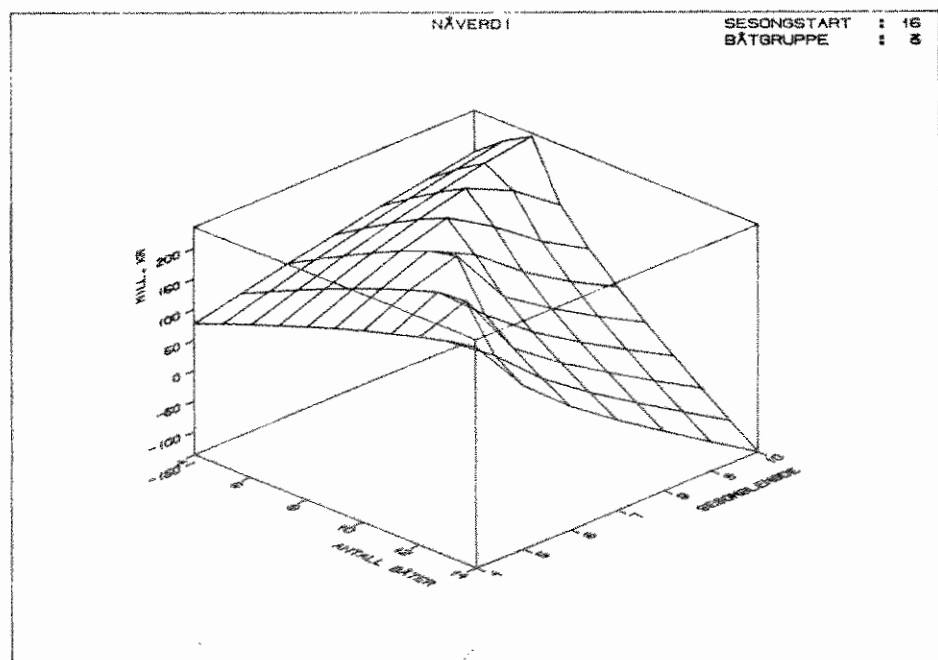


Fig. 8.15. Det økonomiske resultatet i nåverdi av fiske med båttype 3, ved ulike innsatsmengder fra oppbyggingsperiodens slutt i år 2001.



at den årlige fiskesesongen bør vare i 6, 7 eller 8 perioder. I den nevnte beste løsning fremkommer en sesonglengde på 5 perioder som den beste løsning. Årsaken til denne ulikheten er først og fremst at jeg i figur 8.13. har benyttet desimaltall for antall båter i fisket, mens jeg i figur 8.15. bare har benyttet hele tall. Benyttelsen av desimaltall for antall båter under konstruksjonen av figur 8.13. (og figurene 8.7. og 8.10.) er gjort for å få en mer illustrativ kurve, der fangstmengden hele tiden er det forutsatte 60.000 tonn.

## 9. DISKUSJON OG SENSITIVITETSANALYSER.

Vi ser at båttype 1 gir det beste økonomiske resultatet av de tre ulike flåtealternativene i min simuleringsmodell. Resultatene for båttype 1 er til dels betydelig bedre enn resultatene for fiske med de store båtene (båttype 2 og 3).

Jeg vil i det følgende forsøke å diskutere disse resultatene. I den anledning vil jeg foreta sensitivitetsanalyser for et par usikre variabler. Dette gjelder prisen til fisker for konsummakrell, samt kapitalkostnadene for båttype 1.

### 9.1. Sensitivitetsanalyse for konsumprisen.

Pris til fisker er ofte svingende. Dette gjelder både for konsum- og oppmalingsanvendelse. Jeg vil foreta en sensitivitetsanalyse bare på konsumprisene. På den måten vil en få et bilde av hvor lav konsumpris i forhold til oppmalingspris en kan tåle, før konsumfiske blir urasjonelt.

Konsumprisen blir i modellen beregnet som en avtagende funksjon av konsumfangstmengden. I sensitivitetsanalysen av konsumprisen vil jeg bare sammenligne varierende gjennomsnittlige konsumpriser. Jeg vil ikke gjøre noen analyse av selve konsumprisfunksjonen, selv om denne åpenbart har sine svakheter. En sammenligning av resultatene i kapittel 8 gir klart best resultat ved bruk av båttype 1. Imidlertid bør en være oppmerksom på at

konsumprisfunksjonen favoriserer fiskemønsteret til båttype 1 i forhold til fiskemønsteret til båttype 3. Dette skyldes at båttype 1 fordeler sine fangster over hele året, mens båttype 3 fisker mer konsentrert, og overlapper kystflåtens makrellsesong. Til tross for at båttype 1 fisker langt mer konsummakrell enn båttype 3 på årsbasis, vil båttype 1 likevel få høyere gjennomsnittspris for denne konsummakrellen. Konsumprisfunksjonen gir fallende pris ved økende mengde i samme periode, men tar ikke hensyn til konsumleveranser i et større tidsperspektiv. Hvor galt dette er har jeg liten forutsetning for å anslå.

Det beste resultatet av et fiske med båttype 1 som er omtalt i kapittel 8.8., gir en gjennomsnittlig konsumpris på kr 1,36 pr kg. Det beste resultatet av et fiske med båttype 3 som er omtalt i kapittel 8.10., gir en gjennomsnittlig konsumpris på kr 1,20 pr kg. Det vil derfor være interessant å se hvordan konsumprisen innvirker på det økonomiske resultatet for båttype 1 og båttype 3.

Ved andre konsumprisfunksjoner enn den jeg har i min modell, vil også den beste fangststrategien for hver båtgruppe kunne forskiples i forhold til de resultat jeg har kommet frem til. I denne sensitivitetsanalysen vil jeg dog beholde den samme lengden på oppbyggingsperioden såvel som de sesonglengder jeg fann under kapittel 8, for alle tre båttypene.

Resultatene fra sensitivitetsanalysen kan avleses i figur 9.1. Vi ser at fiske med båttype 1 vil være det beste alternativet så lenge den gjennomsnittlige konsumprisen er omlag kr 1,10 pr kg eller mer. Av figur 9.1. ser vi også at fiske med båttype 3 ikke under noen konsumpris vil være det beste alternativet. For at båttype 3 skal gi bedre resultat enn båttype 2, må den gjennomsnittlige konsumprisen være kr 1,13 eller mer pr kg. For at båttype 3 skal gi bedre resultat enn båttype 1 må den gjennomsnittlige konsumprisen være lavere enn kr 1,09 pr kg. Med så lav konsumpris ser vi dog av figur 9.1. at et rent "oppmalingsfiske" (med båttype 2) vil være den beste løsning.

Når fiske til oppmaling foregår, som for båttype 2, utelukkende i periode nr 18, gir dette i modellen en pris til fisker på kr 0,81

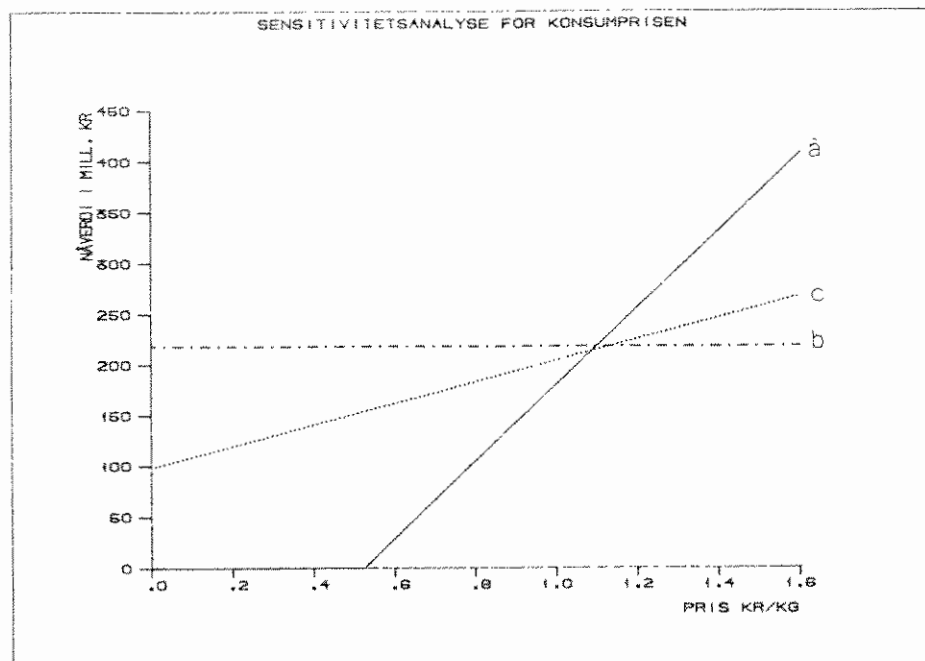


Fig. 9.1. Det økonomiske resultat i nåverdi av båttype 1 (kurve a), båttype 2 (kurve b) og båttype 3 (kurve c), med ulike priser til fisker for konsummakrell.

kr pr kg. Av figur 9.1. ser vi at konsumprisen må ligge omlag 30 øre høyere pr kg råstoff enn denne prisen til oppmaling dersom konsumfiske med små båter skal være gunstigere enn oppmalingsfiske med store båter. Vi ser også at prisdifferansen mellom konsumprisen og oppmalingsprisen må være omlag det samme for at konsumfiske kombinert med fiske til oppmaling med store båter skal være å foretrekke fremfor rent oppmalingsfiske med slike store båter.

## 9.2. Nødvendig merpris for konsummakrell.

I denne oppgaven har jeg delt anvendelsene av råstoffet i to; konsumanvendelse samt mel- og oljeanvendelse (oppmalingsanvendelse). Imidlertid finnes det i dag flere anvendelsesmuligheter av fiskeråstoff enn det som tradisjonelt faller inn under de ovenfornevnte begreper. Nye anvendelsesmuligheter for konsumprodukter vil i det minste øke avsetningsmulighetene innenfor gruppen "konsumanvendelse". Om dette vil medføre bedre gjennomsnittspriser til fisker for konsumleveringer er mer tvilsomt, i hvert fall så lenge den totale etterspørselen etter konsummakrell

er mindre enn den totale fangstmengden av makrell.

Råstoff som går til oppmalingsanvendelse blir som regel oppbevart i bulkrom i fiskebåtene. Dette er den enkleste måte å lagre råstoffet på ombord. I dag finnes det også i høy grad nye anvendelsesmuligheter for bulklevert fiskeråstoff. I første rekke gjelder nok dette ulike fortyper til oppdrettsnæringen, men fremtidsvyer er også blitt trukket opp for anvendelser innen bioteknologi. Dersom nye etterspørrere av bulklevert fisk vil konkurrere med sildemelindustrien om slikt råstoff, er det klart at de må tilby en konkurransedyktig pris. For bulkleveranser kan en altså forvente en økt pris til fisker dersom nye anvendelsesmuligheter øker etterspørselen etter sådant råstoff.

Pris til fisker for makrell til mel- og oljeanvendelse kan en derfor omdefinere til pris for bulklevert makrell. Som nevnt under kapittel 5.2. kan prisene på sildemel og fiskeolje anses som labile. I tillegg kommer altså det ovenfornevnte usikkerhetsmomentet om hvordan nye anvendelsesmuligheter vil påvirke prisene på bulklevert råstoff. Det vil derfor være interessant å undersøke hvordan ulike priser på bulkleveranse vil innvirke på simuleringsresultatene. Dette gjør jeg ved å finne den konsumpris som er nødvendig for at det økonomiske resultatet for båttypene 1 og 3 skal bli det samme som for båttype 2.

Jeg velger å benytte "oppmalingspris" som fellesbetegnelse for pris til fisker for bulklevert råstoff. Den nødvendige merprisen i kr pr kg vises i figur 9.2. Vi ser at den nødvendige merprisen er svakt stigende med stigende oppmalingspris, både for båttype 1 og 3. Dersom vi godtar at båttype 1 vil oppnå en gjennomsnittspris på kr 1,36 pr kg, ser vi av figur 9.2. at oppmalingsprisen må overstige kr 1,03 pr kg for at oppmalingsfiske med båttype 2 skal bli en bedre løsning enn konsumfiske med båttype 1.

Videre ser vi at det er svært liten forskjell mellom den nødvendige merprisen for de to båttypene. Dette er ikke i uoverensstemmelse med den resultatforskjellen jeg fant mellom båttype 1 og 3 i kapittel 8 og omtalt også under kapittel 9.1. En konsumpris utover indifferensprisen vil nemlig gi større utslag på resultatet for båttype 1 enn for båttype 3, ettersom båttype

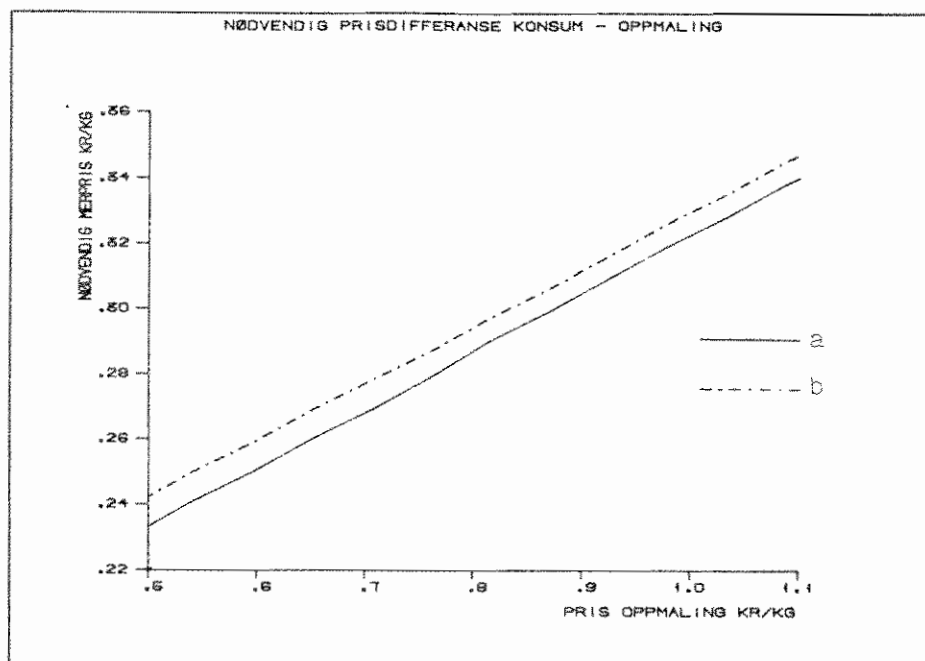


Fig. 9.2. Kurve a viser den nødvendige prisdifferanse mellom konsummakrell og oppmalingsmakrell for at fiske med båttype 1 skal gi det samme økonomiske resultatet som fiske med båttype 2; gitt at oppmalingsprisen er som gitt i modellen. Kurve b gir den nødvendige differanse for båttype 3 i forhold til båttype 2.

leverer hele sin fangst til konsumanvendelse.

Når den nødvendige merprisen ved alle størrelser av oppmalingsprisen er lavere for båttype 1 enn for båttype 3, tyder dette på at det ikke under noen tenkelige kombinasjoner av pris for de to anvendelsesgrupper vil være best å benytte båttype 3. Denne slutningen vil bestyrkes dersom en godtar den prisdifferanse som modellens konsumprisfunksjon gir mellom båttype 1 og 3 i favør av den førstnevnte.

### 9.3. Sensitivitetsanalyse for kapitalkostnadene for båttype 1.

Arsaken til at jeg velger å foreta en analyse på nettopp kapitalkostnadene for båttype 1, er at jeg har en mistanke om at de båtene som utgjør datagrunnlaget for denne gruppen ("Lønnsomhetsundersøkelsen" minste ringnotgruppe) har en høyere gjennomsnittsalder enn de som utgjør datagrunnlaget for de store båtene. Kapitalkostnadene for båttype 1 kan derfor være vurdert for lavt

i forhold til hva som vil være rimelig i en langsiktig modell.

I modellen har jeg benyttet rent driftsavhengige kapitalkostnader (jamfør kapittel 6). For båttype 1 er disse 150.000 kroner pr periode. For båttypene 2 og 3 er kapitalkostnadene 303.000 kroner pr periode.

Resultatene fra denne sensitivitetsanalysen kan avleses av figur 9.3. Vi ser at kapitalkostnadene ikke gir dramatiske utslag for båttype 1. Kapitalkostnadene må økes ganske kraftig før fiske med båttype 1 gir et dårligere resultat enn de alternative båttypene 2 og 3. En økning av kapitalkostnadene med 20% (fra 150.000 kr til 180.000 kr) medfører enn reduksjon av nåverdien på knapt 20 mill. kroner, eller 6,1%. Selv med en sådan økning av kapitalkostnadene vil båttype 1 fortsatt være de to andre båttypene overlegne hva angår økonomisk resultat, gitt at konsumprisfunksjonen holder.

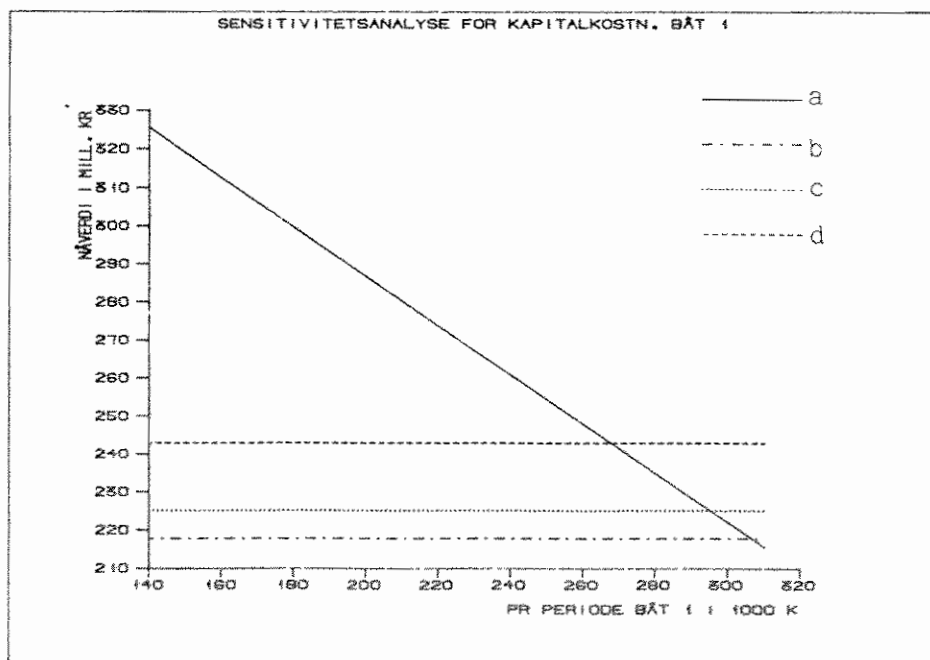


Fig. 9.3. Kurve a viser det økonomiske resultatet i nåverdi for båttype 1, med varierende kapitalkostnader. Kurve b viser det samme resultatet for båttype 2. Kurve c viser det samme resultatet for båttype 3, med gjennomsnittlig konsumpris for denne båttypen på kr 1,20 pr kg, mens kurve d viser resultatet for båttype 3 med gjennomsnittlig konsumpris på kr 1,36 pr kg.

#### 9.4. Avsluttende diskusjon.

##### 9.4.1. Oppbygging av bestanden.

Jeg finner nokså utvetydig at en bang - bang løsning vil gi det beste resultatet. Bestanden av Nordsjømakrell bør altså få vokse helt uten fiske inntil et bestemt bestandsnivå blir nådd. Når fisket settes inn skal det så høste den årlige tilveksten hvert år.

Jeg finner at den marginale tetthetseffekt er helt ubetydelig med hensyn til lengden på oppbyggingsperioden. Dette innebærer at bestanden bør få vokse inntil den marginale relative tilvekst i bestanden tilsvarer samfunnets gjeldende diskonteringsrate. I min modell skjer dette i år 2001, når jeg tillater et visst kystfiske. Dette betyr et totalt stopp i ringnotfisket i 15 år, som er ganske lang tid. I løpet av 15 år kan jo biologiske, teknologiske og økonomiske betingelser endres ganske kraftig.

Av biologisk usikre faktorer kan en trekke frem rekrutteringen, som jo er svært avgjørende for hvor fort bestanden vil vokse. I min modell har jeg laget en jevn rekrutteringsfunksjon. De historiske tall viser at makrellen har en dårlig sammenheng mellom gytebiomassens størrelse og antall rekrutter. På det teknologiske plan kan en blandt annet tenke seg at tetthetseffekten kan gjøre seg sterkere gjeldende om noen år. En kan også tenke seg at tetthetseffekten har sterkere effekt i dag enn jeg har funnet i min modell. Jeg tenker da i første rekke på størrelsen  $\beta$ , som godt kan ha en annen verdi enn den jeg benytter i modellen. Om fisket bør opphøre i 15 år eller mer eller mindre er derfor ikke mulig å si sikkert. Konklusjonen blir imidlertid at fisket bør opphøre, og siden bør den biologiske utviklingen i bestanden ved siden av de til enhver tid gjeldende økonomiske og teknologiske betingelser avgjøre når fisket skal gjenopptas.

En midlertidig stopp også i kystfisket vil selvsagt være gunstig for oppbyggingen av bestanden, og dermed også for det økonomiske utbyttet fra et ringnotfiske på denne bestanden. Om det vil være gunstig med en totalstopp også for kystflåten, må vurderes på

grunnlag av økonomiske undersøkelser for dette fisket. Et usikkerhetsmoment vil være hvilke utslag en totalstopp i makrellfisket vil få på markedssiden. Dersom norsk makrellfiske faller helt bort vil det kunne bli vanskelig å komme inn igjen på viktige markeder. Dette er jo problemer som sildeeksporørene sliter med i dag. Hvordan fiskekvotene bør fordeles mellom kystflåten og ringnotflåten er også et spørsmål som jeg ikke har tatt opp til vurdering.

#### 9.4.2. Vedvarende fiske etter oppbygging.

Jeg vil nå diskutere oppgavens sammenlignende resultater mellom vedvarende ringnotfiske etter Nordsjømakrell med ulike fartøytyper.

La kapitalkostnadene for båttype 1 økes med 20% i forhold til det opprinnelig benyttede i modellen, til 180.000 kr pr periode. Nåverdien reduseres altså da med 20 mill. kroner. Dersom vi nå senker kurven for båttype 1 i figur 9.1. med 20 mill. kr ved alle konsumprisverdier, ser vi at indifferens konsumpris mellom båttype 1 og båttype 3 vil være omlag kr 1,18 pr kg. Denne konsumprisen er 13% lavere enn den gjennomsnittsprisen jeg fikk med fangststrategi som omtalt i kapittel 8.8., og tilsvarer omlag den konsumpris som modellen gir båttype 3 med fangststrategi lik den som er omtalt i kapittel 8.10.

Dersom kapitalkostnadene for båttype 1 er for lavt vurdert, samtidig som konsumprisen til båttype 1 er for høyt vurdert i modellen, vil forspranget for båttype 1 til de to andre båttypene bli redusert. Av disse to faktorene er det konsumprisene som gir de kraftigste utslag i de økonomiske resultatene. Av figur 9.1. ser vi at resultatet for båttype 1 (naturlig nok) er mer følsomt for endring i konsumprisen enn båttype 3.

Som en oppsummering av den forutgående diskusjon, kan en forsiktig konkludere at båttype 1 er det beste flåtealternativet. Dette kan en slå fast med større sikkerhet dersom konsumprisene er i det minste 35 øre høyere pr kg enn prisen for bulkleveranser. Dersom konsumprisene ikke når et slikt nivå, vil marg-



inene mellom rent konsumfiske med små båter og rent "oppmalingsfiske" med store båter bli små, med hensyn til hva som vil være den økonomisk sett beste løsning. Det er imidlertid mye som tyder på at båttype 3 ikke er en aktuell fangststrategi.

I modellen blir pris til fisker for makrell til mel- og oljeanvendelse som nevnt kr 0,81 pr kg dersom alt fiskes i periode nr 18. Med fiske i periodene fra og med nr 16 til og med nr 20, slik som omtalt i kapittel 8.10. for båttype 3, vil den gjennomsnittlige oppmalingspris være kr 0,80 pr kg; altså praktisk talt det samme. Dersom denne prisen til mel- og oljeanvendelse holder stikk, vil en pris for konsumleveringer på omlag kr 1,15 - 1,20 pr kg være tilstrekkelig for at konsumfiske skal være å foretrekke fremfor "oppmalingsfiske".

#### 9.5. Noen kritiske bemerkninger.

##### 9.5.1. Konsumprisen.

Den nødvendige konsumpris jeg fant under drøftingene i kapittel 9.4.2. synes i utgangspunktet som en overkommelig pris til fisker. Imidlertid er det her snakk om å omsette 77.000 tonn årlig til denne gjennomsnittsprisen. I tillegg kommer det kvantumet som kystflåten fanger (18.000 tonn i modellen), samt ringnotmakrell fra den "vestlige" makrellbestanden. Det kan være grunn til å stille et spørsmålstegn ved om det er mulig å få avsetning for så store mengder makrell til konsum. I 1984 ble det fra norsk side omsatt omlag 48.000 tonn makrell til konsumanvendelse av en totalfangst på 142.000 tonn makrell (Anon., 1985b). Jeg velger imidlertid å tro at det er mulig å øke dette kvantumet dersom makrellfisket foregår over en lengre sesong (eventuelt hele året) enn hva som er det vanlige nå.

##### 9.5.2. Valgmuligheter mellom konsum- og oppmalingsleveranse.

Jeg finner altså at fiske med båttype 3 er lite aktuelt. Jeg vil imidlertid påpeke at min modell er svært rigid angående regu-

leringsmønster. Båttype 3 var tenkt som et bilde på en mer fri regulering av ringnotfisket etter makrell, der den enkelte beslutningstaker på mikronivå selv får avgjøre om det ved ethvert tidspunkt skal fiskes til konsum eller til oppmaling. I praksis vil betingelser som priser på de ulike anvendelser, fangstmuligheter og leveringsmuligheter variere i løpet av året og fra det ene året til det andre. Av slike årsaker vil det være ønskelig med størst mulig frihet for den enkelte båt til å variere mellom de ulike leveringsmuligheter. Båttype 3 i min modell tar åpenbart ikke godt nok ivare denne muligheten for en friere tilpasning til de rådende omstendigheter.

### 9.5.3. Driftsuavhengige kapitalkostnader.

Jeg har, som omtalt i kapittel 6, benyttet fullstendig driftsuavhengige kapitalkostnader i modellen, begrunnet med at båtene har alternative driftsmuligheter til enhver tid. Det er klart at dette kan være en litt for stor rorenkling av virkeligheten. Kanskje skulle jeg også ha innkludert en oppstartingskostnad som gjenspeiler kostnadene ved å legge om fra ett fiskeri til et annet. Imidlertid vil slike oppstartingskostnader være avhengig av hva det legges om fra. Dersom et fartøy driver sildefiske i Nordsjøen, vil det ikke bli snakk om omleggingskostnader i det hele tatt. Et annet fartøy som driver loddefiske i Barentshavet eller kolmuletråling ved Færøyene vil måtte bruke både tid og penger til å skifte til makrellfiske i Nordsjøen.

Dersom en benytter driftsuavhengige kapitalkostnader og / eller oppstartingskostnader, er det klart at dette vil trekke i retning av lengre sesonger med færre fartøy. For båttype 2 (særlig) og 3 har jeg funnet at en kort og hektisk sesong vil være den beste løsning. Med driftsuavhengige kapitalkostnader og / eller oppstartingskostnader vil disse resultatene kunne bli nokså kraftig forskiptet. For båttype 1 har jeg allerede kommet til at helårsdrift er den beste løsning. Driftsuavhengige kapitalkostnader vil derfor ikke få noen innvirkning på resultatet for båttype 1.

#### 9.5.4. Den totale flåtestrukturen i "sildefiskeriene".

Som nevnt under kapitlene 4 og 6, driver ringnotbåtene fiske på flere ulike bestander i løpet av et år. En optimalisering av flåtestrukturen innen ringnotflåten vil nødvendigvis måtte ta hensyn til alle bestander som er fangstbare for ringnotflåten. Min modell gir derfor ikke noe absolutt svar på hvordan ringnotflåten bør beskutte Nordsjømakrellen. Den kan dog være et bidrag til å finne en god struktur for ringnotflåten.

De sammenligningene jeg har gjort har altså vært mellom store og små båter og mellom konsumleveranse og bulkleveranse. Jeg har ikke rørt ved et voksende fenomen innenfor norsk ringnotfiske, nemlig store fiskebåter med egen produksjonsfabrikk. Hvordan disse båtene påvirker det samfunnsøkonomiske utbyttet av et fiskeri, er jo et svært så interessant spørsmål. Interessant vil det også være å se hvordan de tradisjonelle fiskebåtene klarer seg rent bedriftsøkonomisk i forhold til de nye fabrikkskipene. Dette siste vil selvsagt i stor grad avgjøres av de regulerende myndigheter som selvsagt må ta det samfunnsøkonomiske helhetsbildet med som en viktig faktor i utformingen av reguleringspolitikken.

#### 9.5.5. Simuleringsperiodens lengde.

Til sist vil jeg understreke de store usikkerhetsmoment som er forbundet med å simulere en utvikling så mye som 50 år fremover i tiden. Betingelser som virker bomsikre i dag kan om 10 - 20 år være helt forandret. Ikke minst gjelder dette for selve fangstteknologien. Dersom en ser 50 år bakover i tiden vil en oppdage store endringer innen fangstteknologien i sildefiskeriene. Historien har også vist at endringsraten ikke har hatt for vane å avta med årene.

## REFERANSELISTE:

- Anon., 1978a. Report of the mackerel working group. ICES C. M. 1978 / H: 4.
- Anon., 1978b. Lønnsomhetsundersøkelser for fiskefartøyer 40 fot og over. Budsjettnemnda for fiskefartøyer. Fiskeridirektoratet.
- Anon., 1979. Lønnsomhetsundersøkelser for fiskefartøyer 40 fot og over. Budsjettnemnda for fiskefartøyer. Fiskeridirektoratet.
- Anon., 1980a. Lønnsomhetsundersøkelser for fiskefartøyer 13 m. l. l. og over. Budsjettnemnda for fiskefartøyer. Fiskeridirektoratet.
- Anon., 1980b. Statistisk årbok, Statistisk Sentralbyrå, Oslo.
- Anon., 1981a. Lønnsomhetsundersøkelser for fiskefartøyer 13 m. l. l. og over. Budsjettnemnda for fiskefartøyer. Fiskeridirektoratet.
- Anon., 1981b. Arsberetning og regnskap. Nordsildmel A/L.
- Anon., 1982a. Report of the mackerel working group. ICES C. M. 1982 / Assess: 11.
- Anon., 1982b. Arsmelding. Norges Makrellag S/L.
- Anon., 1982c. Arsberetning og regnskap. Nordsildmel A/L.
- Anon., 1982d. Fiskeriavtalen mellom Forbruker- og Administrasjonsdepartementet og Norges Fiskarlag om støttetiltak i 1982. Særtrykk av ME'A nr 1 / 82.
- Anon., 1983a. Lønnsomhetsundersøkelser for fiskefartøyer 13 m. l. l. og over. Budsjettnemnda for fiskefartøyer. Fiskeridirektoratet.

- Anon., 1983b. Arsmelding. Norges Makrellag S/L.
- Anon., 1983c. Arsberetning og regnskap. Nordsildmel A/L.
- Anon., 1983d. Statistisk årbok, Statistisk Sentralbyrå, Oslo.
- Anon., 1984a. Avtaler, priser og bestemmelser vedrørende råstoff til sildolje- og sildemelindustrien. Samarbeidsutvalget for Norges Makrellag S/L, Norges Sildesalgslag og Feitsildfiskernes Salgslag.
- Anon., 1984b. Statistisk årbok, Statistisk Sentralbyrå, Oslo.
- Anon., 1984c. Arsmelding. Norges Makrellag S/L.
- Anon., 1984d. Arsberetning. Sildolje- og Sildemelindustriens Forskningsinstitutt.
- Anon., 1984e. Arsberetning og regnskap. Nordsildmel A/L.
- Anon., 1984f. Report of the mackerel working group. ICES C. M. 1984 / Assess: 1.
- Anon., 1985a. Report of the mackerel working group. ICES C. M. 1985 / Assess: 7.
- Anon., 1985b. Fiskets Gang nr 10, 1985, s.378.
- Anon., 1985c. Avtaler, priser og bestemmelser vedrørende råstoff til sildolje- og sildemelindustrien. Samarbeidsutvalget for Norges Makrellag S/L, Norges Sildesalgslag og Feitsildfiskernes Salgslag.
- Bakken, E., 1985. Forsker ved Fiskeridirektoratets Havforskningsinstitutt i Bergen. Uttalelse i programposten "Fiskeriaktuell" i NRK radio, 11. juni, 1985.
- Bertalanffy, L. von., 1938. A quantitative theory of organic growth. Human Biol., 10.

- Bjørndal, T., 1985.** Production Economics and Stock Size in a North Atlantic Fishery. Working Paper no. 4 / 1985. Senter for Anvendt Forskning, Norges Handelshøyskole, Bergen.
- Castello, J. P. og Hamre, J., 1969.** Age and Growth of Mackerel from Skagerak and the Northern North Sea. ICES C. M. 1969 / H: 7.
- Christensen, V., 1975.** Begrepet opportunity cost. Sosialøkonomen nr 3, pp 29 - 33.
- Clark, C., Edwards, G. og Friedlaender, M., 1973.** Beverton - Holt Model of a Commercial Fishery: Optimal Dynamics. J. Fish. Res. Board Can. 30: 1629 - 1640.
- Clark, C. W. og Munro, G. R., 1975.** The Economics of Fishing and Modern Capital Theory: A Simplified Approach. Journal of Environmental Economics and Management 2, pp 92 - 106.
- Copes, P., 1970.** The backward bending supply curve of the fishing industry. Scott. J. Polit. Economy. 17, 69 - 77 (1970).
- Digernes, T., 1981.** Fart og drivstofføkonomi for fiskefartøyer. FTFL, Rapport nr 664. 1-9-1.
- Eliassen, J.-E., 1982.** Forelesningskompendium i fiskeribiologi. Del 2: Bestandsestimering, utbytte og reguleringer. Institutt for fiskerifag, Universitetet i Tromsø. Serie B, nr 4 / 82.
- Enger, O., pers. medd.** Administrerende direktør, Norsildmel A/L.
- Falck Olsen, G., pers. medd.** Medarbeider Norsildmel A/L.
- Flåten, O., 1983a.** Fiskeriplanlegging og bioøkonomisk teori. I Hersoug, B. (red.): Kan Fiskerinæringa Styres. Novus.

- Flåten, O., 1983b.** The optimal harvesting of a natural resource with seasonal growth. *Canadian Journal of Economics*, vol. XVI, no. 3.
- Gulland, J. A., 1969.** Manual of methods for fish stock assessment. Part 1. Fish population analysis. *FAO Manuals in Fisheries Science No. 4.*
- Hamre, J., 1978.** The effects of recent changes in the North Sea Mackerel fishery on stock and yield. *Rapp. p.-v. Reun. Cons. int. Explor Mer.*, 172: 197 - 210. 1978.
- Hamre, J., 1980a.** Biology, exploitation, and management of the North-Eastern Atlantic Mackerel. *Rapp. p.-v. Reun. Cons. int. Explor. Mer.*, 177: 212 - 242. 1980.
- Hamre, J., 1980b.** Fiskebestander i norske farvann; naturgrunnlag og beskatning. Institutt for fiskerifag, Universitetet i Tromsø. Serie B: nr 1, 1980.
- Hannesson, R., 1978.** Economics of fisheries. An introduction. Universitetsforlaget, Bergen, Oslo og Tromsø.
- Hansen, T., 1980.** A World Model for the Fish Meal Market. Working paper no. 6 / 1980. Center for Applied Research. Norwegian School of Economics and Business Administration.
- Henriksen, E., 1984.** Sommerloddefiske eller vinterloddefiske? En bioøkonomisk analyse av loddebestanden i Barentshavet. Fiskerikandidatoppgave, Institutt for Fiskerifag, Universitetet i Tromsø.
- Johnsen, S., pers. medd.** Salgssjef Norges Makrellag S/L.
- Kartevoll, T., Lorentsen, L. og Strøm, S., 1980.** Kalkulasjonsrenten. *Sosialøkonomen* nr. 6.
- Kjerstad, I., pers. medd.** Tidl. forsker ved FTFI i Tromsø.

- Kristmannsson, S., 1980.** Sildefiske ved Island. En bioøkonomisk simuleringsmodell. Fiskerikandidatoppgave, Institutt for fiskerifag, Universitetet i Tromsø.
- Larsen, K. E., 1981.** En korttids makro produktfunksjon for ringnotfartøyer på vinterloddefiske i 1977. Institutt for fiskerifag, Universitetet i Tromsø. Serie C, nr 3 / 81.
- Lensberg, T., 1977.** Systemdynamikk - et eksempel på anvendelse. Institutt for fiskerifag, Universitetet i Tromsø. Serie C, nr 1 / 77.
- Lockwood, S. J., 1983.** North Sea Mackerel, Stock and Recruitment. ICES C. M. 1983 / H: 7. Pelagic Fish Committee.
- Munthe, P., 1979.** Markedsøkonomi. Universitetsforlaget, Oslo, Bergen og Tromsø.
- Platou, G. et. al., 1981.** Norsk Fiskerilovgivning (Fiskeri - Kalenderen). Aasm. Engens Forlag A.s., Oslo. 13. utgave, 1981.
- Pontrjagin, L. S., Boltjanskii, V. S., Gamkrelidze, R. V. og Mishchenko, E. F., 1962.** The mathematical Theory of Optimal Process. Wiley, New York.
- Postuma, K. H. 1972.** On the abundance of mackerel (Scomber Scombrus L.) in the northern and north-eastern North Sea in the period 1959 - 1969. J. Cons. int. Explor. Mer. 34. No. 3, 455 - 465.
- Pugh III, A. L., 1980.** Dynamo User's Manual. The MIT Press, Cambridge, Massachusetts and London, England.
- Shepherd, J. G., 1982.** A versatile new stock - recruitment relationship for fisheries, and the construction of sustainable yield curves. J. Cons. int. Explor. Mer., 40 (1): 67 - 75. 1982.



Ulltang, Ø., 1976. Catch per unit of effort in the Norwegian purse seine fishery for Atlanto-Scandian (Norwegian spring spawning) herring. FAO Fisheries Technical Paper, vol. 155: 91 - 101.

Vassdal, T., 1977. Skatte og avgiftsregler for fiskere og mindre næringsdrivende. Institutt for fiskerifag, Universitetet i Tromsø. Serie C, nr 3 / 77.

"

"The backward bending yield curve.", 18

#### A

Antall turer., 54  
 Autonom og ikkelineær modell., 36  
 Autonom og lineær modell., 29

#### B

Begrensninger i programstyrt simulering., 82  
 Bestanden utsatt for fiske., 6  
 Beverton & Holts bestandsmodell med fisk, 11  
 Beverton & Holts bestandsmodell., 7  
 Bioøkonomisk likevekt., 26  
 Båtstørrelse., 53  
 Båttype 1., 88  
 Båttype 2., 89  
 Båttype 3., 89

#### D

Den totale flåtestrukturen i "sildefiske, 117  
 Driftsuavhengige kapitalkostnader., 116

## SYMBOLLISTE.

Nedenfor følger en liste over en del generelle symboler som har vært benyttet i ligninger eller i figurer eller andre steder i oppgaven. Mange symboler har spesielle varianter. Disse er forklart med tekst ved hver bruk, og tas derfor ikke med her.

- A = Faktor (konstant) som er med å bestemme sammenhengen mellom fiskeinnsatsen og bestandsstørrelsen på den ene siden og fangstutbyttet på den andre siden.
- AC = De gjennomsnittlige kostnader pr fiskeinnsatsenhet.
- AR = De gjennomsnittlige inntekter pr fiskeinnsatsenhet.
- c = Kostnader pr fiskeinnsatsenhet.
- $c_y$  = Kostnader pr fangstenhet.
- $c_y'$  =  $dc_y/dW$ .
- E = Fiskeinnsatsmengde.
- $E_{ff}$  = Fiskeinnsatsmengden ved fritt fiske.
- $E_{max}$  = Den fiskeinnsatsmengden der den marginale innsatsenheten medfører null i vedvarende utbytte.
- $E_{mey}$  = Den fiskeinnsatsmengde som gir maksimalt vedvarende økonomisk utbytte.
- $E_{msy}$  = Den fiskeinnsatsmengde som gir maksimalt vedvarende utbytte i vektenheter.
- f = Funksjonssymbol.
- F = Den momentane fiskedødelighet.
- $F(W)$  = Bestandens fysiske tilvekst pr tidsenhet som funksjon av bestandsstørrelsen.
- $F'(W)$  =  $dF/dW$ .
- $g(W)$  = Bestandens relative vekstrate som funksjon av bestandsstørrelsen.
- $G(W)$  =  $W(W - W)$ .
- $G'$  =  $dG/dW$ .
- k = Bestandsspesifikk konstant for bestandens vekstegenskaper.
- $k(t)$  = Som k, men nå som tidsvariabel.
- M = Den momentane naturlige dødelighetsrate.
- MC = De marginale kostnader med hensyn på fiskeinnsats.
- MEY = Maksimalt vedvarende økonomisk utbytte.
- MR = De marginale inntekter med hensyn på fiskeinnsats.
- MSY = Det største oppnåelige vedvarende utbyttet i vektenheter.

- $n$  = Antall årsklasser i bestanden (kapittel 2.1.3.); heltall (kapittel 2.5.2.); index for båttype nr (kapittel 4.).  
 $N$  = Antall individer.  
 $NV$  = Nåverdi.  
 $N'$  =  $dN/dt$ .  
 $p$  = Enhetspris.  
 $p'$  =  $dp/dt$ .  
 $q$  = Fiskerispesifikk parameter (konstant eller funksjon) som angir fangstutbytte i forhold til fiskeinnsatsmengde og bestandsstørrelse.  
 $Rv$  = Bestandens restverdi.  
 $s$  = Bestandskonstant for individveksten.  
 $SY$  = Vedvarende utbytte i vektenheter.  
 $SY_{ff}$  = Vedvarende utbytte i vektenheter ved fritt fiske.  
 $TC$  = Totale kostnader.  
 $TLF$  = Tidsforbruket til leting og fangsting pr tur.  
 $TR$  = Totale inntekter.  
 $t$  = Tiden.  
 $t_{max}$  = Tidspunktet der en aktuell årsklasse når sitt biomassemaksimum.  
 $U$  = Nytte.  
 $V_i$  = Produksjonsfaktor nr 1.  
 $w$  = Individvekt.  
 $w$  = Teoretisk maksimal individvekt.  
 $w'$  =  $dw/dt$ .  
 $W$  = Bestandens biomassestørrelse.  
 $W_{ff}$  = Bestandsstørrelsen ved fritt fiske.  
 $W_g$  = Gytebiomassestørrelsen ved gyting.  
 $W_{i max}$  = Maksimal biomassestørrelse for årsklasse  $i$ .  
 $W_{mey}$  = Den bestandsstørrelse som gir maksimalt økonomisk utbytte.  
 $W_{msy}$  = Den bestandsstørrelse som gir det største vedvarende utbyttet i vektenheter.  
 $W_{opt}$  = Den optimale bestandsstørrelsen.  
 $W_{tot}$  = Bestandens totale biomassestørrelse.  
 $W_y$  = Den fangstbare delen av bestandens biomasse.  
 $W$  = Bestandens maksimale størrelse (likevektsstørrelse)  
 $w'$  =  $dw/dt$ .  
 $X$  = Produksjonsmengde.  
 $Y$  = Fangstutbyttet i vektenheter.  
 $Y_{max}$  = Den største fangstmengde pr tidsenhet som er praktisk

gjennomførlig.

$Y_{opt}(t)$  = Den til enhver tid optimale fangstrate.

$\emptyset$  = En faktor som angir enhetskostnadenes tidsvariasjon.

$\emptyset'$  =  $d\emptyset/dt$ .

$\alpha$  = Eksponent som bestemmer sammenhengen mellom fiskeinnsats og utbytte i vektenheter.

$\beta$  = Eksponent som bestemmer sammenhengen mellom bestandsstørrelse og utbytte i vektenheter.

$\delta$  = Samfunnets diskonteringsrate.

$\gamma$  =  $\delta/k(t)$ .

## SIMULERINGSPROGRAMMET "MAKRDY".

OPT TXI=26, PLW=65, SVALL, R

\*\*\*\*\* MAKRO \*\*\*\*\*

MACRO POS(X)

A POS.K=MAX(X.K, 1E-12)

MEND

FOR N=1,16

FOR N2=1,15

\*\*\*\*\*

\*\*\*\*\* BIOLOGI \*\*\*\*\*

\*\*\*\*\*

\*\*\*\*\* ANTALL MAKRELL \*\*\*\*\*

A MAKR.K(N)=MAX(0, IMAKR.K(N))

L IMAKR.K(N)=IMAKR.J(N)+DT\*(TILMAKR.JK(N)+REKRMAKR.JK(N)

X -NATMAKR.JK(N)-AVMAKR.JK(N)-FANMAKR.JK(N))

R AVMAKR.KL(N2)=PULSE(IMAKR.K(N2), DES.K, 1)\*ENDT.K

R AVMAKR.KL(16)=0

R REKRMAKR.KL(N)=PULSE(OGRUPP.K(N), JUN.K, 1)\*ENDT.K

R TILMAKR.KL(N)=PULSE(KOMMAKR.K(N), DES.K, 1)\*ENDT.K

A REKR.K=(C1\*GYTEBIM.K)/(1+(GYTEBIM.K/C2)\*\*1.5)

C C1=1429

C C2=1520E3

A OGRUPP.K(1)=REKR.K/EXP(-MO) (REKR. VED GYTETIDSPKT JUNI)

A OGRUPP.K(N+1)=0

A KOMMAKR.K(1)=0

A KOMMAKR.K(N+1)=IMAKR.K(N)

N IMAKR(N)=NMAKR(N)

\*\*\*\*\* INITIALTALLENE FOR HVER ARSKLASSE, ANTALL \*\*\*\*\*

T NMAKR=0,126.8E6,181.6E6,145.7E6,8.8E6,55.4E6,30.5E6,10.6E6,5.0E6,  
 X .6E6,2.1E6,2.7E6,2.4E6,1.4E6,.5E6,3.2E6

\*\*\*\*\* BIOMASSE I TONN \*\*\*\*\*

A BIOM.K(N)=MAKR.K(N)\*VEKT.K(N)/1000

A SUMBIOM.K=SUM(BIOM.K)

\*\*\*\*\* GYTEBIOMASSE \*\*\*\*\*

A GYTKMAKR.K(N)=GYTFRE.K(N)\*MAKR.K(N)

A GBIO.K(N)=GYTKMAKR.K(N)\*VEKT.K(N)/1000 TONN

A GYTFRE.K(N)=GYTTAB(N)

T GYTTAB=0,0,.37,1,1,1,1,1,1,1,1,1,1,1,1,1

A GYTEBIM.K=SUM(GBIO.K) TONN

\*\*\*\*\* VEKT VED ALDER I KG \*\*\*\*\*

A VEKT.K(N)=TABHL(TVEKT(\*,N),PERIODE.K,0,25\*TOUKER.K,TOUKER.K)

T TVEKT(\*,1)=0,0

T TVEKT(\*,2)=.123,.120,.117,.116,.115,.117,.121,.130,.140,.153,.166,

X .180,.191,.202,.213,.224,.232,.240,.245,.246,.245,.244,.240,.236,

X .232,.227

T TVEKT(\*,3)=.222,.219,.216,.214,.213,.216,.220,.225,.229,.235,.240,

X .247,.256,.266,.277,.288,.297,.306,.309,.310,.309,.308,.306,.303,

X .301,.298

T TVEKT(\*,4)=.294,.285,.276,.273,.271,.271,.273,.280,.291,.303,.316,

X .328,.333,.338,.348,.358,.365,.372,.375,.376,.375,.373,.369,.360,

X .351,.344

T TVEKT(\*,5)=.336,.329,.321,.317,.314,.315,.317,.324,.335,.348,.364,

X .377,.383,.389,.399,.409,.417,.424,.427,.428,.427,.424,.419,.407,

X .396,.386

T TVEKT(\*,6)=.375,.368,.361,.358,.355,.355,.357,.365,.376,.390,.407,

X .421,.427,.434,.444,.454,.461,.468,.470,.471,.470,.467,.461,.448,

X .435,.423

T TVEKT(\*,7)=.410,.403,.397,.394,.392,.393,.396,.403,.415,.428,.446,

X .460,.467,.474,.483,.493,.499,.505,.507,.508,.507,.504,.498,.483,

X .468,.456

T TVEKT(\*,8)=.443,.436,.430,.426,.423,.424,.426,.434,.448,.463,.480,

X .496,.503,.510,.518,.527,.532,.536,.538,.539,.538,.535,.529,.513,

```

X .498,.487
T TVEKT(*,9)=.474,.468,.463,.460,.458,.458,.460,.468,.482,.496,.512,
X .526,.533,.540,.547,.555,.560,.564,.567,.568,.566,.563,.556,.542,
X .528,.515
T TVEKT(*,10)=.503,.496,.490,.487,.485,.487,.489,.497,.509,.523,.539
X .553,.559,.565,.572,.580,.585,.589,.592,.593,.591,.588,.581,.568,
X .553,.542
T TVEKT(*,11)=.530,.525,.521,.518,.516,.518,.521,.528,.539,.551,.565
X .577,.582,.588,.595,.603,.607,.612,.614,.615,.613,.610,.604,.591,
X .577,.567
T TVEKT(*,12)=.555,.550,.546,.543,.541,.543,.546,.553,.562,.574,.587
X .599,.604,.609,.616,.623,.627,.631,.633,.634,.632,.629,.623,.610,
X .598,.588
T TVEKT(*,13)=.578,.573,.569,.566,.564,.566,.570,.576,.585,.595,.608
X .619,.623,.627,.634,.640,.644,.647,.649,.650,.649,.646,.641,.628,
X .617,.608
T TVEKT(*,14)=.599,.594,.589,.587,.585,.587,.590,.596,.604,.614,.626
X .636,.640,.643,.649,.654,.657,.660,.662,.663,.662,.660,.655,.644,
X .634,.626
T TVEKT(*,15)=.618,.613,.609,.606,.604,.606,.609,.614,.622,.631,.641,
X .651,.653,.656,.661,.665,.668,.670,.672,.673,.672,.670,.665,.654,
X .644,.639
T TVEKT(*,16)=.640,.635,.631,.628,.626,.628,.631,.636,.644,.652,.662,
X .671,.673,.675,.679,.683,.686,.687,.688,.688,.687,.685,.680,.668,
X .657,.649

```

\*\*\*\*\* NATURLIG DØDELIGHET \*\*\*\*\*

R NATMAK.KL(N)=M\*MAKR.K(N)

C M=.15

A MO.K=M\*15/26

\*\*\*\*\* FANGSTDATA \*\*\*\*\*

A I.K(N)=ITAB(N)

T ITAB=0,.08,.32,1,1,1,1,1,1,1,1,1,1,1,1

A IBVIOM.K(N)=I.K(N)\*BVIOM.K(N) TONN

A SUMIBVIO.K=SUM(IBVIOM.K)





N OARFAN=0

R OAVFAN.KL=PULSE(OARFAN.K, JAN.K, 1) \*ENDT.K

\*\*\*\*\* TILVEKST FANGSTBAR BIOMASSE = SUMVEKST.K \*\*\*\*\*

R TILBIO.KL=PULSE(SUMIBIO.K, TIMEI, DT)

A NETBIO.K=(SUMIBIO.K-TILBIO.K) \*ENDT.K

L SUMVEKST.K=SUMVEKST.J+DT\*(NETBIO.JK-AVBIO.JK)

N SUMVEKST=0

R AVBIO.KL=PULSE(SUMVEKST.K, JAN.K, 1) \*ENDT.K

\*\*\*\*\* INNTEKTER \*\*\*\*\*

A KONPRIS=PNULL\*((1-AMPL)\*EXP(-POS(KFANGST.K+KYSTFAN.K)\*PKV)+  
X AMPL)

\*\*\* KONPRIS ER GITT I KRONER PR TONN \*\*\*

C PNULL=1700

C AMPL=.5

C PKV=1.386E-4

A OPPRIS.K=BASISP+(FETT.K-BFETT)\*PFETT.K+(TS.K-BTS)\*PTS

C BASISP=67.58

C BFETT=22

A PFETT.K=CLIP(1.70, 1.89, FETT.K, 22)

C BTS=17.2

C PTS=2.58

A FETT.K=TABHL(TFETT, PERIODE.K, 0, 25\*TOUKER.K, TOUKER.K)

T TFETT=18, 17.2, 16.4, 15.6, 14.7, 13.6, 12.3, 11.1, 9.8, 8.7, 8, 8.5, 10.9,

X 15.6, 22.2, 26.1, 27.5, 27.6, 27.2, 26.4, 25.3, 24, 23.7, 21.3, 20.1, 19

A TS.K=TABHL(TST, PERIODE.K, 0, 25\*TOUKER.K, TOUKER.K)

T TST=17.7, 17.5, 17.3, 17.3, 17.7, 18.2, 18.6, 19, 19.3, 19.5, 19.6, 19.5,

X 18.8, 17.7, 16.9, 16.5, 16.1, 16.2, 16.3, 16.6, 16.9, 17, 17.1, 17.4,

X 17.8, 17.9

A INNTEKT.K=KFANGST.K\*KONPRIS.K+OFANGST.K\*OPPRIS.K\*1000/92

\*\*\* OPPRIS ER GITT I KR/HL. FAKTOREN \*\*\*

\*\*\* 1000/92 OMBREGNER DENNE TIL KR/TONN \*\*\*

\*\*\*\*\* KOSTNADER \*\*\*\*\*

A SUMKOST.K=KAPKO.K+MANN1.K+MANN2.K+TIDSK1.K+TIDSK2.K+  
 X DRIVK1.K+DRIVK2.K  
 A KAPKO.K=KFAST1.K+OFAST2.K+CFAST2.K  
 A KFAST1.K=PERFK1\*KFISK1.K\*KBAAT1.K  
 A OFAST2.K=PERFK2\*OFISK2.K\*OBAAT2.K  
 A CFAST2.K=PERFK2\*CFISK2.K\*CBAAT2.K  
 A MANN1.K=MANNDAG\*LPERIO.K\*NMANN1\*KBAAT1.K\*KFISK1.K  
 A MANN2.K=MANNDAG\*LPERIO.K\*NMANN2\*(OBAAT2.K\*OFISK2.K+  
 X CBAAT2.K\*CFISK2.K)  
 A TIDSK1.K=DAGK01\*LPERIO.K\*KBAAT1.K\*KFISK1.K  
 A TIDSK2.K=DAGK02\*LPERIO.K\*(OBAAT2.K\*OFISK2.K+CBAAT2.K\*CFISK2.K)  
 A DRIVK1.K=(OLJEF1\*SEILT1.K+  
 X (FAFO1\*K1LF.K+KLVFO1)\*KTURL.K\*KBAAT1.K\*KFISK1.K)\*OLJEPRIS  
 A DRIVK2.K=(OLJEF2\*SEILT2.K+(FAFO2\*O2LF.K+OLVFO2)\*  
 X OTUR2.K\*OBAAT2.K\*OFISK2.K+(FAFO2\*C2LF.K+CLVFO2)\*  
 X CTUR2.K\*CBAAT2.K\*CFISK2.K)\*OLJEPRIS

\*\*\*\*\* SEILINGSDISTANSER, N. MIL/PERIODE \*\*\*\*\*

A SEILT1.K=KSEIL.K\*KTURL.K\*KBAAT1.K\*KFISK1.K  
 A KSEIL.K=(TURET\*MIN(KBAAT.K,KAPBAAT.K)+MAX(0,KBAAT.K-KAPBAAT.K)\*  
 X XSEIL.K)/POS(KBAAT.K)  
 A XSEIL.K=126/KAPBAAT.K\*KBAAT.K+314  
 \*\*\* XSEIL UTTRYKKER ØKT SEILINGSDISTANSE NAAR \*\*\*  
 \*\*\* ANTALL KONSUMBÅTER ØVERSTIGER KAPBAAT.K \*\*\*  
 A SEILT2.K=OSEIL2.K\*OTUR2.K\*OBAAT2.K\*OFISK2.K+  
 X CSEIL2.K\*CBAAT2.K\*CFISK2.K  
 A OSEIL2.K=(TURET\*MIN(OBAAT2.K,OKAP.K)+XOSEIL.K)/POS(OBAAT2.K)  
 A XOSEIL.K=MAX(0,OBAAT2.K-OKAP.K)\*240+XXOSEIL.K  
 A XXOSEIL.K=MAX(0,OBAAT2.K-OKAP.K-MROKAP.K)\*240  
 A CSEIL2.K=KSEIL.K\*CTUR2.K PR BÅT PR PERIODE  
 C TURET=440 N. MIL TUR/RETUR FELTET (NORMALT)

\*\*\*\*\* FLAATEKONSTANTER OG VARIABLER \*\*\*\*\*

A NBAAT.K=KBAAT1.K\*KFISK1.K+OBAAT2.K\*OFISK2.K+CBAAT2.K\*CFISK2.K  
 A KBAAT.K=KBAAT1.K\*KFISK1.K+(TURET/MIL1+K1LOSS+K1LF.K)/  
 X (TURET/MIL2+C2LOSS+C2LF.K)\*CBAAT2.K\*CFISK2.K

```

*** FORHOLDET MELLOM TURTID FOR KBAAT1 OG CBAAT2 ***
*** GJØR DET MULIG AA UTTRYKKE TOTAL KONSUMFANGST- ***
*** KAPASITET I ANTALL BAATER (KBAAT.K). ***
A KAPBAAT.K=(KONKAP-KYSTFAN.K*.95)/(113.35*TGJ.K*POS(SUMIB'IO.K)**K)
*** KAPBAAT.K UTTRYKKER KONSUMKAPASITET ***
*** SØR FOR STADT I ANTALL BAATER ***
C KONKAP=6100 MOTTAKSKAP. KONSUM SØR FOR STADT (TONN)
A OKAP.K=OPPKAP/(305.17*TGJ.K*POS(SUMIB'IO.K)**K)
*** OKAP.K UTTRYKKER OPPMALINGSKAPASITET ***
*** SØR FOR STADT I ANTALL BAATER ***
C OPPKAP=71000 MOTTAKSKAP. OPPMALING SØR FOR STADT (TONN)
A MROKAP.K=MOKAP/(305.17*TGJ.K*POS(SUMIB'IO.K)**K)
*** MROKAP UTTRYKKER OPPMALINGSKAPASITET ***
*** I MØRE OG ROMSDAL I ANTALL BAATER ***
C MOKAP=23000 MOTTAKSKAP. OPPMALING I MØRE OG ROMSDAL (TONN)
A KBAAT1.K=CLIP(KF1,KG1,TIME.K,KT1)
C KF1=0
C KG1=0
C KT1=1998
A OBAAT2.K=CLIP(OF2,OG2,TIME.K,OT2)
C OF2=0
C OG2=0
C OT2=1998
A CBAAT2.K=CLIP(CF2,CG2,TIME.K,CT2)
C CF2=0
C CG2=0
C CT2=1998
C NMANN1=12.5
C NMANN2=19.6
C MANNDAG=5.43 ALT.KOST/MANN/DAG
C OLJEF1=12.5 LTR/N.MIL
C OLJEF2=26.7
C OLJEPRIS=2.22 KR/LTR
C PERFK1=150E3 FASTE KOSTNADER PR PERIODE
C PERFK2=303E3
C DAGK01=341 DIVERSE/KOSTNADER
C DAGK02=794 KR/BAAT/DAG
C FAFO1=1474 LTR/BAAT/DØGN (75% AV: LETE/FANGSTTID MED
C FAFO2=3953 HOVEDMASKIN)
C OLVFO2=960 LTR/BAAT/TUR

```

C KLV FO1=454 (SEKUNDÆRFORBRUK\*LOSSETID)  
 C CLV FO2=1440  
 A OTUR2.K=LPERIO.K/(OSEIL2.K/MIL2+O2LOSS+O2LF.K) ANTALL  
 A KTUR1.K=LPERIO.K/(KSEIL.K/MIL1+K1LOSS+K1LF.K) TURER PR  
 A CTUR2.K=LPERIO.K/(KSEIL.K/MIL2+C2LOSS+C2LF.K) PERIODE  
 C MIL1=240 N. MIL/DAG VED STIMING  
 C MIL2=276  
 C K1LOSS=1 DØGN LOSSETID  
 C O2LOSS=1  
 C C2LOSS=1.5  
 A K1LF.K=7.82\*TGJ.K\*\*(-1)\*POS(SUMIBIO.K)\*\*(-K) LETE/  
 A O2LF.K=24.59\*TGJ.K\*\*(-1)\*POS(SUMIBIO.K)\*\*(-K) FANGST  
 A C2LF.K=23.57\*TGJ.K\*\*(-1)\*POS(SUMIBIO.K)\*\*(-K) TID  
 C K=.13

\*\*\*\*\* NAAVERDI \*\*\*\*\*

A PROFITT.K=INNTEKT.K-SUMKOST.K  
 C DISKFAKT=.07  
 A NDISK.K=EXP(-TID.K\*DISKFAKT)  
 L NAAVERD.K=NAAVERD.J+DT\*(TILVERD.JK+RESTVD.JK)  
 R TILVERD.KL=PROFITTT.K\*NDISK.K\*ENDT.K  
 R RESTVD.KL=PULSE(RVERDI.K,SISTE.K,26)\*ENDT.K  
 A RVERDI.K=AARPROF.K\*EXP(-DISKFA\*(LENGTH-TIMEI))/DISKFA  
 L AARPROF.K=AARPROF.J+DT\*(ENPROF.JK-AVPROF.JK)  
 R ENPROF.KL=PROFITTT.K\*ENDT.K  
 R AVPROF.KL=PULSE(AARPROF.K,JAN.K,1)\*ENDT.K  
 N AARPROF=0  
 N NAAVERD=0

\*\*\*\*\* TIDSFUNKSJONER \*\*\*\*\*

\*\*\*\*\* ARET ER DELT I 26 PERIODER \*\*\*\*\*

A ALDER.K(N)=N+PERIODE.K  
 L PERIODE.K=PERIODE.J+DT\*(1-AVPERIO.JK)  
 R AVPERIO.KL=PULSE(26,DES.K,1)  
 N PERIODE=0  
 N TIME=TIMEI

```
C TIME I=1986
A DT.K=TOUKER.K
A LPERIO.K=365/ANTMND.K
A ENDT.K=1/DT.K
A TOUKER.K=1/ANTMND.K
A JAN.K=TIME I+( 0*TOUKER.K)
A JUN.K=TIME I+( 12*TOUKER.K)
A DES.K=TIME I+( 25*TOUKER.K)
A SISTE.K=TIME I+( 49*26+25)*TOUKER.K
A TID.K=TIME.K-TIME I
A PLTPER.K=PLPER*TOUKER.K
A PRTPER.K=PRPER.K*TOUKER.K
A PLPER.K=CLIP(LO,LP,TIME.K,PS)
C LO=26
C LP=26
C PS=1988.0
A PRPER.K=CLIP(PO,PP,TIME.K,PT)
C PO=1
C PP=1
C PT=1988.0
A ANTMND.K=26
C LENGTH=2036
PRINT MAKR
```

**EXOGENE OG ENDOGENE VERDIER.**

Nedenfor følger en liste over en del verdier som er exogent gitt i modellen, og deretter en liste over verdier som blir bestemt endogent i modellen.

**Verdier som er gitt utenfor modellen.**

Initialtall for antall makrell i bestanden.

Gytefrekvensen.

Individvekten ved hvert alderstrinn.

Naturlig dødelighet.

Fordeling av årlig kystfangstkvantum på de ulike periodene.

Norsk andel av totalkvoten for Nordsjømakrell.

Turkvantum pr båt.

Fangstperioder for hver båttype.

Makrellens varierende fangstbarhet over året.

Makrellens innhold av fett og tørrstoff ved hvert tidspunkt.

Oppmalingspris pr enhet.

Størrelsen på hver enhet av de ulike kostnadsposter.

Mottakskapasitet i de ulike distrikt for hver anvendelsestype.

Seilingsdistanse pr tur til og fra feltet når så lenge fangstkvantumet ikke overstiger en gitt mottakskapasitet, slik at seilingene må økes.

Antall båter i fisket for hver båttype.

Antall mann ombord i hver båttype.

Stimingsfart.

Tidsforbruk i de ulike operasjoner i fisket, untatt tidsforbruket til leting og fangsting.

Diskonteringsfaktoren.

Simuleringsperiodens lengde.

**Verdier som bestemmes i modellen.**

Antall makrell i hver årsklasse, untatt initialtallene.

Antall rekrutter som rekrutteres til bestanden ved hvert årskifte.

Bestandens biomasse, utregnet som antall makrell ganger individvekten ved hvert tidspunkt.

Fangstmengde fordelt på de to ulike anvendelser av makrell.

Fiskedødeligheten.

Arlig kystfangstkvantum som er bestandsavhengig så lenge gytebiomassen er mindre enn 400.000 tonn.

Konsumpris pr enhet.

Totale inntekter som utregnes som enhetspris ganger mengde.

Seilingsdistansen pr tur som er en funksjon av total fangstmengde for hver anvendelsestype når denne fangstmengden overstiger en gitt grense.

Tidsforbruket til leting og fangsting som beregnes som en funksjon av biomassestørrelsen og den varierende fangstbarheten.

Totale kostnader som blir beregnet ut fra tidsforbruket i de ulike operasjoner i fisket.

Profitt som er totale inntekter minus totale kostnader.

Nåverdi av all fremtidig profitt.